



คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยรังสิต



รายงานสืบเนื่อง

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ
วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์ และเทคโนโลยี
ครั้งที่ 1

Proceedings

The 1st National Conference on Science Engineering
Agriculture and Technology

วันที่ 23 สิงหาคม 2564

ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

สารจากผู้จัดการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ
วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

ในปี พ.ศ. 2564 นี้ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ได้บูรณาการทำงานร่วมกันจัดการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1 หรือ The 1st National Conference on Science Engineering Agriculture and Technology Rajabhat Maha sarakham University 2021 (SEAT -RMU 2021) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. ส่งเสริม สนับสนุน แลกเปลี่ยนเรียนรู้ผลงานวิจัยและผลงานวิชาการ ของนักวิจัย นักวิชาการ คณาจารย์ นิสิต นักศึกษา และบุคคลทั่วไป ในสาขาวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี และสาขาที่เกี่ยวข้อง 2. เป็นแหล่งให้บริการและเผยแพร่ความรู้ ความก้าวหน้า และวิทยาการใหม่ ๆ แก่สังคม และ 3.ก่อให้เกิดการความร่วมมือของหน่วยงานต่าง ๆ อันจะทำให้เกิดการนำผลงานวิจัยไปใช้อย่างกว้างขวาง เผยแพร่องค์ความรู้ผลการวิจัยที่นำไปใช้ประโยชน์ ทั้งนี้การจัดการประชุม ได้รับความอนุเคราะห์จากหน่วยงานภายนอกเป็นเจ้าภาพร่วม ได้แก่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต และคณะนวัตกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยรังสิต

การประชุมวิชาการดำเนินการผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์หรือออนไลน์ โดยมีการนำเสนอแบบปากเปล่า จำนวน 102 บทความ ประเภทโปสเตอร์ จำนวน 48 บทความ เป็นอาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จำนวน 23 บทความ บุคลากรภายนอกมหาวิทยาลัย จำนวน 92 บทความ นิสิต/นักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 30 บทความ และได้รับความอนุเคราะห์จาก ดร.อุษา กลิ่นหอม ประธานที่ปรึกษาวิชาการ ศูนย์วิจัยเห็ดฟิลาเนส ไทย-เกาหลี ให้เกียรติเป็นวิทยากรรับเชิญ บรรยายเรื่อง “จากงานวิจัยสู่นวัตกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์”

ในนามของคณะกรรมการจัดงานประชุมวิชาการครั้งนี้ ขอกราบขอบพระคุณ ดร.อุษา กลิ่นหอม วิทยากรรับเชิญ รองศาสตราจารย์ ดร.นิรุฒ ถึงนาค อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ขอขอบคุณเครือข่ายที่เป็นเจ้าภาพร่วม ท่านผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความวิจัยภายนอกและภายในมหาวิทยาลัย ผู้เข้าร่วมการประชุมทุกท่านที่มีส่วนร่วมสร้างบรรยากาศทางวิชาการ ทำให้การประชุมวิชาการครั้งนี้ประสบความสำเร็จได้ ขอขอบคุณคณะกรรมการทุกฝ่ายจากทุกคณะ ขอขอบคุณผู้บริหารทุกท่านจากทุกคณะที่เป็นเจ้าภาพ ที่ทำให้การประชุมวิชาการในครั้งนี้เกิดขึ้นได้เป็นครั้งแรก และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะมีความยั่งยืนสืบไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ประธานจัดการประชุมวิชาการ



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

หน่วยงานเครือข่ายในการจัดประชุมวิชาการ

1. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม



2. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม



3. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม



4. คณะนวัตกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยรังสิต



5. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต





บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เนตรชนก จันทร์สว่าง มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

กองบรรณาธิการ

- | | |
|---|---|
| 1. ศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ประมวล | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรัญญา แก้วดวงตา | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกตินันท์ กิตติพงศ์พิทยา | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี |
| 4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัญรินทร์ สมพร | มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด |
| 5. อาจารย์ ดร.อาทิตย์ อภิโชติกุล | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 6. อาจารย์ ดร.ณภัทร อินทนนท์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่น |
| 7. อาจารย์ ดร.มานพ ดอนหมื่น | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่น |
| 8. รองศาสตราจารย์ ดร.บัญญัติ เศรษฐศิริ | มหาวิทยาลัยรังสิต |
| 9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์รังสรรค์ พลสมัคร์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต |
| 10. รองศาสตราจารย์ ดร.รภัชสา จันทาศรี | มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม |
| 11. รองศาสตราจารย์ ดร.ศิวดล กัญญาคำ | มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม |

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

- | | |
|---|--|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พันธิวา แก้วมาตย์ | รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ประกันคุณภาพ
การศึกษาและบริการวิชาการ |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย อินทะตา | รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย |
| 3. อาจารย์ ดร. กมล พลคำ | รองคณบดีฝ่ายวางแผนพัฒนาและวิจัย |
| 4. อาจารย์ ดร. นพดล สมผล | รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย |



ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาผลงานวิจัย

ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. ศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ประมวล | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 2. รองศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี ศรีธาวิรัตน์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม |
| 3. รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรลดา วิชาผง | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 4. รองศาสตราจารย์ ดร.กิติโรจน์ หวันตาหลา | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 5. รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 6. รองศาสตราจารย์ สนธยา เกาะสมบัติ | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี |
| 7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ คุรุโคตร | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณภัทรวรรณ ธนาพงษ์อนันท์ | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิศย์ตะยา ผาสุกพันธ์ | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระวัฒน์ สิมมาจันทร์ | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรมล จันทร์ชาติ | มหาวิทยาลัยทักษิณ |
| 12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัวหลัน คุ้มไพฑูลย์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี |
| 13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประวีร์ณี สุพรรณอ่วม | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี |
| 14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาภรณ์ วรรณัด | มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร |
| 15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริ ดวงพร | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี |
| 16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ครูศาสตร์ คนหาญ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทพร สุทธิประภา | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี |
| 18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์พัทธ์ เมื่องโคตร | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 19. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัทธ์ชนก ศรีสุรเดชชัย | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 20. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โรจพล บุรณรักษ์ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 21. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณภา สายแก้ว | มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี |
| 22. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษณุ แทนบุญช่วย | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัชัย อินทะไชย | มหาวิทยาลัยทักษิณ |
| 24. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัณย์ จำรัสธนสาร | มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ |
| 25. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สราวุธ แก้วศรี | มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ |



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

- | | |
|--|---|
| 26. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิพงษ์ พุฒคำ | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 27. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉริยา เจียรศิริสมบุญ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่น |
| 28. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิสสระ ปะทะวัง | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 29. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัณหวัจน์ ทองแดง | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตสกลนคร |
| 30. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัททิรา เกษมศิริ | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 31. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรัญญา แก้วดวงตา | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 32. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวคนธ์ เหมวงษ์ | มหาวิทยาลัยนครพนม |
| 33. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัททิรา เกษมศิริ | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 34. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกตินันท์ กิตติพงษ์พิทยา | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระ
นครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี |
| 35. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัญญะรินทร์ สมพร | มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด |
| 36. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธิราญ ปิ่นทอง | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ |
| 37. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชาญศาสตร์ อาจโยธา | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่น |
| 38. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปริญา สาเพชร | มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย |
| 39. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธิติ จันตะคุณ | มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด |
| 40. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทรงทรัพย์ อรุณกมล | มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร |
| 41. อาจารย์ ดร.กนกรัตน์ จิรสังจานุกุล | มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี |
| 42. อาจารย์ ดร.กิติพงษ์ เวชกามา | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน |
| 43. อาจารย์ ดร.จักราวุฒิ เตโช | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ |
| 44. อาจารย์ ดร.นารีมีส เจะและ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตปัตตานี |
| 45. อาจารย์ ดร.สรรเพชญ์ นิลผาย | มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด |
| 46. อาจารย์ ดร.สุดาร์ตน์ นิจสุนกิจ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 47. อาจารย์ ดร.ทิพย์สุดา วงศ์คำดี | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา |



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
 เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

- | | |
|---------------------------------------|---|
| 48. อาจารย์ ดร.ธัญญาวัฒน์ หอมสมบัติ | มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุดรธานี |
| 49. อาจารย์ ดร.ธีรภาพร กองแก้ว | สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย |
| 50. อาจารย์ ดร.นราภรณ์ แก้วขาว | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 51. อาจารย์ ดร.ภาคิน ไชยช่วย | วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จ.อุบลราชธานี |
| 52. อาจารย์ ดร.นิติกร ภูสุวรรณ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร |
| 53. อาจารย์ ดร.ปรัชญาวุฒิ โถปั่น | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่น |
| 54. อาจารย์ ดร.ปิยะณัฐภูมิ จันทร์วารี | วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี |
| 55. อาจารย์ ดร.ยุวดี ไชยเชษฐ | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 56. อาจารย์ ดร.วรรณพล พิมพะสาดี | มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ |
| 57. อาจารย์ ดร.สุกัญญา สมพร้อม | มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ |
| 58. อาจารย์ ดร.สุไพลิน พิชัย | มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย |
| 59. อาจารย์ ดร.อรวรรณ เหลืองสีเพชร | มหาวิทยาลัยศิลปากร
วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม |
| 60. อาจารย์ ดร.พัชร อ่อนพรม | สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1
จังหวัดหนองคาย |
| 61. อาจารย์ ดร.ณภัทร อินทนนท์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่น |
| 62. อาจารย์ ดร.อาทิตย์ อภิชาติธนกุล | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 63. อาจารย์ ดร.สุปราณี วิกรัยบุรณ | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 64. อาจารย์ ดร.จรีวรรณ จันทร์คง | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย |
| 65. อาจารย์ ดร.จักราวุฒิ เตโช | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ |
| 66. อาจารย์ ดร.ศรินทร์ฉัตร จันทร์ไทย | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 67. อาจารย์ชัยศิริ สนิทพลกลาง | มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทร์เกษม |
| 68. อาจารย์ชินโรส พันทวี | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 69. อาจารย์วรวพจน์ สมมูล | มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ |



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
 เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

- | | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| 70. อาจารย์อภิวัตร บุญกอง | มหาวิทยาลัยนครพนม |
| 71. นายวิรัตน์ นวนนุกูล | กลุ่มวิชาการ แขวงทางหลวงชนบทร้อยเอ็ด |
| 72. นางสาวนันทิกา ชัยกัณหา | นักวิชาการอิสระ |

ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน (มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม)

- | | |
|---|---|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร.รภััสสา จันทาศรี | 24. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสันต์ ปิณะเต |
| 2. รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ ฝาระนัด | 25. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ งามชมภู |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยยันต์ สกุลไทย | 26. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิจิตร เขาว์วันกลาง |
| 4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวดล กัญญาคำ | 27. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์ |
| 5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ จันทศิริ | 28. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศธร กองแก้ว |
| 6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา คำสมบัติ | 29. อาจารย์ ดร.กมล พลคำ |
| 7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฌาณุกรณ์ ทับทิมใส | 30. อาจารย์ ดร.กิจปพน ศรีธาน |
| 8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พันธิภา แก้วมาตย์ | 31. อาจารย์ ดร.ธนชัย พลเคน |
| 9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะวดี สราภิรมย์ | 32. อาจารย์ ดร.ธาดา จันตะคุณ |
| 10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชราภรณ์ พิมพ์จันทร์ | 33. อาจารย์ ดร.ปนัดดา แทนสุโพธิ์ |
| 11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มะลิ สโรบล | 34. อาจารย์ ดร.ภิรมย์ สุวรรณสม |
| 12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย อินทะตา | 35. อาจารย์ ดร.พัชระ นาเสงี่ยม |
| 13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงกมล ดังโพนทอง | 36. อาจารย์ ดร.รักถิ่น เหลลหา |
| 14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย พรพัชรพงศ์ | 37. อาจารย์ ดร.สุนันทา กลิ่นถาวร |
| 15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เหล็กไหล จันทะบุตร | 38. อาจารย์ ดร.กัญชลิภา รัตนเชิดฉาย |
| 16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำราญ พิมราช | 39. อาจารย์ ดร.พรพิษณุ ธรรมปัทม์ |
| 17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพรรณ พัวไพบูลย์ | 40. อาจารย์ ดร.อุตร จิตจักร |
| 18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมสงวน บัศสาโก | 41. อาจารย์ ดร.บัณฑิตา สวัสดิ์ |
| 19. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี อินสำราญ | 42. อาจารย์ ดร.วุฒิ รัตนวิชัย |
| 20. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูทวีป ปาลกะวงค์ ณ อยุธยา | 43. อาจารย์ ดร.สิทธิโชค พรรคพิทักษ์ |
| 21. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิกกร สายแก้ว | 44. อาจารย์ ดร.พุทธชาติ อิ่มใจ |
| 22. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑารัตน์ แก่นจันทร์ | 45. อาจารย์ ดร.รติกร แสงห้า |
| 23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรพสิทธิ์ แก้วเข้า | |



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

- 46. อาจารย์ ดร.อนุจิตร ภูมิพันธ์ุ
- 47. อาจารย์เจษฎุศิริ เตือนมุลละ
- 48. อาจารย์วรกฤต ช่างจัตุรัส

- 49. อาจารย์ทรงพล นามคุณ
- 50. อาจารย์วุฒิกกร อนันตสิริชัย
- 51. อาจารย์ชาญวิทย์ แก้วอาษา



วิทยากรรับเชิญ

ดร.อุษา กลิ่นหอม

การศึกษา

- ปริญญาตรี เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ปริญญาโท ชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ปริญญาเอก ชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล
- ประกาศนียบัตร การวัดและการประเมินความหลากหลายทางชีวภาพ

จาก Smithsonian Institution สหรัฐอเมริกา

ประวัติการทำงาน

- รับราชการ อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตมหาสารคาม 2518-2539
- รับราชการ อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2539-2558
- ปัจจุบันเป็นนายกสมาคมเครือข่ายการแพทย์พื้นบ้านและสุขภาพวิถีไท ชำนาญการ เกษียณ นักวิชาการอิสระ

ประสบการณ์

- งานวิจัยสิ่งแวดล้อมของภาคอีสาน
- งานวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพ
- งานวิจัยด้านมิติวิทยาศาสตร์กับภูมิปัญญาท้องถิ่น
- คณะอนุกรรมการกลั่นกรองตำรับตำรายาการแพทย์แผนไทย (2547-ปัจจุบัน)
- คณะทำงานพิจารณากลั่นกรองทางวิชาการและตรวจสอบคำขอจดทะเบียนสิทธิในภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทย (ปัจจุบัน)
- ก่อตั้งพิพิธภัณฑ์หัตถ์มีฤทธิ์ทางยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (2555)
- ก่อตั้งพิพิธภัณฑ์หัตถ์มีฤทธิ์ทางยา ไทย-เกาหลี ปทุมธานี (2561)
- คณะกรรมการตรวจสอบ สำนักงานพิพิธภัณฑ์เกษตรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว (2560-ปัจจุบัน)
- คณะกรรมการพัฒนางานวิจัย สำนักงานพิพิธภัณฑ์เกษตรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว (2561-ปัจจุบัน)





การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

กำหนดการ

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ
วิทยาศาสตร์วิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์ และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1
ในวันจันทร์ที่ 23 สิงหาคม 2564
ณ ห้องประชุมจำปีหลวง อาคารปฏิบัติการกลางวิทยาศาสตร์ (อาคาร 39)
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

เวลา	รายการ	ระบบออนไลน์
08.30 – 09.00 น.	เข้าร่วมงานผ่านระบบออนไลน์	
09.00 – 09.30 น.	พิธีเปิด	google meet รหัสการประชุม: kky-pouh-tux
	ดำเนินรายการโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์พนัธิวา แก้วมาตย์ รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ประกันคุณภาพและ บริการวิชาการ	
	กล่าวรายงานโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์เนตรชนก จันทร์สว่าง คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	facebook -คณะวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี
	กล่าวเปิดงานโดย รองศาสตราจารย์นิรุต ถึงนาค อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม	-คณะวิศวกรรมศาสตร์
09.30 – 11.00 น.	พิธีมอบโล่เกียรติคุณ “เจ้าภาพร่วมและผู้สนับสนุน” โดย รองศาสตราจารย์นิรุต ถึงนาค อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม	-คณะ เทคโนโลยีการเกษตร
	บรรยายพิเศษ เรื่อง “จากงานวิจัยสู่นวัตกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์” โดย ดร.อุษา กลิ่นหอม หัวหน้าคณะที่ปรึกษาทางวิชาการศูนย์วิจัยเห็ดฟิลาโนสโตรมชาติ ไทย-เกาหลี	
11.00 – 12.00 น.	นำเสนอผลงานภาคโปสเตอร์	เว็บไซต์การประชุมฯ http://seat.rmu.ac.th/
12.00 – 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน	
13.00 – 16.00 น.	นำเสนอผลงานภาคบรรยาย	google meet



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

ตารางการนำเสนอ

ภาคโปสเตอร์ออนไลน์ เว็บไซต์การประชุม <http://seat.rmu.ac.th/>

ลำดับ	รหัสบทความ	ชื่อบทความ
1.	SC 02	การขยายขนาดกระบวนการดีเอสเทอร์รีฟิเคชันและการสกัดสำหรับการผลิตลูทีนโดยไดเมธิลอีเทอร์เหลว ผู้นำเสนอ: จักรพงษ์ จัยสุวรรณ
2.	SC 05	ผลการฝึกวีเอที ที่มีผลต่อความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาบอลเลย์บอลเยาวชนหญิงมหาสารคาม ผู้นำเสนอ: อภิชาติ สุนาร์ักษ์
3.	SC 07	ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียและขจัดกลิ่นของสเปรย์ขจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์สำหรับผ้าฝ้ายและผ้าไหม ผู้นำเสนอ: จิรจิต อินทร
4.	SC 09	การผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้กับระบบปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้นำเสนอ: ชีวะ ทศนา
5.	SC 11	ผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบกลุ่ม ของบุคลากรและนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้นำเสนอ: ประเสริฐ ชम्मอญ
6.	SC 13	สถานการณ์การปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในแหล่งน้ำผิวดินเขตเทศบาลตำบลวัฒนานคร อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว ผู้นำเสนอ: สาลินี ผลมตย์
7.	SC 15	ผลของโปรแกรม PBT ที่มีต่อความแม่นยำในการส่งลูกฟุตบอลของนักเรียน รุ่นอายุ 11-13 ปี โรงเรียนบ้านท่าสองคอน จังหวัดมหาสารคาม ผู้นำเสนอ: จักรดาว โพธิแสน
8.	SC 16	ผลของการออกกำลังกายมวยไทยที่มีต่อดัชนีมวลกายและเปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนังในนักศึกษาหญิงที่มีภาวะน้ำหนักเกิน มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้นำเสนอ: จักรดาว โพธิแสน
9.	SC 20	ฤทธิ์ต้านมะเร็งในระดับหลอดทดลองของสารสกัดจากต้นสลัดไฉไลหลายเหลือ ผู้นำเสนอ: ปุรินทร์ เจริญสุขใส
10.	SC 22	ผลของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานต่อการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะรูปกรวยแบบสองมิติ



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

ลำดับ	รหัสบทความ	ชื่อบทความ
		ผู้นำเสนอ: ภาณุพัฒน์ ชัยวร
11.	SC 23	สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ สำหรับการเตรียมฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ผู้นำเสนอ: ภาณุพัฒน์ ชัยวร
12.	SC 24	การศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในเขตจังหวัดเชียงใหม่-แม่ฮ่องสอน ผู้นำเสนอ: ภาณุพัฒน์ ชัยวร
13.	SC 31	การประมาณความเชื่อมั่นของค่าความเชื่อถือได้และอัตราความขัดข้องสำหรับข้อมูลชั่วชีวิตที่มีการแจกแจงไวบูลล์ ผู้นำเสนอ: ณิชฎญาร์ บรรเทา
14.	SC 32	การพัฒนาภัตตาคารจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหาร ผู้นำเสนอ: ภัชชนก รัตนกรปรีดา
15.	SC 35	การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนโดยใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลาตรรกศาสตร์คลุมเครือของภาคตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทย ผู้นำเสนอ: ณิชฎญาร์ บรรเทา
16.	SC 36	พฤติกรรมการป้องกันการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ของประชาชนที่มีความหลากหลายทางชาติพันธุ์ อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย ผู้นำเสนอ: จุฑามาศ เมืองมูล
17.	SC 38	การพัฒนาสื่อโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อการรณรงค์ไม่สูบบุหรี่ ผู้นำเสนอ: วิธมณ ขจรโมทย์
18.	SC 39	แอปพลิเคชันกิจกรรมการเรียนรู้ป่าชุมชนบ้านเชียงเหียน ผู้นำเสนอ: วิธมณ ขจรโมทย์
19.	SC 40	ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวมในมะกอกสดและมะกอกแห้ง ผู้นำเสนอ: จุฑามาศ พลขำนิ
20.	SC 42	การปรับปรุงคุณภาพดินเค็มโดยใช้น้ำหมักชีวภาพ ผู้นำเสนอ: ชมพู่ เหนือศรี
21.	SC 45	การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย <i>Staphylococcus aureus</i> และ <i>Escherichia coli</i> ด้วยสารสกัดหยาบจากเปลือกสะเดา ผู้นำเสนอ: สุชาติา ใจปิง
22.	SC 46	สมบัติทางกายภาพของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพารา



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

ลำดับ	รหัสบทความ	ชื่อบทความ
		ผู้นำเสนอ: ปรีช นิลแสงรัตน์
23.	SC 48	ความรู้ เจตคติ และการปฏิบัติตนในการบริโภคส้มตำของนักศึกษา ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้นำเสนอ: อรุณช วงศ์วัฒนาเสถียร
24.	SC 49	ผลของตำรับยาปลูกไฟธาตุกับการรอดตัวนมต่อการเริ่มไหลของน้ำนมในมารดาหลังคลอดครั้งแรก ผู้นำเสนอ: ชนิดาภา ยะนันท์
25.	SC 50	ผลของเจลสมุนไพรต่อระดับอาการปวดกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างในประชาชนก่อนสูงวัย ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านสกล อำเภอทาบึง จังหวัดสุรินทร์ ผู้นำเสนอ: ณีฎฐกรวิ บุญวิจิตร
26.	SC 51	การสังเคราะห์ชีวของตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ยังยวดจากเปลือกเมล็ดมะค่าโมงด้วยกระบวนการคาร์บอนในเซชันร่วมกับการกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ผู้นำเสนอ: มาวิน ปูนอน
27.	SC 52	ผลของการปรับปรุงพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดมะค่าโมงโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟฟลักซ์ สำหรับประยุกต์ใช้เป็นขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวด ผู้นำเสนอ: มาวิน ปูนอน
28.	SC 53	การพัฒนาระบบแจ้งเตือนและประชาสัมพันธ์งานด้านบุคคลผ่านแอปพลิเคชันไลน์ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้นำเสนอ: กัญญาวีร์ สมนึก
29.	SC 54	การพัฒนาฐานข้อมูลวัสดุอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการของสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์-ส่งนำเสนอ ผู้นำเสนอ: สุสิตรา สิงโสม
30.	SC 57	การพัฒนาเจลกรูเมมาเพื่อบรรเทาอาการอักเสบ คัน และระคายเคืองจากยุงลายบ้านกั๊ด ผู้นำเสนอ: จรินยา ขุนทะวาด
31.	SC 58	การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำอเล็กโทรไลต์ชนิดกรด ผู้นำเสนอ: นวลใย ญารักษา
32.	SC 62	ผลของความยาวส่วนทำระเหย และสารทำงานที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสันวงรอบ ผู้นำเสนอ: วสันต์ ปินะเต



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

ลำดับ	รหัสบทความ	ชื่อบทความ
33.	SC 64	การศึกษาความหลากหลายของชนิดพันธุ์สัตว์ในป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ หมู่ที่ 14 ตำบลแม่เปา อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย ผู้นำเสนอ: สุทธิ มลิตทอง
34.	SC 65	ฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียจากสารสกัดหยาบสาหร่ายไฟ บริเวณนาข้าวบางแหล่งในอำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย ผู้นำเสนอ: ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์
35.	SC 67	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำ ผู้นำเสนอ: ศรีกาญจนา คล้ายเรือ
36.	SC 68	การพัฒนาตำรับเมนูอาหารจากไข่ขาวสำหรับผู้ป่วย ผู้นำเสนอ: สุจาริณี สังข์วรรณะ
37.	SC 69	การประเมินความพึงพอใจของสื่อให้ความรู้ทางโภชนาการสำหรับโรคเบาหวานแบบออนไลน์สำหรับผู้ป่วยและผู้ดูแล ในแผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาล ผู้นำเสนอ: สุจาริณี สังข์วรรณะ
38.	SC 72	ความหลากหลายชนิดและความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ ตำบลแม่เปา อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย ผู้นำเสนอ: เพ็ญศรี มลิตทอง
39.	SC 73	ประสิทธิภาพและสมรรถนะของนาโนฟิลเตรชั่นของสารละลายเหล็ก ผู้นำเสนอ: วุฒิกกร สายแก้ว
40.	EN 31	การวิเคราะห์และออกแบบระบบดับเพลิงอัตโนมัติอาคารเก็บแอลกอฮอล์ ผู้นำเสนอ: ศตวรรษ คงอ่อน
41.	EN 36	การวิเคราะห์พื้นที่ศักยภาพในการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อรองรับการเติบโตของชุมชนพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลสีมูม จังหวัดนครราชสีมา ผู้นำเสนอ: วารุณี อ้วนโพธิ์กลาง
42.	EN 39	การออกแบบและการสร้างระบบการจัดการฐานข้อมูลสำหรับการประมาณราคาในงานระบบระบายอากาศ กรณีศึกษา บริษัท กรเอ็นจิเนียริงการช่าง จำกัด ผู้นำเสนอ: ณัฐพล แซ่เฮ้ง
43.	AG 05	การใช้ประโยชน์จากบุกเพื่อเสริมในไส้ข้าว ผู้นำเสนอ: ธัญนันท์ ฤทธิมณี
44.	AG 11	การบริหารจัดการเงินของครัวเรือนเกษตรกรในเขตพื้นที่บ้านแว้งนาง อำเภอเมืองจังหวัดมหาสารคาม ปีการเพาะปลูก 2562/2563 ผู้นำเสนอ: ปริญญา เปรมโต



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

ลำดับ	รหัสบทความ	ชื่อบทความ
45.	AG 13	ผลของอัตราปุ๋ย และระยะเวลาการใส่ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ลักษณะทางการเกษตร และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 ผู้นำเสนอ: ดาริการ์ บุญพันธ์
46.	AG 18	ผลการทดแทนแป้งกล้วยน้ำว่าต่อคุณลักษณะและการยอมรับของคุกกี้ดิงคโปร์ ผู้นำเสนอ: สุนันทา คะเนนอก
47.	AG 19	ศึกษาการทำบาดแผลต่อการเกิดรากกิ่งตอนกระดังงาสงขลา ผู้นำเสนอ: มนทิรา ไชยตะยากร
48.	AG 21	การศึกษาอิทธิพลของกรดซาลีไซลิกและสารจิบเบอเรลลินต่อการงอกของเมล็ดถั่วพู ผู้นำเสนอ: ศุภสุดา การูจี
49.	AG 28	ผลของความเข้มข้นสูตรอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการขยายพันธุ์กาบหอยแครง (<i>Dionaea muscipula</i>) ในสภาพปลอดเชื้อ ผู้นำเสนอ: โสภา ชูเพ็ง



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

การนำเสนอภาคบรรยาย กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ห้องออนไลน์ที่ 1-SC

ลิงก์วิดีโอคอล: <https://meet.google.com/fbn-ukvx-qcx> รหัสการประชุม fbn-ukvx-qcx

- คณะกรรมการ
1. รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธน์ เนื่องเฉลิม ประธานกรรมการ
 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชราภรณ์ พิมพ์จันทร์ กรรมการ
 3. อาจารย์ ดร.ธาดา จันทะคุณ กรรมการ
 4. อาจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ สุทธิพิณู กรรมการฝ่ายเทคนิคร่วม

ลำดับ	รหัสบทความ	ชื่อบทความ	เวลา
1.	SC 01	การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย ผู้นำเสนอ: ยศธร สนพรม	13:00–13:15
2.	SC 03	การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการลาออกกลางคันของนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตโดยใช้กฎความสัมพันธ์ ผู้นำเสนอ: สุพาณี สลีสองสม	13:15–13:30
3.	SC 18	ระบบบริหารจัดการกลุ่มทอเสื้ออกดำบลดแซแล ผู้นำเสนอ: อภิญา ไพธิระพัฒน์	13:30–13:45
4.	SC 19	ระบบบริหารจัดการข้อมูลเชื้อเห็ดฟาง กรณีศึกษาบ้านปากดง ผู้นำเสนอ: เบญจวรรณ มีदनนท์	13:45–14:00
5.	SC 26	การพัฒนาระบบร้านค้าปลีกบ้านโคกโองพัฒนา ผู้นำเสนอ: ดารุณี เมฆาโหมด	14:00–14:15
6.	SC 27	ระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีก ผู้นำเสนอ: ธนาวุฒิ โคนสอน	14:15–14:30
7.	SC 33	การพัฒนาเว็บไซต์ประชาสัมพันธ์สินค้า กรีน ฟาร์มแพะ ผู้นำเสนอ: ลักษมี ผิวมณี	14:30–14:45
8.	SC 34	การออกแบบและพัฒนาระบบบริหารจัดการซื้อขายรถยนต์มือสอง ผู้นำเสนอ: ธีระยุทธ พาจันท์	14:45–15:00
9.	SC 37	การพัฒนาเว็บไซต์เก้าน้ำฟาร์มเพื่อจำหน่ายปลากัก ผู้นำเสนอ: นันทวัฒน์ แยมคุณเซาว์	15:00–15:15
10.	SC 77	การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการ ทำนาย สังเกต อธิบายต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้นำเสนอ: กิตปกรณ อุลลครุฑ	15:15–15:30



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

ลำดับ	รหัสบทความ	ชื่อบทความ	เวลา
11.	SC 78	การศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องระบบหายใจ โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบชิปปาโมเดล (CIPPA MODEL) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้นำเสนอ: ธนัชพร เนืองพันธ์	15:30–15:45
12.	SC 79	การศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบชิปปาโมเดล เรื่อง เคมีไฟฟ้า ผู้นำเสนอ: กรสรณีย์ สวัสดิ์ดอนวิชา	15:45–16:00
13.	SC 81	การพัฒนาชุดกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน วิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้นำเสนอ: กิตติยา ทวีผล	16:00–16:15



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

การนำเสนอภาคบรรยาย กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ห้องออนไลน์ที่ 2-SC

ลิงก์วิดีโอคอล: <https://meet.google.com/fdq-xqzy-naa> รหัสการประชุม fdq-xqzy-naa

- คณะกรรมการ
1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะเนตร จันทร์ธีระติกุล ประธานกรรมการ
 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉานุกรณ์ ทับทิมใส กรรมการ
 3. อาจารย์ ดร.วิเชษฐ พูลหาญ กรรมการ
 4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงศธร กองแก้ว กรรมการฝ่ายเทคนิคร่วม

ลำดับ	รหัสบทความ	ชื่อบทความ	เวลา
1.	SC 04	กราฟไฟโตะเซนดิกรีในถ่านกัมมันต์จากชีวมวลโดยกระบวนการทางรังสี ผู้นำเสนอ: กชพรรณ กาญจนะ	13:00-13:15
2.	SC 08	การศึกษาการอบแห้งขมิ้นชันด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้นำเสนอ: พิชราภรณ์ อินริราย	13:15-13:30
3.	SC 10	ประสิทธิผลทางคลินิกของไบโพลีเมอร์ที่ออกซิน เอ ร่วมกับเครื่องแฟรกชันนอลเออร์เบียมกลาส 1550 นาโนเมตร ในการรักษาภาวะผมบางจากฮอร์โมนแอนโดรเจน ผู้นำเสนอ: วรตม์ วัชรปรีชาสกุล	13:30-13:45
4.	SC 29	เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จากงานรับแสงพาราโบลา ผู้นำเสนอ: สาวิตรี ชามทอง	13:45-14:00
5.	SC 41	การศึกษาประสิทธิภาพของยาทาสารแอลคาร์นิทีน 2% กับยาทาสารไอโซเทรทีโนอิน 0.05% ในการลดการผลิตซีบัมในผู้ที่มีภาวะหน้ามัน ผู้นำเสนอ: ธนิน เมธิศิริวัฒน์	14:00-14:15
6.	SC 55	การวิเคราะห์คาบการโคจรและพารามิเตอร์สัมบูรณ์ของระบบดาวคู่อุปราคา V404 Gem ผู้นำเสนอ: ปฐมพงศ์ พันธุ์พิบูลย์	14:15-14:30
7.	SC 63	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในมะหาด ผู้นำเสนอ: อรุณรัตน์ อุทัยคุณ	14:30-14:45
8.	SC 66	ผลของอนุภาคนาโนต่อค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐดินลูกรัง ผู้นำเสนอ: ธนพัฒน์ ธีระวุฒิ	14:45-15:00



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

ลำดับ	รหัสบทความ	ชื่อบทความ	เวลา
9.	SC 75	หัตถ์วัดแก๊สอะซีไตนความเข้มข้นต่ำสำหรับคัดกรองโรคจากลมหายใจประดิษฐ์จากซิงค์ออกไซด์ที่มีโครงสร้างแบบเตตระพอดเจ็อด้วยดีบุก ผู้นำเสนอ: ธีระพงษ์ แสนทวีสุข	15:00–15:15



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

การนำเสนอภาคบรรยาย กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ห้องออนไลน์ที่ 3-SC

ลิงก์วิดีโอคอล: <https://meet.google.com/ymw-wsws-gqv> รหัสการประชุม ymw-wsws-gqv

- คณะกรรมการ
1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิตยัตตะยา ผาสุขพันธ์ ประธานกรรมการ
 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โรจพล นูรณ์รักษ์ กรรมการ
 3. อาจารย์ ดร.มณฑิรา จันทร์วารีย์ กรรมการ
 4. อาจารย์ ดร.ภิรมย์ สุวรรณสม กรรมการฝ่ายเทคนิคร่วม

ลำดับ	รหัสบทความ	ชื่อบทความ	เวลา
1.	SC 06	ทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมแยกขยะอาหารของครัวเรือน ผู้นำเสนอ: ชวินธร ทองเพ่งพิศ	13:00-13:15
2.	SC 14	ประสิทธิภาพของตัวกลางในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบถังกรองไร้อากาศ ผู้นำเสนอ: อังศุมา ก้านจักร	13:15-13:30
3.	SC 17	ผลการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อความแข็งแรง ความเร็ว และความสามารถในการกระโดดเข้าลอยของ นักศึกษาชายสาขามวยไทยศึกษาและพลศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ผู้นำเสนอ: ประสิทธิ์ชัย ผาสุข	13:30-13:45
4.	SC 21	การศึกษาความสามารถในการทำงานและความพร้อมด้านความปลอดภัยในการขับขี่ยานพาหนะขนส่งสินค้าอันตราย : กรณีศึกษาคลังน้ำมันในภาคเหนือของประเทศไทย ผู้นำเสนอ: ณพลิชฐ์ จักรพาณิชย์	13:45-14:00
5.	SC 56	ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดจากการทำงาน บรรยากาศความปลอดภัยกับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องจักรในอุตสาหกรรมก่อสร้างแห่งหนึ่ง จังหวัดสระบุรี ผู้นำเสนอ: พชรกมล กลั่นบุศย์	14:00-14:15
6.	SC 61	ปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศและผลกระทบต่อประชาชนในเขตชุมชนเทศบาลเมืองมหาสารคาม ผู้นำเสนอ: เมตตา เก่งชูวงศ์	14:15-14:30



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

ลำดับ	รหัส บทความ	ชื่อบทความ	เวลา
7.	SC 71	การใช้ประโยชน์ตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปาในการเป็นวัสดุปลูกต้นดาวเรือง ผู้นำเสนอ: รติกร แสงห้าว	14:30-14:45
8.	SC 76	ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกที่ปลูกด้วยเทคนิคแทนลอน้ำในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตปุ๋ยเทียมแช่เยือกแข็ง ผู้นำเสนอ: ศิริธร แก้วเนตร	14:45-15:00



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

การนำเสนอภาคบรรยาย กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ห้องออนไลน์ที่ 4-SC

ลิงก์วิดีโอคอล: <https://meet.google.com/oqc-ctqd-psx> รหัสการประชุม oqc-ctqd-psx

- คณะกรรมการ
1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยยันต์ สกุลไทย ประธานกรรมการ
 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา คำสมบัติ กรรมการ
 3. อาจารย์ ดร.วรรณพล พิมพ์สารี กรรมการ
 4. อาจารย์ ดร.อัครพงษ์ วงศ์พัฒน์ กรรมการฝ่ายเทคนิคร่วม

ลำดับ	รหัส บทความ	ชื่อบทความ	เวลา
1.	SC 30	การพัฒนาเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำ พยัญชนะของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน ผู้นำเสนอ: พามิลา เพชรมณี	13:00–13:15
2.	SC 43	การพัฒนาบทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ดึงร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบ ร่วมมือ เทคนิค LT เพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกัน เรื่อง กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สำหรับนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้นำเสนอ: สุเมศ ซาแทน	13:15–13:30
3.	SC 44	การเปรียบเทียบตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ราคาขาย แผ่นดินในประเทศไทย ผู้นำเสนอ: นิวัตร สุวรรณะ	13:30–13:45
4.	SC 47	บนปฏิสลับที่ AG*–กรุปพอยต์ ผู้นำเสนอ: อัฐชัย ชญา	13:45–14:00
5.	SC 59	การแปลง fq บนพีชคณิต G เทียม ผู้นำเสนอ: บรรชา นันจรัส	14:00–14:15
6.	SC 60	สมบัติบางประการของกึ่งกลุ่ม – KS ผู้นำเสนอ: เซาว์วัฒน์ มั่นยืน	14:15–14:30
7.	SC 70	การพัฒนาระบบของห้องพักออนไลน์ กรณีศึกษาหอพักกุลศรี ผู้นำเสนอ: ธนกฤต สุขราษฎร์	14:30–14:45
8.	SC 80	การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้ แบบโครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ รายวิชา เทคโนโลยี 3 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชัน ผู้นำเสนอ: ธิญญธร ฉลวยศรีเมือง	14:45–15:00



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

การนำเสนอภาคบรรยาย กลุ่มวิศวกรรมศาสตร์ ห้องออนไลน์ที่ 5-EN

ลิงก์วิดีโอคอล: <https://meet.google.com/vux-mnhu-own> รหัสการประชุม vux-mnhu-own

- คณะกรรมการ
1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย อินทะตา ประธานกรรมการ
 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ งามชมภู กรรมการ
 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปิยะพล สีหาบุตร กรรมการ
 4. อาจารย์เจษฎ์ศิริ เกื่อนมูลละ กรรมการฝ่ายเทคนิคร่วม

ลำดับ	รหัสบทความ	ชื่อบทความ	เวลา
1.	EN 01	การศึกษาความเป็นฉนวนกันความร้อนของอิฐบล็อกและปูนฉาบ โดยการผสมอิฐไฟเผาที่ใช้แล้ว ผู้นำเสนอ: จรัล รัตนโชตินันท์	13:00–13:15
2.	EN 13	การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเหลือทิ้ง ผู้นำเสนอ: นเรศ ไหญ่วงศ์	13:15–13:30
3.	EN 15	การจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder : กรณีศึกษา อาคารผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ผู้นำเสนอ: ปุณฺณชรัสมิ์ ไกรเทพ	13:30–13:45
4.	EN 19	การพัฒนาแบบการทดสอบแม่พิมพ์โดยใช้โปรแกรม คอมพิวเตอร์จำลองการฉีดในกระบวนการฉีดพลาสติก ผู้นำเสนอ: วณัฐพงษ์ มากทองดี	13:45–14:00
5.	EN 30	การเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินธุรกิจของโรงงานผลิตเครื่องตี สมุนไพร ผู้นำเสนอ: กฤษณชัย ศรีประเสริฐศักดิ์	14:00–14:15
6.	EN 33	การออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรแปรรูปมะขามจัดจืดสำหรับ ธุรกิจชุมชน ผู้นำเสนอ: วิทยา หนูช่างสิงห์	14:15–14:30
7.	EN 38	การพัฒนาเครื่องทอดไก่กึ่งอัตโนมัติด้วยระบบน้ำมันทอดหมุนเวียน ผู้นำเสนอ: วาทีต วงษ์ดอกไม้	14:30–14:45
8.	EN 40	การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมของถังให้ความร้อนด้านแคโทดสำหรับ รีดอกซ์โฟลว์แบตเตอรี่ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นสารตั้งต้น ผู้นำเสนอ: อติศร ถมยา	14:45–15:00
9.	EN 41	สมการค่าความร้อนสูงจากการวิเคราะห์ขั้นต้น ผู้นำเสนอ: อนุพนธ์ พิมพ์ช่วย	15:00–15:45



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
 เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

การนำเสนอภาคบรรยาย กลุ่มวิศวกรรมศาสตร์ ห้องออนไลน์ที่ 6-EN

ลิงก์วิดีโอคอล: <https://meet.google.com/yys-nfik-rfd> รหัสการประชุม yys-nfik-rfd

- คณะกรรมการ
- | | |
|---|-----------------------|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย พรพัชรพงศ์ | ประธานกรรมการ |
| 2. อาจารย์ ดร.มลฤดี บุญยะศรี | กรรมการ |
| 3. อาจารย์ชาญวิทย์ แก้วอาษา | กรรมการ |
| 4. อาจารย์ ดร.พัชระ นาเสงี่ยม | กรรมการฝ่ายเทคนิคร่วม |

ลำดับ	รหัสบทความ	ชื่อบทความ	เวลา
1.	EN 03	ระบบแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่ผ่าน LINE Notify ผู้นำเสนอ: รัชพล แซ่เล้า	13:00-13:15
2.	EN 04	ราวตากผ้าอัตโนมัติเพื่อการดำรงชีวิตอัจฉริยะ ผู้นำเสนอ: อนุกุล ดุมลักษณ์	13:15-13:30
3.	EN 05	ระบบให้ออกซิเจนในตู้ปลาแบบอัตโนมัติเพื่อการดำรงชีวิตอัจฉริยะ ผู้นำเสนอ: เอกชัย วิมลเมือง	13:30-13:45
4.	EN 06	การพัฒนาชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET บูรณาการรายวิชาสำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช. ผู้นำเสนอ: อินทร์ธิดา คำภีระ	13:45-14:00
5.	EN 10	สมรรถนะเรือเก็บขยะบนผิวน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบควบคุมด้วยสมาร์ทโฟน ผู้นำเสนอ: พีรพงศ์ แสงคุณที	14:00-14:15
6.	EN 14	การพัฒนาเสารับส่งสัญญาณแบบไร้สายจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น ผู้นำเสนอ: ธนรัตน์ ยอดดำเนิน	14:15-14:30
7.	EN 18	การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้ร่วมกับตัวเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้นำเสนอ: ณัฐพล โคตรพิมพ์	14:30-14:45
8.	EN 20	ระบบระบุรถยนต์ 4 ล้อด้วยการเรียนรู้เชิงลึกบนคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์แบบสมองกลฝังตัว ผู้นำเสนอ: ม่านไหม จูติยากร	14:45-15:00
9.	EN 37	การพัฒนาหุ่นยนต์ตัวแทนทางไกล ผู้นำเสนอ: จิตติ พัทธวิเศษ	15:00-15:15



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

การนำเสนอภาคบรรยาย กลุ่มวิศวกรรมศาสตร์ ห้องออนไลน์ที่ 7-EN

ลิงก์วิดีโอคอล: <https://meet.google.com/pqx-dgrs-jud> รหัสการประชุม pqx-dgrs-jud

- คณะกรรมการ
1. อาจารย์ ดร.อาทิตย์ อภิชาติธนกุล ประธานกรรมการ
 2. อาจารย์ ดร.มานพ ดอนหมื่น กรรมการ
 3. อาจารย์ทรงพล นามคุณ กรรมการ
 4. อาจารย์ ดร.ธนชัย พลเคน กรรมการฝ่ายเทคนิคร่วม

ลำดับ	รหัสบทความ	ชื่อบทความ	เวลา
1.	EN 02	การประยุกต์ใช้แบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทานของบริษัทตัวอย่าง ผู้นำเสนอ: สุภาวดี เชียงฉิน	13:00–13:15
2.	EN 07	การเพิ่มประสิทธิภาพระบบขนส่งสาธารณะและลดต้นทุนของการเกิดอุบัติเหตุ กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 2 : องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ผู้นำเสนอ: มนัส คุรุชังทอง	13:15–13:30
3.	EN 09	การพัฒนากลยุทธ์ในการบริหารจัดการระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) ผู้นำเสนอ: วิชาญ เทวพิทักษ์	13:30–13:45
4.	EN 11	กลยุทธ์เพิ่มประสิทธิภาพช่องทางจำหน่ายตั๋วโครงการครอบครัวสุขสันต์ไหว้พระ 9 วัดกับ ขสมก. ด้วยระบบจองตั๋วออนไลน์ ผู้นำเสนอ: พัทรวีร์ บุญโถม	13:45–14:00
5.	EN 12	การลดค่าล่วงเวลา (OT) การเติมก๊าซขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ เขตการเดินรถที่ 1 ผู้นำเสนอ: เกียรติศักดิ์ สุขศิลป์	14:00–14:15
6.	EN 16	การบริหารจัดการต้นทุนพัสดุด่วนโดยสารประจำทาง กรณีศึกษา องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ผู้นำเสนอ: สมบัติ สีสดเล็ก	14:15–14:30
7.	EN 21	ปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 5 ประจำองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ผู้นำเสนอ: วิโรจน์ แหวนทองคำ	14:30–14:45



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

ลำดับ	รหัสบทความ	ชื่อบทความ	เวลา
8.	EN 22	การเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการงานสารบรรณและการไหลของข้อมูลในองค์กร ด้วยแนวคิดแบบลีน ผู้นำเสนอ: สุธิรา จันท์แก้ว	14:45–15:00
9.	EN 25	แนวทางในการตัดสินใจเพื่อลดต้นทุนโครงการไหว้พระ 9 วัด คู่บางเขน ผู้นำเสนอ: รุ่งทิพย์ มาตา	15:00–15:15



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

การนำเสนอภาคบรรยาย กลุ่มวิศวกรรมศาสตร์ ห้องออนไลน์ที่ 8-EN

ลิงก์วีดีโอคอล: <https://meet.google.com/snq-gddk-xcp> รหัสการประชุม snq-gddk-xcp

- คณะกรรมการ
1. อาจารย์ ดร.ณภัทร อินทนนท์ ประธานกรรมการ
 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิกกร สายแก้ว กรรมการ
 3. อาจารย์วรกฤต ช่างจตุรัส กรรมการ
 4. อาจารย์วุฒิกกร อนันตสิริชัย กรรมการฝ่ายเทคนิคร่วม

ลำดับ	รหัสบทความ	ชื่อบทความ	เวลา
1.	EN 08	การปรับปรุงกระบวนการจ่ายสินค้าด้วยหลักการลดความสูญเปล่า ECRS กรณีศึกษา : แผนกคลังสินค้า บริษัท มหาสารคาม เบเวอเรจ จำกัด ผู้นำเสนอ: โชติณภา คำพิลา	13:00-13:15
2.	EN 23	การศึกษาความต้องการของสถานประกอบการในการรับสมัคร พนักงานเข้าทำงานด้านคลังสินค้าตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือ แรงงาน กรณีศึกษา สถานประกอบการในจังหวัดเชียงราย ผู้นำเสนอ: นพรัตน์ ดีบั้ง	13:15-13:30
3.	EN 24	แนวทางการพัฒนาองค์กรให้เป็นหน่วยรับรองสมรรถนะบุคลากร ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 ด้านโลจิสติกส์ สาขา ผู้ปฏิบัติงานขับเคลื่อนรถบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่ : กรณีศึกษา สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ ผู้นำเสนอ: ธัญญาศิริ เป็งฟอง	13:30-13:45
4.	EN 27	การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ผู้นำเสนอ: บัณฑิต อัมพันธ์เสน	13:45-14:00
5.	EN 32	การลดระยะทางและต้นทุนการขนส่งนมโรงเรียนของสหกรณ์โคนม ผู้นำเสนอ: นลินี หิมพงษ์	14:00-14:15
6.	EN 34	การพัฒนาระบบจัดเก็บสินค้าคลังแบบอัตโนมัติ ผู้นำเสนอ: ณรงค์ บุญเสนอ	14:15-14:30
7.	EN 35	การปรับปรุงเส้นทางขนส่งขยะทั่วไปของโรงพยาบาลมหาสารคาม ผู้นำเสนอ: ศิวตล กัญญาคำ	14:30-14:45



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

การนำเสนอภาคบรรยาย กลุ่มเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ห้องออนไลน์ที่ 9-AG
ลิงก์วีดีโอคอล: <https://meet.google.com/dap-fxxy-vzc> รหัสการประชุม dap-fxxy-vzc

- คณะกรรมการ
1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีระยศ แข็งขัน ประธานกรรมการ
 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุทัย โคตรดก กรรมการ
 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นภาพร เวชกามา กรรมการ
 4. อาจารย์จากรุณี เข้มพิลา กรรมการฝ่ายเทคนิคร่วม

ลำดับ	รหัสบทความ	ชื่อบทความ	เวลา
1.	AG 01	ผลของการใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลหนอนไหมต่อการเจริญเติบโตในผักแพว ผู้นำเสนอ: จิรเดชน์ จิรเหมือนใจ	13:00-13:15
2.	AG 02	ผลของการใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลหนอนไหมต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณคลอโรฟิลล์ และสารประกอบฟีนอลิกรวมในหญ้าหวาน ผู้นำเสนอ: ธีรสุดา เกียรไทย	13:15-13:30
3.	AG 03	ผลของการใช้สารกลุ่มไซโตไคนินต่อการเกิดยอดและใบของกัญชา ในสภาพปลอดเชื้อ ผู้นำเสนอ: จุฑามัทร์ พรหมชา	13:30-13:45
4.	AG 06	อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน โฟสเฟตเสริม และฟอสฟอรัสต่อการ เจริญเติบโตของกัญชา ผู้นำเสนอ: อนุวัฒน์ อັນมี	13:45-14:00
5.	AG 08	ระบบบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนแคบหมูอิมสุข พื้นที่บ้านขาด ตำบลบ้านยวด อำเภอสร้างคอม จังหวัดอุดรธานี ผู้นำเสนอ: รจนา ทิมะสุข	14:00-14:15
6.	AG 09	ระบบบริหารจัดการบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้ & ฟาร์มออนไลน์ ผู้นำเสนอ: เจนจิรา สีแสง	14:15-14:30
7.	AG 15	การศึกษาปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ปริมาณ คลอโรฟิลล์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของใบกัญชา ผู้นำเสนอ: ศิวกร จันทบาล	14:30-14:45



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

การนำเสนอภาคบรรยาย กลุ่มเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ห้องออนไลน์ที่ 10-AG

ลิงก์วีดีโอคอล: <https://meet.google.com/bvc-axdv-xon> รหัสการประชุม bvc-axdv-xon

- คณะกรรมการ
1. รองศาสตราจารย์ ดร.ยศ บริสุทธิ์ ประธานกรรมการ
 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์ กรรมการ
 3. อาจารย์ ดร.บัณฑิตา สวัสดิ์ กรรมการ
 4. อาจารย์ ดร.อุตร จิตจักร กรรมการฝ่ายเทคนิคร่วม

ลำดับ	รหัสบทความ	ชื่อบทความ	เวลา
1.	AG 04	การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดีไว้ใช้ในครัวเรือนชุมชนบ้านบาก ตำบลบงเหนือ อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร ผู้นำเสนอ: สุภาภรณ์ จันทะนุด	13:00–13:15
2.	AG 07	ศักยภาพของแหล่งธาตุอาหารจากปุ๋ยคอกแต่ละชนิดต่อการผลิตเมล็ดอินทรีรี่ ผู้นำเสนอ: เอกวุฒิ ภัทภูมิินทร์	13:15–13:30
3.	AG 10	ผลของความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูและความหนาแน่นของการบรรจุต่ออัตราการรอดตายของปลานิลแดง ผู้นำเสนอ: สาทิต คำผิง	13:30–13:45
4.	AG 12	ผลของโคโคซานที่มีต่อการยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ผู้นำเสนอ: เลิศชัย จิตรอารี	13:45–14:00
5.	AG 14	การเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเขียวแช่มมันสำปะหลังในระบบน้ำหยด ผู้นำเสนอ: ประทีป อูปแก้ว	14:00–14:15
6.	AG 16	ผลการเสริมเพศดินจากเปลือกกล้วยหอมทองต่อการเจริญเติบโตของปลาหมอชุมพร 1 ผู้นำเสนอ: กมลวรรณ ศุภวิญญู	14:15–14:30
7.	AG 17	ค่าโลหิตวิทยาและดัชนีตับของปลาทับทิมที่เลี้ยงในระบบไบโอฟลอคร่วมกับระบบบ่อควาโปนิคส์ ผู้นำเสนอ: ยุทธนา สว่างอารมย์	14:30–14:45



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

ลำดับ	รหัส บทความ	ชื่อบทความ	เวลา
8.	AG 20	ผลของโปรไบโอติกต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และความต้านทานโรคต่อแอโรโมแนส ไฮโดรฟิลล่า(Aeromonas hydrophila) ของปลานิลในน้ำกร่อย ผู้นำเสนอ: จันท์ทิพย์ ทองจันทร์	14:45–15:00
9.	AG 22	การพัฒนาผลิตภัณฑ์สปีนจ์เค้กเนื้อตาลสุก ผู้นำเสนอ: สุคนธา สุคนธ์ธำรา	15:00–15:15
10.	AG 25	ปัจจัยทางนิเวศวิทยาที่มีอิทธิพลต่อจำนวนแมงมุมเขียวาวในนาข้าวอินทรีย์ ผู้นำเสนอ: อธิปัตย์ อู่ศิลปกิจ	15:15–15:30
11.	AG 26	การหาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเซลลูโลสจากไชยาโนแบคทีเรีย นอสตอก ผู้นำเสนอ: นิศารัตน์ เพชรพรม	15:30–15:45
12.	AG 27	ผลของปริมาณไชยาโนแบคทีเรียออกซิซิลลาทอเรียในเซลล์ตรึงต่อการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ผู้นำเสนอ: บุรินทร์ มนตรีวิสัย	15:45–16:00



สารบัญ

	หน้า
ภาคโปสเตอร์	
การผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้กับระบบปรับอากาศ พลังงานแสงอาทิตย์.....	1
ผลของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานต่อการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะ รูปกรวยแบบสองมิติ.....	7
สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ สำหรับการเตรียมฝึกประสบการณ์วิชาชีพ ครูของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.....	22
การศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของครูระดับมัธยมศึกษา ตอนปลายในเขตจังหวัดเชียงใหม่-แม่ฮ่องสอน.....	31
การประมาณความเชื่อมั่นของค่าความเชื่อถือได้และอัตราความขัดข้องสำหรับ ข้อมูลชั่วชีวิตที่มีการแจกแจงไวบูลล์.....	42
การพัฒนาผักปักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหาร.....	57
การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนโดยใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลาตรรกศาสตร์คลุมเครือ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทย.....	64
พฤติกรรมการป้องกันการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ของประชาชนที่มี ความหลากหลายทางชาติพันธุ์ อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย.....	79
การปรับปรุงคุณภาพดินเค็มโดยใช้น้ำหมักชีวภาพ.....	85
การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย <i>Staphylococcus aureus</i> และ <i>Escherichia coli</i> ด้วยสารสกัดหยาบจากเปลือกสะเดา.....	93
สมบัติทางกายภาพของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับ น้ำยางพารา.....	102
ผลของตำรับยาปลูกไฟฟ้าคู่กับการนวดเต้านมต่อการเริ่มไหลของน้ำนมในมารดา หลังคลอดครั้งแรก.....	111



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

	หน้า
การสังเคราะห์ชีวของตัวเก็บประจุไฟฟ้ายิ่งยวดจากเปลือกเมล็ดมะค่าโมงด้วย กระบวนการคาร์บอนในเซชันร่วมกับการกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)...	122
ผลของการปรับปรุงพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดมะค่าโมงโดยใช้เทคนิค ไมโครเวฟรีฟลักซ์ สำหรับประยุกต์ใช้เป็นขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวด.....	132
การพัฒนาเจลกรูมเมมาเพื่อบรรเทาอาการอักเสบ คัน และระคายเคือง จากยุงลายบ้านกัด.....	143
การศึกษาความหลากหลายของชนิดพันธุ์สัตว์ในป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ หมู่ที่ 14 ตำบลแม่เปา อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย.....	154
ฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียจากสารสกัดหยาบสาหร่ายไฟ บริเวณนาข้าวบางแหล่งใน อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย.....	171
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำ	183
การพัฒนาตำรับเมนูอาหารจากไข่ขาวสำหรับผู้ป่วย.....	193
การประเมินความพึงพอใจของสื่อให้ความรู้ทางโภชนาการสำหรับโรคเบาหวาน แบบออนไลน์สำหรับผู้ป่วยและผู้ดูแล ในแผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาล.....	199
ความหลากหลายชนิดและความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นใน พื้นที่ป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ ตำบลแม่เปา อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย	207
ประสิทธิภาพและสมรรถนะของนาโนฟิลเตรชั่นของสารละลายเหล็ก.....	218
การวิเคราะห์และออกแบบระบบดับเพลิงอัตโนมัติอาคารเก็บแอลกอฮอล์.....	229
การออกแบบและการสร้างระบบการจัดการฐานข้อมูลสำหรับการประมาณราคา ในงานระบบระบายอากาศ กรณีศึกษา บริษัท กรเอ็นจิเนียริงการช่าง จำกัด.....	242
การใช้ประโยชน์จากบุกเพื่อเสริมไนล่อน.....	253
การบริหารจัดการเงินของครัวเรือนเกษตรกรในเขตพื้นที่บ้านเวงนาง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ปีการเพาะปลูก 2562/2563.....	263
ผลของอัตราปุ๋ย และระยะเวลาการใส่ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ลักษณะทางการเกษตร และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1.....	271
ผลการทดแทนแป้งกล้วยน้ำว่าต่อคุณลักษณะและการยอมรับของคุณกึ่งคิงคอปรี่.....	285



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

	หน้า
การศึกษาอิทธิพลของกรดซาลิไซลิกและสารจิบเบอเรลลินต่อ	
การงอกของเมล็ดถั่วพู	296
ภาคบรรยาย	
การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย.....	305
การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการลาออกกลางคันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏ	
ภูเก็ตโดยใช้กฎความสัมพันธ์.....	313
ระบบบริหารจัดการกลุ่มทอเสื้อกทาบลดแซแล.....	324
ระบบบริหารจัดการข้อมูลเชื้อเห็ดฟาง กรณีศึกษาบ้านปากดง.....	330
การพัฒนาระบบร้านค้าปลีกบ้านโคกโองพัฒนา.....	335
ระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีก	347
การออกแบบและพัฒนาระบบบริหารจัดการซื้อขายรถยนต์มือสอง.....	361
การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนาย สังเกต	
อธิบายต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง สารละลาย	
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	368
การศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้น	
มัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบซิปปาโมเดล เรื่อง เคมีไฟฟ้า	378
การพัฒนาชุดกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน	
วิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2	389
ประสิทธิภาพทางคลินิกของไบโกลินัมที่ออกซิน เอ ร่วมกับเครื่องแฟรกชันนอลเออร์เปียม	
กลาส 1550 นาโนเมตร ในการรักษาภาวะผมบางจากฮอร์โมนแอนโดรเจน	401
เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา	409
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในมะหวด	418
ผลของอนุภาคนาโนต่อค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐดินลูกรัง	425
ทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมการแยกขยะอาหารของครัวเรือน	430
ประสิทธิภาพของตัวกลางในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบถังกรองไร้อากาศ	442



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
 เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

หน้า

ผลการฝึกพลัยโิเมตริกที่มีต่อความแข็งแรง ความเร็ว และความสามารถในการ
 กระโดดเขาลอยของ นักศึกษาชายสาขามวยไทยศึกษาและพลศึกษา
 มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง..... 452

การศึกษาความสามารถในการทำงานและความพร้อมด้านความปลอดภัยในการขับขี่
 ยานพาหนะขนส่งสินค้าอันตราย : กรณีศึกษาคัดล้งน้ำมันในภาคเหนือ
 ของประเทศไทย..... 465

ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดจากการทำงาน บรรยากาศความปลอดภัยกับ
 พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องจักรใน
 อุตสาหกรรมก่อสร้างแห่งหนึ่ง จังหวัดสระบุรี 483

ปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศและผลกระทบต่อประชาชนในเขตชุมชน
 เทศบาลเมืองมหาสารคาม..... 493

การใช้ประโยชน์ตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปาในการเป็นวัสดุปลูกต้นดาวเรือง..... 501

การพัฒนาเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษา
 ไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน 514

การพัฒนาบทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์จัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค
 LT เพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกัน เรื่องกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
 สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 530

บนปฏิสลับที่ AG*–กรุปพอยต์ 543

การแปลง f_q บนพีชคณิต G เทียม 549

สมบัติบางประการของกึ่งกลุ่ม – KS 555

การพัฒนาระบบจองห้องพักรออนไลน์ กรณีศึกษาหอพักกุลสตรี 562

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงาน
 เป็นฐาน เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ รายวิชาเทคโนโลยี 3 เรื่อง การพัฒนา
 แอปพลิเคชัน 569

การศึกษาความเป็นฉนวนกันความร้อนของอิฐบล็อกและปูนฉาบโดยการผสมอิพีเอ
 สโฟมที่ใช้แล้ว..... 582

การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว่าเหลือทิ้ง 593



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
 เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

	หน้า
การจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder : กรณีศึกษาอาคาร ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์.....	599
การพัฒนารูปแบบการทดสอบแม่พิมพ์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลอง การฉีดในกระบวนการฉีดพลาสติก	609
การเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินธุรกิจของโรงงานผลิตเครื่องดื่มสมุนไพร.....	619
การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมของถังให้ความร้อนด้านแคโทดสำหรับบริดจ์ฟิล์ม แบดเตอร์ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นสารตั้งต้น.....	629
สมการค่าความร้อนสูงจากการวิเคราะห์ขั้นต้น	640
ระบบแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่ผ่าน LINE Notify	649
ราวตากผ้าอัตโนมัติเพื่อการดำรงชีวิตอัจฉริยะ	658
ระบบให้ออกซิเจนในตู้ปลาแบบอัตโนมัติเพื่อการดำรงชีวิตอัจฉริยะ.....	672
การพัฒนาชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET บูรณาการ รายวิชาสำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช.	681
ระบบระบุรถยนต์ 4 ล้อด้วยการเรียนรู้เชิงลึกบนคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์ แบบสมองกลฝังตัว.....	695
การพัฒนาหุ่นยนต์ตัวแทนทางไกล	709
การประยุกต์ใช้แบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทานของบริษัทตัวอย่าง	716
การเพิ่มประสิทธิภาพระบบขนส่งสาธารณะและลดต้นทุนของการเกิดอุบัติเหตุ กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 2 : องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ	728
การพัฒนากลยุทธ์ในการบริหารจัดการระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด ขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.)	741
กลยุทธ์เพิ่มประสิทธิภาพช่องทางการจำหน่ายตั๋วโครงการครอบครัวสุขสันต์ ไหว้พระ 9 วัด กับ ขสมก. ด้วยระบบจองตั๋วออนไลน์	757
การลดค่าล่วงเวลา (OT) การเติมก๊าซขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ เขตการเดินรถที่ 1	767
การบริหารจัดการต้นทุนพัสดุตัวรถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษา องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ	776



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
 เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

	หน้า
ปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดของผู้โดยสาร รถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 5 ประจำองค์การขนส่งมวลชน กรุงเทพฯ.....	790
การเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการงานสารบรรณและการไหลของข้อมูลในองค์กร ด้วยแนวคิดแบบลีน	802
แนวทางในการตัดสินใจเพื่อลดต้นทุนโครงการไหว้พระ 9 วัด อุบลราชธานี	815
การปรับปรุงกระบวนการจ่ายสินค้าด้วยหลักการลดความสูญเปล่า ECRS กรณีศึกษา : แผนกคลังสินค้า บริษัท มหาสารคาม เบเวอเรจ จำกัด	833
การศึกษาความต้องการของสถานประกอบการในการรับสมัครพนักงานเข้าทำงาน ด้านคลังสินค้า ตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กรณีศึกษา สถานประกอบการ ในจังหวัดเชียงราย	842
แนวทางการพัฒนาองค์กรให้เป็นหน่วยรับรองสมรรถนะบุคลากรตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 ด้านโลจิสติกส์ สาขาผู้ปฏิบัติงานขับเคลื่อนรถบรรทุกสินค้า ขนาดใหญ่ : กรณีศึกษา สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ	857
การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพฯ	869
การลดระยะทางและต้นทุนการขนส่งนมโรงเรียนของสหกรณ์โคนม	877
การปรับปรุงเส้นทางขนส่งขยะทั่วไปของโรงพยาบาลมหาสารคาม	886
ระบบบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนแคหมูอิมสุข พื้นที่บ้านชาติ ตำบลบ้านยวด อำเภอสร้างคอม จังหวัดอุดรธานี	895
ระบบบริหารจัดการบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้ & ฟาร์มออนไลน์	907
การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดีไว้ใช้ในครัวเรือนชุมชน บ้านบาก ตำบลบงเหนือ อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร	919
ผลของความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูและความหนาแน่นของการบรรจุต่อ อัตราการรอดตายของปลานิลแดง	931
ผลของโคโตซานที่มีต่อการยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง	942



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 1

23 AUG 21

	หน้า
การเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเขียวแซมมันสำปะหลังในระบบน้ำหยด	951
ผลการเสริมเพศดินจากเปลือกกล้วยหอมทองต่อการเจริญเติบโต ของปลาหมอชุมพร 1	956
ค่าโลหิตวิทยาและดัชนีตับของปลาทับทิมที่เลี้ยงในระบบไบโอฟลอคร่วมกับ ระบบอควาโปนิคส์	966
ผลของโปรไบโอติกต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และความต้านทานโรคต่อ แอโรโมแนส ไฮโดรฟิลล่า (<i>Aeromonas hydrophila</i>) ของปลานิลในน้ำกร่อย.....	975
การพัฒนาผลิตภัณฑ์สบู่แค้กเนื้อตาลสุก	988
ปัจจัยทางนิเวศวิทยาที่มีอิทธิพลต่อจำนวนแมงมุมเขียวยาวในนาข้าวอินทรีย์	996
การศึกษาประสิทธิภาพของยาทาสารแอลคาร์นิทีน 2% กับยาทาสารไอโซเทรทีโนอิน 0.05% ในการลดการผลิตซีบัมในผู้ที่มีภาวะหน้ามัน	1003
ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกที่ปลูกด้วยเทคนิคแทนลอน้ำในการบำบัดน้ำเสียจาก โรงงานผลิตปุ๋ยเทียมแช่เยือกแข็ง	1022

การผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้กับระบบปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ Solar Thermal Generation For Use On Solar Air Conditioning System

ชิวะ ทศนา ^{1*} โชติ เนืองนนท์ ²

ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ^{1,2}

*Corresponding author: E-mail :chewa.t@rbru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ในระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอาคารขนาดเล็ก โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารตัวกลางจำนวน 15.0 ลิตร ไหลด้วยอัตราเร็ว 5.00 กิโลกรัมต่อนาที อยู่ภายในท่อทองแดงเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.4 มิลลิเมตร ยาว 30.0 เมตรขดอยู่ในบริเวณแผงผลิตความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบขนาด 2.20 ตารางเมตร ผลการศึกษา พบว่า ระบบทำความร้อนพลังงานงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบทำให้สารตัวกลางที่ไหลภายในท่อทองแดงมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 48.5 องศาเซลเซียส และสารตัวกลางที่อยู่ภายในถังกักเก็บความร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 52.0 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ : ระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์; ความร้อนและอุณหภูมิ; การกักเก็บความร้อน

Abstract

In this research, we studied focusing on the feasibility of a solar-assisted air conditioning systems for small building by using solar energy. We investigated the temperature change of an intermediate matter amount 15.0 liters, which they have a flow rate 5.00 kg/minute. An intermediate matter flows in a copper pipe, that has an diameter of 10.4 millimeters and a length 30-meter of pipe is coiled within an area 2.20 square meters of the flat solar panel. Experimental results shown that the flat-panel solar-powered heating system allowed the medium flowing inside the copper tube to a maximum average temperature of approximately 48.5 degrees. The medium contained in the heat storage tank had the highest average temperature of about 52.0°C.

Keywords: Solar-Assisted Air Conditioning; Heat and Temperature; Thermal Collector

บทนำ

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์นั้นมี 2 แบบ คือ ผลิตไฟฟ้าและผลิตความร้อน โดยที่การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้านั้นจะใช้เซลล์แสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าซึ่งปัจจุบันได้มีการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นแต่มีราคาถูกลงมาก ในขณะที่การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตความร้อนนั้นแบ่งเป็น 2 ลักษณะตามการใช้งาน ประกอบด้วยใช้ในการอบแห้ง และใช้ในการผลิตน้ำร้อนหรือไอน้ำ ซึ่งข้อมูลด้านภูมิอากาศและแสงอาทิตย์สำหรับการใช้งานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานแสดงให้เห็นว่าประเทศไทยได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ต่อวันราว ๗-20 เมกะจูลต่อตารางเมตร (กรมพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน, 2560)

งานวิจัยในภูมิภาคเอเชีย แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการพัฒนาเทคโนโลยีที่มีการสร้างสรรค์สิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในชีวิตมีมากขึ้น (Chin Haw and et al, 2009 : 244-251) โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบปรับอากาศในอาคารกลายเป็นสิ่งจำเป็น กอปรกับพลังงานฟอสซิลมีแนวโน้มราคาสูงขึ้นและเกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นแหล่งพลังงานให้กับระบบทำความเย็นจึงเป็นการลดการใช้พลังงาน และในช่วงฤดูหนาวยังการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งผลิตความร้อนให้แก่อาคารบ้านเรือนอีกด้วย (C. Yong and et al, 2015 : 627-632) นอกจากนี้ยังพบว่าในสภาวะแห้งแล้งเครื่องปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ยังใช้งานได้ดีกว่าเครื่องปรับอากาศพลังงานไฟฟ้า (A. Alili and et al, 2014 : 117-127) ในขณะที่งานวิจัยของ Wang และคณะ (R.Z. Wang, et al., 2009 : 638 -660) แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้ระบบปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์แบบดูดกลืนและแบบดูดซับพลังงาน แม้แต่กลุ่มประเทศแถบยุโรป (C.A. Balaras and et al., 2007 : 299-314, R. de Lieto Vollaro and et al., 2014 : 436 -440, P. Finocchiaro and M. Beccali, 2014 : 819-827, H.J. Burckhart, and et al., 2014 : 819 -827) ประเทศออสเตรเลีย (Q.P. Ha and V. Vakiloroyaya, 2012 : 116-123, S. Pintaldi and et al., 2015 : 975-995) และประเทศในแถบทวีปแอฟริกา (V. Mittal and et al, 2005 : 59-66) ก็มีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในระบบทำความเย็นและระบบทำความร้อนโดยมีการพัฒนาระบบผลิตความร้อนและระบบกักเก็บความร้อนให้มีขนาดเล็กลง แต่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

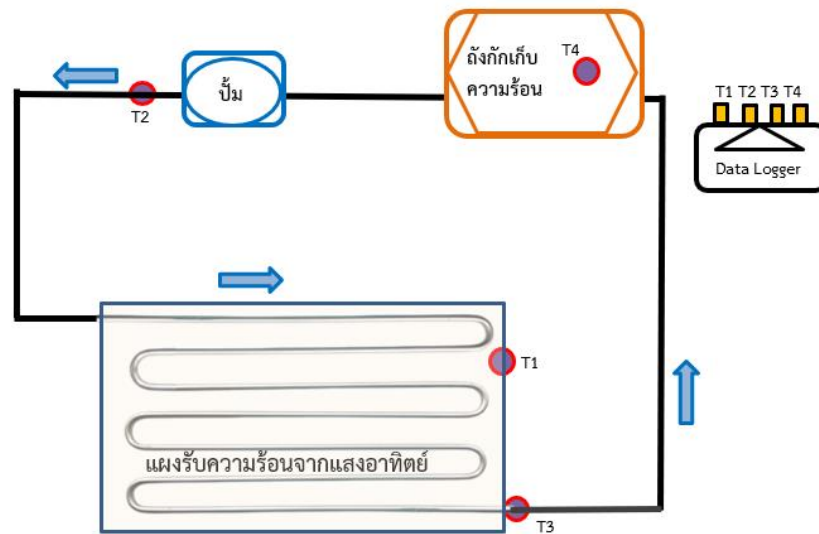
ดังนั้นคณะวิจัยจึงจัดทำระบบผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำระบบผลิตความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในระบบทำความเย็นสำหรับอาคารขนาดเล็ก

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้การศึกษาวิจัย ประกอบด้วย

- 1 แผงรับความร้อนจากแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ และถังกักเก็บความร้อน
- 2 หัววัดอุณหภูมิ K-Type (T1, T2, T3 และ T4)
- 3 เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (Data Logger)



ภาพที่ 1 แผนผังระบบผลิตความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

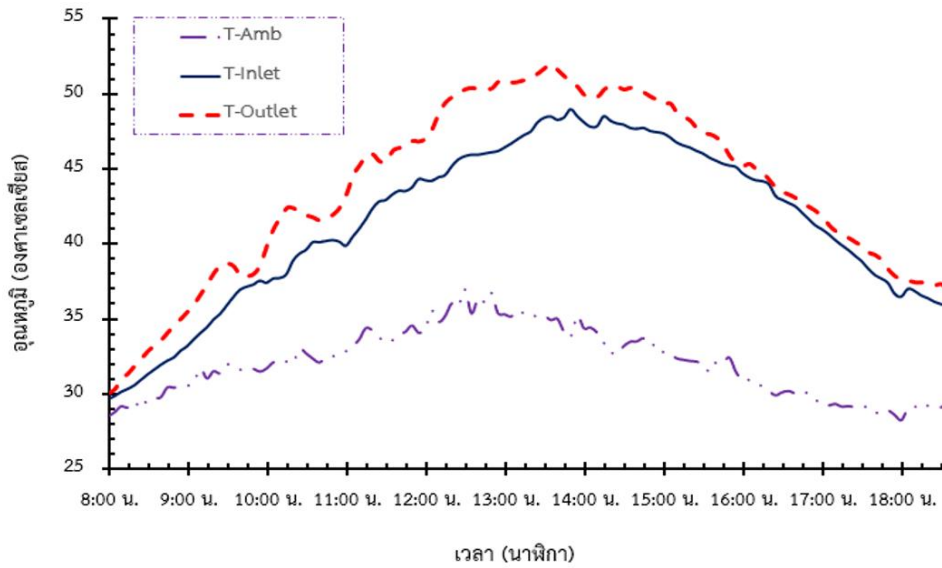
วิธีการทดลอง

- 1 ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิกับแผงรับความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และถังกักเก็บความร้อนในตำแหน่งต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 1
- 2 เก็บบันทึกอุณหภูมิด้วย Data Logger ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM 747D โดยเก็บบันทึกข้อมูลทุกๆ 5 นาที ตั้งแต่เวลา 08:00 – 18:00 น.
- 3 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารตัวกลางที่ไหลอยู่ในท่อภายใต้แผงรับความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และอุณหภูมิของสารตัวกลางภายในถังกักเก็บความร้อน
- 4 วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำระบบผลิตความร้อนมาใช้ในระบบทำความเย็นสำหรับอาคารขนาดเล็ก

ผลการทดลองและอภิปรายผล

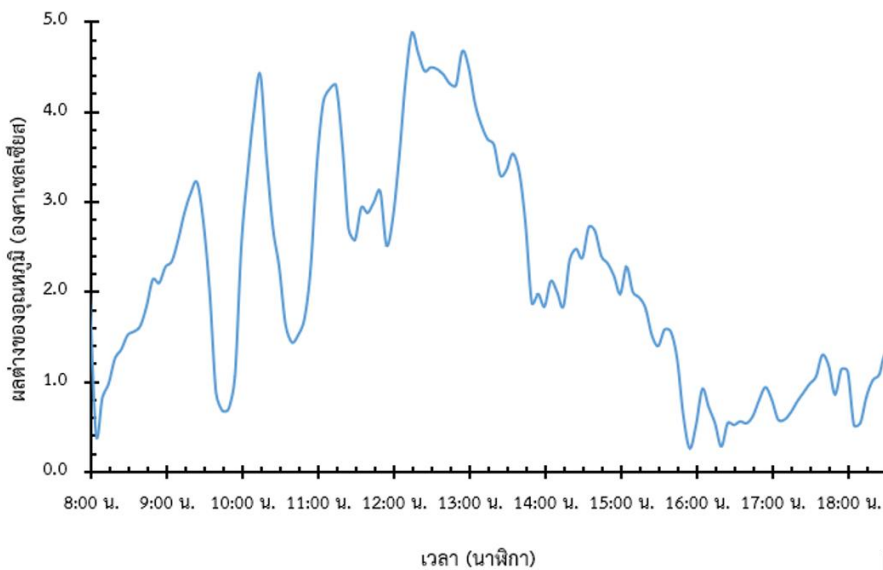
อุณหภูมิของสารตัวกลางที่ไหลอยู่ในท่อภายใต้แผงผลิตความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ผลการศึกษาค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารตัวกลางภายในท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.4 มิลลิเมตร ยาว 30.0 เมตร ขดอยู่ในระบบผลิตความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ แบบแผ่นเรียบพื้นที่ 2.20 ตารางเมตร โดยสารตัวกลางมีอัตราการไหลที่ 5.00 กิโลกรัมต่อนาที และอุณหภูมิของสารตัวกลางก่อนไหลเข้าระบบผลิตความร้อน มีอุณหภูมิ 30.0 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาค่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิของสารตัวกลางก่อนไหลเข้าระบบผลิตความร้อน และอุณหภูมิของสารตัวกลางหลังไหลผ่านระบบผลิตความร้อนในระหว่างเวลา 08.00 – 18.00 น. มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ดังแสดงในภาพที่ 2



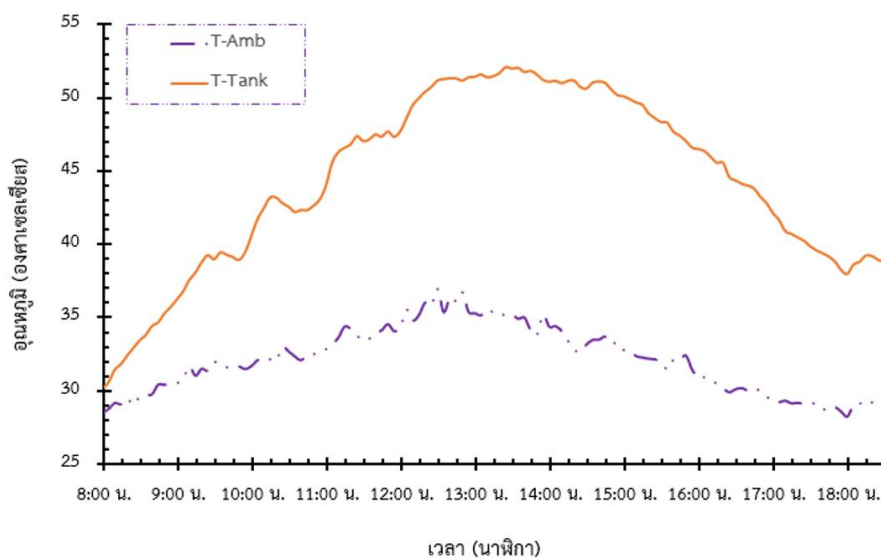
ภาพที่ 2 การเปลี่ยนอุณหภูมิของสารตัวกลาง

ภาพที่ 3 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิของสารตัวกลางก่อนและหลังไหลผ่านแผงรับความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ซึ่งพบว่าในช่วงเวลาตั้งแต่ 08.00 -12.00 น. อุณหภูมิของสารตัวกลางก่อนไหลเข้ากับหลังจากที่ไหลผ่านแผงรับความร้อนมีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยมีอุณหภูมิแตกต่างกัน 1.0 - 4.0 องศาเซลเซียส ในขณะที่ระหว่างช่วงเวลา 12.00-13.00 น. อุณหภูมิของสารตัวกลางมีความแตกต่างกัน 5.00 องศาเซลเซียส และตั้งแต่เวลา 13.00-18.00 น. อุณหภูมิของสารตัวกลางที่ไหลเข้าระบบผลิตความร้อนกับอุณหภูมิของสารตัวกลางที่ไหลออกจากระบบผลิตความร้อนมีค่าใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 3 ความแตกต่างของอุณหภูมิของสารตัวกลางที่ไหลผ่านแผงผลิตความร้อน
อุณหภูมิของสารตัวกลางภายในถึงกักเก็บความร้อน

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารตัวกลางภายในถังกักเก็บความร้อนปริมาตร 0.015 ลูกบาศก์เมตร ตัวกลางมีอัตราการใช้ 5.00 กิโลกรัมต่อนาที และอุณหภูมิของสารตัวกลางก่อนไหลเข้าแผงผลิตความร้อน มีอุณหภูมิ 30.0 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิของน้ำสะอาดซึ่งเป็นสารตัวกลางภายในถังกักเก็บความร้อนมีการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในภาพที่ 4 เมื่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงจะมีผลต่ออุณหภูมิของสารตัวกลางภายในท่อทองแดงด้วยและอุณหภูมิของสารตัวกลางภายในถังกักเก็บความร้อนในขณะเก็บข้อมูลในระหว่างเวลา 08.00- 18.00 น. ของทุกวัน สิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 28.0 – 36.0 องศาเซลเซียส ในขณะที่สารตัวกลางภายในถังกักเก็บความร้อนมีอุณหภูมิเริ่มต้น 28.0 องศาเซลเซียส ณ เวลา 08.00 นาฬิกา และในระหว่าง 13.00 – 14.00 น. สารตัวกลางภายในถังกักเก็บความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 52.0 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมประมาณ 18.0 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นอุณหภูมิของสารตัวกลางจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนมีอุณหภูมิประมาณ 38.0 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนอุณหภูมิของสารตัวกลางภายในถังกักเก็บความร้อน

สรุปผลและเสนอแนะ

ผลการศึกษาความสามารถในการผลิตและกักเก็บความร้อนของระบบผลิตความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่ประกอบด้วยท่อทองแดงเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.4 มิลลิเมตร ยาว 30.0 เมตร ขดอยู่ในแผงรับความร้อนขนาด 2.20 ตารางเมตร โดยสารตัวกลางมีอัตราการใช้ 5.00 กิโลกรัมต่อนาที โดยเก็บข้อมูลในช่วง 08:00 -18:00 นาฬิกา เป็นเวลา 7 วัน ซึ่งผลทดลองในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส บริเวณที่ทำการทดลองมีอุณหภูมิ 28.0 – 36.0 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของสารตัวกลางภายในท่อทองแดงก่อนไหลเข้าและหลังไหลออกจากแผงรับความร้อน มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 30.0–48.0 องศาเซลเซียส และ 28.0-50.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และอุณหภูมิของสารตัวกลางภายในถังกักเก็บความร้อนมีค่าอยู่ระหว่าง 30.0–52.0 องศาเซลเซียสลิตร แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากระบบผลิตความร้อนและกักเก็บความร้อนที่สร้างขึ้นนั้นสามารถกักเก็บ

ความร้อนได้สูงสุดประมาณ 52.0 องศาเซลเซียส ซึ่งระบบผลิตความร้อนและดึงเก็บเก็บความร้อนที่สร้างขึ้นผลิตความร้อนได้ต่ำกว่า 60.0 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงไม่สามารถนำพลังงานความร้อนที่ผลิตได้ไปใช้ในระบบปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน (เพิ่มเติม) มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประจำปีงบประมาณ 2558

เอกสารอ้างอิง

กรมพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน. (2560). *กระทรวงพลังงาน*.

<http://www2.dede.go.th/webpage/tools.htm>.

Alili, A., Hwang, Y., & Radermacher, R. (2014). A Hybrid solar air conditioner: Experimental investigation. *J. Refrigeration*, 39, 117-124.

Balaras, C. A., Podesser, E., Wang, L., & Wiemken, E. (2007). Solar air conditioning in Europe-an overview, *J. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, 299 – 314.

Burckhart, H. J., et al. (2014), Application of novel, vacuum-insulator solar collector for heating and cooling. *J. Energy Procedia*, 48, 790-795.

Chin, H., et al. (2009). An Overview of Solar Assisted Air-Conditioning System Application in Small Office Building in Malaysia, *Proceeding of the 4th IASME/WSEAS International Conference on Energy & Environment* (pp. 244-251). Cambridge UK.

de Lieto Vollaro, R., et al. (2014), Solar cooling system for building: thermal analysis of solid absorbents applied in low power adsorption system, *J. Energy and Buildings*, 30, 436-440.

Finocchiaro, P., & Beccali, M. (2014). Innovative compact solar air conditioner based on fixed and cooled adsorption beds and wet heat exchangers. *J. Energy Procedia*, 48, 819-827.

Ha, Q. P., & Vakiloroaya, V. (2012). A novel solar-assisted air-conditioner system for energy savings with performance enhancement. *J. Procedia Engineering*, 49, 116-123.

Mittal, V., Kasana, K. S., & Thakur, N. S. (2005). The study of solar absorption air-conditioning system. *J. Energy in South Africa*, 16(4), 59-66.

Pintaldi, S., et al. (2015). A reviews of thermal energy storage technologies and control approaches for solar cooling. *J. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 975–995.

Wang, R. Z., et al. (2009). Solar sorption cooling systems for residential applications: Options and guidelines. *J. Refrigeration*, 32, 638–660.

Yong, C., Yiping, W., & Li, Z. (2015), Performance analysis on a building-integrated solar heating and cooling panel, *Renewable Energy*, 74, 627-632.

ผลของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานต่อการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะรูปกรวยแบบสองมิติ

The Effects of Coefficient of Friction on the Granular Material Flows in the Cone Container on Two-Dimensional

ภาณุวัฒน์ ชัยวร¹ บดินทร์ ตาสินธุ^{2*}

ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่¹

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 38 จังหวัดระนอง²

*Corresponding author: E-mail: bordintimon@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อหาผลของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานต่อการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะรูปกรวยแบบสองมิติ โดยหาเวลาและความเร็วในการไหลของวัสดุเม็ด จากการทดลองปล่อยวัสดุเม็ดในภาชนะรูปกรวยผ่านช่องปล่อยกว้างต่างกัน ซึ่งวัสดุเม็ดพื้นคือเม็ดแก้วที่มีขนาดเท่ากันอยู่ในภาชนะ การไหลของวัสดุเม็ดจะมีแรงเสียดทานจากผนังส่งผ่านโดยการพาที่ต่างกันจากการวัดติดตามวัสดุบุกรุกคือเม็ดแก้วที่ทำการย้อมสี พบว่า ขนาดช่องปล่อยวัสดุที่กว้างมากขึ้นจะทำให้การไหลมากขึ้นส่งผลให้การพาเพิ่มขึ้น กว่าช่องปล่อยที่แคบลง การพาลดลง และในการไหลของวัสดุเม็ดที่บริเวณตำแหน่งต่าง ๆ ในภาชนะ พบว่า บริเวณศูนย์กลางใช้เวลาในการไหลน้อยกว่าบริเวณด้านข้างซ้ายขวา ตามลำดับ ในทำนองเดียวความเร็วในการไหลขึ้นอยู่กับบริเวณตำแหน่งต่าง ๆ พบว่า วัสดุบุกรุกบริเวณศูนย์กลางมีความเร็วในการไหลมากกว่าบริเวณผนังด้านข้างทั้งซ้ายและขวาตามลำดับ ทั้งนี้ขนาดของช่องปล่อยกว้างกว่าส่งผลให้การไหลได้เร็วกว่าช่องปล่อยขนาดเล็ก ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานในภาชนะต่างกันทำให้มีผลต่อความเร็วในการไหล และการพาของวัสดุเม็ดในภาชนะรูปกรวย

คำสำคัญ: สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน; วัสดุเม็ด; การไหล; เม็ดแก้ว; การพา

Abstract

The purpose of this study is to determine the influence of coefficient of friction on granular material flows in a cone container in two dimensions utilizing time and speed in granular material flow. Experiments with granular materials were poured through various openings of various diameters. As a result, the background granular in the container is same size glass granular. The flow of granular materials was monitored. The friction force of various convection from the walls caused the granular materials to flow. The invader material's measurements tracker is the glass dye. Wider apertures were shown to influence big flows and promote convection, but smaller openings decreased convection. Furthermore, it was shown that in the passage of granular materials on distinct area in the container, discovered that the center wall location utilized less time for flow than

the left and right wall position. Similarly, the flow's pace varied depending on the region. The invader granular at the center wall position has a bigger convection than the intruder granular in the left and right wall position, respectively. The wider opening size, as opposed to the narrow opening size, is dependent on a quicker flow. These have varying coefficients of friction in the container, which influences the flow speed and convection of granular materials in a cone container.

Keywords: Coefficient of friction; Granular material; Flow; Glass beads; Convection

บทนำ

ในการศึกษาวัสดุเม็ด (Granular Material) ซึ่งเป็นวัสดุที่ประกอบไปด้วยวัสดุเม็ดมากมาย วัสดุเม็ดนี้ถือ
ว่าวัสดุชนิดหนึ่งที่น่าสนใจในการศึกษาพฤติกรรมของมัน เนื่องจากในชีวิตประจำวันของเรามักพบเจอวัสดุเม็ด เช่น
เม็ดพลาสติก ทราบ ลูกแก้ว ตะกั่ว เป็นต้น ในปรากฏการณ์ต่างๆ ซึ่งมีกลไกการเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ดมี
กระบวนการต่าง ๆ ถือว่ามีความสำคัญ โดยจะสามารถสังเกตเห็นลักษณะการเคลื่อนที่หรือวิถีในการเคลื่อนที่มี
ความแตกต่างไปจากวัสดุชนิดอื่น วัสดุเม็ดที่มีคุณสมบัติเหมือนกันก็มีลักษณะการเคลื่อนที่ที่เหมือนกัน โดย
แสดงสมบัติสถานะของแข็ง ของไหล ก๊าซ เมื่ออยู่ภายใต้การรวมกันอยู่เป็นจำนวนมาก ส่วนวัสดุเม็ดที่มี
คุณสมบัติต่างกันก็จะมีลักษณะการเคลื่อนที่ที่ต่างกัน จะขึ้นอยู่กับมวล (m) ,ความหนาแน่น (ρ) และขนาดของ
วัสดุ ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวมีผลต่อด้านการคัดกรองผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรม (Kiwing, Lai, &
Pak, 2001) ได้ศึกษาการติดขัดของการไหลของวัสดุเม็ด โดยใช้วัสดุเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร
ในภาชนะสองมิติ โดยมีช่องปล่อยให้วัสดุเคลื่อนที่ลง และพบว่าการติดขัดของวัสดุเม็ดจะลดลงจาก 1 ถึง 0 เมื่อ
เราเพิ่มความกว้างของช่องปล่อยจาก 2 ถึง 5 จากการสังเกตปรากฏการณ์การติดขัดของวัสดุเม็ด สามารถ
อธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวว่าเป็นวิถีของการเคลื่อนที่ของวัสดุเมื่อศึกษาการเคลื่อนที่แล้วก็อาจจะยังต้อง
ศึกษาปัจจัยที่ทำให้วัสดุเกิดการไหลด้วย อาทิ ลักษณะผิวสัมผัสของวัสดุ ความเสียดทานของวัสดุ มาตรฐานของ
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ข้อมูลดังกล่าวจะสามารถนำมาวิเคราะห์และคำนวณหาความเร็วที่เกิดขึ้นในระหว่าง
การเคลื่อนที่หรือการไหลของวัสดุ ซึ่งวัสดุเม็ดเล็กที่ใช้ในแต่ละครั้งก็มีขนาดที่แตกต่างกันออกไปคุณสมบัติในการ
เคลื่อนที่ของวัสดุเม็ดเล็กมีความสำคัญต่อกระบวนการต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันโดยที่เราไม่รู้ตัว เช่น การคัดเลือก
วัสดุแปลกปลอมในกระบวนการอุตสาหกรรมต่าง ๆ (Hsiau, Wang, & Tai, 2002) ได้ศึกษาวัสดุเม็ดที่หมุนวนใน
ภาชนะสมมาตร ภายใต้การสั่นแนวตั้ง โดยทดลองหาการพาและการแยกในภาชนะรูปทรงเรขาคณิต อันดับแรก
ทำให้ผนังด้านนอกของภาชนะเอียงออก โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงการหมุนพาและความแรงของการพา ความ
แรงของการพาปกติจะลดลงเมื่อเพิ่มมุมของผนังของภาชนะโดยเริ่มจาก 0 องศา การย้อนกลับการหมุนพาเกิด
เมื่อมุมของผนังมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ความหนาของผนัง ความเร็ว การสั่นและความกว้างส่งผลต่อ
ความแรงของการพาทั้งสิ้น การแยกบนแผ่นที่ใหญ่ จะถูกชักนำโดยการพาของแผ่นที่เล็กที่แสดงการหมุนพา
ทั่วไปแล้วชักนำขึ้นไปข้างบนแผ่นที่ใหญ่ และการหมุนพากลับส่งผลในการเคลื่อนที่ลงของแผ่นที่ใหญ่ การแยกมี
ความเร็วเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงกับอัตราไหล (Chris, & Martin, 2006) ได้จำลองการไหลของโมเลกุลไดนามิกในถัง

ขนาดใหญ่สามมิติ อัตราการไหลของระบบจะถูกควบคุมโดยความกว้างของรูที่ด้านล่าง ในขณะที่อัตราการไหลจะลดลงอย่างคงที่ มีการกระจายแรง และการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่ในขณะที่มีการกระตุ้นจะเกิดเปลี่ยนแปลงขนาดใหญ่ในทั้งสองกรณี การกระจายที่เพิ่มขึ้นของวัสดุขนาดเล็กที่ติดขัดในระบบที่มีแรงกระตุ้น การเปลี่ยนแปลงจะเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีของวิธีการติดขัด การก่อกวนบริเวณจุดสูงสุดหรือที่ราบไม่เกี่ยวกับคุณลักษณะทั่วไปของวิธีการที่จะติดขัด (Pournin, et. al., 2007) ได้ศึกษาติดขัดโดยใช้ลูกบิดวางในภาชนะทรงกระบอกที่มีด้านล่างเป็นหลุมวงกลม พวกเขาจะวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลุมคือ 0.5 ค่าเฉลี่ยของการติดขัดของวัสดุได้มาจากการใช้วิธีการที่แตกต่างและทดลองด้วยลูกบิดเหล็ก เขาได้สัญญาณที่ระหว่างการค้าขายและผลการทดลอง ว่าอิทธิพลของแรงเสียดทานทำให้เกิดการก่อกวนของลูกบิดที่ศูนย์กลางเขาระบุปรากฏการณ์นี้ว่าเป็นการศึกษาผลกระทบของเขตแดนและอิทธิพลของติดขัด โดยการจำลองการวิ่งเฉลี่ยในที่สุดก็พบว่าการศึกษาของวัสดุจะขึ้นกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและปริมาณเฉลี่ยของลูกบิด ที่เรากำหนดนี้เป็นข้อเบื้องต้นและตรวจสอบได้โดยใช้ลูกบิดเหล็กและต่อมา (Tewari, (2013) บอกว่าการติดขัด จะเกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันเป็นกระแสแรงของเมล็ดล้อมรอบด้วยวัสดุแข็งแล้วลูไปทางช่องเล็ก ๆ ในงานนี้เราจะศึกษาความเร็ว ความผันผวนของในการไหลปะทะกันใกล้ของการติดขัด (Zhou, Xua, Yu, & Zullib, 2002) ได้เสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการศึกษาหามุมกองโดยมีผลมาจากค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานกลิ้งและแรงแบบเลื่อนไถลของผนังฮอปเปอร์กับอนุภาค พบว่าถ้าค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานแบบเลื่อนไถลและแบบกลิ้งมีค่ามาก ขนาดของมุมกองก็จะมากตามและไม่ได้ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของวัสดุเม็ด และพบว่าถ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุเม็ดมีขนาดใหญ่ก็จะได้มุมกองน้อย และที่ช่องปล่อยน้อยก็จะให้มุมกองจะได้มุมกองมาก ซึ่งรองรับงานกับวิจัยในครั้งนี้ (Kondic, 2014) ได้เสนอแบบจำลองการไหลในภาชนะเสมือน 2 มิติโดยการนำไปสั้น เพื่อทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ว่าเกิดรูปแบบการไหลในภาชนะเสมือน 2 มิติ พบว่ามุมฮอปเปอร์ 60 องศาเมื่อใช้ช่องปล่อยน้อยก็จะใช้เวลามาก และเมื่อใช้ช่องปล่อยใหญ่จะใช้น้อยเพราะว่าถ้าช่องปล่อยมีขนาดใหญ่ก็จะทำให้มีการติดขัดน้อยลงการไหลก็จะดียิ่งขึ้นแต่ถ้าช่องปล่อยมีขนาดเล็กการติดขัดมากขึ้นการไหลก็จะไม่ดี (Chukwu, & Akande, 2007) พวกเขาได้พัฒนาเครื่องมือเพื่อใช้ในการวัดมุมกองของวัสดุเม็ดที่ถูกนำมาใช้ในทางอุตสาหกรรม ในการศึกษานี้ได้ทำการวัดขนาดของวัสดุเม็ดทั้งก่อนและหลังได้รับความชื้น ผลการใช้เครื่องมือพบว่าในวัสดุต่างชนิดกันจะมีความสูงของกองวัสดุต่างกัน ดังนั้นมุมกองจึงเป็นอัตราส่วนของความสูงของกองวัสดุต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของฐาน ทั้งนี้วัสดุที่ผิวหยาบทำให้มีความสูงของกองน้อย ดังนั้นขนาดมุมกองจึงน้อยตาม ในทางตรงกันข้ามถ้า วัสดุที่มีเรียบ วัสดุจะเรียงตัวได้ดี มีความสูงของกองและขนาดมุมกองมาก

ดังนั้นในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเพื่อหาผลการไหล การพา ของวัสดุเม็ดในภาชนะรูปกรวยสองมิติ และเพื่อหาผลของสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานระหว่างเม็ดแก้วกับผนังของภาชนะรูปกรวยสองมิติ โดยจะมีช่องปล่อยวัสดุขนาดต่าง ๆ ไว้สำหรับปล่อยวัสดุให้ตกลงมา แล้วทำการศึกษาการไหล การพาของวัสดุเม็ดที่ไหลผ่านช่องปล่อยของภาชนะรูปกรวย และศึกษาเวลา ความเร็วที่วัสดุใช้ในการไหล การพา ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน โดยกำหนดเงื่อนไขในการทดลองเช่น ขนาดของช่องปล่อยวัสดุที่มีขนาดต่างกัน ขนาดของมุมของช่องปล่อยวัสดุที่ต่างกัน และสัมประสิทธิ์ของพื้นผิวด้านข้างของภาชนะที่ต่างกันจะส่งผลต่อการการไหลอย่างไรโดยใช้โปรแกรม Tracker 4.92 ในการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับทฤษฎีทางฟิสิกส์ เพื่อจะอธิบายกลไกทางกลศาสตร์ของ

วัสดุเม็ด ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปเป็นแนวทางพัฒนาระบบคัดกรองผลผลิตทางด้านเกษตร และอุตสาหกรรมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ผู้วิจัยจะศึกษาการไหล การพา การแยกของวัสดุแบบติดขัด และความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานของวัสดุเม็ดในภาชนะ 2 มิติ ที่มีช่องปล่อยวัสดุที่มีขนาดต่างกัน ในการทดลองครั้งนี้ใช้โปรแกรม Tracker 4.92 เป็นโปรแกรมฟรีแวร์ ไม่มีลิขสิทธิ์ ที่สามารถใช้วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของสิ่งต่างๆ ครั้งละเฟรม จากวิดีโอภาพเคลื่อนไหว ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล และใช้โปรแกรม Origin 8 ในการสร้างกราฟและวิเคราะห์ข้อมูลพัฒนาโดย OriginLab Corporation ซึ่งในการทดลองจะต้องมีการกำหนดตัวแปร คือ ตัวแปรต้น ได้แก่ ขนาดของเม็ดแก้วที่ 5 มิลลิเมตร ความกว้างของช่องปล่อยวัสดุที่ 2, 3, 4 และ 5 เซนติเมตร ขนาดของมุม (θ) และพื้นผิวด้านข้างของภาชนะ 2 มิติ ทั้ง 4 แบบ ตัวแปรตาม ได้แก่ เวลา (t) ความเร็ว (V) ระยะทางตามแนวแกน x และ ระยะทางตามแนวแกน y และสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน(μ_s) และตัวแปรควบคุม ได้แก่ ระดับความสูงของภาชนะคือ 0.11 เมตร

แรงเสียดทานมี 2 ชนิด คือแรงเสียดทานจลน์และแรงเสียดทานสถิต ฉะนั้นสัมประสิทธิ์จึงแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ จะคิดเมื่อวัสดุกำลังเคลื่อนที่ และสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตจะคิดเมื่อวัสดุกำลังจะเริ่มเคลื่อนที่ โดยทั่วไป สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตจะมากกว่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์เสมอ เมื่อ μ_s คือ สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานสถิต $f_{s,max}$ คือ แรงเสียดทานสูงสุดระหว่างผิวสัมผัส (N) F_N คือ แรงกดตั้งฉากของผิวสัมผัส (N) I คือ โมเมนต์ความเฉื่อย ($kg \cdot m^2$) a คือ ความเร่ง (m/s^2) R_b คือ รัศมีของวัสดุทรงกลม ดังนั้นการหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานได้จากสมการ ดังนี้

$$\mu_s = \frac{f_{s,max}}{F_N} \quad (1)$$

$$\text{และ } \mu_s = \frac{f_{s,max}}{mg \cos \theta} = \frac{I \frac{a}{R_b^2}}{mg \cos \theta} \quad (2)$$

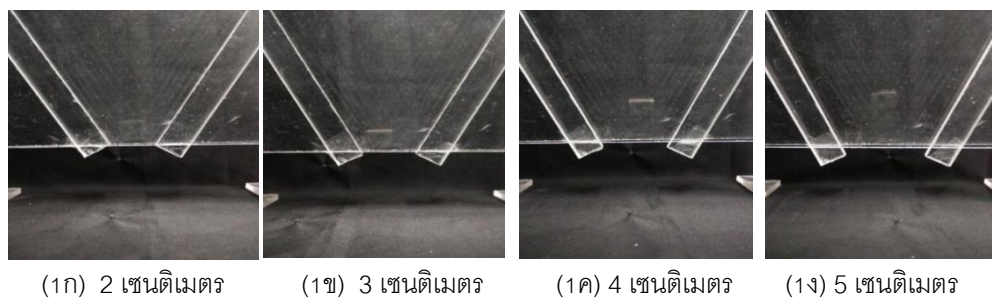
โดยใช้พื้นติดด้วยกระดาษทราย (Sandpaper) คือ กระดาษรูปแบบหนึ่งซึ่งมีสารขัดถูติดหรือเคลือบอยู่บนหน้าของกระดาษ ใช้สำหรับขัดพื้นผิวของวัสดุอื่นเพื่อให้วัสดุนั้นเรียบ หรือขัดให้พื้นผิวเก๋าลุดออก หรือบางครั้งอาจทำให้พื้นผิวขรุขระมากขึ้นเพื่อเตรียมการติดด้วยกาว เป็นต้น

การศึกษาเวลาที่ใช้ในการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะ 2 มิติโดยกำหนดขนาดของช่องปล่อยวัสดุที่แตกต่างกัน การทดลองได้กำหนดขนาดของช่องปล่อยวัสดุที่ 2, 3, 4 และ 5 เซนติเมตร ดังภาพ 1 นำเม็ดแก้วขนาด 5 มิลลิเมตร เรียงลงในภาชนะที่กำหนดขนาดของช่องปล่อย ในการปล่อยวัสดุจนเต็ม แสดงดังภาพที่ 2 โดยวางเม็ดแก้วที่มีสีแตกต่างกันไปด้านบนสุดจำนวน 5 เม็ด วัดระยะห่างซ้าย-ขวาให้เท่ากัน ทำการปล่อยให้ตกลงมา ทำการทดลองทั้ง 2 ครั้ง นำผลการทดลองวิเคราะห์ผล

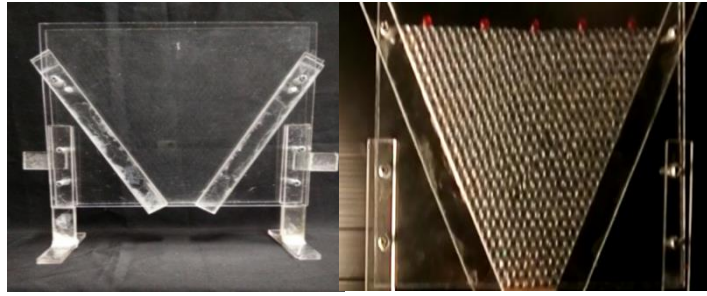
การศึกษาความเร็วในการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะ 2 มิติโดยกำหนดขนาดของช่องปล่อยวัสดุที่แตกต่างกันการทดลองหาความเร็วในการไหลของวัสดุเม็ดโดยกำหนดขนาดของช่องปล่อยวัสดุที่แตกต่างกันมี

ขั้นตอนการทดลอง ดังนี้ กำหนดขนาดของช่องปล่อยวัสดุที่ 2 เซนติเมตร นำเม็ดแก้วขนาด 5 มิลลิเมตร ใส่ลงในภาชนะจนเต็ม ทำซ้ำข้อ 2 แต่เปลี่ยนขนาดของช่องปล่อยวัสดุที่ 3, 4 และ 5 เซนติเมตร ตามลำดับ นำผลการทดลองวิเคราะห์ผล

การศึกษาความเร็วในการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะ 2 มิติ โดยสัมพันธ์กับแรงเสียดทานแตกต่างกันในการไหลของวัสดุเม็ดโดยเพิ่มแรงเสียดทานด้านข้างของภาชนะมีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้ กำหนดขนาดของช่องปล่อยวัสดุที่ 2 เซนติเมตร นำเม็ดแก้วขนาด 5 มิลลิเมตร เรียงลงในภาชนะที่กำหนดขนาดของช่องปล่อยใส่เม็ดแก้วจนเต็มโดยวางเม็ดแก้วที่มีสีแตกต่างกันไปด้านบนสุดจำนวน 5 ลูกโดยวัดระยะห่างซ้าย-ขวาให้เท่ากันทำการปล่อยให้ตกลงมา ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง และเพิ่มแรงเสียดทานด้านข้างของภาชนะ 2 มิติ (Zuriguell, et. al., 2003) คือ การทดลองแต่ละครั้งจะใช้ภาชนะสองมิติที่แตกต่างกัน โดยภาชนะที่ 1 ภายในภาชนะติดกระดาษทรายเบอร์ 1, เบอร์ 2 และเบอร์ 3 ตามลำดับ นำผลการทดลองวิเคราะห์ผล โดยได้ออกแบบการภาชนะที่ใช้ในการทดลองซึ่งจะเพิ่มแรงเสียดทานด้านข้างของภาชนะ 2 มิติ ดังภาพที่ 2 และหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานระหว่างเม็ดแก้วกับผนังของภาชนะ 2 มิติ และศึกษาความสัมพันธ์ของแรงเสียดทานระหว่างผนังกับเม็ดแก้ว ดังภาพที่ 3 ซึ่งสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน คือ อัตราส่วนของแรงกระทำกับน้ำหนักของวัสดุ ดังนั้นถ้าพื้นที่สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานเท่ากับ 1 หมายความว่า ต้องออกแรงขนาด 10 นิวตัน ผลักน้ำหนักที่มีขนาด 10 กิโลกรัม แต่ถ้าพื้นที่สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานให้เหลือเท่ากับ 0.1 คุณจะต้องออกแรงเพียง 1 นิวตัน ก็ทำให้น้ำหนักขนาด 10 กิโลกรัมเคลื่อนที่ได้ ดังนั้น แรงเสียดทาน แปรตรงกับน้ำหนักถ้าน้ำหนักมากขึ้นคุณจะต้องออกแรงเพิ่มขึ้น เพื่อชนะแรงเสียดทานที่เพิ่มขึ้น โดยใช้กระดาษทรายมีอยู่หลายขนาด ซึ่งผู้วิจัยใช้กระดาษทรายในการทดลองทั้งหมด 3 ชนิด ดังนี้ กระดาษทรายเบอร์ 1 (No.1) = 120 particle/inch กระดาษทรายเบอร์ 2 (No.2) = 40 particle/inch และกระดาษทรายเบอร์ 3 (No.3) = 32 particle/inch ดังแสดงในภาพที่ 3

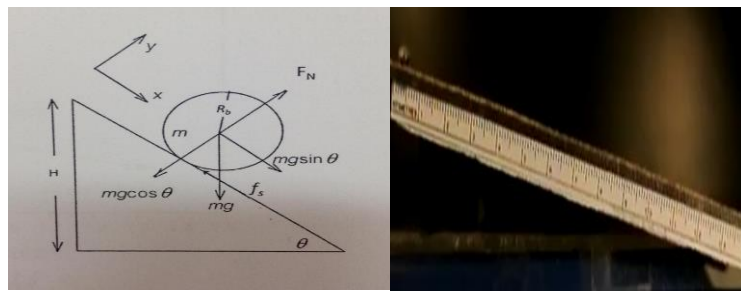


ภาพที่ 1 แสดงขนาดของช่องปล่อยวัสดุ



(2ก) ภาชนะรูปกรวย 2 มิติ (2ข) วัสดุเม็ดพื้นและวัสดุบุกรุก

ภาพที่ 2 แสดงภาชนะรูปกรวย



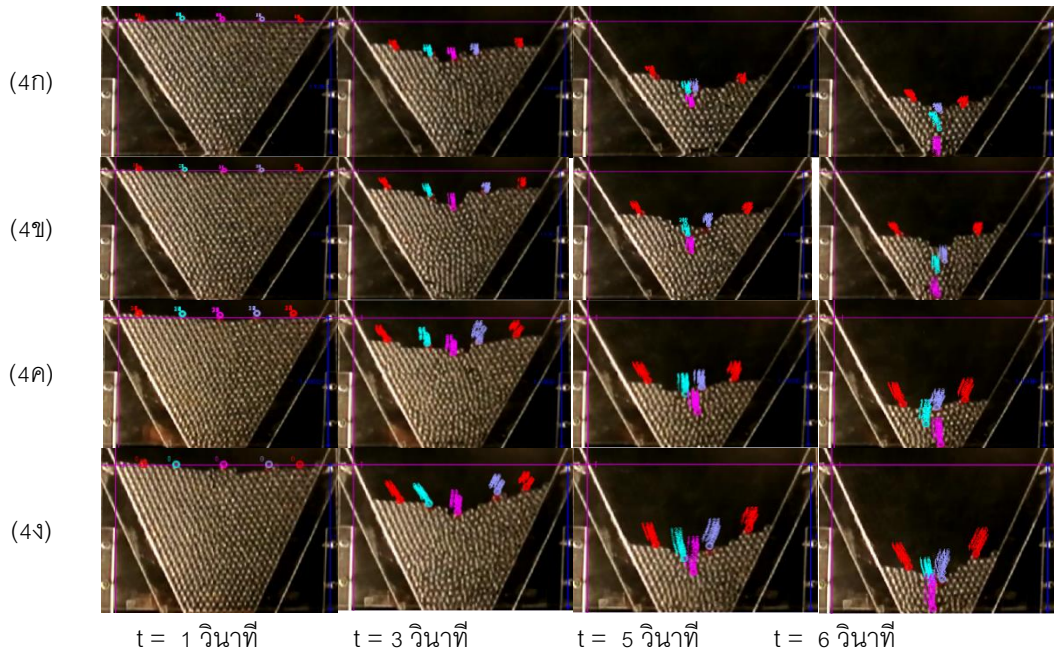
(3ก) ภาพวัสดุเม็ดไหลบนพื้นเอียง (3ข) พื้นเอียงติดด้วยกระดาษทราย

ภาพที่ 3 การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานระหว่างผนังภาชนะกับเม็ดแก้ว

ผลการทดลองและอภิปรายผล

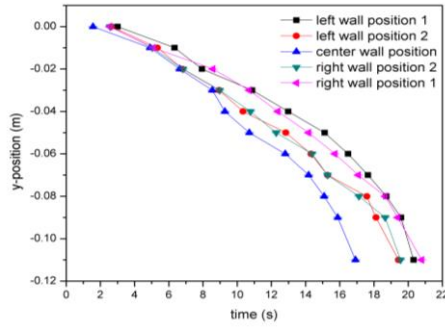
ผู้วิจัยได้ผลการทดลองวิธีการไหลแบบติดขัดของวัสดุเม็ดโดยการสร้างภาชนะสองมิติ แล้วปล่อยให้วัสดุเม็ดตกลงในแนวตั้งตามแรงโน้มถ่วงของโลกผ่านช่องปล่อยวัสดุขนาดต่าง ๆ แล้วศึกษา เวลาและความเร็วที่ใช้ในการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะ โดยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ผลของเวลาที่ใช้ในการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะ 2 มิติ โดยกำหนดขนาดของช่องปล่อยวัสดุเม็ดที่แตกต่างกันการศึกษาเวลาที่ใช้ในการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะ 2 มิติ โดยกำหนดขนาดช่องปล่อย (d) ในการปล่อยวัสดุที่ 2, 3, 4, และ 5 เซนติเมตร โดยศึกษาการไหลของวัสดุเม็ด ในการทดลองนี้จะใช้เม็ดแก้วขนาด 5 มิลลิเมตร เป็นวัสดุพื้นและเม็ดแก้วย้อมสีที่ใช้เป็นวัสดุบุกรุกเพื่อศึกษาเงื่อนไขในการไหลและหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและเวลา โดยใช้โปรแกรม Tracker version 4.92 ในการติดตามวัสดุบุกรุกได้ผลการศึกษา พบว่าวัสดุบุกรุกและวัสดุเม็ดพื้นกำลังเคลื่อนที่ในภาชนะ 2 มิติ ที่มีความกว้างของช่องในการปล่อยที่แตกต่างกัน เกิดการไหลของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ซึ่งได้ผลของการเคลื่อนที่ของวัสดุบุกรุก ดังแสดงในภาพที่ 4 และเมื่อปล่อยให้วัสดุเม็ดไหลลงจากด้านบนของวัสดุเม็ดพื้นสู่ก้นของภาชนะที่มีขนาดช่องปล่อย คือ 2, 3, 4, 5 เซนติเมตร พบว่าเม็ดบุกรุกในแต่ละตำแหน่งจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไม่เท่ากัน ซึ่งเม็ดบุกรุกที่อยู่จุดศูนย์กลาง (Center wall position) ของภาชนะ จะใช้เวลาในการไหลลงน้อยกว่าเม็ดที่อยู่ถัดไปด้านข้างซ้ายและขวา ซึ่งตำแหน่งของเม็ดที่อยู่ด้านข้างทั้งสองข้างมีระยะทางการไหลไกลจากช่องปล่อยวัสดุ และจะทำให้ใช้เวลาในการไหลมากกว่า ดังแสดงในภาพที่ 5

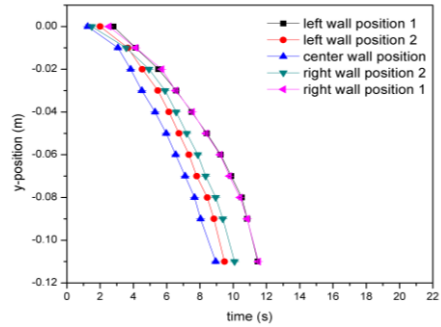


ภาพที่ 4 แสดง Snapshot ตามเวลาของวัสดุบุกรุกเคลื่อนที่ในวัสดุเม็ดพื้นขนาด 5 มิลลิเมตร ในภาชนะ 2 มิติ (4ก) ช่องปล่อย 2 เซนติเมตร (4ข) ช่องปล่อย 3 เซนติเมตร (4ค) ช่องปล่อย 4 เซนติเมตร (4ง) ช่องปล่อย 5 เซนติเมตร

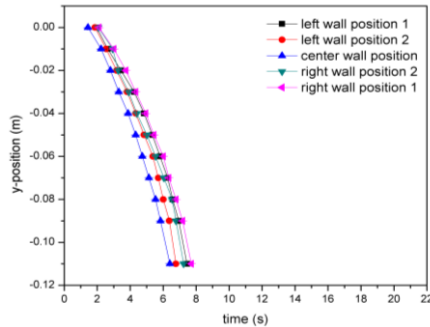
ผลการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง (y-position) และเวลา (time) ของช่องปล่อยขนาด 2,3,4 และ 5 เซนติเมตร จากการศึกษาการไหลของวัสดุเม็ด เพื่อศึกษาเงื่อนไขในการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะ 2 มิติ (Mankoc, et. al., 2007) การพา คือการส่งผ่านพลังงานขณะที่เกิดการไหลของวัสดุเม็ด โดยแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง (y-position) และเวลา (time) ของช่องปล่อยขนาด 2, 3, 4, 5 เซนติเมตร โดยใช้โปรแกรม Tracker version 4.92 ในการติดตามวัสดุบุกรุก (Intruder Granular) ที่เคลื่อนที่ร่วมกับวัสดุพื้น (bed granular) แสดงดังภาพ (7ก) พบว่าวัสดุบุกรุกในตำแหน่ง left และ right wall position 1 มีความชันของกราฟน้อยที่สุด และวัสดุบุกรุกในช่องปล่อยขนาด 5 เซนติเมตร ใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อยที่สุด แต่ในช่องปล่อยขนาด 4 เซนติเมตร, 3 เซนติเมตร ใช้เวลาในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น และในช่องปล่อยขนาด 2 เซนติเมตร ใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากที่สุด แต่เวลาในการเคลื่อนที่ของวัสดุบุกรุกในตำแหน่ง left และ right wall position 1 จะน้อยกว่าในตำแหน่ง left และ right wall position 2 ดังภาพ (7ข) และ (7ค) พบว่าวัสดุบุกรุกในช่องปล่อยขนาด 2 เซนติเมตร ใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากกว่า วัสดุบุกรุกในช่องปล่อยขนาด 3, 4 และ 5 เซนติเมตร ในตำแหน่ง center wall position ตามลำดับ



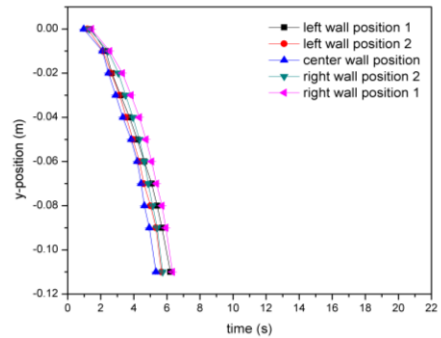
(5ก) d=2 เซนติเมตร



(5ข) d= 3 เซนติเมตร



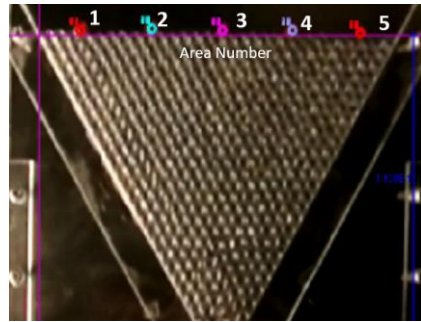
(5ค) d= 4 เซนติเมตร



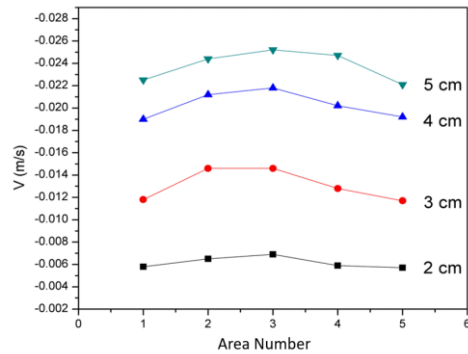
(5ง) d= 5 เซนติเมตร

ภาพที่ 5 แสดงระยะทางและเวลาของวัสดุเม็ดเคลื่อนที่ลงผ่านช่องปล่อยที่ขนาดต่าง ๆ ($h = 0.11$ เมตร, $\varnothing = 5$ มิลลิเมตร)

วัสดุบุกรุกใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อยกว่าในทุกตำแหน่งเพราะในตำแหน่งนี้จะมีความชันของกราฟมากที่สุดทำให้วัสดุบุกรุกใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อยที่สุด ที่ช่องปล่อยขนาด 5 เซนติเมตร ทำให้วัสดุบุกรุกใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อยที่สุด และมีการเคลื่อนที่ได้ดีที่สุด เมื่อศึกษาผลของเวลาและระยะทางการเคลื่อนที่ (y-position) ของวัสดุบุกรุก ได้วิเคราะห์ความเร็ว (v) ในโปรแกรม Tracker 4.92 และเปรียบเทียบกับแต่ละตำแหน่งของวัสดุเม็ดบุกรุก ดังแสดงในภาพที่ 6 พบว่า ความเร็วในการเคลื่อนที่ลงของเม็ดบุกรุก ที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของภาชนะแต่ละขนาด จะมีความเร็วในการเคลื่อนที่มาก ซึ่งจะได้ว่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของเม็ดแก้วที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของภาชนะจะมากกว่าความเร็วของเม็ดบุกรุกที่อยู่ถัดมาจากด้านข้างทั้งซ้ายและขวาของจุดศูนย์กลางมีความเร็วลดลงตามลำดับด้วยเช่นกัน เนื่องจากเม็ดบุกรุกที่อยู่ด้านข้างซ้ายขวามีความชันของกราฟน้อยกว่าเม็ดบุกรุกที่จุดศูนย์กลาง และที่ช่องปล่อยขนาด 5 เซนติเมตร มีค่าความชันของกราฟมากกว่าช่องปล่อยขนาด 4, 3 และ 2 เซนติเมตร ตามลำดับ ที่ขนาดของวัสดุเม็ดพื้น 5 มิลลิเมตร

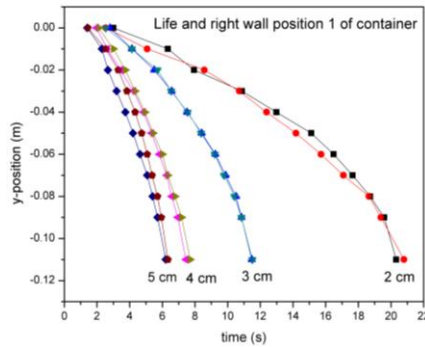


(6ก)

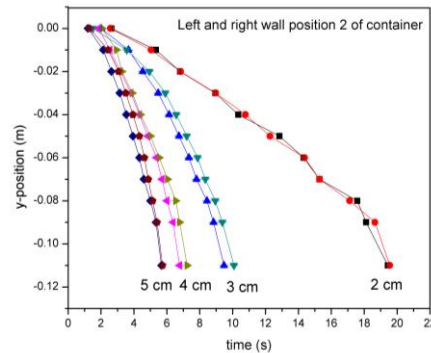


(6ข)

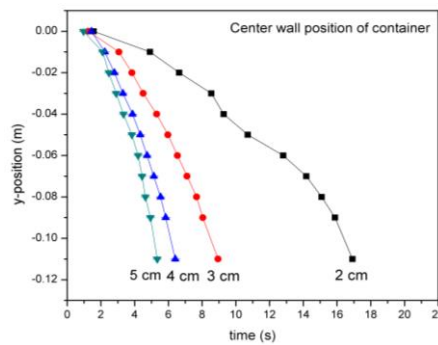
ภาพที่ 6 แสดงการเคลื่อนที่ของเม็ดบุกรุกขนาด 5 มิลลิเมตร ของช่องปล่อยขนาด 2, 3, 4 และ 5 เซนติเมตร
 (6ก) แสดงเลขตำแหน่งพื้นที่เริ่มต้น (6ข) ความเร็ว (v) วัสดุเม็ดบุกรุก (Intruder Granular)



(7ก)



(7ข)



(7ค)

ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบระยะทาง (y-position) และเวลา (time) ของช่องปล่อยขนาด 2, 3, 4, 5 เซนติเมตร
 (h = 0.11 เมตร, $\phi = 5$ มิลลิเมตร) (7ก) Left and Right wall position 1 (7ข) Left and Right wall
 position 2 (7ค) Center wall position

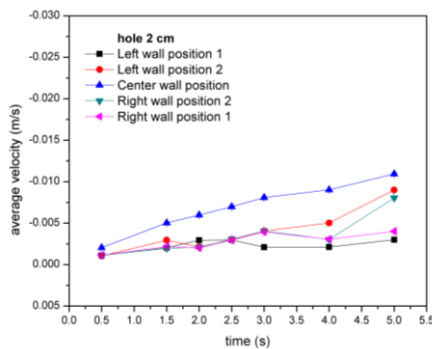
ผลของความเร็วในการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะ 2 มิติ โดยกำหนดขนาดช่องปล่อยวัสดุที่แตกต่างกันในการไหลของวัสดุโดยกำหนดขนาดของช่องปล่อยวัสดุแตกต่างกันที่ 2, 3, 4 และ 5 เซนติเมตร และใช้เม็ดแก้วขนาด 5 มิลลิเมตร เป็นวัสดุเม็ดพื้น และใช้เม็ดแก้วย้อมสีเป็นวัสดุบุกรุก โดยใช้โปรแกรม Tracker version 4.92

ในการติดตามวัสดุบุกรุกได้ผลการศึกษา (Wang, & Ooi, 2015) ดังแสดงในภาพที่ 8 พบว่าเม็ดแก้วข้อมสีที่จุดศูนย์กลางของภาชนะมีความเร็วมากที่สุด ที่อยู่ถัดมาด้านข้างทั้งซ้ายและขวาของจุดศูนย์กลาง โดยมีความเร็วในการเคลื่อนที่ลดลงตามลำดับตำแหน่งที่อยู่ใกล้จุดศูนย์กลาง ซึ่งมีความเร็วและวิถีการไหลของวัสดุบุกรุกมีความใกล้เคียงกับวัสดุบุกรุกในวัสดุเม็ดพื้น 5 มิลลิเมตร ความเร็วที่ใกล้เคียงกันของวัสดุบุกรุกในแต่ละตำแหน่งจะมีวิถีในการเคลื่อนที่ที่ต่างกัน และจากภาพที่ (9ก) พบว่าวัสดุบุกรุกในตำแหน่ง left และ right wall position 1 มีความชันของกราฟน้อยที่สุด และวัสดุบุกรุกในช่องปล่อยขนาด 5 เซนติเมตร มีความเร็วในการเคลื่อนที่มากที่สุด ในวัสดุเม็ดพื้นขนาด 5 มิลลิเมตร และมีความเร็วในการเคลื่อนที่ลดลง เมื่อช่องปล่อยมีขนาดลดลง โดยมีความเร็วในการเคลื่อนที่น้อยที่สุด ที่ช่องปล่อยขนาด 2 เซนติเมตร แต่ความเร็วของวัสดุบุกรุกในตำแหน่ง left และ right wall position 1 จะน้อยกว่าในตำแหน่ง left และ right wall position 2 ดังภาพที่ 10 พบว่าวัสดุบุกรุกในตำแหน่ง left และ right wall position 2 มีความชันของกราฟมากกว่าวัสดุบุกรุกในตำแหน่ง left และ right wall position 1 ในภาพที่ (9ข) จึงทำให้วัสดุบุกรุกมีความเร็วในการเคลื่อนที่มากกว่า และวัสดุบุกรุกก็จะมีความเร็วในการเคลื่อนที่ในช่องปล่อยขนาด 5 เซนติเมตร มากที่สุดแล้วลดลงในขนาดของช่องปล่อยในการปล่อยที่ 4, 3 และ 2 เซนติเมตร ตามลำดับเช่นเดียวกับวัสดุบุกรุกในตำแหน่ง left และ right wall position 1 เมื่อความชันของกราฟมีค่ามากที่สุดจะทำให้วัสดุบุกรุกมีความเร็วในการเคลื่อนที่มากที่สุด ดังภาพที่ 10 พบว่าวัสดุบุกรุกในช่องปล่อยขนาด 5 เซนติเมตร มีความเร็วในการเคลื่อนที่มากกว่า ในวัสดุเม็ดพื้นขนาด 5 มิลลิเมตร ซึ่งในตำแหน่ง center wall position วัสดุบุกรุกมีความเร็วในการเคลื่อนที่มากกว่าในทุกตำแหน่งและในตำแหน่งนี้ จะมีความชันของกราฟมากที่สุด ในช่องปล่อยขนาด 5 เซนติเมตร มีรูเปิดที่กว้างที่สุดทำให้วัสดุเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า เป็นผลทำให้วัสดุบุกรุกมีความเร็วในการเคลื่อนที่มากที่สุดเนื่องจากที่ช่องปล่อยมีขนาดลดลง เป็นผลให้วัสดุมีการเคลื่อนที่ที่เบียดเสียดกันมากกว่าช่องปล่อยที่ใหญ่กว่า เกิดการติดขัดและทำให้วัสดุไหลลงช้าที่สุดในช่องปล่อยขนาดเล็ก สรุปได้ว่า ที่ช่องปล่อยวัสดุจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าที่รูเปิดเล็กกว่าซึ่งขนาดของช่องปล่อยขนาดต่าง ๆ มีผลต่อความเร็วในการไหลของวัสดุเม็ด (Tewari, 2013)

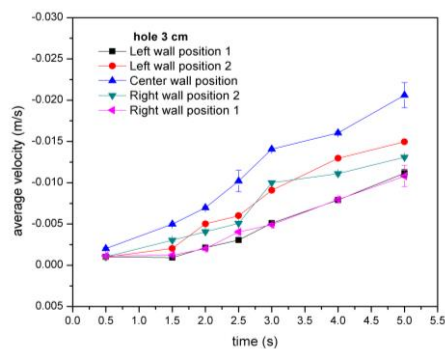
การศึกษาค่าความเร็วในการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะ 2 มิติ โดยเพิ่มแรงเสียดทานภายในของภาชนะ 2 มิติ ในการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะ 2 มิติ ในตอนที่ 2 พบว่าวัสดุจะมีการไหลที่เร็วที่สุดที่ช่องปล่อยขนาด 5 เซนติเมตร และในตำแหน่ง center wall position วัสดุบุกรุกมีความเร็วในการเคลื่อนที่มากกว่าในทุกตำแหน่ง และในตอนนี้ เป็นการศึกษาผลของความเร็วก่อเกิดขึ้นโดยการเพิ่มแรงเสียดทานด้านข้างของภาชนะ 2 มิติ (Beverloo, Leniger, & Velde, 1961) ในช่องปล่อยวัสดุขนาด 2 เซนติเมตร โดยใช้โปรแกรม Tracker version 4.92 ในการติดตามวัสดุบุกรุกได้ผลการศึกษา จากภาพที่ 10 พบว่าวัสดุบุกรุกที่จุดศูนย์กลางของภาชนะที่เพิ่มแรงเสียดทานภายในภาชนะด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1 ที่มีความละเอียดมาก มีความเร็วมากที่สุด และในภาชนะเดียวกันตำแหน่งเม็ดบุกรุกที่อยู่ถัดมาด้านข้างทั้งซ้ายและขวาของจุดศูนย์กลาง โดยมีความเร็วในการเคลื่อนที่ลดลงตามลำดับตำแหน่งที่อยู่ใกล้จุดศูนย์กลาง ซึ่งมีความเร็วและวิถีการไหลของวัสดุบุกรุกมีความใกล้เคียงกับวัสดุบุกรุกในวัสดุเม็ดพื้น 5 มิลลิเมตร และภาชนะที่เพิ่มแรงเสียดทานภายในภาชนะด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1 มีความเร็วที่สูงกว่าภาชนะที่เพิ่มแรงเสียดทานภายในภาชนะด้วยกระดาษทรายเบอร์ 2 และ 3 ตามลำดับ เนื่องจากกระดาษทรายเบอร์ 1 มีความละเอียดมากกว่ากระดาษทรายเบอร์ 2 และ 3 ตามลำดับ ทำ

ให้มีการดำเนินการเคลื่อนที่ที่น้อยกว่าจึงส่งผลทำให้วัสดุเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า แต่เมื่อเทียบกับการทดลองในตอนที่ 2 ที่ช่องปล่อยในการปล่อยเดียวกัน พบว่ามีความเร็วช้ากว่าเนื่องจากตอนที่ 2 ผิวสัมผัสระหว่างเม็ดวัสดุกับผนังของภาชนะมีค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานน้อยหรือน้อยมากจึงทำให้วัสดุเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า จากภาพทั้ง 3 ภาพพบว่า ที่ตำแหน่ง Center wall position วัสดุมีความเร็วมากกว่าลงลงมาคือ ที่ตำแหน่ง Left and Right wall position 2 และ Left and Right wall position 1 ตามลำดับ

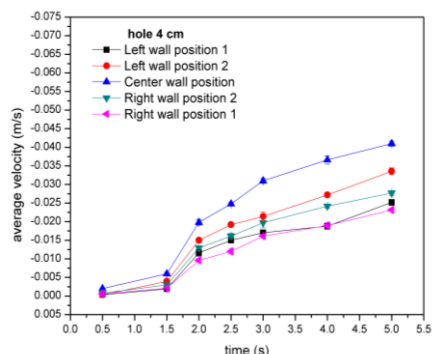
จากการทดลองได้ศึกษาปัจจัยที่ทำให้วัสดุเม็ดบุกรุกเคลื่อนที่ได้แตกต่างกันและศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานที่มีผลต่อพฤติกรรมไหลของวัสดุ ดังภาพที่ 11 พบว่าเป็นการทดลองเพื่อศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานระหว่างผนังภาชนะกับเม็ดแก้ว ที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัสดุเม็ดโดยให้วัสดุเม็ดเคลื่อนที่บนกระดาษทราย ซึ่งกระดาษทรายที่ใช้ในการทดลองมี 3 ชนิด คือ กระดาษทรายเบอร์หนึ่ง สอง และสาม ได้ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 12 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานถือว่าไม่เปลี่ยนแปลงมีค่าความคาดเคลื่อนที่มีแนวโน้มไม่แตกต่างกันมาก เนื่องจากว่าเป็นพื้นผิวสัมผัสเดียวกัน และกระดาษทรายมีผลทำให้สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานระหว่างเม็ดแก้วกับเม็ดแก้วเปลี่ยนไป เนื่องจากเมื่อค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน มีค่าน้อยวัสดุมีการเคลื่อนที่อิสระมากขึ้น ทำให้วัสดุมีความเร่งเพิ่มขึ้นเป็นผลทำให้วัสดุมีความเร็วเพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกันเมื่อค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน มีค่ามากวัสดุมีการเบียดเสียดกันเป็นผลทำให้วัสดุมีความเร่งลดลง ส่งผลให้วัสดุมีความเร็วลดลงด้วย



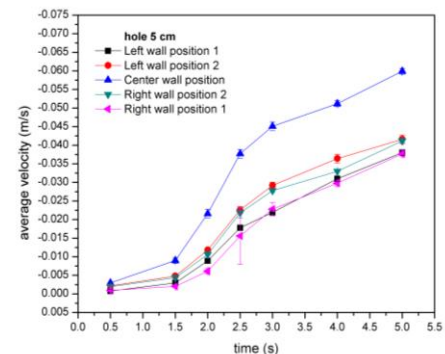
(8ก) d=2 เซนติเมตร



(8ข) d= 3 เซนติเมตร

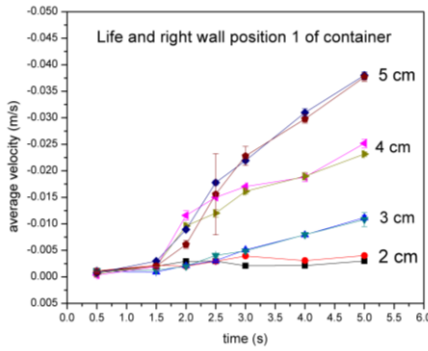


(8ค) d= 4 เซนติเมตร

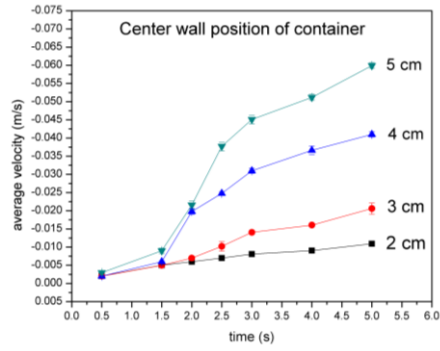


(8ง) d= 5 เซนติเมตร

ภาพที่ 8 แสดงเวลา (time) และความเร็ว (velocity) ในการเคลื่อนที่ของเม็ดแก้วข้อมสี่ ในเม็ดแก้วขนาด 5 มิลลิเมตร ที่ช่องปล่อยแตกต่างกัน (h= 0.11 เมตร, \varnothing = 5 มิลลิเมตร)

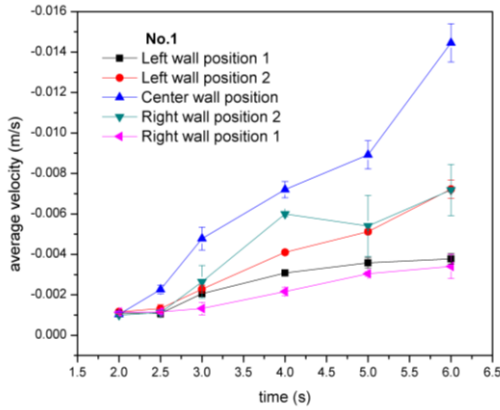


(9ก)

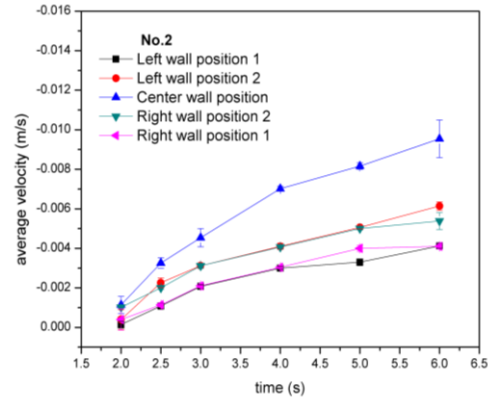


(9ข)

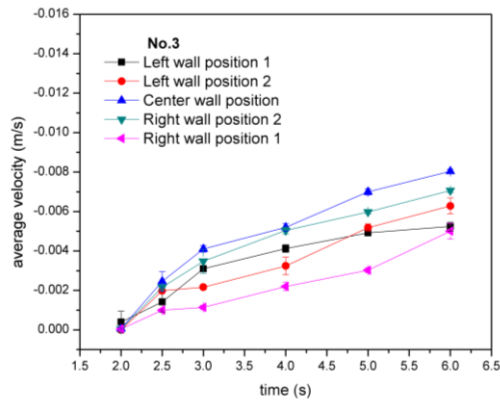
ภาพที่ 9 แสดงเวลา (time) และความเร็ว (velocity) ในการเคลื่อนที่ของวัสดุบุงูกูกที่ตำแหน่ง (9ก) left และ right wall position 1 (9ข) center wall position (ในช่องปล่อยขนาด 2, 3, 4 และ 5 เซนติเมตร $h = 0.11$ เมตร, $\varnothing = 5$ มิลลิเมตร)



(10ก)

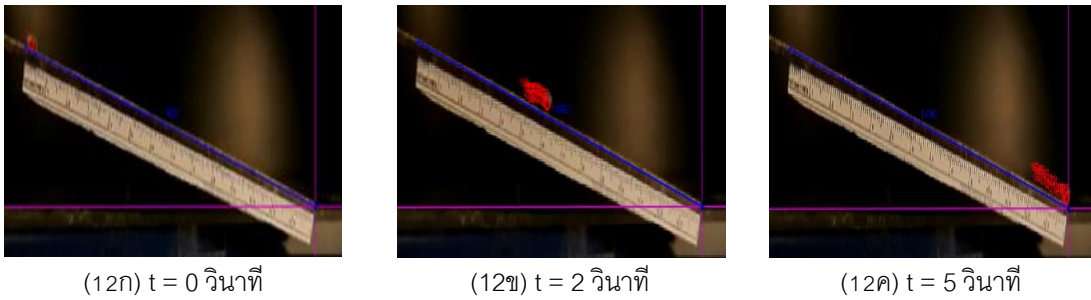


(10ข)

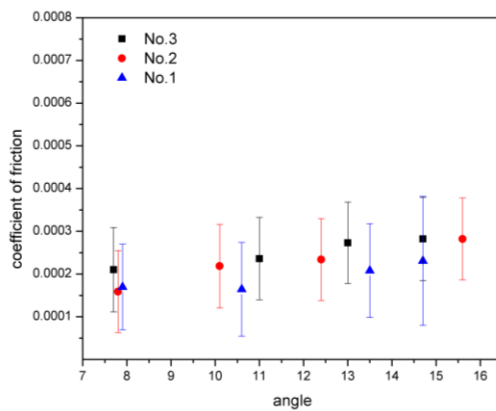


(10ค)

ภาพที่ 10 แสดงเวลา (time) และความเร็ว (velocity) ในการเคลื่อนที่ของเม็ดแก้วข้อมสีในเม็ดแก้วขนาด 5 มิลลิเมตร ที่ช่องปล่อย 2 เซนติเมตร ที่แรงเสียดทานภายในแตกต่างกัน $h = 0.11$ เมตร, $\varnothing = 5$ มิลลิเมตร (10ก) กระจายทราย No.1 (120 particle/inch) (10ข) กระจายทราย No.2 (40 particle/inch) (10ค) กระจายทราย No.3 (32 particle/inch)



ภาพที่ 11 แสดงภาพการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานระหว่างผนังภาชนะกับวัสดุเม็ดแก้วในเวลา 0-5 วินาที



ภาพที่ 12 แสดงค่าของมุม (angle) และค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน ($d = 2$ เซนติเมตร, $\varnothing = 5$ มิลลิเมตร)

สรุปผลและเสนอแนะ

การศึกษาเวลาที่ใช้ในการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะ 2 มิติโดยกำหนดขนาดของช่องปล่อยวัสดุที่แตกต่างกันและกำหนดขนาดของเม็ดพื้นที่ 5 มิลลิเมตร ทุก ๆ ความกว้างของช่องปล่อยวัสดุ พบว่า วัสดุเม็ดในแต่ละตำแหน่งจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไม่เท่ากัน ซึ่งวัสดุเม็ดที่อยู่จุดศูนย์กลาง (Center wall position) ของภาชนะ จะใช้เวลาในการไหลลงน้อยกว่าเม็ดที่อยู่ถัดไปด้านข้างซ้ายและขวา ซึ่งตำแหน่งของเม็ดที่อยู่ด้านข้างทั้งสองข้างมีระยะทางการไหลไกลจากช่องปล่อยวัสดุ และจะทำให้ใช้เวลาในการไหลมากกว่าตามลำดับ

การศึกษาความเร็วในการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะ 2 มิติโดยกำหนดขนาดของเม็ดแก้ว 5 มิลลิเมตร และกำหนดขนาดของช่องปล่อยวัสดุที่ 2 เซนติเมตร พบว่า วัสดุบุกรุกที่อยู่ศูนย์กลาง (center wall position) วัสดุบุกรุกมีความเร็วในการเคลื่อนที่มากกว่าในทุกตำแหน่งและในตำแหน่งนี้จะมีความชันของกราฟมากที่สุด และในช่องปล่อยขนาด 5 เซนติเมตร มีรูเปิดที่กว้างที่สุดทำให้วัสดุเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าเป็นผลทำให้วัสดุบุกรุกมีความเร็วในการเคลื่อนที่มากที่สุด การพามากขึ้น เนื่องจากที่ช่องปล่อยมีขนาดลดลง การพาลดลง เป็นผลให้วัสดุมีการเคลื่อนที่ที่เบียดเสียดกันมากกว่าช่องปล่อยที่ใหญ่กว่า ทำให้วัสดุไหลลงช้าที่สุดในช่องปล่อยขนาดเล็ก สรุปได้ว่า ที่ช่องปล่อยวัสดุจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าที่รูเปิดเล็กกว่าซึ่งขนาดของช่องปล่อยขนาดต่าง ๆ มีผลต่อความเร็วในการไหลของวัสดุเม็ด

การศึกษาผลของความเร็วที่เกิดขึ้นโดยการเพิ่มแรงเสียดทานด้านข้างของภาชนะ 2 มิติ ในช่องปล่อยวัสดุขนาด 2 เซนติเมตร พบว่าวัสดุบุกรุกที่จุดศูนย์กลางของภาชนะที่เพิ่มแรงเสียดทานภายในภาชนะด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1 มีความเร็วมากที่สุด และในภาชนะเดียวกันตำแหน่งเม็ดบุกรุกที่อยู่ถัดมาด้านข้างทั้งซ้ายและขวาของจุดศูนย์กลางมีความเร็วในการเคลื่อนที่ลดลงตามลำดับ ตำแหน่งที่อยู่ใกล้จุดศูนย์กลางมีความเร็วมากที่สุด และเมื่อศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัสดุ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานถือว่าไม่เปลี่ยนแปลง ในพื้นผิวสัมผัสเดียวกัน และกระดาษทรายมีผลทำให้สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานระหว่างเม็ดแก้วกับเม็ดแก้วเปลี่ยนไป เนื่องจากเมื่อค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน มีค่าน้อยวัสดุมีการเคลื่อนที่อิสระมากขึ้น ทำให้วัสดุมีความเร่งเพิ่มขึ้นเป็นผลทำให้วัสดุมีความเร็วเพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกันเมื่อค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน มีค่ามากวัสดุมีการเบียดเสียดกันเป็นผลทำให้วัสดุมีความเร่งลดลง ส่งผลให้วัสดุมีความเร็วลดลงด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องผลของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานต่อการไหลของวัสดุเม็ดในภาชนะรูปกรวยแบบสองมิติสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ การสนับสนุนของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่และโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 38 จังหวัดระนอง ที่ให้การสนับสนุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Beverloo, W. A., Leniger, H. A., & Velde, J. V. D. (1961). The flow of granular solids through orifices. *Chem Eng Sci*, 15, 260-269
- Chris, H. R. & Martin, Z. B. (2006). Dynamics of Random Packings in Granular Flow. *Physical Review E*, 73(5 Pt 1), 051306.
- Chukwu, O. & Akande, F. B. (2007). Development of an Apparatus for Measuring Angle of Repose of Granular Materials. *AU Journal of Technology*, 11(1), 62-66.
- Hsiau, S. S., Wang, P. C., & Tai, C. H. (2002). Convection Cells and Segregation in a Vibrated Granular Bed, *Mechanical Engineering. AIChE Journal*, 48(7), 1430- 1438
- Kiwing, T, Lai P. Y., & Pak, H. K. (2001). Jamming of Granular Flow in a Two-Dimensional Hopper. *Physical Review Letters*, 86(1), 71-74.
- Kondic, L. (2014). Simulation of two dimensional hopper flow. *Granular Matter*, 16, 235– 242.
- Mankoc, C., Janda, A., Arevalo, R., Pastoer, J., Zuriguel, I., Garcimartin, A., & Maza, D. (2007). The flow rate of granular materials through an orifice. *Granular Matter*, 9(6), 407-414
- Pourmin, L., Ramaioli, M., Folly, P., & Liebling, Th. M. (2007). About the influence of friction and polydispersity on the jamming behavior of bead assemblies. *Eur.Phys. J. E*, 23, 229–235.
- Tewari, S., (2013). Signatures of Incipient Jamming in Collisional Hopper Flows, *Soft Matter*, 9(20), 5026, DOI: 10.1039/C3SM27760G.

- Wang, Y., & Ooi, J. Y. (2015). A Study of Granular Flow in A Conical Hopper Discharge Using Discrete and Continuum Approach. *Procedia Engineering*, 102, 765-772.
- Zhou, Y. C., Xua, B. H., Yu, A. B., & Zullib, P. (2002). An experimental and numerical study of the angle of repose of coarse spheres. *Powder Technology*, 125(1), 45–54.
- Zuriguel, I., Pughaloni, L. A., Garcimartin, A., & Maza, D. (2003). Jamming during the discharge of grains from a silo described as a percolating transition. *Phys. Rev. E*, 68, 030301(R)

สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ สำหรับการเตรียมฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู
ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Problems in Physics Learning Management for Preparing to Practice Professional Practicum
Teacher of Physics Students Chiang Mai Rajabhat University

ภาณุพัฒน์ ชัยวร^{1*} ณัฐชาภรณ์ วังคะยอม²

ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่^{1,2}

* Corresponding author: E-mail: panupat_cha@g.cmru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ สำหรับการเตรียมการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โดยดำเนินการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเพียงครั้งเดียว (one-shot-Posttest-only Design) โดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) 4 ด้าน คือ ด้านการสอนและเทคนิคการสอน ด้านบุคลิกลักษณะของผู้สอน ด้านสื่อประกอบการสอนและแหล่งการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ สำหรับการเตรียมการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ในภาพรวมทั้ง 4 ด้าน มีปัญหาอยู่ในระดับน้อย เมื่อพิจารณาปัญหาการจัดการเรียนรู้รายด้านพบว่า ด้านการสอนและเทคนิคการสอน มีปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง ด้านบุคลิกลักษณะของผู้สอน มีปัญหาอยู่ในระดับน้อย ด้านสื่อประกอบการสอนและแหล่งการเรียนรู้ มีปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง และด้านการวัดและประเมินผล มีปัญหาอยู่ในระดับน้อย

คำสำคัญ: สภาพปัญหา; การจัดการเรียนรู้; ฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

Abstract

The purpose of this research was to study the problem of physics learning management for preparing to Practice Professional of students in physics department, Chiang Mai Rajabhat University. By collecting data from the sample on one time. (one-shot-Posttest-only Design) and using a questionnaire (Questionnaire) in 4 areas, namely teaching and teaching techniques, Instructor's personality, teaching media and learning resources, measurement and evaluation. The statistics used in the research were mean, percentage and standard deviation. The results found that problems in physics learning management for preparing to Practice Professional of students in physics Chiang Mai Rajabhat University, in the overall picture of 4 aspects, there were few problems. When considering the problems of learning management in each aspect, it was found that teaching and teaching techniques there is a moderate level of problem. Instructor's personality. There are few

problems. Teaching media and learning resources there is a moderate level of problem. And measurement and evaluation there are few problems.

Keywords: Problem state; Learning management; Physics practice professional practicum

บทนำ

ในโลกปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทที่สำคัญต่อการศึกษาของไทย ทำให้สามารถจัดการเรียนการสอนได้อย่างทั่วถึงในปัจจุบันด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีรวมทั้งการสื่อสารโทรคมนาคมที่ผ่านช่องทางต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นอินเทอร์เน็ต ดาวเทียม หรือโทรศัพท์ ทำให้การเรียนการสอนตามวิถีวัฒนธรรมแบบดั้งเดิมที่มีผู้เรียนและผู้สอนร่วมทำกิจกรรมการเรียนการสอนภายในห้องเรียนได้ถูกเปลี่ยนไป ผู้เรียนกับผู้สอนไม่จำเป็นต้องอยู่ในที่ที่เดียวกัน จะอยู่ที่ไหนก็ได้ แต่ก็ยังคงติดต่อสัมพันธ์กันได้ หรือแม้แต่ผู้เรียนจะเรียนในเวลาใดก็ได้ จะทบทวนบทเรียนให้เกิดความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้นก็ครั้งก็ยังได้ ทำให้สามารถจัดการศึกษาได้อย่างทั่วถึงมากยิ่งขึ้น (มวดี สิริปัญญาจิติ, ศิริเพ็ญ กำแพงแก้ว และจันทิมา จิรชุตกุล, 2559) ผู้คนมีโอกาสด้านทางเลือกในการศึกษามากยิ่งขึ้นไม่ว่าจะเป็นการศึกษาทางไกล (Distance Education) และการเรียนอิเล็กทรอนิกส์ (e-Learning) ซึ่งวิชาฟิสิกส์ เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัว การค้นคว้าหาความรู้ทางฟิสิกส์ทำได้โดยการสังเกตการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อสรุปเป็นทฤษฎี หลักการหรือกฎ ความรู้เหล่านี้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และความรู้นี้สามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการแสวงหาความรู้ใหม่เพิ่มเติมและพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ สำหรับการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์นั้นเป็นวิชาที่ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าเป็นวิชาที่ยากที่สุด เพราะหลาย ๆ คนไม่รู้วิธีการเรียนที่ถูกต้อง จึงทำให้ไม่เข้าใจฟิสิกส์ และรู้สึกว่าฟิสิกส์นั้นยากเนื่องจากเน้นการคำนวณ ตลอดจนการแก้โจทย์ปัญหาที่เน้นทักษะกระบวนการคิดคำนวณมากเกินไป และเชื่อมโยงถึงความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์กับฟิสิกส์ (มนัส บุญประกอบ, 2538) ดังนั้นจะต้องมีการปรับปรุงพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยผู้เรียนแต่ละคนมีพื้นฐานความรู้ความเข้าใจเดิมเกี่ยวกับฟิสิกส์ ถ้าเป็นพื้นฐานความรู้ความเข้าใจเดิมที่ไม่ถูกต้อง ผู้สอนจะต้องปรับแก้ไขข้อมูล แนวคิดหรือความเข้าใจ เพื่อให้เกิดกรอบความคิดที่ถูกต้องและสามารถจัดระบบเพื่อไม่ให้ผู้เรียนย้อนกลับไปสู่พื้นฐานและแนวความคิดเดิมในภายหลัง หากการเรียนการสอนในห้องเรียนสามารถเชื่อมโยงกับพื้นฐานเดิมเหล่านั้น ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริงรวมทั้งสามารถประยุกต์ไปสู่สถานการณ์อื่น ๆ ได้ และจัดกิจกรรมการเรียนการสอนฟิสิกส์จากสิ่งรอบตัวที่รู้อยู่แล้วทำให้ผู้เรียนจดจำความคิดรวบยอดได้นานขึ้น สามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวข้องของเนื้อหาในหัวข้อที่เรียนผ่านมาแล้วกับหัวข้อต่อ ๆ ไปได้ง่ายขึ้น มีอิสระในการเรียนอย่างสนุกสนาน มีความมั่นใจเพิ่มขึ้น กล้าแสดงความคิดเห็น และมองเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เห็นในชีวิตประจำวันอย่างวิทยาศาสตร์ (อิรพิน หะยิมะ, 2560) การเรียนรู้ฟิสิกส์ที่ผ่านมา ผู้สอนจะใช้วิธีการสอนแบบบรรยายและการอธิบายให้นักเรียนฟังและ จดตามเนื้อหา ทำให้นักเรียนไม่มีความกระตือรือร้น ไม่มีความมั่นใจในตนเองไม่กล้าแสดงความคิดเห็น นอกจากนี้ พบว่านักเรียนไม่สามารถเริ่มต้นการแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเองและไม่มีความสนใจของบทเรียนที่ถูกต้องเพียงพอ ใน

การแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนแต่ละครั้ง จะเปิดดูตัวอย่างโจทย์ที่เคยทำผ่านมาหรือตัวอย่างที่คล้ายกันจากหนังสือแล้วทำตาม การแก้ปัญหามิได้เกิด จากการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนเอง ทำให้ไม่มีทักษะในการแก้โจทย์ปัญหา และไม่สามารถแสวงหาความรู้ด้วยตนเองได้เพราะนักเรียนไม่กล้าที่จะคิดแก้ปัญหาเอง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้จำเป็นต้องให้นักเรียนได้เรียนกลวิธีหรือยุทธวิธีในการแก้ไขปัญหานั้น รวมทั้งได้ฝึกคิดซึ่งถือได้ว่า เป็นกระบวนการเรียนรู้หลักทางฟิสิกส์ (อุษา คงทอง, 2553, น. 7-58, น. 139-148) การศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ สำหรับการเตรียมการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่จะช่วยให้ทราบถึงสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักศึกษาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น (ศุภมาศ กุลดั่งวัฒนา, อนันต์ ปานศุภวัชร, และ วาโร เฟิงสวัสดิ์, 2554) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจเพื่อศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ สำหรับการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยเป็นแนวทางการพัฒนาปรับปรุงหลักสูตร การสอนและเทคนิคการสอน บุคลิกลักษณะผู้สอน สื่อประกอบการสอนและแหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2562 จำนวน 43 คน รวมทั้งเป็นการเตรียมความพร้อมของนักศึกษา บุคลากรที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย เพื่อให้เกิดศักยภาพและคุณภาพ มีพัฒนาการที่ครอบคลุมด้านอย่างเหมาะสม (สุระ วุฒิพรหม, 2549) ซึ่งจะส่งผลให้นักศึกษามีความพร้อมและเป็นแนวทางไปสู่การสร้างและวิเคราะห์ทางเลือกอย่างหลากหลาย และตัดสินใจเลือกทางเลือกอย่างมีคุณภาพ มีเหตุผลและสร้างสรรค์มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ สำหรับการเตรียมการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เป็นการศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักศึกษาพบระหว่างการทดลองสอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ ขั้นตอนที่ 1 กำหนดกลุ่มตัวอย่าง คือนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับมหาวิทยาลัย สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จำนวน 43 คน ซึ่งเป็นการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ขั้นตอนที่ 2 สร้างเครื่องมือในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นแบบสอบถามของนักศึกษาเกี่ยวกับสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ สำหรับการเตรียมการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2562 เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert Ration Scales) 5 ระดับ โดยนำแบบสอบถามที่แก้ไขปรับปรุงแล้ว ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ตรวจสอบเพื่อหาความเที่ยงตรงของแบบประเมิน (IOC) และขั้นตอนที่ 3 ผู้วิจัยนำแบบสอบถามไปใช้กลุ่มตัวอย่าง จากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (อัชมัด ลูโบะเต็ง, 2558)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

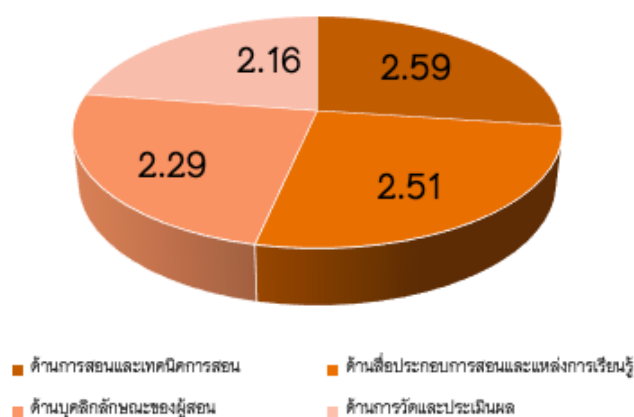
การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ สำหรับการเตรียมการฝึกประสบการณ์วิชาชีพรู ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ สำหรับการการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ 4 ด้าน คือ ด้านการสอนและเทคนิคการสอน ด้านบุคลิกลักษณะของผู้สอน ด้านสื่อประกอบการสอนและแหล่งการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามเรื่อง “สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ สำหรับการเตรียมการฝึกประสบการณ์วิชาชีพรู ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จำนวน 43 ชุด และได้นำเสนอผลวิเคราะห์ข้อมูลในภาพประกอบความเรียง เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดกำลังศึกษาในชั้นปีที่ 4 จำนวน 43 คน มีการเข้าสอนต่อภาคการศึกษาทั้งหมด น้อยกว่า 80% วิธีสอนในวิชาฟิสิกส์ ส่วนมากใช้วิธีบรรยาย/ถาม-ตอบ และจำนวนห้องเรียน/จำนวนผู้เรียน มากที่สุด คือ 1/21-30 จำนวน 17 คน คิดเป็น ร้อยละ 39 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลสถานภาพพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม

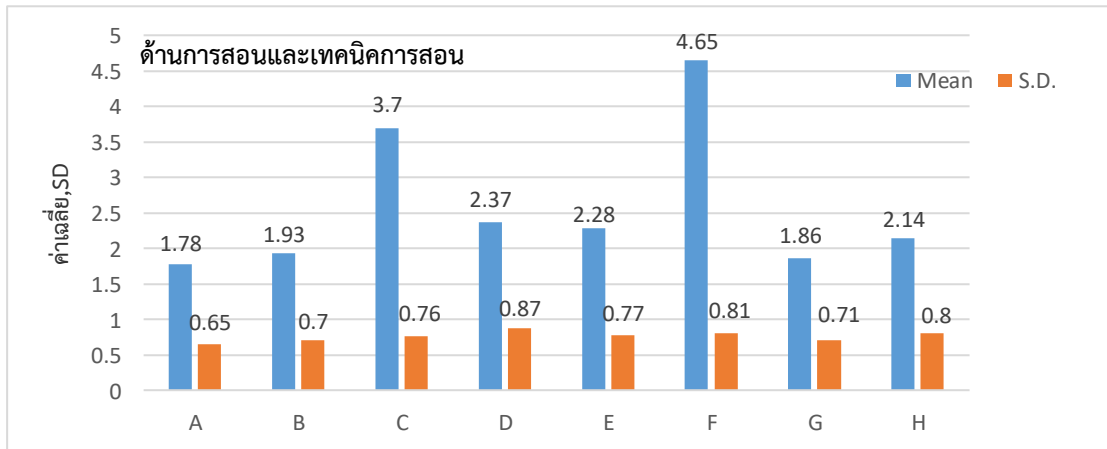
ข้อมูลสถานภาพพื้นฐานของนักศึกษาที่ตอบแบบสอบถาม	จำนวน (คน)	ร้อยละ	
เพศ	ชาย	16	37.20
	หญิง	27	62.80
	รวม	43	100
ชั้นปี	4	43	100
	รวม	43	100
การเข้าสอนต่อรายภาคการศึกษา	มากกว่า 80 %	-	-
	80 %	-	-
	น้อยกว่า 80 %	43	100
	รวม	43	100
วิธีสอนในวิชาฟิสิกส์	ฝึกปฏิบัติในชั้นเรียน	33	76.74
	ศึกษาด้วยตนเอง	25	58.14
	บรรยาย ถาม-ตอบ	40	93.02
	ฝึกทำแบบฝึกหัด	29	67.44
จำนวนห้องเรียน/	1 : 10-20	14	32.56
จำนวนผู้เรียน	1 : 21-30	17	39.53
	1 : 31-40	11	25.58
	1 : 41-50	2	4.65
	รวม	43	100

จากสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 ด้าน พบว่า ภาพรวมของปัญหาการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับ 2 มีปัญหาน้อย มีค่าเฉลี่ย 2.93 (SD=0.76) เมื่อพิจารณาปัญหาการจัดการเรียนรู้รายด้านพบว่า ด้านการสอน และเทคนิคการสอน มีค่าเฉลี่ย 2.59 (SD=0.76) มีปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง ด้านบุคลิกลักษณะของผู้สอน มีค่าเฉลี่ย 2.29 (SD=0.77) มีปัญหาอยู่ในระดับน้อย ด้านสื่อประกอบการสอนและแหล่งการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ย 2.51 (SD=0.78) มีปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง และด้านการวัดและประเมินผล มีค่าเฉลี่ย 2.16 (SD=0.74) มีปัญหาอยู่ในระดับน้อย ดังภาพที่ 1



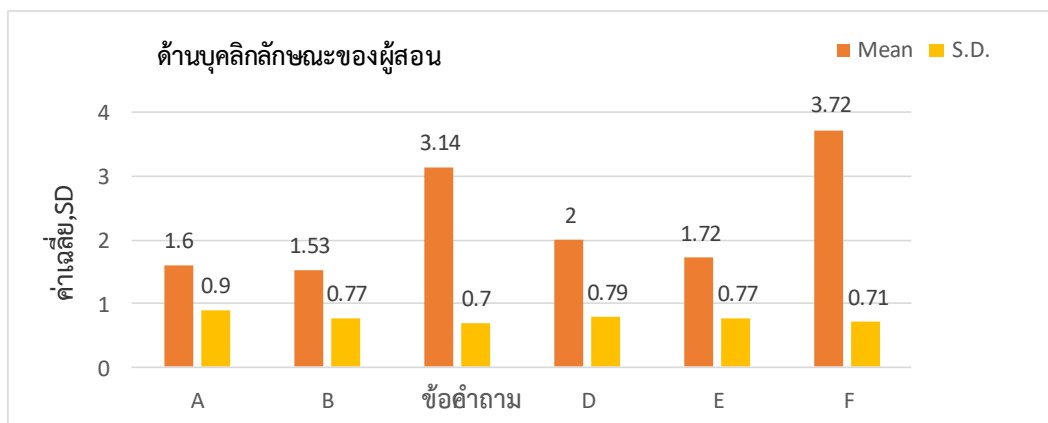
ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ยสภาพการจัดการเรียนรู้

ด้านการสอนและเทคนิคการสอน มีปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 2.59 (SD=0.76) เรื่องที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปัญหามากที่สุด คือ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ซักถาม แสดงความคิดเห็นให้คำแนะนำและรับฟัง มีค่าเฉลี่ย 4.65 (SD=0.81) รองลงมา คือ ใช้วิธีสอนที่หลากหลายเหมาะสมกับเนื้อหาวิชานั้น ๆ เพื่อผู้เรียนเข้าใจง่ายขึ้น มีค่าเฉลี่ย 3.70 (SD=0.76) สามารถถ่ายทอดความรู้และเพิ่มเติมความรู้ใหม่ที่ทันสมัยเกี่ยวกับเรื่องที่สอน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลที่ทันสมัยสามารถนำมาปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ มีค่าเฉลี่ย 2.37 (SD=0.87) สามารถกระตุ้นความสนใจ สร้างแรงจูงใจและอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียน มีค่าเฉลี่ย 2.28 (SD=0.77) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดค้นหาเหตุผลความเป็นไปของสิ่งที่เรียน ไม่ใช่ข้อเท็จจริงจากตำราหรือคำบอกเล่าอย่างเดียว มีค่าเฉลี่ย 2.14 (SD=0.80) แจ่มจุดมุ่งหมาย จุดประสงค์ เกณฑ์การวัดและประเมินผลการสอน มีค่าเฉลี่ย 1.93 (SD=0.70) คำนึงถึงความแตกต่างของผู้เรียน ในด้านวัย ประสบการณ์เดิมและความแตกต่างระหว่างบุคคลมีค่าเฉลี่ย 1.86 (SD=0.71) ตามลำดับ ซึ่งเรื่องที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปัญหาต่ำที่สุด คือ วางแผนการสอนอย่างเป็นระบบและเตรียมการสอนล่วงหน้าเป็นอย่างดี มีค่าเฉลี่ย 1.78 (SD=0.65) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของด้านการสอนและเทคนิคการสอน

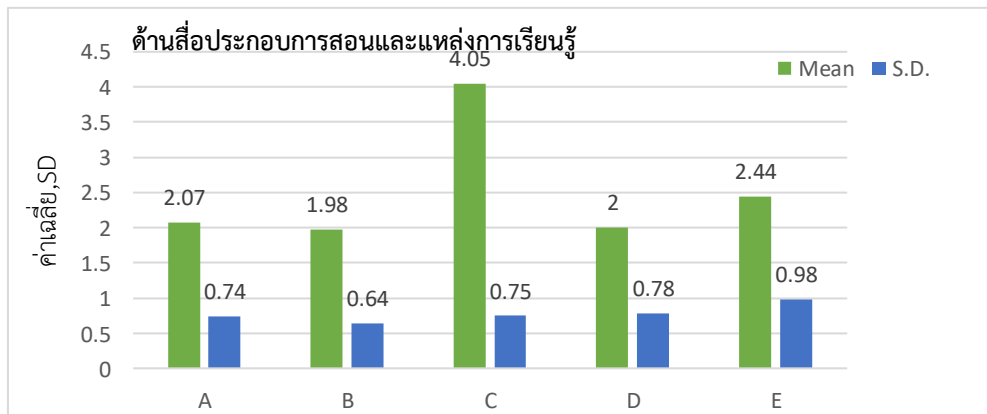
ด้านบุคลิกลักษณะของผู้สอน มีปัญหาอยู่ในระดับน้อย มีค่าเฉลี่ย 2.29 (SD=0.77) เรื่องที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด คือ รับฟังความต้องการของนักเรียนและมีความเสมอภาคกับผู้เรียนทุกคน มีค่าเฉลี่ย 3.72 (SD=0.71) รองลงมา คือ ประพฤติตนเป็นแบบอย่างที่ดีให้กับผู้เรียน 3.14 (SD=0.70) มีคุณธรรม จริยธรรม และความมีวินัยในตนเอง ในการจัดการเรียนการสอน มีค่าเฉลี่ย 2.00 (SD=0.79) รับฟังปัญหาในการเรียนของผู้เรียนและเป็นผู้ให้คำปรึกษาที่ดี มีค่าเฉลี่ย 1.72 (SD=0.77) เข้าสอนตรงเวลาและเลิกสอนตรงเวลา มีค่าเฉลี่ย 1.60 (SD=0.90) ตามลำดับ ซึ่งเรื่องที่มีค่าเฉลี่ยระดับปัญหาต่ำที่สุด คือ แต่งกายสุภาพ มีบุคลิกภาพที่ดี และวางตัวเหมาะสมต่อการเป็นผู้สอน มีค่าเฉลี่ย 1.53 (SD=0.77) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของด้านบุคลิกลักษณะของผู้สอน

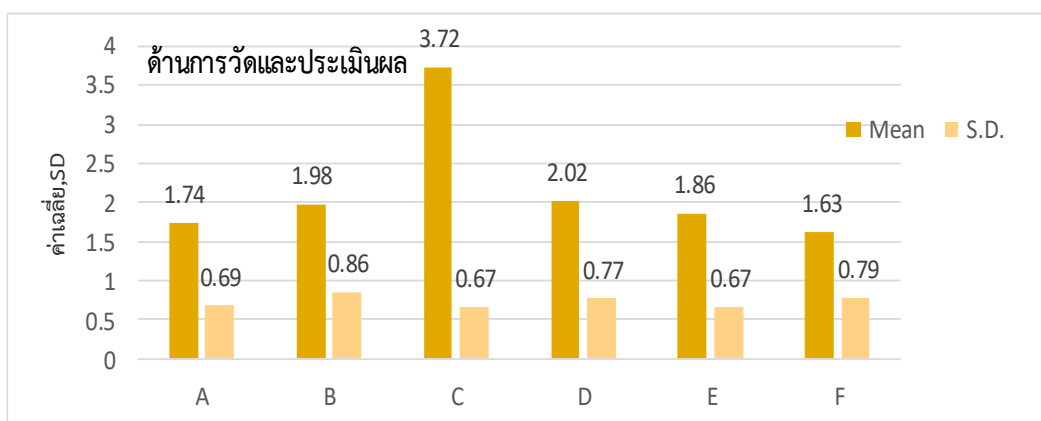
ด้านสื่อประกอบการสอนและแหล่งการเรียนรู้ มีปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 2.51 (SD=0.78) เรื่องที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด คือ สื่อ/เอกสารการสอนของท่านมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจและเรียนรู้เนื้อหาได้ดีขึ้น มีค่าเฉลี่ย 4.05 (SD=0.75) รองลงมา คือ มีห้องปฏิบัติการเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ทันสมัยเพียงพอกับจำนวนผู้เรียนและเหมาะสมกับเนื้อหา มี

ค่าเฉลี่ย 2.44(SD=0.98) ใช้สื่อเกี่ยวกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ประกอบการสอน มีค่าเฉลี่ย 2.07(SD=0.74) มีห้องปฏิบัติการ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ทันสมัยเพียงพอกับจำนวนผู้เรียนและเหมาะสมกับเนื้อหา มีค่าเฉลี่ย 2.00(SD=0.79) ตามลำดับ ซึ่งเรื่องที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับน้อยที่สุด คือ ใช้สื่อ/ตำรา/เอกสารประกอบการสอน สอดคล้องกับเนื้อหาที่สอน มีค่าเฉลี่ย 1.98(SD=0.64) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของด้านสื่อประกอบการสอนและแหล่งการเรียนรู้

ด้านการวัดและประเมินผล มีปัญหาอยู่ในระดับน้อย มีค่าเฉลี่ย 2.39(SD=0.76) เรื่องที่มีค่าเฉลี่ย อยู่ในระดับมากที่สุด คือ มีการทบทวนเนื้อหา หรือเฉลยข้อสอบ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจมากขึ้น มีค่าเฉลี่ย 3.72(SD=0.67) รองลงมา คือ ท่านมีการกำหนดการวัดและการประเมินผลตรงตามวัตถุประสงค์ มีค่าเฉลี่ย 2.02(SD=0.77) มีการแจ้งผลการสอบให้ผู้เรียนทราบหลังจากการสอบทุกครั้ง มีค่าเฉลี่ย 1.98(SD=0.86) มีการวัดและประเมินผลโดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผล มีค่าเฉลี่ย 1.86(SD=0.68) แจ้งให้ผู้เรียนทราบถึงแนวทางการสอบล่วงหน้า มีค่าเฉลี่ย 1.74(SD=0.69) ตามลำดับ ซึ่งเรื่องที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับน้อยที่สุด คือ ประเมินผลการเรียนอย่างยุติธรรม มีค่าเฉลี่ย 1.63(SD=0.79) ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของด้านการวัดและประเมินผล

สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์สำหรับการเตรียมการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดกำลังศึกษาในชั้นปีที่ 4 จำนวน 43 คน มีการเข้าสอนต่อภาคการศึกษาทั้งหมด น้อยกว่า 80% วิธีสอนในวิชาฟิสิกส์ ส่วนมากใช้วิธีบรรยาย/ถาม-ตอบ และจำนวนห้องเรียน/จำนวนผู้เรียน มากที่สุดคือ 1/21-30 จำนวน 17 คน คิดเป็น ร้อยละ 39 ซึ่งความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของกลุ่มตัวอย่าง ในภาพรวมสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 ด้าน พบว่า มีปัญหาอยู่ในระดับน้อยมีค่าเฉลี่ย 2.93 (SD=0.76) เมื่อพิจารณาปัญหาการจัดการเรียนรู้รายด้านพบว่า ด้านการสอนและเทคนิคการสอน มีค่าเฉลี่ย 2.59 (SD=0.76) มีปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง ด้านบุคลิกลักษณะของผู้สอน มีค่าเฉลี่ย 2.29 (SD=0.77) มีปัญหาอยู่ในระดับน้อย ด้านสื่อประกอบการสอนและแหล่งการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ย 2.51 (SD=0.78) มีปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง และด้านการวัดและประเมินผล มีค่าเฉลี่ย 2.16 (SD=0.74) มีปัญหาอยู่ในระดับน้อย

สรุปผลและเสนอแนะ

สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ สำหรับการเตรียมการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ สำหรับการเตรียมการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2562 จำนวน 43 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบสอบถามสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ 4 ด้าน คือ ด้านการสอนและเทคนิคการสอน ด้านบุคลิกลักษณะของผู้สอน ด้านสื่อประกอบการสอนและแหล่งการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล สถิติที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผู้วิจัยพบว่าสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ในภาพรวมมีปัญหาอยู่ในระดับ 2 มีปัญหาน้อย มีค่าเฉลี่ย 2.93 (SD=0.76) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านการสอนและเทคนิคการสอน ด้านบุคลิกลักษณะของผู้สอน ด้านสื่อประกอบการสอนและแหล่งการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล เมื่อพิจารณาปัญหาการจัดการเรียนรู้รายด้านพบว่า ด้านการสอนและเทคนิคการสอน มีค่าเฉลี่ย 2.59 (SD=0.76) มีปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง ด้านบุคลิกลักษณะของผู้สอน มีค่าเฉลี่ย 2.29 (SD=0.77) มีปัญหาอยู่ในระดับน้อย ด้านสื่อประกอบการสอนและแหล่งการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ย 2.51 (SD=0.78) มีปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง และด้านการวัดและประเมินผล มีค่าเฉลี่ย 2.16 (SD=0.74) มีปัญหาอยู่ในระดับน้อย จากการวิจัยผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ จากความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมในการสอนที่ส่งผลต่อความสามารถในการจัดการเรียนการสอนของนักศึกษา คือ การพัฒนาตนเองและสถานศึกษาสำหรับฝึกประสบการณ์วิชาชีพมีผลต่อการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักศึกษา ต้องการการสนับสนุนต่ออาจารย์นิเทศ ครูพี่เลี้ยง ตลอดจนผู้บริหารสถานศึกษาควรมีกิจกรรมพัฒนาเทคนิคการสอนในรูปแบบต่าง ๆ และการใช้เทคโนโลยีในการสอน เพื่อให้ นักศึกษามีการพัฒนาตนเองให้ อยู่ในระดับสูงขึ้น และควร

จัดสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้นักศึกษา เพื่อให้นักศึกษาที่ฝึกประสบการณ์วิชาชีพได้จัดการเรียนการสอนให้แก่ผู้เรียนอย่างไม่มีข้อจำกัดและเกิดเจตคติที่ดีกับการใช้สื่อเทคโนโลยี นอกจากนี้ นักศึกษา ครูพี่เลี้ยง อาจารย์นิเทศควรมีการแลกเปลี่ยนความรู้กันในแต่ละด้าน ในรูปแบบ PLC เพื่อให้นักศึกษาได้มีการพัฒนาความรู้ในแต่ละด้านของตนเองอย่างหลากหลาย และสามารถนำไปจัดการเรียนรู้นักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้อาชีวศึกษา สำหรับเตรียมฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ การสนับสนุนของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่และนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ที่ให้การสนับสนุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ถมวดี สิริปัญญาจิติ, ศิริเพ็ญ กำแพงแก้ว และจันทิมา จิระสุกุล. (2559). ปัญหาการเรียนการสอนภาษาจีนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายแผนการเรียนศิลป์ภาษาจีนเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. *วารสารศิลปศาสตร์ปริทัศน์*, 11(22), 8-19.
- มนัส บุญประกอบ. (2538). *เทคนิคใหม่ทางการเรียนการสอน*. การศาสนา.
- ศุภมาศ กุลตั้งวัฒนา, อนันต์ ปานสุขวัชร และวาโร เฟิงสวัสดิ์. (2554). สภาพและปัญหาของการจัดการเรียนการสอนแบบคณะชั้นเรียนในโรงเรียนขนาดเล็กระดับช่วงชั้นที่ 1-2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครพนม เขต 1. *วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม*, 1(2), 54-62.
- สุระ วุฒิพรหม. (2549). ทางเลือกใหม่ของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ฟิสิกส์ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง. *วารสารศึกษาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี*, 32(130), 20-23.
- อัมมัต ฐิโอบะเต็ง. (2558). *สภาพและปัญหาการเรียนการสอนวิชาภาษาอาหรับในศูนย์การศึกษาอิสลาม ประจำมัสยิด (ตาดี้กา) อำเภอจะนะ จังหวัดนราธิวาส* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- อิรฟาน หนะยีมะ. (2560). *สภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนอิสลามศึกษาในโรงเรียนของรัฐที่ใช้หลักสูตรอิสลามศึกษา (แบบเข้ม) จังหวัดนราธิวาส* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อุษา คงทอง. (2553). *คู่มือการจัดการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้*. เทียนวัฒนาพริ้นท์ติ้ง.

การศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของครู ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
ในเขตจังหวัดเชียงใหม่-แม่ฮ่องสอน

The Study of Problems of Learning Management in Physics of Upper Secondary
School Teachers in Chiang Mai – Mae Hong Son Province

ภาณุพัฒน์ ชัยวร^{1*} อโนดาห์ รัชเวทย์² กัญญารัตน์ คำฝั้น³

ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่^{1,3}

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่²

*Corresponding author: E-mail :panupat_cha@g.cmru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตจังหวัดเชียงใหม่-แม่ฮ่องสอน โดยกำหนดกลุ่มเป้าหมายคือ ครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ที่จัดการเรียนรู้ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตจังหวัดเชียงใหม่แม่ฮ่องสอนจำนวน 16 คน การเก็บข้อมูลในครั้งนี้นั้นทางผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล ซึ่งในแบบสอบถามได้กำหนดเป้าหมายในการศึกษาจำนวน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการสอนและเทคนิคการสอน ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล ผลการวิจัยพบว่า ด้านการสอนและเทคนิคการสอน และด้านการวัดและประเมินผล ครูฟิสิกส์มีสภาพปัญหาอยู่ในระดับมาก และด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้ ครูฟิสิกส์มีปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ครูฟิสิกส์มีสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ด้านการสอนและเทคนิคการสอนโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.50$) ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้ครูฟิสิกส์มีสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.39$) ด้านการวัดและประเมินผลครูฟิสิกส์มีสภาพปัญหาโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.74$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ครูฟิสิกส์มีปัญหาเกี่ยวกับการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองและเพื่อนร่วมชั้นมากที่สุด ($\bar{X}=3.94$)

คำสำคัญ : สภาพปัญหา; การจัดการเรียนรู้; ฟิสิกส์

Abstract

The objective of this research was to study of problems of learning management in physics of upper secondary school teachers in Chiang Mai – Mae Hong Son Province. The target group is physics teachers in the upper secondary school level in Chiang Mai, Mae Hong Son province consisted of 16 people. In this data collection, the researcher was used a questionnaire on the condition of learning problems in physics of upper secondary school teachers as a questionnaire data collection tool In which the questionnaire set goals for the study in 3 areas, namely teaching and teaching techniques, media and learning resources, and measurement and evaluation. The results found that teaching and teaching techniques and measurement and evaluation physics teachers was problems at a high level. And media and learning resources, the physics teacher was moderate problems. When considering each aspect. It found that, physics teachers was problems in teaching learning management and teaching techniques as a whole ($\bar{X}=3.50$). Regarding media and learning resources, physics teachers was problems in management learning, the overall problem was at a moderate level ($\bar{X}=3.39$). In terms of measuring and evaluating physics teachers, the overall problem was at a high level ($\bar{X}=3.74$) and when considering each item. It found that, the physics teachers was problems with giving students opportunity. They assessed themselves and their classmates the most ($\bar{X}=3.94$).

Keywords: Problem state; Learning management; Physics

บทนำ

ในปัจจุบันสังคมโลกมีการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ อย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวที่เกิดขึ้นนอกจากจะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของคนในสังคมแล้วยังส่งผลกระทบต่อระบบการศึกษาด้วย เนื่องจากการศึกษาเป็นหัวใจของการพัฒนามนุษย์ให้มีความรู้ ความสามารถ และทักษะกระบวนการ ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศในทุกด้าน ทำให้ประเทศไทยต้องดำเนินการปฏิรูปการศึกษา เพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลก จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 ตามมาตรา 22 (สุปราณี นพโธสง, 2537) กำหนดว่า การศึกษาต้องยึดหลักผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ นอกจากนั้นตาม มาตรา 24(5) ได้กำหนดรายละเอียดของการจัดการกระบวนการเรียนรู้ว่า ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียนรู้ และอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ (กรมวิชาการ, 2546) รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของการบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้สอนและผู้เรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียนการสอนและแหล่งวิทยาการประเภทต่าง ๆ และในหลักสูตร

แกนกลางการศึกษาระดับพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ ให้มีกระบวนการและวิธีการที่หลากหลายเน้นการจัดการเรียนการสอนตามสภาพจริง การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้ร่วมกัน การเรียนรู้จากธรรมชาติ การเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง การเรียนรู้แบบบูรณาการกระบวนการจัดการ กระบวนการวิจัยและกระบวนการพัฒนาลักษณะนิสัย โดยจัดการเรียนรู้ในลักษณะองค์รวม (กานต์วีบุษยานนท์, 2546) อีกทั้งต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลและพัฒนาการทางสมองเน้นให้ความสำคัญทั้งความรู้และคุณธรรมจากที่กล่าวมา จะเห็นว่าการจัดการศึกษาระดับชาติได้มีแนวทางเด่นชัดที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นพัฒนาผู้เรียนให้เต็มศักยภาพ และใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายในทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้รวมทั้งกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จากที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ตระหนักได้ว่าปัจจัยสำคัญที่ทำให้การพัฒนาผู้เรียนมีศักยภาพในเนื้อหาฟิสิกส์ และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิต

ในสังคมปัจจุบันซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ โดยจะมีผู้นำในการจัดการเรียนรู้นั้นคือ ครูผู้สอน ครูจึงจำเป็นต้องหาวิธีการในการเชื่อมโยงความรู้ของนักเรียนกับชีวิตจริงโดยใช้การสอนและเทคนิคการสอน สื่อและแหล่งการเรียนรู้ (เจตน์สุฤษฎี สังขพันธ์, เกตตวา บุญปรากร และวันทนา ไกรฤกษ์, 2558) รวมทั้งการวัดและการประเมินผลที่มีอยู่อย่างหลากหลายให้สอดคล้องกับเนื้อหา (ทองคุณ หงส์พันธุ์, 2542) และความสามารถของครู ครูมีปัญหาคือ ต้องสอนหรือทบทวนคณิตศาสตร์ที่ใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ภาคคำนวณในเวลาจำกัด สอนไม่จบตามเนื้อหาในหลักภายในเวลาที่กำหนด ต้องสอนเนื้อหาการคำนวณเพิ่มเติมจากในบทเรียนเพื่อช่วยนักเรียนในการสอบเข้ามหาวิทยาลัยแสดงตัวอย่างการแก้ปัญหาโจทย์ให้นักเรียนดูได้ไม่เพียงพอและต้องใช้เวลามากกว่ากำหนดเพื่ออธิบายเนื้อหาที่ยากให้นักเรียนเข้าใจ (สุปราณี นพโรตง, 2537) ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจถึงสภาพปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตจังหวัดเชียงใหม่-แม่ฮ่องสอนว่าครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ประสบปัญหาในด้านใดบ้าง โดยใช้แบบสอบถามสภาพปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตจังหวัดเชียงใหม่-แม่ฮ่องสอนเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลการศึกษา ซึ่งเครื่องมือในการวิจัยมีทั้งหมด 2 ตอน ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 แบบสอบถามสภาพปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในจังหวัดเชียงใหม่-แม่ฮ่องสอน การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และมีขอบเขตในการศึกษา 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการสอนและเทคนิคการสอน ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผลโดยสอบถามจากครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 16 คน ของโรงเรียนในเขตจังหวัดเชียงใหม่-แม่ฮ่องสอน จำนวน 16 โรงเรียน โดยคาดว่าจะมีประโยชน์ในการวิจัยในด้านด้านการสอนและเทคนิคการสอน ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล นอกจากสภาพปัญหาในแต่ละด้านดังกล่าวครูฟิสิกส์ยังมีปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะในศตวรรษที่ 21 หรือไม่ เพื่อจะนำผลที่ได้มาเป็นข้อมูลในการพัฒนาบุคลากรทางการจัดการเรียนสอนวิชาฟิสิกส์ในด้านต่าง ๆ ของครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตจังหวัดเชียงใหม่-แม่ฮ่องสอนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงบรรยาย เพื่อศึกษาสภาพปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในเขตจังหวัดเชียงใหม่-แม่ฮ่องสอน โดยประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ ครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตจังหวัดเชียงใหม่-แม่ฮ่องสอน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 16 คน ของโรงเรียนในเขตจังหวัดเชียงใหม่จำนวน 10 โรงเรียนและจังหวัดแม่ฮ่องสอนจำนวน 6 โรงเรียน โดยการเลือกแบบเจาะจง ซึ่งการวิจัยมีขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยศึกษา ค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ของวิชาต่าง ๆ (นำฝน โชติงาม, 2545) ขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือสำหรับการเก็บข้อมูล คือ แบบสอบถามเรื่อง สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของครูมัธยมศึกษาตอนปลาย จากนั้นผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปประเมินความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (พิศิษฐ ตัณฑวนิช และพนา จินดาศรี, 2561) ซึ่งในตอนที่ 1 ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1 และในตอนที่ 2 ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.93 หมายความว่าแบบสอบถามในฉบับนี้ใช้ได้เพราะมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 (อุมวดี สิริปัญญาธิ, ศิริเพ็ญ กำแพงแก้ว และจันทิมา จิรชุกุล, 2559) ขั้นตอนที่ 3 ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่ผ่านการประเมินความสอดคล้องไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามแบบออนไลน์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และขั้นตอนที่ 4 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ผลโดยสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (สมยศ แซ่โต้ว, 2556)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การศึกษาค้นคว้าปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตจังหวัดเชียงใหม่-แม่ฮ่องสอน มีผลการวิจัยทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านการสอนและเทคนิคการสอน ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ด้านการวัดและประเมินผลมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 3.74 รองลงมาคือด้านการสอนและเทคนิคการสอนมีค่าเฉลี่ยคือ 3.50 และด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.39 จากตารางสามารถวิเคราะห์ได้ว่า ครูผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์มีปัญหาในด้านการวัดและประเมินผลมากที่สุด ซึ่งในประชากรกลุ่มตัวอย่างจะพบว่ามีปัญหาด้านการวัดและประเมินผลคล้ายคลึงกัน

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์

สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์	\bar{x}	S.D.	แปลผล
1. ด้านการสอนและเทคนิคการสอน	3.50	0.18	น้อย
2. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้	3.39	0.12	น้อย
3. ด้านการวัดและประเมินผล	3.74	0.13	น้อย

สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ด้านการสอนและเทคนิคการสอน ครูผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ มีปัญหาในการใช้กิจกรรมการเรียนรู้หรือเทคนิควิธีที่ให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยคือ 4.03 รองลงมาคือปัญหาการบูรณาการเชื่อมโยงกระบวนการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยคือ 3.82 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ด้านการสอน และเทคนิคการสอน

สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์	\bar{x}	S.D.	แปลผล
ด้านการสอนและเทคนิคการสอน			
1. สอนตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้	3.42	1.39	ปานกลาง
2. สอนได้ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้	3.55	1.30	มาก
3. จัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนในด้านความรู้	3.36	1.17	ปานกลาง
4. จัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนในด้านกระบวนการ	3.64	0.96	มาก
5. จัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนในด้านจิตวิทยาศาสตร์	3.27	1.02	ปานกลาง
6. มีการนำเข้าสู่บทเรียนได้น่าสนใจและตรงประเด็น	3.33	1.00	ปานกลาง
7. ใช้กิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการคิด	3.42	1.01	ปานกลาง
8. ใช้กิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการกลุ่ม	3.27	1.09	ปานกลาง
9. ใช้กิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและมีปฏิสัมพันธ์กับครูและเพื่อน	3.52	0.81	มาก
10. มีการบูรณาการเชื่อมโยงระหว่างกระบวนการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้	3.82	1.08	มาก
11. มีการบูรณาการสอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม	3.79	0.95	มาก
12. ใช้กิจกรรมการเรียนรู้หรือเทคนิควิธีที่ให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง	4.03	1.42	มาก
13. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สรุปบทเรียนด้วยตนเอง	3.27	1.14	ปานกลาง
14. มีการสรุปบทเรียนได้ครอบคลุมสาระที่เรียน	3.33	1.20	ปานกลาง

สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้ ครูผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ มีปัญหาในเรื่องของสื่อ-อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ให้ผู้เรียนทุกคนได้ลงมือปฏิบัติจริงมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยคือ 3.82 และรองลงมาคือมีปัญหาในเรื่องของสื่อและแหล่งการเรียนรู้ที่ช่วยให้ส่งเสริมการเรียนรู้และกระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักวิธีแสวงหาความรู้ มีค่าเฉลี่ยคือ 3.58 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้

สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์	\bar{x}	S.D.	แปลผล
ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้			
1. ให้นเนื้อหาสาระที่ถูกต้อง	3.15	0.92	ปานกลาง
2. มีสื่อ-อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ให้ผู้เรียนทุกคนได้ลงมือปฏิบัติจริง	3.82	1.05	มาก
3. ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูล	3.21	0.95	ปานกลาง
4. ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสื่อสิ่งพิมพ์ประเภทต่าง ๆ	3.18	0.94	ปานกลาง
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้ที่ใช้ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และกระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักวิธีแสวงหาความรู้	3.58	1.03	มาก

นอกจากนั้นสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ด้านการวัดและประเมินผล ครูผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ มีปัญหาการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองและเพื่อนร่วมชั้นมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยคือ 3.94 รองลงมามีปัญหาในเรื่องของการประเมินครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้ด้านกระบวนการ และการประเมินครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้ด้านจิตวิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยคือ 3.91 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ด้านการวัดและประเมินผล

สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์	\bar{x}	S.D.	แปลผล
ด้านการวัดและประเมินผล			
1. การประเมินครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้ด้านความรู้	3.48	0.95	ปานกลาง
2. การประเมินครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้ด้านกระบวนการ	3.91	0.77	มาก
3. การประเมินครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้ด้านจิตวิทยาศาสตร์	3.91	0.79	มาก
4. มีการประเมินระหว่างการทำกิจกรรมหรือกระบวนการปฏิบัติงาน	3.58	0.82	มาก
5. มีการประเมินผลงานที่ผู้เรียนสร้างขึ้น	3.64	0.75	มาก
6. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองและเพื่อนร่วมชั้น	3.94	0.76	มาก

เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ทั้งในด้านการสอนและเทคนิคการสอน และด้านการวัดและประเมินผล ครูฟิสิกส์มีสภาพปัญหาทั้งสามด้านอยู่ในระดับมาก ส่วนด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้มีปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง ดังนี้

ด้านการสอนและเทคนิคการสอน

ครูฟิสิกส์มีสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ด้านการสอนและเทคนิคการสอนโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.50$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ครูสอนวิชาฟิสิกส์มีปัญหาเกี่ยวกับใช้กิจกรรมการเรียนรู้หรือเทคนิควิธีที่ให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด ($\bar{X}=4.03$) รองลงมาเป็นปัญหาเกี่ยวกับการบูรณาการเชื่อมโยงระหว่างกระบวนการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้มีปัญหายุ่งยากอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.82$) การบูรณาการสอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่เหมาะสมมีปัญหายุ่งยากอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.79$) การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนในด้านกระบวนการมีปัญหายุ่งยากอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.64$) สอนได้ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้มีปัญหายุ่งยากอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.55$) การใช้กิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและมีปฏิสัมพันธ์กับครูและเพื่อนมีปัญหายุ่งยากอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.52$) สอนตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้และการใช้กิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการคิดมีปัญหายุ่งยากอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.42$) การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนในด้านความรู้มีปัญหายุ่งยากอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.36$) มีการนำเข้าสู่บทเรียนได้น่าสนใจและตรงประเด็นและมีการสรุปบทเรียนได้ครอบคลุมสาระที่เรียนมีปัญหายุ่งยากอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.33$) ส่วนการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนในด้านจิตวิทยาศาสตร์ ใช้กิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการกลุ่มและการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สรุปบทเรียนด้วยตนเองมีปัญหายุ่งยากอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.27$) เป็นสิ่งที่ครูฟิสิกส์มีปัญหาน้อยที่สุดในด้านการสอนและเทคนิคการสอน

ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้

ครูฟิสิกส์มีสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.39$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ครูฟิสิกส์มีปัญหาเกี่ยวกับการมีสื่อ-อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ให้ผู้เรียนทุกคนได้ลงมือปฏิบัติจริงมากที่สุด ($\bar{X}=3.82$) รองลงมาเป็นปัญหาเกี่ยวกับสื่อและแหล่งการเรียนรู้ที่ใช้ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และกระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักวิธีแสวงหาความรู้มีปัญหายุ่งยากอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.58$) การส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูลมีปัญหายุ่งยากอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.21$) ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสื่อสิ่งพิมพ์ประเภทต่าง ๆ มีปัญหายุ่งยากอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.18$) ส่วนการให้เนื้อหาสาระที่ถูกต้องมีปัญหายุ่งยากอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.15$) เป็นสิ่งที่ครูฟิสิกส์มีปัญหาน้อยที่สุด

ด้านการวัดและประเมินผล

ครูฟิสิกส์มีสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ด้านการวัดและประเมินผลโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.74$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ครูฟิสิกส์มีปัญหาเกี่ยวกับการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองและเพื่อนร่วมชั้นมากที่สุด ($\bar{X}=3.94$) รองลงมาเป็นปัญหาเกี่ยวกับการประเมินครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้ด้านกระบวนการและการประเมินครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้ด้านจิตวิทยาศาสตร์มีปัญหายุ่งยากอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.91$) เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีความเหมาะสมกับวิธีการประเมินมีปัญหายุ่งยากอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.85$) มีการประเมินผลงานที่ผู้เรียนสร้างขึ้นและมีเกณฑ์ประเมินที่ชัดเจนมีปัญหายุ่งยากอยู่ในระดับมาก

(\bar{X} =3.64) มีการประเมินระหว่างการทำกิจกรรมหรือกระบวนการปฏิบัติงานมีปัญหาอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =3.58) ส่วนการประเมินครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้ด้านความรู้มีปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.48) เป็นสิ่งที่ครูฝึกศึกษามีปัญหาน้อยที่สุดในด้านการวัดและประเมินผล

ดังนั้นจากผลการวิจัย พบว่า ทั้งในด้านการสอนและเทคนิคการสอนและด้านการวัดและประเมินผล ครูฝึกศึกษามีสภาพปัญหาอยู่ในระดับมาก ส่วนด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้ ครูฝึกศึกษามีสภาพปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง โดยครูฝึกศึกษามีสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ด้านการวัดและการประเมินผลอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =3.74) ด้านการสอนและเทคนิคการสอนโดยรวมอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =3.50) ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.39)

ด้านการสอนและเทคนิคการสอนโดยรวมอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =3.50) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ครูสอนวิชาฟิสิกส์มีปัญหาเกี่ยวกับใช้กิจกรรมการเรียนรู้หรือเทคนิควิธีที่ให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด (\bar{X} =4.03) มีความแปรปรวนคือ 1.42 หมายความว่า ครูในแต่ละโรงเรียนพบปัญหาที่มีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก ซึ่งครูบางโรงเรียนจะพบปัญหาในระดับมากแต่บางโรงเรียนพบปัญหาในระดับน้อย เมื่อเฉลี่ยแล้วก็พบว่าปัญหาในเรื่องของการใช้กิจกรรมการเรียนรู้หรือเทคนิควิธีการสอนก็ยังอยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ การบูรณาการเชื่อมโยงระหว่างกระบวนการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้พบปัญหาอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =3.82) มีความแปรปรวนคือ 1.08 หมายความว่า ครูในแต่ละโรงเรียนพบปัญหานี้คล้ายกัน ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับมาก การบูรณาการสอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่เหมาะสมพบปัญหาอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =3.79) มีความแปรปรวนคือ 0.95 หมายความว่า ครูในแต่ละโรงเรียนพบปัญหานี้คล้ายกัน ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับมาก การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนในด้านกระบวนการ พบปัญหาอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =3.64) มีความแปรปรวนคือ 0.96 หมายความว่า ครูในแต่ละโรงเรียนพบปัญหานี้คล้ายกัน ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับมาก การสอนได้ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ พบปัญหาอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =3.55) มีความแปรปรวนคือ 1.30 หมายความว่า ครูในแต่ละโรงเรียนพบปัญหาที่มีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก ซึ่งครูบางโรงเรียนจะพบปัญหาในระดับมากแต่บางโรงเรียนพบปัญหาในระดับน้อย เมื่อเฉลี่ยแล้วก็พบว่าปัญหาอยู่ในระดับมาก การใช้กิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและมีปฏิสัมพันธ์กับครูและเพื่อน พบปัญหาอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =3.55) มีความแปรปรวนคือ 0.81 หมายความว่า ครูในแต่ละโรงเรียนพบปัญหานี้คล้ายกัน ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับมาก การสอนตรงตามวัตถุประสงค์พบปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.42) มีความแปรปรวนคือ 1.39 หมายความว่า ครูในแต่ละโรงเรียนพบปัญหาที่มีความแตกต่างกันมาก เมื่อเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับปานกลาง การใช้กิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการคิดพบปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.42) มีความแปรปรวนคือ 1.01 หมายความว่า ครูในแต่ละโรงเรียนพบปัญหานี้คล้ายกัน เมื่อเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับปานกลาง การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนในด้านความรู้พบปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.36) มีความแปรปรวนคือ 1.17 หมายความว่า ครูในแต่ละโรงเรียนพบปัญหานี้คล้ายกัน เมื่อเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับปานกลาง มีการนำเข้าสู่บทเรียนได้น่าสนใจและตรงประเด็นพบปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.33) มีความแปรปรวนคือ 1.00

หมายความว่า ครูในแต่ละโรงเรียนพบปัญหานี้คล้ายกัน เมื่อเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับปานกลาง การสรุปทเรียนครอบคลุมเนื้อหาสาระที่เรียนพบปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.36$) มีความแปรปรวนคือ 1.17 หมายความว่า ครูในแต่ละโรงเรียนพบปัญหานี้คล้ายกัน เมื่อเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับปานกลาง การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนในด้านจิตวิทยาศาสตร์พบปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.27$) มีความแปรปรวนคือ 1.02 หมายความว่า ครูในแต่ละโรงเรียนพบปัญหานี้คล้ายกัน เมื่อเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้ อยู่ในระดับปานกลาง การใช้กิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการกลุ่มพบปัญหาอยู่ในระดับ ปานกลาง ($\bar{X}=3.27$) มีความแปรปรวนคือ 1.09 หมายความว่า ครูในแต่ละโรงเรียนพบปัญหานี้คล้ายกัน เมื่อ เฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับปานกลาง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สรุปทเรียนด้วยตนเองพบปัญหาอยู่ใน ระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.27$) มีความแปรปรวนคือ 1.14 หมายความว่า ครูในแต่ละโรงเรียนพบปัญหานี้คล้ายกัน เมื่อเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับปานกลาง

ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.39$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ครูพิลึกส์มีปัญหาเกี่ยวกับการมีสื่อ-อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ให้ผู้เรียนทุกคนได้ลงมือปฏิบัติจริงมากที่สุด ($\bar{X}=3.82$) มีความแปรปรวนคือ 1.05 หมายความว่า ในแต่ละโรงเรียนครูพิลึกส์เจอปัญหาคล้ายกันคือพบปัญหา มาก(ภัทรพิชชา ปิ่นน้อย, 2551) เมื่อนำมาเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือสื่อและแหล่ง การเรียนรู้ที่ใช้ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และกระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักวิธีแสวงหาความรู้พบปัญหาอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.58$) มีความแปรปรวนคือ 1.03 หมายความว่า ในแต่ละโรงเรียนครูพิลึกส์เจอปัญหาคล้ายกันคือพบปัญหา มาก เมื่อนำมาเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับมาก การส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการ สืบค้นข้อมูลพบปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.21$) มีความแปรปรวนคือ 0.95 หมายความว่า ในแต่ละ โรงเรียนครูพิลึกส์เจอปัญหาคล้ายกัน เมื่อนำมาเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับปานกลาง ผู้เรียนได้เรียนรู้ จากสื่อสิ่งพิมพ์ประเภทต่าง ๆพบปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.18$) มีความแปรปรวนคือ 0.94 หมายความว่า ในแต่ละโรงเรียนครูพิลึกส์เจอปัญหาคล้ายกัน เมื่อนำมาเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับปานกลาง ให้ เนื้อหาสาระที่ถูกต้องพบปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.15$) มีความแปรปรวนคือ 0.92 หมายความว่า ใน แต่ละโรงเรียนครูพิลึกส์เจอปัญหาคล้ายกัน เมื่อนำมาเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับปานกลาง

ด้านการวัดและประเมินผลโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.74$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ครู พิลึกส์มีปัญหาเกี่ยวกับการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองและเพื่อนร่วมชั้นมากที่สุด ($\bar{X}=3.94$) มีความ แปรปรวนคือ 0.76 หมายความว่า ในแต่ละโรงเรียนครูพิลึกส์เจอปัญหาคล้ายกัน เมื่อนำมาเฉลี่ยแล้วพบว่า ปัญหานี้อยู่ในระดับมาก รองลงมาเป็นปัญหาเกี่ยวกับการประเมินครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้ด้าน กระบวนการพบปัญหาอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.91$) มีความแปรปรวนคือ 0.77 หมายความว่า ในแต่ละโรงเรียน ครูพิลึกส์เจอปัญหาคล้ายกัน เมื่อนำมาเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับมาก การประเมินผลครอบคลุม วัตถุประสงค์การเรียนรู้ด้านจิตวิทยาศาสตร์พบปัญหาอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.91$) มีความแปรปรวนคือ 0.79 หมายความว่า ในแต่ละโรงเรียนครูพิลึกส์เจอปัญหาคล้ายกัน เมื่อนำมาเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับมาก เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีความเหมาะสมกับวิธีประเมิน พบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.85$) มีความ แปรปรวนคือ 0.76 หมายความว่า ในแต่ละโรงเรียนครูพิลึกส์เจอปัญหาคล้ายกัน เมื่อนำมาเฉลี่ยแล้วพบว่า

ปัญหานี้อยู่ในระดับมาก มีการประเมินผลงานที่นักเรียนสร้างขึ้นพบปัญหาอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.64$) มีความแปรปรวนคือ 0.75 หมายความว่า ในแต่ละโรงเรียนครูฟิสิกส์เจอปัญหาค้างกัน เมื่อนำมาเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับมาก การมีเกณฑ์การประเมินที่ชัดเจนพบปัญหาอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.64$) มีความแปรปรวนคือ 1.08 หมายความว่า ในแต่ละโรงเรียนครูฟิสิกส์เจอปัญหาค้างกัน เมื่อนำมาเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับมาก มีการประเมินระหว่างการทำกิจกรรมหรือกระบวนการปฏิบัติงานพบปัญหาอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.58$) มีความแปรปรวนคือ 0.82 หมายความว่า ในแต่ละโรงเรียนครูฟิสิกส์เจอปัญหาค้างกัน เมื่อนำมาเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับมาก การประเมินครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้ด้านความรู้พบปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.48$) มีความแปรปรวนคือ 0.95 หมายความว่า ในแต่ละโรงเรียนครูฟิสิกส์เจอปัญหาค้างกัน เมื่อนำมาเฉลี่ยแล้วพบว่าปัญหานี้อยู่ในระดับปานกลาง (สุรศักดิ์ ขำสิน, 2539)

สรุปผลและเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตจังหวัดเชียงใหม่-แม่ฮ่องสอน โดยกำหนดขอบเขตในการศึกษาจำนวน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการสอนและเทคนิคการสอน ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล ผลการวิจัยพบว่าด้านการสอนและเทคนิคการสอน และด้านการวัดและประเมินผล ครูฟิสิกส์มีสภาพปัญหาอยู่ในระดับมาก และด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้ ครูฟิสิกส์มีปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ครูฟิสิกส์มีสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ด้านการสอนและเทคนิคการสอนโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.50$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ครูสอนวิชาฟิสิกส์มีปัญหาเกี่ยวกับใช้กิจกรรมการเรียนรู้หรือเทคนิคที่ให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด ($\bar{X}=4.03$) ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้ครูฟิสิกส์มีสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=3.39$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ครูฟิสิกส์มีปัญหาเกี่ยวกับการมีสื่อ-อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ให้ผู้เรียนทุกคนได้ลงมือปฏิบัติจริงมากที่สุด ($\bar{X}=3.82$) ด้านการวัดและประเมินผลครูฟิสิกส์มีสภาพปัญหาโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.74$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ครูฟิสิกส์มีปัญหาเกี่ยวกับการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองและเพื่อนร่วมชั้นมากที่สุด ($\bar{X}=3.94$) จากการวิจัยผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ครูฟิสิกส์ต้องการและส่งเสริมเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจในการจัดการเรียนรู้ที่เสริมเทคนิคการเรียนรู้แนวใหม่ เช่น Active Learning และ STEM เป็นต้น ซึ่งเป็นแนวทางการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนของครูฟิสิกส์อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนเรื่องการใช้สื่อเทคโนโลยีในการสอนวิชาฟิสิกส์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตจังหวัดเชียงใหม่-แม่ฮ่องสอน สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ การสนับสนุนของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการ. (2546). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และพระราชบัญญัติการศึกษาภาคบังคับ พ.ศ. 2545*. อักษรไทย.
- กานต์วี ภูษานนท์. (2546). *สภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษาศาสนาและวัฒนธรรม ในโรงเรียนแกนนำ สังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เจตน์สุภะสิทธิ์ สังข์พันธ์, เกียรติวาท นุญปรากการ และวันทนา ไกรฤกษ์. (2558). *สภาพและปัญหาการเรียนรู้อังกฤษของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาสังกัดเทศบาลในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้. ใน การประชุมมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 (น. 270-284)*. มหาวิทยาลัยมหาดใหญ่.
- ทองคุณ หงส์พันธ์. (2542). *บัญญัติ 20 ประการของงานสอน สอนดีต้องมีหลัก*. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาครูสถาบันราชภัฏจันทรเกษม.
- ธุมวดี สิริปัญญาจิตติ, ศิริเพ็ญ กำแพงแก้ว และจันทิมา จิระชูสกุล. (2559). *ปัญหาการเรียนการสอนภาษาจีนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายแผนการเรียนศิลป์ภาษาจีนเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วารสารศิลปศาสตร์ปริทัศน์, 11(22), 8-19*.
- น้ำฝน โชติงาม. (2545). *ปัญหาและความต้องการเสริมสมรรถภาพในการจัดทำผลงานทางวิชาการของครูวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา เขตการศึกษา 6 [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิศิษฐ ตัณฑวณิช และพนา จินดาศรี. (2561). *ความหมายที่แท้จริงของค่า IOC. วารสารการวัดผลการศึกษา. วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 24(2), 3-12*.
- ภัทรพิชชา ปิ่นน้อย. (2551). *สภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนงานธุรกิจในกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ช่วงชั้นที่ 3 ของครูผู้สอนในโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 3 [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมยศ แซ่โต้ว. (2556). *สภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิชาพลศึกษาในเครือข่ายโรงเรียนราชวินิต ปีการศึกษา 2555 [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุปราณี นพไธสง. (2537). *ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ภาคคำนวณ ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533)*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สุรศักดิ์ ขำสิน, (2539). *สภาพและปัญหาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนในเครือข่ายนิคมอุตสาหกรรมเขตภาคเหนือประเทศไทย*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

การประมาณช่วงความเชื่อมั่นของค่าความเชื่อถือได้และอัตราความขัดข้องสำหรับข้อมูล ชั่วชีวิตที่มีการแจกแจงไวบูล

Confidence intervals of reliability and failure rate for lifetime data with Weibull
distribution

ณิฏະณูญาร์ บรรรเทา¹ รดา สมเชื่อน^{2*}

สาขาวิชาสถิติศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม¹

กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงใหม่²

*Corresponding author: E-mail: rada@rmu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประมาณความเชื่อมั่นของค่าความเชื่อถือได้และอัตราความขัดข้องที่มีการแจกแจงไวบูล ด้วยวิธีการเปรียบเทียบแบบดั้งเดิมและแบบนำเสนอ โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาคือความน่าจะเป็นที่ครอบคลุมและความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น กำหนดให้ขนาดตัวอย่างเป็น 10 25 50 100 500 และ 1000 และกำหนดให้ความเชื่อมั่นของค่าความเชื่อถือเป็น 0.95 และ 0.99 ทำการศึกษาโดยการจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล โดยการทำซ้ำ 10,000 ครั้ง เมื่อพารามิเตอร์ β มีค่าเท่ากับ 1, 5, 10 และ 30 และ η มีค่าเท่ากับ 1 ให้ความน่าจะเป็นที่ครอบคลุมสูงสุด และความกว้างของช่วงเฉลี่ยแคบที่สุด ผลการวิจัย พบว่า การประมาณความเชื่อมั่นของค่าความเชื่อถือได้ที่มีการแจกแจงไวบูล โดยวิธีการที่นำเสนอใหม่มีความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมสูงกว่า และการประมาณความเชื่อมั่นของค่าอัตราความขัดข้องที่มีการแจกแจงไวบูล เมื่อพิจารณาความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมพบว่าเมื่อเบต้ามีค่าน้อยๆ วิธีการที่นำเสนอจะให้ค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมต่ำกว่าวิธีการดั้งเดิม แต่เมื่อเบต้าเพิ่มขึ้นค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมของวิธีการที่นำเสนอจะสูงกว่าวิธีการดั้งเดิมอย่างชัดเจน

คำสำคัญ : การประมาณค่าแบบช่วง; ค่าความเชื่อถือได้; อัตราความขัดข้อง; ข้อมูลชั่วชีวิต; การแจกแจงไวบูล

Abstract

The objectives of this research aim to study and compare the confidence interval estimation methods of the reliability and failure rate for Weibull distribution by comparing their coverage probability and average length. The sample sizes are 10, 25, 50, 100, 500 and 1000, providing the confidence level of 95% and 99%. This research applied Monte Carlo simulations using 10,000 replicated times. The parameter β is equal to 1, 5, 10, and 30 and parameter η is equal to 1. We consider the case of the high coverage probability and the smallest average width. The results showed that the confidence interval of reliability for Weibull distribution using proposed method has the best coverage probability. For the failure rate of Weibull distribution, the exact method has better coverage probability when β is small. However, the proposed method seem to be clearly better when β is higher.

Keywords: Interval estimation; reliability; failure rate, lifetime data; weibull distribution

บทนำ

ข้อมูลชั่วชีวิต (Lifetime data) คือข้อมูลการวัดระยะเวลาสำหรับการพัฒนาการเกิดโรค ระยะเวลาการเติบโตของเซลล์มะเร็ง ระยะเวลาการแพร่ระบาดของโรค และระยะเวลาที่รอดชีวิตของผู้ป่วย จากการได้รับการรักษาทางการแพทย์ ข้อมูลเหล่านี้ล้วนแต่เป็นสาระสำคัญในทางการแพทย์ ทางสาขาวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ใช้เรื่องอายุการใช้งานของระยะเวลาที่ขึ้นสนวนอุปรกรณ์ จะหมดอายุการใช้งานหรือได้รับการซ่อมแซมในช่วงเวลาที่ติดต่อกัน ค่าที่ได้จากการวัดอาจอยู่ในรูปของจำนวนครั้ง หรือจำนวนรอบของการขัดข้องสำหรับชิ้นส่วน อุปรกรณ์หรืออาจอยู่ในรูปของระยะเวลาที่มีหน่วยเป็นวินาทีหรือชั่วโมง (Hahn et. al, 1967, 1967, Lawless, 1982, Nelson, 1982) ในปัจจุบันการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีความต้องการที่จะประเมินความเชื่อถือได้ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยคำนวณจากค่าอัตราการขัดข้องของระบบจำหน่ายในส่วนที่อยู่หลังอุปรกรณ์ป้องกันต่างๆ ในระบบค่าอัตราความขัดข้องดังกล่าว ซึ่งสามารถหาได้จากกระบวนการทางสถิติ โดยลักษณะข้อมูลดังกล่าวก็สามารถจัดให้อยู่ในรูปของการแจกแจงที่เหมาะสมได้หลายแบบด้วยกัน เช่น การแจกแจงไวบูล (Weibull distribution) การแจกแจงแกมมา (Gamma distribution) การแจกแจงเลขชี้กำลัง (Exponential distribution) เป็นต้น (Cramer, 1946) ซึ่งจำเป็นต้องนำข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องในอดีตมาพิจารณาการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ (Reliability analysis) (Kapur, 1977, Mann et. Al., 1974, Martz and Waller, 1982) นอกจากจะสามารถตอบคำถามได้ว่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์นั้นภายหลังจากจุดเวลาที่กำหนดมีค่ามากน้อยเพียงใดแล้วยังสามารถตอบคำถามว่าอัตราความขัดข้อง (Failure rate) ณ จุดเวลาที่กำหนด มีค่าเท่าไร (Rovine and Eye, 1991) การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้มีความสำคัญในการหาคำตอบว่าเมื่อไรจึงจะเกิดเหตุการณ์นั้น และช่วยให้นักวิจัยอธิบายรูปแบบของการเกิดเหตุการณ์ (Patterns of occurrence) เปรียบเทียบรูปแบบระหว่างกลุ่มต่าง ๆ และสร้างตัวแบบสถิติของอัตราความขัดข้องต่อการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ (Cramer, 1946, Cox and Lewis, 1966) เพื่อศึกษาว่ามีปัจจัยใดบ้างมีอิทธิพลต่ออัตราความ

ขัดข้อง หลักการของการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ (Hahn et. al, 1967, Dudewicz and Mishra, 1988) คือ การหาค่าความน่าจะเป็นของระยะเวลาความน่าเชื่อถือได้ (Reliability time) แล้วนำมาสร้างเป็นฟังก์ชันความน่าเชื่อถือได้ (Reliability function) และฟังก์ชันความขัดข้อง (Failure function) โดยเฉพาะการศึกษาการแจกแจงที่เกี่ยวข้องกับเวลา (Davis, 1952) หรืออายุการใช้งาน (Evans, 1970, Gottfried, 1970, Kececioglu, 1994, Kececioglu, 1994) ได้แก่การแจกแจงไวบูล ซึ่งเหมาะสำหรับการศึกษาเกี่ยวกับอายุการใช้งานของวัสดุ สิ่งของโดยวัดเวลาตั้งแต่เริ่มต้น จนกระทั่งวัตถุนั้นเสีย เสื่อมสภาพ หรือเริ่มนับเมื่อ ปรากฏการณ์ทำงานของตัวเองกัน ได้เกิดขึ้นเสร็จสิ้นไปแล้ว ในเวลาดังกล่าว โดยจะนับติดต่อกันไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งปรากฏการณ์ที่รอคอยนั้นจะเกิดขึ้นอีก(Perry, 1962, p. 80-90)ซึ่งในบางครั้งการศึกษาเกี่ยวกับความคงทนถาวรของวัตถุ เครื่องมือและ อุปกรณ์ต่าง ๆ แม้ว่าการแจกแจงเลขชี้กำลัง หรือการแจกแจงแกมมา มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการศึกษาตัวแปรสุ่มเหล่านี้ แต่ก็ไม่เหมาะที่จะใช้อธิบายด้วยการแจกแจงเลขชี้กำลัง เนื่องจากมีข้อจำกัดที่ว่าอัตราการขัดข้องมีค่าเท่ากับค่าคงที่ค่าหนึ่ง แต่ความเป็นจริงแล้วอัตราการขัดข้องอาจมีค่าเพิ่มขึ้นหรือมีค่าลดลง ซึ่งในทางปฏิบัติ จะพบว่าการขัดข้องที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะแสดง อัตราความขัดข้องเพิ่มขึ้น ขณะใช้งานไปนาน ๆ เนื่องจากการเสื่อมสภาพหรือสึกกร่อน ดังนั้นการแจกแจงที่ อธิบายปรากฏการณ์ของตัวแปรสุ่ม เหล่านี้ได้เหมาะสม คือ การแจกแจงไวบูล ในงานวิจัยนี้สนใจศึกษา การประมาณค่าแบบช่วงสำหรับความน่าเชื่อถือได้ และอัตราความขัดข้องของการแจกแจงไวบูล

การแจกแจงแบบไวบูลมีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงไวบูล คือ

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}\right]; t \geq 0, \eta > 0, \beta > 0$$

ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม คือ

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}\right]$$

โดยที่ β แทน พารามิเตอร์รูปร่าง เป็นพารามิเตอร์กำหนดรูปลักษณะของการแจกแจง

η แทน พารามิเตอร์ตำแหน่ง เป็นพารามิเตอร์กำหนดการกระจายของการแจกแจง

การแจกแจงไวบูลมี ค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ $\eta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$

ความแปรปรวน (Variance) เท่ากับ $\eta^2 \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \eta^2 \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)^2 \right]$

ความเชื่อถือได้เท่ากับ $R(t) = \exp[-\exp(\beta(\ln t - \ln \eta))]$

และ อัตราความขัดข้องเท่ากับ $\lambda(t)_U = \frac{\beta_U}{\eta_L} \left(\frac{t}{\eta_L}\right)^{\beta_U-1}$

คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำเอาเทคนิคทางสถิติมาประยุกต์ใช้ในการหาค่าความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้ของข้อมูลชั่วคราว (Nelson, 1982) โดยการใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์ซึ่งเป็นการอนุมานทางสถิติประเภทที่หนึ่ง ซึ่งถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการศึกษาและงานวิจัยในหลาย ๆ ด้าน โดยที่การประมาณค่าพารามิเตอร์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทที่ คือ การประมาณค่าแบบจุด (Point estimation) ซึ่งเป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่สนใจด้วยค่าสถิติเพียงค่าเดียว และการประมาณค่าแบบช่วง (Interval estimation) เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ว่าจะอยู่ ช่วงใดช่วงหนึ่งหรือมีค่าอยู่ระหว่างค่า 2 ค่า คือขอบเขตล่างและขอบเขตบนของช่วงความเชื่อมั่นตามลำดับ ด้วยช่วงความเชื่อมั่นที่กำหนด (Jantakoon and Volodin, 2019, p.1164-1177, Jantakoon and Sirisom, 2020, p. 605-616) ในการศึกษาการประมาณค่าแบบช่วงจะมีการแจกแจงทางสถิติเข้ามาเกี่ยวข้อง

เครื่องมือและวิธีการวิจัย

การศึกษานี้มีลักษณะเป็นการศึกษาเชิงทดลอง ด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่าโปรแกรม R เพื่อหาข้อสรุปในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของช่วงความเชื่อมั่นของค่าความเชื่อถือได้และอัตราความขัดข้องที่มีการแจกแจงไวบูล ด้วยวิธีที่แตกต่างกัน ซึ่งได้แก่ วิธีการดั้งเดิม (Exact Method) และวิธีการที่นำเสนอ (Proposed Method) โดยพิจารณาเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมที่ได้จากแต่ละวิธี และความกว้างของแต่ละวิธี วิธีการประมาณที่ให้ค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมใกล้เคียงกับระดับความเชื่อมั่นมากที่สุด จะเป็นวิธีที่เหมาะสม และพิจารณาเปรียบเทียบความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น วิธีการประมาณที่ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยต่ำที่สุด เป็นวิธีที่เหมาะสม ซึ่งจำลองข้อมูลขึ้นโดยใช้เทคนิควิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โล ซึ่งเป็นเทคนิคการจำลองสถานการณ์ (R Development Core Team, 2005) โดยอาศัยตัวเลขสุ่ม (Random Number) มาสร้างสถานการณ์ให้เหมือนหรือ คล้ายคลึงกับสถานการณ์จริง และมีการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่ออธิบายปรากฏการณ์หรือหาค่าตอบของปัญหาที่สงสัยในสถานการณ์ที่สร้างขึ้น โดยเลขสุ่มที่ได้มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ตัวเลขที่ได้มีการกระจายของความน่าจะเป็นสม่ำเสมอ
2. ตัวเลขที่ได้ต้องเป็นอิสระซึ่งกันและกัน
3. อนุกรมของตัวเลขที่ได้ต้องสามารถสร้างซ้ำเดิมได้
4. ขนาดความยาวของอนุกรมตัวเลขต้องยาวเพียงพอสำหรับการใช้งาน
5. ใช้เวลาสั้นๆ ในการสร้างตัวเลขแบบสุ่ม
6. ใช้หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์น้อย จากนั้นทำการจำลองข้อมูลที่มีการแจกแจง และขนาดตัวอย่างตามที่กำหนด

แผนดำเนินการวิจัยในการศึกษานี้กำหนดสถานการณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. การแจกแจงและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา การแจกแจงไวบูล ให้ t เป็นตัวแปรสุ่มต่อเนื่องที่มีการแจกแจงไวบูล ด้วยพารามิเตอร์รูปร่าง (β) มีค่าเท่ากับ 1, 5, 10, 30 และพารามิเตอร์บอกตำแหน่ง (η) เท่ากับ

1

- กำหนดขนาดตัวอย่างของการศึกษาเป็น 10, 25, 50, 100, 500 และ 1000
- กำหนดระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.95 และ 0.99
- ทำการทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง

การดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนที่สำคัญเรียงตามลำดับดังนี้

- การสร้างข้อมูลให้มีการแจกแจงไวบูลตามที่กำหนด
- การหาช่วงความเชื่อมั่นและความกว้างของช่วง โดยกำหนดช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ สำหรับ θ เป็นแล้วหาขอบเขตล่างของช่วงความเชื่อมั่น (θ_L) และขอบเขตบนของช่วงความเชื่อมั่น (θ_U) ของการแจกแจงไวบูล โดยวิธีการต่าง ๆ
- การคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุม (CP) และค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น (AL) การคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมของช่วงความเชื่อมั่นทั้ง 2 วิธี โดยการหาช่วงความเชื่อมั่นสำหรับค่าเฉลี่ยในแต่ละสถานการณ์ จากนั้นตรวจสอบว่าช่วงความเชื่อมั่นที่คำนวณได้คลุมค่าเฉลี่ยของประชากร หรือไม่ ทำการตรวจซ้ำ 10,000 ครั้ง นับจำนวนครั้งที่ทั้งหมดที่ช่วงความเชื่อมั่นคลุมค่าเฉลี่ยของประชากร แล้วนำ คำนวณด้วย 10,000 ค่าที่ได้คือ ค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุม ดังสูตรต่อไปนี้

$$CP = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ทั้งหมดที่อยู่ในช่วงความเชื่อมั่น}}{10,000}$$

การคำนวณค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น (AL) ของแต่ละวิธีการประมาณค่าทำได้โดย เมื่อคำนวณ ช่วงความเชื่อมั่นจากแต่ละวิธีที่ประมาณได้แล้ว ทำการคำนวณหาผลต่างระหว่างขอบเขตบนของช่วงความเชื่อมั่น และขอบเขตล่างของช่วงความเชื่อมั่น นำผลที่ได้บวกสะสมไว้แล้วหาค่าเฉลี่ยเมื่อช่วงความเชื่อมั่นครบ 10,000 ครั้ง ค่าเฉลี่ยที่ได้คือ ความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ดังสูตรต่อไปนี้ (Jantakoon and Volodin, 2019)

$$AL = \frac{\sum_{i=1}^{10000} (U_i - L_i)}{10,000}$$

- การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุม และค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบช่วงนั้น จะดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอน ตามลำดับดังนี้ พิจารณา ค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมของแต่ละวิธีการประมาณในแต่ละสถานการณ์ หากวิธีการประมาณใดให้ค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมใกล้เคียงค่าระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดแสดงว่าวิธีการประมาณนั้นเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด และจะทำการพิจารณาค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่อในข้อที่ 2 แต่ถ้าวิธีการประมาณใดให้ความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมต่ำกว่าค่าระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดจะไม่ทำการพิจารณา ค่า

ความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของวิธีการประมาณนั้น เมื่อพิจารณาค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมของแต่ละวิธีการประมาณแล้วว่ามีค่าใกล้เคียงระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด จะทำการพิจารณาค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของแต่ละวิธีการในแต่ละ สถานการณ์ หากวิธีการประมาณใดให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงต่ำสุดในแต่ละสถานการณ์ แสดงว่าวิธีการประมาณนั้นเป็นวิธีการประมาณที่เหมาะสม

วิธีการประมาณความเชื่อมั่นของค่าความเชื่อถือได้และอัตราความขัดข้องที่มีการแจกแจงไวบูล ทั้ง 2 ประเด็น แต่ละประเด็นมี 2 วิธี มีรายละเอียดดังนี้

ประเด็นที่ 1 : ช่วงความเชื่อมั่นของค่าความเชื่อถือได้โดย

วิธีที่ 1 : วิธีการดั้งเดิม (Exact Method)

เมื่อ ค่าความเชื่อถือได้ เท่ากับ

$$R(t) = \exp[-\exp(\beta(\ln t - \ln \eta))]$$

กำหนดให้

$$u = \beta(\ln t - \ln \eta)$$

$$\hat{u} = \hat{\beta}(\ln t - \ln \eta)$$

เมื่อ

$$\hat{\beta} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad \text{และ} \quad \hat{\eta} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i^{\hat{\beta}}}{E} \right)^{\frac{1}{\hat{\beta}}}$$

และ K_α จะถูกกำหนดโดย

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{K_\alpha}^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 1 - \Phi(K_\alpha)$$

จะได้

$$u_U = \hat{u} + K_\alpha \sqrt{\text{Var}(\hat{u})}$$

$$u_L = \hat{u} - K_\alpha \sqrt{\text{Var}(\hat{u})}$$

โดยที่

$$\begin{aligned} \text{Var}(\hat{u}) &= \frac{\hat{u}^2}{\hat{\beta}^2} \text{Var}(\hat{\beta}) + \frac{\hat{\beta}^2}{\hat{\eta}^2} \text{Var}(\hat{\eta}) \\ &= \left(\frac{2u}{\hat{\eta}} \right) \text{Cov}(\hat{\beta}, \hat{\eta}) \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$R_U = \exp[-\exp(u_L)]$$

$$R_L = \exp[-\exp(u_U)]$$

ช่วงความเชื่อมั่นของ $(1 - \alpha)100\%$ ของ θ คือ

$$(R_L, R_U)$$

วิธีที่ 2 : วิธีการนำเสนอ (Proposed Method)

เมื่อ

$$\begin{aligned} R(t) &= \exp\left[-\exp\left(\ln\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right)\right] \\ &= \exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right] \\ \hat{R}(t) &= \exp\left[-\exp\left(\ln\left(\frac{t}{\hat{\eta}}\right)^{\hat{\beta}}\right)\right] \end{aligned}$$

เนื่องจากไม่มีสูตรการหา $\hat{\beta}$ ที่แน่นอนผู้วิจัยจึงใช้วิธีการ Newton Raphson method ประยุกต์ใช้ในการประมาณค่า (อ้างอิง Krishnamoorthy et al. ,2009)

$$\hat{\beta} = \frac{\pi}{\sqrt{b}} \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{\ln t_i - \ln t}{n-1} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

และ

$$\hat{\eta} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i^{\hat{\beta}}}{E} \right)^{\frac{1}{\hat{\beta}}}$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } R(t)_U &= \exp\left[\left(\ln \hat{R}(t)\right) + K_\alpha \sqrt{\text{Var}(\ln \hat{R}(t))}\right] \\ R(t)_L &= \exp\left[\left(\ln \hat{R}(t)\right) - K_\alpha \sqrt{\text{Var}(\ln \hat{R}(t))}\right] \end{aligned}$$

เมื่อ

$$\text{Var}(\ln \hat{R}(t)) = \left(\frac{\hat{\beta}}{\eta}\right)^2 \text{Var}(\hat{\eta})$$

ประเด็นที่ 2 : ช่วงความเชื่อมั่นของอัตราความขัดข้อง

วิธีที่ 1 : วิธีการดั้งเดิม (Exact Method)

กำหนดให้

$$\begin{aligned} \lambda(t)_U &= \frac{\beta_U}{\eta_L} \left(\frac{t}{\eta_L}\right)^{\beta_U-1} \\ \lambda(t)_L &= \frac{\beta_L}{\eta_U} \left(\frac{t}{\eta_U}\right)^{\beta_L-1} \end{aligned}$$

เมื่อ

$$\beta_U = \hat{\beta} \cdot \exp\left(\frac{K_\alpha \sqrt{\text{Var}(\hat{\beta})}}{\hat{\beta}}\right)$$

$$\beta_L = \frac{\hat{\beta}}{\exp\left(\frac{K_\alpha \sqrt{\text{Var}(\hat{\beta})}}{\hat{\beta}}\right)}$$

เมื่อ

$$\hat{\beta} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

$$\text{Var}(\hat{\beta}) = \frac{(\hat{\beta})^2}{n}$$

$$\eta_U = \hat{\eta} \cdot \exp\left(\frac{K_\alpha \sqrt{\text{Var}(\hat{\eta})}}{\hat{\eta}}\right)$$

และ

$$\eta_L = \frac{\hat{\eta}}{\exp\left(\frac{K_\alpha \sqrt{\text{Var}(\hat{\eta})}}{\hat{\eta}}\right)}$$

เมื่อ

$$\hat{\eta} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i^{\hat{\beta}}}{E}\right) \frac{1}{\hat{\beta}}$$

และ

$$\text{Var}(\hat{\eta}) = -\frac{\partial^2 \Lambda}{\partial \hat{\eta}^2}$$

$$= -\left(\frac{\hat{\beta}}{\hat{\eta}^2} + \frac{(-\hat{\beta}^2 - \beta)}{\hat{\eta}^{-(\hat{\beta}+2)}}\right)$$

วิธีที่ 2 : วิธีการนำเสนอ (Proposed Method)

กำหนดให้

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{\hat{\beta}}{\hat{\eta}} \left(\frac{t}{\hat{\eta}} \right)^{\hat{\beta}-1}$$

เนื่องจากไม่มีสูตรการหา $\hat{\beta}$ ที่แน่นอนผู้วิจัยจึงใช้วิธีการ Newton Raphson method ประยุกต์ใช้ในการประมาณค่า (อ้างอิง Krishnamoorthy et al. ,2009)

$$\hat{\beta} = \frac{\pi}{\sqrt{b}} \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{\ln t_i - \ln t}{n-1} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\hat{\eta} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i^{\hat{\beta}}}{E} \right) \frac{1}{\hat{\beta}}$$

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการศึกษาวิธีการประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่นสำหรับความน่าเชื่อถือได้และอัตราความขัดข้องของข้อมูลชั่วชีวิตที่มีวิธีการแจกแจงไวบูล เพื่อหาข้อสรุปในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้วย 2 วิธีที่แตกต่างกัน คือ วิธีการดั้งเดิม (Exact Method) และวิธีการที่นำเสนอ (Proposed Method) โดยพิจารณาเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมที่ได้จากแต่ละวิธี และความกว้างของแต่ละวิธี วิธีการประมาณที่ให้ค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมใกล้เคียงกับระดับความเชื่อมั่นมากที่สุด จะเป็นวิธีที่เหมาะสม และพิจารณาเปรียบเทียบความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น วิธีการประมาณที่ให้ ความกว้างเฉลี่ยต่ำที่สุด เป็นวิธีที่เหมาะสม การนำเสนอผลการวิจัยกำหนดสัญลักษณ์เพื่อประกอบการนำเสนอผลการ การวิจัยดังนี้โดยกำหนดสัญลักษณ์เพื่อแทนความหมายต่าง ๆ ดังนี้

- n แทน ขนาดตัวอย่าง
- β แทน พารามิเตอร์รูปร่างของการแจกแจงไวบูล
- η แทน พารามิเตอร์ตำแหน่งของการแจกแจงไวบูล
- CP แทน ความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุม (Coverage probability)
- AL แทน ความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น (Average length)

ผลการศึกษาวิธีการประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่นของแต่ละวิธีได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมของช่วงความเชื่อมั่นของความน่าเชื่อถือได้ของการแจกแจงไวบูลล์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95

n	β	Exact Method		Proposed Method	
		AL	CP	AL	CP
10	1	0.5252	0.4165	0.5279	0.9295
	5	0.398	0.5941	0.3981	0.9796
	10	0.3835	0.6154	0.3828	0.9868
	30	0.3983	0.599	0.398	0.9851
25	1	0.56	0.3126	0.5583	0.8614
	5	0.3152	0.6701	0.3144	0.9733
	10	0.2709	0.7242	0.2711	0.9829
	30	0.2918	0.7008	0.2918	0.9804
50	1	0.5959	0.2093	0.5974	0.7908
	5	0.2832	0.6992	0.2833	0.9702
	10	0.2243	0.7694	0.2246	0.9815
	30	0.2484	0.742	0.2485	0.9782
100	1	0.6092	0.1133	0.6092	0.7105
	5	0.2611	0.7197	0.2633	0.9682
	10	0.1938	0.7993	0.1936	0.9809
	30	0.2202	0.769	0.2204	0.9769
500	1	0.4619	0.0073	0.4639	0.4591
	5	0.2351	0.7433	0.2361	0.966
	10	0.1515	0.8421	0.1514	0.9814
	30	0.1824	0.806	0.1826	0.9762
1000	1	0.3425	0.0011	0.3433	0.3322
	5	0.2297	0.748	0.2292	0.9656
	10	0.1397	0.8545	0.1396	0.982
	30	0.1722	0.8164	0.1723	0.9764

ตารางที่ 2 ความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมของช่วงความเชื่อมั่นของความน่าเชื่อถือได้ของ การแจกแจง
ไวบูลล์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.99

n	β	Exact Method		Proposed Method	
		AL	CP	AL	CP
10	1	0.654	0.2954	0.6516	0.9384
	5	0.5762	0.4217	0.5762	0.9854
	10	0.5482	0.4558	0.548	0.9918
	30	0.555	0.4478	0.555	0.9906
25	1	0.5931	0.2837	0.5932	0.8664
	5	0.3757	0.614	0.374	0.9779
	10	0.3358	0.6631	0.3359	0.9866
	30	0.3564	0.6402	0.3564	0.9844
50	1	0.6138	0.1945	0.6146	0.7965
	5	0.3182	0.6675	0.319	0.9733
	10	0.2602	0.7361	0.2598	0.9842
	30	0.2848	0.7085	0.2845	0.9811
100	1	0.6181	0.1075	0.6187	0.7144
	5	0.2849	0.6979	0.2838	0.9708
	10	0.2146	0.7803	0.2145	0.9827
	30	0.242	0.7492	0.242	0.979
500	1	0.4673	0.007	0.4664	0.4611
	5	0.2439	0.7355	0.244	0.9672
	10	0.1583	0.836	0.1584	0.9821
	30	0.1902	0.7991	0.1902	0.9771
1000	1	0.346	0.001	0.3443	0.3331
	5	0.235	0.7435	0.2345	0.9664
	10	0.144	0.8507	0.1441	0.9825
	30	0.1774	0.8119	0.1774	0.977

ตารางที่ 3 ความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมของช่วงความเชื่อมั่นของอัตราความขัดข้องของการแจกแจงไวบูล
ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95

n	β	Exact Method		Proposed Method	
		AL	CP	AL	CP
10	1	4.6228	0.1168	0.7450	0.3708
	5	7.2926	0.0820	1.7769	0.8854
	10	7.9341	0.0718	1.5346	0.9881
	30	7.7744	0.0781	0.2739	0.9995
25	1	5.1260	0.3348	0.8957	0.2812
	5	6.5844	0.1573	3.2636	0.8791
	10	6.7204	0.1224	4.4446	0.9870
	30	6.8149	0.1357	3.0561	0.9995
50	1	6.5767	0.5923	0.9564	0.2096
	5	6.2323	0.1997	4.0311	0.8040
	10	5.8484	0.1480	6.6338	0.9738
	30	6.1020	0.1674	9.2088	0.9995
100	1	9.0457	0.9507	0.9823	0.1603
	5	5.9461	0.2305	4.4938	0.6545
	10	5.1151	0.1640	8.1521	0.9290
	30	5.4975	0.1887	16.5386	0.9995
500	1	20.0749	0.2841	1.0061	0.0707
	5	5.4530	0.2709	4.9072	0.3364
	10	3.8963	0.1737	9.6065	0.6188
	30	4.4986	0.2093	26.6159	0.9899
1000	1	27.9417	0.3268	1.0092	0.0522
	5	5.3207	0.2806	4.9584	0.2471
	10	3.5284	0.1710	9.8026	0.4627
	30	4.1988	0.2106	28.2680	0.9358

ตารางที่ 4 ความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมของช่วงความเชื่อมั่นของอัตราความขัดข้องของการแจกแจงไวบูล
ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.99

n	β	Exact Method		Proposed Method	
		AL	CP	AL	CP
10	1	4.7784	0.1754	0.6987	0.4677
	5	7.7561	0.0919	1.3610	0.9503
	10	8.3030	0.0698	0.9439	0.9987
	30	8.0536	0.0779	0.0934	0.9995
25	1	5.0111	0.6680	0.8745	0.3576
	5	7.0039	0.2429	2.8903	0.9347
	10	7.2577	0.1729	3.5135	0.9973
	30	7.2920	0.1962	1.5882	0.9995
50	1	6.2164	0.2808	0.9433	0.2791
	5	6.6080	0.3452	3.7989	0.8915
	10	6.3257	0.2394	5.8807	0.9915
	30	6.5372	0.2749	6.4238	0.9995
100	1	8.4249	2.0764	0.9777	0.1968
	5	6.2323	0.4174	4.3606	0.7895
	10	5.4815	0.2852	7.6596	0.9743
	30	5.8420	0.3326	13.7632	0.9995
500	1	18.3855	0.1610	1.0053	0.0892
	5	5.6331	0.5250	4.8803	0.4326
	10	4.0665	0.3280	9.4959	0.7437
	30	4.6668	0.3982	25.6592	0.9994
1000	1	25.3588	0.5011	1.0089	0.0655
	5	5.4369	0.5472	4.9436	0.3240
	10	3.6454	0.3283	9.7530	0.5814
	30	4.3190	0.4068	27.7565	0.9860

จากตารางที่ 1-2 สามารถสรุปผลการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมและค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของความน่าเชื่อถือได้ของวิธีการประมาณทั้ง 2 วิธี เมื่อมีการแจกแจงแบบไวบูล ได้ผลดังนี้

- วิธีการดั้งเดิม เมื่อพิจารณาขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นขึ้นจะส่งผลให้ค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ยังคงอยู่ในระดับที่ต่ำ ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงจะมีค่ามากเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดมากขึ้น

แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความกว้างเฉลี่ยของช่วงมีค่าลดลงตามลำดับ และค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงจะมีค่าลดลงเมื่อ β มีค่ามากขึ้น

- วิธีการนำเสนอ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ β จะเห็นว่าค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่า β เพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาจากขนาดตัวอย่างจะเห็นว่า เมื่อขนาดตัวอย่างมีค่ามากขึ้น และค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงจะมีค่ามากเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดมากขึ้น แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น ความกว้างเฉลี่ยของช่วงมีค่าลดลงตามลำดับ และค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงจะแคบลงเมื่อ β มีค่ามากขึ้น ดังตารางการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการดั้งเดิม กับค่าของ วิธีการนำเสนอ จะเห็นว่าค่า AL กับ CP ของวิธีการนำเสนอมีค่าดีกว่าวิธีการดั้งเดิม

จากตารางที่ 3-4 สามารถสรุปผลการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมและค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นของอัตราความขัดข้อง ของวิธีการประมาณทั้ง 2 วิธี เมื่อมีการแจกแจงแบบไวบูลต์ได้ผลดังนี้

- วิธีการดั้งเดิม เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ β จะเห็นว่าค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมต่ำมาก ๆ สำหรับทุกค่าของ β และเมื่อพิจารณาจากขนาดตัวอย่างที่มีค่ามากขึ้น จะส่งผลให้ค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมจะมีเพิ่มขึ้นแต่ยังอยู่ในระดับต่ำ สำหรับค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงจะมีค่ามากเมื่อค่า β ลดลง แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น ความกว้างเฉลี่ยของช่วงมีค่าลดลงตามลำดับ

- วิธีการนำเสนอ จะเห็นว่าค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมมีค่าใกล้เคียงระดับความเชื่อมั่นสำหรับทุกค่าของ β และเมื่อพิจารณาจากขนาดตัวอย่างจะเห็นว่าเมื่อขนาดตัวอย่างมีค่ามากขึ้น จะส่งผลให้ค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงจะมีค่ามากเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดมากขึ้น แต่ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงจะมีค่าลดลงเมื่อ β มีค่าลดลง ดังตารางการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการดั้งเดิม กับวิธีการนำเสนอ จะเห็นว่าวิธีการที่นำเสนอใหม่มีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการที่นำเสนออย่างชัดเจน

สรุปผลและเสนอแนะ

การประมาณความเชื่อมั่นของค่าความเชื่อถือได้ที่มีการแจกแจงไวบูลต์ โดยใช้การเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมและค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น ของวิธีการประมาณทั้ง 2 วิธี พบว่าวิธีการที่นำเสนอได้ค่าของค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นแคบกว่าวิธีการดั้งเดิม และวิธีการที่นำเสนอใหม่มีความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมสูงกว่า ดังนั้นวิธีการที่นำเสนอจึงให้ผลดีกว่า สำหรับการประมาณความเชื่อมั่นของค่าอัตราความขัดข้องของวิธีการประมาณทั้ง 2 วิธี พบว่า วิธีการที่นำเสนอได้ค่าของค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำกว่าวิธีการดั้งเดิมอย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมพบว่าเมื่อ β มีค่าน้อยๆ วิธีการที่นำเสนอจะให้ค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมสูงกว่าวิธีการดั้งเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณี β เพิ่มขึ้นค่าความน่าจะเป็นที่จะครอบคลุมของวิธีการที่นำเสนอจะสูงกว่าวิธีการดั้งเดิมอย่างชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

- Cramer, H. (1946). *Mathematical Methods of Statistics*. Princeton, Princeton University Press.
- Cox, F. R., & Lewis, P. A. W. (1966). *The Statistical Analysis of Series of Events*. Springer Netherlands.
- Davis, D. J. (1952). An Analysis of Some Failure Data. *J. Amer. Stat. Assoc.*, 47, 113-141.
- Dudewicz, E. J., & Mishra, S. N. (1988). *Modern Mathematical Statistics*. John Wiley & Sons, Inc.
- Evans, R. A. (1970). *The Lognormal Distribution is Not a Wearout Distribution*. Reliability Group Newsletter, IEEE, Inc.
- Gottfried, P. (1970). *Wear-out*. Reliability Group Newsletter, IEEE, Inc.
- Hahn, G. J., & Shapiro, S. S. (1967). *Statistical Models in Engineering*, John Wiley & Sons, Inc.
- Jantakoon, N. & Sirisom, P. (2020). Performance Evaluation of Some Confidence Intervals for Estimating the Shape Parameter of the Two-Parameter Lomax Distribution. *Applied Mathematics and Information Sciences*, 14(4), 605-616.
- Jantakoon, N. & Volodin, A. (2019). Interval estimation for the shape and scale parameters of the Birnbaum Saunders distribution. *Lobachevskii Journal of Mathematics*, 40(8), 164-1177.
- Kapur, K. C., and Lamberson, L. R. (1977). *Reliability in Engineering Design*. John Wiley & Sons, Inc.
- Kececioglu, D. (1991). *Reliability Engineering Handbook*. Prentice Hall, Inc.
- Kececioglu, D. (1994). *Reliability & Life Testing Handbook*. Prentice Hall, Inc.
- Lawless, J. F. (1982). *Statistical Models and Methods for Lifetime Data*. John Wiley & Sons, Inc.
- Mann, N. R., Schafer, R. E., & Singpurwalla, N. D. (1974). *Methods for Statistical Analysis of Reliability and Life Data*. John Wiley & Sons, Inc.
- Martz, H. F. and Waller, R. A. (1982). *Bayesian Reliability Analysis*. John Wiley & Sons, Inc.
- Nelson, W. (1982). *Applied Life Data Analysis*. John Wiley & Sons, Inc.
- Perry, J. N. (1962). Semiconductor Burn-in and Weibull Statistics, Semiconductor Reliability, Engineering Publishers. *Elisabeth*, 2, 80-90.
- R Development Core Team. (2021). *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.

การพัฒนา กับดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหาร
Cockroach Trap Improvement Made From Natural Materials for Restaurants

ภัชชนก รัตน์กรปริดา^{1*} วรพล หนูนุ่น² ฟาติษะห์ อาบู³ กฤษเนตร เกษสระ⁴

หลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา^{1,2,3}

วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธรจังหวัดยะลา⁴

*Corresponding author: E-mail: patchanok.preeda@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบกับดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหาร ประชากรที่ศึกษาคือ ผู้ประกอบการร้านอาหารในหมู่ที่ 1 ตำบลดุซงญอ อำเภอจะนะ จังหวัดนราธิวาส จำนวน 5 คน เก็บข้อมูลเดือนกุมภาพันธ์ – มีนาคม พ.ศ. 2564 มีขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา คือ 1) การสำรวจ สังเคราะห์สภาพปัญหา 2) การออกแบบนวัตกรรม และ 3) การทดลองใช้นวัตกรรม เครื่องมือที่ใช้คือ กับดักแมลงสาบ และแบบประเมินประสิทธิภาพกับดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหาร วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้นวัตกรรมกับดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหารที่ทำจากไม้ไผ่ 2) ประสิทธิภาพของนวัตกรรมภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\mu = 4.40$, S.D. = 0.28) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในระดับมากที่สุดคือ นวัตกรรมมีการประยุกต์ภูมิปัญญาท้องถิ่นในชุมชน ($\mu = 4.80$, S.D. = 1.73) รองลงมา นวัตกรรมมีความง่ายในการใช้ ($\mu = 4.60$, S.D. = 1.41) ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ได้ในพื้นที่พักอาศัยและชุมชน

คำสำคัญ : แมลงสาบ; การดักแมลงสาบ; กับดักแมลงสาบ

Abstract

This research is research and development to develop a cockroach trap made from natural materials for restaurants. The key Information was 5 restaurant operators In village No. 1 Duzongyor Sub-District, Chanae District, Narathiwat Province. The datas have been collected since february – march, 2021. The research and development process: 1) survey and synthesis of problems 2) Design innovations and 3) Innovations trial. The research instruments included a cockroach trap and efficacy assessment form. Descriptive statistics (mean and standard deviation) were used for data analysis.

The Research result is found: 1) Get innovative cockroach traps from natural materials for restaurants made of bamboo. 2) Overall innovation efficiency in a much level ($\mu = 4.40$, S.D. = 0.28). The highest efficiency was the application of local wisdom in the community ($\mu = 4.80$, S.D. = 1.73). The second highest efficiency was the application of local wisdom in the community ($\mu = 4.60$, S.D. = 1.41).

=1.73) and Innovation is easy to use. ($\mu = 4.60$, S.D. = 1.41) The findings from this study can be further used in residential and community.

Keywords: cockroach; cockroach collection; Cockroach Trap

บทนำ

แมลงสาบถือว่าเป็นพาหะนำเชื้อโรคที่สำคัญทางด้านสาธารณสุข สามารถนำเชื้อโรคต่างๆ ได้ เช่น ไวรัส แบคทีเรีย เชื้อรา หรือ โปรโตซัว ติดต่อมาสู่มนุษย์ เชื้อโรคติดมากับตัวแมลงสาบ เมื่อแมลงสาบออกหากินตามบริเวณต่างๆ แมลงสาบจะสำรวจเชื้อโรคเข้าไปสะสมในระบบทางเดินอาหาร ทำให้เชื้อโรคเกิดการปนเปื้อนกับอาหารหรือภาชนะต่างๆ เป็นสาเหตุให้เกิดโรคทางเดินอาหาร ได้แก่ อุจจาระร่วง บิด ไทฟอยด์ และอาหารเป็นพิษ (จักรวาล ชมพูศรี และ อุษาวดี ถาวร, 2559, น. 25) รวมถึงการเกิดผลโดยตรง เช่น การกัด การแพ้ ก่อความรำคาญ การแพ้พิษ โรคผิวหนัง รวมถึงการเป็นโฮสต์กึ่งกลางของพยาธิบางชนิด (ดวงรัตน์ เสือขำ, 2560, น. 30)

สถานการณ์โรคทางเดินอาหารยังคงพบผู้ป่วยกลุ่มดังกล่าวทุกปี และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในบางโรค เช่นโรคอาหารเป็นพิษ ระหว่างปี พ.ศ. 2553–2562 พบว่า อัตราผู้ป่วยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสูงสุดในปี พ.ศ. 2559 อัตราผู้ป่วยเท่ากับ 212.31 ต่อประชากรแสนคน และแม้จะลดลงช่วงปี พ.ศ. 2560–2562 อัตราผู้ป่วย 166.55–182.14 ต่อประชากรแสนคน (กรมควบคุมโรค, 2563, น. 217) ส่วนโรคอุจจาระร่วงเฉียบพลัน ปี พ.ศ. 2553–2562 อัตราผู้ป่วยมีแนวโน้มลดลงจาก 2,168.89 ต่อประชากรแสนคน ในปี พ.ศ. 2553 จนต่ำสุดในปี พ.ศ. 2560 อัตราผู้ป่วย 1571.83 ต่อประชากรแสนคน ซึ่งปี พ.ศ. 2559–2562 อัตราผู้ป่วยจะเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันปีเว้นปี (กรมควบคุมโรค, 2563, น. 222) และจากสรุปรายงานผู้ป่วยปี พ.ศ. 2562 พบอัตราผู้ป่วยนอกด้วยโรคกลุ่มระบบย่อยอาหาร รวมโรคในช่องปาก (K00-K93) ทั้งประเทศต่อประชากร 1,000 คน เท่ากับ 468.16 นับเป็นลำดับที่ 3 จากกลุ่มสาเหตุการป่วย 10 อันดับแรก (กองยุทธศาสตร์และแผนงาน, 2563, น. 8) ส่วนสถานการณ์โรคทางเดินอาหารสำคัญในอำเภอจะนะ จังหวัดนราธิวาส พบว่า ปี พ.ศ. 2563 อัตราผู้ป่วยโรคอุจจาระร่วงเท่ากับ 2736.24 ต่อประชากรแสนคน (สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ และสำนักเทคโนโลยีสารสนเทศ, 2564)

สำหรับวิธีการการควบคุมและป้องกันแมลงสาบ มีทั้งการปรับปรุงสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม การกำจัดไข่และแมลงสาบ ซึ่งมีทั้งการใช้สารเคมี การใช้เจล การใช้ไซเปอร์เมทริน การใช้กับดัก เป็นต้น (สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2551, น. 264) จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงนำมาสู่การพัฒนา กับดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหาร เพื่อค้นหารูปแบบกับดักที่เหมาะสม อันจะทำให้ประชาชนมีสุขภาพดีในลำดับต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนารูปแบบกับดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหาร

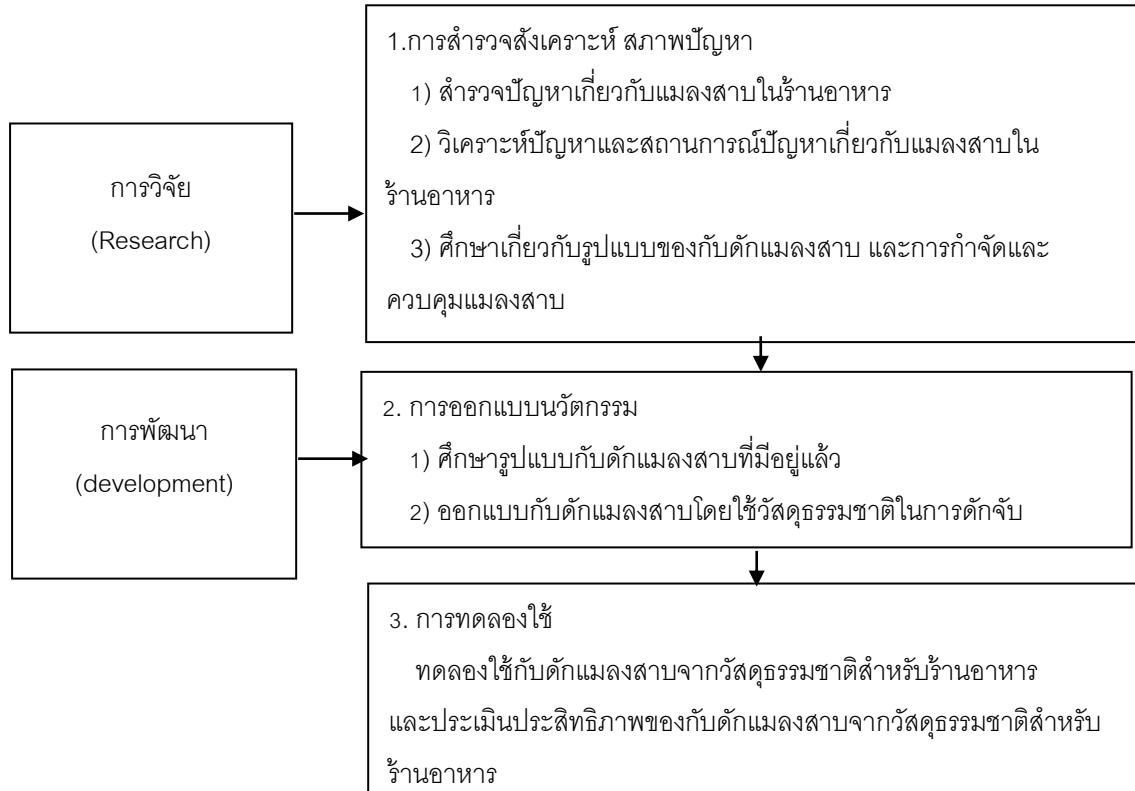
ขอบเขตงานวิจัย

แบ่งเป็น 4 ด้าน คือ 1) ขอบเขตด้านเนื้อหา การพัฒนารูปแบบกับดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหาร เป็นการวิจัยและพัฒนา โดยพัฒนารูปแบบกับดักจากวัสดุธรรมชาติที่ได้ในชุมชน 2) ขอบเขตด้านพื้นที่ ทำการศึกษาในหมู่ที่ 1 ตำบลดุขงญอ อำเภอจะนะ จังหวัดนราธิวาส 3) ขอบเขตด้านประชากร ผู้ประกอบการร้านอาหาร จำนวน 5 คน และ 4) ขอบเขตด้านระยะเวลา ดำเนินการพัฒนาและเก็บรวบรวมข้อมูลรูปแบบกับดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหาร ในเดือนกุมภาพันธ์ – มีนาคม 2564 เป็นเวลา 2 เดือน

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัย

พัฒนารูปแบบกับดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหารใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา (วารุ เฟิงส์วีสดี, 2552, น. 3-4) เนื่องจากข้อจำกัดด้านระยะเวลาจึงประยุกต์ใช้เป็น 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) การสำรวจ สังเคราะห์สภาพปัญหา 2) การออกแบบนวัตกรรม และ 3) การทดลองใช้นวัตกรรม โดยประยุกต์การพัฒนา นวัตกรรมมาจากแนวคิดเกี่ยวกับแมลงสาบ (จักรวาล ชมพูศรี และ อุษาวดี ถาวรระ, 2559, น. 4-8) การควบคุมและป้องกันแมลงสาบ (สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2551, น. 264) และแนวคิดหลักเศรษฐกิจพอเพียง (สำนักงานคณะกรรมการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2548, น. 11-16) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ คือ 1) ไม้ไผ่/วัสดุเหลือใช้ 2) ลวด 3) แบบประเมินประสิทธิภาพสำหรับผู้ประกอบการร้านอาหาร และ 4) โทรศัพท์มือถือ วิธีการใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา

ประชากร

ผู้ประกอบการร้านอาหารในหมู่บ้าน 1 ตำบลดงขงญอ อำเภอจะนะ จังหวัดนราธิวาส จำนวน 5 คน
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. กับดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหาร ซึ่งพัฒนามาจากแนวคิดเกี่ยวกับแมลงสาบ การควบคุมและป้องกันแมลงสาบ และแนวคิดหลักเศรษฐกิจพอเพียง
2. แบบประเมินประสิทธิภาพสำหรับผู้ประกอบการร้านอาหาร 6 ด้าน ประกอบด้วย 1) ความเหมาะสมของกับดักแมลงสาบ 2) ความง่ายในการใช้กับดักแมลงสาบ 3) ความปลอดภัยในการใช้กับดักแมลงสาบ 4) ความสามารถในการกำจัดแมลงสาบ 5) ประโยชน์ในการพัฒนาสุขภาพอาหาร และ 6) การประยุกต์ภูมิปัญญาท้องถิ่นในชุมชน โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ ความพึงพอใจมากที่สุด เท่ากับ 5 คะแนน ความพึงพอใจมาก เท่ากับ 4 คะแนน ความพึงพอใจปานกลาง เท่ากับ 3 คะแนน ความพึงพอใจน้อย เท่ากับ 2 คะแนน และความพึงพอใจน้อยที่สุด เท่ากับ 1 คะแนน ตามลำดับ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

มีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ 1) การแนะนำตัว พร้อมทั้งชี้แจงวัตถุประสงค์และกระบวนการวิจัย พร้อมทั้งขอความยินยอมและขอความร่วมมือเก็บข้อมูลวิจัย 2) ดำเนินการสำรวจ สังเคราะห์สภาพปัญหาเกี่ยวกับแมลงสาบ และความต้องการหากวิธีในการกำจัดแมลงสาบ 3) การออกแบบกับดักแมลงสาบ 4) ทดลองใช้กับดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหาร 5) ประเมินประสิทธิภาพและตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วนของข้อมูล เพื่อนำมาสรุปผลและวิเคราะห์ประมวลผลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ดำเนินการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินประสิทธิภาพสำหรับผู้ประกอบการร้านอาหาร วิเคราะห์โดยใช้สถิติพรรณนา

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่า

1. ได้นวัตกรรมกับดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหาร เป็นนวัตกรรมที่ทำจากไม้ไผ่และวัสดุเหลือใช้ มีขั้นตอนการทำ ขั้นตอน คือ 1) การเริ่มมัดหรือเคียนไม้ไผ่จากส่วนด้านในที่เป็นเหมือนอุโมงค์ 2) นำวัสดุมาแต่งส่วนโครงให้โค้งเป็นรูปทรงฟานซี 3) นำฝากระป๋องจากวัสดุเหลือใช้มาทำเป็นช่องด้านล่างเปิด-ปิดเพื่อนำแมลงสาบออกไปทิ้ง และประกอบรูปแบบกับดักเข้าด้วยกัน 4) ที่จับด้วยลวด ด้านบนเป็นหูจับ 5) การนำกับดักไปใช้ โดยการใส่เหยื่อไว้ภายใน



ภาพที่ 2 กบดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหาร

2. ประสิทธิภาพของกบดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหาร

ผลการประเมินประสิทธิภาพของนวัตกรรม โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\mu = 4.40$, S.D. = 0.28) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในระดับมากที่สุด นวัตกรรมมีการประยุกต์ภูมิปัญญาท้องถิ่นในชุมชน ($\mu = 4.80$, S.D. = 1.73) รองลงมานวัตกรรมมีความง่ายในการใช้กบดักแมลงสาบ ($\mu = 4.60$, S.D. = 1.41) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของกบดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหาร

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
1. ความเหมาะสมของกบดักแมลงสาบ	4.00	1.00	มาก
2. ความง่ายในการใช้กบดักแมลงสาบ	4.60	1.41	มากที่สุด
3. ความปลอดภัยในการใช้กบดักแมลงสาบ	4.00	1.00	มาก
4. ความสามารถในการกำจัดแมลงสาบ	4.40	1.22	มาก
5. ประโยชน์ในการพัฒนาสุขภาพอาหาร	4.40	1.22	มาก
6. การประยุกต์ภูมิปัญญาท้องถิ่นในชุมชน	4.80	1.73	มากที่สุด
รวม	4.40	0.28	มาก

อภิปรายผลการวิจัย

1. การพัฒนารูปแบบกบดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหาร ประยุกต์ใช้วัสดุจากธรรมชาติคือ ไม้ไผ่ที่หาได้ในชุมชนมาจัดทำกบดัก ซึ่งมีความปลอดภัย ไม่มีค่าใช้จ่าย ต้นทุนต่ำ สอดคล้องกับการศึกษาความสามารถของกบดักแมลงสาบชนิดขวดพลาสติกและบ้านดักแมลงสาบในการดักจับแมลงสาบในบ้านเรือน (สุนทร พิมพันธ์ รุ่งโรจน์ พุ่มริ้ว และสุเทพ ศิลปานันทกุล, 2563, น. 1) พบว่า หากพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขกบดักขวดพลาสติกให้สามารถดักจับแมลงสาบได้มากขึ้น จะเป็นช่วยประหยัดงบประมาณเนื่องจากไม่มีต้นทุน และไม่เกิดผลกระทบจากสารเคมี เช่นเดียวกันกับการศึกษาเปรียบเทียบชนิดเหยื่อในการดักจับแมลงสาบด้วยกบดักขวดพลาสติก (สุเทพ ศิลปานันทกุล, รุ่งโรจน์ พุ่มริ้ว และสุเทพ ศิลปานันทกุล, 2561, น. 1) ซึ่งพบว่าการเลือกชนิดของเหยื่อร่วมกับการใช้กบดักจากขวดพลาสติก หรือร่วมกับการกำจัดแมลงสาบ

ด้วยวิธีอื่นจะช่วยลดความห่วงกังวลจากการใช้สารเคมีกำจัดแมลงสาบ อาจจะทำให้เกิดการตี้อยาและการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมและอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสุขภาพได้

2. ประสิทธิภาพของกับดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหารโดยรวมอยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับลักษณะของนวัตกรรมด้านประโยชน์หรือผลดีที่ได้รับ (Relative Advantage) ผู้รับนวัตกรรมไปใช้ ต้องได้รับผลประโยชน์ในอัตราสูงพอสมควร (Rogers and Shoemaker, 1971 อ้างถึงในมหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2564, น.6)

สรุปผลและเสนอแนะ

สรุปได้ว่าการพัฒนารูปแบบกับดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหาร ได้ดำเนินการพัฒนาตามกระบวนการวิจัยของนวัตกรรม และประสิทธิภาพของกับดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหารอยู่ในระดับมาก ($\mu = 4.40$, S.D. = 0.28)

ข้อเสนอแนะและการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ข้อเสนอแนะในการนำนวัตกรรมไปใช้ กับดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหารสามารถนำไปใช้ได้ทั้งร้านอาหารและบ้านเรือนในชุมชน

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป การพัฒนากับดักแมลงสาบอาจจะปรับรูปแบบให้เหมาะสมกับชุมชนนั้น ๆ เนื่องจากทรัพยากรที่มีในชุมชนอาจมีความแตกต่างกัน และควรแก้ไขจุดด้อยที่เป็นข้อจำกัดที่ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) การวิจัยและพัฒนาควรดำเนินการไปจนถึงขั้นตอนการเผยแพร่นวัตกรรม 2) การประเมินประสิทธิผลนอกเหนือจากการประเมินภาพจากความพึงพอใจ 3) การเปรียบเทียบต้นทุนนวัตกรรมกับวิธีการป้องกันและควบคุมแมลงสาบแบบอื่น 4) การสำรวจความชุกชุมของแมลงสาบก่อนและหลังใช้กับดัก และ 5) การใช้เหยื่อที่หลากหลายในการทดลอง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้มีส่วนร่วมพัฒนารูปแบบกับดักแมลงสาบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับร้านอาหารทุกท่าน และมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สำหรับการเผยแพร่ผลงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2563). *สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรคประจำปี 2562*. กระทรวงสาธารณสุข.
- กองยุทธศาสตร์และแผนงาน. (2563). *สรุปรายงานการปวย พ.ศ. 2562*. กระทรวงสาธารณสุข.
- จักรวาล ชมพูศรี และ อุษาวดี ถาวรระ. (2559). *แมลงสาบเจ้าวายร้ายในบ้านเรือน*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- ดวงรัตน์ เสือขำ. (2560). *บทที่ 8 สัตว์พาหะนำโรคและการควบคุม*. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.
- วาโร เพ็งสวัสดิ์. (2552). การวิจัยและการพัฒนา. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร*, 1(2), 1-122.

- สำนักงานคณะกรรมการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2548). *เศรษฐกิจพอเพียงคืออะไร* (พิมพ์ครั้งที่ 2).
สำนักงานคณะกรรมการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ และสำนักเทคโนโลยีสารสนเทศ. (2564). *คลังข้อมูลภาพ*.
<http://hdc.ntwo.moph.go.th/hdc/main/index.php>
- สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม. (2551). *คู่มือวิชาการอนามัยสิ่งแวดล้อมพื้นฐาน สำหรับเจ้าพนักงานสาธารณสุขตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535*. สำนักงานกิจการโรงพิมพ์ องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- สุเทพ ศิลปานันทกุล, รุ่งโรจน์ พุ่มริ้ว และสุเทพ ศิลปานันทกุล. (2561). *การเปรียบเทียบชนิดเหยื่อในการดักจับแมลงสาบด้วยกับดักขวดพลาสติก*. <https://bkkthon.ac.th>.
- สุนทร พิมพ์นนท์, รุ่งโรจน์ พุ่มริ้ว และสุเทพ ศิลปานันทกุล. (2563). *ความสามารถของกับดักแมลงสาบชนิดขวดพลาสติกและบ้านดักแมลงสาบในการดักจับแมลงสาบในบ้านเรือน*. <https://bkkthon.ac.th>.
- Rogers, & Shoemaker. (1971) *อ้างอิงใน มหาวิทยาลัยรามคำแหง*. (2564). *e-book นวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา*. <http://old-book.ru.ac.th/e-book/>

การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนโดยใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลาตรรกศาสตร์คลุมเครือ
ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทย

Precipitation forecasting using fuzzy logical time series analysis of
the Northeastern region in Thailand

รดา สมเชื่อน ¹ ณิชฎษา บรรทา ^{2*}

กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ¹

สาขาวิชาสถิติศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ²

*Corresponding author: E-mail: nitaya.bu@rmu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลาตรรกศาสตร์คลุมเครือ การดำเนินวิจัยใช้วิธีการวิจัยในเชิงปริมาณ ผลการวิจัย พบว่า ปริมาณน้ำฝนในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะไม่คงที่ โดยจังหวัดที่มีลักษณะปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นลดลงสลับกัน ได้แก่ จังหวัด นครพนม เลย และหนองคาย สำหรับจังหวัดที่มีปริมาณน้ำฝนแต่ละปีขึ้นลงค่อนข้างแตกต่างกันมาก มีปริมาณน้ำฝนไม่สม่ำเสมอ ได้แก่ จังหวัดขอนแก่น มหาสารคาม และ ชัยภูมิ จากการพยากรณ์ทางอนุกรมวิธานของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย พบว่าวิธีการที่นำเสนอแบบใหม่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน 8 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดหนองคาย สกลนคร ชัยภูมิ หนองบัวลำภู นครพนม กาฬสินธุ์ อุดรธานี และจังหวัดมหาสารคาม ส่วนวิธีการแบบดั้งเดิมเหมาะสมกับ 2 จังหวัด ได้แก่ เลย และขอนแก่น

คำสำคัญ : การพยากรณ์, ปริมาณน้ำฝน, การวิเคราะห์อนุกรม, ตรรกศาสตร์คลุมเครือ

Abstract

This research aims to study the precipitation forecasting in the Northeast region of Thailand using fuzzy time series analysis. This research used quantitative research. The results showed that the rainfall data in northeast region of Thailand is not stable. It is quite go up and down alternately, including Nakhon Phanom and Loei and Nong Khai. Some provinces have the pattern of rainfall quite different in each year, including Khon Kaen and Maha Sarakham and Chaiyaphum. The forecasting for upper area in the Northeast region of Thailand showed that the propose method is suitable for 8 provinces, include Nong Khai, Sakon Nakhon, Chaiyaphum, Nong Bua Lamphu, Nakhon Phanom,

Kalasin, Udon Thani, and Maha Sarakham province. The old method is suitable for 2 provinces, include Loei and Khon Kaen province.

Keywords: Forecasting; precipitation; time series analysis; fuzzy logic

บทนำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตทั้งมนุษย์ สัตว์ และพืช ฝนเป็นปัจจัยสำคัญในวัฏจักรของน้ำ เพราะช่วยรักษาสมดุลของสภาวะบรรยากาศ ภัยที่เกิดจากการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเป็นเวลานาน จนก่อให้เกิด ความแห้งแล้ง และส่งผลกระทบต่อชุมชน พื้นที่แห้งแล้ง เป็นสภาพอากาศที่แห้งและไม่มีน้ำ เกิดขึ้นเมื่อพื้นที่ที่ได้รับฝนตกน้อย ต่ำกว่า ค่าเฉลี่ย สิ่งที่มีผลมากที่สุดคือการเกษตรเนื่องจากภาวะฝนแล้ง และความไม่แน่นอนของสภาพอากาศ อุทกภัยเป็นภัยจากน้ำสามารถพบได้ทั่วไปในธรรมชาติ อุทกภัยสามารถก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรงให้ที่อยู่อาศัยของมนุษย์รวมถึงสร้างผลเสียหายแก่ระบบเศรษฐกิจ การจัดการทรัพยากรน้ำที่ชาญฉลาดควบคู่กับนโยบายการใช้ที่ดินของชาติที่มีประสิทธิภาพประเทศไทยจึงสามารถบรรเทาความเสียหายที่เกิดจากเหตุการณ์น้ำท่วมได้อีกทั้งยังสามารถเปลี่ยนปัญหาน้ำท่วมให้เกิดประโยชน์ได้อีกด้วย

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบสูง ในระดับความสูง เป็นพื้นที่การเกษตรขนาดใหญ่ แต่มีปัญหาและข้อจำกัดในการพัฒนาแหล่งน้ำ ส่งผลให้พื้นที่การเกษตรประสบภัยแล้งและอุทกภัยสลับกันทุกปี ผลผลิตทางการเกษตรของเกษตรกรเสียหายเป็นอย่างมาก แม้ว่าที่ผ่านมารัฐบาลประธานาธิบดีได้ดำเนินการพัฒนาแหล่งน้ำอย่างต่อเนื่อง แต่ก็ยังไม่สามารถเพิ่มสัดส่วนพื้นที่ชลประทานได้มากนักด้วยข้อจำกัดหลายๆ อย่าง พร้อมทั้งระบบการกักเก็บน้ำของเขื่อนต่าง ๆ ยังประสบปัญหาเรื่องการวางแผนการกักเก็บและปล่อยน้ำให้เหมาะสม(กรมอุตุนิยมวิทยา 2559) การพยากรณ์ทางอุตุนิยมวิทยาจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีและความรู้หลายสาขาและมีกระบวนการขั้นตอนที่ซับซ้อนเพราะเป็นการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของสภาพอากาศ จากงานวิจัยที่ผ่านมา มีนักวิจัยที่พยายามจะสร้างตัวแบบในการพยากรณ์ทางอุตุนิยมวิทยาโดยใช้หลักการหลายๆ อย่าง เช่น การสร้างแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น การสร้างแบบจำลองการถดถอยที่ไม่เป็นเชิงเส้น การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (สัจชัย, 2554, พันธ์ภาวิธา, 2556, น. 95-104, วราฤทธิ์, 2555, น. 1-12, วราพร, 2555, Li and Kozma, 2003, p. 347-352) เป็นต้น เนื่องด้วยข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นเป็นข้อมูลคลุมเครือ ไม่แน่นอน (Fuzzy data) จึงทำให้การพยากรณ์ผิดพลาดได้สูง (Chen and Hwang, 2000, p. 263-275, Chen, 2002, p. 1-6) ส่งผลให้ในปัจจุบันยังขาดโปรแกรมสำเร็จรูปในการพยากรณ์ทางอุตุนิยมวิทยาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย รัศมี (2542) ศึกษาการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อวางแผนการเพาะปลูกพืช โดยเปรียบเทียบตัวแบบ พยากรณ์จากการใช้เทคนิคการพยากรณ์สำหรับอนุกรมเวลาที่มีระดับ ค่าเฉลี่ยคงที่วิธีแยกส่วนประกอบ วิธีการพยากรณ์ของวินเตอร์ และ เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบออกซ์-เจนกินส์ โดย พิจารณาจากค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error: MAPE) ที่ต่ำที่สุด โดยศึกษากับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2529- 2539 เพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2540

ซึ่งนำมาใช้ในการพิจารณาเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ พบว่า วิธีแยกส่วนประกอบเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับลักษณะข้อมูลปริมาณน้ำฝนมากที่สุด สำหรับทุก จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอวิธีการสถิติใหม่สำหรับการพยากรณ์ทางอุตุนิยมิวิทยาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลาตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy time series analysis) (Huang, 2001, p. 369-386, Hsu and Chen, 2002, p. 17-22, chen and Hsu, 2004, p. 234-244) เพื่อให้การพยากรณ์ทางอุตุนิยมิวิทยามีความแม่นยำ และความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ลดลง เพื่อให้นำไปใช้งานให้เกิดประโยชน์ยิ่งขึ้น โดยโปรแกรมจะทำให้ค่าพยากรณ์ทางอุตุนิยมิวิทยาในแต่ละเขตพื้นที่ เรื่องสภาพอากาศที่จะเกิดขึ้น พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะ ให้เกษตรกรและหน่วยงานเกี่ยวกับการจัดการน้ำในแต่ละพื้นที่ การวางแผนการใช้น้ำอย่างเหมาะสม ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกร และผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำ เช่น วิศวกรชลประทาน วิศวกรผู้ประเมินโครงการสร้างเขื่อน ฯลฯ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้แก้ไขปัญหาหน้าท่วม ภัยแล้ง และการวางแผนการเพาะปลูกพืชทางการเกษตรได้ และเป็นแนวทางในการพัฒนาทรัพยากรน้ำต่อไป

เครื่องมือและวิธีการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย คือ ปริมาณน้ำฝนแต่ละวันของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ตั้งแต่ พ.ศ. 2553-2564 โดยสุ่มมาทั้งหมด 10 สถานีย่อย ได้แก่

- หนองคาย NONG KHAI (P1) - เลย LOEI (P2)
- อุดรธานี UDON THANI (P3) - ขอนแก่น KHON KAEN (P4)
- มุกดาหาร MUKDAHAN (P5) - มหาสารคาม MAHA SARAKHAM (P6)
- ชัยภูมิ CHAIYAPHUM (P7) - หนองบัวลำภู NONG BUA LAMPHU (P8)
- นครพนม NAKHON PHANOM (P9) - กาฬสินธุ์ KALASIN (P10)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ศึกษาในครั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งนำมาจาก สำนักงานสถิติแห่งชาติ สังกัดกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม รวบรวมโดย กรมอุตุนิยมิวิทยา กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม โดยข้อมูลที่ได้เป็นปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย พ.ศ. 2553-2564

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนทางอุตุนิยมิวิทยาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลาตรรกศาสตร์คลุมเครือซึ่งแตกต่างจากตรรกศาสตร์คลุมเครือมีการใช้หลักการของอนุกรมเวลาแบบดั้งเดิมคือว่าค่าของอนุกรมเวลา แต่ตรรกศาสตร์คลุมเครือที่เป็นตัวแทนจากเซตคลุมเครือมากกว่าค่าจริง ทำให้ U เป็นเอกภพสัมพัทธ์ที่ $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$ เซตคลุมเครือ (Zadeh, 1965, p. 338-353, Song 2003, p. 93-107) โดยกำหนดไว้ในเอกภพของบทความ U แสดงดังต่อไปนี้

$Z = f_z(t_1)/t_1 + f_z(t_2)/t_2 + \dots + f_z(t_n)/t_n$
 T หมายถึง เอกภพสัมพัทธ์ $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$
 โดยที่ Z เป็นเซตคลุมเครือของเอกภพสัมพัทธ์ U ที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้
 เมื่อ f_z หมายถึง ฟังก์ชันสมาชิกของเซต Z
 $F_z : T \rightarrow [0,1]$
 และ $f_z(t_i)$ หมายถึง ระดับของการเป็นสมาชิกของ t_i ในที่เซตคลุมเครือ Z
 $f(t_i)_z \in [0,1]$ โดยที่ $1 \leq i \leq n$
 $X(u)(u = \dots, 0, 1, 2, \dots)$ เป็นเอกภพสัมพัทธ์ เมื่อ $X(u) \subset R$
 $f(u)_z (i = 1, 2, \dots)$ ที่กำหนดใน $X(u)$
 และ $F(u)$ เป็นกลุ่มของ $f(u)(i = 1, 2, \dots)$
 $F(u)$ เป็นอนุกรมเวลาคคลุมเครือของ $X(u)(u = \dots, 0, 1, 2, \dots)$
 ถ้า $F(u-1) \rightarrow F(u)$ แล้วก็ $F(u) \rightarrow F(u-1) \circ R(u, u-1)$ ที่ \circ หมายถึง ค่าต่ำสุดและ
 สูงสุดของตัวประกอบ
 $R(u, u-1)$ เป็นความสัมพันธ์คลุมเครือระหว่าง $F(u)$ และ $F(u-1)$
 $R(u, u-1)$ 1 เป็นตัวแบบลำดับแรกของ $F(u)$
 ถ้า $R(u, u-1) \circ R(u-1, u-2)$ สำหรับช่วงเวลาใด ๆ ของ u ก็ต่อเมื่อ $F(u)$ เป็นเวลาที่หาค่า
 ไม่ได้ของอนุกรมเวลาคคลุมเครือ
 ถ้า $R(u, u-1)$ ขึ้นอยู่กับเวลา u ก็ต่อเมื่อเป็น $R(u, u-1) \neq R(u-1, u-2)$ สำหรับ u ใดๆ
 ดังนั้น $F(u)$ เป็นเวลาที่หาค่าไม่ได้ของอนุกรมเวลาคคลุมเครือ
ขั้นตอนการวิเคราะห์อนุกรมเวลาคคลุมเครือใช้ตัวแบบอนุกรมเวลาคคลุมเครือ
ขั้นตอนที่ 1: กำหนดเอกภพสัมพัทธ์ของ U และการแบ่งระยะเวลาเท่ากันหลาย
 ช่วง $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$ ตัวอย่างเช่นสมมติว่าเอกภพสัมพัทธ์ $U = [500, 3000]$ จะถูกแบ่งออกเป็นสิบ
 และ $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8, u_9, u_{10}$ เมื่อ
 $u_1 = [500, 750]$
 $u_2 = [750, 1000]$
 $u_3 = [1000, 1250]$
 $u_4 = [1250, 1500]$
 $u_5 = [1500, 1750]$
 $u_6 = [1750, 2000]$
 $u_7 = [2000, 2250]$
 $u_8 = [2250, 2500]$
 $u_9 = [2500, 2750]$
 $u_{10} = [2750, 3000]$

ขั้นตอนที่ 2: การหาความถี่ของข้อมูลในแต่ละช่วง เพื่อดูว่าข้อมูลนั้นตกในช่วงใด

ขั้นตอนที่ 3: กำหนดเซตวิภาษนัยแต่ละ A_i ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาใหม่ และแบ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝน
คลุมเครือ ที่เซตวิภาษนัย A_i ค่าของข้อมูลปริมาณน้ำฝน โดยใช้เซตวิภาษนัยและ $1 \leq i \leq 10$ ตัวอย่างเช่น

$$A_1 = \text{Not many}$$

$$A_2 = \text{Not too many}$$

$$A_3 = \text{Not too-too many}$$

$$A_4 = \text{Many}$$

$$A_6 = \text{Too many}$$

$$A_7 = \text{Too-too many}$$

$$A_8 = \text{Many many}$$

$$A_9 = \text{Very many}$$

$$A_{10} = \text{Very very many many}$$

กำหนดดังนี้

$$A_1 = 1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10}$$

$$A_2 = 0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10}$$

$$A_3 = 0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + 0.5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10}$$

$$A_4 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0.5/u_3 + 1/u_4 + 0.5/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10}$$

$$A_5 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0.5/u_4 + 1/u_5 + 0.5/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10}$$

$$A_6 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0.5/u_5 + 1/u_6 + 0.5/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10}$$

$$A_7 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0.5/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0/u_9 + 0/u_{10}$$

$$A_8 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0.5/u_7 + 1/u_8 + 0.5/u_9 + 0/u_{10}$$

$$A_9 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0.5/u_8 + 1/u_9 + 0.5/u_{10}$$

$$A_{10} = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 + 0.5/u_9 + 1/u_{10}$$

ขั้นตอนที่ 4: สร้างความสัมพันธ์เชิงตรรกศาสตร์คลุมเครือบนพื้นฐานของข้อมูลปริมาณน้ำฝนโดยใช้
ตรรกศาสตร์คลุมเครือ ดังนี้

$$A_j \rightarrow A_q$$

$$A_j \rightarrow A_r$$

ในกรณีที่มีความสัมพันธ์ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Voskoglou, 2012, p. 1-10, Voskoglou, 2013, p. 208-221, Voskoglou and Subbotin, 2015, p. 43-55) " $A_j \rightarrow A_q$ " หมายถึง "ถ้าปริมาณน้ำฝนโดยใช้
ตรรกศาสตร์คลุมเครือของปีที่ $n-1$ เป็น A_j แล้วข้อมูลตรรกศาสตร์คลุมเครือของปี n เป็น A_q " สำหรับตัวอย่าง
ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ ข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนที่ 3 เราจะได้ความสัมพันธ์เชิง
ตรรกศาสตร์คลุมเครือ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์เชิงตรรกศาสตร์คลุมเครือ

$A_7 \rightarrow A_3$	$A_4 \rightarrow A_2$	$A_5 \rightarrow A_2$
$A_4 \rightarrow A_6$	$A_2 \rightarrow A_4$	$A_2 \rightarrow A_5$
$A_6 \rightarrow A_{11}$	$A_4 \rightarrow A_6$	$A_5 \rightarrow A_1$
$A_{11} \rightarrow A_9$	$A_6 \rightarrow A_9$	$A_1 \rightarrow A_1$
$A_9 \rightarrow A_7$	$A_9 \rightarrow A_8$	$A_1 \rightarrow A_1$
$A_7 \rightarrow A_4$	$A_8 \rightarrow A_5$	$A_1 \rightarrow A_1$
$A_4 \rightarrow A_4$	$A_5 \rightarrow A_5$	$A_1 \rightarrow A_1$

ขั้นตอนที่ 5: เลือก ω พหามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ $\omega > 1$ การคำนวณ $R^\omega(u, u-1)$ และการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนดังต่อไปนี้ $F(\mu) = F(\mu-1) \circ R^\omega(\mu, \mu-1)$ ที่ $F(u)$ หมายถึง การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนคลุมเครือของปี u

$F(\mu-1)$ หมายถึงปริมาณน้ำฝนคลุมเครือของปี $u-1$

$$R^\omega(\mu, \mu-1) = F^T(\mu-2) \times F(\mu-1) \cup F^T(\mu-1) \times F(\mu-2) \cup \dots \cup F^T(\mu-\omega) \times F(\mu-\omega+1)$$

เมื่อ ω เป็นตัวแบบพื้นฐานแสดงถึงจำนวนของปีที่ผ่านมา u

X คือ ผลคูณคาร์ทีเซียน

T เป็นตัวดำเนินการคูณ

ขั้นตอนที่ 6: การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนคลุมเครือให้เป็นค่าปกติโดยใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ประมวลผล โดยที่การจะแบ่งแต่ละช่วงมาในขั้นตอนที่ 2 เป็น 4 ช่วงย่อยของความยาวที่ 0.25 – point จะใช้เป็น upward 0.75 – point จะใช้เป็น downward และจุดการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธีการมาใช้อย่างต่อไปนี้

วิธีการเดิม

$$\text{ถ้า } \left| \frac{(X_{n-2} - X_{n-1})}{2} \right| > (\text{ความยาวของช่วงเวลา}/2)$$

นั่นคือค่าพยากรณ์ตกอยู่ในช่วง 0.75 – point

$$\text{ถ้า } \left| \frac{(X_{n-2} - X_{n-1})}{2} \right| = (\text{ความยาวของช่วงเวลา}/2)$$

นั่นคือค่าพยากรณ์ตกอยู่ในช่วงจุดกึ่งกลางของช่วง

$$\text{ถ้า } \left| \frac{(X_{n-2} - X_{n-1})}{2} \right| < (\text{ความยาวของช่วงเวลา}/2)$$

นั่นคือค่าพยากรณ์ตกอยู่ในช่วง 0.25 – point (Olatayo and Taiwo, 2014)

วิธีการใหม่

$$\text{ถ้า } \frac{|(X_{n-1} - X_{n-2}) - (X_{n-2} - X_{n-3})|}{2} + X_{n-1}$$

$$\text{หรือ } X_{n-1} - \frac{|(X_{n-1} - X_{n-2}) - (X_{n-2} - X_{n-3})|}{2}$$

ตกอยู่ในช่วงเวลาที่สอดคล้องกันกับปริมาณน้ำฝนคลุมเครือ A_j มีค่าสมาชิกเท่ากับ 1 นั้นเป็นค่าพยากรณ์ตกอยู่ในช่วง 0.25 – point

$$\text{ถ้า } \left[|(X_{n-1} - X_{n-2}) - (X_{n-2} - X_{n-3})| \times 2 \right] + X_{n-1}$$

$$\text{หรือ } X_{n-1} - \left[|(X_{n-1} - X_{n-2}) - (X_{n-2} - X_{n-3})| \times 2 \right]$$

นั่นคือค่าพยากรณ์ตกอยู่ในช่วง 0.75 – point ถ้าไม่เป็นเช่นนั้นก็จะให้ปริมาณน้ำฝนที่พยากรณ์เป็นค่ากลางของระยะห่าง (Olatayo and Taiwo, 2014)

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการพยากรณ์

ในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (MSE) เพื่อเปรียบเทียบการพยากรณ์ผลด้วยวิธีการที่แตกต่างกันการพยากรณ์ที่คลาดเคลื่อนจะถูกคำนวณเป็นดังต่อไปนี้

$$MSE = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (\text{Actual rain fall}_i - \text{forecasted rain fall})^2 \right]}{n}$$

เมื่อ ปริมาณน้ำฝนจริง (actual rainfall) หมายถึง ปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นจริงของปีที่ i

และ ปริมาณน้ำฝนพยากรณ์ (forecasted rainfall) หมายถึง ปริมาณน้ำฝนที่พยากรณ์ของปีที่ i

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการศึกษาการพยากรณ์ค่าปริมาณน้ำฝนรายปี และความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ พบว่า ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ตั้งแต่ พ.ศ. 2554-2563 ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 2 สถิติปริมาณฝนของแต่ละสถานีอุตุนิยมวิทยา พ.ศ.2554-2563 (มิลลิเมตร)

ปี พ.ศ.	จังหวัด									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
2554	2,409	1,972	1,715	1,230	1,775	1,366	1,274	1,957	1,209	1,805
2555	1,517	1,021	855	1,377	1,047	1,458	1,077	1,615	1,029	983
2556	1,527	1,549	1,352	1,000	1,752	1,214	1,333	1,797	1,306	1,608
2557	1,573	1,078	1,307	943	1,243	1,494	794	1,881	977	1,389
2558	1,524	862	1,129	999	1,014	832	913	1,259	1,171	1,259
2559	1,694	1,216	1,374	1,403	1,286	1,555	833	1,560	933	1,628
2560	1,590	1,239	1,512	1,467	1,517	1,811	915	1,471	980	1,545
2561	1,693	1,099	1,423	1,222	1,632	1,332	1,039	1,323	1,380	1,366
2562	1,375	1,150	1,324	937	1,379	995	951	1,527	992	1,546
2563	1,405	1,271	1,160	1,202	1,300	1,366	1,343	2,036	1,178	1,522

ตารางที่ 3 ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ ของสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดหนองคาย

ปี พ.ศ.	วิธีการเดิม	วิธีการใหม่
2554	140.58	-131.30
2555	-120.30	-79.08
2556	-68.08	-39.55
2557	-28.55	-187.38
2558	-176.38	-46.85
2559	-35.85	-156.04
2560	-145.04	8.66
2561	19.66	72.89
2562	83.89	-85.64
2563	-74.64	-131.30
MSE	6,356.52	5,905.88

ตารางที่ 4 ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ ของสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเลย

ปี พ.ศ.	วิธีการเดิม	วิธีการใหม่
2554	-95.27	-106.27
2555	-80.50	-91.50
2556	154.00	143.00
2557	-78.07	-89.07
2558	95.75	84.75
2559	-138.63	-149.63
2560	-212.31	-223.31
2561	220.42	209.42
2562	-16.93	-27.93
2563	-68.43	-79.43
MSE	11,988.09	10,402.61

ตารางที่ 5 ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ ของสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดอุดรธานี

ปี พ.ศ.	วิธีการเดิม	วิธีการใหม่
2554	121.94	110.94
2555	-27.98	-38.98
2556	164.07	153.07
2557	20.42	9.42
2558	64.39	53.39
2559	-84.40	-95.40
2560	-20.72	-31.72
2561	84.28	73.28
2562	-95.97	-106.97
2563	103.69	92.69
MSE	6,473.06	6,137.76

ตารางที่ 6 ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ ของสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดขอนแก่น

ปี พ.ศ.	วิธีการเดิม	วิธีการใหม่
2554	133.93	122.93
2555	116.47	105.47
2556	-105.96	-116.96
2557	35.40	24.40
2558	157.30	146.30
2559	192.64	181.64
2560	162.68	151.68
2561	-43.02	-54.02
2562	112.54	101.54
2563	-249.10	-260.10
MSE	13,775.20	12,615.64

ตารางที่ 7 ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ ของสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดมุกดาหาร

ปี พ.ศ.	วิธีการเดิม	วิธีการใหม่
2554	-63.19	-74.19
2555	210.16	199.16
2556	356.44	345.44
2557	75.61	64.61
2558	394.45	383.45
2559	208.12	197.12
2560	341.47	330.47
2561	71.11	60.11
2562	-15.23	-26.23
2563	-289.72	-300.72
MSE	29,613.00	27,945.76

ตารางที่ 8 ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ ของสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดมหาสารคาม

ปี พ.ศ.	วิธีการเดิม	วิธีการใหม่
2554	68.86	57.86
2555	3.02	-7.98
2556	168.00	157.00
2557	27.47	16.47
2558	69.34	58.34
2559	-30.56	-41.56
2560	-58.51	-69.51
2561	-73.08	-84.08
2562	145.47	134.47
2563	23.51	12.51
MSE	9,830.54	9,660.00

ตารางที่ 9 ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ ของสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดชัยภูมิ

ปี พ.ศ.	วิธีการเดิม	วิธีการใหม่
2554	-15.81	-26.81
2555	-21.41	-32.41
2556	12.37	1.37
2557	-49.81	-60.81
2558	41.28	30.28
2559	79.66	68.66
2560	1.34	-9.66
2561	57.58	46.58
2562	89.62	78.62
2563	79.25	68.25
MSE	2,565.03	2,376.11

ตารางที่ 10 ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ ของสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดหนองบัวลำภู

ปี พ.ศ.	วิธีการเดิม	วิธีการใหม่
2554	-18.86	-29.86
2555	38.58	27.58
2556	-24.31	-35.31
2557	25.94	14.94
2558	-21.60	-32.60
2559	-24.42	-35.42
2560	15.33	4.33
2561	21.96	10.96
2562	-52.55	-63.55
2563	44.19	33.19
MSE	841.87	764.78

ตารางที่ 11 ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ ของสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดนครพนม

ปี พ.ศ.	วิธีการเดิม	วิธีการใหม่
2554	-43.94	-54.94
2555	14.06	3.06
2556	50.18	39.18
2557	-91.12	-92.12
2558	33.31	22.31
2559	-83.48	-94.48
2560	140.39	129.39
2561	144.41	133.41
2562	7.40	-3.60
2563	-179.85	-190.85
MSE	7,965.51	6,949.32

ตารางที่ 12 ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ ของสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดกาฬสินธุ์

ปี พ.ศ.	วิธีการเดิม	วิธีการใหม่
2554	-85.58	-96.58
2555	135.03	124.03
2556	364.96	353.96
2557	66.56	55.56
2558	-296.83	-307.83
2559	192.52	181.52
2560	164.91	153.91
2561	155.00	144.00
2562	81.94	70.94
2563	-192.08	-203.08
MSE	13,407.72	12,123.43

จากตารางที่ 2-11 การค่าพยากรณ์ปริมาณฝนรวม ในช่วงปี พ.ศ.2554-2563 พบว่า การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาคลุ่มเครือใช้ตัวแบบอนุกรมเวลาคลุ่มเครือโดยใช้วิธีการใหม่ มีประสิทธิภาพสูงกว่าการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาคลุ่มเครือใช้ตัวแบบอนุกรมเวลาคลุ่มเครือด้วยวิธีการเดิม

สรุปผลและเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

1. ลักษณะข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย พบว่า ปริมาณน้ำฝนในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะไม่ค่อยคงที่ โดยจังหวัดที่มีลักษณะปริมาณน้ำฝนไม่คงที่ขึ้นลงสลับกันได้แก่ จังหวัด อุบลราชธานี และนครราชสีมา สำหรับจังหวัดที่มีลักษณะปริมาณน้ำฝนค่อนข้างสม่ำเสมอ ได้แก่ จังหวัดหนองคาย เลย มุกดาหาร และสุรินทร์ สำหรับจังหวัดที่มีปริมาณน้ำฝนแต่แต่ละปีขึ้นลงค่อนข้างแตกต่างกันมาก มีปริมาณน้ำฝนไม่สม่ำเสมอ ได้แก่ จังหวัดขอนแก่น และมหาสารคาม

2. ตัวแบบสถิติสำหรับการพยากรณ์ทางอุตุนิยมวิทยาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย โดยใช้การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาตรรกศาสตร์คลุ่มเครือ การศึกษาครั้งนี้พบว่าตัวแบบสถิติสำหรับการพยากรณ์ทางอุตุนิยมวิทยาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย โดยใช้การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาตรรกศาสตร์คลุ่มเครือด้วยวิธีการใหม่ เมื่อนำไปใช้พยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในแต่ละจังหวัด จะมีความเหมาะสมกับข้อมูลของจังหวัดหนองบัวลำภูที่สุด และรองลงมาคือจังหวัดชัยภูมิ เนื่องจากตัวแบบดังกล่าวเกิดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ต่ำที่สุด นั่นคือตัวแบบนี้เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีความสม่ำเสมอ และจังหวัดที่เกิดความคลาดเคลื่อน

เอกสารอ้างอิง

- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2559). การประเมินผลกระทบของสภาวะฝนที่มีต่อพืชในประเทศไทยปีที่ 10 (2 กรกฎาคม 2555). กรุงเทพฯ : กรม
- พัฒนภัฏาริษา ของทิพย์. (2556). การสร้างแบบจำลองค่าสุดขีดปริมาณน้ำฝนประจำปีในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 18(1), น. 95-104.
- วราพร งามสุข. (2555). การพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยการเปรียบเทียบวิธีแบบฉบับและวิธีบอกซ์-เจนกินส์กรณีศึกษาจนวนการเกิดอุบัติเหตุในประเทศไทย. (วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
- วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศล. (2552). การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนขอสถานีอุตุนิยมวิทยาและสถานีอากาศเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 17(2), น. 1-12.
- สัณชัย เตียมประเสริฐ. (2554). การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวัน ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บริเวณพื้นที่ราบลุ่มน้ำเจ้าพระยา. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Chen, S.M. (2002). Forecasting enrollment based on high order fuzzy time series. *cybernetics and systems : An international journal*, 33(1), p. 1-16.
- Chen,S.M. and Hsu,C.C (2004). A new method of forecasting enrollment using fuzzy time series. *International Journal of Applied Science and Engineering*, 2(3), p. 234-244.
- Chen,S.M and Hwang, J.R. (2000). Temperature prediction using fuzzy time series. *IEEE Transaction on systems, man, and cybernetics-part B (cybernetics)*, 30(2), p. 263-275.
- Hsu,C.C and Chen,S.M. (2002). A new method of forecasting enrollment based on fuzzy time series. *Proceeding of seventh conference on artificial intelligence and applications,Taichung* (p. 17-22).
- Huang, K. (2001). Heuristic models of fuzzy time series for forecasting. *Fuzzy sets and systems*, 123(3), p. 369-386.
- Li, H. and Kozma, R. (2003). A dynamic neural network method for time series prediction using the KILL model. *Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks*, p. 347-352.
- Olatayo, T. O. and Taiwo, A. I. (2014). Statistical Modelling and Prediction of Rainfall Time Series Data, *Glob. J. Comput. Sci. Technol.* 14(1).
- Song, Q. (2003). A note on fuzzy time series model selection with sample auto correction functions. *cybernetics and systems: An international journal*, 34(2), p. 93-107.

- Voskoglou, M.G. (2012). A fuzzy model for analogical problem solving. *International Journal of Fuzzy Logic Systems*, 2(1), p. 1-10.
- Voskoglou, M.G. (2013). Fuzzy Logic as a Tool for Assessing Students' Knowledge and Skills. *Educ. Sci.*, 3, p. 208-221.
- Voskoglou, M.G. and Subbotin, I.Y. (2015). A Fuzzy Model for Measuring the Student Learning Based on Bloom's Taxonomy. *Egyptian Computer Science Journal*, 39(2), p. 43-55.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), p. 338-353.

พฤติกรรมการป้องกันการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ของประชาชนที่มีความ
หลากหลายทางชาติพันธุ์ อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย

Preventive behaviors of the Coronavirus disease 2019 epidemic of people of diverse
ethnic backgrounds Muang Chiang Rai District, Chiang Rai Province

จุฑามาศ เมืองมูล^{1*} มณูเชษฐ์ มะโนธรรม² วรัญญา มณีรัตน์³ อารีย์ จอแย⁴

สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย^{1,2,3}

สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย⁴

*Corresponding author: E-mail: Som.jut@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการป้องกันการแพร่ระบาดของไวรัส โคโรนา 2019 ของประชาชนที่มีความหลากหลายทางชาติพันธุ์ อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย กลุ่มตัวอย่าง คือ ประชาชนกลุ่มชาติพันธุ์อายุระหว่าง 15-90 ปี จำนวน 452 คน ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถามวิจัยโดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ที่ผ่านการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้เท่ากับ 0.75 และค่าความเที่ยงใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ได้เท่ากับ 0.82 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา คือ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษาพบว่าประชาชนส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 56.0) อายุ 20-30 ปี มีจำนวนมากที่สุด (ร้อยละ 35.2) ส่วนใหญ่สถานภาพสมรส (ร้อยละ 57.5) ระดับการศึกษาสูงสุดมัธยมศึกษา (ร้อยละ 37.8) มีกลุ่มชาติพันธุ์ลาหู่มากที่สุด (ร้อยละ 52.6) และพฤติกรรมการป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี (ร้อยละ 55.8) และพบว่าข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือการตรวจวัดอุณหภูมิทุกครั้ง ก่อนเข้าใช้บริการสถานที่อยู่ในระดับดี ($\bar{X} \pm S.D. = 2.86 \pm 0.35$) รองลงมาคือการรับประทานอาหารสุก สะอาด ($\bar{X} \pm S.D. = 2.79 \pm 0.40$) และข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือการใช้ช้อนกลางของตนเองขณะรับประทานอาหารร่วมกับผู้อื่น ($\bar{X} \pm S.D. = 1.44 \pm 0.50$) โดยผลการวิจัยของกลุ่มชาติพันธุ์ในพื้นที่ครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางให้หน่วยงานทางด้านสาธารณสุขในเรื่องพฤติกรรมป้องกันการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 บนพื้นที่สูง

คำสำคัญ : ไวรัสโคโรนา 2019; พฤติกรรม; กลุ่มชาติพันธุ์

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the prevention behavior of the Corona virus 2019 epidemic among people of diverse ethnic backgrounds Mueang Chiang Rai District Chiang Rai Province. This research aimed to study the prevention behavior of the Corona virus 2019 epidemic among people of diverse ethnic backgrounds. The sample group consisted of 452 ethnic people aged 15-90 years using a simple random sampling method. The instrument used was a research questionnaire which was divided into 5 parts, which was checked for the conformity index by 3 experts equal to 0.75 and the reliability using Cronbach's alpha coefficient was equal to 0.82 Data were analyzed by using descriptive statistics, i.e. frequency, percentage, mean and standard deviation (S.D.).

The results showed that most of the people were male (56.0%), aged 20-30 years, the highest number (35.2%) and the most were marital status (57.5%), the highest level of secondary education (37.8%). The most Lahu ethnic group (52.6 percent) and the prevention of coronavirus disease 2019 epidemic prevention behaviors were mostly at good level (55.8%) the people was to check the temperature every time before entering the service at a good level ($\bar{X} \pm S.D. = 2.86 \pm 0.35$) and followed by eating clean, cooked food ($\bar{X} \pm S.D. = 2.79 \pm 0.40$) and the least average question was about using one's center spoon while sharing meals with others. ($\bar{X} \pm S.D. = 1.44 \pm 0.50$). The results of this research of ethnic groups in this area can be used as a guideline for public health agencies in the prevention of the spread of the 2019 coronavirus disease in the highlands.

Keywords: Coronavirus 2019; Behavior; Ethnic Groups

บทนำ

ปัจจุบันสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เป็นสาเหตุทำให้เกิดความเจ็บป่วยและประเทศไทยกำลังมีการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ข้อมูลขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization:WHO, 2020) เมื่อวันที่ 3 พฤษภาคม พ.ศ. 2563 มีผู้ติดเชื้อทั่วโลกสะสมประมาณ 3 ล้านราย ผู้เสียชีวิตประมาณ 2 แสนราย และยังคงตรวจพบผู้ติดเชื้อรายใหม่รวมถึงผู้เสียชีวิตรายใหม่อย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลของกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข (Department of Disease Control, Ministry of Public Health, 2020) วันที่ 3 พฤษภาคม พ.ศ.2563 เป็นสาเหตุทำให้เกิดความเจ็บป่วย ในช่วงปลายปี 2019 โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่เพิ่งมีการค้นพบใหม่ไม่เคยมีการพบเชื้ในคนมาก่อนโดยพบครั้งแรกที่เมืองอู่ฮั่น มณฑลหูเป่ย์ สาธารณรัฐประชาชนจีน (กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข,2563) ไวรัสสามารถแพร่กระจายจากคนสู่คนได้ผ่านทาง การไอ จาม สัมผัส น้ำมูก น้ำลาย ซึ่งในปี พ.ศ. 2564 จังหวัดเชียงราย พบผู้ป่วยโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ยืนยันสะสม 2,051 ราย และเสียชีวิตสะสม 24 รายและทาง

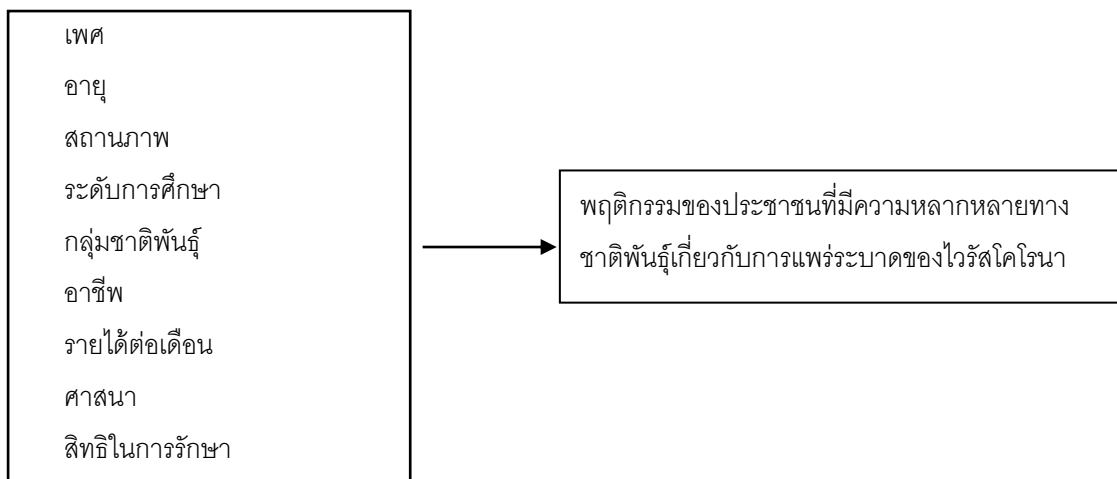
โรงพยาบาลสามารถรักษาจนหายจึงจะสามารถกลับบ้านได้ จำนวน 1,530 ราย (สำนักงานสาธารณสุขจังหวัด
เชียงราย, 2564)

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาในกลุ่มตัวอย่างของประชาชนที่มีความหลากหลายทางชาติพันธุ์
ที่อาศัยบนพื้นที่สูง ห่างไกลความเจริญ ในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย เกี่ยวกับในการแพร่ระบาดของไวรัสโคโร
นา 2019

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยภาคตัดขวางครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการป้องกันการแพร่ระบาดของไวรัสโคโร
นา 2019 ของประชาชนที่มีความหลากหลายทางชาติพันธุ์ อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย กลุ่มตัวอย่าง
คือ ประชาชนกลุ่มชาติพันธุ์อายุระหว่าง 15-90 ปี จำนวน 452 คน ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple random
sampling) เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถามเพื่อวัดความเที่ยงตรงที่ผ่านการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง
จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้เท่ากับ 0.75 และค่าความเที่ยงใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค
(Chronbach's alpha coefficient) ได้เท่ากับ 0.82 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา คือ ความถี่ ร้อยละ
ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำแบบสอบถามไปทดสอบเครื่องมือที่อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย
ซึ่งแบบสอบถามวิจัยโดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ซึ่งในแบบสอบถามพฤติกรรมของประชาชนที่มี
ความหลากหลายทางชาติพันธุ์เกี่ยวกับการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 จะแบ่งจะเป็นมาตรประมาณค่า
1-3 ของลิเคิร์ต (1-3 Likert Scale) โดยปฏิบัติเป็นประจำ หมายถึง ปฏิบัติ 4-7 ครั้ง ต่อสัปดาห์ ปฏิบัติบางครั้ง
หมายถึง ปฏิบัติต่ำกว่า 4 ครั้งต่อสัปดาห์ ไม่เคยปฏิบัติ หมายถึงไม่เคยปฏิบัติเลย

กรอบแนวคิดการวิจัย



ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่าประชาชนส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 56.0) อายุ 20-30 ปีมีจำนวนมากที่สุด (ร้อยละ 35.2) ส่วนใหญ่สถานภาพสมรส (ร้อยละ 57.5) ระดับการศึกษาสูงสุดมัธยมศึกษา (ร้อยละ 37.8) มีกลุ่มชาติพันธุ์ล้ามากที่สุด (ร้อยละ 52.6) อาชีพเกษตรกร (ร้อยละ 56.6) รายได้ต่อเดือน น้อยกว่า 10,000 บาท (ร้อยละ 82.1) ศาสนาคริสต์ (ร้อยละ 52.2) สิทธิในการรักษาบัตรทอง (ร้อยละ 69.3) และพฤติกรรมกำบังกันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี (ร้อยละ 55.8) และพบว่าข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือการตรวจวัดอุณหภูมิทุกครั้งก่อนเข้าใช้บริการสถานที่อยู่ในระดับดี ($\bar{X} \pm S.D. = 2.86 \pm 0.35$) รองลงมาคือการรับประทานอาหารสุก สะอาดอยู่ในระดับดี ($\bar{X} \pm S.D. = 2.79 \pm 0.40$) หลีกเลี่ยงการใกล้ชิดกับผู้ป่วยที่มีอาการไอ จาม น้ำมูกไหล เหนื่อยหอบ เจ็บคออยู่ในระดับดี ($\bar{X} \pm S.D. = 2.70 \pm 0.46$) หลีกเลี่ยงการเดินทางไปในพื้นที่เสี่ยงอยู่ในระดับดี ($\bar{X} \pm S.D. = 2.69 \pm 0.47$) การเว้นระยะห่างจากคนอื่นประมาณ 1-2 เมตรในทุกกิจกรรมอยู่ในระดับดี ($\bar{X} \pm S.D. = 2.66 \pm 0.47$) การไม่ใช้ของส่วนตัวร่วมกับผู้อื่นอยู่ในระดับดี ($\bar{X} \pm S.D. = 2.59 \pm 0.49$) หลีกเลี่ยงการใกล้ชิด สัมผัสสัตว์ต่าง ๆ โดยที่ไม่มีกำบังกันอยู่ในระดับดี ($\bar{X} \pm S.D. = 2.57 \pm 0.50$) การสวมหน้ากากอนามัย/หน้ากากผ้าเมื่ออยู่กับผู้อื่นอยู่ในระดับดี ($\bar{X} \pm S.D. = 2.57 \pm 0.50$) การระมัดระวังการสัมผัสพื้นผิวที่ไม่สะอาดอยู่ในระดับดี ($\bar{X} \pm S.D. = 2.57 \pm 0.50$) การทำความสะอาดร่างกายโดยการอาบน้ำเมื่อกลับเข้าบ้านทุกครั้งอยู่ในระดับดี ($\bar{X} \pm S.D. = 2.56 \pm 0.50$) การไม่รับประทานอาหารร่วมสำรับเดียวกันอยู่ในระดับดี ($\bar{X} \pm S.D. = 2.54 \pm 0.50$) การแยกทิ้งหน้ากากอนามัยจากขยะอื่นๆหรือรวมใส่ถุงขยะไว้โดยเฉพาะอยู่ในระดับดี ($\bar{X} \pm S.D. = 2.53 \pm 0.50$) การล้างมือให้สม่ำเสมอด้วยสบู่ หรือแอลกอฮอล์เจลอย่างน้อย 20 วินาที หลังทำกิจกรรมเสร็จอยู่ในระดับดี ($\bar{X} \pm S.D. = 2.52 \pm 0.50$) การไม่นำมือมาสัมผัส จมูก ปาก ขณะที่ไม่ได้ล้างมืออยู่ในระดับดี ($\bar{X} \pm S.D. = 2.46 \pm 0.51$) และข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือการใช้ช้อนกลางของตนเองขณะรับประทานอาหารร่วมกับผู้อื่น ($\bar{X} \pm S.D. = 1.44 \pm 0.50$)

ซึ่งทำให้พบว่างานวิจัยพฤติกรรมกำบังกันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของประชาชนที่มีความหลากหลายทางชาติพันธุ์ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี (ร้อยละ 55.8) สอดคล้องกับ ณัฐวรรณ คำแสน (2564) ศึกษาวิจัยเรื่องความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมในการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อไวรัสโคโรนา-19 ของประชาชนในเขตอำเภออุ้มผาง จังหวัดสุพรรณบุรี อยู่ในระดับดี และสอดคล้องกับ รวี ถิ่นปรีเปรม และคณะ (2564) ศึกษาวิจัยเรื่องความรู้และพฤติกรรมกำบังกันตนเองจากการติดเชื้อไวรัสโคโรนา สายพันธุ์ใหม่ 2019 ของนักศึกษาคณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ อยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับธานี กล่อมใจ และคณะ (2563) ศึกษาวิจัยเรื่องความรู้และพฤติกรรมของประชาชนเรื่องกำบังกันตนเอง จากการติดเชื้อไวรัสโคโรนา สายพันธุ์ใหม่ 2019 อยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับการศึกษาของ Zhong et al. (2020) พบว่าประชาชนชาวจีนมีการปฏิบัติเพื่อป้องกันกำบังกันการติดเชื้อไวรัสโคโรนา-19 เป็นอย่างดี

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับพฤติกรรมกำบังกันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส
โคโรนา 2019 ของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อ	ข้อความ	\bar{X}	S.D.	ระดับ
1.	ท่านสวมหน้ากากอนามัย/หน้ากากผ้าเมื่ออยู่กับผู้อื่น	2.57	0.50	ดี
2.	ท่านล้างมือให้สะอาดด้วยสบู่ หรือแอลกอฮอล์เจล อย่างน้อย 20 วินาที หลังทำกิจกรรมเสร็จ	2.52	0.50	ดี
3.	ท่านไม่นำมือมาสัมผัส จมูก ปาก ขณะที่ไม่ได้ล้างมือ	2.46	0.51	ดี
4.	ท่านหลีกเลี่ยงการใกล้ชิด สัมผัสสัตว์ต่าง ๆ โดยที่ไม่มีการ ป้องกัน	2.57	0.50	ดี
5.	ท่านรับประทานอาหารสุก สะอาด	2.79	0.40	ดี
6.	ท่านทำความสะอาดร่างกายโดยการอาบน้ำ เมื่อกลับเข้าบ้านทุกครั้ง	2.56	0.50	ดี
7.	ท่านหลีกเลี่ยงการเดินทางไปในพื้นที่เสี่ยง	2.69	0.47	ดี
8.	ท่านระมัดระวังการสัมผัสพื้นผิวที่ไม่สะอาด	2.57	0.50	ดี
9.	ท่านเว้นระยะห่างจากคนอื่นประมาณ 1-2 เมตรในทุก กิจกรรม	2.66	0.47	ดี
10.	ท่านหลีกเลี่ยงการใกล้ชิดกับผู้ป่วยที่มีอาการไอ จาม น้ำมูก ไหล เหนื่อยหอบ เจ็บคอ	2.70	0.46	ดี
11.	ท่านไม่ใช้ของส่วนตัวร่วมกับผู้อื่น	2.59	0.49	ดี
12.	ท่านแยกทิ้งหน้ากากอนามัยจากขยะอื่นๆหรือรวมใส่ถุงขยะ ไว้โดยเฉพาะ	2.53	0.50	ดี
13.	ท่านไม่รับประทานอาหารร่วมสำรับเดียวกัน	2.54	0.50	ดี
14.	ท่านใช้ช้อนกลางของตนเองขณะรับประทานอาหารร่วมกัน กับผู้อื่น	1.44	0.50	ควรปรับปรุง
15.	ท่านตรวจวัดอุณหภูมิทุกครั้งก่อนเข้าใช้บริการสถานที่	2.86	0.35	ดี
เฉลี่ยรวม		2.54	0.35	ดี

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามพฤติกรรมการป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (n=452)

ระดับพฤติกรรมการป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระดับดี (ค่าเฉลี่ย 2.36 – 3.00)	252	55.8
ระดับพอใช้ (ค่าเฉลี่ย 1.68 – 2.35)	200	44.2
ระดับควรปรับปรุง (ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.67)	0	0.0
รวม	452	100.0

สรุปผลและเสนอแนะ

ผลการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในพื้นที่ของกลุ่มชาติพันธุ์ที่อาศัยบนพื้นที่สูง เพื่อเป็นแนวทางให้หน่วยงานทางด้านสาธารณสุขในเรื่องพฤติกรรมการป้องกันการแพร่ระบาดของ ไวรัสโคโรนา 2019

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการกองทุนสนับสนุนงานวิจัยเพื่อการพัฒนาสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายที่พิจารณาให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย รวมทั้งขอขอบพระคุณผู้ใหญ่บ้านและอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) ตำบลห้วยชมภู อำเภอเมือง จังหวัดเชียงรายและขอขอบพระคุณอาสาสมัครผู้ตอบแบบสอบถามงานวิจัยทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐวรรณ คำแสน. (2564). ความรู้ ทศนคติ และพฤติกรรมในการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อไวรัสโคโรนา-19 ของประชาชนในเขตอำเภออุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี. *วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระจอมเกล้า เพชรบุรี*, 4(1), 33-48.
- ธานี กล่อมใจ, จรรยา แก้วใจบุญ และ ทักษิภา ชัชชวรัตน์. (2563). ความรู้และพฤติกรรมของประชาชนเรื่อง การป้องกันตนเอง จากการติดเชื้อไวรัสโคโรนา สายพันธุ์ใหม่ 2019. *วารสารวิจัยการพยาบาลและสุขภาพ*, 21(2), 29-39.
- วิ ถีนปรีเปรม, อุมารัตน์ ศิริจรรยาพงศ์ และวาสนา ศีลางาม. (2564). ความรู้และพฤติกรรมการป้องกันตนเอง จากการติดเชื้อไวรัสโคโรนา สายพันธุ์ใหม่ 2019ของนักศึกษาคณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ สมุทรปราการ *การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 8 “งานวิชาการรับใช้สังคม”*.มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.
- Zhong, B. L., Luo, W., Li, H. M., Zhang, Q. Q., Liu, X. G., Li, W. T., & Li, Y. (2020). Knowledge, attitudes, and practices towards COVID-1among Chinese residents during the rapid rise period of the COVID-19outbreak: A quick online cross-sectional survey. *International Journal of Biological Sciences*, 16(10), 1745–1752. doi: 10.7150/ijbs.45221.

การปรับปรุงคุณภาพดินเค็มโดยใช้น้ำหมักชีวภาพ

Quality Improvement of Saline Soil by Using Bio-fermented Water

ชมภู เหนือศรี^{1*} รติกร แสงห้า¹ จัตรชนก เชียงโสม² สุนิตา แสนแสง² อังษณา พันธุ์ไม้²

อาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม^{1,2}

นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม^{3,4,5}

* E-mail: chompooenvi@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพในการลดความเค็มของดิน โดยใช้น้ำหมักชีวภาพที่ใช้ในการปรับปรุงดินเค็มมีทั้งหมด 5 สูตร ได้แก่ สูตรสับปะรด สูตรมะเฟือง สูตรมะกรูด สูตรมะนาว และสูตรผสม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพในการลดความเค็มของดิน พบว่า สูตรน้ำหมักชีวภาพที่มีประสิทธิภาพในการลดความเค็มได้ดีที่สุด คือ น้ำหมักชีวภาพสูตรมะนาวซึ่งมีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 60.85 รองลงมาคือ สูตรมะเฟือง (ร้อยละ 58.73) สูตรสับปะรด (ร้อยละ 46.66) สูตรมะกรูด (ร้อยละ 25.45) และสูตรผสม (ร้อยละ 10.77) ตามลำดับ สำหรับปริมาณธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม หลังจากการปรับปรุงดินด้วยน้ำหมักชีวภาพ พบว่า ดินที่ใส่น้ำหมักสูตรมะนาวมีปริมาณธาตุอาหารน้อยกว่าดินที่ใส่น้ำหมักสูตรมะเฟือง ดังนั้นน้ำหมักสูตรมะเฟืองจึงเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ลดความเค็มของดินและเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้กับดิน

คำสำคัญ: น้ำหมักชีวภาพ; ดินเค็ม

Abstract

This research aimed to investigate efficiency of bio-fermented water in salinity reduction of soil. There were five formulas of bio-fermented water (including pineapple, star apple, kaffir lime, lemon, and mixed formula). Data were analyzed by mean and standard deviation. The results were as follows the efficiency of five bio-fermented water, i.e., pineapple, star apple, kaffir lime, lemon, and mixed formula, in reducing salinity of soil. The efficiency was highest in lemon formula with 60.85% followed by star apple (58.73%), pineapple (46.66%), kaffir lime (25.45%), and mixed formula (10.77%), respectively. As for soil nutrients, i.e., N, P, K, after improving by using bio-fermented water, the nutrients in soil with lemon formula were lower than star apple formula. Consequently, bio-fermented water from star apple was suitable for reducing salinity of soil and enhancing nutrients in soil.

Keywords: Bio-fermented water; Saline Soil

บทนำ

การใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของดิน น้ำหมักชีวภาพเป็นของเหลวที่ได้จากการหมักพืชหรือสัตว์กับน้ำตาลหรือกากน้ำตาล จะมีจุลินทรีย์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นหลายชนิด ธาตุอาหารพืช รวมทั้งสารประกอบที่สกัดได้จากเซลล์สัตว์หลายชนิด ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน เอนไซม์ และอื่นๆ ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่นอกจากจะเป็นดินทรายหรือดินร่วนปนทรายซึ่งไม่อุดมน้ำวัตุดันกำเนิดดินเองที่มีแร่ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในปริมาณที่ต่ำแล้วยังมีการแพร่กระจายของดินเค็มเป็นบริเวณกว้างเกือบทุกจังหวัดคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 17.8 ล้านไร่ (อรุณี ยูวะนิม, 2540) ในปัจจุบันมีการนำน้ำหมักชีวภาพมาใช้ประโยชน์เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (สาส์ ชินสถิตย์, 2544) ด้านนิติการจัดการสิ่งแวดล้อม การใช้น้ำหมักชีวภาพ ถือว่าเป็นการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดีประการหนึ่ง เพราะเป็นการนำของเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ (ณัฐพร บวบทอง และลักขณา มุ่งวัฒนา, 2548 อ้างถึงใน ช้องชัย คงดี, 2552) ดังนั้นคณะผู้วิจัย จึงมีความสนใจที่จะศึกษาการปรับปรุงคุณภาพดินเค็มโดยใช้น้ำหมักชีวภาพ เพื่อศึกษาคุณภาพของดินที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากใช้น้ำหมักชีวภาพ และศึกษาประสิทธิภาพในการลดความเค็มของดินโดยใช้น้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพดินเค็มให้สามารถกลับมามีคุณภาพที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูกและสามารถเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การศึกษากการปรับปรุงคุณภาพดินเค็มโดยใช้น้ำหมักชีวภาพ มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. พื้นที่เก็บตัวอย่างดินและพื้นที่ทำการทดลอง

พื้นที่เก็บตัวอย่างดินเค็ม คือ พื้นที่บริเวณอ่างเก็บน้ำหนองบ่อ บ้านค้อ ตำบลบรบือ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม และนำมาทำการทดลองบริเวณด้านหลังอาคาร 9 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2. การเตรียมดินและน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ในการทดลอง

2.1 ดินที่ใช้ในการทดลอง

1) วิธีการเก็บตัวอย่างดิน เก็บตัวอย่างดินเค็มในเขตพื้นที่บริเวณอ่างเก็บน้ำหนองบ่อ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม ทำการเก็บดินแต่ละจุดโดยใช้พลั่วขุดดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมประมาณ 15 เซนติเมตร หลังจากนั้นเก็บดิน โดยใช้พลั่วแซะดินข้างหลุมให้ได้ดินเป็นแผ่นหนาประมาณ 2-3 เซนติเมตร จนถึงก้นหลุม ดินที่ได้เก็บรวบรวมใส่ถุง

2) วิธีการเตรียมดิน

ดินที่รวบรวมได้ถูกนำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เมื่อดินแห้งแล้วจึงนำมาทำให้ละเอียดโดยใช้ครกบดดินแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างใส่ภาชนะที่แห้งและปิดสนิท เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพดิน และใช้ในงานทดลองต่อไป

2.2 น้ำหมักชีวภาพ

2.2.1 วัตถุดิบที่ใช้และวัสดุอุปกรณ์

- 1) สับปะรด มะเฟือง มะกูด มะนาว (ทั้งลูก)
- 2) กากน้ำตาล
- 3) หัวเชื้อจุลินทรีย์
- 4) น้ำสะอาด
- 5) ถังน้ำพลาสติกที่มีฝาปิดสำหรับใช้เป็นถังหมัก
- 6) เครื่องชั่ง

2.2.2 ขั้นตอนการทำน้ำหมักชีวภาพ

สูตรการทำน้ำหมักชีวภาพ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) หั่นผลไม้แต่ละสูตรเป็นชิ้นเล็กๆ ลงไปในถังหมัก ปริมาณของส่วนผสมที่ใช้

ในการทำน้ำหมักแต่ละสูตร แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วนของการผสมของน้ำหมักชีวภาพทั้ง 5 สูตร

สูตรที่	ชนิดวัตถุดิบที่ใช้หมัก	สัดส่วนการผสมของน้ำหมักชีวภาพ			
		น้ำหนักรสผลไม้ (กิโลกรัม)	น้ำสะอาด (ลิตร)	กากน้ำตาล (ลิตร)	หัวเชื้อจุลินทรีย์ (มิลลิลิตร)
1	สับปะรด	10	10	2.5	15
2	มะเฟือง	10	10	2.5	15
3	มะกูด	10	10	2.5	15
4	มะนาว	10	10	2.5	15
5	สับปะรด	2.5	10	2.5	15
	มะเฟือง	2.5			
	มะกูด	2.5			
	มะนาว	2.5			

- 2) ผสมน้ำกับกากน้ำตาลให้เป็นเนื้อเดียวกัน

3) เติมหิวเชื้อจุลินทรีย์เข้มข้นในน้ำและกากน้ำตาลแล้วเทลงในถังที่ใส่ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวให้ทั่วถึง ปิดถังหมัก เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและปราศจากแสง

- 4) หมักไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 30 วัน เมื่อเกิดเป็นฝ้าสีขาว แสดงว่าใช้ได้แล้ว

2.2.3 วิธีการนำน้ำหมักชีวภาพไปใช้ในการทดลอง

- 1) กรองน้ำหมักเอาเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร

- 2) นำน้ำหมักในข้อ 1) มาผสมกับน้ำสะอาด ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากัน

เพื่อนำไปรดดินเค็มในชุดการทดลอง

3. การดำเนินการทดลอง

3.1 ชุดการทดลอง

กระถางที่ใช้ในการทดลองเป็นกระถางพลาสติกสีดำ ขนาด 6 นิ้ว จำนวน 18 กระถาง โดยแต่ละชุดการทดลองสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

- 1) กระถางที่รดน้ำเปล่า จำนวน 3 กระถาง (ชุดควบคุม)
- 2) กระถางที่ใช้น้ำหมักชีวภาพสูตรที่ 1 คือ น้ำหมักสูตรสับปะรด จำนวน 3 กระถาง
- 3) กระถางที่ใช้น้ำหมักชีวภาพสูตรที่ 2 คือ น้ำหมักสูตรมะเฟือง จำนวน 3 กระถาง
- 4) กระถางที่ใช้น้ำหมักชีวภาพสูตรที่ 3 คือ น้ำหมักสูตรมะกรูด จำนวน 3 กระถาง
- 5) กระถางที่ใช้น้ำหมักชีวภาพสูตรที่ 4 คือ น้ำหมักสูตรมะนาว จำนวน 3 กระถาง
- 6) กระถางที่ใช้น้ำหมักชีวภาพสูตรที่ 5 คือ น้ำหมักสูตรผสม จำนวน 3 กระถาง

ทำการรดน้ำหมักชีวภาพที่เตรียมได้จากข้อ 2.2.3 ปริมาตร 200 มิลลิลิตรต่อกระถางต่อครั้ง โดยทำการรดสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ติดต่อกัน 3 สัปดาห์ และทำการเก็บตัวอย่างดินจากทุกกระถางในสัปดาห์ที่ 4

3.2 การเก็บและเตรียมตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์คุณภาพดินหลังการทดลอง

โดยดินแต่ละกระถางถูกเทออกมาทั้งหมดและคลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วเกลี่ยตัวอย่างดินแผ่ให้เป็นรูปร่างกลมแล้วแบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่ากัน และเลือกเก็บดินมาหนึ่งส่วน นำดินตัวอย่างที่เก็บได้จากแต่ละกระถางนำไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เมื่อดินแห้งแล้วจึงนำมาทำให้ละเอียดโดยใช้ครกบดดินแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างใส่ภาชนะที่แห้งและปิดสนิท เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพดินหลังการทดลอง

4. พารามิเตอร์ วิธีและเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพดิน

ทำการวิเคราะห์คุณภาพของดินก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพดินเค็มในพารามิเตอร์ต่างๆ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ วิธี/เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพดิน

พารามิเตอร์	วิธี/เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์
ความเค็ม	Salinity Meter
ค่าการนำไฟฟ้า	EC Meter
ความเป็นกรด-ด่าง	pH Meter
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	Kjeldahl Method
ปริมาณฟอสฟอรัส	Bray II and Murphy Riley Method
ปริมาณโพแทสเซียม	LDD Test Kit

5. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพในการลดความเค็มของดิน

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพในการลดความเค็มของดิน นำข้อมูลค่าความเค็มก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพดินมาหาประสิทธิภาพ สามารถหาได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพในการลดความเค็มของดิน (ร้อยละ)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

เมื่อ A = ค่าความเค็มของดินก่อนทำการปรับปรุง

B = ค่าความเค็มของดินหลังทำการปรับปรุง

6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลจากวิเคราะห์คุณภาพดินทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงดินเค็มได้นำมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติโดยสถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการทดลองและอภิปรายผล

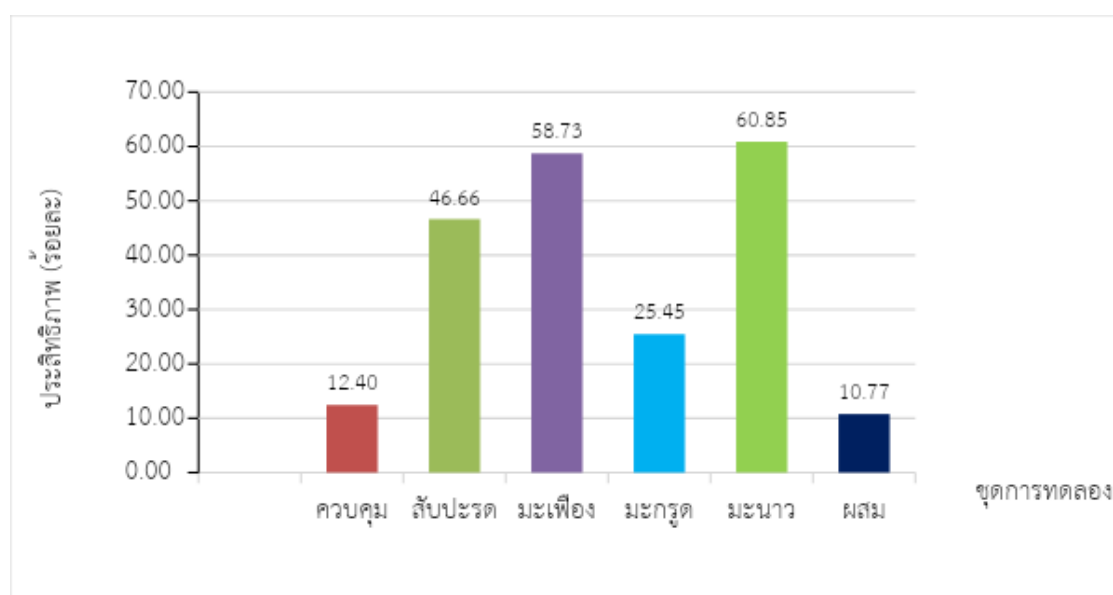
ผลการศึกษาคุณภาพของดินเค็มก่อนการปรับปรุงโดยใช้น้ำหมักชีวภาพมีค่าความเค็ม (Salinity) เท่ากับ 6.13 พีพีที ค่าการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 26.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 5.23 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TN) เท่ากับร้อยละ 0.005 ปริมาณฟอสฟอรัส (P) เท่ากับ 1.06 พีพีเอ็ม และปริมาณโพแทสเซียม (K) เท่ากับ 91-120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คุณภาพของดินหลังการปรับปรุง มีค่าความเค็มเฉลี่ยในช่วง 2.40-5.47 พีพีที ค่าการนำไฟฟ้า เฉลี่ยในช่วง 21.4-30.8 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง เฉลี่ยในช่วง 4.87-5.48 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เฉลี่ยในช่วงร้อยละ 0.002-0.027 ปริมาณฟอสฟอรัส เฉลี่ยในช่วง 0.94-13.59 พีพีเอ็ม และปริมาณโพแทสเซียม มีค่ามากกว่า 91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3

ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพในการลดความเค็มของดิน พบว่า ดินที่ใช้หมักสูตรสับปะรด มะเฟือง มะกรูด มะนาว และผสม มีประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 46.66, 58.73, 25.45, 60.85 และ 10.77 ตามลำดับ ดังภาพที่ 1

ตารางที่ 3: คุณภาพของดินก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้น้ำหมักชีวภาพ

สูตรน้ำหมักชีวภาพ	คุณภาพของดินเค็ม					
	ค่าความเค็ม (ppt)	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณไนโตรเจน (%)	ปริมาณฟอสฟอรัส (ppm)	ปริมาณโพแทสเซียม (mg/kg)
ดินก่อนการทดลอง	6.13	26.0	5.23	0.005	1.06	91-120
ดินชุดควบคุม	5.37	21.4	5.48	0.006	13.46	91-120
ดินปรับปรุง	3.27	30.8	4.87	0.027	13.59	91-120
สูตรสับปะรด						
ดินปรับปรุง	2.53	26.3	5.09	0.007	12.33	> 120
สูตรมะเฟือง						
ดินปรับปรุง	4.57	25.3	5.41	0.006	7.58	91-120
สูตรมะกรูด						
ดินปรับปรุง	2.40	26.1	5.31	0.002	0.94	> 120
สูตรมะนาว						
ดินปรับปรุง	5.47	24.9	5.36	0.013	13.46	> 120
สูตรผสม						

หมายเหตุ ppt = ส่วนในพันส่วน mS/cm = มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร
% = ร้อยละ ppm = ส่วนในล้านส่วน
mg/kg = มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม



ภาพที่ 1 ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพในการลดความเค็มของดิน

โดยสูตรน้ำหมักชีวภาพที่มีประสิทธิภาพในการลดความเค็มได้ดีที่สุด คือ น้ำหมักชีวภาพสูตรมะนาวซึ่งมีประสิทธิภาพสูงถึง ร้อยละ 60.85 รองลงมา คือ สูตรมะเฟือง ทั้งนี้แม้ว่าน้ำหมักสูตรมะนาวจะสามารถลดความเค็มของดินได้ดี แต่ธาตุอาหารของพืช ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีปริมาณต่ำกว่าในสูตรมะเฟือง โดยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินหลังปรับปรุงด้วยน้ำหมักสูตรมะนาวมีค่าเท่ากับ 0.002% ในขณะที่สูตรมะเฟืองมีค่าเท่ากับ 0.007% โดยทั่วไปพืชแต่ละชนิดจะต้องการปริมาณไนโตรเจนที่แตกต่างกัน เช่น ดินที่เหมาะสมกับการปลูกยางพารา หากมีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าร้อยละ 0.11 ถือว่าอยู่ในระดับต่ำ (ภรภัทร สุชาติกุล, 2560) และปริมาณฟอสฟอรัส ดินที่ปรับปรุงด้วยน้ำหมักชีวภาพสูตรมะนาว มีค่าเท่ากับ 0.94 พีพีเอ็ม และสูตรมะเฟือง มีค่า 12.33 พีพีเอ็ม ทั้งนี้ ปริมาณฟอสฟอรัสพบในดินหลังการปรับปรุงด้วยน้ำหมักชีวภาพ มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกสูตรยกเว้นน้ำหมักสูตรมะนาว ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก ฟอสฟอรัสที่พบในพืชเกือบทั้งหมดมาจากดิน โดยปกติฟอสฟอรัสจะมีอยู่ในดินต่ำมากเป็นสาเหตุทำให้ดินขาดฟอสฟอรัส ดังนั้นการวิเคราะห์ระดับฟอสฟอรัสในดินก่อนปลูกพืชจึงมีความจำเป็น โดยปริมาณฟอสฟอรัสที่มีค่าอยู่ระหว่าง 6-12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ถือว่าอยู่ในระดับต่ำ อาจมีผลทำให้ได้ผลผลิตระหว่างร้อยละ 50-75 ของผลผลิตสูงสุดส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่อยู่ในช่วง 13-25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีผลทำให้ได้ผลผลิตระหว่างร้อยละ 75-100 ของผลผลิตสูงสุด (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2547) ปริมาณโพแทสเซียมของดินที่ใช้น้ำหมักสูตรมะเฟือง สูตรมะนาว มีค่าโพแทสเซียมสูงกว่า 120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงขึ้นและเพียงพอกับความต้องการของพืชและเหลือใช้มีผลทำให้ได้ผลผลิตร้อยละ 100 ของผลผลิตสูงสุด และมีธาตุโพแทสเซียมสำรองไว้ใช้ต่อไปได้อีก (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการศึกษาคุณภาพของดินเค็มก่อนการปรับปรุงโดยใช้น้ำหมักชีวภาพ โดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากสับปะรด มะเฟือง มะกูด มะนาว และสูตรผสมระหว่างผลไม้ทั้ง 4 ชนิด พบว่า สูตรที่มีประสิทธิภาพในการลดความเค็มได้ดีที่สุด คือ น้ำหมักชีวภาพสูตรมะนาวซึ่งมีประสิทธิภาพสูงถึง ร้อยละ 60.85 รองลงมา คือ สูตรมะเฟือง แม้จะน้ำหมักสูตรมะนาวจะสามารถลดความเค็มของดินได้ดี แต่ธาตุอาหารของพืช ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีปริมาณต่ำกว่าในสูตรมะเฟือง ดังนั้นสูตรมะเฟืองจึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้ลดความเค็มและเพิ่มสารอาหารให้กับดิน ทั้งนี้การเลือกใช้น้ำหมักชีวภาพร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ในขณะที่ปริมาณธาตุอาหารหลักที่มีสูงในปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดไม่ได้ทำให้ผลผลิตของพืชแตกต่างกันเพิ่มสูงเสมอไป

เอกสารอ้างอิง

ฮ่องชัย คงดี. (2552). การเจริญเติบโตของคะน้าและแคบที่เรียวขอบเค็มในดินเค็มเมื่อใช้น้ำหมักชีวภาพประเภทต่างๆ (วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม).

มหาสารคาม : คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ภรภัทร สุชาติกุล. (2560). การแปลผลค่าวิเคราะห์ดิน และคำแนะนำการให้ปุ๋ยยางพาราสำหรับ เกษตรกรทั่วไป.
วารสารยางพารา, 29(4), น.15-24.

สาส์น ชินสถิตย์. (2544). เทคโนโลยีการผลิตไม้ผลให้ปลอดภัยจากสารพิษ. กรุงเทพมหานคร : สำนักวิจัยและ
พัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. (2547). คู่มือวิเคราะห์ตัวอย่างตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พีช
วัสดุปรับปรุงดินและการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า. กรุงเทพมหานคร : กรมพัฒนาที่ดิน
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อรุณี ยูวณิยม. (2540). การวิจัยขอบเกลือเพื่อปลูกบนพื้นที่ดินเค็มจัด. วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ, 13(1), 4-23.

การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ด้วยสารสกัดหยาบจากเปลือกสะเดา

Effect of neem bark crude extract on the inhibition of
Staphylococcus aureus and *Escherichia coli*

สุชาดา ใจปิง¹ กัลทิมา พิชัย^{2*}

สาขาวิชาชีววิทยา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่¹

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่²

*Corresponding author: E-mail: kaltima@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดหยาบจากเปลือกสะเดาต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย โดยวิธีการสกัดแบบมาเชอเรชัน (maceration) โดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวทำละลาย จากนั้นนำไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (rotary evaporator) นำสารที่สกัดได้มาเจือจางแบบลำดับสอง (two-fold serial dilution) ด้วย ไดเมทิล ซัลฟอกไซด์ (dimethyl sulfoxide; DMSO) ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 5 ระดับคือ 500, 250, 125, 62.5 และ 31.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค 2 ชนิด คือ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ด้วยวิธี agar well diffusion ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดจากเปลือกสะเดาสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ที่ความเข้มข้น 500, 250 และ 125 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความเข้มข้นที่ 62.5 และ 31.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่เกิดบริเวณยับยั้ง (inhibition zone) สำหรับแบคทีเรียก่อโรค *E. coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ความเข้มข้น 500, 250 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ แต่ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 125, 62.5, 31.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรไม่เกิดการยับยั้ง

คำสำคัญ : สารสกัดหยาบ; สะเดา; *Staphylococcus aureus* *Escherichia coli*

Abstract

The objective of this research was to study the effect of neem bark crude extract on the inhibition of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. Maceration method with 95 % ethanol solvent was applied. After evaporation by rotary evaporator, the extract was diluted with 10 % Dimethyl sulfoxide solvent (DMSO) at two-fold serial dilution. The concentrations were 500, 250, 125, 62.5 and 31.25 mg / ml. Inhibition growth of two pathogenic bacteria, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, was tested by agar well diffusion method. The results showed that crude neem bark extract inhibited the growth of *S. aureus* bacteria at concentrations of 500, 250 and 125 mg/ml meanwhile, at concentrations of 62.5 and 31.25 mg/ml no inhibition zone was formed. For pathogenic

bacteria *E. coli*, which is gram negative bacteria, inhibited growth was only at concentrations of 500, and 250 mg/ml.

Keywords: crude extract; neem; *Staphylococcus aureus*; *Escherichia coli*

บทนำ

พืชสมุนไพรมีความสำคัญกับประเทศไทยทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคม กล่าวคือได้มีการนำพืชสมุนไพรมาใช้เป็นยารักษาโรค อาหาร ตลอดจนเป็นเครื่องสำอาง ซึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซื้อผลิตภัณฑ์ยาและวัตถุดิบด้วยยาแผนปัจจุบันจากต่างประเทศได้ การใช้สมุนไพรนอกจากได้ผลดีในทางตรงแล้ว ยังให้ประโยชน์ทางอ้อมกับสุขภาพร่างกายด้านอื่น ๆ ด้วย เช่น ช่วยเสริมสร้างสุขภาพร่างกายให้แข็งแรง เพิ่มภูมิคุ้มกันโรค และช่วยลดอันตรายจากผลข้างเคียงของการใช้ยาแผนปัจจุบัน สารชนิดต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบที่อยู่ในพืชเป็นแหล่งสำคัญในการนำมาใช้ต่อสู้กับความเจ็บป่วย รวมไปถึงโรคติดเชื้อได้เป็นอย่างดี ประกอบกับปัญหาทางการแพทย์ปัจจุบัน ที่เกิดขึ้นจากการดื้อยาของเชื้อแบคทีเรียจำนวนมาก (อารยา ข้อคำ, 2563) อันเนื่องมาจากการใช้สารปฏิชีวนะในการต้านเชื้อจุลินทรีย์และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้สารปฏิชีวนะเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโต (growth promoter) ควบคุมพยาธิและโรคในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นอาหาร ในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะมีการใช้สารปฏิชีวนะลดน้อยลงเรื่อย ๆ ทั้งนี้เพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ และเพื่อให้ได้ตามความต้องการขององค์การการค้าโลก (WTO) สหภาพยุโรปได้ประกาศว่าจะห้ามใช้สารปฏิชีวนะทุกชนิดเป็นสารเร่งการเติบโตในสัตว์ด้วยทางเลือกที่ประเทศไทยต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วน คือ การนำสมุนไพรที่มีอยู่เป็นจำนวนมากและหลากหลายชนิดมาทำการวิจัยและประยุกต์ใช้แทนสารปฏิชีวนะ มีรายงานวิจัยหลายเรื่องที่ยืนยันถึงฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสมุนไพรทั้งกรมบวกและแกรมลบ (วัชรินทร์ รังสีภาณุรัตน์, พัชรี กัมมารเจษฎากุล, และอิสยา จันทรวิทยานุชิต, 2559; Jariyawattanachai, Chaveerach, & Chokesajjawatee, 2016) ด้วยเหตุนี้สมุนไพรจึงยังคงเป็นรากฐานของการแพทย์สมัยใหม่ สะดวกเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข เผยว่าเป็นผักสมุนไพรพื้นบ้านที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ โปรตีน แร่ธาตุและวิตามินที่จำเป็นต่อร่างกาย มีสารต้านอนุมูลอิสระช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ต่างๆ ในร่างกาย และยังมีสรรพคุณในการรักษาโรคผิวหนัง สามารถยับยั้งเชื้อรา แบคทีเรียและเชื้อไวรัสสูง

Staphylococcus aureus เป็นแบคทีเรียที่มีความสำคัญในทางการแพทย์เป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากแบคทีเรียชนิดนี้สามารถก่อให้เกิดโรคในมนุษย์ได้หลากหลายรูปแบบ และทุกบริเวณของร่างกาย ตั้งแต่การติดเชื้อบนผิวหนัง การติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ (respiratory tract infection) การติดเชื้อในระบบทางเดินอาหารไปจนถึงการติดเชื้อในกระแสโลหิต ซึ่งการติดเชื้อ *S.aureus* นี้ อาจเริ่มต้นมาจากการติดเชื้อไวรัส เช่น ไวรัสไข้หวัดใหญ่จึงทำให้ผู้คนมีภาวะ ภูมิคุ้มกันบกพร่อง จนสามารถติดเชื้อ *S. aureus* ได้ (ประสาทร บิริสุทธิเพ็ชร, พิทย กาญจนบุตร และ สาทร พรตระกูลพิพัฒน์, 2551) ลักษณะอาการของโรคที่เกิดจากการติดเชื้อ *S. aureus* ที่สำคัญ ได้แก่ การเกิดการอักเสบเป็นหนองในตำแหน่งที่ติดเชื้อหรืออาจทำให้เกิดเป็น ผื่นหนอง

(abscess) บริเวณผิวหนัง รวมถึงบริเวณเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังได้ด้วย ซึ่งเชื้อจากรอยโรคอาจมีการแพร่กระจายเข้าสู่เส้นเลือดไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายจึงทำให้เชื้อ *S. aureus* สามารถก่อโรคติดเชื้อตามระบบต่างๆ ของร่างกายได้ โดยอาจพบเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้ในทางเดินหายใจ ลำคอ เส้นผม รวมถึงผิวหนังของผู้ที่ปฏิบัติงานที่ต้องสัมผัส

Escherichia coli เป็นเชื้อแบคทีเรียประจำถิ่น (normal flora) ที่พบได้ในลำไส้ของคนและสัตว์เลือดอุ่น โดยปกติจะไม่ทำอันตรายหรือก่อโรคร้ายแรง เมื่ออยู่ในลำไส้จะช่วยย่อยอาหารที่เรารับประทานเข้าไป แต่หากเชื้อ *E. coli* ลุกล้ำ เข้าสู่ระบบต่างๆ ของร่างกายก็จะทำให้เกิดโรคติดเชื้อรุนแรง เช่น โรคติดเชื้อระบบทางเดินปัสสาวะ และการติดเชื้อในกระแสเลือด เป็นต้น และมีเชื้อ *E. coli* บางสายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรคอุจจาระร่วงได้ โดยการปนเปื้อนของเชื้อ ในอาหารหรือน้ำดื่ม ทั้งนี้เชื้อ *E. coli* ที่สามารถก่อโรคอุจจาระร่วง (*Diarrheagenic Escherichia coli*) จะมีกลไกการก่อโรคและสามารถ สร้างสารพิษได้ (ภัทรชัย กิริน, 2552)

ดังนั้น ถึงแม้ว่าการใช้สารสกัดจากสะเดาจะใช้ในการควบคุมโรคทางปศุสัตว์เป็นส่วนมากแต่จากปัญหาการแพร่กระจายของแบคทีเรียดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะใช้สารสกัดจากเปลือกสะเดามายับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* เพื่อเป็นแนวทางในการใช้สมุนไพรไทยให้เกิดประโยชน์ทางยาอีกทางหนึ่ง

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การศึกษานี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพสารสกัดจากเปลือกสะเดา ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ในห้องปฏิบัติการ โดยมีรายละเอียดการศึกษาดังนี้

1. นำเปลือกสะเดาบริเวณกิ่งมาเลาะเปลือกออก นำเปลือกที่ได้ไปตากและนำไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อน (hot air oven) อุณหภูมิ 45 -50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
2. นำเปลือกสะเดาบริเวณที่บั่นละเอียดแล้วมาใส่ในขวด Duran ขนาด 2000 มิลลิลิตร แล้วเติมตัวทำละลาย เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ใส่ให้ท่วมตัวอย่างในอัตราส่วน 1: 4 (ตัวอย่างเปลือกสะเดาบั่นละเอียด 1 กรัม : เอทานอล 4 มิลลิลิตร) ห่อด้วยถุงดำนำไปใส่ในเครื่องเขย่าสาร (orbital shaker) เป็นเวลา 4 วัน
3. เมื่อครบ 4 วัน นำมารองส่วนที่เป็นของเหลวด้วยกระดาษกรอง (Whatman no.1) เพื่อแยกชิ้นส่วนของเปลือกออกจากของเหลวให้มากที่สุด แล้วเก็บให้แห้งในขวดสีชาและห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยล์
4. จากนั้นนำสารละลายที่ได้จากการสกัดไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (rotary evaporator) โดยระเหยเอทานอลที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 200-220 มิลลิบาร์ ความเร็วรอบ 110 รอบต่อนาที โดยสารสกัดในขวดระเหยจะได้สารสกัดที่มีลักษณะเป็นของเหลวแล้วคำนวณร้อยละของผลผลิต (yield) ตามสูตร

$$\text{ร้อยละของผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักของสารสกัดหยาบ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักเปลือกสะเดาแห้ง (กรัม)}}$$

5. บรรจุสารสกัดไว้ในหลอด ขวดสีขาที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป
6. เตรียมสารสกัดที่จะใช้ทดสอบที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ โดยนำส่วนสารสกัดหยาบที่ได้มาละลายด้วยไดเมทิล ซัลฟอกไซด์ (dimethyl sulfoxide; DMSO) ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วนของสารสกัดต่อ DMSO ดังนี้ 1:1, 1:2, 1:3 ไปจนถึง 1:5 ทำการเจือจาง ลำดับสอง (two-fold serial dilution) จนกระทั่งได้ 5 ความเข้มข้นคือ 500, 250, 125, 62.5, และ 31.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร
7. นำแบคทีเรีย *S. Aureus* และ *E. coli* จากห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ มาเพาะเชื้อโดยทำการขีดเชื้อ (streak plate) ลงบนจานอาหาร nutrient agar (NA) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-22 ชั่วโมง เพื่อให้ได้โคโลนีเดี่ยว
8. นำเชื้อจุลินทรีย์ที่ได้ไปทำสารละลายเพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ให้ได้ค่าดูดกลืนแสงประมาณ 0.80 – 1.00 จะได้เชื้อประมาณ 10^8 โคโลนีฟอร์มมิ่ง ยูนิตต่อมิลลิลิตร (cfu/ml) ใช้ลำลีแบบก้านที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วจุ่มลงในเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* แล้วทำการ swab ลงบนอาหาร Mueller-Hinton agar โดยแต่ละเชื้อ จะทำการ swab ทั้งหมดเชื้อละ 3 จาน (3 ซ้ำ) รอจนผิวหน้าอาหารแห้ง
9. นำเชื้อแบคทีเรีย *S aureus* และ *E. coli* มาถ่ายโคโลนีลงใน $BaCl_2$ ที่อยู่ในหลอดทดลองจากนั้นทำการเทียบความขุ่นกับเชื้อเริ่มต้น (ตามข้อ 8) เพื่อให้ได้ความขุ่นเทียบกับสารละลายมาตรฐาน เมื่อผิวหน้าอาหารแห้งแล้ว ใช้หัวหลอดหยดสารที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเจาะลงบนอาหารที่ผ่านการ swab แล้ว รวม 7 หลุม
10. ใช้ไมโครปิเปต หยดสารสกัดที่ทำการเจือจางในข้อ 6 ลงในหลุมที่เจาะไว้หลุมละ 30 ไมโครลิตร โดยให้ยาเตตระไซคลิน (tetracycline) เป็นตัวควบคุมเชิงบวก (positive control) และใช้ DMSO ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวควบคุมเชิงลบ (negative control)
11. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-22 ชั่วโมง บันทึกผลการทดสอบโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง (inhibition zone) เป็นหน่วยมิลลิเมตร โดยทำการวัด 4 แนว แล้วลบขนาดของหลุม (6 มิลลิเมตร) ออกทุกแนว ก่อนนำไปหาค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดลอง

การสกัดสารสกัดจากเปลือกสะเดา ด้วยวิธี maceration โดยใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์เป็นตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน หลังจากผ่านขั้นตอนการระเหยตัวทำละลายออกแล้ว จะได้สารสกัดหยาบจากเปลือกสะเดาที่มีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืดสีน้ำตาลแดง มีค่าร้อยละของผลผลิตเท่ากับ 15.73 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบจากเปลือกสะเดา

ชนิดของสารสกัด	ตัวทำละลาย	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (กรัม)	ร้อยละผลผลิต (น้ำหนัก/น้ำหนัก)
เปลือกสะเดา	เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์	450	300	47.20	15.73

เมื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค 2 ชนิด คือ *S. aureus* และ *E. coli* ด้วยวิธี agar well diffusion ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบจากเปลือกสะเดา

ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	ขนาดเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของ Inhibition zone (มิลลิเมตร)	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>
Tetracycline (1.25)	15.86 ^a ± 2.96	16.53 ^a ± 1.90
DMSO 10%	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
500	10.10 ^b ± 0.10	12.34 ^b ± 0.19
250	9.10 ^{bc} ± 0.96	10.96 ^c ± 0.41
125	7.32 ^{cd} ± 0.26	0.00 ± 0.00
62.5	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
31.25	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00

หมายเหตุ ขนาดหลุมเท่ากับ 6.00 มิลลิเมตร ค่า 0.00 คือไม่เกิด Inhibition zone และ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 2 พบว่าสารสกัดจากเปลือกสะเดาสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ได้ดีที่สุด ที่ค่าความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 31.25 - 62.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่เกิดบริเวณยับยั้งเทียบกับ DMSO ความเข้มข้น 10% ส่วนเชื้อ *E. coli* เกิดการยับยั้งได้ดีที่สุดที่ค่าความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 31.25 - 125 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่เกิดบริเวณยับยั้ง

เมื่อนำมาหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโต (MIC) ของเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ด้วยวิธี Macro broth dilution technique ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่า MIC ของสารสกัดจากเปลือกสะเดาในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *E. coli*

ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
500	-	-
250	-	-
125	-	+
62.5	+	+
31.25	+	+

หมายเหตุ เครื่องหมาย - หมายถึงเชื้อแบคทีเรียไม่สามารถเจริญเติบโตได้
 เครื่องหมาย + หมายถึงเกิดการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย

การศึกษาหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (minimal bactericidal concentration; MBC) ของเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่า MBC ของสารสกัดเปลือกสะเดาด้วยวิธีการผ่านความร้อนต่อเนื่องและวิธีการแช่หมักเชื้อจุลินทรีย์ *S. aureus* และ *E. coli*

ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	เชื้อ	
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
500	-	-
250	-	-
125	-	+
62.5	+	+

หมายเหตุ เครื่องหมาย - หมายถึงไม่มีโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียขึ้นบนผิวหน้าอาหาร
 เครื่องหมาย + หมายถึงมีโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียขึ้นบนผิวหน้าอาหาร

อภิปรายผล

จากการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากเปลือกสะเดาที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ด้วยวิธี agar well diffusion ทำการทดสอบเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานเตตระไฮโดรลิน และ DMSO ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสารสกัดจากเปลือกสะเดาสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ ทั้งนี้มีรายงานว่าในเปลือกสะเดามีแทนนินเป็นส่วนประกอบซึ่งพบว่ามีปริมาณคอนเดนซ์แทนนิน สูงถึง 32-34 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุดิบ (Basu and Kirtikar, 1980) ซึ่งแทนนินสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้หลายชนิด รวมทั้ง *S. aureus* (Akiyama et al., 2001) แทนนินมีรสฝาดสามารถจับตัวกับโปรตีนได้ สามารถละลายได้ดีในน้ำ แอลกอฮอล์ อะซิโตน ไม่ละลายในอีเทอร์

และทำปฏิกิริยากับเกลือของเหล็กได้สารประกอบสีน้ำเงินหรือสีเขียวในสารละลายที่มีคุณสมบัติเป็นต่าง แทนนินจะดูดซับออกซิเจนเปลี่ยนสารละลายเป็นสีคล้ำขึ้นและทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเพอร์คัยอาไนต์และแอมโมเนียเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม สำหรับพืชในประเทศไทยที่มีแทนนินเป็นส่วนประกอบ ได้แก่เปลือกสะเดา เปลือกทับทิม เปลือกอบเชยเปลือกมังคุด ใบขนุน ใบฝรั่ง ใบหรือเปลือกสีเสียด ใบชา ใบกระถิน พืชตระกูลถั่ว เปลือก และผลกล้วย เป็นต้น (ปราโมทย์ พงศ์คำและโสภาส พิมพา, 2545) นอกจากนี้ในเปลือกของสะเดายังพบสาร azadirachtin 0.25 เปอร์เซ็นต์ w/w (สมนึก ลิ้มเจริญ, 2553) ที่มีฤทธิ์ในการฆ่าแมลงและเชื้อราได้ด้วย (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2542) การที่สารสกัดจากเปลือกสะเดาสารารถยับยั้ง *S. aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่า *E. coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบนั้น อาจเป็นเพราะแบคทีเรียแกรมลบมีเมมเบรนชั้นนอกที่มีไลโปโพลีแซคคาไรด์ (Lipopolysaccharide) เป็นองค์ประกอบ มีหน้าที่ป้องกันสารไม่ให้เข้าสู่ภายในเซลล์ ในขณะที่แบคทีเรียแกรมบวกไม่มีเมมเบรนชั้นนอก สารจึงเข้าสู่ภายในเซลล์ได้ (Shan, Cai, Brooks & Corke, 2007) ทั้งนี้สารต้านแบคทีเรียส่วนใหญ่จะสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้โดยการทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรีย ทำให้ผนังเซลล์ไม่สามารถควบคุมการไหลเข้าออกของของเหลวภายในเซลล์ได้ โดยพบว่าถึงแม้ว่าผนังเซลล์แบคทีเรียแกรมลบจะมีชั้นของเปปติโดไกลแคน (peptidoglycan) บางกว่าชั้นเปปติโดไกลแคนที่พบในแบคทีเรียแกรมบวก แต่แบคทีเรียแกรมลบไม่มีผนังเซลล์ชั้นนอกที่มีองค์ประกอบที่เป็นลิโปโพลีแซคคาไรด์ (lipopolysaccharide, LPS) ส่งผลให้สารต้านแบคทีเรียสามารถเข้าทำลายชั้นเปปติโดไกลแคนของแบคทีเรียแกรมบวกและเข้าทำลายส่วนของผนังเซลล์อื่น ๆ เป็นลำดับจนถึงองค์ประกอบภายในเซลล์ของแบคทีเรียแกรมบวกได้มากกว่าแบคทีเรียแกรมลบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยหลายงานวิจัย ที่รายงานว่าสารสกัดจากส่วนต่างๆของสะเดา สามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกได้มากกว่าแบคทีเรียแกรมลบ (Chakrapani et al., 2013) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในสารสกัดมีองค์ประกอบของแทนนิน ที่สามารถทำลายชั้น LPS ที่ผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมบวกและเข้าทำลายชั้นเปปติโดไกลแคน และส่วนต่างๆ ภายในเซลล์เป็นลำดับ และส่งผลต่อการยับยั้งการมีชีวิตรอดของแบคทีเรียแกรมบวกได้ (Parekh and Chanda, 2007) นอกจากนี้ยังพบว่าสารประกอบแทนนินที่พบในสะเดาสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ แบคทีเรียชนิดอื่นๆ ได้อีกด้วย (Chung et al., 1998; Banso & Adeyemo, 2007; Doss et al., 2009).

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผล

สารสกัดจากเปลือกสะเดาสารารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ที่ความเข้มข้น 500, 250 และ 125 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แต่ที่ความเข้มข้นที่ 62.5 และ 31.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่สามารถยับยั้งได้ สำหรับแบคทีเรียก่อโรค *E. coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ความเข้มข้น 500, 250 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 125, 62.5, 31.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่เกิดบริเวณยับยั้ง จากการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยเห็นว่านอกจากจะใช้สะเดาในการควบคุมโรคทางปศุสัตว์แล้วยังสามารถนำมาควบคุมจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับด้านอื่นๆ ได้ด้วย โดยเฉพาะประโยชน์ทางยา เนื่องจากสะเดาเป็นพืชที่หาง่ายและสามารถสกัดเองได้ไม่ยาก

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการทดลองสกัดสารด้วยตัวทำละลายอื่นๆ นอกจากเอทานอล เช่น กลุ่มตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำ (เฮกเซน, เบนซีน, คลอโรฟอร์ม) แล้วนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจากตัวทำละลายแต่ละชนิด
2. ควรศึกษาตัวอย่างการวิเคราะห์ทางเคมี เพื่อบ่งชี้สาระสำคัญต่างๆ ที่พบในสารสกัด เพื่อเป็นประโยชน์ในการประยุกต์ใช้ตัวอย่างของพืชในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- ขวัญชัย สมบัติศิริ (2542). *หลักการและวิธีการใช้สะเดาป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช*. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ ฉบับที่ 1 โครงการเกษตรสู่ชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ภัทรชัย กীরสิน. (2552). *ตำราวิทยาแบคทีเรียการแพทย์* (พิมพ์ครั้งที่ 2 แก้ไขเพิ่มเติม). ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ประสาทร บริสุทธิเพ็ชร, พิทย กาญจนบุตร และสาธิต พรตระกูลพิพัฒน์. (2551). การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อของสมุนไพรในห้องปฏิบัติการ. ใน *การประชุมวิชาการสัตวแพทย์ มข. ครั้งที่ 9* (น. 91-100). คณะสัตวแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ปราโมทย์ แพงคำ และโอบาส พิมพา. (2545). ความคุ้มค่าจากสารประกอบคอนเดนซ์แทนนินในพืชโปรตีนอาหารสัตว์สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 10 (1), 20-25.
- วัชรินทร์ รังสีภานุรัตน์, พัชรี กัมมารเจษฎากุล, และอิสยา จันทรวิทยานุชิต. (2559). ฤทธิ์ของสารสกัดสมุนไพรไทย 10 ชนิด ต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus cereus* และ *Escherichia coli* ATCC 25922. *วารสาร มฉก. วิชาการ*, 19(38), 35-48.
- สมนึก ลิ้มเจริญ. (2553). ผลของการใช้น้ำสกัดจากเปลือกสะเดาในการกำจัดพยาธิตัวกลมในระบบทางเดินอาหารของแพะ. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 2(3), 26-33.
- อารยา ข้อคำ. (2563). ยาปฏิชีวนะและการดื้อยาปฏิชีวนะของแบคทีเรีย. *วารสารการแพทย์และวิทยาศาสตร์สุขภาพ*, 27(2), 125-139.
- Akiyama, H., Fujii, K., Yamasaki, O., Oono, T., & Iwatsuki, K. (2001). Antibacterial action of several tannins against *Staphylococcus aureus*. *J Antimicrob Chemother*, 48, 487-491.
- Banso, A., & Adeyemo, S. O. (2007). Evaluation of antibacterial properties of tannins isolated from *Dichrostachys cinerea*. *Afr J Biotechnol*, 6(15), 1785-1787.
- Basu, B.D., & Kirtikar, K.R. (1980). *Indian Medicinal Plants*. (2ed). Dehra Dun.
- Chakrapani, P., Venkatesh, K., Chandra S. S. B., Arun, J. B., Kumar, P., Amareshwari, P., & Roja Rani, A. (2013). Phytochemical, pharmacological importance of Patchouli (*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth) an aromatic medicinal plant. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review & Research*, 21(2), 7-15.

- Chung, K. T, Lu, Z., & Chou, M. W. (1998). Mechanism of inhibition of tannic acid and related compounds on the growth of intestinal bacteria. *Food Chem Toxicol*, 36, 1053-1060.
- Doss, A., Mubarack, H. M., & Dhanabalan, R. (2009). *Antibacterial activity of tannins from the leaves of Solanum trilobatum Linn.* Indian J Sci Technol, 2(2), 41-43.
- Jarriyawattanachaikul, W., Chaveerach, P., & Chokesajjawatee, N. (2016). *Antimicrobial activity of Thai-herbal plants against food-borne pathogens E. coli, S. aureus and C. jejuni.* Agriculture and Agricultural Science Procedia, 11, 20-24.
- Parekh, J., & Chanda S. V. (2007). *In vitro antimicrobial activity and phytochemical analysis of some Indian medicinal plants*, J. Turk Biol, 31, 53-58.
- Shan, B., Cai, Y-Z., Brooks, J.D., & Corke, H. (2007). The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. *International Journal of Food Microbiology*, 117, 112-119.

สมบัติทางกายภาพของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้น ใยมะพร้าวกับน้ำยางพารา

Physical Properties of Thermal Insulation from Coconut Fiber and Natural Rubber Latex Composite Material

ปริญ นิลแสงรัตน์*

สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

*Corresponding author: E-mail: pariya_nil@hotmail.co.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางความร้อนของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวและน้ำยางพาราโดยอัตราส่วนเส้นใยมะพร้าวและน้ำยางพาราที่ใช้คือ 10:90 20:80 และ 30:70 โดยน้ำหนัก คุณสมบัติที่ทำการศึกษาครั้งนี้ ค่าการนำความร้อนทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C177-19 การลามไฟทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D635-18 ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C570 และสมบัติการโค้งงอทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D790 พบว่าฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพาราในอัตราส่วน 30:70 โดยน้ำหนัก มีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ ไม่ติดไฟ และแข็งแรงกว่าอัตราส่วนอื่น ส่วนน้ำหนักหรือความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพาราในอัตราส่วน 30:70 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีค่าเท่ากับ $0.051 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ กับฉนวนใยแก้วที่ได้จากเชิงพาณิชย์มีค่าเท่ากับ $0.035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ จะเห็นได้ว่าฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยธรรมชาติมีค่าการนำความร้อนที่สูงกว่าฉนวนใยแก้ว

คำสำคัญ: เส้นใยมะพร้าว; น้ำยางพารา; ฉนวนกันความร้อน; การนำความร้อน

Abstract

This research was studied the physical and thermal properties of thermal insulation made from coconut fiber and natural rubber latex composite material. The research used coconut fiber with natural rubber latex in the ratio of 10:90, 20:80 and 30:70 by weight. The qualifications studied were as follows: the thermal conductivity according to ASTM C177-19 standard, fire spread according to ASTM D635-18 standard, density, water absorption according to ASTM C570 standard and flexural strength according to ASTM D790 standard. It was found that the insulation from coconut fiber and natural rubber latex composite material at the ratio of 30:70 by weight has lower thermal conductivity, incombustible and stronger than

other ratios. The weight or density and water absorption tended to increase with increasing fiber content. When comparing the thermal conductivity coefficient of thermal insulation from coconut fiber and natural rubber latex composite material at the ratio of 30:70 by weight, which is 0.051 W/m.K, with commercially available fiberglass insulation, which is 0.035 W/m.K, it can be seen that natural fiber insulation has a higher thermal conductivity than fiberglass insulation.

Keywords: coconut fiber; natural rubber; thermal insulation; thermal conductivity

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีอุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลต่อการสร้างอาคารที่อยู่อาศัยที่ต้องคำนึงถึงการป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่จะเข้าสู่ภายในตัวอาคารบ้านเรือนตลอดจนการป้องกันอันตรายจากความร้อนและช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า ควบคู่กันความร้อนเป็นวัสดุยอดนิยมนำมาประกอบบนฝ้าเพดานเพื่อป้องกันความร้อนจากดวงอาทิตย์ แต่ราคาคอนกรีตความร้อนในท้องตลาดมีราคาแพง เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่นเราจึงใช้เส้นใยธรรมชาติและยางธรรมชาติในการผลิตคอนกรีตความร้อน

สีบศิริ แซ่ลีและคณะ (สีบศิริ แซ่ลีและคณะ, 2555, น.15-24) ได้ศึกษาคุณลักษณะของเส้นใยธรรมชาติ พบว่า กล้วยาค้า ทุปฤชี่และกระถินยักษ์มีความเหนียวอยู่ในตัวเหมาะสมที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่นทำสี ทำก๊ลิน และนำไปผลิตวิธีการถักทอ การอัดเป็นแผ่น บั่นและการหล่อขึ้นรูป ในด้านการพัฒนาแผ่นฝ้าและคอนกรีตความร้อน พบว่าตัวประสานที่เหมาะสมคือน้ำยางธรรมชาติ ถือเป็นวัสดุประสานที่มีความโปร่งใส มีน้ำหนักเบา กันน้ำ กันแมลง ส่วนกรรมกรการหล่อขึ้นรูป สำหรับแผ่นฝ้าและคอนกรีตความร้อนจากเส้นใยพืชที่ได้จากการวิเคราะห์และทดสอบสมบัติของวัสดุด้านแรงดึงสูงสุด พบว่า วัสดุเส้นใยพืชผสมกับยางพารา มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงดึง 0.84 MPa และมีค่าเฉลี่ยการยืดตัว ณ จุดขาดร้อยละ 3.36 วัสดุเส้นใยพืชผสมกับยางพารา มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงดึงสูงสุด 1.00 MPa และมีค่าเฉลี่ยการยืดตัว ณ จุดขาด 5.22 วัสดุเส้นใยพืชผสมกับกาวลาเท็กซ์ มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงดึงสูงสุด 1.06 MPa และมีค่าเฉลี่ยการยืดตัว ณ จุดขาดร้อยละ 6.50 และการวิเคราะห์และทดสอบสมบัติของวัสดุสภาพนำความร้อน พบว่า วัสดุ มีค่าเฉลี่ยร้อนอุณหภูมิ 100 °C ในช่วง 23.560 W/m.K และมีค่าเฉลี่ยสภาพนำความร้อน ณ อุณหภูมิร้อยละ 0.043

โรสลีนา จาราวแหว (โรสลีนา จาราวแหว, 2559) ทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลความร้อนของคอนกรีตความร้อนที่ผลิตจากเส้นใยกล้วยาค้า ไยมะพร้าว กาบกล้วย ฟางข้าว และกาบหมาก และใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสานให้วัสดุสามารถยึดติด จากผลการทดสอบพบว่า คอนกรีตความร้อนจากเส้นใยธรรมชาติ มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.020-0.021 g/cm³ ค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วง 3.12-7.08% ค่าทนต่อแรงดึงสูงสุดที่คอนกรีตความร้อนจากเส้นใยธรรมชาติอยู่ในช่วง 0.0006-0.0016 MPa ค่าการนำความร้อนมีค่าอยู่ในช่วง 0.017-0.028 W/m.K ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของคอนกรีตหมาก(0.017 W/m.K)กับคอนกรีตไยแก้วที่ได้

จากเชิงพาณิชย์มีค่าเท่ากับ 0.035 W/m.K จะเห็นได้ว่าฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยธรรมชาติมีค่าการนำความร้อนที่น้อยกว่าฉนวนใยแก้ว จากผลการวิจัยพบว่าสามารถนำวัสดุธรรมชาติทั้ง 5 มาผลิตเป็นฉนวนกันความร้อนได้และผลการวิเคราะห์สภาพพื้นผิวจากภาพถ่าย SEM ได้ผลสอดคล้องว่าฉนวนกันความร้อนจากกากหมากเป็นฉนวนที่ดีที่สุด

โนมาและคณะ (Belayachi, 2017, p. 544-549) ทำการศึกษาการลามไฟและการเสื่อมสภาพทางความร้อนของฉนวนกันความร้อนจากฟางข้าวสาลีและฟางข้าวบาร์เลย์ที่ผ่านการปรับสภาพและไม่ผ่านการปรับสภาพ ผสมกับปูนขาวหรือปูนปลาสเตอร์ ซึ่งฟางข้าวสาลีและฟางข้าวบาร์เลย์จะถูกปรับสภาพโดยนำไปแช่น้ำต้มและน้ำมันเมล็ดฝ้าย การลามไฟของฉนวนกันความร้อนฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพและไม่ผ่านการปรับสภาพจะทดสอบตามมาตรฐาน NF EN 11925-2 และการเสื่อมสภาพทางความร้อนของฉนวนกันความร้อนวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน (Thermogravimetric analysis หรือ TGA) และเทคนิคการวัดปริมาณความร้อนด้วยการกราดวิเคราะห์เชิงผลต่าง (Differential Scanning Calorimetry หรือ DSC) ซึ่งการลามไฟและการเสื่อมสภาพทางความร้อนของฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพและไม่ผ่านการปรับสภาพมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน

ในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกมะพร้าวประมาณ 847,881 ไร่ มีผลผลิตประมาณ 806,026 ตัน เมื่อผลผลิตเหล่านี้ถูกนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จะมีส่วนที่เหลือใช้นั้นก็คือกากมะพร้าวที่ไม่ใช้ประโยชน์เป็นจำนวนมาก การกำจัดต้องเสียค่าใช้จ่ายและเวลามาก อีกทั้งยังเป็นที่อยู่อาศัยของแมลงต่าง ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำเส้นใยมะพร้าวมาทำเป็นฉนวนกันความร้อน โดยเส้นใยมะพร้าวมีเซลลูโลส (cellulose) อยู่ประมาณร้อยละ 40.6 เซลลูโลสเป็นสารคาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์พืชทุกชนิด โดยมีสารอื่นร่วมเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย เช่น ลิกนิน (lignin) ร้อยละ 30.1 โดยเซลลูโลสมักอยู่ร่วมกับลิกนิน เพื่อทำหน้าที่เสริมสร้างโครงสร้างของลำต้นและกิ่งก้านของพืชให้มีความแข็งแรงซึ่งเซลลูโลสสามารถนำมาทำเป็นฉนวนได้อย่างดีหาได้ง่าย ไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้เซลลูโลสยังมีคุณสมบัติการหลอมตัวสูง และไม่สามารถละลายได้ในสารอินทรีย์ทั่วไป และใช้น้ำยารพาราเป็นตัวประสานในการทำฉนวนกันความร้อน เนื่องจากน้ำยารพาราในประเทศนั้นมีราคาที่สูงถ้าจึงได้นำน้ำยารพาราเป็นตัวประสานเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับน้ำยารพาราเพิ่มมากขึ้น

สมบัติทางกายภาพที่ทำการศึกษา ได้แก่ การนำความร้อน การลามไฟ ความหนาแน่น การดูดซับน้ำ และคุณสมบัติการโค้งงอ เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาฉนวนที่ทำจากวัสดุธรรมชาติทดแทนการใช้ฉนวนสังเคราะห์ที่ติดตั้งได้หลังคา นอกจากนี้ยังเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร

อุปกรณ์และวิธีวิจัย

อุปกรณ์

เส้นใยมะพร้าว, น้ำยางพาราหล่อแบบ, และบอแรกซ์ ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, Borax Sodium Tetraborate Decahydrate 99.9%) เป็นสารหน่วงไฟ

วิธีวิจัย

นำเปลือกมะพร้าวที่ได้จากผู้ผลิตไปตากแดดให้จนแห้ง ฉีกเปลือกมะพร้าวให้มีลักษณะเป็นเส้นนำไปล้างด้วยน้ำจนขุยเส้นใยหลุดออก แล้วเอาเส้นใยไปตากแดดให้แห้ง นำเส้นใยที่ได้มาตัดให้ยาวประมาณ 5-6 cm

ผสมบอแรกซ์กับน้ำ 10% โดยมวล นำเส้นใยไปแช่ในสารละลายบอแรกซ์เป็นเวลา 30 นาที แล้วไปตากให้แห้ง จากนั้นนำเส้นใยที่แห้งแล้วผสมกับน้ำยางพาราในอัตราส่วน 10:90 20:80 และ 30:70 โดยน้ำหนัก และเทลงในถาดอลูมิเนียมเพื่อขึ้นรูปแผ่นจนจนกว่าความร้อนขนาดกว้าง 20.0 cm ยาว 20.0 cm สูง 1.5 cm รอให้แผ่นจนจนกว่าความร้อนแห้ง จากนั้นนำแผ่นจนจนไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 40 นาที เพื่อให้ให้น้ำยางพาราคงรูปอย่างสมบูรณ์ แผ่นจนจนกว่าความร้อนผลิตจากเส้นใยมะพร้าวและน้ำยางพาราแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงจนจนกว่าความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพารา (ก) อัตราส่วน 10:90 โดยน้ำหนัก (ข) อัตราส่วน 20:80 โดยน้ำหนัก (ค) อัตราส่วน 30:70 โดยน้ำหนัก

ค่าการนำความร้อนของจนจนกว่าความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพารา ทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบการนำความร้อน (Hot Disk TCA) ตามมาตรฐาน ASTM C177-19

ความหนาแน่นของจนจนกว่าความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพารา ทดสอบโดยการชั่งมวลและวัดขนาดเพื่อคำนวณหาปริมาตรของตัวอย่าง

อัตราการลามไฟของจนจนกว่าความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพารา ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 635-18 โดยทำการทดสอบภายในห้องทดสอบ ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 23-25 °C และมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50-55 ใช้ก๊าซหุงต้ม (C_3H_8) ขนาดของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบคือ กว้าง 1.5 cm ยาว 10.0 cm หนา 1.5 cm

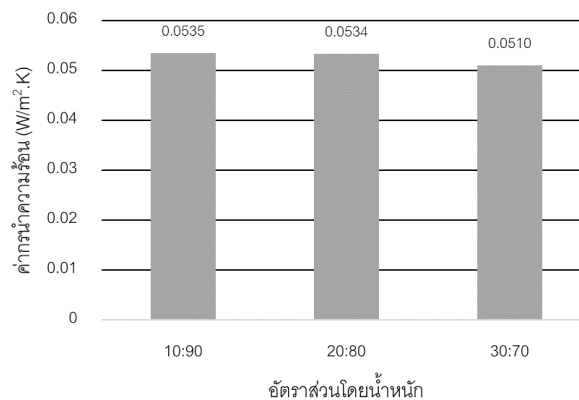
การดูดซับน้ำทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D570 โดยแช่ตัวอย่างในน้ำที่มีอุณหภูมิ 23°C นาน 24 ชั่วโมง ขนาดของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบคือ กว้าง 5.0 cm ยาว 5.0 cm หนา 1.5 cm

สมบัติการโค้งงอทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D790 การทดสอบจะใช้เครื่องมือทดสอบสมบัติเชิงกล (Universal Testing Machine : UTM) โดยเงื่อนไขในการทดสอบคือ โหลดเซลล์ (Load cell) เท่ากับ 0.5 kN ความเร็วในการกด (Compression speed) เท่ากับ 2 mm/นาที และระยะห่างของขารองรับชิ้นงาน (Span length) เท่ากับ 48 mm

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ค่าการนำความร้อน

ในการทดสอบการนำความร้อนพบว่า ค่าการนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพาราที่ในอัตราส่วน 30:70 โดยน้ำหนัก มีค่าต่ำที่สุด ดังแสดงภาพที่ 2 แสดงว่าปริมาณเส้นใยมะพร้าวที่เพิ่มขึ้นนั้นคือปริมาณเซลลูโลสและลิกนินที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการนำความร้อนที่ลดลง ค่าการนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพาราทั้งสามอัตราส่วนมีค่าที่ต่ำกว่ารายงานวิจัยของบุญญารัตน์ พิมพ์มและคณะ (บุญญารัตน์ พิมพ์มและคณะ, 2560, น. 358-367) (0.072 – 0.105 W/m.K)

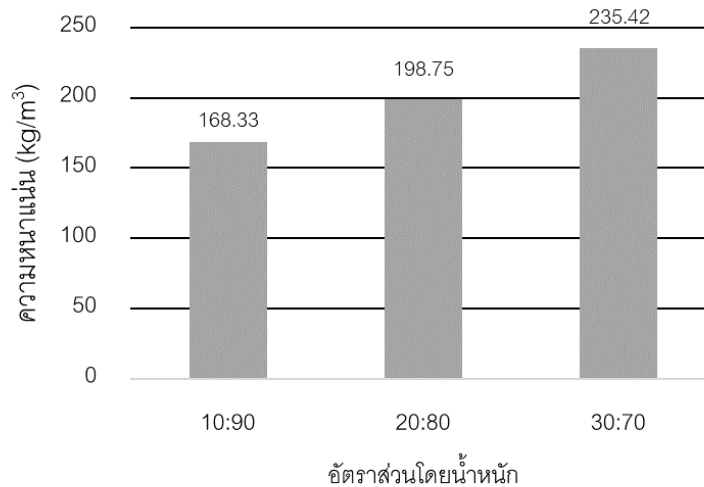


ภาพที่ 2 ค่าการนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพาราในอัตราส่วน 10:90 20:80 และ 30:70 โดยน้ำหนัก

ความหนาแน่น

ในการทดสอบค่าความหนาแน่นพบว่า ค่าความหนาแน่นของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพารามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใย ดังแสดงในภาพที่ 3 เมื่อเข้าสู่กระบวนการขึ้นรูปฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพาราถูกอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้น้ำยางพาราแห้งมวดของน้ำยางพาราลดลงในขณะที่มวลของเส้นใยมะพร้าวเท่าเดิม นั่นคือเมื่อเส้นใยเพิ่มขึ้นส่วนปริมาณน้ำยางลดลงทำให้ความหนาแน่นของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพาราเพิ่มขึ้น และ

ค่าความหนาแน่นของแผ่นฉนวนกันความร้อนทั้งสามอัตราส่วนมีค่าที่ต่ำกว่ารายงานวิจัยของบุญญารัตน์ พิมพรม และคณะ (บุญญารัตน์ พิมพรมและคณะ, 2560, น. 358-367) ($200.00-600.00 \text{ kg/m}^3$)



ภาพที่ 3 ค่าความหนาแน่นของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพาราในอัตราส่วน 10:90 20:80 และ 30:70 โดยน้ำหนัก

อัตราการลามไฟ

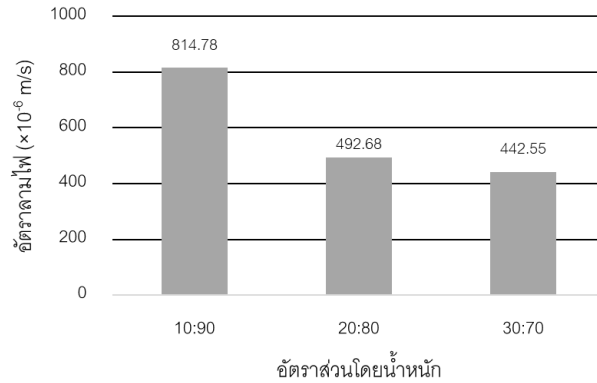
ค่าอัตราการลามไฟของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพาราในอัตราส่วน 10:90 มีอัตราการลามไฟสูงสุด เนื่องจากมีปริมาณน้ำยางมากกว่าอัตราส่วนอื่น และอัตราส่วน 30:70 โดยน้ำหนัก มีอัตราการลามไฟต่ำสุด เนื่องจากในขั้นตอนการเตรียม เส้นใยได้นำเส้นใยไปแช่สารหน่วงไฟ จึงมีสารหน่วงไฟเกาะติดที่เส้นใย เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่ม สารหน่วงไฟก็จะเพิ่มตาม ทำให้ฉนวนติดไฟได้ยากขึ้นอัตราการลามไฟต่ำแสดงดังภาพที่ 4

การดูดซับน้ำ

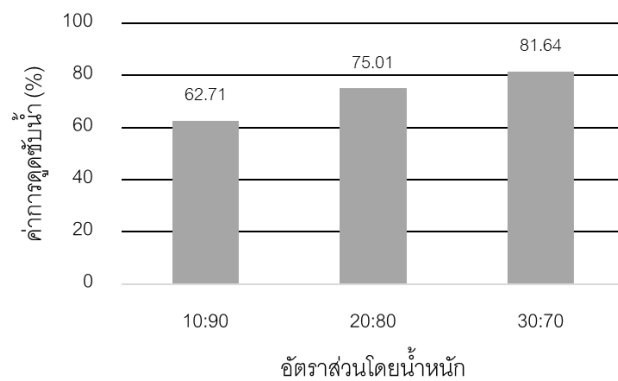
ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพาราทั้งสามอัตราส่วนมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใยดังภาพที่ 5 และมีค่าการดูดซับน้ำสูงกว่ารายงานวิจัยของโรสนา จาราว (โรสลีนา จาราว, 2559) (3.12%) เนื่องมาจากกระบวนการขึ้นรูปแผ่นฉนวนไม่มีการกดอัดจึงทำให้มีรูพรุนระหว่างเส้นใยกับน้ำยางพารามาก โดยเฉพาะในอัตราส่วน 30:70 โดยน้ำหนัก จึงให้ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำสูง

สมบัติการโค้งงอ

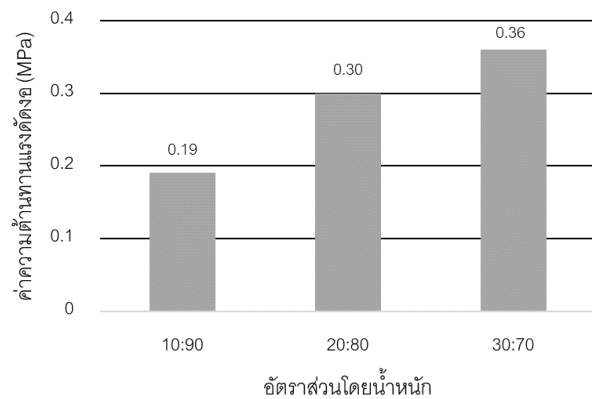
ค่าความต้านทานแรงดัดงอของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพารามีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้นดังภาพที่ 6 เนื่องจากเส้นใยเป็นตัวเสริมแรงเมื่อปริมาณเส้นใยมากขึ้นนั้นคือตัวเสริมแรงมากขึ้นด้วย ฉนวนจึงทนต่อการดัดโค้งงอได้ดีขึ้น



ภาพที่ 4 ค่าอัตราการการใช้ไฟของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพาราในอัตราส่วน 10:90 20:80 และ 30:70 โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 5 ค่าการดูดซับน้ำของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพาราในอัตราส่วน 10:90 20:80 และ 30:70 โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 6 ค่าความต้านทานแรงดึงของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพาราในอัตราส่วน 10:90 20:80 และ 30:70 โดยน้ำหนัก

สรุปผลและเสนอแนะ

การผลิตฉนวนกันความร้อนฉนวนต้องมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ ไม่ติดไฟ น้ำหนักเบา ดูดซึมน้ำได้น้อย และแข็งแรง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบค่าการนำความร้อน ความหนาแน่น อัตราการลามไฟ การดูดซึมน้ำ และสมบัติการโค้งงอของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพาราในอัตราส่วน 10:90 20:80 และ 30:70 โดยน้ำหนัก พบว่าฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพาราในอัตราส่วน 30:70 โดยน้ำหนัก มีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ ไม่ติดไฟ และแข็งแรงกว่าอัตราส่วนอื่น ส่วนน้ำหนักหรือความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนจากวัสดุผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับน้ำยางพาราในอัตราส่วน 30:70 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีค่าเท่ากับ $0.051 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ กับฉนวนใยแก้วที่ได้จากเชิงพาณิชย์มีค่าเท่ากับ $0.035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ (โรสลีนา จาราแวง, 2559) จะเห็นได้ว่าฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยธรรมชาติมีค่าการนำความร้อนที่สูงกว่าฉนวนใยแก้ว

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามเป็นอย่างยิ่งสำหรับความสะดวกในการใช้เครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กนกวรรณ มหารัชชมงคล. (2558). การดัดแปลงพื้นผิวเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าวด้วยไฮเลินเพื่อใช้เป็นสารเสริมแรงในอีพอกซีเรซิน [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. ศิลปากร.
- บุญญารัตน์ พิมพรม, ปีย์วรา แดงนา และปานใจ สือประเสริฐสิทธิ. (2560). การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากฟางข้าว. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 13 (หน้า 358-367). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- โรสลีนา จาราแวง. (2559). การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากพืชในเขตท้องถิ่น. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. (2562) การจัดการความรู้เทคโนโลยีการผลิตมะพร้าวน้ำหอม. การ์ตูนดี.
- สีปศิริ แซ่ลี และศักดิ์ชาย ลิกษา. (2555) การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นผ้าและผนังฉนวนกันความร้อนจากพืชในเขตพื้นที่ประเทศไทย. วารสารวิชาการศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 3(1), 15-24.
- ASTM International. (2018) ASTM D635-18: *Standard Test Method for Rate of Burning of Plastics in Horizontal Position*. West Conshohocken.
- ASTM International. (2019). ASTM C177-19: *Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus*. West Conshohocken.

- Belayachi, N., Hoxha, D., & Ismail, B. (2017). Impact of fiber treatment on the fire reaction and thermal degradation of building insulation straw composite, *Energy Procedia*, 139, 544-549.
- Bisaria, H., Gupta, M. K., Shandilya, P., & Srivastava, R. K. (2015). Effect of fibre length on mechanical properties of randomly oriented short jute fibre reinforced epoxy composite. *Materials Today: Proceedings*, 2(4-5), 1193–1199.
- Horrocks, A. R., & Price, D. (2001). *Fire Retardant Materials*. Woodhead Publishing.

ผลของตำรับยาปลุกไฟธาตุกับการนวดเต้านมต่อการเริ่มไหลของน้ำนม ในมารดาหลังคลอดครั้งแรก

Effect of Plook Fai Tat recipe and breast massage on the onset of
milk production in primiparous woman

ชนิดาภา ยะนันท์^{1*} ฉัตรชนก นุกุลกิจ² นฤวัตร ภัคดี³ เพ็ญศิริ จันทร์แอ⁴ ฉัตรลดา หงษ์วิสัย⁵
ศิรินทีพย์ พรมเสนาสา⁶ กนกวรรณ แสนสุภา⁷ ยลดา ศรีเศรษฐ์⁸ จรินทร์ยา ขุนทะวาด⁹

สาขาแพทย์แผนไทย คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี^{1,2,3,4,5,6,7,8,9}

*Corresponding author: E-mail: chanidapa-y@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยทางคลินิกนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการไหลของน้ำนมในมารดาครรภ์แรก หลังคลอดระหว่างกลุ่มที่ได้รับยาปลุกไฟธาตุร่วมกับการนวดเต้านมกับกลุ่มที่ได้รับการนวดเต้านมเพียงอย่างเดียว โดยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมที่ได้รับการนวดเต้านม จำนวน 20 คน จะได้รับการนวดเต้านมวันละ 30 นาที เป็นเวลา 3 วัน และกลุ่มทดลองที่ได้รับยาปลุกไฟธาตุร่วมกับการนวดเต้านม จำนวน 20 คน จะได้รับยาปลุกไฟธาตุ 2 แคปซูล ก่อนอาหาร 30 นาที 3 เวลา เช้า กลางวัน เย็น ร่วมกับการนวดเต้านม เป็นเวลา 3 วัน ประเมินคะแนนการไหลของน้ำนม ทุก 8 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบบันทึกข้อมูลทั่วไป และแบบประเมินคะแนนระดับการไหลของน้ำนม เครื่องมือดังกล่าวได้ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน โดยมีค่าดัชนีความตรงด้านเนื้อหา เท่ากับ 1 ข้อมูลถูกวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา Chi-Square Test และ Mann-Whitney Test ผลการวิจัยพบว่าในช่วงเวลา 12-52 ชั่วโมงหลังคลอด มารดากลุ่มที่ได้รับยาปลุกไฟธาตุมีคะแนนระดับการไหลของน้ำนมมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการนวดเต้านมเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.00$) รวมทั้งมีน้ำนมมาเร็วกว่ากลุ่มควบคุม จากนั้นในช่วงเวลา 60 ชั่วโมง หลังคลอดเป็นต้นไปไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.23$) งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่ายาปลุกไฟธาตุช่วยกระตุ้นให้น้ำนมมาเร็วและมากขึ้นในช่วงแรกหลังคลอด

คำสำคัญ: นวดเต้านม; ยาปลุกไฟธาตุ; มารดาหลังคลอด

Abstract

This clinical research aimed to compare the scores of milk production in primiparous woman between the group received Plook-fai-tat recipe combination with breast massage and breast massage group. This was studied in 40 postpartum mothers. The volunteers were divided into 2 groups. Group 1, the control group received breast massage 20 cases which received breast massage 30 minutes a day for 3 days. Group 2, the experimental group had 20 cases who received Plook-fai-tat recipe 2 capsules of pills, 30 minutes before meals, 3 times a day, morning, noon, and evening, together with breast massage for 3 days. The scores of milk production were assessed every 8 hours. The tools used in the research were the general data record form and the milk production rating scale form. The tool was examined for content validity by 5 experts and had an index of content validity equal to 1. The data were analyzed by descriptive statistics, Chi-Square Test and Mann-Whitney test. This study showed that at 12-52 hours in Postpartum period, group 2 had significant higher milk production score than group 1 ($p=0.00$) and the onset of milk production faster than the control group. At 60 hours postpartum onwards, there were no statistically significant differences between 2 groups. This research shows that Plook-fai-tat recipe can stimulates faster and more lactation in the early postpartum period.

Keywords: Breast massage; Plook-fai-tat recipe; Primiparous woman

บทนำ

น้ำนมแม่มีสารอาหารสำคัญมากมายที่ทำให้ร่างกายเจริญเติบโตสมบูรณ์ แข็งแรง และมีผลดีต่อสุขภาพของมารดาและทารก การเลี้ยงดูทารกด้วยน้ำนมแม่จึงเป็นวิธีการที่ดีที่สุด จากสถานการณ์ปัจจุบัน อัตราการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ใน 6 เดือนแรกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 50 จากทุกประเทศทั่วโลก (องค์การอนามัยโลก, 2561) ในประเทศไทยนั้น มีอัตราแนวโน้มการส่งเสริมให้เลี้ยงลูกด้วยนมแม่เพิ่มสูงขึ้น จากสำนักงานสถิติแห่งชาติร่วมกับองค์การทุนเพื่อเด็กแห่งสหประชาชาติ ในปี 2559 ได้สำรวจสถานการณ์เด็กและสตรีในประเทศไทย พบว่า มีทารกไทยเพียงร้อยละ 40 ได้กินนมแม่ภายใน 1 ชั่วโมงแรกหลังคลอด และเพียงร้อยละ 23 ที่ได้กินนมแม่อย่างเต็มที่ในช่วง 6 เดือนแรกของชีวิต ยิ่งไปกว่านั้น มีทารกเพียงร้อยละ 13 ที่ได้กินนมแม่ต่อเนื่องถึง 2 ปี (กรมอนามัย, 2561) ซึ่งเป้าหมายของประเทศไทยยังไม่บรรลุเกณฑ์กำหนดไว้ที่ร้อยละ 50

จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของโรงพยาบาลนครพนม เป็นเวลา 12 เดือน ระหว่างเดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ.2562 พบว่า ร้อยละ 70 มารดาหลังคลอดครั้งแรก ในวันที่ 2 มีปัญหา น้ำนมไม่ไหลหรือไหลน้อย ทำให้มารดาหลังคลอดร้อยละ 60 หยุดเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ในช่วงสัปดาห์แรกหลังคลอด ปัจจุบันปัญหาสำคัญที่ทำให้มารดาไม่สามารถให้นมลูกได้ตามปกติ คือ ปริมาณน้ำนมมารดาไม่พอ มีน้อย หรือมีไม่เพียงพอ ปัญหาดังกล่าวมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ลูกไม่ได้รับการดูดนมแม่ภายในวันแรกหรือทันทีหลังคลอด แม่ให้ลูกดูดนมไม่ถูกวิธีทำให้น้ำนมถูกดูดไม่เกลี้ยงเต้าแม่ให้ลูกกินนมผสมร่วมกับนมแม่ทำให้มีการกระตุ้นเต้านมน้อยลง

ความเครียด การพักผ่อนไม่เพียงพอ เป็นต้น มารดาควรมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมต่าง ๆ เพื่อช่วยกระตุ้นให้มีปริมาณน้ำนมมากขึ้นหรือกระตุ้นโดยทางเลือกอื่น เช่น การนวดเต้านม ช่วยเพิ่มปริมาณน้ำนมได้ เป็นการกระตุ้นการไหลของน้ำนมในมารดาหลังคลอด เป็นอีกหนึ่งวิธีที่มีการศึกษาวิจัยมานานในทุกประเทศทั่วโลก นิยมใช้กับมารดาหลังคลอดที่ให้นมบุตร เพื่อช่วยให้การไหลเวียนของเลือดภายในเต้านมดีขึ้น ทำให้หลอดเลือดมีการขยายตัว เพิ่มการไหลเวียนของเลือดมาสู่บริเวณเต้านมมากขึ้น กล้ามเนื้อเต้านมเกิดการคลายตัว ทำให้เกิดการระบายน้ำนม นอกจากนี้การนวดเต้านมยังช่วยกระตุ้นให้มีการหลั่งฮอร์โมนออกซิโตซินทำให้กล้ามเนื้อรอบ ๆ ลูกน้ำนมมีการบีบตัวขับน้ำนมออกจากเต้านม ในทางด้านการแพทย์แผนปัจจุบันมียาที่ใช้เพื่อการกระตุ้นน้ำนม คือ Domperidone หรือ Motilium เป็นยาที่ช่วยกระตุ้นการสร้างน้ำนมโดยการเพิ่มปริมาณฮอร์โมนโปรแลคติน (Prolactin) ที่ต่อมใต้สมองผลิตขึ้น โปรแลคตินเป็นฮอร์โมนที่ช่วยกระตุ้นให้เซลล์ในเต้านมของแม่ผลิตน้ำนม (Rachuso, S. 2017)

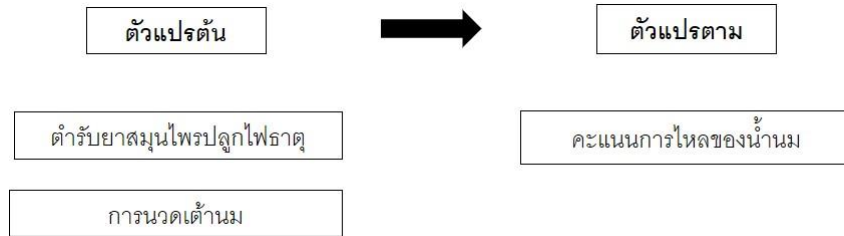
ตำรับยาปลูกไฟธาตุมักใช้ในหญิงหลังคลอดโดยเป็นองค์ความรู้ทางด้านการแพทย์แผนไทยที่ช่วยกระตุ้นน้ำนมในมารดาหลังคลอด ผู้วิจัยได้สนใจศึกษาตำรับยาปลูกไฟธาตุจากคัมภีร์มหาโชดรัต ซึ่งเป็นตำรับยาสำหรับโรคของสตรี เป็นตำรับที่ใช้ในมารดาหลังคลอดครรภ์แรกที่มีน้ำนมมาช้าหรือน้ำมน้อย โดยตำรับปลูกไฟธาตุนั้นมีสรรพคุณช่วยกระตุ้นน้ำนมได้ ตำรับยาปลูกไฟธาตุ ประกอบไปด้วยสมุนไพรที่มีรสร้อน เช่น พริกไทย ล่อน ดอกดีปลี ชะพลู เกาสะค่าน เป็นต้น (ตำราการแพทย์ไทยเดิม, 2550) ซึ่งจะช่วยการไหลเวียนของเลือดและส่งผลต่อการกระตุ้นการสร้างน้ำนมให้มากขึ้น ปัจจุบันยาปลูกไฟธาตุได้รับการขึ้นทะเบียนบัญชียาหลักสมุนไพรแห่งชาติในหมวดกลุ่มอาการทางสูติศาสตร์-นรีเวชวิทยา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดูแลหญิงหลังคลอดที่มีน้ำมน้อยหรือไม่เพียงพอ (บัญชียาหลักแห่งชาติ, 2555)

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามารดาหลังคลอดตามสถานพยาบาลต่าง ๆ มักได้รับการดูแลโดยการนวดเต้านมหรือการนวดเต้านมร่วมกับการรับประทานสมุนไพรกระตุ้นน้ำนม แต่ยังไม่มีการวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จจากการนวดเต้านมร่วมกับการรับประทานยาปลูกไฟธาตุในหญิงหลังคลอด ดังนั้น การศึกษานี้จึงเป็นข้อมูลในการนำไปพัฒนาระบบให้บริการสถานพยาบาลในการใช้การนวดเต้านมร่วมกับยาปลูกไฟธาตุในการกระตุ้นน้ำนมในมารดาหลังคลอดและช่วยให้มารดามีน้ำนมที่มาเร็ว มีปริมาณน้ำนมมากขึ้น เพื่อช่วยให้มารดาประสบความสำเร็จในการเลี้ยงดูทารกด้วยน้ำนมแม่ได้มากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการไหลของน้ำนมในมารดาครรภ์แรกหลังคลอดระหว่างกลุ่มที่ได้รับยาปลูกไฟธาตุร่วมกับการนวดเต้านมกับกลุ่มที่ได้รับการนวดเต้านมเพียงอย่างเดียว

กรอบแนวคิด



ขอบเขตงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยทางคลินิก กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ มารดาหลังคลอดที่มาคลอดในตึกสูติรีเวช โรงพยาบาลนครพนม ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2563–เดือนธันวาคม 2563 อาสาสมัครเป็นมารดาหลังคลอดครรภ์แรก มีภาวะน้ำนมไม่ไหล มีคะแนนการไหลของน้ำนมเท่ากับระดับ 0 ที่เวลา 4-7 ชั่วโมงหลังคลอด อายุ 20-35 จำนวน 40 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยการสุ่มตัวอย่างง่าย โดยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีจับสลาก (Lottery) กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่ได้รับการนวดเต้านม กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่ได้รับยาปลูกฟ้าทะลายโจรร่วมกับการนวดเต้านม

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ มารดาหลังคลอดครรภ์แรก โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่ได้รับการนวดเต้านม กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่ได้รับยาปลูกฟ้าทะลายโจรร่วมกับการนวดเต้านม แบ่งกลุ่มโดยการสุ่มตัวอย่างง่าย โดยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีจับสลาก (Lottery) การศึกษาได้ผ่านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากโรงพยาบาลนครพนม เลขที่ NP-EC 11-NO.15/2562

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย (Inclusion criteria)

- 1) มีภาวะน้ำนมไม่ไหล ประเมินจากการประเมินแรกจับอยู่ในระดับ 0 ภายใน 4-7 ชั่วโมงหลังคลอด
- 2) สื่อสารภาษาไทยได้
- 3) มารดาอายุ 20-35 ปี
- 4) ไม่มีความผิดปกติทางกายภาพของหัวนมและเต้านม
- 5) ไม่มีโรคแทรกซ้อนหลังคลอด เช่น เบาหวาน ความดันโลหิตสูง โรคไต HIV เป็นต้น

เกณฑ์การคัดแยกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากวิจัย (Exclusion criteria)

- 1) มีประวัติแพ้สมุนไพรที่เป็นส่วนผสมในตำรายาปลูกฟ้าทะลายโจร
- 2) มีภาวะแทรกซ้อนหลังคลอด ได้แก่ การติดเชื้อ ตกเลือด มดลูกอักเสบ ใช้ เป็นต้น
- 3) มีประวัติกินยาคุมกำเนิด หรือยาที่อาจทำให้มีผลให้น้ำมน้อย
- 4) ใช้อยาที่อาจเกิดอันตรกิริยากับยาปลูกฟ้าทะลายโจร ได้แก่ Phenytoin, Propranolol, Theophylline และ Rifampicin
- 5) ได้รับยากระตุ้นน้ำนม เช่น ดอมเพอริโดน (Domperidone)

6) ได้รับสมุนไพรระต้มน้ำนม เช่น น้ำขิง

ทำในการนวดเต้านม

มารดาหลังคลอดจะได้รับ การนวดเต้านมตามหลักการนวด 8 ท่า ในเวลา 09.30 น.-15.00 น. แต่
ละคนจะได้รับ การนวดเต้านมวันละ 30 นาที นาน 3 วัน ในการศึกษาใช้ท่า นวดเต้านมมาจากตึกสูติรีเวช
โรงพยาบาลนครพนม โดยมีวิธีการนวดเต้านม ดังนี้

ท่าที่ 1 นวดขยับไหล่ ให้คุณแม่นั่งหรือนอนโดยใช้มือทั้งสองข้างนวดบริเวณบ่า ขยับไหล่ให้เลือด
ไหลเวียนได้ดี

ท่าที่ 2 โยก ใช้ฝ่ามือวางทาบบริเวณรักแร้ ลงน้ำหนักที่ปลายนิ้ว กดไล่จากรักแร้มาที่บริเวณลานนม
วางฝ่ามือบริเวณหน้าอกด้านบน กดไล่ลงมาที่ลานนม และวางฝ่ามือที่กึ่งกลางระหว่างอกทั้งสอง กดไล่มาที่ลาน
นม

ท่าที่ 3 ตบ ใช้ปลายนิ้วชี้ชนใต้เต้านม ตบไล่จากล่างขึ้นบน

ท่าที่ 4 คลึง ใช้ปลายนิ้วนวดวนเป็นวงกลมรอบเต้านม หากพบก้อนตึงให้ค่อยๆ นวดคลึงเบา ๆ

ท่าที่ 5 ยืด วางนิ้วชี้ของมือทั้งสองลงบนหน้าอก กดลงบนเต้านมพร้อม ๆ กับลากนิ้วทั้งสองออกจากกัน
ทำเช่นนี้รอบเต้านม

ท่าที่ 6 รูด ใช้นิ้วโป้งและนิ้วชี้ของมือทั้งสองโอบรอบเต้านม กดมือทั้งสองเข้าหากัน

ท่าที่ 7 จิ้ม ใช้ปลายนิ้วชี้กดและคลึงเบา ๆ ลงบนขอบลานนมโดยรอบ

ท่าที่ 8 บีบ วางนิ้วโป้งและนิ้วชี้บนขอบลานนมให้หัวนมอยู่ตรงกลาง ใช้นิ้วทั้งสองกดเข้าหาลำตัว แล้ว
บีบนิ้วมือทั้งสองเข้าหากัน เพื่อระบายน้ำนม

ยาปลูกไฟธาตุและขนาดยา

ตำรับยาปลูกไฟธาตุที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผลิตโดยโรงพยาบาลเรณู ที่ผ่านมาตรฐานการผลิตยา
สมุนไพรร WHO-GMP โดยกรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก ผลิตตำรับยานี้ในรูปแบบของยา
แคปซูล ขนาด 500 มิลลิกรัม ส่วนประกอบของยาปลูกไฟธาตุ 100 กรัมประกอบด้วย 1) พริกไทยล่อน 50 กรัม
2) ดอกดีปลี รากข้าวพลู ผักแพ้วแดง (ทั้งต้น) เกาสะค่าน เหง้าขิงแห้ง ลูกผักชีล้อม เหง้าว่านน้ำ หัวแห้วหมู ลูก
พิลังกาสง ผิวมะกรูด หนังกิ่งละ 5 กรัมรับประทานครั้งละ 2 แคปซูล ก่อนอาหาร เข้า กลางวัน เย็น
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มี 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบบันทึกข้อมูลทั่วไปของมารดาหลังคลอด

ส่วนที่ 2 แบบประเมินระดับการไหลของน้ำนม ซึ่งผู้วิจัยนำมาจากแบบประเมินของโรงพยาบาล
นครพนมที่ประเมินระดับการไหลของน้ำนมจากปริมาณน้ำนมที่ได้จากการบีบเต้านมของมารดา แบ่งออกเป็น 4
ระดับ ได้แก่

- คะแนน 0 หมายถึง น้ำนมไม่ไหล เมื่อบีบลานนมแล้วไม่มีน้ำนมไหลออกมา

- คะแนน 1 หมายถึง น้ำนมเริ่มไหล เมื่อบีบลานนมแล้วมีน้ำนมใส่ 1-2 หยด

- คะแนน 2 หมายถึง น้ำนมไหล เมื่อบีบลานนมแล้วมีน้ำนมใส ขาว หรือน้ำนมเหลืองไหล ออกมาตั้งแต่ 3 หยดขึ้นไป แต่น้ำนมไม่พุ่ง

- คะแนน 3 หมายถึง น้ำนมไหลดี เมื่อบีบลานนมแล้วมีน้ำนมไหลพุ่งเป็นสาย

แบบสอบถามได้ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 คน จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และนำมาวิเคราะห์ คำนวณหาค่าดัชนีความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาและตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือแบบสังเกตการณ์ไหลของน้ำนมในกลุ่มมารดาหลังคลอดครรภ์แรกที่มีคุณสมบัติลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน ได้ค่าดัชนีความตรง เท่ากับ 1

ขั้นตอนการศึกษา

คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเป็นมารดาหลังคลอดครรภ์แรกอายุ 20-35 ปี ที่มารับการคลอดในโรงพยาบาลนครพนม ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2563-เดือนธันวาคม 2563 จำนวน 40 คน มีคะแนนประเมินการไหลของน้ำนมอยู่ที่ระดับ 0 คือน้ำนมไม่ไหล ที่เวลา 4-7 ชั่วโมงหลังคลอดแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มที่ได้รับการนวดเต้านม กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่ได้รับยาปลูกไฟธาตุร่วมกับการนวดเต้านม

กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่ได้รับการนวดเต้านม จะได้รับคำแนะนำจากผู้วิจัยและพยาบาลผู้ผ่านการอบรมดูแลการไหลของน้ำนมในมารดาหลังคลอดครรภ์แรก จากนั้นมารดาหลังคลอดครรภ์แรกจะได้รับการนวดเต้านมตามหลักการนวด 8 ท่า ในช่วงเวลา 09.30 น.-15.00น. แต่แต่ละคนจะได้รับการนวดเต้านมวันละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 30 นาที และประเมินการไหลของน้ำนมทุก 8 ชั่วโมง จนกว่าน้ำนมจะไหลทำติดต่อกันเป็นเวลา 3 วัน

กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ได้รับยาปลูกไฟธาตุร่วมกับการนวดเต้านม โดยมารดาจะได้รับการนวดเต้านมเช่นเดียวกับกลุ่มที่ 1 ร่วมกับยาปลูกไฟธาตุ รับประทานครั้งละ 2 แคปซูล ก่อนอาหาร เช้า กลางวัน เย็น ประเมินการไหลของน้ำนมทุก 8 ชั่วโมง จนกว่าน้ำนมจะไหล ทำติดต่อกันเป็นเวลา 3 วัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป กลุ่มที่ได้รับการนวดเต้านมและกลุ่มที่ได้รับตำรับยาปลูกไฟธาตุร่วมกับการนวดเต้านม วิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับข้อมูลทั่วไปวิเคราะห์โดยใช้สถิติ Chi-square test ส่วนคะแนนการไหลของน้ำนมวิเคราะห์โดยสถิติ Mann-Whitney Test กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มที่ได้รับการนวดเต้านมและกลุ่มที่ได้รับยาปลูกไฟธาตุร่วมกับการนวดเต้านม

กลุ่มนวดเต้านมในมารดาหลังคลอดครรภ์แรกมีลักษณะห้วงมยาวกว่า 1 เซนติเมตร คิดเป็นร้อยละ 40 ห้วงมสั้นกว่า 1 เซนติเมตรและห้วงมบอด/บวม คิดเป็นร้อยละ 30 ระยะเวลาเริ่มต้นกระตุ้นดูนมแม่ครั้งแรกหลังคลอดภายใน 1 ชั่วโมง ทุกราย คิดเป็นร้อยละ 100 ความตั้งใจเลี้ยงลูกด้วยนมแม่มากกว่า 6 เดือน คิดเป็นร้อยละ 75 ความตั้งใจเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ มากกว่า 6 เดือน คิดเป็นร้อยละ 25 สถานะภาพสมรสทุกคน คิดเป็นร้อยละ 100 อาชีพแม่บ้าน ร้อยละ 45 เกษตรกรรม คิดเป็นร้อยละ 30 ค้าขายและลูกจ้าง/พนักงานบริษัท คิดเป็นร้อยละ

ละ 10 รับจ้าง คิดเป็นร้อยละ 5 ระดับการศึกษามัธยมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 40 ประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 35
ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 15 ระดับปวช. คิดเป็นร้อยละ 10 รายได้ ระหว่าง 1,000-5,000 บาท คิด
เป็นร้อยละ 50 รายได้ 5,001-10,000 คิดเป็นร้อยละ 30 รายได้ 10,001-15,000 และรายได้ 15,001-20,000 คิด
เป็นร้อยละ 10 อายุครรภ์เมื่อคลอดเท่ากับ 39.65 ± 0.59 สัปดาห์ น้ำหนักมารดาขณะตั้งครรภ์เท่ากับ
 66.25 ± 4.78 อายุมารดาเฉลี่ยเท่ากับ 26 ± 4.81 ปี น้ำหนักทารกแรกเกิด เท่ากับ 2818.40 ± 344.35 กรัม

กลุ่มได้รับตำรับยาปลูกไฟธาตุร่วมกับการนวดเต้านม ลักษณะห้วนมยาวกว่า
1 เซนติเมตรและห้วนมสั้นกว่า 1 เซนติเมตร คิดเป็นร้อยละ 35 ห้วนมบอด/บวมคิดเป็นร้อยละ 30 ระยะเวลา
เริ่มต้นกระตุ้นเต้านมแม่ครั้งแรกหลังคลอดภายใน 1 ชั่วโมงทุกราย คิดเป็นร้อยละ 100 ความตั้งใจเลี้ยงลูกด้วย
นมแม่ 4-6 เดือน คิดเป็นร้อยละ 60 ความตั้งใจเลี้ยงลูกด้วยนมแม่มากกว่า 6 เดือน คิดเป็นร้อยละ 40 สถานภาพ
สมรสคู่ทุกราย คิดเป็นร้อยละ 10 อาชีพแม่บ้านและลูกจ้าง/พนักงานบริษัท คิดเป็นร้อยละ 40 รับจ้าง คิดเป็น
ร้อยละ 10 เกษตรกรและค้าขาย คิดเป็นร้อยละ 5 ระดับการศึกษามัธยมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 45 ปริญญาตรี
หรือเทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 30 ระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 15 ระดับปวช. คิดเป็นร้อยละ 10 รายได้
1,000-5,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 40 รายได้ 10,001-15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 25 รายได้ 15,001-20,000
บาท คิดเป็นร้อยละ 20 รายได้ 5,001-10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 15 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มที่ได้รับการนวดเต้านม
และกลุ่มที่ได้รับยาปลูกไฟธาตุร่วมกับการนวดเต้านม อายุครรภ์เมื่อคลอดเท่ากับ 39.75 ± 0.72 สัปดาห์
น้ำหนักทารกแรกเกิด เท่ากับ $2,883.50 \pm 461.52$ กรัม อายุมารดาเท่ากับ 28.05 ± 3.86 ปี น้ำหนักมารดาขณะ
ตั้งครรภ์ เท่ากับ 68.55 ± 5.09 กิโลกรัม แสดงดังตารางที่ 1 และ 2 เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลข้างต้นระหว่าง 2 กลุ่ม
พบว่า ลักษณะห้วนม ระยะเวลาเริ่มต้นกระตุ้นเต้านมแม่ครั้งแรกหลังคลอด ภายใน 1 ชั่วโมง สถานภาพสมรส
อาชีพ ระดับการศึกษา รายได้ อายุครรภ์คลอด น้ำหนักทารกแรกเกิด อายุมารดา น้ำหนักมารดาขณะตั้งครรภ์
ของอาสาสมัครกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่ความตั้งใจเลี้ยงลูกด้วยนมแม่
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของมารดาครรภ์แรกกลุ่มได้รับการนัดเต้านมและกลุ่มได้รับตำรับยาปลูกไฟธาตุร่วมกับ
การนัดเต้านมทดสอบโดยใช้สถิติ Chi-Square Test (n=20/กลุ่ม)

ข้อมูลทั่วไป	นัดเต้านม		ปลูกไฟธาตุ+นัดเต้านม		p
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
ลักษณะห้วนม					0.974
ห้วนมยาวกว่า 1 ซม.	8	40.00	7	35.00	
ห้วนมสั้นกว่า 1 ซม.	6	30.00	7	35.00	
ห้วนมบอด/นุ่ม	6	30.00	6	30.00	
ระยะเวลาเริ่มต้นกระตุ้นดูดนม แม่ครั้งแรกหลังคลอด ภายใน 1 ชั่วโมง	20	100	20	100	
ความตั้งใจเลี้ยงลูกด้วยนมแม่					0.007*
4-6 เดือน	5	25.00	12	60.00	
มากกว่า 6 เดือน	15	75.00	8	40.00	
สถานภาพสมรส					
คู่	20	100	20	100	
อาชีพ					0.33
แม่บ้าน	9	45.00	8	40.00	
เกษตรกร	6	30.00	1	5.00	
รับจ้าง	1	5.00	2	10.00	
ค้าขาย	2	10.00	1	5.00	
ลูกจ้าง/พนักงานบริษัท	2	10.00	8	40.00	
ระดับการศึกษา					0.203
ประถมศึกษา	7	35.00	3	15.00	
มัธยมศึกษา	8	40.00	9	45.00	
ปวช.	2	10.00	2	10.00	
ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า	3	15.00	6	30.00	
รายได้					0.296
1,000-5,000	10	50.00	8	40.00	
5,001-10,000	6	30.00	3	15.00	
10,001-15,000	2	10.00	5	25.00	
15,001-20,000	2	10.00	4	20.00	

หมายเหตุ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ตารางที่ 2 ข้อมูลของทารกแรกเกิดและมารดาครรภ์แรก จำแนกตามอายุครรภ์คลอด น้ำหนักทารกแรกเกิด อายุมารดา น้ำหนักแรกเกิดขณะตั้งครรภ์ กลุ่มได้รับการนวดเต้านมและกลุ่มได้รับตำรับยาปลูกไฟธาตุ ร่วมกับการนวดเต้านม โดยใช้สถิติ Paired-T-Test (n=20/กลุ่ม)

ข้อมูลของทารกแรกเกิดและ มารดาครรภ์แรก	นวดเต้านม		ปลูกไฟธาตุ+นวดเต้านม		p
	Mean	SD	Mean	SD	
อายุครรภ์คลอด	39.65	0.59	39.75	0.72	0.632
น้ำหนักทารกแรกเกิด	2818.40	344.35	2883.50	461.52	0.616
อายุมารดา	26.00	4.81	28.05	3.86	0.145
น้ำหนักมารดาขณะตั้งครรภ์	66.25	4.78	68.55	5.09	0.149

หมายเหตุ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

การเปรียบเทียบระยะเวลาของการไหลของน้ำนมระหว่างกลุ่มที่ได้รับการนวดเต้านมและกลุ่มที่ได้รับตำรับยาปลูกไฟธาตุร่วมกับการนวดเต้านม

ผลการศึกษาเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการไหลของน้ำนม กลุ่มได้รับตำรับยาปลูกไฟธาตุร่วมกับการนวดเต้านมและกลุ่มได้รับการนวดเต้านม พบว่า กลุ่มได้รับตำรับยาปลูกไฟธาตุร่วมกับการนวดเต้านม มีคะแนนเฉลี่ยการไหลของน้ำนมมากกว่ากลุ่มได้รับการนวดเต้านมในระยะหลังคลอด ในช่วงเวลาที่ 12-52 ชั่วโมง หลังคลอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่มีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ชั่วโมงที่ 60 เป็นต้นไป เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเริ่มไหลของน้ำนมพบว่า กลุ่มได้รับการนวดเต้านมร่วมกับได้รับตำรับยาปลูกไฟธาตุ มีระยะเวลาน้ำนมเริ่มไหลเร็วกว่า โดยพบว่าน้ำนมเริ่มมาที่เวลา 12 ชั่วโมงหลังคลอด โดยมีคะแนนการไหลของน้ำนมเฉลี่ยเท่ากับ 0.5 ± 0.51 มีคะแนนเกรด 2 ที่เวลา 44 ชั่วโมงหลังคลอด และคะแนนเกรด 3 ที่เวลา 76 ชั่วโมงหลังคลอด ในขณะที่กลุ่มได้รับการนวดเต้านมน้ำนม จะมีน้ำนมเริ่มไหลเวลา 20 ชั่วโมงหลังคลอด โดยมีคะแนนการไหลของน้ำนมเฉลี่ยเท่ากับ 0.1 ± 0.31 มีคะแนนเกรด 2 ที่เวลา 68 ชั่วโมงหลังคลอด แสดงให้เห็นว่าการนวดเต้านมร่วมกับการรับประทานยาปลูกไฟธาตุจะช่วยกระตุ้นให้น้ำนมเริ่มไหลได้เร็วกว่าการนวดเพียงอย่างเดียว แสดงดังตารางที่ 3 งานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการเพิ่มน้ำนมของยาปลูกไฟธาตุในหญิงหลังคลอดที่มีน้ำนมมาน้อย พบว่า กลุ่มที่ได้ยาปลูกไฟธาตุมีปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้น (นิลเนตร วีระสมบัติ และคณะ, 2563) งานวิจัยที่ผ่านมาที่ศึกษาผลของโปรแกรมการนวดเต้านมด้วยตนเองต่อการไหลของน้ำนมในมารดาครรภ์แรก (มารีญา มะแซ และคณะ, 2563) พบว่ามารดาครรภ์แรกที่ได้รับโปรแกรมการนวดเต้านมด้วยตนเองมีคะแนนเฉลี่ยการไหลของน้ำนมหลังคลอดสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการพยาบาลตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การได้รับยาปลูกไฟธาตุร่วมกับการนวดเต้านมจึงเป็นอีกทางเลือกที่ช่วยกระตุ้นการสร้างน้ำนมและทำให้การไหลของน้ำนมเพิ่มขึ้น การเปรียบเทียบระยะเวลาของการไหลของน้ำนมระหว่างกลุ่มที่ได้รับการนวดเต้านมและกลุ่มที่ได้รับตำรับยาปลูกไฟธาตุร่วมกับการนวดเต้านม จากการติดตามผลมารดาหลังคลอดครรภ์แรกที่ได้รับยาปลูกไฟธาตุต่อเนื่องกัน 3 วัน ไม่พบอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ตำรับยาปลูกไฟธาตุ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยการเริ่มไหลของน้ำนมระหว่างกลุ่มที่ได้รับนมเต้านมกับกลุ่มที่ได้รับตำรับยาปลูกไฟธาตุร่วมกับการนวดเต้านม โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test (n=20/กลุ่ม)

ระยะเวลาหลังคลอด	คะแนนการไหลของน้ำนม				p	
	นวดเต้านม		ปลูกไฟธาตุ + นวดเต้านม			
	Mean	SD	Mean	SD		
1	ก่อนทดลอง	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
2	ชั่วโมงที่ 12 หลังคลอด	0.00	0.00	0.50	0.51	0.03*
3	ชั่วโมงที่ 20 หลังคลอด	0.10	0.31	0.90	0.31	0.00*
4	ชั่วโมงที่ 28 หลังคลอด	0.60	0.60	1.10	0.31	0.01*
5	ชั่วโมงที่ 36 หลังคลอด	0.85	0.49	1.65	0.49	0.00*
6	ชั่วโมงที่ 44 หลังคลอด	1.20	0.41	2.05	0.51	0.00*
7	ชั่วโมงที่ 52 หลังคลอด	1.55	0.69	2.60	0.50	0.00*
8	ชั่วโมงที่ 60 หลังคลอด	1.85	0.59	2.70	0.47	0.23
9	ชั่วโมงที่ 68 หลังคลอด	2.05	0.39	2.85	0.37	0.05
10	ชั่วโมงที่ 76 หลังคลอด	2.10	0.55	3.00	0.00	0.07

หมายเหตุ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

สรุปผลและเสนอแนะ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการไหลของน้ำนมในมารดาครรภ์แรกหลังคลอดระหว่างกลุ่มที่ได้รับยาปลูกไฟธาตุร่วมกับการนวดเต้านมกับกลุ่มที่ได้รับการนวดเต้านมเพียงอย่างเดียว ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มที่ได้รับตำรับยาปลูกไฟธาตุร่วมกับการนวดเต้านม มีคะแนนเฉลี่ยการไหลของน้ำนมมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการนวดเต้านมอย่างเดียวในระยะเวลาหลังคลอด ในช่วงเวลาที่ 12-52 ชั่วโมงหลังคลอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังช่วยให้ น้ำนมมาเร็วกว่ากลุ่มควบคุมอีกด้วย ดังนั้นจึงควรสนับสนุนให้มีการบริการใช้ตำรับยาปลูกไฟธาตุในมารดาหลังคลอดโดยเฉพาะในมารดาหลังคลอดที่มีปัญหาระยะเวลาการเริ่มไหลของน้ำนมช้า

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมารดาหลังคลอดที่เข้าร่วมเป็นอาสาสมัครให้ข้อมูลในการวิจัย หัวหน้าสูตินรีเวช โรงพยาบาลนครพนม และเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลสูตินรีเวชโรงพยาบาลนครพนมที่ช่วยประสานงานการเก็บข้อมูลในครั้งนี้ทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

- กรรณิการ์ จันทรแก้ว. (2020). ผลของยาสมุนไพรบำรุงน้ำนมต่อระดับการไหลของน้ำนมในมารดาหลังคลอด.
<https://www.tdc.thailis.or.th>.
- กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2562). มุลนิธิศูนย์นมแม่แห่งประเทศไทยเสริมพลังนมแม่แนะเทคนิค 3 จุด
ให้คุณค่านมแม่ครบถ้วน. <https://pr.moph.go.th>.
- ชุติมา ไตรนากกุล และคณะ. (2553). ผลของการไหลของน้ำนมในหญิงหลังคลอดที่ถูกงด- ควบคุมเต้านม
ด้วยกระเป๋าน้ำร้อนและลูกประคบสมุนไพร. <https://www.tdc.thailis.or.th>.
- ตำราการแพทย์ไทยเดิม. (2550). มุลนิธิฟื้นฟูส่งเสริมการแพทย์ไทยเดิม. สำนักพิมพ์ กรุงเทพฯ.
- นิลเนตร วีระสมบัติและคณะ. (2563). ประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการเพิ่มน้ำนมของยาปลูกไฟธาตุใน
หญิงหลังคลอดที่มีน้ำนมน้อย. <https://he01.tci-thaijo>.
- บัญชียาหลักแห่งชาติ. (2555) บัญชียาสมุนไพร. <http://kpo.moph.go.th>
- ไพลิน บุญธรรม. (2561). ประสิทธิภาพการนวดและประคบสมุนไพรกระตุ้นน้ำนมต่อปริมาณการไหลของน้ำนม
มารดาหลังคลอดโรงพยาบาลพุทธอำเภอพุนี จังหวัดศรีสะเกษ. <https://www.ttm/wp-content/uploads>.
- มาริยา มะแซ. (2563). ผลของโปรแกรมการนวดเต้านมด้วยตนเองต่อการไหลของน้ำนมในมารดาครรภ์แรก.
<https://www.nur.psu.ac.th>.
- องค์การอนามัยโลก. (2561). น้ำนมแม่ประโยชน์แท้จากธรรมชาติ. <https://multimedia.anamai.moph.go.th>.
- อมรินทร์ ชะเนติยง. (2561). ผลการนวดและประคบเต้านมเพื่อกระตุ้นการไหลของน้ำนมในมารดาหลังคลอด
โรงพยาบาลภูสิงห์ จังหวัดศรีสะเกษ. วารสารหมอยาไทยวิจัย, 4(1), 41-52. <https://www.ttm/wp-content/uploads>.
- อัครา ศรีสุวพันธ์. (2555). ผลของน้ำขิงกับระยะเวลาการเริ่มไหลของน้ำนมมารดาหลังคลอด โรงพยาบาล
บุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์. วารสารการแพทย์โรงพยาบาลศรีสะเกษ สุรินทร์ บุรีรัมย์, 243-250.
<https://he02.tci-thaijo.org>.
- Rachuso S. (2017). Effectiveness of domperidone in breast milk production augmentation of term
cesarean deliveries mothers. *Buddhachinaraj Medicine Journal*, 26(2), 168-72.

การสังเคราะห์ขั้วของตัวเก็บประจุไฟฟ้ายิ่งยวดจากเปลือกเมล็ดมะค่าโมงด้วยกระบวนการ
การคาร์บอนในเซชันร่วมกับการกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)
The Synthesis of Electrode Supercapacitors from Afzelia Xylocarpa Shells by The
Combination of Carbonization and Potassium Hydroxide (KOH) Activation

มาวิน ปูนอน^{1*} กิตติศักดิ์ แสงเพ็ญ² อนุวัชช์ สอนสนาม³ พลิสญา ดวงจันทร์⁴ บุษยมาส รัตนดอน⁵

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม¹

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม^{2,3,4}

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม⁵

*Corresponding author: E-mail: mavin.punon@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดมะค่าโมง โดยการเตรียมถ่านกัมมันต์จากกระบวนการคาร์บอนในเซชัน (Carbonization) ในอุณหภูมิ 700, 800 และ 900 องศาเซลเซียส ร่วมกับการกระตุ้นทางเคมีแบบจุ่มแช่ด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 6 โมลาร์ เป็นเวลา 6 วัน หลังการกระตุ้น พบโครงสร้างพื้นผิวมีรูพรุนสูงที่อุณหภูมิคาร์บอนในเซชัน 800 องศาเซลเซียส จากผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการดูดซับไนโตรเจน (N_2 absorption, BET) ให้พื้นที่ผิวจำเพาะสูงถึง 1,305 ตารางเมตรต่อกรัม และพบการกระจายตัวของรูพรุนขนาดเล็ก (Micropores) เป็นจำนวน 0.32 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ซึ่งการมีอยู่ของรูพรุนประเภทนี้ ช่วยเพิ่มการเคลื่อนที่ของไอออนในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ส่งผลให้มีแนวโน้มในการนำไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นในขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวด โดยงานวิจัยนี้ใช้การวัดประสิทธิภาพทางเคมีไฟฟ้าในระบบ 3 ขั้ว พบว่าค่าความจุไฟฟ้าที่ได้ คือ 273, 246, 215 และ 184 ฟารัดต่อกรัม ที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 1, 2, 5 และ 10 แอมแปร์ต่อกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพหลังการใช้งาน (Retention) เป็นเวลา 5,000 รอบ ยังคงมีประสิทธิภาพสูงถึง 99 เปอร์เซ็นต์ ที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ต่อกรัม ดังนั้น ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากเปลือกเมล็ดมะค่าโมงที่มีอยู่ตามธรรมชาติจึงเป็นแหล่งคาร์บอนยั่งยืน ต้นทุนในการผลิตต่ำ และให้พื้นที่ผิวสูง จึงเหมาะต่อการนำไปประยุกต์ใช้ประดิษฐ์เป็นขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้ายิ่งยวด

คำสำคัญ: เปลือกเมล็ดมะค่าโมง; ถ่านกัมมันต์; การกระตุ้นด้วย KOH; ขั้วไฟฟ้า; ตัวเก็บประจุยิ่งยวด

Abstract

The objective of the research was to study the synthesis of activated carbon from *Azelia Xylocarpa* shells. By doing that, the study prepared activated carbon from carbonization at the temperature of 700, 800 and 900 °C and immersed with 6 M KOH solution for six days. After the activation, the study found high pores on surface area structure at temperature of 800 °C. From N₂ absorption (BET method), the surface area had increased to 1,305 m²/g and had 0.32 cm³/g micropores distribution. As these mesopores distribution existed, it helped to increase ion movement in electrolyte solution. As a result, there is an increased tendency for conductivity in the supercapacitor electrodes. The study used electrochemical performance in 3 electrode techniques and the value capacitance was 273, 246, 215 and 184 F/g at the current density of 1, 2, 5 and 10 A/g, respectively. Moreover, this electrode had high performance after 5000 rounds of retention, which is considered 99% at the current density of 5 A/g. Consequently, activated carbon received from natural *Azelia Xylocarpa* shells was a sustainable resource of carbon, cheap, had high surface area, and was applicable to create supercapacitor electrodes.

Keywords: *Azelia xylocarpa* shells; Activated carbon; KOH activation; Electrode; Supercapacitors

บทนำ

ปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร และความก้าวหน้าทางภาคอุตสาหกรรม ทำให้เกิดความสนใจพัฒนาเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน ตัวเก็บประจุไฟฟ้ายิ่งยวดจึงได้รับความสนใจจากนักวิจัยเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีขนาดเล็กสามารถพกพาได้ ให้พลังงานและกำลังสูง (Yang, 2014, p.274-290) อย่างไรก็ตามข้อเสียของตัวเก็บประจุยิ่งยวดคือให้พลังงานที่จำกัด ดังนั้น การเพิ่มพลังงานจึงเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาตัวเก็บประจุยิ่งยวดในตัวเก็บประจุไฟฟ้ายิ่งยวด (Fic, 2018, p.437-454)

วัสดุคาร์บอนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน เช่น กราฟีน ท่อนาโนคาร์บอน ถ่านกัมมันต์ คาร์บอนนาโนไฟเบอร์ เป็นต้น ถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้ายิ่งยวด (Du, 2018, p.40062-40069) วัสดุที่นำมาใช้ผลิตตัวไฟฟ้าส่วนใหญ่เลือกใช้จากถ่านกัมมันต์ เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก มีปริมาณรูพรุนขนาดต่าง ๆ มีพื้นที่ผิวสูง ส่งผลให้ถ่ายโอนประจุไฟฟ้าได้ดี และมีความเสถียรภาพของวงจรไฟฟ้า (มนตรี สว่างพฤษ, 2556, น.9-26) โดยปัจจุบันการนำวัสดุชีวมวลต่าง ๆ มาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์เริ่มเป็นที่ยอมรับและได้รับความสนใจกันมากขึ้น ซึ่งถ่านกัมมันต์จากวัสดุชีวมวลที่นิยมใช้ ได้แก่ ไม้ไผ่ (Liu, 2010, p. 233-238) ชี้อ้อย (Foo, 2012, p.425-432) กะลามะพร้าว (Sesuk, 2019, p.100910) เปลือกส้ม (Hana, 2019, p.176-181) ใบชา (Penga, 2013, p.401-408) และชีวมวลหรือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (Jiang, 2019, p.513-519) เป็นต้น โดยวัสดุเหล่านี้มีราคาถูกทำให้ต้นทุนการผลิตถ่านกัมมันต์ต่ำลง การนำเปลือกเมล็ดมะค่าโมง ซึ่งเป็นชีวมวลที่ไม่มีมูลค่า มาเป็นวัตถุดิบตั้ง

ต้นในการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์ด้วยลักษณะจำเพาะที่มีเปลือกแข็ง สีดำสนิท คล้ายคลึงกับกะลามะพร้าวที่มีงานวิจัยหลาย ๆ งานวิจัยได้ทำการวิจัย (Sesuk, 2019, p.100910) พบว่ามีค่าความจุสูงเมื่อนำมาสังเคราะห์เป็นขี้ไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้ายิ่งยวด

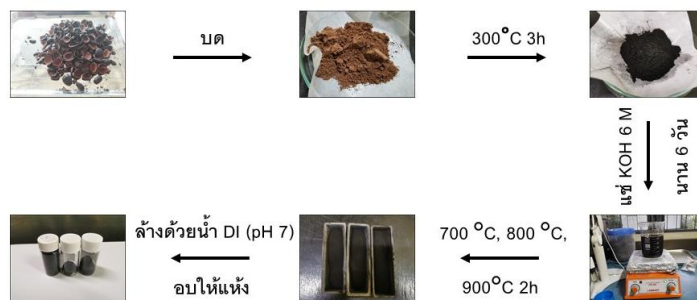
การเตรียมถ่านกัมมันต์ด้วยการก่อกัมมันต์ทางเคมี (Chemical activation) โดยใช้สารเคมีเป็นสารก่อกัมมันต์ (Activator) ซึ่งใช้เวลาไม่นานและอุณหภูมิในการก่อกัมมันต์ต่ำได้โครงสร้างรูพรุนที่ดีกว่าการก่อกัมมันต์ทางกายภาพ (Physical activation) สารเคมีที่ใช้ส่วนใหญ่ ได้แก่ H_3PO_4 , KOH (Yang, 2019, p.121956), K_2CO_3 และ $ZnCl_2$ (Chen, 2017, p.713-724) เป็นต้น จากงานวิจัยของ ราชารูมคุม์ เซนธิล (Senthil, 2021, p.102287) พบว่าเมื่อใช้ KOH เป็นสารก่อกัมมันต์จะส่งผลให้มีพื้นที่ผิวจำเพาะของคาร์บอนมีค่าสูงขึ้น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของตัวเก็บประจุไฟฟ้ายิ่งยวด

ดังนั้นในงานวิจัยนี้สนใจที่จะนำเปลือกเมล็ดมะค่าโมง มาใช้เป็นวัสดุในการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์ โดยการเตรียมถ่านกัมมันต์จากกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization) ร่วมกับการกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 6 M และทำการประดิษฐ์เป็นขี้ไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้ายิ่งยวด

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดมะค่าโมง

นำเมล็ดมะค่าโมงมาล้างด้วยน้ำสะอาด นำไปตากให้แห้ง ทบ สับ บด เพื่อลดขนาด นำเข้าเตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle Furnace) ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส อัตราการให้ความร้อนที่ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ภายใต้ความดันบรรยากาศ นำถ่านชาร์ที่ได้มากระตุ้น (Activation) ด้วยการจุ่มแช่สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 6 โมลาร์ เป็นเวลา 6 วัน จากนั้นนำถ่านชาร์ไปผ่านกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization) ที่อุณหภูมิ 700, 800 และ 900 องศาเซลเซียส ในเตาเผาอุณหภูมิสูงแบบท่อ (Tube furnaces) ภายใต้ความดันบรรยากาศก๊าซอาร์กอนโดยมีอัตราการไหล 200 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการให้ความร้อนที่ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (AK700, AK800, AK900) จากนั้นนำถ่านกัมมันต์ที่ได้ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน (Deionized water; DI) ให้เป็นกลาง (pH 7) นำไปอบให้แห้ง เก็บในตู้ดูดความชื้นเพื่อรอการทดสอบต่อไปสรุปได้ผังแผนผังดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงแผนผังการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดมะค่าโมง

การวิเคราะห์สมบัติของถ่านกัมมันต์

การตรวจสอบสัณฐานวิทยาและโครงสร้างผลึก รวมถึงหมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ประกอบด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ ดังนี้ การวิเคราะห์โครงสร้างทางสัณฐานวิทยาโดยใช้เทคนิค Scanning electron microscopy ; SEM รุ่น Hitachi SU8030, การวิเคราะห์ลักษณะของโครงสร้างผลึกโดยใช้เทคนิค X-ray diffractometer ; XRD รุ่น Bruker D8 Advance X-ray Diffractometer with Cu K radiation, การวิเคราะห์ปริมาณผลึกโดยใช้เทคนิค Raman spectrometer รุ่น Bruker optics Senterra Dispersive, การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันโดยใช้เทคนิค Fourier transform infrared spectrometer ; FT-IR รุ่น Bruker NVENIO S และการวิเคราะห์พื้นที่ผิวและความพรุนโดยใช้เทคนิคการดูดซับไนโตรเจน Surface area and pore size analyzer ; BET รุ่น Micromeritics TriStar II Plus

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีไฟฟ้าของถ่านกัมมันต์

สมบัติทางเคมีไฟฟ้าของถ่านกัมมันต์ได้รับการทดสอบโดยใช้ระบบขั้วไฟฟ้าแบบ 3 ขั้ว คือ (I) ขั้วไฟฟ้าทำงาน (Working electrode) (II) ขั้วไฟฟ้าเคาน์เตอร์ (Counter electrode) คือ แพลทินัม (Pt) (III) ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (Reference electrode) ซึ่งเป็นวัสดุประเภท Ag/AgCl ใช้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 6 โมลาร์ เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ การเตรียมขั้วไฟฟ้าทำงานเพื่อทดสอบได้มาจากการผสมตัวอย่างถ่านกัมมันต์, คาร์บอนแบล็ค (Carbon black) และโพลีไวนิลิดีนฟลูออไรด์ (Polyvinylidene fluoride) ในอัตราส่วน 8:1:1 โดยมวล ใช้สารละลายพอลิเมอร์นำไฟฟ้า ได้แก่ เอ็นเมทิลไพโรลิโดน (N-Methylpyrrolidone; NMP) เป็นตัวทำละลาย ละลายจนเป็นเนื้อเดียวกัน หลังจากนั้นหยดลงบนนิกเกิลฟอมนขนาด 1x1 ตารางเซนติเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ขั้วที่ได้จะถูกนำไปอัดที่ความดัน 0.5 ตัน เป็นเวลา 1 นาที แล้วชั่งน้ำหนักหาปริมาณสารบนนิกเกิลฟอมเพื่อวัดสมบัติทางเคมีไฟฟ้าโดยใช้เทคนิค Cyclic voltammetry; CV, เทคนิค Galvanostatic charge-discharge; GCD และเทคนิค Electrochemical Impedance spectroscopy; EIS เป็นต้น และคำนวณหาค่าความจุไฟฟ้าจำเพาะ (Specific capacitance; C) จากสมการ

$$C = \frac{\int IdV}{mS\Delta V} \quad (\text{F/g}) \quad (1)$$

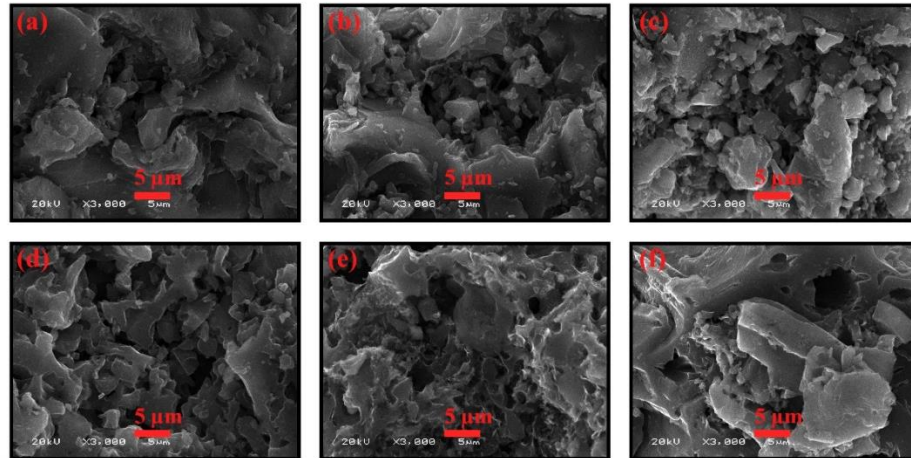
เมื่อ $\int IdV$ คือ พื้นที่รอบเส้นโค้งเฉื่อยของกราฟ CV, m คือ มวลของตัวอย่างภายในขั้วไฟฟ้า หน่วยกรัม, S คือ อัตราการสแกน หน่วย มิลลิแอมป์ต่อวินาที และ ΔV คือ ช่วงความต่างศักย์ที่สแกน หน่วย โวลต์

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการศึกษาโครงสร้างพื้นผิวและสัณฐานวิทยาของถ่านกัมมันต์

จากการวิเคราะห์โครงสร้างสัณฐานวิทยาของถ่านกัมมันต์ตรวจสอบได้จากเทคนิค Scanning electron microscopy; SEM แสดงดังภาพที่ 2 พบว่าทั้งสามตัวอย่างมีพื้นที่ผิวขรุขระและรอยแตกเกิดขึ้นบนถ่านกัมมันต์ ซึ่งเกิดจากการระเหยของก๊าซในระหว่างกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization) (Senthil, 2021, p.102287) ใน

ขณะเดียวกันการกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 6 โมลาร์ ส่งผลให้เกิดพื้นที่ผิวรูพรุนของถ่านกัมมันต์เพิ่มขึ้น

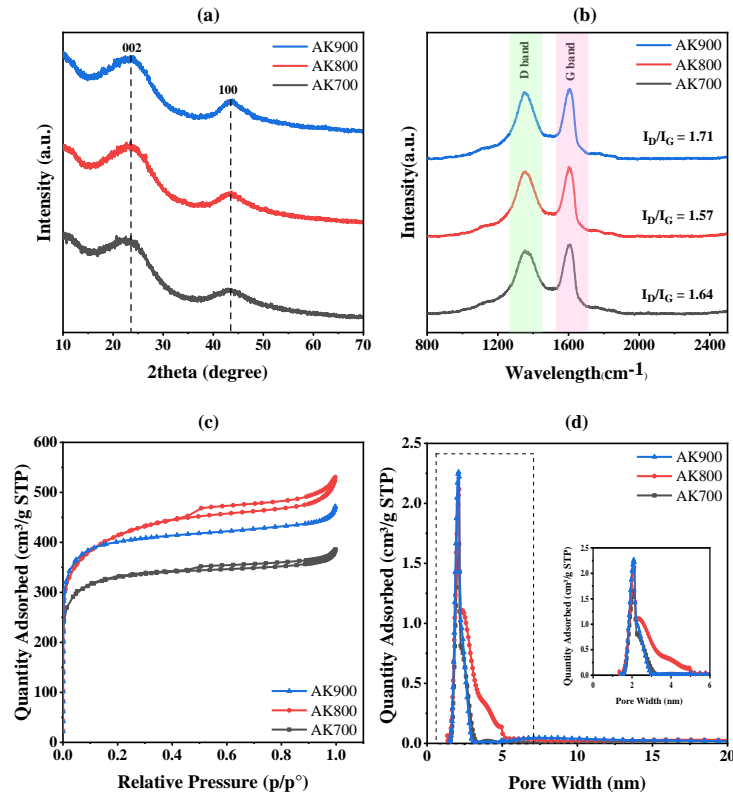


ภาพที่ 2 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 3,000 เท่า ของ (a) A700, (b) A800, (c) A900 (d) AK700, (e) AK800 และ(f) AK900

จากการวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างผลึกของถ่านกัมมันต์ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffractometer; XRD) กำหนดมุมการเลี้ยวเบนระหว่าง 10 ถึง 70 องศา แสดงดังภาพที่ 3(a) พบว่าทั้งสามตัวอย่างมีพีคการเลี้ยวเบนลักษณะฐานกว้างที่ 2 theta ตำแหน่ง 23 องศา และ 43.6 องศา สอดคล้องกับระนาบ (002) และ (100) ของถ่านกัมมันต์ตามลำดับ (Chang, 2019, p.10763-10772) เมื่อเทียบกับไฟล์มาตรฐาน (JCPDS no.75-1621) พบว่าเป็นรูปแบบของผลึกแกรไฟต์ ซึ่งไม่มีผลึกอื่นเจือปน นอกจากนี้ผลการทดลองหาปริมาณความเป็นผลึกแกรไฟต์ด้วยเครื่องรามานสเปกโตรมิเตอร์ (Raman spectrometer) แสดงดังภาพที่ 3(b) พบตำแหน่งพีคที่ 1350 ต่อเซนติเมตร และพบตำแหน่งพีคที่ 1583 ต่อเซนติเมตร ซึ่งแสดงถึงความไม่เป็นระเบียบของผลึกแกรไฟต์ (D-disorder carbon) และความเป็นผลึกแกรไฟต์ (G-graphitic carbon) ตามลำดับ (Gu, 2013, p.2465-2476) เมื่อทำการวิเคราะห์อัตราส่วนความเข้ม (I_D/I_G) ของตัวอย่าง AK700, AK800 และ AK900 คือ 1.71, 1.57 และ 1.64 ตามลำดับ พบว่าตัวอย่าง AK800 มีความสมบูรณ์ผลึกของแกรไฟต์มากกว่าตัวอย่างอื่น ส่งผลให้การนำไฟฟ้าสูงกว่าตัวอย่างอื่น

จากการวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะและปริมาตรรูพรุนด้วยการดูดซับแก๊สไนโตรเจน แสดงดังภาพที่ 3(c) พบไอโซเทอมการดูดซับของ IUPAC ประเภท Type I หมายถึงไอโซเทอมสำหรับการดูดซับที่เป็นแบบชั้นเดียว (Monolayer adsorption) เป็นปรากฏการณ์การดูดซับของสารที่มีรูพรุนขนาดเล็กเป็นจำนวนมาก มีขนาดรูพรุนเล็กกว่า 2 นาโนเมตร (Microporous adsorbent) และมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงถึง 1018, 1305 และ 1234 ตารางเมตรต่อกรัม ตามลำดับ และพบการกระจายตัวของรูพรุนขนาดเล็ก (Micropores) เป็นจำนวน 0.34, 0.32 และ 0.44 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ตามลำดับ จากการกระจายตัวของรูพรุนและพื้นที่ผิวที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า ตัวอย่าง

AK800 มีการกระจายตัวของรูพรุนและพื้นที่ผิวมากกว่าตัวอย่างอื่น ซึ่งช่วยเพิ่มการสะสมและการเคลื่อนที่ของไอออนในขั้วไฟฟ้าจากสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Bi, 2019, p.16028) ส่งผลให้มีประสิทธิภาพทางเคมีไฟฟ้าในขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้ายิ่งยวด

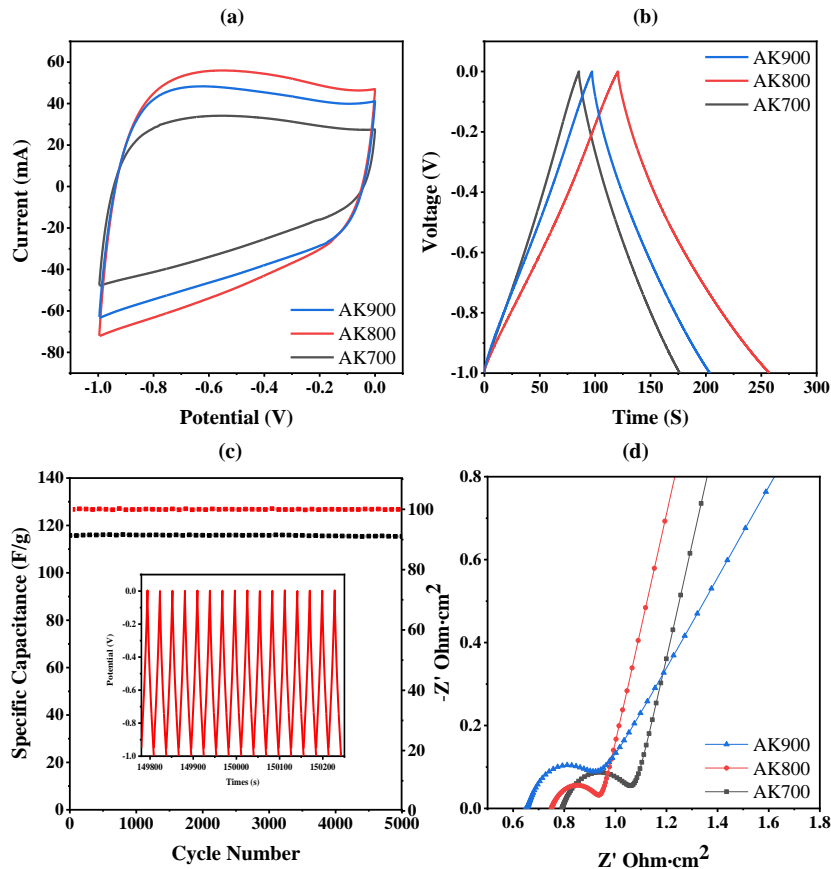


ภาพที่ 3 (a) กราฟแสดงการเปรียบเทียบโครงสร้างผลึกด้วยเทคนิค XRD
 (b) กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณความเป็นผลึกด้วยเทคนิค Raman spectrometer
 (c) กราฟแสดงการเปรียบเทียบไอโซเทอร์มการดูดซับไนโตรเจน และ
 (d) กราฟแสดงการเปรียบเทียบการกระจายตัวของขนาดรูพรุนบนพื้นผิว

ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีไฟฟ้าของถ่านกัมมันต์

จากการวิเคราะห์การเกิดปฏิกิริยาเคมีบนพื้นผิวของขั้วไฟฟ้า แสดงดังภาพที่ 4(a) ของตัวอย่าง AK700, AK800 และ AK900 ถูกวัดด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี (Cyclic voltammetry; CV) ที่อัตราการสแกน 100 มิลลิโวลต์ต่อวินาที ในช่วงความต่างศักย์ตั้งแต่ -1 ถึง 0 โวลต์ แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการกักเก็บประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้ายิ่งยวดในแต่ละตัวอย่าง เมื่อพิจารณาจากกระแสที่วัดได้ และรวมถึงพื้นที่ใต้กราฟตัวอย่างที่มีวงกว้าง มีลักษณะคล้ายกับสี่เหลี่ยมผืนผ้ามาก จะมีค่าการกักเก็บประจุที่มากกว่าวงที่มีขนาดเล็กตามสมการที่ 1 จากกราฟ

จะเห็นว่าตัวอย่าง AK800 มีพื้นที่คล้ายกับสี่เหลี่ยมผืนผ้ามากที่สุด จึงมีการกักเก็บประจุ รวมทั้งมีความเสถียรภาพในการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่คงที่ได้มากกว่าตัวอย่างอื่น



ภาพที่ 4 (a)กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเกิดปฏิกิริยาเคมีบนพื้นผิวของขั้วไฟฟ้าด้วยเทคนิค CV, (b)กราฟแสดงการเปรียบเทียบการอัด-คายประจุด้วยเทคนิค GCD, (c)กราฟแสดงประสิทธิภาพการอัด-คายประจุหลังการใช้งานเป็นจำนวน 5000 รอบ (Retention test) ของ AK800 ที่ 5 แอมแปร์ต่อกรัม และ (d)กราฟแสดงการเปรียบเทียบความต้านทานเชิงซ้อนของขั้วไฟฟ้าด้วยเทคนิค EIS

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการอัด-คายประจุของขั้วไฟฟ้า แสดงดังภาพที่ 4(b) ของตัวอย่าง AK700, AK800 และ AK900 ถูกวัดด้วยเทคนิคการอัด-คายประจุ (Galvanostatic charge-discharge; GCD) ที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ต่อกรัม ในช่วงความต่างศักย์ตั้งแต่ -1 ถึง 0 โวลต์ แสดงค่าความจุไฟฟ้าในตารางที่ 1 พบว่าตัวอย่าง AK800 มีค่าความจุไฟฟ้า 273 ฟารัดต่อกรัม ที่ความหนาแน่นกระแส 1 แอมแปร์ต่อกรัม ซึ่งมากกว่าตัวอย่างอื่น นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพหลังการใช้งาน (Retention) เป็นเวลา 5,000 รอบ ยังคงมี

ประสิทธิภาพสูงถึง 99 เปอร์เซ็นต์ ที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ต่อกรัม แสดงดังภาพที่ 4(c) ของตัวอย่าง AK800 จึงเหมาะต่อการนำไปประยุกต์ใช้ประดิษฐ์เป็นขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวด

ตารางที่ 1 ข้อมูลค่าการเก็บประจุขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวด

ตัวอย่าง	ค่าการเก็บประจุ F/g			
	ค่า C ที่ 1 A/g	ค่า C ที่ 2 A/g	ค่า C ที่ 5 A/g	ค่า C ที่ 10 A/g
AK700	182	168	149	132
AK800	273	246	215	184
AK900	212	191	158	134

จากการวัดค่าความต้านทานเชิงซ้อนของขั้วไฟฟ้า แสดงดังภาพที่ 4(d) ของตัวอย่าง AK700, AK800 และ AK900 ถูกรวัดด้วยเทคนิคอิมพีแดนซ์สเปกโทรสโกปี (Electrochemical Impedance spectroscopy; EIS) โดยใช้สัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ และทำการเปลี่ยนความถี่จาก 10 กิโลเฮิร์ตซ์ถึง 10 เมกะเฮิร์ตซ์ แสดงถึงลักษณะกราฟ Nyquist ของขั้วตัวเก็บประจุไฟฟ้ายิ่งยวดในแต่ละตัวอย่างของขั้วไฟฟ้า โดยกราฟมีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม และหากเปิดขึ้น ในส่วนของครึ่งวงกลมจะแสดงถึงค่าความต้านทานการส่งผ่านอิเล็กตรอนที่รอยต่อระหว่างขั้วไฟฟ้ากับสารอิเล็กโทรไลต์ ในส่วนหางอธิบายถึงการแพร่ของไอออนในสารอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งค่าความต้านทานถ่านกัมมันต์ที่เกิดขึ้นได้มาโดยการนำกราฟไปคำนวณด้วยโปรแกรม CS Studio5 เทียบกับวงจรสมมูล พบว่าตัวอย่าง AK800 มีค่า R_{ct} เป็น 0.19 Ω ซึ่งมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างอื่น และการที่มีค่า R_{ct} น้อยนั้น บ่งบอกถึงความสามารถของตัวอย่างในการส่งผ่านกระแสไฟฟ้าซึ่งเกิดจากการไหลของประจุได้ดี เมื่อตัวอย่างมีค่าความต้านทานต่ำ

ตารางที่ 2 ข้อมูลค่าความต้านทานขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวด

ตัวอย่าง	R_s (Ω)	R_{ct} (Ω)
AK700	0.66	0.38
AK800	0.75	0.19
AK900	0.79	0.28

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของการประดิษฐ์ขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้ายิ่งยวดจากเปลือกเมล็ดมะค่าโมง ด้วยกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization) ร่วมกับการกระตุ้นทางเคมีด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 6 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 700-, 800 และ 900 องศาเซลเซียส จากการวิเคราะห์โครงสร้างพื้นผิวและสัญญาณวิทยา

ของถ่านกัมมันต์ และผลการศึกษาสสมบัติทางเคมีไฟฟ้าของถ่านกัมมันต์ พบว่าถ่านกัมมันต์ที่มีลักษณะพื้นผิวที่ขรุขระ ไม่เป็นระเบียบ มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงถึง 1018, 1305 และ 1234 ตารางเมตรต่อกรัม ตามลำดับ และพบการกระจายตัวของรูพรุนขนาดเล็ก (Micropores) เป็นจำนวน 0.34, 0.32 และ 0.44 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งการมีอยู่ของรูพรุนประเภทนี้ช่วยเพิ่มการเคลื่อนที่ของไอออนในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และกักเก็บไอออนได้ดี ส่งผลให้นำไฟฟ้าในขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้ายิ่งยวด โดยงานวิจัยนี้ใช้การวัดประสิทธิภาพทางเคมีไฟฟ้าในระบบ 3 ขั้ว พบว่าที่อุณหภูมิคาร์บอนไนซ์ 800 องศาเซลเซียส ค่าความจุไฟฟ้าที่ได้ คือ 273, 246, 215 และ 212 ฟารัดต่อกรัม ที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 1, 2, 5 และ 10 แอมแปร์ต่อกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพหลังการใช้งาน (Retention) เป็นเวลา 5,000 รอบ ยังคงมีประสิทธิภาพสูงถึง 99 เปอร์เซ็นต์ ที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ต่อกรัม ดังนั้น ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากเปลือกเมล็ดมะค่าโมงที่มีอยู่เป็นจำนวนมากตามธรรมชาติจึงเป็นแหล่งคาร์บอนที่ยั่งยืน ต้นทุนในการผลิตต่ำ และให้พื้นที่ผิวสูง จึงเหมาะต่อการนำไปประยุกต์ใช้ประดิษฐ์เป็นขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้ายิ่งยวด

เอกสารอ้างอิง

- มนตรี สว่างพฤกษ์. (2556). นาโนเทคโนโลยีนวัตกรรมของตัวเก็บพลังงาน: ตัวเก็บประจุไฟฟ้าเคมี ยิ่งยวด. *วิศวกรรมสาร มก.*(ISSN: 08574154), 26, 9-26.
- Bi, Z., Kong, Q., Cao, Y., Sun, G., Su, F., Wei, X., Li, X., Ahmad, A., Xie, L., & Chen, C. M. (2019). Biomass-derived porous carbon materials with different dimensions for supercapacitor electrodes: a review. *Journal of Materials Chemistry A*, 7, 16028. doi:10.1039/C9TA04436A
- Chang, C., Wang, H., Zhang, Y., Wang, S., Liu, X., & Li, L. (2019). Fabrication of Hierarchical Porous Carbon Frameworks from Metallon Assisted Step Activation of Biomass for Supercapacitors with Ultrahigh Capacitance. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 7, 10763-10772. doi:10.1021/acssuschemeng.9b01455
- Chen, R., Li, L., Liu, Z., Lu, M., Wang, C., Li, H., Ma, W., & Wang, S. (2017). Preparation and characterization of activated carbons from tobacco stem by chemical activation. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 67(6), 713-724. doi:10.1080/10962247.2017.1280560
- Du, J., Liu, L., Yu, Y., Hu, Z., Liu, B., & Chen, A. (2018). N-Doped Hollow Carbon Spheres/ Sheets Composite for Electrochemical Capacitor. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 10, 40062-40069, doi.org/10.1021/acsaami.8b16921
- Fic, K., Platek, A., Piwek, J., & Frackowiak, E., (2018). Sustainable materials for electrochemical capacitors. *Materials Today*, 21, 437-454. doi:10.1016/j. mattod.2018.03.005

- Foo, K. Y., & Hameed, B. H. (2012). Mesoporous activated carbon from wood sawdust by K_2CO_3 activation using microwave heating. *Bioresource Technology*, 111, 425-432.
doi:10.1016/j.biortech.2012.01.141
- Gu, W., Sevilla, M., Magasinski, A., Fuertesb, A. B., & Yushin, G. (2013). Sulfur-containing activated carbons with greatly reduced content of bottle neck pores for double-layer capacitors: a case study for pseudocapacitance detection. *Energy & Environmental Science*, 6, 2465-2476.
doi:10.1039/c3ee41182f
- Hana, J., Pinga, Y., Lia, J., Liua, Z., Xiongb, B., Fanga, P., Hea, C., & Yong. (2019). One-step nitrogen, boron codoping of porous carbons derived from pomelo peels for supercapacitor electrode materials. *Diamond & Related Materials*, 96, 176-181. doi:10.1016/j.diamond.2019.05.014
- Jiang, Y., Xie, Q., Zhang, Y., Geng, C., Yu, B., & Chi, J. (2019). Preparation of magnetically separable mesoporous activated carbons from brown coal with Fe_3O_4 . *International Journal of Mining Science and Technology*, 29, 513- 519. doi:10.1016/j.ijmst.2019. 01.002
- Liu, Q. S., Zheng, T., Wang, P., & Guo, L. (2010). Preparation and characterization of activated carbon from bamboo by microwave-induced phosphoric acid activation. *Industrial Crops and Products*, 31(2), 233-238. doi:10.1016/j.indcrop.2009.10.011
- Penga, C., Yana, X. B., Wang, R. T., Langa, J. W., Oub, Y. J., & Xue, Q. J. (2013). Promising activated carbons derived from waste tea-leaves and their application in high performance supercapacitors electrodes. *Electrochimica Acta*, 87, 401-408.
doi:10.1016/j.electacta.2012.09.082
- Senthil, R. A., Yang, V., Pan, J., & Sun, Y. (2021). A green and economical approach to derive biomass porous carbon from freely available feather finger grass flower for advanced symmetric supercapacitors. *Journal of Energy Storage*, 35, 102287. doi:10.1016/j.est.2021.102287
- Sesuk, T., Tammawat, P., Jivaganont, P., Somton, K., Limthongkul, P., & Kobsiriphat, W. (2019). Activated carbon derived from coconut coir pith as high performancesupercapacitor electrode material. *Journal of Energy Storage*, 25, 100910. doi:10.1016/j.est.2019.100910
- Yang, L., Meng, Y. F., Cao, J., & Yao, J. (2019). Two-step preparation of hierarchical porous carbon from KOH-activated wood sawdust for supercapacitor. *Materials Chemistry and Physics*, 238, Article 121956. doi:10.1016/j.matchemphys.2019.121956
- Yang, P., & Mai, W. (2014). Flexible solid-state electrochemical supercapacitors. *Nano Energy*, 8, 274-290. doi:10.1016/j.nanoen.2014.05.022

ผลของการปรับปรุงพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดมะค่าโมง
โดยใช้เทคนิคไมโครเวฟรีฟลักซ์ สำหรับประยุกต์ใช้เป็นขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวด
Effects of Improving the Surface area of Activated carbon from Afzelia Xylocarpa shells
using Microwave-assisted reflux for Application as Electrodes Supercapacitors

มาวิน ปุนอน^{1*} อธิพงษ์ วงษ์ทอง² กุลธนิศ ปามูทา³ ปรีศนา ดวงจันทร์

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม¹

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม^{2,3,4}

*Corresponding author: E-mail: mavin.punon@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการประดิษฐ์ขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวดจากเปลือกเมล็ดมะค่าโมง ด้วยการก่อกัมมันต์ในกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization) ที่อุณหภูมิ องศาเซลเซียส อัตราการให้ความร้อน 5 องศาเซลเซียสต่ออนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ภายใต้ความดันบรรยากาศของแก๊สอาร์กอน จากนั้นทำการปรับปรุงหมู่ฟังก์ชันพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ ด้วยกรดไนตริก (HNO_3) และกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) อัตราส่วนโดยปริมาตร 30:10 มิลลิลิตร ในกระบวนการไมโครเวฟรีฟลักซ์ (Microwave reflux) เป็นเวลา 10 นาที ตรวจวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีด้วยเทคนิค SEM, XRD, Raman spectrometer และ FT-IR ทำการตรวจวัดปริมาณพื้นผิวด้วยเทคนิคการดูดซับด้วยก๊าซไนโตรเจน (N_2 Absorption, BET) หลังการปรับปรุงพื้นผิวถ่านกัมมันต์ที่ได้มีลักษณะพื้นผิวที่ขรุขระ ไม่เป็นระเบียบ และพบว่าพื้นที่ผิวจำเพาะสูงถึง 1,107.25 ตารางเมตรต่อกรัม อีกทั้งยังพบการกระจายตัวของรูพรุนขนาดเล็ก (Micropores) เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังพบหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล (-OH) มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย และเมื่อทำการนำคาร์บอนกัมมันต์ที่เตรียมได้ไปประดิษฐ์เป็นขั้วไฟฟ้า และวัดประสิทธิภาพทางเคมีไฟฟ้าในระบบ 3 ขั้ว พบว่าถ่านกัมมันต์มีค่าความจุไฟฟ้าจำเพาะเพิ่มขึ้นจาก 13.46 ฟารัดต่อกรัม เป็น 186.2 ฟารัดต่อกรัม ที่ความหนาแน่นกระแส 1 แอมแปร์ต่อกรัม คุณสมบัติเหล่านี้ แสดงให้เห็นว่าถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดมะค่าโมง เป็นแหล่งคาร์บอนจากธรรมชาติที่ผลิตได้ง่าย ต้นทุนต่ำ และมีพื้นผิวสูง จึงเป็นวัสดุที่น่าสนใจที่จะนำมาเพื่อประยุกต์ใช้เป็นขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวด

คำสำคัญ : ถ่านกัมมันต์; เปลือกเมล็ดมะค่าโมง; ไมโครเวฟรีฟลักซ์; ขั้วไฟฟ้า; ตัวเก็บประจุยิ่งยวด

Abstract

The objective of the research was to study the effects of creating supercapacitor electrodes from Afzelia Xylocarpa shells. It was made by activated in carbonization at 800 °C and the heating rate was 5 °C/min for 2 h under Argon gas at atmospheric pressure. After that, the study improved the surface functional group of activated carbon by Nitrite acid (HNO_3) and Sulfuric acid (H_2SO_4) at a volume ratio of 30:10 ml in microwave reflux process for 10 minutes. The study also analyzed physical

and chemical characteristics by SEM, XRD, Raman spectroscopy and FT-IR techniques. The surface area and pore size distribution of samples were studied using the Nitrogen adsorb by Brunauer–Emmett–Teller (BET) techniques. After improved surface area, activated carbon had rough surface area, disorder structure, and had a high specific surface area at 1,107.25 m²/g. Moreover, it had many micropores distribution, and the functional hydroxyl group (-OH) was increased. When using activated carbon to create electrodes and run through electrochemical performance in 3 systems, this activated carbon increased specific capacitance from 13.46 to 186.2 F/g at current density 1 A/g. This performance showed that activated carbon from Afzelia Xylocarpa shells was a natural carbon resource as it was easy to create, cheap, and had a high surface area. Overall, it was an interesting material to create electrodes for supercapacitor.

Keywords: Activated carbon; Afzelia Xylocarpa shells; Microwave reflux; Electrode; Supercapacitor

บทนำ

ในปัจจุบันด้วยจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น และการพัฒนาอย่างรวดเร็วของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ส่งผลให้มีแหล่งพลังงานจำนวนมากเกิดขึ้น เพื่อตอบสนองของความต้องการ การใช้พลังงานของผู้คน ไม่ว่าจะทั้งในด้านอุตสาหกรรมหรือในชีวิตประจำวัน โดยจะนำพลังงานบางส่วนที่ได้เก็บไว้ในอุปกรณ์กักเก็บพลังงาน เช่น แบตเตอรี่ ตัวเก็บประจุ ตัวเก็บประจุยิ่งยวด เป็นต้น (Miller, 2008, p.651-652) ณ ตอนนี้อย่างยิ่งยวดประสบปัญหาที่สำคัญคือ มีความหนาแน่นกำลังต่ำ อายุการใช้งานสั้น ส่วนตัวเก็บประจุมีความหนาแน่นพลังงานต่ำ จึงทำให้มีการพัฒนาอุปกรณ์กักเก็บพลังงานประเภทตัวเก็บประจุยิ่งยวด เนื่องจากมีความหนาแน่นพลังงาน และกำลังที่สูงกว่าตัวกักเก็บพลังงานชนิดอื่น สามารถชาร์จไฟได้อย่างรวดเร็ว ตัวเก็บประจุยิ่งยวดแบ่งออกได้ 2 ประเภท ได้แก่ ตัวเก็บประจุแบบสองชั้น (EDLCs) และตัวเก็บประจุแบบซูโด (PDCs) แต่วัสดุที่นำมาผลิตเป็นขั้วไฟฟ้าของ PDCs มีราคาแพง ผลิตได้ยาก และมีค่าความคงทนต่ำ ส่งผลให้ PDCs เป็นที่นิยมน้อยกว่า EDLCs (Gonzalez, 2016, p.1189-1206) การพัฒนาประสิทธิภาพของตัวเก็บประจุยิ่งยวดนั้น สามารถทำได้โดยเลือกใช้วัสดุที่มีพื้นที่ผิว และปริมาตรสูง ซึ่งส่วนใหญ่เลือกใช้เป็นถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก มีรูพรุนขนาดต่างๆ และพื้นที่ผิวสูง ส่งผลให้ถ่านกัมมันต์มีสมบัติการดูดซับที่ดี (Abatan, 2019, p.441-450) และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน วัสดุที่นำมาผลิตถ่านกัมมันต์ เช่น ไม้ไผ่ (Liu, 2010, p.233-238) กะลามะพร้าว (Sesuk, 2019, 25) และชีวมวลหรือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (Teimouri, 2019, p.78-88) เป็นต้น

การเตรียมถ่านกัมมันต์โดยทั่วไปประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ 1) การคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization) เป็นการใช้ความร้อน ทำให้สารระเหยแตกตัว และแทรกออกจากวัสดุทำให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ของแข็งสีดำ เรียกว่า ถ่าน (Charcoal) 2) การก่อกัมมันต์ (Activation) เป็นการทำให้ผิวถ่านเกิดรูพรุนขนาดต่าง ๆ (พิทักษ์ อยู่มี, 2558, น.788-798) ขั้นตอนการก่อกัมมันต์มี 2 วิธี ได้แก่ การก่อกัมมันต์ทางกายภาพ (Physical activation) และการก่อกัมมันต์ทางเคมี (Chemical activation) การก่อกัมมันต์ทางกายภาพเป็นกระบวนการที่

เกิดขึ้น เมื่อให้ความร้อนแก่คาร์บอนภายใต้สภาวะแก๊ส เช่น ใช้ไอน้ำ หรือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนการก่อกัมมันต์ทางเคมีใช้สารเคมีเป็นสารก่อกัมมันต์ (Activator) ใช้เวลาไม่นาน และอุณหภูมิในการก่อกัมมันต์ต่ำได้โครงสร้างรูพรุนที่ดีกว่า สารเคมีที่ใช้ส่วนใหญ่ ได้แก่ H_3PO_4 , KOH (Yang, 2019, 238), K_2CO_3 และ $ZnCl_2$ (Ucar, 2009, p.8890-8896) เป็นต้น จากงานวิจัยของ ยูว ลูเชาวิ (Yue, 2019, p.15-24) พบว่าเมื่อใช้ H_2SO_4 และ HNO_3 เป็นสารก่อกัมมันต์ร่วมกับกระบวนการรีฟลักซ์ (Refluxed process) โดยใช้คลื่นไมโครเวฟ (Teimouri, 2019, p.78-88) จะส่งผลให้มีพื้นที่ผิวจำเพาะของคาร์บอนมีค่าสูงขึ้น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของตัวเก็บประจุยิ่งยวด

ดังนั้นในการวิจัยนี้ สนใจที่จะนำเปลือกเมล็ดมะค่าโมง มาใช้เป็นวัสดุในการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์เพื่อประยุกต์ใช้เป็นขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวด โดยศึกษาการก่อกัมมันต์ในการคาร์บอนไนเซชัน ที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส (Zhang, 2004, p. 53-59) แล้วทำการปรับปรุงหมู่ฟังก์ชันของถ่านกัมมันต์ ด้วยกรดไนตริก (HNO_3) และกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ร่วมกับกระบวนการไมโครเวฟรีฟลักซ์

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. วัตถุดิบ

การเตรียมวัตถุดิบ สำหรับการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์ โดยนำเมล็ดมะค่าโมงมาล้าง และตากแดดให้แห้ง จากนั้นทุบ สับ บด เปลือกเมล็ดให้มีขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร และเผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส อัตราการให้ความร้อนที่ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที ภายใต้ความดันบรรยากาศ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

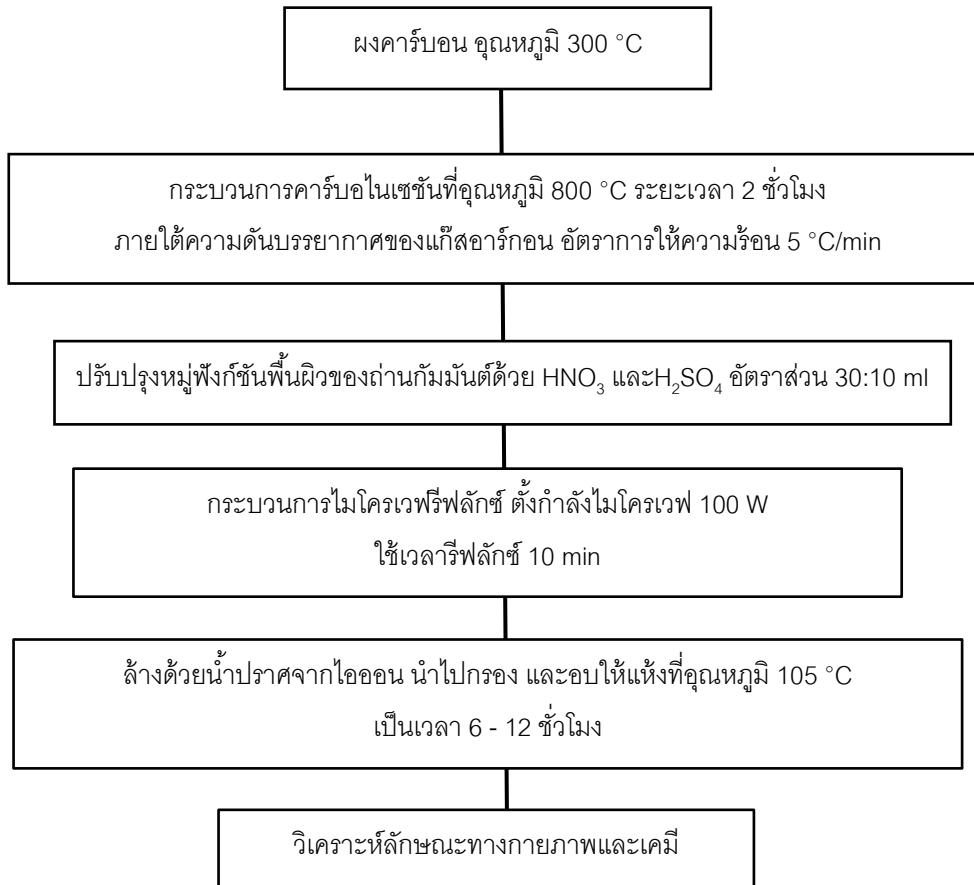


ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบสำหรับการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์

2. การเตรียมถ่านกัมมันต์

นำผงคาร์บอนที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ไปก่อกัมมันต์ด้วยการคาร์บอนไนเซชันที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส อัตราการให้ความร้อน 5 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ภายใต้ความดันบรรยากาศของแก๊สอาร์กอน (A800) แล้วทำการปรับปรุงหมู่ฟังก์ชันพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ด้วยกรดไนตริก (HNO_3) และกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) อัตราส่วนโดยปริมาตร 30:10 มิลลิลิตร ร่วมกับกระบวนการไมโครเวฟรีฟลักซ์ ตั้งกำลังไมโครเวฟ 100 วัตต์ ใช้เวลา รีฟลักซ์ 10 นาที จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน (Deionized water; DI) แล้วนำไปกรอง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 - 12 ชั่วโมง (A800M10) จัดเก็บในตู้ดูดความชื้นเพื่อรอการทดสอบต่อไป

แผนผังขั้นตอนการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์



3. ลักษณะทางกายภาพและเคมีของถ่านกัมมันต์

วิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ ส่องกราด (SEM; Hitachi SU8030), วิเคราะห์ลักษณะของรูปแบบโครงสร้างผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอ็กซ์ (XRD; Bruker D8 Advance X-ray Diffractometer with Cu K radiation), วิเคราะห์ปริมาณความเป็นผลึกของวัสดุที่สังเคราะห์ขึ้นด้วยเทคนิครามานสเปกโตรมิเตอร์ (Raman spectrometer; Bruker optics Senterra Dispersive), วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (FT-IR; Bruker NVENIO S) และวิเคราะห์พื้นที่ผิวด้วยเทคนิคการดูดซับก๊าซไนโตรเจน (BET; Micromeritics TriStar II Plus)

4. ลักษณะทางเคมีไฟฟ้าของถ่านกัมมันต์

วิเคราะห์ลักษณะทางเคมีไฟฟ้าของถ่านกัมมันต์ ถูกทดสอบโดยใช้ระบบขั้วไฟฟ้าแบบ 3 ขั้ว คือ (I) ขั้วไฟฟ้าทำงาน (Working electrode) (II) ขั้วไฟฟ้าเคาน์เตอร์ (Counter electrode) คือ แพลทินัม (Pt) (III) ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (Reference electrode) ซึ่งเป็นวัสดุประเภท Ag/AgCl โดยมีสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 6 โมลาร์ เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ การเตรียมขั้วไฟฟ้าทดสอบได้มาจากการผสมตัวอย่าง,

คาร์บอนแบล็ค (Carbon black) และโพลีไวนิลิดีนฟลูออไรด์ (Polyvinylidene fluoride) ในอัตราส่วน 8:1:1 โดยมีเอ็นเมทิลไพโรลิโดน (N-Methylpyrrolidone; NMP) เป็นสารละลาย จากนั้นละลายเป็นเนื้อเดียวกัน หยดลงบนนิกเกิลโคมให้ได้ขนาด 1x1 ตารางเซนติเมตร และนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ขั้วที่ได้จะนำไปอัดบนเครื่องอัดไฮโดรลิกที่มีความดัน 0.5 ตัน เป็นเวลา 1 นาที ซึ่งน้ำหนักหาปริมาณสารบนนิกเกิลโคม พร้อมวัดลักษณะทางเคมีไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคไซคลิกโวลแทมเมทรี (Cyclic voltammetry; CV) ที่อัตราการสแกน 5, 10, 20, 50 และ 100 มิลลิโวลต์ต่อวินาที ในช่วงความต่างศักย์ตั้งแต่ -1 ถึง 0 โวลต์, เทคนิคการอัด - คายประจุ (Galvanostatic charge – discharge; GCD) ที่ความหนาแน่นของกระแส 1, 2, 5 และ 10 แอมแปร์ต่อกรัม ในช่วงความต่างศักย์ตั้งแต่ -1 ถึง 0 โวลต์ และเทคนิคอิมพีแดนซ์สเปกโตรสโคปี (Electrochemical Impedance Spectroscopy; EIS) ในช่วงความถี่จาก 10^3 ถึง 10^6 เฮิรตซ์ โดยใช้สัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ และคำนวณค่าความจุไฟฟ้าจำเพาะ (Specific capacitance; C) จากสมการต่อไปนี้

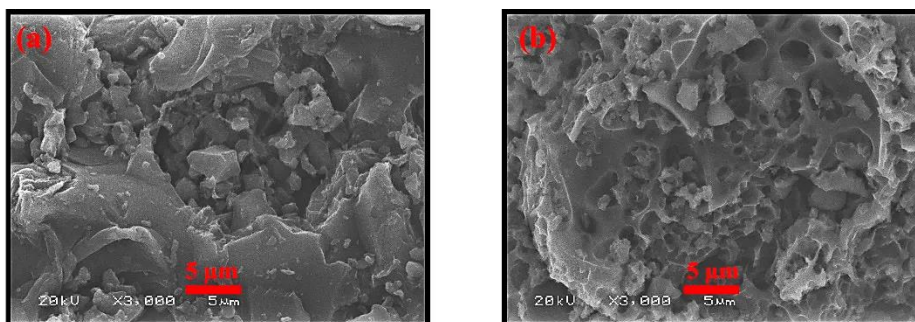
$$C = \frac{\int IdV}{mS\Delta V} \quad (\text{F/g}) \quad (1)$$

เมื่อ $\int IdV$ คือ พื้นที่รอบเส้นโค้งเฉลี่ยของกราฟ CV, m คือ มวลของตัวอย่างภายในขั้วไฟฟ้า หน่วยกรัม, S คือ อัตราการสแกน หน่วย มิลลิแอมป์ต่อวินาที และ ΔV คือ ช่วงความต่างศักย์ที่สแกน หน่วย โวลต์

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านกัมมันต์

โครงสร้างทางสัณฐานวิทยา (Morphology) ของถ่านกัมมันต์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 3,000 เท่า พบว่าลักษณะของถ่านกัมมันต์ ที่ผ่านการคาร์บอนไนเซชัน พร้อมกับปรับปรุงพื้นผิวด้วยกรด (A800M10) มีพื้นผิวขรุขระไม่สม่ำเสมอมากกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการคาร์บอนไนเซชันเพียงอย่างเดียว (A800) แสดงดังภาพที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การปรับปรุงพื้นผิวด้วยกรดในกระบวนการไมโครเวฟที่ลักษณะนั้น ส่งผลให้เกิดการกัดกร่อนบนผิวหน้าของถ่านตัวอย่าง

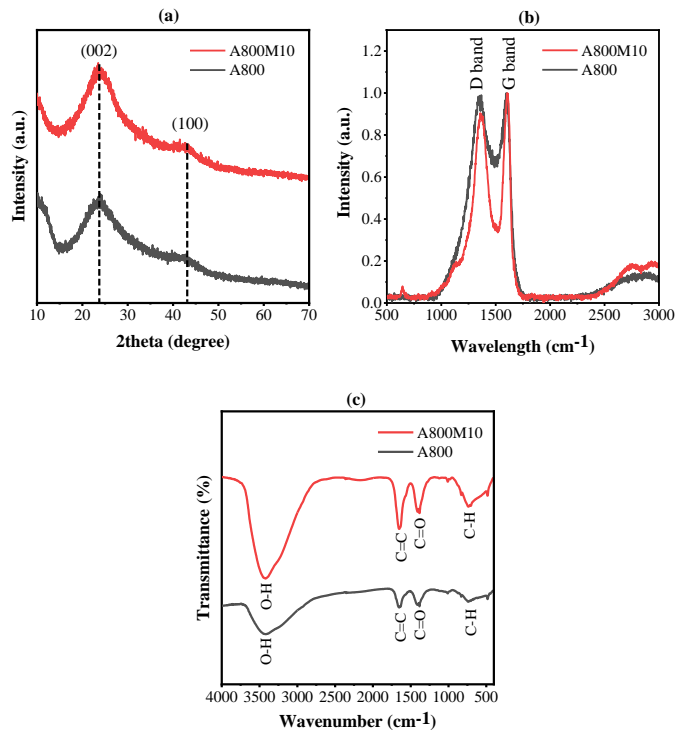


ภาพที่ 2 ภาพถ่ายจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 3,000 ของตัวอย่าง (a) A800 และ (b) A800M10

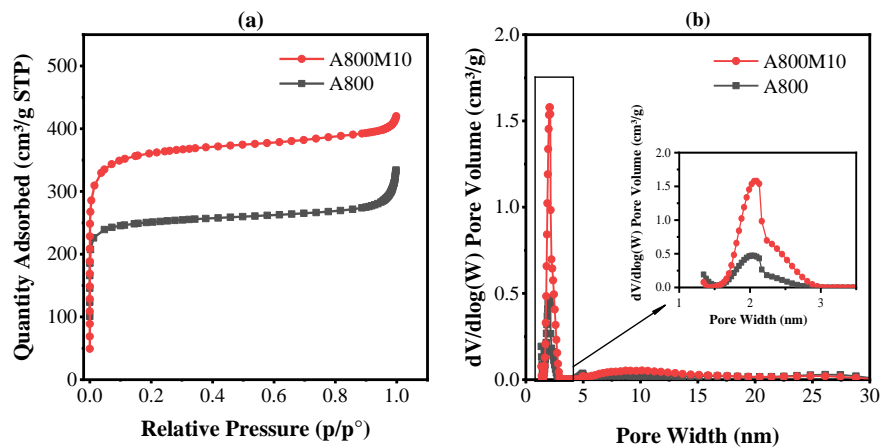
การวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างผลึกของตัวอย่าง A800 และ A800M10 ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอ็กซ์ (XRD) โดยกำหนดมุมการเลี้ยวเบนระหว่าง 10-70 องศา ดังแสดงในภาพที่ 2(a) มีพีคการเลี้ยวเบนมีลักษณะฐานกว้างที่ 2 theta ตำแหน่ง 23 องศา และ 43.6 องศา สอดคล้องกับระนาบ (002) และ (100) ของถ่านกัมมันต์ตามลำดับ (Cheng, 2020, p.10763-10772) เมื่อเทียบกับไฟล์มาตรฐาน (JCPDS no.75-1621) ตัวอย่างทั้งสองเป็นรูปแบบของผลึกแกรไฟต์ และไม่มีผลึกอื่นเจือปน การวิเคราะห์ด้วยเทคนิครามานสเปกโตรมิเตอร์ (Raman spectrometer) ของทั้งสองตัวอย่าง พบพีคที่ 1355 ต่อตารางเซนติเมตร และพีคที่ 1580 ต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งเกิดจากโครงสร้าง sp^3 - bonded แสดงถึงโครงสร้างที่ไม่เป็นระเบียบของผลึกแกรไฟต์ (D - disorder carbon) และเกิดจากโครงสร้าง sp^2 แสดงความโครงสร้างที่เป็นผลึกแกรไฟต์ (G - graphitic carbon) ตามลำดับ (Han, 2014, p.597-604) ดังภาพที่ 2(b) ทำการหาอัตราส่วนความเป็นผลึก (I_D/I_G) ของตัวอย่าง A800 และ A800M10 คือ 1.904 และ 1.3 ตามลำดับ พบว่าถ่านกัมมันต์หลังการปรับปรุงด้วยกรด มีความสมบูรณ์ผลึกของแกรไฟต์มากกว่า ซึ่งส่งผลให้มีการนำไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น

การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (FT-IR) แสดงดังภาพที่ 2(c) พบว่าทั้งสองตัวอย่าง มีตำแหน่งในอินฟราเรดสเปกตรัมคล้ายคลึงกันเกิดขึ้น 4 ตำแหน่ง ดังนี้ 737.80, 1410.15, 1654.35 และ 3420.40 ต่อตารางเซนติเมตร แสดงผลตำแหน่งการสั่นที่ 737.80 ต่อตารางเซนติเมตร แสดงหมู่ฟังก์ชันของ C-H bending (Jung, 2001, p.123-131), ตำแหน่งการสั่นที่ 1410.15 ต่อตารางเซนติเมตร แสดงหมู่ฟังก์ชันของ C=O stretching (Serrano, 1999, p.1517-1528), ตำแหน่งการสั่นที่ 1654.35 ต่อตารางเซนติเมตร แสดงหมู่ฟังก์ชันของ C=C stretching (Coates, 2019, p.1-23) และตำแหน่งการสั่นที่ 3420.40 ต่อตารางเซนติเมตร แสดงหมู่ฟังก์ชันของไฮดรอกซิล (O-H stretching) (Liu, 2010, p.233-238) จากตำแหน่งที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าถ่านกัมมันต์หลังการปรับปรุงพื้นผิวด้วยกรด (A800M10) มีหมู่ฟังก์ชันเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นผิวถ่านกัมมันต์ มีคุณสมบัติชอบน้ำสูงขึ้นหลังการปรับปรุงด้วยกรด ส่งผลให้ไอออนของอิเล็กโทรไลต์ สามารถแทรกซึมไปยังขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวดได้ง่าย (Zanin, 2014, 487-493) มีโอกาสในการเก็บประจุได้สูงกว่า

การวิเคราะห์พื้นที่ผิวด้วยเทคนิคการดูดซับก๊าซไนโตรเจน (BET) แสดงดังภาพที่ 3(a) กราฟไอโซเทอมดูดซับของตัวอย่าง A800 และ A800M10 มีลักษณะสอดคล้องกับการดูดซับประเภท Type I ตามการจำแนกของ IUPAC บ่งบอกถึงชนิดไอโซเทอมการดูดซับของวัสดุที่มีขนาดรูพรุนเล็กกว่า 2 นาโนเมตร (Microporous adsorbent) การดูดซับส่วนใหญ่เป็นการดูดซับในรูพรุนขนาดเล็ก มีพื้นที่ผิวก่อนข้างน้อย จากตารางที่ 1 แสดงพื้นที่ผิวจำเพาะที่ได้จากการคำนวณด้วยหลักการของ BET พบว่าตัวอย่าง A800 และ A800M10 มีพื้นที่ผิวจำเพาะคือ 770.6297 และ 1107.25 ตารางเมตรต่อกรัม ตามลำดับ ในส่วนขนาดรูพรุนของตัวอย่างทั้งสอง ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงที่เล็กกว่า 2 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3(b) ซึ่งบ่งชี้ว่า ถ่านกัมมันต์หลังการปรับปรุง ส่งผลให้เกิดรูพรุนระดับไมโครพอร์เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลของพื้นที่ผิวจำเพาะ และรูพรุน กับลักษณะพื้นที่ผิวของตัวอย่างจากภาพถ่าย SEM (ภาพที่ 1) พบว่าพื้นที่ผิวจำเพาะเพิ่มขึ้นนั้น สอดคล้องกับความขรุขระของพื้นที่ผิวถ่านตัวอย่าง



ภาพที่ 3 (a) แสดงการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วยเทคนิค XRD, (b) แสดงการวิเคราะห์ปริมาณผลึกด้วยเทคนิค Raman spectrometer และ (c) แสดงการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันจากสเปกตรัมด้วยเทคนิค FT-IR



ภาพที่ 4 (a) ไอโซเทอมการดูดซับด้วยก๊าซไนโตรเจน (b) การกระจายตัวของขนาดรูพรุน

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นที่ผิวจำเพาะ ปริมาตร และขนาดรูพรุน

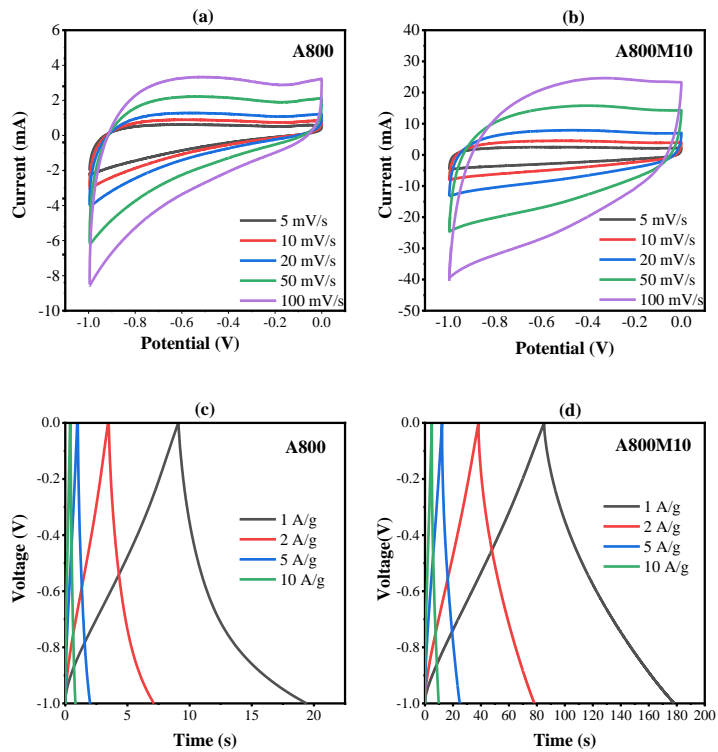
Sample	BET Surface Area (m ² /g)	Total pore volume (cm ³ /g)	Micropore volume (cm ³ /g)	Average pore diameter (nm)
A800	770.63	0.50	0.33	5.41
A800M10	1107.25	0.64	0.43	3.67

2. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีไฟฟ้าของถ่านกัมมันต์

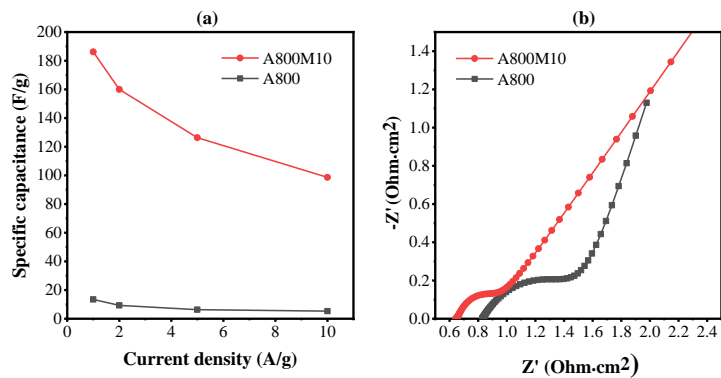
การวิเคราะห์การเกิดปฏิกิริยาเคมีบนพื้นผิวของขั้วไฟฟ้าของตัวอย่าง A800 และ A800M10 ถูกวัดด้วยเทคนิค CV จากภาพที่ 4(a, b) แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการกักเก็บประจุขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวดในแต่ละตัวอย่าง เมื่อพิจารณาจากกระแสที่วัด สามารถคาดการณ์ได้ว่าตัวอย่างที่มีวงกว้าง และมีลักษณะคล้ายกับสี่เหลี่ยมผืนผ้ามาก จะมีค่าการเก็บประจุที่มากกว่าวงที่มีขนาดเล็ก จากกราฟจะเห็นว่า ที่อัตราการสแกนเดียวกันถ่านกัมมันต์หลังการปรับปรุงด้วยกรด มีค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าจำเพาะ (Current density) มากกว่า บ่งบอกได้ถึงกรักเก็บประจุ และการถ่ายโอนประจุในขั้วไฟฟ้าที่สังเคราะห์ขึ้นมีจำนวนมาก และมีความสม่ำเสมอ

การวิเคราะห์ความสามารถในการอัด – คายประจุของขั้วไฟฟ้า ถูกวัดด้วยเทคนิค GCD จากภาพที่ 4(c, d) กราฟการอัด – คายประจุขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวด ในแต่ละตัวอย่าง ค่าการเก็บประจุ แสดงในภาพที่ 5(a) ซึ่งผลที่ได้พบว่า ถ่านกัมมันต์หลังการปรับปรุงด้วยกรดมีค่าการเก็บประจุเพิ่มขึ้นจาก 13.46 ฟารัดต่อกรัม เป็น 186.20 ฟารัดต่อกรัม ที่ความหนาแน่นกระแส 1 แอมแปร์ต่อกรัม

การวิเคราะห์ค่าความต้านทานเชิงซ้อนของขั้วไฟฟ้า ถูกวัดด้วยเทคนิค EIS จาก ภาพที่ 5(b) แสดงถึงลักษณะกราฟ Niquist ของขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวด ในแต่ละตัวอย่างโดยกราฟมีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม และหางเปิดขึ้น ในส่วนของครึ่งวงกลมจะแสดงถึง ค่าความต้านทานการส่งผ่านอิเล็กตรอนที่รอยต่อระหว่างขั้วไฟฟ้ากับสารอิเล็กโทรไลต์ ในส่วนหางอธิบายถึงการแพร่ของไอออนในสารอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งค่าความต้านทานถ่านกัมมันต์ที่เกิดขึ้น ได้มาโดยการนำกราฟไปคำนวณด้วยโปรแกรม CS Studio5 เทียบกับวงจรสมมูล จะเห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์หลังการปรับปรุงพื้นผิวมีค่า R_{ct} ลดลงจาก 0.7 โอห์ม เป็น 0.23 โอห์ม ซึ่งค่า R_{ct} น้อย บ่งบอกถึงค่าการเก็บประจุที่ดี



ภาพที่ 5 กราฟแสดงการวิเคราะห์เคมีไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าที่สังเคราะห์จาก A800 และ A800M10 (a),(b) กราฟแสดงการเปรียบเทียบด้วยเทคนิค CV ที่อัตราการสแกนต่างๆ และ (c),(d) กราฟแสดงการเปรียบเทียบด้วยเทคนิค GCD ที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่างๆ



ภาพที่ 6 (a) กราฟแสดงค่าความจุไฟฟ้าจำเพาะที่ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 1, 2, 5 และ 10 A/g และ (b) กราฟ Nyquist ขั้วไฟฟ้าจากเทคนิคการวัดตัวต้านทานเชิงซ้อน (EIS)

ตารางที่ 2 ข้อมูลค่าความต้านทานขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวด

ตัวอย่าง	R_s (Ω)	R_{ct} (Ω)
A800	0.83	0.70
A800M10	0.64	0.23

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของการประติษฐ์ด้วยไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวด จากเปลือกเมล็ดมะค่าโมง ด้วยการก่อกัมมันต์ในกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization) ที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ร่วมกับการปรับปรุงหมู่ฟังก์ชันพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ด้วยกรดไนตริก (HNO_3) และกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ในกระบวนการไมโครเวฟรีฟลักซ์ จากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมี และวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีไฟฟ้า พบว่าตัวอย่าง A800M10 มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงสุดเท่ากับ 1,107.25 ตารางเมตรต่อกรัม พบการกระจายตัวของรูพรุนขนาดเล็ก (Micropores) เป็นจำนวน 0.4278 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม และค่าความจุไฟฟ้าจำเพาะสูงสุดเท่ากับ 186.2 ฟารัดต่อกรัม ที่ความหนาแน่นกระแส 1 แอมแปร์ต่อกรัม เนื่องจากความสามารถในการละลายรวมเข้ากันได้ ระหว่างถ่านกัมมันต์กับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของหมู่ฟังก์ชันของไฮดรอกซิล (-OH) ซึ่งหมู่ฟังก์ชันนี้ ทำให้พื้นผิวถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติชอบน้ำ ส่งผลให้ไอออนของอิเล็กโทรไลต์สามารถแทรกซึมไปยังขั้วไฟฟ้าได้ง่าย และสามารถเก็บประจุได้ดี

เอกสารอ้างอิง

- พิทักษ์ อยู่มี่. (2558). การเตรียมถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นผิวสูงจากผงถ่านไม้โดยการก่อกัมมันต์ทางเคมีแบบแห้ง. *วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 43(4), 788-798.
- Abatan, O., Oni, B., Agboola, O., Efevokhan, V., & Abiodun, O. (2019). Production of activated carbon from African star apple seed husks, oil seed and whole seed for wastewater treatment. *Journal of Cleaner Production*, 232, 441-450. doi:10.1016/j.jclepro.2019.05.378
- Chang, C., Wang, H., Zhang, Y., Wang, S., Liu, X., & Li, L. (2019). Fabrication of Hierarchical Porous Carbon Frameworks from Metal Ion-Assisted Step-Activation of Biomass for Supercapacitors with Ultrahigh Capacitance. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 7(12), 10763-10772. doi:10.1021/acssuschemeng.9b01455
- Chen, Q., Tan, X., & Liu, Y., (2020). Biomass-derived porous graphitic carbon materials for energy and environmental applications. *Journal of Materials Chemistry A*, 8(12), 10763-10772. doi:10.1039/C9TA11618D
- Coates, J., (2019). Interpretation of Infrared Spectra, *A Practical Approach*. Encyclopedia of Analytical Chemistry R.A. Meyers (Ed.), 1-23. doi:10.1002/9780470027318.a5606
- González, A., Goikolea, E., Barrena, J., & Mysyk, R., (2016). Review on supercapacitors: technologies and materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 1189-1206. doi:10.1016/j.rser.2015.12.249
- Han, S. W., Jung, D-W., Jeong, J. H., Oh, E. S., (2014). Effect of pyrolysis temperature on carbon obtained from green tea biomass for superior lithium ion battery anodes. *Chemical Engineering Journal*, 254, 597-604. doi:10.1016/j.cej.2014.06.021

- Jung, M. W., Ahn, K. H., Lee, Y., Kim, K. P., Rhee, J. S., Park, J. T., & Paeng, K. J., (2001). Adsorption characteristics of phenol and chlorophenols on granular activated carbons (GAC). *Microchemical Journal*, 70(2), 123–131. doi:10.1016/S0026-265X(01)00109-6
- Liu, Q. S., Zheng, T., Wang, P. & Guo, I. (2010). Preparation and characterization of Activated carbon from bamboo by microwave-induced phosphoric acid activation. *Industrial Crops and Products*, 31(2), 233-238. doi:10.1016/j.indcrop. 2009.10.011
- Miller, J., & Simon, P., (2008). Electrochemical Capacitors for Energy Management. *Science*, 321, 651-652. doi:10.1126/science.1158736
- Serrano, V. G., Almeida, F. P., Valle, C. D., & Villegas, J. P., (1999). Formation of oxygen structures by air activation. A study by FT-IR spectroscopy. *Carbon*, 37(10), 1517–1528. doi:10.1016/S0008-6223(99)00025-1
- Sesuk, T., Tammawat, P., Jivaganont, P., Somton K., & Kobsiriphat, W., (2019). Activated carbon derived from coconut coir pith as high performance supercapacitor electrode material. *Journal of Energy Storage*, 25, Article 100910. doi:10.1016/j.est.2019.100910
- Teimouri, Z., Salem, A., & Salem, S., (2019). Microwave-assisted for clean and rapid fabrication of highly efficient magnetically separable activated carbon from agriculture shells impregnation of ternary catalytic composite. *Food and Bioproducts Processing*, 116, 78-88. doi:10.1016/j.fbp.2019.04.013
- Uçar, S., Erdem, M., Tay, T., & Karagöz, S., (2009). Preparation and characterization of activated carbon produced from pomegranate seeds by $ZnCl_2$ activation. *Applied Surface Science*, 255(21), 8890-8896. doi:10.1016/j.apsusc.2009.06.080
- Yang, L., Feng, Y., Cao, M., & Yao, J., (2019). Two-step preparation of hierarchical porous carbon from KOH-activated wood sawdust for supercapacitor. *Materials Chemistry and Physics*, 238, Article 121956. doi:10.1016/j.matchemphys.2019. 121956
- Yue, L., Zhang, S., Zhao, H., Feng, Y., Wang, M., & An, L., (2019). One-pot synthesis $CoFe_2O_4/CNTs$ composite for asymmetric supercapacitor electrode. *Solid State Ionics*, 329, 15-24. doi:10.1016/j.ssi.2018.11.006
- Zanin, H., Saito, E., Ceragioli, H. J., Baranauskas, V., & Corat, E. J., (2014). Reduced graphene oxide and vertically aligned carbon nanotubes superhydrophilic films for supercapacitors devices. *Materials Research Bulletin*, 49, 487-493. doi:10.1016/j.materresbull.2013.09.033
- Zhang, T., Walawender, W., Fan, L. T., Fan, M., Daugaard, D., & Brown, R. C., (2004). Preparation of activated carbon from forest and agricultural residues through CO_2 activation. *Chemical Engineering Journal*, 105(2), 53-59, doi:10.1016/j.cej. 2004.06.011

การพัฒนาเจลกรูงเขมาเพื่อบรรเทาอาการอักเสบ คัน และระคายเคืองจากยุงลายบ้านกัด
Development of *Cissampelos pareira* Lin. gel in the relief for inflammation,
itching and irritation from *Aedes aegypti* bites

จริญญา ขุนทะवाद^{1*} กองแก้ว ยะอุป² กันธิมา เผือกเจริญ³ ภาณิชา พงศ์นราทร⁴ ฉัตรชนก นุกุลกิจ⁵
นฤวัตร ภัคตี⁶ ทัญทิกา แก้วสูงเนิน⁷ วรินทร์ โอนอ่อน⁸ พงศธร ทองกระสี⁹

สาขาแพทย์แผนไทย คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร^{1,3,4,5,6,7,8,9}
ฝ่ายแมลงนำโรค สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 ขอนแก่น²

*Corresponding author: E-mail: jarinya.ktw@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเจลกรูงเขมาในการบรรเทาอาการอักเสบ คัน และระคายเคืองจากยุงลายบ้านกัด การศึกษานี้เป็นงานวิจัยเชิงปริมาณ โดยทำการทดลองกับอาสาสมัคร 10 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เปรียบเทียบเจลสูตรไม่มีสมุนไพรกับเจล 2.5% กรูงเขมา กลุ่มที่ 2 เปรียบเทียบเจล 2.5% กับ 5% กรูงเขมา อาสาสมัครแต่ละคนจะถูกยุงกัดแขนข้างละ 1 ตัว จากนั้นทิ้งไว้ 20 นาที จึงบันทึกเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดตุ่ม, ระดับความบวม, ระดับความแดง, ระดับความคัน ก่อนที่จะทาเจลที่ต้องการทดสอบ จากนั้นวัดผลและทาเจลอีกครั้งที่เวลา 2 และ 6 ชั่วโมง หลังจากยุงกัด วิเคราะห์ผลโดยสถิติ Paired t-test และ Wilcoxon signed test ผลการศึกษาพบว่า เจล 2.5% กรูงเขมา มีแนวโน้มลดขนาดตุ่มและความบวมได้ดีกว่าเจลสูตรไม่มีสมุนไพรอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่เจล 5% กรูงเขมา มีแนวโน้มลดขนาดตุ่มและความบวมได้ดีกว่าเจล 2.5% กรูงเขมาอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดสอบเจลทั้ง 3 สูตรพบว่า ระดับความแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่พบอาการคันที่เวลา 2 และ 6 ชั่วโมง ดังนั้นข้อมูลนี้มีประโยชน์ในการเป็นข้อมูลพื้นฐานของเจลกรูงเขมาเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

คำสำคัญ : ยุงลายบ้าน; การอักเสบ; เจล; กรูงเขมา

Abstract

The objective of this study was to develop *Cissampelos pareira* Lin. gel to relieve inflammation, itching and irritation from *Aedes aegypti* bites. The experimental research is a quantitative research method. The experiment was conducted with 10 volunteers. The volunteers were divided into 2 groups; Group 1, compared between non-herbal gel formula with 2.5% *Cissampelos pareira* L. gel and Group 2, compared between 2.5% and 5% *Cissampelos pareira* L. gel. Each volunteer was bitten by one mosquito on each arm, leave it for 20 minutes. Then, record diameter of lesion, edema, redness and pruritus before apply gel to each arm. After that, measured and apply the gel again at 2 and 6 hours after mosquito bites. Paired t-test and Wilcoxon-signed rank test was used to test. The resulted showed that 2.5% *Cissampelos pareira* L. gel tends to reduce diameter of lesion

and edema better non-herbal gel formula with no significant difference and 5% gel *Cissampelos pareira* L. tends to reduce diameter of lesion and edema better 2.5% gel *Cissampelos pareira* L. with no significant difference. All three-gel formula demonstrated to not improve the appearance of redness. Pruritus was not observed at 2 and 6 hours. Thus, it is the basic of information in *Cissampelos pareira* L. gel for further product development.

Keywords: *Aedes aegypti*; Anti-Inflammatory; Gel; *Cissampelos pareira* Lin.

บทนำ

ยุง (Mosquito) เป็นแมลงที่พบได้ทั่วโลก ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์และเป็นปัญหาสำคัญทางด้านสาธารณสุขในประเทศไทย เนื่องจากยุงเป็นพาหะในการเกิดโรค เช่น ยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) เป็นพาหะนำโรคไข้เลือดออกและไข้ชิคุนกุนยา ยุงก้นปล่อง (*Anopheles dirus*) เป็นพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย ยุงรำคาญ (*Culex fuscocephala*) เป็นพาหะนำโรคไข้สมองอักเสบ ยุงเสือ (*Mansonia bonnea*) ยุงรำคาญ (*Culex quinquefasciatus*) (Tolle & M.A., 2009, p.97-140) หลังโดนยุงกัดจะมีผื่นแพ้ที่บริเวณผิวหนังตลอดจนเกิดการอักเสบของผิวหนัง โดยทั่วไปจะเห็นเป็นตุ่มนูนแดง คัน ขึ้นอยู่นานประมาณ 15-20 นาที และค่อยๆ ยุบไปได้เอง อาการเหล่านี้ไม่ถือว่าเป็นการแพ้แต่เป็นปฏิกิริยาต่อน้ำลายยุงเท่านั้น (Wongkamchai et al., 2009, p.155-7)

การรักษาผื่นแพ้จากยุงกัด ในรายที่เป็นตุ่มยุงกัดธรรมดา อาจใช้ยาทากลุ่ม Calamine หรือ Menthol เพื่อให้รู้สึกเย็นสบาย ลดอาการคัน หรือยาทากลุ่มสเตียรอยด์ ส่วนในรายที่เป็นตุ่มขนาดใหญ่ อาจใช้ยาทากลุ่มสเตียรอยด์ โดยเลือกความเข้มข้นให้เหมาะสม เช่น ในเด็กควรใช้ยาที่มีความแรงอ่อน เช่น ไฮโดรคอร์ติโซน (Hydrocortisone) ร่วมกับรับประทานยาแก้แพ้ เช่น Chlorpheniramine, Cetirizine เป็นต้น ปัจจุบันมีทีมวิจัยได้ทำการนำพืชสมุนไพรมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เจลที่สามารถบรรเทาอาการอักเสบ ผด ผื่น คัน หรือภูมิแพ้บริเวณผิวหนัง ได้แก่ การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเจลสมุนไพรไทย กับ 1% ไฮโดรคอร์ติโซนเจล ในการลดอาการผิวหนังอักเสบ รอยแผลและการเกิดรอยดำที่เกิดจากยุงกัดในวัยรุ่น (อัญชลี อินทวิเชียร, 2553) การพัฒนาเจลทาภายนอกจากสารสกัดในใบหูกวางที่มีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบและยับยั้งอาการบวม (นิลุบล จินประเสริฐ, 2555) การพัฒนาและประเมินเจลสมุนไพรต้านการอักเสบโดยใช้สารสกัดมะขามป้อมและมะตูม (Giri & Bhalke, 2019, 252-255) แต่งานวิจัยที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพของสมุนไพรในการบรรเทาอาการอักเสบจากยุงกัดยังมีน้อย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงคัดเลือกพืชสมุนไพรไทย คือ กรุงเขมา ที่มีรสเย็น มีสรรพคุณในการบรรเทาอาการอักเสบของผิวหนัง หาง่าย ราคาไม่แพง และมีความปลอดภัยมาทำการศึกษาต่อยอด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเจลกรุงเขมาในการบรรเทาอาการอักเสบ คัน และระคายเคืองจากยุงลายบ้านกัด เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเจลสมุนไพรในการทาหลังจากยุงกัดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การเตรียมสารสกัดจากสมุนไพร

ล้างใบกรูเมมาด้วยน้ำให้สะอาด ทำการล้างให้สะอาดแล้ว นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อสมุนไพรแห้งแล้ว นำไปบดเป็นผง แล้วนำไปร่อนในตะแกรง จะได้ผงของใบกรูเมมา จากนั้นนำผงของใบกรูเมมา บรรจุลงขวดสีชา ทำการกรอกหมักด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95% ในอัตราส่วน 1:3 เป็นระยะเวลา 7 วัน เขย่าสารเข้า-เย็น จำนวน 20 ครั้ง จากนั้นทำการกรองสารสกัดด้วยผ้าขาวบาง เพื่อแยก ตะกอนและทำการกรองอีกครั้งด้วยกระดาษกรอง ทำการกำจัดตัวทำละลายเอทานอล ด้วยเครื่องกลั่นระเหยสาร แบบหมุน (Rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 160 มิลลิเมตรปรอท อัตราการ หมุน 60 รอบต่อนาที แล้วอบสมุนไพรเพื่อระเหยสารละลายออกแล้วในตู้อบใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 24 ชั่วโมง จะได้สารสกัดหยาบแห้ง

การเตรียมผลิตภัณฑ์เจลกรูเมมา

การทำผลิตภัณฑ์เจลสมุนไพรเพื่อบรรเทาอาการอักเสบ คัน และระคายเคืองจากยุงกัด ดัดแปลงสูตร มาจาก Giri & Bhalke, 2019 โดยการเตรียมเจลสมุนไพร แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่หนึ่ง คือ การเตรียมเจล ค่อยๆ ใส่ Carbopol ลงใน Deionized water คนจน Carbopol พองตัวหมดแล้วตั้งทิ้งไว้ ส่วนที่สอง นำ Methylparaben และ Propylparaben เติลงใน Propylene glycol คนให้เข้ากัน เมื่อเข้ากันแล้วค่อยๆ เติลงใน ส่วนที่หนึ่ง คนให้เข้ากัน ส่วนที่สาม คือ การเตรียมสารสกัด นำ Ethanol เติลงในสารสกัดกรูเมมา คนให้เข้ากัน จากนั้นค่อยๆ เติม Propylene glycol และ Polyethylene glycol ลงไป คนให้เข้ากัน แล้วนำไป Sonicate เป็น เวลา 15 วินาที แล้วค่อยๆ เติลงในส่วนแรก คนจนเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นค่อยๆ หยด Triethanolamin 10% ลง ไป คนช้า ๆ จะได้เจลเหนียวขึ้นและปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เหมาะสมกับผิว เมื่อเจลเป็นเนื้อเดียวกัน แล้ว บรรจุเจลลงหลอด

การเลี้ยงยุงปลอดเชื้อในห้องปฏิบัติการ

การเพาะพันธุ์ยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) สายพันธุ์ Borabora ซึ่งนำมาเพาะพันธุ์ให้เพิ่มจำนวนด้วย การเลี้ยงในห้องปฏิบัติการที่เป็นระบบปิด ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80% มีการแบ่ง ช่วงเวลา คือ 12 ชั่วโมงเป็นกลางวัน และ 12 ชั่วโมงเป็นกลางคืน โดยการนำแผ่นกระดาษที่มีไข่ยุงลายแช่ น้ำประปาที่ปราศจากคลอรีนในถาดพลาสติก ไข่ฟักเป็นลูกน้ำ จะใช้เวลา 1-2 วัน และลูกน้ำจะได้รับอาหารโดย ให้อาหารเม็ดสำหรับกระต่าย จากนั้นจะทำการแยกลูกน้ำแต่ละระยะ 1 ถาดจะมีลูกน้ำจำนวน 200-300 ตัว ลูกน้ำใช้ระยะเวลา 7-8 วัน ในการเจริญเติบโตเป็นตัวโม่ง จากนั้นทำการแยกตัวโม่งเข้าไปเก็บในทรงตาข่ายที่มี ขนาด (30 x 30 x 30 cm³) หลังจากนั้น 1-2 วัน ตัวโม่งจะเจริญเติบโต เป็นยุงตัวเต็มวัย ยุงตัวเต็มวัยจะถูกเลี้ยง โดยใช้ 5% Multivitamin เมื่อยุงเพศเมียมีอายุ 7-10 วันจึงนำไปทดสอบ

การทดสอบฤทธิ์ในการบรรเทาอาการอักเสบจากยุงลายบ้าน

การทดสอบฤทธิ์ในการบรรเทาอาการอักเสบ ใช้อาสาสมัครจำนวน 10 คน โดยงานวิจัยนี้ได้ผ่าน จริยธรรมในสัตว์ทดลองเลขที่ 45/2564 และผ่านจริยธรรมในมนุษย์เลขที่ NRFIP-030 ในการทดสอบจะเลือกใช้ ยุงลายบ้านเพศเมียที่มีอายุ 7-10 วัน เป็นยุงปลอดเชื้อที่เลี้ยงด้วยระบบปิดและยังเคยกินเลือด โดยให้อาสาสมัคร แต่ละคนจับฉลากทดสอบสูตรเจลสมุนไพร ก่อนทำการทดสอบอาสาสมัครจะต้องทำความสะอาดมือและแขน

ด้วยน้ำประปา โดยผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดต้องไม่มีกลิ่น แล้วขีดแขนให้แห้งสนิท พื้นที่ผิวที่ใช้ในการทดสอบ จะห่างจากข้อพับแขนประมาณ 3 เซนติเมตร มีพื้นที่ทดสอบขนาด 5x5 เซนติเมตร แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ทดสอบโดยแขนข้างหนึ่งทาเจล 2.5% กรูงเขมาและแขนอีกข้างหนึ่งทาเจลสูตรไม่มีสุมุนไพร์ กลุ่มที่ 2 ทดสอบโดยแขนข้างหนึ่งทาเจล 2.5% กรูงเขมาและแขนอีกข้างหนึ่งทาเจล 5% กรูงเขมา อาสาสมัครแต่ละคนจะถูกยุงกัดแขนข้างละ 1 ตัว จากนั้นทิ้งไว้ 20 นาที จึงบันทึกเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดตุ่ม, ระดับความบวม โดยการแบ่งระดับออกเป็น เกรด 3 คือ ระดับมาก (51-100%), เกรด 2 คือระดับปานกลาง (26-50%), เกรด 1 คือ ระดับน้อย (1-25%), ระดับความแดง การประเมินใช้แถบสี (Color chart) มี 5 ระดับคือ มากที่สุด, มาก, ปานกลาง, น้อย และน้อยมาก และระดับความคัน ประเมินโดยแบบประเมินระดับความคันที่มีคะแนน 1-10 โดยการประเมินจะใช้ผู้ประเมินผล 3 คน โดยจะใช้ความเห็นของผู้ประเมินอย่างน้อย 2 ใน 3 เป็นข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อไป โดยจะทำการประเมินเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดตุ่ม, ระดับความบวม, ระดับความแดง และระดับความคัน ก่อนทาเจลที่ต้องการทดสอบ จากนั้นวัดผลและทาเจลอีกครั้งที่เวลา 2 และ 6 ชั่วโมงหลังจากยุงกัด ผลที่ได้จะนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (%Inhibition) ดังนี้

$$\text{สูตรการคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (\%Inhibition)} = \frac{[\text{ค่าก่อนทดสอบ}-\text{ค่าหลังทดสอบ}] \times 100}{\text{ค่าก่อนทดสอบ}}$$

จากนั้นนำข้อมูลไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS โดยไม่คำนึงถึงข้อตกลงเบื้องต้น โดยผลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตุ่มจะทดสอบโดยการทดสอบทางสถิติ Paired-T-Test และ ผลระดับความบวม, ระดับความแดง, ระดับความคันจะทดสอบทางสถิติ Wilcoxon Signed Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ข้อมูลของอาสาสมัครในการทดสอบ

อาสาสมัครมีจำนวน 10 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่หนึ่ง คือ กลุ่มเจลสูตรไม่มีสุมุนไพร์กับเจล 2.5% กรูงเขมา จำนวน 5 คน เป็นเพศหญิง 4 คน คิดเป็นร้อยละ 80 และเพศชาย 1 คน คิดเป็นร้อยละ 20 มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 21.40 ± 1.52 ปี มีหมู่เลือดโอจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 40 หมู่เลือดบีจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 40 และหมู่เลือดเอบีจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 20

กลุ่มที่สอง คือ กลุ่มเจล 2.5% กับ 5% กรูงเขมา จำนวน 5 คน เป็นเพศหญิง 3 คน คิดเป็นร้อยละ 60 และเพศชาย 2 คน คิดเป็นร้อยละ 40 มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 21.20 ± 0.45 ปี มีหมู่เลือดโอจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 40 หมู่เลือดบีจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 40 และหมู่เลือดเอบีจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ข้อมูลทั่วไปและจำนวนร้อยละของอาสาสมัคร แสดงผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและจำนวนร้อยละของอาสาสมัคร (n=5/กลุ่ม)

ข้อมูล	เจลไม่มีสุมุนไพร์ VS	เจล 2.5% กรุงเขมา VS
	เจล 2.5% กรุงเขมา	เจล 5% กรุงเขมา
เพศ		
xxxชาย (ร้อยละ)	1 (20)	2 (40)
xxxหญิง (ร้อยละ)	4 (80)	3 (60)
อายุเฉลี่ย (ปี)	21.40±1.52	21.20±0.45
หมู่เลือด		
xxxบี (ร้อยละ)	2 (40)	2 (40)
xxxโอ (ร้อยละ)	2 (40)	2 (40)
xxxเอบี (ร้อยละ)	1 (20)	1 (20)
ประวัติโรคประจำตัว		
xxxมี	0 (0)	0 (0)
xxxไม่มี	5 (100)	5 (100)
ประวัติภูมิแพ้ในครอบครัว		
xxxมี	0 (0)	0 (0)
xxxไม่มี	5 (100)	5 (100)
การใช้ยาทาสเตียรอยด์		
xxxมี	0 (0)	0 (0)
xxxไม่มี	5 (100)	5 (100)
ประวัติการแพ้สุมุนไพร์		
xxxมี	0 (0)	0 (0)
xxxไม่มี	5 (100)	5 (100)
หมายเหตุ	VS หมายถึง เปรียบเทียบกับ	

ผลการศึกษาเจลสูตรไม่มีสุมุนไพร์กับเจล 2.5% กรุงเขมา

จากการศึกษาเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดตุ่ม ด้านทาเจลสูตรไม่มีสุมุนไพร์ พบว่าขนาดตุ่มก่อนการทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.39±0.90 มิลลิเมตร มีขนาดตุ่มลดลงเรื่อย ๆ ที่เวลา 2 และ 6 ชั่วโมง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27±1.43 และ 3.32±2.37 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ด้านทาเจล 2.5% กรุงเขมา ขนาดตุ่มก่อนการทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.87±1.28 มิลลิเมตรมีขนาดตุ่มลดลงเรื่อย ๆ ที่เวลา 2 และ 6 ชั่วโมง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05±1.25 และ 3.28±1.84 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบข้อมูล พบว่า เจล 2.5% กรุงเขมา มีแนวโน้มขนาดตุ่มเล็กกว่าและเปอร์เซ็นต์การยับยั้งรอยโรคดีกว่าเจลสูตรไม่มีสุมุนไพร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลของเจลสูตรไม่มีสบู่น้ำไฟกับเจล 2.5% กรุงเขมาต่อขนาดรอยตุ่ม ระดับความบวม ระดับความแดง และระดับความคัน

เวลาประเมินผล	ค่าที่วัดได้			เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (%Inhibition)		
	เจลไม่มี สบู่น้ำไฟ	เจล 2.5% กรุงเขมา	p	เจลไม่มีสบู่น้ำไฟ	เจล 2.5% กรุงเขมา	p
ขนาดตุ่ม						
xxx20 นาที	5.39±0.90	5.87±1.28	0.394	0	0	0
xxx2 ชั่วโมง	4.27±1.43	4.05±1.25	0.713	20.95±20.99	30.57±21.51	0.223
xxx6 ชั่วโมง	3.32±2.37	3.28±1.84	0.951	39.79±37.61	46.62±31.39	0.464
ความบวม						
xxx20 นาที	3.00±0.00	3.00±0.00	1.000	0	0	0
xxx2 ชั่วโมง	1.60±0.55	1.40±0.55	0.317	46.67±18.26	53.33±18.26	0.374
xxx6 ชั่วโมง	1.20±0.84	0.80±0.45	0.157	60.00±27.89	73.34±14.91	0.178
ความแดง						
xxx20 นาที	1.40±0.55	1.40±1.14	1.000	0	0	0
xxx2 ชั่วโมง	2.00±1.00	2.00±1.00	1.000	-50.00±86.60	-50.00±22.36	0.374
xxx6 ชั่วโมง	2.00±1.22	2.00±1.22	1.000	-40.00±54.77	-40.00±50.55	0.374
ความคัน						
xxx20 นาที	1.80±1.48	1.80±0.45	1.000	0	0	-
xxx2 ชั่วโมง	0.00±0.00	0.00±0.00	1.000	100.00±0.00	100.00±0.00	-
xxx6 ชั่วโมง	0.00±0.00	0.00±0.00	1.000	100.00±0.00	100.00±0.00	-

จากการศึกษาในระดับความบวม ด้านทาเจลสูตรไม่มีสบู่น้ำไฟ พบว่า ความบวมก่อนการทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.00±0.00 มิลลิเมตร มีระดับความบวมลดลงเรื่อยๆ ที่เวลา 2 และ 6 ชั่วโมง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.60±0.55 และ 1.20±0.84 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ด้านทาเจล 2.5% กรุงเขมา ความบวมก่อนการทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.00±0.00 มิลลิเมตร มีความบวมลดลงเรื่อยๆ ที่เวลา 2 และ 6 ชั่วโมง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.40±0.55 และ 0.80±0.45 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบข้อมูล พบว่า เจล 2.5% กรุงเขมา มีแนวโน้มความบวมลดลงและเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความบวมดีกว่าเจลสูตรไม่มีสบู่น้ำไฟอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาในระดับความแดง ด้านทาเจลสูตรไม่มีสบู่น้ำไฟ พบว่า ความแดงก่อนการทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.40±0.55 มีระดับความแดงเพิ่มขึ้นที่เวลา 2 และ 6 ชั่วโมง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.00±1.00 และ 2.00±1.22 ตามลำดับ ในขณะที่ด้านทาเจล 2.5% กรุงเขมา ความแดงก่อนการทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.40±1.14 มีความแดงเพิ่มขึ้นที่เวลา 2 และ 6 ชั่วโมง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.00±1.00 และ 2.00±1.22

ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบข้อมูล พบว่า ระดับความแดงและเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความแดงของเจลสูตรไม่มีสมุนไพรร่วมกับเจลสูตร 2.5% กรุงเทพฯไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาระดับความคั้น พบว่า ค่าเฉลี่ยระดับความคั้นก่อนการทดสอบของด้านทาเจลสูตรไม่มีสมุนไพรร่วมกับ 1.80±1.48 ด้านทาเจล 2.5% กรุงเทพฯเท่ากับ 1.80±0.45 ซึ่งไม่พบอาการคั้นเมื่อประเมินผลที่เวลา 2 และ 6 ชั่วโมง และจากการเปรียบเทียบข้อมูล พบว่า ระดับความคั้นและเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความคั้นของเจลสูตรไม่มีสมุนไพรร่วมกับเจล 2.5% กรุงเทพฯไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษาเจลสูตรไม่มีสมุนไพรร่วมกับเจล 2.5% กรุงเทพฯ แสดงดังตารางที่ 2

ผลการศึกษาเจล 2.5% กรุงเทพฯร่วมกับเจล 5% กรุงเทพฯ

จากการศึกษาแสดงดังตารางที่ 3 พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางขนาดตุ่ม ด้านทาเจล 2.5% กรุงเทพฯ พบว่า ขนาดตุ่มก่อนการทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.46±1.04 มิลลิเมตร มีขนาดตุ่มลดลงเรื่อยๆ ที่เวลา 2 และ 6 ชั่วโมง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.43±1.98 และ 1.93±1.78 มิลลิเมตร ตามลำดับ ขณะที่ด้านทาเจล 5% กรุงเทพฯ ขนาดตุ่มก่อนการทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.50±0.98 มิลลิเมตร มีขนาดตุ่มลดลงเรื่อยๆ ที่เวลา 2 และ 6 ชั่วโมง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.19±0.43 และ 1.10±1.54 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบข้อมูล พบว่า เจล 5% กรุงเทพฯ มีแนวโน้มขนาดตุ่มเล็กกว่าและเปอร์เซ็นต์การยับยั้งรอยโรคดีกว่าเจล 2.5% กรุงเทพฯอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เจลกรุงเทพฯจะมีประสิทธิภาพในการลดขนาดตุ่มได้มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และยังพบว่าประสิทธิภาพใกล้เคียงกับงานวิจัยของ อัญชลี อินทรวีเชียร, 2553 ที่ศึกษาเปรียบเทียบยาทาที่มีส่วนประกอบของสมุนไพรไทยในการลดอาการผิวหนังอักเสบที่เกิดจากยุงกัดในวัยรุ่น

จากการศึกษาระดับความบวม ด้านทาเจล 2.5% กรุงเทพฯ พบว่า ความบวมก่อนการทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.00±0.00 มิลลิเมตร มีระดับความบวมลดลงเรื่อยๆ ที่เวลา 2 และ 6 ชั่วโมง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.20±0.84 และ 0.60±0.55 มิลลิเมตร ตามลำดับ ขณะที่ด้านทาเจล 5% กรุงเทพฯ ความบวมก่อนการทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.00±0.00 มิลลิเมตรมีความบวมลดลงเรื่อยๆ ที่เวลา 2 และ 6 ชั่วโมง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00±0.00 และ 0.40±0.00 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบข้อมูล พบว่า เจล 5% กรุงเทพฯ มีแนวโน้มความบวมลดลงและมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความบวมดีกว่าเจล 2.5% กรุงเทพฯอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษาครั้งนี้ พบว่า ตุ่มยุงจะมีขนาดเล็กลงภายใน 2 ชั่วโมงหลังยุงกัด ซึ่งเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ อัญชลี อินทรวีเชียร, 2553 ที่ศึกษาเปรียบเทียบยาทาที่มีส่วนประกอบของสมุนไพรไทย และยาทา 1% ไฮโดรคอร์ติโซน พบว่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เริ่มตั้งแต่หลังการรักษาที่ 24 ชั่วโมง และลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อติดตามผลถึงสัปดาห์ที่ 4 จากการศึกษาที่ผ่านมาของ Amresh และคณะ ปี 2007 พบว่า กรุงเทพฯสามารถต้านการอักเสบลดอาการบวมที่อุ้งเท้าของหนูได้ และจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกรุงเทพฯ พบว่า มีสารประกอบแอลคาลอยด์ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน (Uthpala T & Raveesha H R, 2019) ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกและแอลคาลอยด์ มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Blaghen N., 1999) และต้านอนุมูลอิสระ (Shi et al., 1995) ฟลาโวนอยด์ มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Sharma et al., 2011) และต้านอนุมูลอิสระ (Ghasemzadeh et al., 2010)

จากการศึกษาระดับความแดง ด้านทาเจล 2.5% กรุงเขมา พบว่า ความแดงก่อนการทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.40 ± 1.14 มีระดับความแดงเพิ่มขึ้นที่เวลา 2 และ 6 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.80 ± 0.84 และ 3.00 ± 1.58 ตามลำดับ ในขณะที่ด้านทาเจล 5% กรุงเขมา ความแดงก่อนการทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.60 ± 1.34 มีความแดงเพิ่มขึ้นที่เวลา 2 ชั่วโมงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.60 ± 0.55 และมีความแดงลดลง ที่เวลา 6 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.20 ± 1.48 ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบข้อมูล พบว่าระดับความแดงและเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของเจล 2.5% และ 5% กรุงเขมาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษานี้พบว่าระดับความแดงจะเพิ่มขึ้นที่เวลา 2 และ 6 ชั่วโมง ส่วนงานวิจัยของ อัญชลี อินทรวีเชียร, 2553 ที่ศึกษาเจลสมุนไพรไทยและยาทา 1% ไฮโดรคอร์ติโซน พบว่าระดับความแดงเพิ่มขึ้นที่ 24 ชั่วโมงหลังขูด และลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเริ่มตั้งแต่หลังการรักษาที่สัปดาห์ที่ 2 และลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อติดตามผลถึงสัปดาห์ที่ 4

จากการศึกษาระดับความคัน พบว่า ค่าเฉลี่ยระดับความคันก่อนการทดสอบของด้านทาเจล 2.5% กรุงเขมาเท่ากับ 0.80 ± 1.79 ด้านทาเจล 5% กรุงเขมาเท่ากับ 1.20 ± 1.79 ซึ่งไม่พบอาการคันเมื่อประเมินผลที่เวลา 2 และ 6 ชั่วโมง และจากการเปรียบเทียบข้อมูล พบว่า ระดับความคันและเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความคันของเจล 2.5% และ 5% กรุงเขมา ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษาเจล 2.5% กรุงเขมา กับเจล 5% กรุงเขมา แสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งไม่สอดคล้องคล้อยกับงานวิจัยของ อัญชลี อินทรวีเชียร, 2553 พบว่าระดับความคันมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเริ่มตั้งแต่หลังการรักษาที่เวลา 2 ชั่วโมง และลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อติดตามผลถึงสัปดาห์ที่ 1 โดยในสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4 ไม่มีอาสาสมัครที่มีอาการคันเหลืออยู่

กรุงเขมาเป็นพืชสมุนไพรที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่สมัยโบราณ ไม่ว่าจะเป็นการนำมารักษาโรคทางเดินปัสสาวะ ลดไข้ และโรคผิวหนังติดเชื้อ (Gordon A Morris et al., 2014) บรรเทาอาการปวดประจำเดือน และอาการตกเลือดหลังคลอด (Vardhanabhuti B & Ikeda S, 2006) นอกจากนี้มีการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาทำให้ทราบสรรพคุณของกรุงเขมา เช่น มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Habiba JD et al., 2011) ฤทธิ์ในการลดไข้และบรรเทาอาการปวด (Mendes de Oliveira Jr et al., 2011) ฤทธิ์ในการต้านจุลชีพ (Kumar VP et al., 2006) ได้อีกด้วย การศึกษาครั้งนี้ไม่พบอาการข้างเคียงจากการใช้เจลทั้ง 3 สูตร ดังนั้น จึงเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจในการนำสมุนไพรมาทำเป็นผลิตภัณฑ์แทนการใช้สารเคมีในการบรรเทาอาการอักเสบ

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลของเจล 2.5% กรูงเขมา กับเจล 5% กรูงเขมาต่อขนาดรอยตุ่ม ระดับความบวม ระดับความแดง และระดับความคัน

เวลาประเมินผล	ค่าที่วัดได้			เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (%Inhibition)		
	เจล 2.5% กรูงเขมา	เจล 5% กรูงเขมา	p	เจล 2.5% กรูงเขมา	เจล 5% กรูงเขมา	p
ขนาดตุ่ม						
xxx20 นาที	6.46±1.04	6.50±0.98	0.670	0	0	0
xxx2 ชั่วโมง	3.43±1.98	3.19±0.43	0.798	47.32±32.59	50.61±4.90	0.844
xxx6 ชั่วโมง	1.93±1.78	1.10±1.54	0.457	69.28±28.65	82.71±23.67	0.496
ความบวม						
xxx20 นาที	3.00±0.00	3.00±0.00	1.000	0	0	0
xxx2 ชั่วโมง	1.20±0.84	1.00±0.00	0.564	60.00±27.89	66.67±0.00	0.621
xxx6 ชั่วโมง	0.60±0.55	0.40±0.00	0.564	80.00±18.26	86.67±18.26	0.621
ความแดง						
xxx20 นาที	2.40±1.14	2.60±1.34	0.785	0	0	0
xxx2 ชั่วโมง	2.80±0.84	2.60±0.55	0.317	-30.00±44.72	-30.00±95.85	1.000
xxx6 ชั่วโมง	3.00±1.58	2.20±1.48	0.317	-25.00±43.30	-25.00±74.76	0.675
ความคัน						
xxx20 นาที	0.80±1.79	1.20±1.79	0.317	0	0	-
xxx2 ชั่วโมง	0.00±0.00	0.00±0.00	1.000	100.00±0.00	100.00±0.00	-
xxx6 ชั่วโมง	0.00±0.00	0.00±0.00	1.000	100.00±0.00	100.00±0.00	-

สรุปผลและเสนอแนะ

การศึกษากการพัฒนาเจลกรูงเขมาเพื่อบรรเทาอาการอักเสบ คัน และระคายเคืองจากยุงกัด พบว่า เจล 2.5% กรูงเขมา มีประสิทธิภาพในการลดขนาดตุ่มและระดับความบวมได้ดีกว่าเจลสูตรไม่มีสมุนไพรรอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่เจล 5% กรูงเขมา มีประสิทธิภาพในการลดขนาดตุ่มและระดับความบวมได้ดีกว่าเจล 2.5% กรูงเขมาอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษาในครั้งนี้ พบว่า เจลทั้ง 3 สูตร มีระดับความแดงเพิ่มขึ้นและไม่พบอาการคันในการประเมินที่เวลา 2 และ 6 ชั่วโมง และไม่พบอาการข้างเคียงจากการใช้เจลทั้ง 3 สูตร ข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้มีประโยชน์ในการเป็นข้อมูลพื้นฐานของเจลกรูงเขมาเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

- ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพของเจลกรูงเขมาในการบรรเทาอาการอักเสบ คัน และระคายเคืองจากยุงกัดในยุงสายพันธุ์อื่น เช่น ยุงลายสวน ยุงรำคาญ และยุงก้นปล่อง

- ควรศึกษาเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีช่วงอายุมากขึ้น และมีจำนวนตัวอย่างมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณนายแพทย์ธีรวัฒน์ วลัยเสถียร ผู้อำนวยการสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 จังหวัดขอนแก่น และคุณบุญส่ง กุลโฮง เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์เลี้ยงแมลงนำโรค ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ไขและลูกน้ำยุงลายบ้านเพื่อการศึกษาครั้งนี้ และโครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ตามสัญญาเลขที่ FRB640019/SNK/01

เอกสารอ้างอิง

- นิลกุล จินประเสริฐ. (2555). *การพัฒนาเจลทากายนอกต้านอักเสบจากสารสกัดใบหูกวาง*.
<https://library.cmu.ac.th>.
- อัญชลี อินทรวีเชียร. (2553). *การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเจสมุนไพรรักษาโรคข้ออักเสบ 1% ไฮโดรคอร์ติโซนเจลในการลดอาการปวดหลังอักเสบ รอยแผลและการเกิดรอยดำที่เกิดจาก ยุงกัดในวัยรุ่น* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- Amresh, G., Zeashan, H., Singh, P. N., & Rao, Ch. V., (2007). Prostaglandin mediated anti-inflammatory and analgesic activity of *Cissampelos pareira*. *Acta. Journal of Pharmaceutical Sciences*, 49, 153-160.
- Blaghen, N., Lahlou, N., Dzairi, F., Moutaouakkil, A., & Talbi, M. (1999). Complexation and ionophoric properties of taxol and colchicine: complex formation and transport of sodium, potassium, magnesium and calcium ions across a liquid membrane. *Journal of Natural Toxins*, 7, 179-85.
- Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. Z. E., & Rahmat, A. (2010). Antioxidant activities, total phenolics and flavonoids content in two varieties of Malaysia young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Molecules*, 15(4), 324-4, 333.
- Giri, & Bhalke. (2019). Formulation and Evaluation of Topical Anti-Inflammatory Herbal Gel. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 252-255.
- Habila, J. D., Bello, I. A., Dzikwe, A. A., Ladan, Z., & Sabiu, M. (2011). Comparative evaluation of phytochemicals, antioxidant and antimicrobial activity of four medicinal plants native to Northern Nigeria. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5, 537-543.
- Kumar, V. P., Chauhan, N. S., Padh, H., & Rajani, M. (2006). Search for antibacterial and antifungal agents from selected Indian medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 107, 182-188.
- Morris, G. A., Castile, J., Smith, A., Adams, G. G., & Harding, S. E. (2004). The effect of prolonged storage at different temperatures on the particle size distribution of tripolyphosphate (TPP)-chitosan nanoparticles. *Carbohydrate polymers*, 84, 399-400.

- Oliveira Jr, M. et al., (2011). Analgesic effect of hydroalcoholic extract of *Cissampelos sympodialis* Eichl leaves. *Boletin Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas*, 10, 333–337.
- Sharma, G. N., Dubey, S. K., Sati, N., & Sanadya, J. (2011). *Anti-inflammatory activity and total phavonoid content of Aegle marmelos seeds. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*, 3(3), 214-218.
- Shi, X., Mao, Y., Saffiotti, U., Wang, L., Rojanasakul, Y., Leonard, S. S., & Vallyathan, V. (1995). Antioxidant activity of tetrandrine and its inhibition of quartz-induced lipid peroxidation. *Journal of toxicology and environmental health*, 46, 233-48.
- Tolle, M. A. (2009). Mosquito-borne diseases. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care Pediatrics journal*, 39, 97-140.
- Uthpala, T. & Raveesha, H. R. (2019). Studies on Antioxidant and Antibacterial Activity of *Cissampelos pareira* (L.). *International Journal of Advanced Scientific Research and Management*, 4, 35-42.
- Vardhanabhuti, B., & Ikeda, S. (2006). Isolation and characterization of hydrocolloids from monoi (*Cissampelos pareira*) leaves. *Food hydrocolloids*, 20, 885-891.
- Wongkamchai, S., Vaiyavatjamai, P., Wanachiwanawin, D., Wisuthsarewong, W., Kulthanan, K., & Eakpo, P. (2009). A dot-blot and immune-blot assay for the detection of mosquito saliva specific IgE in mosquito bite allergic subjects. *Journal of Dermatological Science*, 53(2), 155-7.

การศึกษาความหลากหลายของชนิดพันธุ์สัตว์ในป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ หมู่ที่ 14
ตำบลแม่เปา อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย

A Study of Animal Diversity in Baan Sobpaomai Community Forest, Maepao
Subdistrict, Phaya Mengrai District, Chiang Rai Province

สุทธิ มลิตทอง^{1*} เพ็ญศรี มลิตทอง²

สถาบันถ่ายทอดเทคโนโลยี นวัตกรรม และบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย^{1,2}

*Corresponding author: E-mail: Kor1084@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของชนิดพันธุ์สัตว์ในป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ หมู่ที่ 14 ตำบลแม่เปา อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2562 ถึง เดือนมีนาคม 2563 ผลการศึกษาพบสัตว์มีกระดูกสันหลัง 4 กลุ่ม คือ นก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สัตว์เลื้อยคลาน และ สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก พบนกทั้งสิ้น 75 ชนิดใน 11 อันดับ 33 วงศ์ จัดเป็นนกรประจำถิ่น 55 ชนิด เช่น เหยี่ยวขาว นกเอี้ยงสาริกา นกอพยพ 12 ชนิด เช่น นกจับแมลงคอแดง นกกระจัดเขียวปีกสองแถบ นกกะเด้นน้อยธรรมดา และนกรประจำถิ่นที่ประชากรบางส่วนมีการอพยพ 8 ชนิด เช่น นกอีเสือหลังแดง นกนางแอ่นบ้าน นกยอดหญ้าหัวดำ พบสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทั้งสิ้น 4 ชนิดใน 2 อันดับ 2 วงศ์ พบสัตว์เลื้อยคลาน 5 ชนิด ใน 1 อันดับ 3 วงศ์ และพบสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 11 ชนิด 2 อันดับ 6 วงศ์ นอกจากนี้สัตว์มีกระดูกสันหลังที่พบมีสถานภาพเป็นสัตว์ป่าคุ้มครองถึง 73 ชนิด แบ่งเป็นนก 70 ชนิด และสัตว์เลื้อยคลาน 3 ชนิด

คำสำคัญ : ความหลากหลายของชนิด; สัตว์มีกระดูกสันหลัง; ป่าชุมชน; บ้านสบเปาใหม่

Abstract

This research aimed to study the diversity of vertebrate animals in Baan Sobpaomai Community Forest show that during October, 2019 to March, 2020. The results revealed that 95 species of animal divided between birds including 11 orders, 33 families, 75 species (resident birds were 55 species, migrant birds were 12 species and resident birds where some populations are migratory were 8 species) and mammals including 2 orders, 2 families, 4 species and reptiles including 1 orders, 3 families, 5 species and amphibians including 2 orders, 6 families, 11 species. From the 95 species of vertebrate animals, there are 73 species of wildlife protection which are 70 species of birds and 3 species of amphibians.

Keywords : Community Forest; Biodiversity; Community Management

บทนำ

ความหลากหลายทางชีวภาพเป็นองค์รวมของความหลากหลายของธรรมชาติในทุกระดับและยังเป็นต้นแบบของพฤติกรรมกรเรียนรูที่กลายเป็นวิถีชีวิตของชุมชนท้องถิ่นที่หลากหลายรูปแบบ ทำให้เห็นถึงการปรับตัวอยู่ร่วมกับธรรมชาติได้อย่างเหมาะสมและลงตัว ซึ่งแสดงให้เห็นกระบวนการของมนุษย์ที่เกิดขึ้นควบคู่กับวิวัฒนาการทางชีววิทยา ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพในทางชีวภาพ จึงมีความสำคัญต่อการศึกษาระบาดวิทยาของสิ่งมีชีวิต และกลไกการเกิดสิ่งมีชีวิตใหม่ในแต่ละพื้นที่ที่แสดงให้เห็นคุณค่าของความหลากหลายทางชีวภาพที่มีต่อมนุษย์นั้นทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม โดยทางตรงที่เห็นเป็นรูปธรรมอย่างชัดเจนนั้น จะพบว่าสิ่งมีชีวิตนานาชนิดนั้นล้วนเป็นทรัพยากรชีวภาพ(Bioresource) ที่เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่จำเป็นสำหรับการเป็นปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย ยารักษาโรค (วิสุทธิ ไบไม้, 2548, น. 71)

ป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ หมู่ที่ 14 ได้เริ่มมีการอนุรักษ์ป่ามาตั้งแต่ปี 2536 ซึ่งเป็นปีที่บ้านสบเปาใหม่ได้แยกเขตการปกครองมาจากบ้านสบเปาหมู่ที่ 2 โดยมีการจัดพื้นที่ป่าของชุมชนขึ้น มีข้อตกลงร่วมกันห้ามตัดไม้หากฝ่าฝืนจะถูกปรับ และในปี 2548 ได้เข้าร่วมโครงการป่าชุมชนกับกรมป่าไม้ มีการจัดตั้งคณะกรรมการป่าชุมชน มีกฎระเบียบข้อบังคับที่ชัดเจนขึ้น เกิดเป็นรูปธรรมมากขึ้น ป่าชุมชนสบเปาเป็นป่าชุมชนที่มีเอกลักษณ์ในการดูแลและใช้ประโยชน์ร่วมกันจาก 6 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านสบเปาใหม่ หมู่ที่ 14 บ้านสบเปา หมู่ที่ 2 บ้านสันติคีรี หมู่ที่ 6 บ้านนาเจริญ หมู่ที่ 11 บ้านนาเจริญใหม่ หมู่ที่ 19 และบ้านสบเปา หมู่ที่ 20 โดยมีชื่อเพื่อติดต่อกับหน่วยงานราชการว่า ป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ หมู่ที่ 14 มีเนื้อที่ 990 ไร่ มีการกำหนดกฎระเบียบการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนร่วมกันให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวิถีชีวิตของชุมชนได้รับการยอมรับและปฏิบัติได้จริง ถือเป็นทรัพยากรธรรมชาติมีชุมชนมีการดูแลและใช้ประโยชน์ร่วมกัน ทั้งทางตรงและทางอ้อม ชุมชนได้เก็บหาของป่าเช่น เห็ด หน่อไม้ เพื่อเป็นอาหารและเพื่อจำหน่าย กิ่งไม้แห้งเพื่อทำฟืน และไม้ไผ่เพื่อทำเครื่องมือเครื่องใช้ในครัวเรือน นอกจากนั้นป่าชุมชนยังมีบทบาทเป็นแหล่งซับน้ำ ทำให้ชุมชนมีน้ำเพื่ออุปโภคบริโภคและเพื่อการเกษตร

สภาพการณ์ป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ หมู่ที่ 14 ในปัจจุบันชุมชนยังคงดูแลและใช้ประโยชน์ตามกฎระเบียบที่ตั้งไว้ และมีกิจกรรมบางส่วนเป็นไปตามหน่วยงานภาครัฐ และระบบนิเวศของป่าชุมชนมีการเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยแวดล้อม ทั้งจากธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ การบริหารจัดการป่าชุมชนให้เกิดความยั่งยืนและก่อประโยชน์ให้กับชุมชนได้สูงสุด จึงต้องอาศัยข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ วางแผนอนุรักษ์ พื้นฟู ดังนั้นการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพในป่าชุมชน แสดงให้เห็นถึงการให้ประโยชน์จากทรัพยากรชีวภาพที่มีการพึ่งพิงจากป่าอย่างชัดเจน นำมาซึ่งความร่วมมือของชุมชนในการดูแลรักษาป่า ในลักษณะของการจัดการให้เป็นป่าชุมชนที่ชุมชนมีการวางกฎระเบียบในการใช้ประโยชน์ การอนุรักษ์ พัฒนาและฟื้นฟูได้ในที่สุด (รณิดา ปิงเมือง และคณะ, 2554)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของชนิดพันธุ์สัตว์มีกระดูกสันหลังในป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ หมู่ที่ 14 ตำบลแม่เปา อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย โดยศึกษาความหลากหลายทางด้านชนิดพันธุ์สัตว์ 4 กลุ่ม ได้แก่ นก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก และ สัตว์เลื้อยคลาน

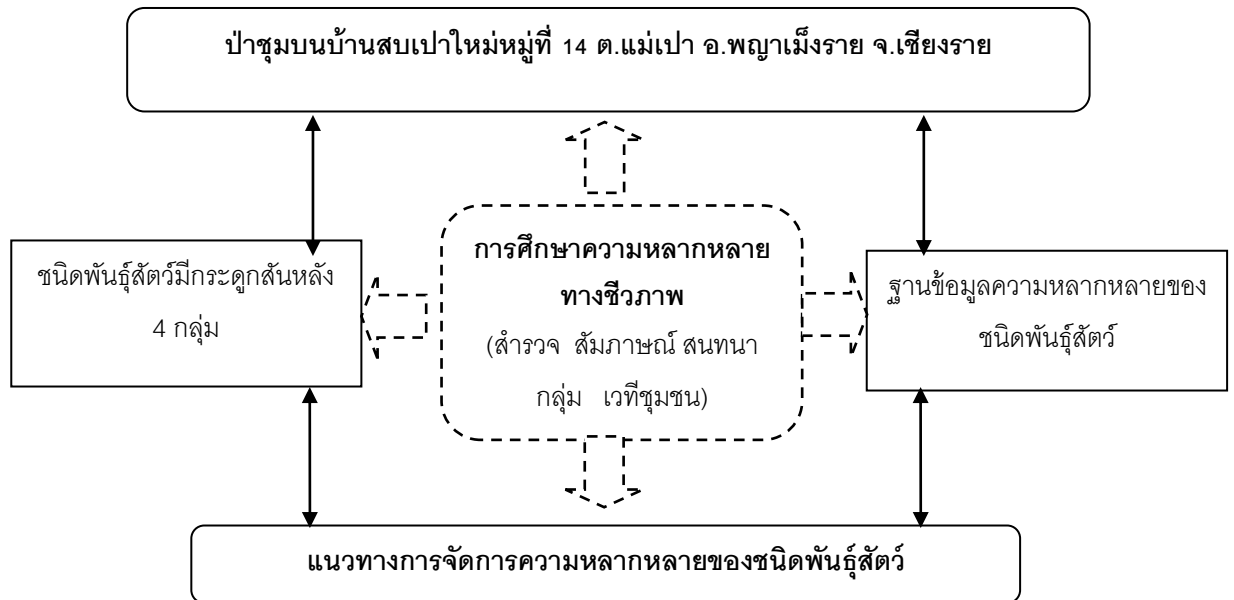
ระหว่างเดือนตุลาคม 2562 ถึง เดือนมีนาคม 2563 และนำเสนอข้อมูลด้านทรัพยากรความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์ในป่าชุมชนบ้านสบเป่าใหม่ เพื่อการวางแผนการจัดการอย่างยั่งยืน



ภาพที่ 1 แสดงบริเวณป่าชุมชนบ้านสบเป่าใหม่ที่ทำการสำรวจสัตว์มีกระดูกสันหลัง

ที่มา : <http://maps.google.co.th>

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดงานวิจัย

การศึกษานี้สำรวจความหลากหลายทางด้านชนิดพันธุ์สัตว์ 4 กลุ่ม ได้แก่ นก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก และ สัตว์เลื้อยคลาน รวมถึงสภาพการใช้ประโยชน์ในปัจจุบัน ในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านสบเป่า โดยมีวิธีการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

- วางแผนร่วมกับชุมชนให้ผู้รู้เป็นผู้นำทางในการสำรวจพร้อมกับนักวิจัย
- เดินสำรวจชนิดพันธุ์สัตว์ตามเส้นทางต่าง ๆ ในป่าชุมชน เก็บข้อมูลจากการพบเห็นตัวเสียงร้อง และร่องรอยต่าง ๆ เช่น โฟรง รัง มูล ขน คราบ เป็นต้น เพื่อเก็บข้อมูลด้านความหลากหลายชนิดของสัตว์
- สำรวจความชุกชุมของสัตว์โดยกำหนดจุดสำรวจ (point count) จำนวน 7 จุดสำรวจ กระจายครอบคลุมพื้นที่ป่าชุมชนและแนวรอยต่อ (ภาพที่ 1) เก็บข้อมูลชนิดและจำนวนสัตว์ในรัศมี 50 เมตร
- ทำการสำรวจ ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2562 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 แบ่งการสำรวจออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเช้า (7.30-10.30 น.) และช่วงบ่าย (13.30-16.30 น.) บันทึกจำนวนครั้ง และจำนวนสัตว์ที่พบแต่ละชนิด

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในด้านต่าง ๆ เช่น ชนิด ความชุกชุมและสถานภาพของสัตว์มีกระดูกสันหลัง แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นดังนี้

- ด้านความหลากหลายชนิด เพื่อให้ทราบว่าสัตว์มีกระดูกสันหลังใดบ้าง แต่ละกลุ่มมีกี่ชนิด ประกอบ ด้วยชนิดอะไรบ้าง โดยจัดทำเป็นบัญชีรายชื่อสัตว์มีกระดูกสันหลัง อ้างอิงตามปิยวรรณและคณะ (2562) , Das (2016) , โอบาส ขอบเขตต์ (2542) , ธัญญา จันอาจ (2546), Robson (2009) และจอห์น พาร์ (2546)

- ด้านความชุกชุม เป็นการวิเคราะห์ว่าสัตว์แต่ละชนิดมีความชุกชุมมากหรือน้อยอย่างไร โดยดัดแปลงสูตรในการคำนวณของ Pettingil (1970) อ้างถึงในสมนนิมิตร พุกงาม (2551) ดังนี้

$$\text{ความชุกชุม} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พบสัตว์} \times 100}{\text{จำนวนครั้งที่สำรวจ}}$$

โดยกำหนดระดับความชุกชุมไว้ 3 ระดับ ดังนี้

ร้อยละความชุกชุม 0 – 33 เป็นระดับความชุกชุมน้อย (Uncommon)

ร้อยละความชุกชุม 34 – 66 เป็นระดับความชุกชุมปานกลาง (Common)

ร้อยละความชุกชุม 67 – 100 เป็นระดับความชุกชุมมาก (Very Common)

- สถานภาพของสัตว์ อ้างอิงสถานภาพตามประกาศกฎกระทรวงฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2546) กำหนดให้สัตว์ป่าบางชนิดเป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง พ.ศ. 2546 ตามพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 (เดิม) มีผลต่อเนื่องตามพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่าพ.ศ. 2562 และกำหนดโดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการศึกษาชนิดพันธุ์สัตว์ในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ หมู่ที่ 14 ตำบลแม่เปา อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2562 ถึงเดือนมีนาคม 2563 โดยทำการสำรวจชนิดพันธุ์นก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สัตว์เลื้อยคลาน และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ด้วยวิธี Point Count พบชนิดพันธุ์สัตว์ ดังนี้

จากการดำเนินการด้วยวิธีข้างต้น พบนกทั้งสิ้น 75 ชนิดใน 11 อันดับ 33 วงศ์(ตารางที่ 1) จัดเป็นนกประจำถิ่น 55 ชนิด เช่น เหยี่ยวขาว นกเอี้ยงสาวริกา นกอพยพ 12 ชนิด เช่น นกจับแมลงคอแดง นกกระจี๊ดเขียว

ปีกสองแถบ นกกะเด็นน้อยธรรมดา และนกประจำถิ่นที่ประชากรบางส่วนมีการอพยพ 8 ชนิด เช่น นกอีเสือหลังแดง นกนางแอ่นบ้าน นกยอดหญ้าหัวดำ พบสัตว์เลื้อยคลานด้วยนมทั้งสิ้น 4 ชนิดใน 2 อันดับ 2 วงศ์ พบสัตว์เลื้อยคลาน 5 ชนิด ใน 1 อันดับ 3 วงศ์ (ตารางที่ 2) และพบสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 11 ชนิด 2 อันดับ 6 วงศ์ (ตารางที่ 3)

ความชุกชุม (ตารางที่ 1-3) พบว่า สัตว์ที่มีความชุกชุมมากที่สุดในกลุ่มสัตว์ปีก ได้แก่ นกเขาใหญ่ นกกะปูดใหญ่ นกแอ่นตาล นกขมิ้นน้อยธรรมดา นกแซงแซวหางปลา นกปรอดหัวสีเขม่า นกนางแอ่นบ้าน นกกระเจี๊ยบธรรมดา นกแว่นตาขาวสีทอง นกกิ่งไคร้เกล็ดขาวเทา นกกิ่งไคร้คอดำ นกเอี้ยงสาธิต นกเอี้ยงหงอน นกทางเขนบ้าน และนกกระจอกบ้าน ประเภทสัตว์เลื้อยคลานด้วยนม ได้แก่ กะเล็นขนปลายหูสั้น ประเภทสัตว์เลื้อยคลาน ได้แก่ จิ้งเหลนบ้าน ประเภทสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ได้แก่ คางคกบ้าน กบหนอง และ ปาดบ้าน

สัตว์มีกระดูกสันหลังที่พบมีสถานภาพเป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง 73 ชนิด แบ่งเป็นนก 70 ชนิด และ สัตว์เลื้อยคลาน 3 ชนิด

ตารางที่ 1 รายชื่อสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกที่พบในการสำรวจ

Order/Family	Common name	Scientific name	Thai name	ความชุกชุม
ORDER				
GYMNOPHIONA				
Family Ichthyophiidae	Koh Tao Caecilian	<i>Ichthyophis kohtaoensis</i>	เขียดงูเกาะเต่า	✦
ORDER ANURA				
Family Bufonidae	Black-spined Toad	<i>Bufo melanostictus</i>	คางคกบ้าน	✦ ✦ ✦
Family Dicroglossidae	Rice Field Frog	<i>Fejervarya limnocharis</i>	กบหนอง	✦ ✦ ✦
	Rugose Frog	<i>Hoplobatrachus rugulosus</i>	กบนา	✦
	Common Puddle Frog	<i>Occidozyga lima</i>	เขียดจระนา	✦ ✦
	Marten's Puddle Frog	<i>Occidozyga martensii</i>	เขียดทราย, เขียดน่านอง	✦ ✦
Family Microhylidae	Painted Bullfrog	<i>Kaloula pulchra</i>	อึ่งอ่างบ้าน	✦ ✦
	Ornate Chorus Frog	<i>Microhyla ornata</i>	อึ่งน้ำเต้า	✦ ✦
	Painted Chorus Frog	<i>Microhyla pulchra</i>	อึ่งขาคำ	✦ ✦
Family Ranidae	Green-backed Frog	<i>Hylarana erythraea</i>	เขียดบัว, เขียดจิก	✦ ✦
Family Rhacophoridae	Common Treefrog	<i>Polypedates leucomystax</i>	ปาดบ้าน	✦ ✦ ✦

ตารางที่ 2 รายชื่อสัตว์เลื้อยคลานที่พบในการสำรวจ

Order/Family	Common name	Scientific name	Thai name	ความชุกชุม
ORDER SQUAMATA				
Family Agamidae	Forest Crested Lizard	<i>Calotes emma</i>	กิ้งก่าแก้ว*	✦ ✦
	Blue Crested Lizard	<i>Calotes mystaceus</i>	กิ้งก่าสวน, กิ้งก่าหัวฟ้า*	✦ ✦
	Changeable Lizard	<i>Calotes versicolor</i>	กิ้งก่าคอแดง , กิ้งก่ารั้ว*	✦ ✦
Family Gekkonidae	Tokey Gecko	<i>Gekko gecko</i>	ตุ๊กแกบ้าน	✦ ✦
Family Scincidae	Common Sun Skink	<i>Eutropis multifasciata</i>	จิ้งเหลนบ้าน	✦ ✦ ✦

ตารางที่ 3 รายชื่อนกที่พบในการสำรวจ

Order/Family	Common name	Scientific name	Thai name	ความชุกชุม
ORDER CICONIIFORMES				
Family Ciconiidae	Asian Openbill	<i>Anastomus oscitans</i>	นกปากห่าง*	✦
ORDER PELECANIFORMES				
Family Ardeidae	Chinese Pond Heron	<i>Ardeola bacchus</i>	นกยางกรอก	✦
	Eastern Cattle Egret	<i>Bubulcus coromandus</i>	นกยางควาย*	✦
	Little Egret	<i>Egretta garzetta</i>	นกยางเป็ย*	✦
ORDER ACCIPITRIFORMES				
Family Accipitridae	Black-winged Kite	<i>Elanus caeruleus</i>	เหยี่ยวขาว*	✦
	Oriental Honey-buzzard	<i>Pernis ptilorhynchus</i>	เหยี่ยวผึ้ง*	✦
	Black Baza	<i>Aviceda leuphotes</i>	เหยี่ยวกิ้งก่าสีดำ*	✦ ✦

Order/Family	Common name	Scientific name	Thai name	ความชุกชุม
ORDER				
GRUIFORMES				
Family Rallidae	White-breasted	<i>Amaurornis</i>	นกกวัก*	✦ ✦
	Waterhen	<i>phoenicurus</i>		
ORDER				
COLUMBIFORMES				
Family Columbidae	Rock Pigeon	<i>Columba livia</i>	นกพิราบป่า	✦ ✦
	Spotted Dove	<i>Spilopelia chinensis</i>	นกเขาใหญ่	✦ ✦ ✦
	Zebra Dove	<i>Geopelia striata</i>	นกเขาชวา	✦
ORDER				
CUCULIFORMES				
Family Cuculidae	Asian Koel	<i>Eudynamys scolopaceus</i>	นกกาเหว่า*	✦ ✦
	Green-billed Malkoha	<i>Phaenicophaeus tristis</i>	นกบั้งรอกใหญ่*	✦ ✦
	Greater Coucal	<i>Centropus sinensis</i>	นกกระปูดใหญ่*	✦ ✦ ✦
ORDER				
STRIGIFORMES				
Family Strigidae	Asian Barred Owle	<i>Glaucidium cuculoides</i>	นกเค้าโมง, นกเค้าแมว*	✦
ORDER				
APODIFORMES				
Family Apodidae	Asian Palm Swift	<i>Cypsiurus balasiensis</i>	นกแอ่นตาล*	✦ ✦ ✦
ORDER				
CORACIIFORMES				
Family Alcedinidae	Common Kingfisher	<i>Alcedo atthis</i>	นกกระเต็นน้อย ธรรมดา*	✦
	White-throated Kingfisher	<i>Halcyon smymensis</i>	นกกระเต็นอกขาว*	✦
Family Meropidae	Green Bee-eater	<i>Merops orientalis</i>	นกจาบคาเล็ก*	✦ ✦

Order/Family	Common name	Scientific name	Thai name	ความชุกชุม
ORDER PICIFORMES				
Family Megalaimidae	Lineated Barbet	<i>Megalaima lineata</i>	นกโพระดก ธรรมดา*	✦
	Coppersmith Barbet	<i>Megalaima haemacephala</i>	นกตีทอง*	✦ ✦
	Family Picidae	Eurasian Wryneck	<i>Jynx torquilla</i>	นกคอพัน*
ORDER PASSERIFORMES				
Family Artamidae	Ashy Woodswallow	<i>Artamus fuscus</i>	นกแอ่นพง*	✦ ✦
	Family Aegithinidae	Common Iora	<i>Aegithina tiphia</i>	นกขมิ้นน้อย ธรรมดา*
Family Campephagidae		Scarlet Minivet	<i>Pericrocotus speciosus</i>	นกพญาไฟใหญ่*
Family Laniidae	Brown Shrike	<i>Lanius cristatus</i>	นกอีเสือสี น้ำตาล*	✦
		Burmese Shrike	<i>Lanius collurioides</i>	นกอีเสือหลังแดง*
Family Dicruridae	Black Drongo	<i>Dicrurus macrocerus</i>	นกแซงแซวหาง ปลา*	✦ ✦ ✦
Family Monarchidae	Black-naped Monarch	<i>Hypothymis azurea</i>	นกจับแมลงจุก ดำ*	✦ ✦
Family Corvidae	Eurasian Jay	<i>Garrulus glandarius</i>	นกปีกลายสก๊อต*	✦ ✦
Family Stenostiridae	Grey-headed	<i>Culicicapa</i>	นกจับแมลงหัว	✦ ✦
	Canary-flycatcher	<i>ceylonensis</i>	เทา*	
Family Pycnonotidae	Black-headed Bulbul	<i>Pycnonotus atriceps</i>	นกปรอดทอง*	✦ ✦
	Black-crested Bulbul	<i>Pycnonotus flaviventris</i>	นกปรอดเหลือง หัวจุก*	✦ ✦
	Red-whiskered Bulbul	<i>Pycnonotus jocosus</i>	นกปรอดหัวโขน*	✦ ✦
	Sooty-headed	<i>Pycnonotus</i>	นกปรอดหัวสี	✦ ✦ ✦

Order/Family	Common name	Scientific name	Thai name	ความชุกชุม
	Bulbul	<i>aurigaster</i>	เขม่า*	
	Stripe-throated	<i>Pycnonotus</i>	นกปรอดคอกลาย*	✦ ✦
	Bulbul	<i>finlaysoni</i>		
	Streak-eared	<i>Pycnonotus</i>	นกปรอดสวน*	✦ ✦
	Bulbul	<i>blanfordi</i>		
Family Hirundinidae	Barn Swallow	<i>Hirundo rustica</i>	นกนางแอ่นบ้าน*	✦ ✦ ✦
Family Phylloscopidae	Dusky Warbler	<i>Phylloscopus fuscatus</i>	นกกระจัดสีคล้ำ*	✦
	Yellow-browed	<i>Phylloscopus</i>	นกกระจัดธรรมดา'	✦ ✦
	Leaf Warbler	<i>inornatus</i>		
	Greenish Leaf Warbler	<i>Phylloscopus trochiloides</i>	นกกระจัดเขียวคล้ำ*	✦
	Two-barred Leaf Warbler	<i>Phylloscopus plumbeitarsus</i>	นกกระจัดเขียวปีกสองแถบ*	✦ ✦
Family Cisticolidae	Grey-breasted Prinia	<i>Prinia hodgsonii</i>	นกกระจับหน้าอกเทา*	✦
	Yellow-bellied Prinia	<i>Prinia flaviventris</i>	นกกระจับหน้าท้องเหลือง*	✦
	Plain Prinia	<i>Prinia inornata</i>	นกกระจับหน้าสีเรียบ*	✦ ✦
	Common Tailorbird	<i>Orthotomus sutorius</i>	นกกระจับธรรมดา*	✦ ✦ ✦
	Dark-necked Tailorbird	<i>Orthotomus atrogularis</i>	นกกระจับคอดำ*	✦
Family Timaliidae	Pin-striped Tit Babbler	<i>Macronus gularis</i>	นกกินแมลงอกเหลือง*	✦ ✦
Family Pellorneidae	Puff-throated Babbler	<i>Pellorneum ruficeps</i>	นกจาบดินอกลาย*	✦ ✦
Family Sylviidae	Yellow-eyed Babbler	<i>Chrysomma sinense</i>	นกกินแมลงตาเหลือง*	✦
Family Zosteropidae	Japanese White-eye	<i>Zosterops japonicus</i>	นกแว่นตาขาวหลังเขียว*	✦

Order/Family	Common name	Scientific name	Thai name	ความชุกชุม	
Family Sturnidae	Oriental White-eye	<i>Zosterops palpebrosus</i>	นกแว่นตาขาวสีทอง*	✦ ✦	
	Chestnut-tailed Starling	<i>Sturnia malabarica</i>	นกกิ้งโครงแถบหัวเทา*	✦ ✦ ✦	
	Black-collared Myna	<i>Gracupica nigricollis</i>	นกกิ้งโครงคอดำ*	✦ ✦ ✦	
	Common Myna	<i>Acridotheres tristis</i>	นกเอี้ยงสาธิต*	✦ ✦ ✦	
	White-vented Myna	<i>Acridotheres grandis</i>	นกเอี้ยงหงอน*	✦ ✦ ✦	
	Family Muscicapidae	Siberian Rubythroat	<i>Calliope calliope</i>	นกคอทับทิม*	✦
		Oriental Magpie Robin	<i>Copsychus saularis</i>	นกกาขเหนบ้าน*	✦ ✦ ✦
Eastern Stonechat		<i>Saxicola stejnegeri</i>	นกยอดหญ้าหัวดำ*	✦	
Pied Bushchat		<i>Saxicola caprata</i>	นกยอดหญ้าสีดำ, นกขี้หมา*	✦ ✦	
White-rumped Shama		<i>Copsychus malabaricus</i>	นกกาขเหนดง*	✦ ✦	
Siberian Blue Robin		<i>Larvivora cyane</i>	นกเขนน้อยไซบีเรีย*	✦	
Taiga Flycatcher		<i>Ficedula albicilla</i>	นกจับแมลงคอแดง*	✦ ✦	
Hill Blue Flycatcher		<i>Cyornis banyumas</i>	นกจับแมลงคบน้ำตาลแดง*	✦ ✦	
Family Dicaeidae		Scarlet-backed Flowerpecker	<i>Dicaeum cruentatum</i>	นกสีชมพูสวน*	✦ ✦
		Family Nectariniidae	Ruby-cheeked Sunbird	<i>Chalcoparia singalensis</i>	นกกินปื้แก้มสีทับทิม*
Purple Sunbird			<i>Cinnyris asiaticus</i>	นกกินปื้ดำม่วง*	✦ ✦
Olive-backed Sunbird			<i>Cinnyris jugularis</i>	นกกินปื้อกเหลือง*	✦ ✦

Order/Family	Common name	Scientific name	Thai name	ความชุกชุม
	Eurasian Tree Sparrow	<i>Passer montanus</i>	นกกระจอกบ้าน	***
	Scaly-breasted Munia	<i>Lonchura punctulata</i>	นกกระดี่ขี้หมู*	**
	White-rumped Munia	<i>Lonchura striata</i>	นกกระดี่ตะโพกขาว*	*
Family Passeridae	Paddyfield Pipit	<i>Anthus rufulus</i>	นกเด้าดินทุ่งเล็ก*	**
Family Estrildidae	Richard's Pipit	<i>Anthus richardi</i>	นกเด้าดินทุ่งใหญ่*	**
	Olive-backed Pipit	<i>Anthus hodgsoni</i>	นกเด้าดินสวน*	**
	White Wagtail	<i>Motacilla alba</i>	นกอุ้มบาตร*	*

ตารางที่ 4 รายชื่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่พบในการสำรวจ

Order/Family	Common name	Scientific name	Thai name	ความชุกชุม
ORDER SCANDENTIA				
Family Tupaiidae	Northern Treeshrew	<i>Tupaia belangeri</i>	กระแตเหนือ	**
ORDER RODENTIA				
Family Sciuridae	Variable Squirrel	<i>Callosciurus finlaysoni</i>	กระรอกหลากสี	**
	Burmese Striped Squirrel	<i>Tamiops mccllellandi</i>	กระเล็นขนปลายหูสั้น	***
	Indochinese Ground Squirrel	<i>Menetes berdmorei</i>	กระจ๊ว	*

หมายเหตุ 1) สัญลักษณ์แสดงความชุกชุม Very Common = *** Common = ** Uncommon = *

2) สัญลักษณ์แสดงสถานภาพการเป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง ตามประกาศกฎกระทรวงฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2546) = “* ”

อภิปรายผลการศึกษา

ความหลากหลายของสัตว์ในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ หมู่ที่ 14 ตำบลแม่เปา อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย รวมพื้นที่โดนรอบ อันประกอบไปด้วยพื้นที่ที่เป็นทุ่งนา แหล่งพื้นที่ชุ่มน้ำ อาคารบ้านเรือน รวมถึงตัวป่าชุมชนเอง ทำให้มีสภาพพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันหลากหลาย ทำให้พบสัตว์ถึง 95 ชนิด เปรียบเทียบกับงานวิจัย การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศและการจัดการป่าชุมชนบ้านร่องบอน จังหวัดเชียงราย สสำรวจสัตว์ 4 ประเภท ได้แก่ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สัตว์ปีก (นก) สัตว์เลื้อยคลาน และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก พบสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 6 ชนิดใน 3 อันดับ 4 วงศ์ สัตว์ปีก (นก) 102 ชนิด สัตว์เลื้อยคลาน 10 ชนิด 2 อันดับ 6 วงศ์ และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 11 ชนิด 1 อันดับ 5 วงศ์ รวม 129 ชนิด (รณิดา ปิงเมืองและคณะ, 2560) ซึ่งพบจำนวนชนิดมากกว่าการศึกษาในครั้งนี้อย่างมากเนื่องจากลักษณะของพื้นที่ที่มีความหลากหลายมากกว่า ยิ่งมีความหลากหลายของลักษณะพื้นที่มาก ความหลากหลายของชนิดสัตว์ก็จะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งความหลากหลายของที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหารเป็นสิ่งสำคัญที่จะรักษาความหลากหลายของนกและสัตว์อื่นๆได้เป็นอย่างดี (เอกวัฒนา, 2543)

กลุ่มสัตว์ที่พบมากที่สุดคือ กลุ่มนก ซึ่งนกที่พบจะเป็นนกที่อยู่ในกลุ่มจับแมลงและกินแมลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพื้นที่ป่ามีแหล่งน้ำล้อมอยู่ 2 ด้าน และอีกด้านเป็นพื้นที่ทุ่งนา ทำให้ความชื้นในอากาศบริเวณป่า และพื้นที่รอบด้านมีค่าสูง ทำให้มีประชากรแมลงที่เป็นอาหารนกมีปริมาณมากเช่นเดียวกันและสามารถดึงดูดนกในกลุ่มนี้ได้มาก ในขณะที่พื้นที่ชุ่มน้ำรอบนอกมีพืชล้มลุกหรือไม้หนุมที่เป็นเรือนยอดระดับล่าง (understory vegetation) อยู่อย่างหนาแน่น ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยหลบภัย ทำรังวางไข่ และเป็นแหล่งอาหารโดยเฉพาะแมลงได้เป็นอย่างดี (Bowman et al., 2003)

ดังนั้นหากในอนาคตมีการปรับเปลี่ยนสภาพพื้นที่ชุ่มน้ำรอบป่า หรือมีการบุกเบิกพื้นที่ป่า อาจส่งผลกระทบต่อนกเหล่านี้ได้ เมื่อพิจารณาจำนวนชนิดนกในแต่ละเดือน พบว่า ในเดือนช่วงฤดูร้อนสามารถพบจำนวนชนิดของนกมากกว่าในเดือนช่วงฤดูฝน สอดคล้องกับการศึกษาของศศิธร พังสุบรรณ และจาร์ นิคม (2561) ที่ทำการศึกษาคความหลากหลายของชนิดพันธุ์นกในพื้นที่เขตเมืองจังหวัดยะลา พบนกในอันดับ Passeriformes มากที่สุด ซึ่งตรงกับการศึกษาคความหลากหลายของนกบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำ เขตเกษตรกิ่งอินทรีและพื้นที่ชุ่มน้ำเขตเกษตรเคมีในตำบลพันเสา อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก (อรรถพล นำขวา และสุวัฒน์ แซ่หญ้า, 2557) โดยทั้งสองงานวิจัยเป็นพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์จากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ ซึ่งลักษณะของพื้นที่มีความคล้ายคลึงกับพื้นที่ศึกษาของงานวิจัยนี้

ในขณะที่ความหลากหลายชนิดของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและสัตว์เลื้อยคลาน พบ 11 ชนิด และ 5 ชนิด ตามลำดับ เนื่องจากช่วงเวลาที่เราสำรวจอยู่ในช่วงฤดูร้อน โดยเฉพาะช่วงเดือนมกราคม – เดือนกุมภาพันธ์ เกือบจะไม่มีมีการสำรวจพบชนิดสัตว์กลุ่มนี้เลย สาเหตุอาจเนื่องมาจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อม ภูมิอากาศ ที่มีอุณหภูมิลดลง และความชื้นในอากาศที่ลดลง สัตว์กลุ่มนี้จึงมีการปรับตัวให้มีพฤติกรรมการจำศีล (Hibernation) สังเกตจากช่วงปลายเดือนตุลาคมเป็นต้นมา เป็นช่วงปลายฤดูฝน และเริ่มเข้าสู่ฤดูหนาว สัตว์กลุ่มนี้จะเริ่มสะสมพลังงาน และมีการออกมาทำกิจกรรมต่าง ๆ น้อยลง (อนุสรณ์ เพ็งเพ็งพิศ, 2551)

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการสำรวจความหลากหลายทางชีวภาพของชนิดพันธุ์สัตว์ในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านสบเป่าใหม่ หมู่ที่ 14 ตำบลแม่เป่า อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย พบสัตว์ 95 ชนิด 16 อันดับ 43วงศ์ แบ่งตามสัตว์มีกระดูกสันหลัง 4 กลุ่ม ดังนี้

1. ความหลากหลายของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านสบเป่าใหม่ หมู่ที่ 14 ตำบลแม่เป่า อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย พบทั้งหมด 11 ชนิด 2 อันดับ 6 วงศ์

2. ความหลากหลายของสัตว์เลื้อยคลานในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านสบเป่าใหม่ หมู่ที่ 14 ตำบลแม่เป่า อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย พบทั้งหมด 5 ชนิด ใน 1 อันดับ 3 วงศ์

3. ความหลากหลายของนกในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านสบเป่าใหม่ หมู่ที่ 14 ตำบลแม่เป่า อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย พบทั้งหมด 75 ชนิดใน 11 อันดับ 33 วงศ์ จัดเป็นนกประจำถิ่น 55 ชนิด เช่น เหยี่ยวขาว นกเอี้ยงสาธิตา นกอพยพ 12 ชนิด เช่น นกจับแมลงคอแดง นกกระจิ๊ดเขียวปีกสองแถบ นกกะเต็นน้อยธรรมดา และนกประจำถิ่นที่ประชากรบางส่วนมีการอพยพ 8 ชนิด เช่น นกอีเสือหลังแดง นกนางแอ่นบ้าน นกยอดหญ้าหัวดำ

4. ความหลากหลายของสัตว์เลี้ยวลูกด้วยนมในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านสบเป่าใหม่ หมู่ที่ 14 ตำบลแม่เป่า อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย พบทั้งหมด 4 ชนิดใน 2 อันดับ 2 วงศ์

5. ความชุกชุม พบว่า สัตว์ที่มีความชุกชุมมากที่สุดในกลุ่มสัตว์ปีก ได้แก่ นกเขาใหญ่ นกกะปูดใหญ่ นกแอ่นตาล นกขมิ้นน้อยธรรมดา นกแซงแซวหางปลา นกปรอดหัวสีเขม่า นกนางแอ่นบ้าน นกกระเจี๊ยบธรรมดา นกแว่นตาขาวสีทอง นกกิ่งไครงกลบหัวเทา นกกิ่งไครงคอดำ นกเอี้ยงสาธิตา นกเอี้ยงหงอน นกกางเขนบ้าน และนกกะจอกบ้าน ประเภทสัตว์เลี้ยวลูกด้วยนม ได้แก่ กะเล็นขนปลายหูสั้น ประเภทสัตว์เลี้ยวคลาน ได้แก่ จิ้งเหลนบ้าน ประเภทสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ได้แก่ คางคกบ้าน กบหนอง และ ปาดบ้าน

6. สัตว์มีกระดูกสันหลังที่พบมีสถานภาพเป็นสัตว์ป่าคุ้มครองถึง 73 ชนิด แบ่งเป็นนก 70 ชนิด และ สัตว์เลี้ยวคลาน 3 ชนิด

จากข้อสรุปงานวิจัยเป็นเพียงผลจากการสำรวจเพียง 6 เดือนเท่านั้น ซึ่งช่วงเวลาที่สำรวจตรงกับช่วงฤดูหนาว และฤดูแล้ง หากมีการสำรวจในช่วงฤดูฝนจะทำให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์มากขึ้น โดยเฉพาะจำนวนชนิดและจำนวนตัวของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก

ข้อมูลการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพในป่าชุมชน แสดงให้เห็นถึงการให้ประโยชน์จากทรัพยากรชีวภาพที่มีการพึ่งพิงจากป่าอย่างชัดเจน หากมีการเปิดโอกาสให้ทุกคนได้เข้ามาร่วมกิจกรรม ร่วมคิด ร่วมทำ ร่วมรับผลประโยชน์ กระทั่งร่วมติดตามประเมินผล นำไปสู่การปรับเปลี่ยนและปรับปรุงวิธีการให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับสถานการณ์ ในลักษณะของการจัดการให้เป็นป่าชุมชนที่ชุมชนมีการวางกฎระเบียบในการใช้ประโยชน์ การอนุรักษ์ พัฒนาและฟื้นฟูได้ในที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณกองทุนสนับสนุนงานวิจัยเพื่อการพัฒนา ประจำปีงบประมาณ 2562 ประเภท การวิจัยและการสร้างสรรค์องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น และได้รับความร่วมมืออย่างดียิ่งในการดำเนินการวิจัยจากผู้นำ แกนนำ และชุมชนบ้านสบเปาใหม่ หมู่ที่ 14 ตำบลแม่เปา อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ขอกล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ คือ พ่อกำนันอุดม จันทร์ดี วงศ์ กำนันตำบลแม่เปา ที่เป็นทั้งผู้ร่วมวิจัยและให้ความร่วมมือในการสนับสนุนที่พักของนักวิจัยภาคสนาม ตั้งแต่ต้นจนเสร็จสิ้นการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนดให้สัตว์ป่าบางชนิดเป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง พ.ศ. 2546. (2546, 1 สิงหาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 120 ตอนที่ 74ก. หน้า1-2 (บัญชีแนบท้าย 57 หน้า).
- จอร์น พาร์. (2546). *สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในประเทศไทย*. สารคดี.
- ธัญญา จันอาจ. (2546). *คู่มือสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในเมืองไทย*. ด้านสุภากรพิมพ์. ปิยวรรณ นิยมวัน, ไพรวลัย ศรีสม และปริญญา ภวังค์คะนันท์. (2562). *สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ในประเทศไทย*. มูลนิธิกระต่ายในดวงจันทร์.
- รณิดา ปิงเมือง, สุทธิ มลิตทอง, เพ็ญศรี ม้าแก้ว และระวี ถาวร. (2554). การประยุกต์และวิเคราะห์บทเรียนจากการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ทางธรรมชาติ กรณีศึกษา: แหล่งเรียนรู้ทางธรรมชาติและหลากหลายทางชีวภาพป่าชุมชนบ้านห้วยแม่ซ้าย ตำบลแม่ยาว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย. *วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่*, 4(1), 17-28.
- รณิดา ปิงเมือง, เพ็ญศรี มลิตทอง, สุทธิ มลิตทอง, สวิง ชันทะสา และระวี ถาวร. (2560). การเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศและการจัดการป่าชุมชนบ้านร่องบอน จังหวัดเชียงราย. *วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่*, 9(5), 375-389.
- วิสุทธิ ไบไม้. (2548). *ความหลากหลายทางชีวภาพ วัฒนธรรม และสังคมไทย*. ชวนพิมพ์.
- สมนิมิตร พุกงาม. (2551). *รายงานการศึกษาทรัพยากรสัตว์ป่า และผลกระทบโครงการขุดเจาะสำรวจปิโตรเลียมบนบก จังหวัดอุดรธานี*. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศศิธร พังสุบรรณ และจารุ นิคม. (2561). *ความหลากหลายของชนิดพันธุ์นกในพื้นที่เขตเมือง*. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- เอก วัฒนา. (2543). นกในมหาวิทยาลัยขอนแก่น Avifauna in Khon Kaen University. *วารสารศูนย์บริการวิชาการ*, 8(2), 47-53.
- โอบาส ขอบเขตต์. (2542). *เทคนิคการสำรวจนก*. แนวทางในการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ. โครงการจัดตั้งศูนย์ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.
- อนุสรณ์ เพ็งเพ่งพิศ, สุวิทย์ ทองปั้น, บุญมา ศรีบุรินทร์ และสมหญิง ทัทพิภกรณ์. (2551). *ความหลากหลายชนิดของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและสัตว์เลื้อยคลานตามระดับความสูงในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง* [ผลงานวิจัยและรายงานความก้าวหน้างานวิจัย ประจำปี 2550]. กลุ่มงานวิจัยสัตว์ป่า

สำนักอนุรักษ์สัตว์ป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.

อรรถพล นานา และสุวัฒน์ แซ่หญ้า. (2557). *การศึกษาความหลากหลายของนกบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำ เขตเกษตร
กึ่งอินทรีย์และพื้นที่ชุ่มน้ำ เขตเกษตรเคมีในตำบลพันเสา อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก.*

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

Bowman, M., Heckman, S. & Krauss, D. (2003). *An analysis of bird and tree diversity in Edmands
Park, Newton, MA. Department of Biology. Boston college.*

Bloombury Publishing. Pettingil, O. S. (1970). *A Laboratory and Field Manual of Ornithology.*

Burgess Publishing Company.

Das, I. (2016). *Field guide to the Reptiles of South – East Asia.*

Robson, C. (2009). *A field guide to the birds of Thailand and South - east Asia.* Asia Books
Company.

ภาคผนวก ตัวอย่างรูปภาพสัตว์บางชนิดที่สำรวจพบ
สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก



ปาดบ้าน

เขียดงูเกาะเต่า

สัตว์เลื้อยคลาน



กิ้งก่าหัวสีฟ้า

กิ้งก่าคอแดง

นก



นกขมิ้นน้อยธรรมดา

นกปรอดหัวสีเขม่า



เหยี่ยวผึ้ง



นกระปูดใหญ่



นกระดัดซี่หมู



นกตีทอง

สัตว์เลื้อยลูกด้วยนม



กระเล็นขนปลายหูสั้น



กระแตเหนือ

ฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียจากสารสกัดหยาบสาหร่ายไฟ บริเวณนาข้าวบางแหล่งใน
อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย

Antimicrobial activities of crude extracts from Stoneworts in some rice fields, Mueang
Chiang Rai District, Chiang Rai Province

ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์^{1*} อรยา จันท์ตะเบ็ง² วิภาวรรณ ปู้คำปวง³

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย^{1,2,3}

*Corresponding author: E-mail : prasertsintippawan@gmail.com

บทคัดย่อ

สาหร่ายไฟเป็นสาหร่ายขนาดใหญ่ที่พบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำต่างๆ เช่น ทะเลสาบน้ำตื้น บ่อน้ำ และนาข้าว สาหร่ายไฟจัดเป็นวัชพืชที่ชาวนาไม่ต้องการ ซึ่งประเทศไทยมีการศึกษาเกี่ยวกับสาหร่ายกลุ่มนี้ค่อนข้างน้อย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคของสารสกัดหยาบจากสาหร่ายไฟที่เก็บจากบริเวณนาข้าวอำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย การศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2564 โดยศึกษาฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียด้วยวิธี Disk diffusion ใช้ตัวทำละลาย 4 ชนิด ได้แก่ น้ำ เอทิล อะซิเตท เมทานอล และเอทานอล ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดสาหร่ายไฟที่สกัดด้วยเมทานอลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคสูงสุดโดยสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ทั้ง 5 ชนิด คือ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium โดยยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* ได้ดีที่สุดมีค่าวงใสของการยับยั้งเท่ากับ 18.7 ± 1.15 มิลลิเมตร ในขณะที่สารสกัดสาหร่ายไฟที่สกัดด้วยเอทานอลสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ 3 ชนิด โดยสามารถยับยั้ง *B. cereus* ได้ดีที่สุดค่าวงใสของการยับยั้งเท่ากับ 9.0 ± 0.00 มิลลิเมตร สารสกัดสาหร่ายไฟที่สกัดด้วยเอทิลอะซิเตทสามารถยับยั้งได้แค่ *S. aureus* ให้ค่าวงใสของการยับยั้งเท่ากับ 12.0 ± 1.00 มิลลิเมตร และสารสกัดสาหร่ายไฟที่สกัดด้วยน้ำไม่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ สรุปได้ว่าสารสกัดจากสาหร่ายไฟมีความน่าสนใจที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคได้ โดยจัดเป็นวัชพืชที่มีศักยภาพสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ยา และเวชสำอางได้

คำสำคัญ: สาหร่ายไฟ; การยับยั้งแบคทีเรีย; ลักษณะทางสัณฐานวิทยา; นาข้าว

Abstract

Stonewort is a macroalgae commonly found in various water bodies, such as shallow lakes, ponds and in rice fields. Stonewort is an invasive species, not desirable like a weed. There are a few study on this algae group in Thailand. This research aimed to study antimicrobial activities of crude extract from stoneworts collected from some rice fields, Mueang Chiang Rai District, Chiang Rai Province, since March to June 2021. The inhibitory activity against pathogenic bacteria of stonewort crude extract was evaluated by the disk diffusion method which was carried out using four solvents, including water, ethyl acetate, methanol, and ethanol extract. The results showed that the methanol extract had the highest antibacterial activity against all five bacterial strains; *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium. The highest inhibition coefficient was found when tested with *S. aureus* with an inhibition zone diameter of 18.7 ± 1.15 mm. The ethanol extract inhibited three strains with the best effect on *B. cereus*, with an inhibition zone diameter of 9.0 ± 0.00 mm. The ethyl acetate extract had an effect against *S. aureus* with an inhibition zone diameter of 12.0 ± 1.00 mm. There were no antibacterial activity of an aqueous extract. In conclusion, stonewort extract had a capacity for inhibition of pathogen growth. Therefore, this unwanted species could be a potential for pharmaceutical application and cosmeceutical products.

Keywords: Stoneworts; antimicrobial activities; morphological characteristic; rice fields

บทนำ

ปัจจุบันมนุษย์เรามีโอกาสได้รับเชื้อจุลินทรีย์เข้าสู่ร่างกายได้มากขึ้น ไม่ว่าจะด้วยการสัมผัสเชื้อโดยตรง การหายใจเอาอากาศที่มีเชื้อเข้าไป และจากการรับประทานอาหารที่มีเชื้อปนเปื้อนเข้าสู่ร่างกายซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ตามมา โรคที่เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรียก็เป็นโรคที่พบได้บ่อยในมนุษย์ ซึ่งในปัจจุบันการรักษาโรคติดเชื้อจากแบคทีเรียส่วนใหญ่มักจะใช้ยาปฏิชีวนะ แต่การใช้ยาปฏิชีวนะเป็นเวลานานติดต่อกันก็ส่งผลทำให้เกิดการดื้อยาได้ จึงได้มีการคิดค้นหาวัตุดิบจากธรรมชาติที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นที่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรคมาใช้แทนยาปฏิชีวนะ ซึ่งจะช่วยลดการดื้อยา ลดค่าใช้จ่ายในการรักษา และที่สำคัญยังช่วยส่งเสริมการใช้วัตุดิบในท้องถิ่นมากขึ้นอีกด้วย สาหร่ายไฟ (Stoneworts) เป็นสาหร่ายขนาดใหญ่ที่มีลักษณะคล้ายพืช ทัลลัสมีส่วนที่เป็นข้อ และปล้องชัดเจน (ยูดี พีรพพิศาล, 2549) พบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยพบมากในแหล่งน้ำจืด เช่น ทะเลสาบน้ำจืด นาข้าว บ่อปลา บ่อเพาะเลี้ยงพืชน้ำ คู สระ หนองน้ำที่มีหินปูน (Urbaniak and Gąbka, 2014) การศึกษาเกี่ยวกับสาหร่ายไฟในประเทศไทยมีรายงานค่อนข้างน้อย เช่น ในปี พ.ศ. 2536 เสนาะ บุญมี ได้ทำการศึกษาสาหร่ายไฟในนาข้าวจากทุ่งกุลาร้องไห้พบสาหร่ายไฟ 2 สปีชีส์ คือ

Chara vulgaris Linnaeus และ *Nitella furcata* (C. Roxburgh ex A. Bruzelius) C. Agardh โดยพบสาหร่าย ทั้ง 2 ชนิด ตลอดฤดูทำนา คือตั้งแต่ระยะน้ำขังในนาซึ่งไม่มีการไถคราดและภายหลังการปักดำประมาณ 1 เดือน ทั้งนี้พบการเจริญของสาหร่ายไฟปะปนกับต้นข้าว และจะคงอยู่ตลอดไปหากแปลงนา นั้นยังมีน้ำขัง ประโยชน์ของสาหร่ายไฟมีหลายประการเช่น ช่วยปรับสภาพกรด-เบสในนาข้าวให้มีสภาพที่เหมาะสม เป็นแหล่งอาหาร และแหล่งหลบภัยของสัตว์น้ำ ช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำ ช่วยลดภาวะน้ำเน่าเสียได้ (เสนาะ บุญมี, 2536) จังหวัดเชียงรายเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการเพาะปลูกข้าวมาก มีระบบชลประทานที่ดี (ศูนย์วิจัยข้าวเชียงราย, 2561) ด้วยพื้นที่ในการปลูกข้าวมากจึงมักพบการเจริญของสาหร่ายไฟมากตามไปด้วย โดยเกษตรกรจังหวัดเชียงรายมักทำการกำจัดสาหร่ายไฟด้วยการถอน และใช้ยากำจัดวัชพืช ซึ่งทำให้ดิน และน้ำมีการปนเปื้อน สารเคมี ส่งผลให้คุณภาพดินและน้ำอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม การทราบถึงประโยชน์และคุณค่าของสาหร่ายไฟก็ จะทำให้เกษตรกรสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ และยังช่วยลดโอกาสของการเกิดสถานการณ์คุณภาพดินและน้ำ เสื่อมโทรมได้อีกด้วย และที่สำคัญมีรายงานว่าสาหร่ายไฟมีฤทธิ์ทางชีวภาพในการต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ ต้านจุลินทรีย์ก่อโรคอีกด้วย เช่น คาซาลา และ ซาเมล (Ghazala and Shameel, 2005) พบว่าสารสกัดจาก สาหร่ายไฟ *Chara contraria* ที่สกัดด้วยเมทานอลสามารถต้านการเจริญของเชื้อราได้ 6 ชนิด ประชาน कुमार และคณะ (Prashantkumar et al., 2006) พบว่าสารสกัดเมทานอลจากสาหร่ายไฟชนิด *Nitella tenuissima* สามารถยับยั้งการเจริญได้ทั้งแบคทีเรียแกรมบวก (*Proteus vulgaris*, *Bacillus cereus*) แบคทีเรียแกรมลบ (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*) ซึ่งปัจจุบันการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายไฟมี รายงานค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในต่างประเทศ งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาฤทธิ์ของสารสกัด หยาดจากสาหร่ายไฟบริเวณนาข้าวอำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย ต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ก่อโรค 5 ชนิด ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium และ *Pseudomonas aeruginosa* ทั้งนี้ได้มีการศึกษาลักษณะทางนิเวศวิทยาและสัณฐาน วิทยาของสาหร่ายไฟ รวมถึงการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในสาหร่ายไฟก่อนนำมาทำการสกัด สาร ผลการวิจัยที่ได้จะเป็นข้อมูลแก่เกษตรกรในการนำสาหร่ายไฟมาใช้ประโยชน์ และนำไปสู่การพัฒนาต่อ ยอดเป็นผลิตภัณฑ์ด้านยาต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. ประชากรที่ศึกษาได้แก่

- 1.1 สาหร่ายไฟ และสารสกัดจากสาหร่ายไฟ
- 1.2 ชนิดของตัวทำลายได้แก่ น้ำกลั่นปลอดเชื้อ เอทิลอะซิเตท เมทานอล และเอทานอล
- 1.3 เชื้อแบคทีเรีย จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ *S. aureus*, *B. cereus*, *E. coli*, *Sal. enterica* และ *P. aeruginosa*

2. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

- 2.1 ศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพบางประการ ณ จุดเก็บตัวอย่าง
 - 2.1.1 วัดอุณหภูมิของน้ำและอากาศ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์

2.1.2 วัดค่าการนำไฟฟ้า และของแข็งที่ละลายน้ำโดยใช้ Conductivity meter

2.1.3 วัด pH ของน้ำ โดยใช้ pH meter

2.1.3 วัดความขุ่นของน้ำ โดยใช้ Turbidity meter

2.2 ศึกษาชนิดของสาหร่ายไฟที่พบในนาข้าวอำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย

2.2.1 เก็บตัวอย่างสาหร่ายไฟจากพื้นที่บริเวณนาข้าวด้วยปากคีบ จากนั้นถ่ายภาพทึบลึกลับ สังเกตลักษณะการแตกแขนงของแขนงย่อย สี และลักษณะของปล้อง รวมถึงลักษณะทางนิเวศวิทยา จุดบันทึกข้อมูลลักษณะที่สังเกตได้ จากนั้นเก็บตัวอย่างสาหร่ายไฟใส่ลงในถุงหรือกระป๋องพลาสติก เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 - 10 °C เพื่อนำไปศึกษาในห้องปฏิบัติการ

2.2.2 จำแนกชนิดของตัวอย่างสาหร่ายไฟโดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยา

2.2.2.1 ศึกษาตัวอย่างสาหร่ายไฟด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ

นำตัวอย่างทึบลึกลับของสาหร่ายไฟมาทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น หากมีสาหร่ายชนิดอื่นติดมาให้เขี่ยออกด้วยเข็ม เขี่ย จากนั้นนำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ สังเกตการแตกแขนงของแขนงย่อย ข้อและปล้อง ถ่ายรูปและบันทึกข้อมูล

2.2.2.2 ศึกษาตัวอย่างสาหร่ายไฟด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

นำตัวอย่างสาหร่ายไฟบริเวณปล้อง ข้อ แขนงย่อยและโครงสร้างสืบพันธุ์มาศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ด้วยเทคนิค Wet mount ในการจำแนกชนิดครั้งนี้จะใช้เอกสารของ Wood and Mason (1977) และ Urbaniak and Gabka (2014) John *et al.* (2011) และ ยุวดี พิรพรพิศาล (2556)

2.3 ศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนัก

2.3.1 เก็บตัวอย่างสาหร่ายไฟประมาณ 500 - 1,000 กรัมเปียก ล้างทำความสะอาดโดยเปิดน้ำสะอาดไหลผ่าน 5 นาที แยกเศษดินหรือวัตถุที่ติดมากับสาหร่ายออกจากนั้นบีบน้ำออกจนหมด

2.3.2 ส่งตรวจวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และปรอท (Hg) ด้วยวิธี In-house method TE - CH - 260 in connection with: AOAC (2016) 2013.06 และ AOAC (2016) 999.10

2.4 การเตรียมสารสกัดจากสาหร่าย

2.4.1 นำตัวอย่างสาหร่ายไฟมาล้างทำความสะอาดโดยเปิดน้ำสะอาดไหลผ่าน แยกเศษดินหรือวัตถุที่ติดมากับสาหร่ายออก จากนั้นบีบน้ำออกจนหมด แล้วชั่งสาหร่ายไฟ 2000 กรัมสด

2.4.2 นำตัวอย่างสาหร่ายไฟอบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นบดให้ละเอียด

2.4.3 แบ่งสาหร่ายไฟออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 กรัม ใส่ในขวดแก้วที่มีฝาปิด กลุ่มแรก เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากเชื้อ 500 มิลลิลิตร กลุ่มที่ 2 เติเมทิลอะซิเตท 500 มิลลิลิตร กลุ่มที่ 3 เติเมทานอล 500 มิลลิลิตร กลุ่มที่ 4 เติเมทานอล 500 มิลลิลิตร

2.4.4 นำขวดแก้วที่บรรจุสาหร่ายในกลุ่มแรกแช่ใน Water bath ที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ส่วนกลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4 นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นกรองสารสกัดด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 ขนาด 110 มิลลิเมตร

2.4.5 นำสารสกัดไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง Rotary evaporator และทำให้แห้งด้วยเครื่อง Lyophilizer ซึ่งน้ำหนักคำนวณหาร้อยละผลผลิต (% yield) จากสูตร

$$\% \text{ yield} = \frac{\text{น้ำหนักสารสกัดที่ได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักสหายแห้งที่ใช้ในการสกัด (กรัม)}} \times 100$$

2.4.6 ซังสารสกัดหยาบ (Crude extracts) ที่ได้นำมาละลายด้วย Dimethyl sulfoxide (DMSO) ความเข้มข้น 99.9% ให้ได้ความเข้มข้นของสารสกัดหยาบ 100 mg/ml

2.5 การเตรียมแผ่นทดสอบสารสกัดและยาปฏิชีวนะ Gentamicin

2.5.1 เตรียมแผ่นทดสอบ โดยใช้ข้อได้ปิเปตหยดสารสกัดความเข้มข้น 100 mg/ml ปริมาตร 20 μ l ลงบนแผ่น Paper disc ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร

2.5.2 เตรียมแผ่นทดสอบยาปฏิชีวนะ โดยใช้ข้อได้ปิเปตหยดสารสกัดความเข้มข้น 1000 μ g/ml ปริมาตร 10 μ l ลงบนแผ่น Paper disc ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร

2.6 การทดสอบความสามารถของสารสกัดหยาบจากสหายไฟในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียด้วยวิธี Agar disk diffusion (CLSI, 2012)

2.6.1 เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *B. cereus*, *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa* และ *Sal. enterica* ในอาหาร Mueller Hinton Agar (MHA) จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เวลา 18 ชั่วโมง

2.6.2 ทำการถ่ายเชื้อจากอาหารแข็งลงอาหารเหลว Mueller Hinton Broth (MHB) ปริมาณ 5 ml แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 4 - 6 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ความขุ่นประมาณความขุ่นของ McFarland standard เบอร์ 0.5

2.6.3 จากนั้นปรับปริมาณเชื้อ โดยทำการเจือจางแบคทีเรียทดสอบแต่ละชนิดด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ MHB ให้มีความขุ่นเท่ากับ McFarland standard เบอร์ 0.5 โดยจะมีเชื้ออยู่ประมาณ 1×10^8 CFU/ml

2.6.4 ใช้ไม้ปั่นสำลีปราศจากเชื้อ จุ่มลงในหลอดเพาะเชื้อที่มีการปรับปริมาณไว้แล้ว บิดไม้สำลีกับหลอดเพาะเชื้อให้หมด แล้วนำมาเกลี่ยให้ทั่วผิวน้ำอาหารแข็ง MHA ทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที

2.6.5 นำแผ่นทดสอบสารสกัดน้ำ เอทิลอะซิเตท เมทานอล และเอทานอลของสหายไฟ และยาปฏิชีวนะ Gentamicin วางลงตำแหน่งที่กำหนดไว้บนผิวน้ำอาหารที่ทำการเกลี่ยเชื้อไว้

2.6.6 นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 24 ชั่วโมง

2.6.7 จากนั้นบันทึกผลการทดลองโดยสังเกตโซนใส (Clear Zone) หรือบริเวณยับยั้งที่ไม่พบการเจริญของแบคทีเรียที่เกิดขึ้น (Inhibition zone) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3. การวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผล

นำข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสมาเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้ One – Way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ลักษณะทางนิเวศวิทยาของสาหร่ายไฟ

สาหร่ายไฟมีการเจริญกระจายค่อนข้างหนาแน่นแทรกเป็นแนวตามแนวของต้นข้าว โดยบริเวณที่พบสาหร่ายไฟมีน้ำท่วมขัง ลักษณะน้ำใส สามารถสังเกตเห็นทลัสส์ได้อย่างชัดเจน (ภาพที่ 1) สอดคล้องกับงานวิจัยของ เสนาะ บุญมี (2536) ที่กล่าวว่าสามารถพบสาหร่ายไฟตลอดฤดูทำนา คือตั้งแต่ระยะน้ำขังในนาที่ยังไม่มีการไถคราด และภายหลังการปักดำประมาณ 1 เดือน ก็จะพบการเจริญของสาหร่ายไฟปะปนกับต้นข้าว และจะคงอยู่ตลอดไปหากแปลงนานั้นยังมีน้ำขัง หากน้ำแห้งทลัสส์เดิมจะตายไป

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพบาง ณ จุดเก็บตัวอย่าง ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ น้ำ อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้าค่า pH และค่าความขุ่น มีค่าเท่ากับ 34.9 ± 1.56 °C, 36.8 ± 0.76 °C, 127.3 ± 0.76 μ S/cm, 7.0 ± 0.46 และ 41.3 ± 2.26 NTU ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสาหร่ายไฟ โดยสาหร่ายไฟสามารถเจริญได้ดีในคุณภาพน้ำระดับปานกลาง (Mesotrophic) ที่ความขุ่นต่ำ ค่า pH เป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลางคืออยู่ระหว่าง 6.5 -8.5 (Lambert- Servien *et al.*, 2006)



ภาพที่ 1 การกระจายตัวของสาหร่ายไฟในนาข้าว อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสาหร่ายไฟ

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสาหร่ายไฟบริเวณนาข้าว อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ โดยพบว่าสาหร่ายไฟมีสีเขียวสด ปล้องมีความยาว 3.5 – 4 เซนติเมตร เป็น 2.5 - 3.5 เท่าของความยาวแขนงย่อย ปล้องมีความ

รอบข้อมีแขนงย่อย 4 - 6 แขนง แขนงมีการแตกแขนงอีก 1 ครั้ง บางแขนงมีการแตกแขนง 2 ครั้ง

เมื่อศึกษาตัวอย่างสาหร่ายไฟด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ทั้งทลัสส์หลักและแขนงไม่มีเซลล์คอร์ติเคิลมาหุ้ม ทลัสส์ไม่พบการสะสมหินปูน ปลายสุดของแขนงย่อยพบแตกทิลลักษณะปลายแหลมจำนวน 2 เซลล์ เซลล์สืบพันธุ์เกิดที่ข้อของแขนงย่อย โครงสร้างสืบพันธุ์เพศเมีย (Nucule) อยู่ด้านบน เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (Globule) อยู่ด้านล่าง (ภาพที่ 2) สามารถระบุชนิดของสาหร่ายไฟที่พบบริเวณนาข้าวคือ *Nitella* sp.



ภาพที่ 2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสาหร่ายไฟ

- ก. ภาพถ่ายภาพได้กล้องภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอกำลังขยาย 1 เท่า
- ข. ภาพถ่ายเซลล์สีบัพันธุ์ของสาหร่ายไฟภายใต้กล้องภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง กำลังขยาย 40 เท่า

ปริมาณโลหะหนักในสาหร่ายไฟ

จากการนำตัวอย่างสาหร่ายไฟในนาข้าว อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงรายไปศึกษาปริมาณโลหะหนัก พบปริมาณสารหนูเท่ากับ 0.63 mg/kg และปริมาณตะกั่ว เท่ากับ 0.64 mg/kg และตรวจไม่พบแคดเมียมและปรอท เมื่อนำค่าสารหนู ตะกั่ว และปรอท ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 273) พ.ศ. 2546 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน พบว่าผ่านเกณฑ์ทุกค่า ส่วนปริมาณแคดเมียมเมื่อเทียบตามมาตรฐานของยุโรป EFSA (European Food Safety Authority) ที่กำหนดให้มีแคดเมียมในสาหร่ายไม่เกิน 3.0 mg/kg พบว่าสาหร่ายไฟอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ตารางที่ 1) ซึ่งสามารถนำสาหร่ายไฟจากบริเวณดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ได้

ตารางที่ 1 ปริมาณโลหะหนักที่พบในสาหร่ายไฟ

โลหะหนัก	เกณฑ์มาตรฐาน	ปริมาณที่วัดได้ (mg/kg)
สารหนู (As)	2	0.63
แคดเมียม (Cd)	3	ไม่พบ
ตะกั่ว (Pb)	1	0.64
ปรอท (Hg)	0.5	ไม่พบ

ผลของตัวทำละลายต่อปริมาณสารสกัดหยาบสาหร่ายไฟ

จากการสกัดสารสกัดหยาบของสาหร่ายไฟด้วยตัวทำละลายน้ำ เอทิลอะซิเตท เมทานอล และเอทานอล และนำสารสกัดที่ได้มาคำนวณหา % yield พบว่าสารสกัดมี % yield อยู่ระหว่าง 2.0 – 17.9 โดยสารสกัดน้ำมี % yield สูงที่สุดเท่ากับ 17.9 รองลงมาคือสารสกัดเมทานอล เอทานอล และเอทิลอะซิเตท โดยมี % yield เท่ากับ 10.2, 3.3 และ 2.0 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งการใช้ตัวทำละลายต่างกันในการสกัดส่งผลต่อปริมาณสารสกัดของสาหร่ายที่ได้แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากความมีขี้ของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดมีความแตกต่างกัน โดยการใช้น้ำซึ่งจัดเป็นตัวทำละลายที่มีความมีขี้สูง เมทานอลและเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีความมีขี้ระดับปานกลาง และเอทิลอะซิเตทเป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขี้ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าการใช้ตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติเป็นขี้สูงให้ปริมาณสารสกัดมากกว่าการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีความเป็นขี้ต่ำกว่า แสดงว่าสารสกัดจากสาหร่ายไฟส่วนใหญ่มีความเป็นขี้สูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ วสันต์ สุมินทีล และคณะ (2557) ที่กล่าวว่าการใช้น้ำเป็นตัวทำละลายที่มีความเป็นขี้สูงสามารถสกัดสารสกัดได้ในปริมาณที่สูงกว่าการใช้เอทานอล เอทานอล และเอทิลอะซิเตท

ตารางที่ 2 ปริมาณของสารสกัดสาหร่ายไฟในตัวทำละลายต่างๆ

ตัวทำละลาย	ผงสาหร่ายแห้ง (กรัม)	สารสกัด (กรัม)	% yield
น้ำ	10	1.79	17.9
เอทิลอะซิเตท	10	0.20	2.0
เมทานอล	10	1.02	10.2
เอทานอล	10	0.33	3.3

การทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียด้วยวิธี Agar disk diffusion

จากการนำสาหร่ายไฟจากบริเวณนาข้าว อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย มาสกัดด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกันได้แก่ น้ำ เอทิลอะซิเตท เมทานอล และเอทานอล แล้วนำไปทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค 5 ชนิด ได้แก่ ได้แก่ *B.cereus*, *S. aureus*, *E. coli*, *Sal. enterica* และ *P. aeruginosa* โดยฤทธิ์ยับยั้งจะพิจารณาจากขนาดวงใสของการยับยั้ง ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดหยาบจากสาหร่ายไฟบริเวณนาข้าว อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบได้ได้ทุก

ชนิด โดยมีค่าวงใสของการยับยั้งอยู่ระหว่าง $8.00 \pm 0.00 - 18.67 \pm 1.15$ มิลลิเมตร โดยสารสกัดสาหร่ายไฟที่สกัดด้วยเมทานอลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งสูงที่สุด โดยสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ทั้ง 5 ชนิด โดยยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* ได้ดีที่สุด โดยมีค่าวงใสของการยับยั้งเท่ากับ 18.67 ± 1.15 มิลลิเมตร ในขณะที่สารสกัดสาหร่ายไฟที่สกัดด้วยเอทานอลสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ 3 ชนิด ได้แก่ *B.cereus*, *S. aureus* และ *P. aeruginosa* โดยสามารถยับยั้ง *B. cereus* ได้ดีที่สุดค่าวงใสของการยับยั้งเท่ากับ 9.00 ± 0.00 มิลลิเมตร สารสกัดสาหร่ายไฟที่สกัดด้วยเอทิลอะซิเตท สามารถยับยั้งได้แค่ *S. aureus* ให้ค่าวงใสของการยับยั้งเท่ากับ 12.00 ± 1.00 มิลลิเมตร และสารสกัดสาหร่ายไฟที่สกัดด้วยน้ำไม่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ (ตารางที่ 3)

จากการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียโดยใช้ยาปฏิชีวนะ Gentamicin พบว่า Gentamicin มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทุกชนิด โดยมีค่าวงใสของการยับยั้งอยู่ระหว่าง $10.00 \pm 0.00 - 21.30 \pm 0.58$ มิลลิเมตร

ตารางที่ 3 ค่าวงใสของการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค

สารสกัด	ค่าวงใสของการยับยั้ง (มิลลิเมตร)				
	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>Sal. enterica</i>
น้ำ	-	-	-	-	-
เอทิลอะซิเตท	-	12.00 ± 1.00^c	-	-	-
เมทานอล	10.00 ± 0.00^b	18.67 ± 1.15^b	8.00 ± 0.00^b	8.00 ± 0.00^b	8.00 ± 0.00^b
เอทานอล	9.00 ± 0.00^b	8.00 ± 0.00^b	-	8.33 ± 0.57^b	-
Gentamicin	17.67 ± 0.57^a	21.30 ± 0.58^a	20.00 ± 0.00^a	10.00 ± 0.00^a	15.33 ± 3.06^a

หมายเหตุ ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, สำหรับแบคทีเรีย *B. cereus*, *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa* และ *Sal. enterica* ค่าเฉลี่ยที่แสดงในแนวตั้งที่มีตัวอักษรแตกต่างกัน (a - c) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
- หมายถึง ไม่มีฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรีย

จากผลการทดลองพบว่าสารสกัดจากสาหร่ายไฟที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างกันสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้แตกต่างกัน โดยตัวทำละลายเมทานอลซึ่งมีความเป็นขั้วปานกลางมีประสิทธิภาพในการสกัดสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียในสาหร่ายไฟได้ดีกว่าตัวทำละลายอื่น ๆ โดยสามารถยับยั้งได้ทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแบคทีเรียแกรมลบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประชาน कुमार (Prashantkumar *et al.*, 2006) ที่พบว่าสารสกัดเมทานอลจากสาหร่ายไฟชนิด *Nitella tenuissima* สามารถยับยั้งการเจริญได้ทั้งแบคทีเรียแกรมบวก (*Proteus vulgaris* และ *B. cereus*) แบคทีเรียแกรมลบ (*E. coli*, และ *P. aeruginosa*) ในงานวิจัยนี้สารสกัดเมทานอลของสาหร่ายไฟสามารถยับยั้งการเจริญแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรม

ลบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัย และคณะ (Cai *et al.*, 2013) ที่พบว่าสาหร่ายไฟชนิด *Nitellopsis obtusa* (Desvaux) Groves and *Chara vulgaris* L. สามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก (*S. aureus* และ *B. subtilis*) ได้ แต่ไม่สามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบ (*E. coli* และ *Proteus vulgaris*) รวมถึงยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae* และ *Candida albicans*) เช่นเดียวกับสารสกัดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Oscillatoria angustissima* และ *Carothrix parietina* สามารถยับยั้งการเจริญของ *B. cereus* และ *S. aureus* ได้ดีกว่า *E. coli* และ *P. aeruginosa* (Jayshree *et al.*, 2012) ทั้งนี้การที่แบคทีเรียแกรมลบทนต่อสารสกัดอาจเป็นเพราะแบคทีเรียแกรมลบมีเมมเบรนชั้นนอกที่มีไลโปโพลีแซคคาไรด์ (Lipopolysaccharide) เป็นองค์ประกอบ มีหน้าที่ป้องกันสารไม่ให้เข้าสู่ภายในเซลล์ ในขณะที่แบคทีเรียแกรมบวกไม่มีเมมเบรนชั้นนอก สารจึงเข้าสู่ภายในเซลล์ได้ (Thillairajasckar *et al.*, 2009 : Ordog *et al.*, 2004) นอกจากนี้ชนิดของเชื้อทดสอบแล้ว ผลจากงานวิจัยนี้สนับสนุนว่า กระบวนการการสกัดมีอิทธิพลต่อฤทธิ์การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (Naviner *et al.*, 1999) มีรายงานว่า สารสกัดด้วยเมทานอลของ *C. contraria* และ *N. flexilis* มีฤทธิ์ต้านการเจริญของแบคทีเรีย และต้านการเจริญของเชื้อราได้บางชนิด (Ghazala *et al.*, 2004) *C. contraria* ไม่สามารถยับยั้งแบคทีเรียบวกในกลุ่ม *Alteromonas hydrophila*, *B. cereus* *Corynebacterium diphtheriae* *S. aureus* และ *Streptococcus pyogenes* และแบคทีเรียแกรมลบในกลุ่ม *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae* *Proteus mirabilis* *P. aeruginosa* *Sal. typhi* และ *Shigella boydii* (Ghazala and Shameel, 2005)

สรุปผลและเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้รายงานฤทธิ์ของการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคของสารสกัดสาหร่ายไฟ จากบริเวณนาข้าว อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย ด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิดให้ผลแตกต่างกัน โดยพบว่า สารสกัดสาหร่ายไฟที่สกัดด้วยเมทานอลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียทดสอบสูงที่สุดในขณะที่สารสกัดสาหร่ายไฟที่สกัดด้วยน้ำกลั่นไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียทดสอบได้ และยังพบว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไปตามแต่ละชนิดของเชื้อทดสอบ แสดงให้เห็นว่าสาหร่ายไฟที่ชาวนาจัดว่าเป็นวัชพืชนาข้าวก็มีคุณสมบัติในการนำมาพัฒนาเพื่อใช้ทดแทนยาปฏิชีวนะในการควบคุมเชื้อแบคทีเรียก่อโรคบางชนิดได้ ซึ่งสาหร่ายไฟแต่ละบริเวณในจังหวัดเชียงราย อาจจะเป็นคนละชนิดและมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่แตกต่างกัน ดังนั้นควรมีการศึกษาสาหร่ายไฟบริเวณนาข้าวในพื้นที่อื่น ๆ เปรียบเทียบด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
สัญญาหมายเลข B26404025

เอกสารอ้างอิง

- ยุวดี พิรพรพิศาล. (2549). *สาหร่ายวิทยา*. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ยุวดี พิรพรพิศาล. (2556). *สาหร่ายน้ำจืดในประเทศไทย*. โชตนาพันธ์ จำกัด.
- วสันต์ สุมินทิลี, ปนิดา บรรจงสินศิริ, จันทนา ไพรมูรณ์ และ วรรณวิมล คล้ายประดิษฐ์. (2557). กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lintillifera*) สาหร่ายทุ่น (*Sargassum oligocystum*) และสาหร่ายเขากวาง (*Gracilaria changii*). *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 9(1), 63 – 73.
- ศูนย์วิจัยข้าวเชียงราย กรมการข้าว. (2561). *การผลิตและการตลาดข้าวจังหวัดเชียงราย*. เชียงราย.
- เสนาะ บุญมี. (2536). *การศึกษาสาหร่ายไฟในนาข้าวจากทุ่งกุลาร้องไห้*. บทความวิจัยสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 31 สาขาเกษตรกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร เศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ ศึกษาศาสตร์ มนุษยศาสตร์ การจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม.
- AOAC. (2016). *Official Method of Analysis*. The Association of Official Analytical Chemist (20th ed.). Gaithersburg.
- Cai, J., Xie, S., & Feng, J. (2013). Antimicrobial activities of *Nitellopsis obtusa* (Desvaux) Groves and *Chara vulgaris* L. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 86, 24 – 32.
- Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). (2012). *Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests; approved standard (eleventh edition, M02 - A11)*, CLSI, Wayne.
- Ghazala, B., Naila, B., Mustafa, S., Shahzad, S. & Leghari, S. M. (2004). Phytochemistry and bioactivity of two stonewort algae (Charophyta) of Sindh. *Pakistan Journal of Botany*, 36(4), 733-743.
- Ghazala, B. & Shameel, M. (2005). Phytochemistry and bioactivity of some freshwater green algae from Pakistan. *Pharmaceutical Biology*, 43(4), 358-369.
- Jayshree, A., Jayashree, S. & Thangaraju, N. (2012). Phytochemical screening and antimicrobial activity of *Chlorella vulgaris* Benjerinck. *International Journal of Current Research and Review*, 4, 33.
- John, D. M., Whitton, B. A., & Brook, A. J. (2011). *The Freshwater Algal Flora of the British Isles*. The United Kingdom at the University Press. Cambridge.
- Lambert-Servien, E., Clemenceau, G., Gabory, O., Douillard, E., & Hauray, J. (2006). Stoneworts (Characeae) and associated macrophyte species as indicators of water quality and human activities in the Pays-de-la-Loire region, Franc. *Hydrobiologia*, 570, 107–115.
- Naviner, M., Berge, J. P., Durand, P., & Bris, H. L. (1999). Antibacterial activity of marine diatom *Skeletonema costatum* against aquacultural pathogens. *Aquaculture*, 174, 15 – 24.

- Ordog, V., Strik, W. A., Lenobel, R., Bancirova, M., Strnad, M., van Staden. J., Szigeti, J. & Nemeth, L. (2004). Screening microalgae for some potentially useful agricultural and pharmaceutical secondary metabolites. *Journal of Applied Phycology*, 16, 309 – 304.
- Prashantkumar P, Angadi SB and Vidyasagar GM. (2006). *Antimicrobial activity of blue-green and green algae. Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 68(5), 647 - 648.
- Thillairajasckar, K., Duraipandiyan, V., Perumal, P., & Ignasimuthu, S. (2009). Antimicrobial activity of *Trichodesmium erythraeum* (Ehr) (microalga) from South East coast of Tamil Nadu, India. *International journal of integrative biology*, 5, 167–170.
- Urbaniak, J., & Gąbka, M. (2014). *Polish Charophytes an Illustrated guide for identification*. Wroclaw.
- Wood, R. D., & Mason, R. (1977). Characeae of New Zealand. *Journal of Botany*, 15(1), 87 - 180.

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำ

Antioxidant activity of yogurt supplemented with black garlic extract

ภาณรินทร์ ปรีชาวัฒนากร¹ ปรีชญานรณ์ ปรีชาวัฒนากร² ศรีกาญจนา คล้ายเรือง^{3*}

สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย^{1,3}

โรงเรียนปิ่นสร้อยแยดส่ววิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย²

*Corresponding author: E-mail: s.klayraung@gmail.com

บทคัดย่อ

กระเทียมดำผลิตจากกระเทียมสดซึ่งนำไป บ่มที่อุณหภูมิสูง (60-70 องศาเซลเซียส) และความชื้น (85-95 เปอร์เซ็นต์) ที่ระยะเวลาหนึ่ง และทำให้ได้สารสกัดจากกระเทียมดำเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการนี้ วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือการพัฒนาโยเกิร์ตที่เชิงหน้าที่ซึ่งมีสารสกัดจากกระเทียมดำ และเพื่อหาค่าพีเอช ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณเซลล์แบคทีเรียที่มีชีวิต และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส โดยเตรียมโยเกิร์ตจากนมพาสเจอร์ไรส์ เติมสารสกัดกระเทียมดำ 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) และใช้แบคทีเรียกรดแลคติกจากโยเกิร์ตทางการค้าเป็นหัวเชื้อ สภาวะที่ใช้ในการหมักโยเกิร์ตคืออุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า ค่าพีเอชของโยเกิร์ตที่มีสารสกัดจากกระเทียมดำต่ำกว่า 4.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของโยเกิร์ตที่เติมสกัดกระเทียมดำสูงกว่าโยเกิร์ตชุดควบคุมโดยดูจากความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH โยเกิร์ตที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดได้จากโยเกิร์ตที่เติมสารสกัดจากกระเทียมดำ 3 เปอร์เซ็นต์ (3.93 ± 0.065 ไมโครกรัมกรดแกลลิก/กรัม) ปริมาณเซลล์แบคทีเรียที่มีชีวิตในโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำต่ำกว่าในโยเกิร์ตชุดควบคุม อย่างไรก็ตามในโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำมีแบคทีเรียกรดแลคติก $10,000,000$ CFU ต่อกรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข คະแนนทางประสาทสัมผัสโดยรวมของโยเกิร์ตที่เติมสกัดกระเทียมดำต่ำกว่าโยเกิร์ตชุดควบคุม สามารถสรุปได้ว่าโยเกิร์ตที่เติมสารสกัดจากกระเทียมดำมีบทบาทสำคัญในการเป็นอาหารเชิงหน้าที่เมื่อดูจากฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยจะมีการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพอื่นๆ ของโยเกิร์ตที่เติมสกัดกระเทียมดำต่อไป

คำสำคัญ : กระเทียมดำ; โยเกิร์ต; ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

Black garlic was produced of fresh garlic which is incubated at a certain time at high temperatures (60-70°C) and humidity (85-95%). Black garlic extract was a by-product of this process. The aim of this study was to develop functional yogurt containing black garlic extract and to determine pH, antioxidant activity, number of viable cells, and sensory properties. Yogurt was prepared from commercial pasteurized milk added with 1, 2 and 3% (v/v) of black garlic extract and lactic acid bacteria from commercial yogurt was used as inoculum. The condition for yogurt fermentation was done at room temperature for 24 hours. The results showed that pH of yogurt with black garlic extract was below 4.5. The antioxidant activity by DPPH radical scavenging ability of black garlic extract yogurts were much higher than that of the control yogurt. The highest antioxidant activity was obtained by yogurt containing 3% of black garlic extract (3.93 ± 0.065 μg gallic acid equivalents/g). The number of viable cells in black garlic extract yogurts were lower than in control yogurt, however the finish product of black garlic extract yogurt contained 10,000,000 CFU of lactic acid bacteria which was in the standard of the Notification of Ministry of Public Health. The overall sensory score of black garlic extract yogurt was lower than of control yogurt. It can conclude that yogurt with added black garlic extract can be play an important role in functional food relative to antioxidant activity. The others biological activities of black garlic extract yogurts will be further studied.

Keywords: black garlic; yogurt; antioxidant activity

บทนำ

โยเกิร์ต (Yoghurt) หมายถึง นมเปรี้ยวที่ได้จากการหมักด้วยแบคทีเรีย สเตรปโตค็อกคัส เทอร์โมฟิลัส (*Streptococcus thermophilus*) และแล็กโทบาซิลลัส เดลบริคคิโอ ซับสปีชีส์ บัลแกริคัส (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) หรือแล็กโทบาซิลลัส ซับสปีชีส์ อื่น (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 353, 2556, น.79) โยเกิร์ตที่ดีมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว มีสีขาวนวล มีกลิ่นหอมของนม และมีรสเปรี้ยว ประกอบด้วยจุลินทรีย์ดั่งกล่าวข้างต้นซึ่งมีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติก (probiotics) ที่ช่วยให้ระบบขับถ่ายดี ไม่สะสมสารพิษยับยั้งสารก่อมะเร็งช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ก่อโรค ทำให้การดูดซึมสารอาหารของร่างกายมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีรายงานการเพิ่มภูมิคุ้มกัน ป้องกันโรคเหงือกและกำจัดกลิ่นปาก (อุษา ภูคัสมาส, 2012, 134-138)

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารในลักษณะอาหารเชิงหน้าที่ (functional food) เช่น อาหารที่ลดการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ ช่วยเสริมความจำ หรือลดการเกิดมะเร็ง เป็นต้น (Sarkar, 2019, pp.182-202) โยเกิร์ตผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีการนำมาพัฒนาเช่นการเติมน้ำตาลพรีไบโอติก (prebiotic) ได้แก่ inulin และ oligosaccharides (Mitmesser and Combs, 2017, pp.201-208) รวมทั้งการนำสารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพเช่น ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ฤทธิ์ต้านไวรัส และฤทธิ์ต้านมะเร็ง มาเสริมกับโยเกิร์ต (O-Sullivan et al.,

2016, pp.293-299; Gao et al., 2018, pp.423-430; Fidelis et al., 2019, pp.1131-1140) รวมทั้งการเติม
กระเทียมดำในโยเกิร์ต (Shin et al., 2010, p.307)

กระเทียมดำ (Black Garlic) เกิดจากการนำกระเทียม (*Allium sativum*L.) มาผ่านกระบวนการอบ่ม
(fermentation) ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 60-90 องศาเซลเซียส และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วง 80-90
เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลาอย่างน้อย 1 เดือน จนกระเทียมเปลี่ยนเป็นสีดำ กระเทียมดำที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสเหนียว
ยืดหยุ่นคล้ายเจลลี่ รสชาติหวาน มีกลิ่นฉุนของกระเทียมลดลง และปริมาณสารสำคัญในกระเทียมเปลี่ยนแปลง
ไป โดยมีปริมาณของ polyphenol, flavonoid, Amadori&Heyns, leucine, isoleucine และ phenylalanine
เพิ่มขึ้น และปริมาณของ fructan, cysteine และ tyrosine ลดลง (Kimura et al., 2017, pp.62-70) โดยมี S-
allylcysteine เป็นสารออกฤทธิ์ที่ละลายน้ำและมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน นอกจากนี้กระเทียมดำยังมีฤทธิ์ของ anti-
allergic, anti-diabetic, anti-inflammatory, hypocholesterolemic, hypolipidemic และ anti-carcinogenic
(Choi et al., 2014, pp.16811-16823) ในกระบวนการผลิตกระเทียมดำในอุตสาหกรรมขนาดเล็กจะมีผลพลอย
ได้เกิดขึ้นระหว่างการอบบ่มขั้นสุดท้ายเป็นของเหลวสีดำข้นซึ่งไม่ได้มีปริมาณมากเพียงพอสำหรับการบรรจุเพื่อ
จำหน่าย ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเรียกผลพลอยได้นี้ว่าสารสกัดกระเทียมดำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการใช้สาร
สกัดกระเทียมดำซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตกระเทียมดำใช้ในการเตรียมโยเกิร์ตในลักษณะของไฮ
มเมต สำหรับนำไปสู่การผลิตอาหารเชิงหน้าที่ (functional food) ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. ขั้นตอนการผลิตกระเทียมดำ

นำกระเทียมโทนสด ล้างทำความสะอาด และนำไปตากแดดให้แห้ง 1-2 วัน จากนั้นนำกระเทียมโทน
สดไปบ่ม (fermentation) ที่อุณหภูมิประมาณ 60-90 องศาเซลเซียส โดยดัดแปลงจากการใช้หม้ออบลมร้อน
และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วง 80-90 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 เดือน จนกระเทียมสดเปลี่ยนเป็นสีดำ ดัง
แสดงในภาพที่ 1



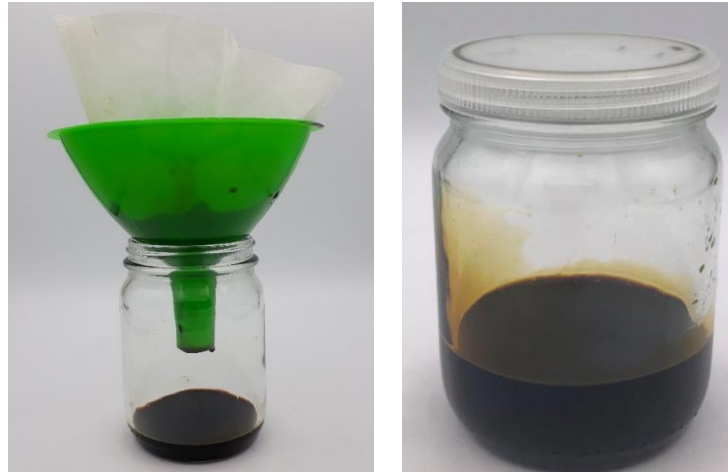
ภาพที่ 1 กระเทียมโทนดำที่นำไปบ่มครบระยะเวลา 1 เดือน

2. การสกัดสารจากกระเทียมดำ

นำกระเทียมดำที่ได้จากการบ่ม แคะเอาเปลือกออกให้หมด (ภาพที่ 2) จากนั้นนำกลับไปบ่มอีกครั้ง ระยะเวลา 3 วัน จะได้ส่วนของน้ำกระเทียมดำออกมา นำออกมารองหยาบเพื่อให้ได้สารสกัดกระเทียมดำ ที่มีลักษณะเป็นของเหลวสีดำขุ่น จากนั้นนำสารสกัดกระเทียมดำมารองแบบแบบละเอียดโดยใช้กระดาษกรอง Whatman no.1 และนำไปต้มฆ่าเชื้อที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที จะได้ของเหลวสีดำ ดังแสดงใน ภาพที่ 3



ภาพที่ 2 กระเทียมดำที่ได้จากการบ่ม และแคะเอาเปลือกออก



ภาพที่ 3 การกรองสารสกัดจากกระเทียมดำแบบหยาบและสารสกัดกระเทียมดำที่ได้

3. การเตรียมโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำ

ในขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำ ใช้นมโคสดพาสเจอร์ไรส์ปริมาณ 100 มิลลิลิตร เติมน้ำตาล 5 กรัม เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณของแข็งในน้ำนม จากนั้นนำไปต้มฆ่าเชื้ออีกครั้งที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และทำให้เย็นลงทันที เติมหิวเชื้อโยเกิร์ตทางการค้า 10เปอร์เซ็นต์ โดย ปริมาตร ผสมให้เข้ากัน แบ่งใส่ถ้วยที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยน้ำร้อน แล้วเติมสารสกัดกระเทียมดำ 0, 1เปอร์เซ็นต์, 2

เปอร์เซ็นต์ และ 3เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องปกติจนเกิดการตกตะกอนของลิม
น้ำนม ดัดแปลงวิธีการทำโยเกิร์ตโฮมเมด จาก small scale manufacture of fermented foods ของ Westerik
et al. (2016)

4. การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารสกัดกระเทียมดำ และโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำ

นำสารสกัดกระเทียมดำ และโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำแต่ละชุดการทดลอง 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นน้ำกลั่น 9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นจึงนำไปวัดด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH100 pH meter (IONIX, Nexbio (Thailand) Co., Ltd.)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกระเทียมดำ และโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำ

นำสารสกัดกระเทียมดำ และโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำมาทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity assay) อ้างอิงจาก Duan et al. (2006) โดยการนำสารสกัดจากน้ำกระเทียมดำมาหึ่งยงตกตะกอนที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที นำส่วนใสที่ได้มาวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยการดักจับอนุมูล DPPH โดยใช้ส่วนใส 100 ไมโครลิตร เติมน้ำ deionized water 700 ไมโครลิตร และ DPPH 130 ไมโครโมลาร์ 800 ไมโครลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน ตั้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณ เปอร์เซ็นต์ inhibition เทียบกับกราฟสารละลายมาตรฐาน gallic acid

คำนวณ เปอร์เซ็นต์ inhibition จากค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ ด้วยสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ inhibition} = \frac{\text{Initial absorbance} - \text{final absorbance}}{\text{Initial absorbance}} \times 100$$

5. การตรวจนับปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกในโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำ

นำโยเกิร์ตกระเทียมดำที่ผลิตได้แต่ละสูตรมาศึกษาปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกด้วยวิธี spread plate technique โดยนำโยเกิร์ตมาชั่งน้ำหนัก 5 กรัม เจือจางด้วย sodium chloride 0.85เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 45 มิลลิลิตร ในหลอดพลาสติกปราศจากเชื้อ จากนั้นเจือจางเป็นลำดับที่ละ 10 เท่า (ten-fold serial dilution) นำสารละลายที่เจือจางปริมาตร 100 ไมโครลิตร เกลี่ยลงบนผิวหน้าอาหารแข็งสูตร MRS ด้วยแท่งแก้วที่ปราศจากเชื้อเกลี่ยให้ทั่วจนผิวหน้าอาหารแห้ง นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง ในสภาพไร้อากาศ นับจำนวนโคโลนี และคำนวณปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมดในโยเกิร์ต บันทึกเป็นหน่วย CFU/โยเกิร์ต 1 กรัม

6. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำที่ผลิตได้ให้อาสาสมัคร จำนวน 20 คน ทำการชิม และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic 9-point scale (1=ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9=ชอบมากที่สุด) ทำการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความข้นหนืด และ ความชอบโดยรวม

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากเตรียมสารสกัดจากกระเทียมดำโดนการใช้กระเทียมโทนบ่มที่ 60-90 องศาเซลเซียส นาน 1 เดือน และแกะเปลือกออก จะได้น้ำกระเทียมดำออกมา ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวสีดำขุ่น หลังจากการกรอง และฆ่าเชื้อ นำมาตรวจสอบสมบัติทางเคมี โดยการวัดค่าพีเอชพบว่า มีระดับค่าเฉลี่ยพีเอช (pH) เท่ากับ 3.95 แสดงให้เห็นว่า สารสกัดกระเทียมดำมีฤทธิ์เป็นกรด โดย Choi et al., (2014) ระบุค่าพีเอชของกระเทียมดำหลังการบ่ม 1 เดือนมีค่าเท่ากับ 3.74 และเมื่อทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธีการดักจับอนุมูลอิสระ DPPH พบว่า สารสกัดกระเทียมดำมีประสิทธิภาพในการดักจับอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 172.38 μg gallic acid equivalents/ml โดยจากงานวิจัยฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นของกระเทียมดำที่สกัดด้วยเมทานอลซึ่งมีมาก่อนหน้าด้วยวิธี DPPH ของ Wang & Sun (2017) และ Eyupoglu (2019) ใช้ gallic acid เป็นสารมาตรฐานเช่นเดียวกัน มีประสิทธิภาพในการดักจับอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 180 และ 200 μg gallic acid equivalents/ml ตามลำดับ ในขณะที่ Halimah & Hasan (2020) ใช้ vitamin C เป็นสารมาตรฐานในการวิเคราะห์ได้ค่าเท่ากับ 3,107.5 $\mu\text{g}/\text{ml}$

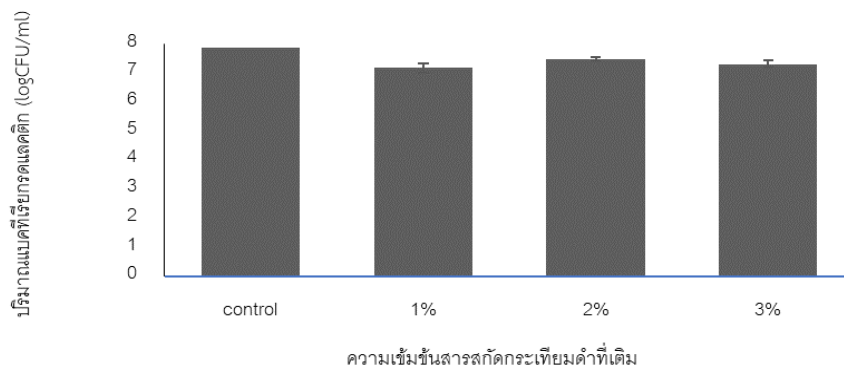
เมื่อนำสารสกัดกระเทียมดำมาเสริมในการเตรียมโยเกิร์ต พบว่าเกิดลิ่มน้ำนมเกิดขึ้นภายใน 24 ชั่วโมง จากการวัดค่าพีเอชของโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำ 1 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีค่าเฉลี่ยพีเอชเท่ากับ 3.95, 4.01 และ 4.04 ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มควบคุมคือโยเกิร์ตที่ไม่ได้เสริมสารสกัดกระเทียมดำมีค่าเฉลี่ยพีเอชเท่ากับ 3.95 การเติมสารสกัดกระเทียมดำในโยเกิร์ตจึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับค่าพีเอชของโยเกิร์ต ซึ่งโยเกิร์ตที่เตรียมในงานวิจัยนี้เป็นโยเกิร์ตที่ผลิตในรูปแบบโฮมเมด ค่าพีเอชที่ได้ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Tolu & Altun (2021) ที่ได้เก็บข้อมูลเปรียบเทียบโยเกิร์ตโฮมเมด และโยเกิร์ตทางการค้าในประเทศตุรกี พบว่าโยเกิร์ตโฮมเมดมีค่าพีเอชตั้งแต่ 3.84-4.38 ในขณะที่โยเกิร์ตทางการค้า มีค่าพีเอช 3.86-4.42

ในการทดสอบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำ เมื่อนำมาวัดด้วยวิธี DPPH radical scavenging ability และคำนวณในรูปของ μg gallic acid equivalents/ml พบว่า โยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำ 3 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 3.93 μg gallic acid equivalents/ml โดยการเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารสกัดกระเทียมดำในโยเกิร์ตมีแนวโน้มของประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งโดยทั่วไปการเสริมสารสกัดจากพืชในการเตรียมโยเกิร์ตในปริมาณมากขึ้นฤทธิ์ต้านออกซิเดชันก็จะเพิ่มขึ้นด้วย (O-Sullivan et al., 2016; Gao et al., 2018; Fidelis et al., 2019,)

ตารางที่ 1 ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำ

ชุดการทดลอง	μg gallic acid equivalents/ml
โยเกิร์ต (กลุ่มควบคุม)	0.16 \pm 0.003
โยเกิร์ต สารสกัดกระเทียมดำ 1เปอร์เซ็นต์	1.80 \pm 0.050
โยเกิร์ต สารสกัดกระเทียมดำ 2เปอร์เซ็นต์	3.15 \pm 0.12
โยเกิร์ต สารสกัดกระเทียมดำ 3เปอร์เซ็นต์	3.93 \pm 0.065

ผลการศึกษาปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกในโยเกิร์ตกระเทียมดำในภาพที่ 4 พบว่า โยเกิร์ตที่เสริมสารสกัดกระเทียมดำ มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก $7.17-7.47 \log \text{CFU/g}$ ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ที่มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกเท่ากับ $7.82 \log \text{CFU/g}$ และเป็นที่น่าสังเกตว่า การเติมสารสกัดกระเทียมดำ 2 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกสูงกว่าการเติมสารสกัด 1 เปอร์เซ็นต์ และ 3 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ในตัวอย่างโยเกิร์ตที่เติมสารสกัดกระเทียมดำมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกมากกว่า $7 \log \text{CFU/g}$ ซึ่งนับว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของน้ำนมหมักที่ต้องมีเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในกรรมวิธีการผลิตไม่น้อยกว่า 10,000,000 โคโลนีต่อกรัม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 353 พ.ศ.2556 ซึ่งเท่ากับ $7 \log \text{CFU/g}$ นั้นเอง สำหรับปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกในโยเกิร์ตโฮมเมด Tolu & Altun (2021) ได้รายงานไว้ว่าอยู่ในช่วง $7-8.74 \log \text{CFU/g}$ และการที่ปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกมีปริมาณที่ลดลงเมื่อเติมสารสกัดกระเทียมดำอาจเนื่องมาจากฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียของกระเทียมดำ โดย Halimah & Hasan (2020) และ Halimah & et al. (2021) ได้รายงานว่าการสกัดเมธานอลของกระเทียมดำมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกรูปร่างกลม จีโนส *Streptococcus* ซึ่งเป็นจีโนสเดียวกับเชื้อแบคทีเรียที่เป็นหัวเชื้อโยเกิร์ต โดยสามารถยับยั้ง *Streptococcus pneumoniae*, *Strep. mutans*, *Strep. pyogens* รวมถึง *Enterococcus faecalis* ด้วย



ภาพที่ 4 ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกในโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำ

เมื่อนำโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำ 1 เปอร์เซ็นต์, 2 เปอร์เซ็นต์ และ 3 เปอร์เซ็นต์ มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ใช้วิธีทดสอบแบบ 9 point hedonic sale มีคุณลักษณะการทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยกำหนดให้คะแนน 9 หมายถึง การยอมรับมากที่สุด และคะแนน 1 หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุด จากผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน พบว่า ผู้ทดสอบมีคะแนนความชอบเฉลี่ย โยเกิร์ตที่เติมสารสกัดกระเทียมดำ 1 เปอร์เซ็นต์ มากถึง 7.86 เมื่อเทียบกับโยเกิร์ตกลุ่มควบคุม (8.15) รองลงมาคือ โยเกิร์ตสารสกัดกระเทียมดำ 2 เปอร์เซ็นต์ คะแนนความชอบเฉลี่ย คือ 6.35 และโยเกิร์ตสารสกัดกระเทียมดำ 3 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความชอบเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 5.12 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2 ซึ่งจากงานวิจัยของ Shin et al. (2010) รายงานว่าควรใช้สารสกัดกระเทียมน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ในการเตรียมโยเกิร์ตด้วยนมผงขาดมันเนย

ตารางที่ 2 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำ

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณสารสกัดกระเทียมดำที่เสริมในโยเกิร์ต*			
	0	1 เปอร์เซ็นต์	2 เปอร์เซ็นต์	3 เปอร์เซ็นต์
ลักษณะปรากฏ	8.05	7.80	6.80	5.70
สี	7.80	8.15	7.20	5.00
กลิ่นรส	8.25	7.70	5.25	4.85
รสชาติ	7.65	7.20	5.75	4.75
เนื้อสัมผัส	8.60	8.25	7.05	5.40
ความชอบโดยรวม	8.55	8.25	6.05	5.00
คะแนนความชอบเฉลี่ย	8.15	7.89	6.35	5.12

*ค่าเฉลี่ยแต่ละลักษณะจากการเก็บข้อมูล 20 คน

สรุปผลและเสนอแนะ

โยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำมีค่าพีเอชต่ำกว่า 4.5 ตามมาตรฐานและใกล้เคียงกับชุดควบคุม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำสูงกว่าโยเกิร์ตชุดควบคุม ปริมาณเซลล์แบคทีเรียที่มีชีวิตในโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำต่ำกว่าในโยเกิร์ตชุดควบคุม อย่างไรก็ตามในโยเกิร์ตเสริมสารสกัดกระเทียมดำมีแบคทีเรียกรดแลคติกอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข นอกจากนี้คะแนนทางประสาทสัมผัสโดยรวมของโยเกิร์ตที่เติมสกัดกระเทียมดำต่ำกว่าโยเกิร์ตชุดควบคุม ซึ่งมีข้อสังเกตในการเก็บข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัสควรแยกกลุ่มของผู้ทดสอบตามอายุและเพศอย่างชัดเจนเพื่อให้มีความใกล้เคียงกัน เพราะผลที่ได้ในโครงการนี้ชี้ให้เห็นในระดับหนึ่งว่าอายุและเพศมีผลต่อความชอบโดยรวม จึงสรุปได้ว่าโยเกิร์ตเสริมสารสกัดจากกระเทียมดำสามารถเป็นอาหารเชิงหน้าที่ (functional food) เมื่อดูจากฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยจะมีการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพอื่นๆ ของโยเกิร์ตที่เติมสกัดกระเทียมดำต่อไป รวมทั้งควรศึกษาหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของโยเกิร์ตระหว่างการเก็บรักษา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สำหรับสถานที่ และสิ่งอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 353. (2556). นมเปรี้ยว. น.79.
 อุษา ภูคัสมาศ. (2555). โยเกิร์ต อาหารที่มีจุลินทรีย์สุขภาพ. *อาหาร*, 42, 134-138.
 Choi, I. C., Cha, H. S., Lee, Y. S. (2014). Physicochemical and antioxidant properties of black garlic. *Molecules*, 19, 16811-16823. doi:10.3390/molecules191016811

- Duan, X.J., Zhang, W.W., Li, X.M., & Wang, B.G. (2006). *Evaluation of antioxidant property of extract and fractions obtained from a red alga, Polysiphonia urceolata*. *Food Chemistry* 95: 37–43.
- Eyupoglu, O. E. (2019). Antioxidant activities, phenolic contents and electronic nose analysis of black garlic. *International Journal of Secondary Metabolites*. 6, 154-161.
- Fedelis, M., Oliveira, S. M., Santos, J. S., Escher, G. B., Rocha, R. S., Cruz, A. G., Carmo., M. A. V., Azevedo, Kaneshima, T., Oh, W. Y., Shahidi, F., & Granato, D. (2019). From byproduct to functional ingredient: Camu-camu (*Myrciaria dubia*) seed extracts as an antioxidant agent in a yogurt model. *Journal of Dairy Science*, 103, 1131-1140.
- Gao, H-X., Yu, Z-L., He, Q., Tang, S-H., & Zeng, W-C. (2018). A potentially functional yogurt co-fermentation with *Gnaphalium affine*. *LWT-Food Science and Technology*. 91, 423-430.
- Halimah, L. S., Nawangsih, & Hasan, K. (2021). Analysis of antibacterial and antioxidant activities of a single bulb of garlic fermented into black garlic. *Advances in Health Sciences Research*. 37. <https://doi.org/10.2991/ahsr.k.210723.021>.
- Halimah, L. S., & Hasan, K. (2020). Differences of biochemical characterization of garlic and black garlic on antibacterial and antioxidant activities. *Journal of Physics: Conference Series*, 1764. doi: 10.1088/1742-6596/1764/1/012005.
- Oh, N. S., Lee, J. Y., Joung, J. Y., kim, K. S., Skin, Y. K., Lee, K-W., Kim, S. H., Oh, S. N., & Kim, Y. (2016). Microbiological characterization and functionality of set-type yogurt fermented with potential prebiotic substrates *Cudranis tricuspidate* and *Morus alba* L. leaf extracts. *Journal of Dairy Science*. 99, 6014-6025.
- Kimura, S., Tung, Y. C., Pan, M. H., Su, N. W., Lai, Y. J., & Cheng, K. C. (2016). Black garlic: A critical review of its production, bioactivity, and application. *Journal of Food and Drug Analysis*. 25, 62-70.
- O-Sullivan, A. M., O-Grady, M. N., O-Callaghan, Y. C., Smyth, T. J., O-Brien, N. M., & Kerry, J. P. (2016). Seaweed extracts as potential functional ingredients in yogurt. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 37, 293-299.
- Sarkar, S. (2019). Potentiality of probiotic yoghurt as a functional food-a review. *Nutrition & Food Science*. 49, 182-202.
- Shin, J-H., Kim, G-M., & Kang, M-J. (2010). Preparation and quality characteristics of yogurt with black garlic extract. *Korean Journal of Food and Cookery Science*. 26, 307.
- Tolu, A., & Altun, I. (2021). Comparison of homemade and commercial yogurt in Van province, Turkey. *Food Science and Technology*. doi: <https://doi.org/10.1590/fst.08321>

Wang, W., & Sun, Y. (2017). *In vitro* and *in vivo* antioxidant activities of polyphenol extracted from black garlic. *Food Science and Technology*. 37. doi: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.30816>.

Westerik, N., Wacoo, A. P., Sybesma, W., & Kort, R. (2016). Novel production protocol for small-scale manufacture of probiotic fermented foods. *Journal of Visualized Experiments*. 115, e54365, doi:10.3791/54365.

การพัฒนาตำรับเมนูอาหารจากไข่ขาวสำหรับผู้ป่วย Development of food recipe from egg white for patients

สุจาริณี สังข์วรรณะ^{1*} ศกุนताल มานะกล้า² จุฑาวรรณ นวลจันทร์คง³ ปัทมาภรณ์ เจริญนนท์⁴

สาขาวิชาโภชนาการและการกำหนดอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์^{1,2,3,4}

*Corresponding author: E-mail: sujarinee@vru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตำรับเมนูอาหารจากไข่ขาวสำหรับผู้ป่วยในโรงพยาบาลที่ต้องการเสริมโปรตีน ผู้วิจัยจัดทำเมนูอาหาร จำนวน 3 รายการ คือ ผัดซีอิ้วไข่ขาว ลาบไข่ขาว และผัดกะเพราไข่ขาว กลุ่มตัวอย่าง คือ นักโภชนาการและพนักงานฝ่ายโภชนาการ จำนวน 60 คน เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้ Hedonic 9-point Test

ผลการวิจัย พบว่าเมนูอาหารที่ได้รับคะแนนมากที่สุด คือ ผัดซีอิ้วไข่ขาว (7.5 ± 1.2 คะแนน) ลาบไข่ขาว (7.4 ± 1.4 คะแนน) และผัดกะเพราไข่ขาว (6.8 ± 1.3 คะแนน) ตามลำดับ คะแนนความชอบโดยรวมของเมนูอาหารจากไข่ขาวอยู่ในช่วงระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก (6.8-7.5 คะแนน) ดังนั้นเมนูอาหารจากไข่ขาวนี้สามารถนำไปใช้ในผู้ป่วยที่ต้องการเสริมโปรตีนได้

คำสำคัญ : ไข่ขาว; ตำรับอาหาร; โภชนาการ

Abstract

This study aimed to develop a menu recipe from egg white for hospital patients who need protein supplementation. The researcher prepared 3 menus; Stir-fried egg white with soy sauce, Spicy minced egg white salad, and Stir-fried egg white with basil. The participants consisted of 60 nutritionists and nutrition staff members. The research instrument was the sensory acceptance test using the Hedonic 9-point Test.

The results showed that the menu that received the highest scores was Stir-fried egg white with soy sauce (7.5 ± 1.2 points), Spicy minced egg white salad (7.4 ± 1.4 points), and Stir-fried egg white with basil (6.8 ± 1.3 points), respectively. Overall liking scores for egg white menus ranged from moderately to very much liked (6.8-7.5 points). Therefore, this egg white diet can be used in patients who need protein supplementation.

Keywords: Egg white; Food recipes; Nutrition

บทนำ

ปัจจุบันการเสริมโปรตีนในอาหารของโรงพยาบาลเกิดขึ้นอย่างแพร่หลาย เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยได้รับโปรตีนอย่างเพียงพอตามสภาวะของโรคที่เป็นอยู่และส่งผลต่อรักษาให้ดีขึ้น ไข่เป็นอาหารที่มีโปรตีนสูงและเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี มีกรดอะมิโน แร่ธาตุ และวิตามินที่จำเป็นต่อร่างกาย และที่สำคัญมีราคาไม่แพง หาซื้อได้ง่าย เหมาะกับทุกเพศและทุกช่วงวัย (กระทรวงสาธารณสุข, 2552; ประไพศรี ศิริจักรวาล และคณะ, 2558) การให้ความรู้ต่อผู้ป่วยมีอิทธิพลต่อการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับอาหาร โภชนาการ และสภาวะของโรค ดังนั้นในปัจจุบันผู้ป่วยส่วนใหญ่จึงเลือกรับประทานทั้งฟองด้วยมีความเชื่อที่ไข่ไม่ได้เป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็งหรือการลุกลามของโรคมะเร็งอีกต่อไป (ทิพย์วรรณ อรัญดร และคณะ, 2560) ผู้ป่วยโรคมะเร็งส่วนใหญ่จะมีภาวะขาดพลังงานและสารอาหารร่วมด้วยโดยเฉพาะโปรตีน เนื่องจากสภาวะโรคจะทำให้เกิดการสลายโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ (Donohoe, Ryan, & Reynold, 2011) และผลข้างเคียงจากการรักษา เช่น เคมีบำบัด รังสีรักษา ยาฮอร์โมน เป็นต้น ทำให้เกิดการทำลายเซลล์ข้างเคียง (อาทิตย์ กระภูฤทธิ และคณะ, 2014; Harriet, 2007) ผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม มักจะมีภาวะการสลายโปรตีนและมีค่าอัลบูมินลดลง การแก้ไขปัญหานี้ทางโภชนาการจึงต้องมีการเสริมโปรตีนเพื่อทดแทนการสูญเสียโปรตีนระหว่างฟอกเลือด โดยผู้ป่วยต้องได้รับการเสริมโปรตีน 1-1.2 กรัม/กิโลกรัม/วัน (จวีวรรณ รัตนเรือง และคณะ, 2014) และต้องมีการเสริมโปรตีนชนิดดี ซึ่งในโรงพยาบาลทั่วไปจะจัดเสิร์ฟไข่ขาวต้มเป็นหลัก กลุ่มงานโภชนศาสตร์โรงพยาบาลบุรีรัมย์ รายงานผลการบริโภคไข่ขาวต้มของผู้ป่วย พบว่า ผู้ป่วยไม่สามารถรับประทานไข่ขาวตามที่กำหนดได้ มีสาเหตุเกิดจากความเข้าใจผิด และรสชาติที่ไม่น่ารับประทานของไข่ขาวต้ม ผู้ป่วยจึงไม่ให้ความร่วมมือในการรับประทานไข่ขาวต้ม (กลุ่มงานโภชนศาสตร์ โรงพยาบาลบุรีรัมย์, 2564)

ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตำรับเมนูอาหารจากไข่ขาวสำหรับผู้ป่วยที่ต้องการเสริมโปรตีนในโรงพยาบาลให้เป็นที่ยอมรับ ทดสอบนำร่องโดยประเมินการยอมรับในกลุ่มนักโภชนาการและบุคลากรฝ่ายโภชนาการของโรงพยาบาล

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ผู้วิจัยคัดเลือกเมนูอาหารสูตรธรรมดาที่จัดเสิร์ฟในโรงพยาบาล ซึ่งจะใกล้เคียงกับอาหารทั่วไปแต่มีการปรับลดสัดส่วนและเครื่องปรุงเพื่อให้เมนูอาหารมีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสมกับสภาวะโรคต่างๆ เช่น มีโปรตีนสูง มีไขมันต่ำ และมีโซเดียมต่ำ จากนั้นพัฒนาตำรับเมนูอาหารจากไข่ขาว จำนวน 3 เมนู ได้แก่ ผัดซีอิ้วไข่ขาว ลาบไข่ขาว และผัดกะเพราไข่ขาว โดยใช้ไข่ขาวทดแทนเนื้อสัตว์หลักของเมนูอาหารทั่วไป คำนวณหาสัดส่วนของโปรตีนจากค่าพลังงานและสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันของคนไทย (Thai DRIs) โดยพลังงานทั้งหมดที่ควรได้รับต่อวัน 2,000 กิโลแคลอรี ปริมาณโปรตีนคิดจากการเปรียบเทียบพลังงานที่ควรได้รับจากสารอาหาร ร้อยละ 10 ของพลังงานทั้งหมด ดังนั้นคนไทยสุขภาพดีควรบริโภคปริมาณโปรตีน 50 กรัม/วัน (กระทรวงสาธารณสุข, 2563) หากต้องการแนะนำให้ผู้ป่วยที่ต้องการเสริมโปรตีน จะต้องเพิ่ม 1-1.2 กรัม/น้ำหนัก 1 กิโลกรัม/วัน ซึ่งจะได้ปริมาณโปรตีน 50-60 กรัมต่อวัน

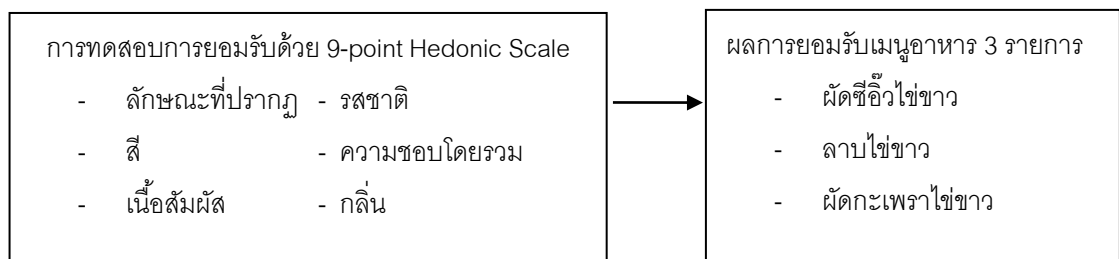
เมนูอาหารที่ปรับทดแทนเนื้อสัตว์ด้วยไข่ขาวมีวิธีการปรุงประกอบอาหาร ดังนี้

ผัดซีอิ๊วไข่ขาว 1) นึ่งไข่ขาวจนสุกแล้วหั่นเต๋า เพื่อใช้แทนเนื้อสัตว์ 2) ตั้งกระทะผัดกระเทียมให้หอม แล้วใส่ไข่ขาวนึ่งลงไปผัดให้พอสุก ปรุงรสด้วย ซีอิ๊วขาว ซีอิ๊วดำ น้ำตาลทรายแดง และพริกไทย 3) ใส่ผักคะน้าลงไปผัดเล็กน้อย ตามด้วยเส้นใหญ่ จัดเสิร์ฟ

ลาบไข่ขาว 1) นำไข่ขาวไปนึ่งจนสุก หั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมเล็กๆ 2) นำน้ำตาลทรายผสมกับน้ำปลา คนให้ละลาย 3) ใส่ไข่ขาวในชามผสม ปรุงรสด้วยน้ำมะนาว พริกป่น ข้าวคั่ว หอมแดงซอย ต้นหอม ผักชีพริกขี้หนูซอย คลุกเคล้าส่วนผสมจนเข้ากันดี ตักเสิร์ฟโรยหน้าด้วยใบสาระแน

ผัดกะเพราไข่ขาว 1) นึ่งไข่ขาวจนสุก 2) ตั้งกระทะใส่น้ำมันพืชพอร้อน ใส่กระเทียมและพริกขี้หนูลงผัดพอหอม 3) เทไข่ขาวลงไปผัด ปรุงรสด้วยซอสปรุงรส ซีอิ๊วขาว ซอสเห็ดหอม น้ำปลา และน้ำตาลทราย เติมน้ำเปล่า ผัดให้เข้ากัน 4) ใส่ใบกะเพรา ผัดให้เข้ากันอีกครั้ง จัดเสิร์ฟ

กรอบแนวคิดวิจัย



การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อเมนูอาหารที่พัฒนาขึ้น โดยนักโภชนาการ และบุคลากรของฝ่ายโภชนาการ จำนวน 60 คน ใช้เกณฑ์การประเมินการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม แบบวิธี 9-point Hedonic Scale โดยคะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุดและคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ซึ่งแปลผลค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์คะแนน ดังนี้ 8.20 – 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด 7.30 – 8.19 หมายถึง ชอบมาก 6.40 – 7.29 หมายถึง ชอบปานกลาง 5.50 – 6.39 หมายถึง ชอบเล็กน้อย 4.60 – 5.49 หมายถึง บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 3.70 – 4.59 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย 2.80 – 3.69 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง 2.90 – 2.79 หมายถึง ไม่ชอบมาก และ 1 – 1.89 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด (Wichchukit & O'Mahony, 2015)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการดำเนินการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเข้ารับเมนูอาหารจากไข่ขาว นักโภชนาการ และพนักงานฝ่ายโภชนาการมีความชอบโดยรวมของอาหาร 3 รายการ คือ ผัดซีอิ๊วไข่ขาว 7.5 ± 1.2 คะแนน ลาบไข่ขาว 7.4 ± 1.4 คะแนน และผัดกะเพราไข่ขาว 6.8 ± 1.3 คะแนน ตามลำดับ เมนูอาหารที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด ผัดซีอิ๊วไข่ขาว ตามด้วยเมนูลาบไข่ขาว และเมนูผัดกะเพราไข่ขาวเป็นลำดับสุดท้าย ($p < 0.05$) แปลผลได้ว่านักโภชนาการและพนักงานฝ่ายโภชนาการมีการยอมรับเมนูอาหารจากไข่ขาวทั้ง 3

รายการ ในระดับความชอบปานกลางไปจนถึงชอบมาก โดยได้ให้ข้อเสนอแนะแต่ละเมนู ดังนี้ ผัดซีอิ้วไข่ขาว ควรใส่รากผักชี กระเทียม พริกไทยให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มกลิ่นหอมและกระตุ้นความอยาก ลาบไข่ขาวควรเพิ่มให้มีรสเปรี้ยวมากกว่านี้ และผัดกระเพราไข่ขาว ถ้าทำเป็นกระเพรากรอบจะทำให้ลักษณะปรากฏน่ารับประทานมากยิ่งขึ้น

ผลการประเมินการยอมรับต่อเมนูอาหารจากไข่ขาวจากนักโภชนาการและบุคลากรในฝ่ายโภชนาการของโรงพยาบาล แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การประเมินคุณลักษณะทางประสามสัมผัสเมนูอาหารจากไข่ขาว (Mean±SD)

	ผัดซีอิ้วไข่ขาว	ลาบไข่ขาว	ผัดกระเพราไข่ขาว
ลักษณะปรากฏ	7.5 ± 1.3	7.2 ± 1.5	6.5 ± 1.4
สี	7.4 ± 1.3	7.5 ± 1.5	6.5 ± 1.4
เนื้อสัมผัส	7.5 ± 0.9	7.4 ± 1.2	6.5 ± 1.3
กลิ่น	7.2 ± 1.7	7.5 ± 1.4	6.9 ± 1.2
รสชาติ	7.6 ± 1.0	7.2 ± 1.6	6.6 ± 1.1
ความชอบโดยรวม	7.5 ± 1.2 ^a	7.4 ± 1.4 ^b	6.8 ± 1.3 ^c

n=60, The one-way analysis of variance (ANOVA) was used to determine a statistically significant differences between the means of three menus.

^{a-c}The mean difference is significant at the 0.05 level.

การศึกษาก่อนหน้านี้เกี่ยวกับการใช้ไข่ขาวทดแทนเนื้อไก่ในไส้ของขนมกะหรี่ปั๊พบพบว่าผู้สูงอายุยอมรับในกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ซึ่งชนิดของโปรตีนในไข่ขาวเป็นอัลบูมินที่จำเป็นสำหรับผู้สูงอายุ (สุภาวดี นาคบรรพ์, 2563) นอกจากนี้การใช้ไข่ไก่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับการทำอาหารทางสายให้อาหารสำหรับผู้ป่วย ซึ่งจะช่วยให้ผู้ป่วยมีภาวะโภชนาการที่เหมาะสม ลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อน ในผู้ป่วยเกี่ยวกับโรคหลอดเลือดสมองได้ (ภิมชญาณ์ภรณ์ จีนาใหม่, 2561) จากการดูแลทางโภชนาการในผู้ป่วยโรคไตวายระยะสุดท้าย ซึ่งต้องการเพิ่มโปรตีนโดยการบริโภคไข่ขาววันละ 5 ฟอง เมื่อถึงเวลานานขึ้นพบว่าผู้ป่วยเริ่มเบื่ออาหารและไม่สามารถรับประทานอาหารได้ทุกวันได้ การแนะนำให้ปรับเปลี่ยนเมนูโดยแนะนำให้บริโภคไข่ขาวจากการประกอบเมนูอาหารที่หลากหลายขึ้น ซึ่งช่วยให้ผู้ป่วยกลับมารับประทานไข่ขาวได้เพิ่มขึ้น (เพ็ญจันทร์ สิทธิปรีชาชาญ, 2556) อีกทั้งยังส่งผลให้ร่างกายผู้ป่วยดีขึ้นเพื่อเตรียมพร้อมกับการรักษาของแพทย์ต่อไป เมนูอาหารจากไข่ขาวสามารถเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ป่วยที่แพทย์กำหนดให้ต้องบริโภคโปรตีนที่เพิ่มขึ้น

สรุปผลและเสนอแนะ

เมนูอาหารจากไข่ขาวที่พัฒนาขึ้นโดยการใช้ไข่ขาวทดแทนเนื้อสัตว์ในเมนูอาหาร 3 รายการ ได้แก่ ผัดซีอิ้วไข่ขาว ลาบไข่ขาว และผัดกะเพราไข่ขาว เป็นที่ยอมรับด้านการทดสอบประสาทสัมผัสจากนักโภชนาการและบุคลากรฝ่ายโภชนาการในโรงพยาบาล

การศึกษาในอนาคตควรเพิ่มการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของเมนูอาหารจากไข่ขาว ควรนำเมนูอาหารจากไข่ขาวที่พัฒนาขึ้นไปจัดเสิร์ฟเป็นอาหารในโรงพยาบาลสำหรับผู้ป่วยที่ต้องเสริมโปรตีนด้วยไข่ขาวต้ม

เอกสารอ้างอิง

- กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2552). *ข้อปฏิบัติในการกินอาหารเพื่อสุขภาพที่ดีของคนไทย*. โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก.
- กลุ่มงานโภชนศาสตร์ โรงพยาบาลบุรีรัมย์. *การพัฒนาเมนูไข่ขาว*. <http://www.brh.go.th/index.php/2019-04-10-03-37-21/106-2019-04-17-03-58-19>
- ทิพย์วรรณ อรัญดร, อนงนาฏ เรืองดำ, พรพิศ เรืองขจร, นันทน์ภัส พุฒเพชรแก้ว, และภัทรพิมพ์ สรรพวีรวงศ์. (2560). ภาวะโภชนาการ ความเชื่อและพฤติกรรมการบริโภคอาหารประเภทเนื้อสัตว์ในผู้ป่วยมะเร็ง. *วารสารโรคมะเร็ง*, 37, 127-141.
- ประไพศรี ศิริจักรวาล, อุไรพร จิตต์แจ่ม, กิตติ สรณเจริญพงศ์, อรพินท์ บรรจง, และอชิรญา คำจันทร์ สุภสิน. (2558). *คู่มือแนวทางปฏิบัติการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพที่ดีสำหรับผู้สูงอายุไทย รายงานส่งสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ*.
- ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย. (2563). *สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข*. ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ.วี. โปรเกรสซีฟ
- เพ็ญจันทร์ สิทธิปรีชาชาญ. (2013). การแบ่งปันประสบการณ์การดูแลแบบประคับประคองสำหรับผู้ป่วยระยะท้าย. *Journal of Nursing Science*, 31(3), 18-26.
- ภิมชญาณ์ภรณ์ จีนาใหม่. (2561). *การพัฒนาสูตรอาหารทางสายที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง โรงพยาบาลประสาทเชียงใหม่*. <http://www.cmneuro.go.th/TH/R2R-2561.php>
- รวิวรรณ รัตนเรือง, วรรณภา ประไพพานิช, พูลสุข เจนพานิชย์, วิสุทธิพันธ์, และสุชฎทัย เลขยานนท์. (2014). ผลของโปรแกรมส่งเสริมการบริโภคอาหารเน้นโปรตีนในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม. *Ramathibodi Nursing Journal*, 20(3).
- สุภาวดี นาคบรรพ์. (2563). การใช้ไข่ขาวทดแทนเนื้อไก่ในไส้ของกะหรี่ปั๊บบ้างเพื่อผู้สูงอายุ. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 15(1), 37-46.
- Donohoe, C. L., Ryan, A. M., & Reynold, J. V. (2011). Cancer cachexia: Mechanisms and clinical implications. *Gastroenterology Research and Practice*, 1(60), 1434.
- Harriet, J. (2007). Critical weight loss in head and neck cancer prevalence and risk factors at diagnosis: an explorativestudy. *Support Care Cancer*, 15(9), 1045-5.

- Krapoohrit, A., Keawkha, J., Jongsatitpaiboon, J., & Powwattana, A. (2014). Nutrition asesment and nutrition care in head and neck cancer patient by nurse. In: *The 15th graduate reaseach conferences*; March 28, 2014. (pp. 1666-1674). Graduate School, Khon Kaen University,
- Wichchukit, S., & O'Mahony, M. (2015). The 9-point hedonic scale and hedonic ranking in food science: some reappraisals and alternatives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(11), 2167–2178. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6993>

การประเมินความพึงพอใจของสื่อให้ความรู้ทางโภชนาการสำหรับโรคเบาหวาน
แบบออนไลน์สำหรับผู้ป่วยและผู้ดูแล ในแผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาล
Satisfaction assessment of nutritional education materials for diabetes
an online form for patients and caregivers in hospital outpatient departments

สุจาริณี สังข์วรรณะ^{1*} ศกุนताल มาณะกล้า² จุฑาพรรณ นวลจันทร์คง³ ปัทมาภรณ์ เจริญนนท์⁴

สาขาวิชาโภชนาการและการกำหนดอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์^{1,2,3,4}

*Corresponding author: E-mail: sujarinee@vru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบเชิงพรรณนา มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อสื่อให้ความรู้ทางโภชนาการสำหรับโรคเบาหวานที่แผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาล ผู้วิจัยเผยแพร่สื่อให้ความรู้ลงในระบบคิวออนไลน์ของโรงพยาบาล เป็นระยะเวลา 1 เดือน ได้แก่ 1) การดูแลรักษาตนเองเพื่อป้องกันการเกิดโรคเบาหวาน 2) การปฏิบัติตนเมื่อเป็นโรคเบาหวานอย่างถูกวิธี 3) ปริมาณน้ำตาลในเครื่องดื่ม 4) สัญญาณเตือนโรคเบาหวาน 5) ทานอย่างไรให้น้ำตาลคงที่ 6) เมนูที่ผู้ป่วยเบาหวานควรระวัง และ 7) ปริมาณน้ำตาลในผลไม้ ประเมินความพึงพอใจในการใช้สื่อโดยผู้ป่วยและผู้ดูแลผู้ป่วยในช่วงระหว่างรอพบแพทย์ จำนวน 60 คน ผลพบว่ามีคะแนนเฉลี่ยของความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่พึงพอใจมากที่สุด (4.73±0.76 คะแนน); แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความน่าสนใจของสื่อ 4.83±0.85 คะแนน ด้านความเข้าใจและการนำไปใช้ประโยชน์ 4.76±0.71 คะแนน และคะแนนด้านเนื้อหา 4.59±0.72 คะแนน ตามลำดับ สื่อให้ความรู้แบบออนไลน์ที่มีความน่าสนใจอาจช่วยกระตุ้นการเรียนรู้เรื่องโรคเบาหวานของผู้ป่วยและผู้ดูแลผู้ป่วยได้

คำสำคัญ : สื่อให้ความรู้ทางโภชนาการ; โรคเบาหวาน; ผู้ป่วยนอก

Abstract

This research was a descriptive study. The objective of this study was to evaluate the satisfaction of nutritional education materials for diabetes mellitus at the hospital outpatient department. The researcher disseminated educational materials into the hospital's online queue system for a period of 1 month. These include; 1) self-care to prevent diabetes 2) diabetes management guidelines 3) sugar content in beverages 4) diabetes warning signs 5) how to eat to keep sugar stable 6) the menu that patients with diabetes should be careful and 7) the amount of sugar in fruit. The media satisfaction was assessed by 60 patients and their caregivers during the waiting time to see a doctor. The results showed that the average score of overall satisfaction was the highest level (4.73±0.76 points); divided into 3 contents were the attractiveness of media

4.83±0.85 points, comprehension and utilization 4.76±0.71 points, and a content score 4.59±0.72 points, respectively. Interesting online educational materials may help stimulate learning about diabetes for patients and their caregivers.

Keywords: Nutritional education media; Diabetes mellitus; Outpatient department

บทนำ

โรคเบาหวานเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่เป็นปัญหาสำคัญซึ่งทวีความรุนแรงไปทั่วโลกสถานการณ์จำนวนผู้ป่วยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างทวีคูณ 463 ล้านคนในอีก 24 ปีข้างหน้า โดยความรุนแรงของโรคพบว่า 1 ใน 5 ของผู้สูงอายุ 65 ปีขึ้นไปป่วยเป็นโรคเบาหวาน (International Diabetes Federation, 2021) ส่วนใหญ่ผู้ป่วยเบาหวานมีประวัติไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งจะส่งผลให้เกิดภาวะแทรกซ้อนที่อันตรายตามมาและนำไปสู่การสูญเสียคุณภาพชีวิต ความสามารถในการดำรงชีวิตหรือทุพพลภาพ และกระทบต่อภาวะเศรษฐกิจของประเทศ (สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์, 2556) แนวทางเวชปฏิบัติสำหรับการดูแลผู้ป่วยเบาหวานด้านโภชนาการเพื่อให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น คือ การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ เน้นเรื่องอาหารเพื่อให้ผู้ป่วยเบาหวานลดการบริโภคน้ำตาลทั้งน้ำตาลจากธรรมชาติและน้ำตาลเทียม ลดอาหารที่มีไขมัน และลดอาหารที่มีโซเดียม เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ไขมันในหลอดเลือดสูง และโรคหัวใจและหลอดเลือด (Standards of Medical care in diabetes, 2019)

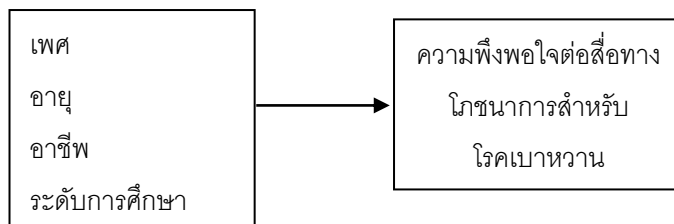
การศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าการใช้โปรแกรมให้ความรู้เรื่องโรคเบาหวานแบบมัลติมีเดียสามารถเพิ่มความรู้อุณหภูมิเกี่ยวกับการฉีดอินซูลินและทักษะการฉีดฮอร์โมนอินซูลินให้กับผู้ป่วยโรคเบาหวานได้ (Huang, Hung, Yu, Berry, Shin & Hsu., 2017) เช่นเดียวกับงานวิจัยการใช้สื่อผสมกับการให้ความรู้โดยพยาบาลซึ่งพบว่าสามารถช่วยให้ผู้ป่วยโรคหัวใจและหลอดเลือดลดความกังวลและลดภาวะซึมเศร้าได้ (Demircelik *et al.*, 2016) การเข้าถึงข้อมูลด้านการรับรู้เกี่ยวกับความเสี่ยงโรคเบาหวานสามารถทำได้ง่ายและเป็นจุดสำคัญอย่างยิ่งในการส่งเสริมสุขภาพโดยเลือกใช้ช่องทางต่างๆ (เพชรรัตน์ เกิดดอนแฝก และคณะ, มปป) ซึ่งปัจจุบันแนวทางการผลิตสื่อให้ความรู้ผู้ป่วยเบาหวานมีหลากหลายรูปแบบ เช่น หนังสือโปสเตอร์ แผ่นพับ สไลด์ เกมส์ แต่อย่างไรก็ตามพบว่ายังมีผู้ป่วยจำนวนมากไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ตามที่แพทย์กำหนด หากสื่อมีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ โดยมีรูปภาพที่ช่วยให้เข้าใจได้ง่าย เข้าถึงผู้ป่วย และดึงดูดความสนใจได้ โดยจะเป็นตัวกลางการถ่ายทอดความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้กระตุ้นผู้ป่วยเกิดการแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ (ฉันทพร ธนารุณ, 2556)

ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อสื่อทางโภชนาการสำหรับโรคเบาหวานซึ่งรวบรวมข้อมูลแนวทางการดูแลตนเองในสภาวะโรคเบาหวานที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบันสำหรับเผยแพร่ข้อมูลแบบออนไลน์ในคลินิกผู้ป่วยเบาหวาน โดยประเมินผลความพึงพอใจจากการใช้สื่อโดยผู้ป่วยเบาหวานและผู้ดูแลผู้ป่วยโดยตรง

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบเชิงพรรณนา ผู้วิจัยศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับโรคเบาหวานเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ป่วย และการช่วยเหลือผู้ป่วยในด้านที่ยังไม่สามารถจัดการกับปัญหาทางโภชนาการที่ส่งผลต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ จากนั้นคัดเลือกเนื้อหา วาดภาพ และจัดวางให้มีความเหมาะสม อ่านง่าย เข้าใจได้ง่าย จากนั้นทำการสุ่มผู้ป่วย ผู้ดูแล หรือญาติของผู้ป่วย ที่มารักษาตามวันและเวลานัดของคลินิกเบาหวานผู้ป่วยนอกในโรงพยาบาลเอกชนแห่งหนึ่ง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ทำแบบประเมินสื่อทางโภชนาการสำหรับโรคเบาหวานโดยความสมัครใจ หลังจากที่ได้เห็นสื่อจากจอโทรทัศน์ที่ติดฝาผนังของคลินิก โดยจะฉายซ้ำตลอดวันซึ่งมีการสลับเนื้อหาทั้ง 7 ด้าน ดังนี้ 1) การดูแลรักษาตนเองเพื่อป้องกันการเกิดโรคเบาหวาน 2) การปฏิบัติตนเมื่อเป็นโรคเบาหวานอย่างถูกวิธี 3) ปริมาณน้ำตาลในเครื่องดื่ม 4) สัญญาณเตือนโรคเบาหวาน 5) ทานอย่างไรให้น้ำตาลคงที่ 6) เมนูที่ผู้ป่วยเบาหวานควรระวัง และ 7) ปริมาณน้ำตาลในผลไม้

กรอบแนวคิดการวิจัย



เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามแบบของ Likert แบ่งมาตราส่วนออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับความพึงพอใจ	คะแนน
มากที่สุด	4.51-5.00
มาก	3.51-4.50
ปานกลาง	2.51-3.50
น้อย	1.51-2.50
น้อยที่สุด	1.00-1.50

ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Index of item Objective Congruence : IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.91 นำไปทดลองใช้ (Try-out) กับกลุ่มประชากรผู้ป่วยเบาหวานที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน นำผลทดสอบที่ได้มาคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha-Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.84

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา แสดงผลข้อมูลเป็น จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กลุ่มตัวอย่าง จำนวนทั้งหมด 60 คน ทั้งเพศชายและหญิง แบ่งออกเป็นเพศชาย 32 คน และเพศหญิง 28 คน มีอาชีพรับจ้างทั่วไป 37 คน เกษตรกร 9 คน ข้าราชการ 5 คน ประกอบธุรกิจส่วนตัว 4 คน และอื่นๆ 5 คน ระดับการศึกษา จบชั้นประถมศึกษา 7 คน มัธยมศึกษา 15 คน อนุปริญญา 23 คน และปริญญาตรี ขึ้นไป 15 คน แสดงผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (n=60)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (n)	ร้อยละ (%)
เพศ		
ชาย	32	53.3
หญิง	28	46.7
อายุ (ปี)		
30-39	8	13.3
40-49	10	16.7
50-59	19	31.7
60 ขึ้นไป	23	38.3
อาชีพ		
รับจ้างทั่วไป	37	61.7
เกษตรกร	9	15.0
ข้าราชการ	5	8.3
ธุรกิจส่วนตัว	4	6.7
อื่นๆ	5	8.3
ระดับการศึกษา		
ประถมศึกษา	7	11.7
มัธยมศึกษา	15	25.0
อนุปริญญา	23	38.3
ปริญญาตรี ขึ้นไป	15	25.0

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อโภชนาการให้ความรู้เรื่องโรคเบาหวานแบบออนไลน์ มีดังนี้ 1) ด้านเนื้อหา 2) ความน่าสนใจของสื่อ และ 3) ความเข้าใจและการนำไปใช้ประโยชน์ แสดงผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การประเมินความพึงพอใจต่อสื่อโภชนาการสำหรับโรคเบาหวานแบบออนไลน์

ความพึงพอใจ	คะแนน	แปลผล
ด้านเนื้อหาของสื่อ		
มีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ	4.53±0.59	มากที่สุด
มีการจัดลำดับเป็นขั้นตอน	4.46±0.72	มาก
มีความทันสมัย	4.90±0.71	มากที่สุด
มีความเหมาะสม	4.48±0.85	มาก
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.59±0.72	มากที่สุด
ด้านความน่าสนใจของสื่อ		
ความเหมาะสมของสี	5.00±0.92	มากที่สุด
ความสอดคล้องของภาพ	4.95±0.84	มากที่สุด
ความชัดเจนของตัวอักษร	4.38±0.79	มาก
ความเหมาะสมของการจัดวางองค์ประกอบ	5.00±0.84	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.83±0.85	มากที่สุด
ความเข้าใจและการนำไปใช้ประโยชน์		
สื่อสามารถเป็นแหล่งให้ความรู้	4.69±0.59	มากที่สุด
สื่อให้ความรู้ตรงกับความต้องการ	4.77±0.82	มากที่สุด
การได้รับความรู้จากสื่อ	4.78±0.70	มากที่สุด
การนำความรู้จากสื่อไปใช้ในชีวิตประจำวัน	4.80±0.72	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.76±0.71	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ยของความพึงพอใจโดยรวม	4.73±0.76	มากที่สุด

จากผลประเมินความพึงพอใจสื่อให้ความรู้ทางโภชนาการสำหรับโรคเบาหวานในระบบคิวแบบออนไลน์ของโรงพยาบาล พบว่า ความพึงพอใจโดยรวมมีคะแนนเฉลี่ย 4.73±0.76 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจด้านความน่าสนใจของสื่อสูงที่สุด (4.83±0.85 คะแนน) รองลงมา ได้แก่ ด้านความเข้าใจและการนำไปใช้ประโยชน์ (4.76±0.71 คะแนน) และด้านเนื้อหา (4.59±0.72 คะแนน) ตามลำดับ โดยกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจเป็นอย่างมากต่อสื่อให้ความรู้ ทั้ง 3 ด้าน เมื่อวิเคราะห์ด้านความน่าสนใจของสื่อซึ่งพบว่ามีคะแนนที่สูงที่สุด คือ ด้านความเหมาะสมของสี (5.00±0.92 คะแนน) และความเหมาะสมของการจัดวางองค์ประกอบ (5.00±0.84 คะแนน) ซึ่งแนวทางการออกแบบสื่อที่มีด้านสีสันและกราฟิกดูสนุกสนานเสมือนมี

ชีวิต ผู้รับสื่อจะมีความพึงพอใจต่อสีสันทัน และรูปแบบการจัดวาง ภาพประกอบ ที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาที่ ต้องการจะช่วยให้การสื่อสารมีประสิทธิภาพได้เป็นอย่างดี (ธัญพร ธนารุณ, 2556) เช่นเดียวกับการเลือกใช้ภาพ โปสเตอร์แบบป๊อปอาร์ตที่มีตัวอย่างอาหารประกอบช่วยให้เกิดความรู้เกี่ยวกับอาหารสูงกว่าอีกกลุ่ม ($p < 0.01$) (วาสนา บุญจู, สิริพันธ์ จุลรังคะ, และอัณชัญญ์ อุทัยพัฒนาชีพ, 2551) และการทดลองใช้สื่อสติกเกอร์ไลน์ที่มี ข้อความเรื่องโรคเบาหวานแทรกอยู่ด้วย ส่งต่อบนแอปพลิเคชันไลน์ เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ วันละ 3 ครั้ง ช่วย ให้ผู้มีความรู้และความเข้าใจต่อโรคเบาหวานด้านความเสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนจากโรคเบาหวานได้ (สุจิตรา ภรณ์ ทับครอง, เพ็ญรุ่ง นวลแจ่ม, นิตยา วิโรจนะ, และพวงจนา ดวงจันทร์, มปป)

การใช้สื่อด้านเนื้อหาที่มีความกระชับ ลดทอนเนื้อหาหลง จะส่งผลต่อการเรียนรู้ได้ดีในเวลาที่จำกัด มี ประโยชน์ทั้งต่อผู้ป่วยและผู้ดูแลที่จะจดจำนำไปปฏิบัติต่อได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยด้านการ ส่งเสริมความรู้เรื่องการบริหารโภชนาการอย่างถูกหลักโภชนาการผ่านสื่อ โดยพบว่าผลดีกว่าการได้รับการดูแล ด้านโภชนาการจากคนในครอบครัวเพียงอย่างเดียว (พัชรี ประไพพิณ, 2547) การให้ความรู้ด้านสุขภาพในผู้ป่วย เบาหวาน โดยใช้ข้อปฏิบัติจากสมาคมโรคเบาหวานแห่งประเทศไทย โดยมีเนื้อหาของภาวะแทรกซ้อน เป้าหมาย การควบคุมระดับน้ำตาล การควบคุมอาหาร การออกกำลังกาย การดูแลเท้า การช้ำยา การจัดการความเครียด สามารถช่วยปรับพฤติกรรมสุขภาพของผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ (นฤมล ศรีผดุง และ ไกรสร อัมมวรรณ, มปป) การให้ผู้ป่วยได้ศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองระหว่างรอพบแพทย์ในโรงพยาบาลช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ ซึ่ง สอดคล้องกับงานวิจัยด้านสื่อที่ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองสำหรับผู้ป่วยโรคเรื้อรัง พบว่ามีประโยชน์ต่อผู้ป่วย ด้านเนื้อหาและการนำไปใช้ประโยชน์ ($\bar{X} = 4.67$) (โสภณพันธ์ สอาด, 2558) เช่นเดียวกับงานวิจัยการใช้สื่อ วิดีทัศน์หนึ่งตะลุมสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน ที่พบว่าผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 มีความรู้เพิ่มขึ้นและมีพฤติกรรม การดูแลตนเองดีขึ้น หลังจากดูสื่อที่สนุกและตรงกับความต้องการ (สุทธนันท์ กลกะ, มปป.)

การที่ผู้ป่วยพร้อมทั้งผู้ดูแล เช่น ญาติ ได้มีโอกาสเรียนรู้ผ่านสื่อให้ความรู้ในระหว่างรอพบแพทย์จะช่วย ส่งผลดีต่อการจัดการปัญหาในผู้ป่วย โดยเฉพาะญาติจะได้มีความเข้าใจต่อสภาวะของโรคได้อย่างถูกต้อง อีกทั้ง เป็นแรงเสริมในการกลับไปดูแลผู้ป่วยที่บ้านได้อีกช่องทางหนึ่ง ซึ่งการใช้สื่อโซเซียลมีเดียร่วมกับแรงบันดาลใจ ทางสังคมมีผลต่อการพฤติกรรมลดน้ำหนักและน้ำหนักกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สุภาพ พุทธิปัญญา, นิจจรา พุทธิธรรม, นันทิพัฒน์ พัฒนโชติ, 2559)

กลุ่มตัวอย่างให้ข้อเสนอแนะว่าตัวหนังสือค่อนข้างเล็ก สำหรับผู้สูงอายุอาจจะยากในการมองเห็น ผล การประเมินความพึงพอใจด้านความชัดเจนของตัวหนังสือมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.38 ± 0.79 คะแนน ผู้ป่วยที่มารับ ยาและพบแพทย์มีความหลากหลายของช่วงวัย โดยพบว่า 38.3% เป็นกลุ่มผู้สูงอายุ สื่อที่สร้างเพื่อผู้สูงวัยควรมี ขนาดใหญ่ซึ่งจะทำให้เห็นภาพและตัวอักษรชัดเจน เลือกใช้รูปแบบที่อ่านง่าย ใช้ภาพประกอบที่กระตุ้นความ สนใจและส่งเสริมความเข้าใจ (ธัญพร ธนารุณ, 2556) อย่างไรก็ตามผลการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อมี ข้อเสนอแนะในเชิงบวกด้านความสวยงามของสื่อ รูปแบบสามารถเข้าใจได้ง่าย และมีความต้องการให้มีสื่อใน โรคไม่ติดต่อเรื้อรังประเภทอื่นๆ เพิ่มเติมเพื่อให้มีความหลากหลายมากขึ้น

สรุปผลและเสนอแนะ

สื่อทางโภชนาการสำหรับโรคเบาหวานแบบออนไลน์ที่มีเนื้อหาสอดคล้องตรงกับสภาวะโรค มีความน่าสนใจ และส่งผลต่อความเข้าใจและการใช้ประโยชน์ จะเป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้ป่วยและผู้ดูแลผู้ป่วย หากผู้ป่วยโรคเบาหวานและผู้ดูแลนำสื่อนี้ไปใช้ในการดูแลผู้ป่วยอาจมีส่วนช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ให้สามารถจัดการปัญหาระดับน้ำตาลในเลือดได้ ในการวิจัยข้างหน้าควรมีการวิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจต่อสื่อทางโภชนาการแยกระหว่างผู้ป่วยและญาติผู้ป่วย และมีการพัฒนาเนื้อหาและรูปภาพที่สอดคล้องกับโรคเบาหวานเพิ่มเติมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ธัญพร ธนาภรณ์. (2556). การออกแบบสื่อผสมเพื่อการเรียนรู้โรคเบาหวานในผู้ป่วยวัยชรา. *Veridian E-Journal SU*, 6(5).

นฤมล ศรีผดุง และไกรสร อัมมวรรณ. (ม.ป.ป.). ผลการใช้โปรแกรมการให้ความรู้สำหรับดูแลตนเองของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่2ในคลินิกเบาหวานของโรงพยาบาลหมอสำเร็จจังหวัดสุพรรณบุรี. *วารสารบัณฑิตศึกษา*, 1416-1429.

เพชรรัตน์ เกิดดอนแฝก, บุญจันทร์ วงศ์สุนพรัตน์, อุมพร อุดมทรัพย์ากุล, และเฉลิมศรี นันทวรรณ. (ม.ป.ป.). การรับรู้ความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวานตามเกณฑ์และวิถีชีวิตที่ส่งเสริมสุขภาพในญาติสายตรงลำดับแรกของผู้ที่เป็นเบาหวาน, *Ramathibodi Nursing Journal*, 16(2).

พัชรี ประไพพิน. (2547). ผลของโปรแกรมส่งเสริมโภชนาการโดยใช้เกมเป็นสื่อต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารของเด็กวัยเรียน. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
<http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/5246>.

วาสนา บุญจ, สิริพันธุ์ จุลกรังคะ และอัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ. (2551). การให้โภชนศึกษาเพื่อส่งเสริมพฤติกรรมการบริโภคอาหารไทยของเด็กวัยเรียน. *Journal of Community Development Research*, 2(2), 83-91.

สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. (2556). *สถานการณ์โรคเบาหวาน/ความดันโลหิตสูงและภาวะแทรกซ้อนในประเทศไทย*.
http://www.dms.moph.go.th/imrta/images/data/doc_dm_ht.pdf.

สุจิตราภรณ์ ทับครอง, เพ็ญรุ่ง นวลแจ่ม, นิตยา วิโรจนะ, และพาจนา ดวงจันทร์. (ม.ป.ป.). ผลของการใช้สื่อสุขภาพรูปแบบแอปพลิเคชันไลน์ต่อความรู้และความเข้าใจโรคเบาหวานของบุคลากรในสถานศึกษา. *วารสารพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม*, 19(36).

สุทธนันท์ กลกะ, รุ่งนภา จันทรา, อติญาณ ศรีเกษตริณ, ศุภลักษณ์ ธนาโรจน์, และวิลาวัณย์ เสาจภูมิพงษ์. (ม.ป.ป.). ผลของการใช้สื่อวีดิทัศน์หนึ่งตะลุงและคู่มือการดูแลตนเองต่อความรู้และพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2. *วารสารพยาบาลกระทรวงสาธารณสุข*.

สุภาพ พุทธิปัญญา, นิจฉรา ทูลธรรม, และนันทิพัฒน์ พัฒนโชติ. (2559). ประสิทธิภาพของโปรแกรมพัฒนาพฤติกรรมการดูแลสุขภาพต่อความฉลาดทางสุขภาพ พฤติกรรมการลด น้ำหนัก และน้ำหนักของบุคลากร ที่มี

ภาวะโภชนาการเกินในโรงพยาบาลร้อยเอ็ด อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด. *วารสารการพยาบาลและการศึกษา*, 9(4), 42-59.

โสภณพันธ์ สอาด. (2558). การพัฒนารูปแบบการให้ความรู้ด้านสุขภาพโดยใช้สื่อเรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับผู้ป่วยโรคเรื้อรัง. *Academic Services Journal Prince of Songkla University*, 26(2).

Demircelik, M.B., Cakmak, M., Nazil, Y., Sentepe, E., Yigit, D., Keklik, M., ...& Eryonucu, B. (2016). Effects of multimedia nursing education on disease-related depression and anxiety in patients staying in a coronary intensive care unit. *Applied Nursing Research*, 29, 5-8.

Huang, M.C., Hung, C.H., Yu, C. Y., Berry, D.C., Shin, S.J., & Hsu, Y.Y., (2017). The effectiveness of multimedia education for pateints with type 2 diabetes mellitus. *Leading Global Nursing Research*, 73(4), 943-954.

International Diabetes Federation. Retrieved 24 March 2021 from <https://www.idf.org/aboutdiabetes/what-is-diabetes.html>.

Standards of Medical care in diabetes. (2019). Diabeticcure. Retrieved 24 March 2021 from http://care.diabetesjournals.org/content/42/Supplement_1

ความหลากหลายชนิดและความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่
ป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ ตำบลแม่เปา อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย
Species Diversity and Above-ground Carbon Storage Capacity of Trees in Baan
Sobpaomai Community Forest, Maepao Subdistrict, Phaya Mengrai District,
Chiang Rai Province.

เพ็ญศรี มลิทอง¹ สุทธิ มลิทอง²

สถาบันถ่ายทอดเทคโนโลยี นวัตกรรมและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย^{1,2}

*Corresponding author: E-mail: pensimalithong@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายชนิดและความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ ตำบลแม่เปา อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย ขนาดพื้นที่ศึกษา 990 ไร่ การศึกษาทำโดยการสุ่มวางแปลงขนาด 20x50 เมตร จำนวน 3 แปลง ทำการบันทึกชื่อพันธุ์ไม้ วัดขนาดความโตที่เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 130 เซนติเมตร ของต้นไม้ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตร ขึ้นไป แล้วนำมาคำนวณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยสมการแอลโลเมตรี จากนั้นคำนวณหาค่าคาร์บอนที่กักเก็บอยู่ในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ผลการวิจัย พบว่า ป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ มีความหลากหลายชนิดของไม้ต้นทั้งสิ้น 26 วงศ์ 41 สกุล 49 ชนิด วงศ์ที่พบมากที่สุด ได้แก่ FABACEAE พบจำนวน 5 ชนิด รองลงมาคือ วงศ์ DIPTEROCARPACEAE และวงศ์ PHYLLANTHACEAE พบจำนวน 4 ชนิด มีปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ย 22,919.53 กิโลกรัม/ไร่ ปริมาณมวลชีวภาพของพื้นที่ป่าทั้งหมดเท่ากับ 22,690,341.66 กิโลกรัม และมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 10,772.18 กิโลกรัม/ไร่ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพื้นที่ป่าทั้งหมดเท่ากับ 10,664,460.58 กิโลกรัม ชนิดของไม้ต้นที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดคือ เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm.) มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนได้เท่ากับ 2,406.32 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมา คือ ตั้วขน (*Cratoxylum formosum* (Jacq.) Benth.&Hook.f.ex Dyer subsp.*Pruniflorum* (Kurz) Gogelein) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz.) และทะโล้ (*Schima wallichii* (DC.) Korth.) มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอน เท่ากับ 956.73, 802.88 และ 800.04 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ความหลากหลายชนิด; การกักเก็บคาร์บอน; ป่าชุมชน

Abstract

This research aimed to study the plant species diversity and above-ground carbon storage capability of trees was done in the Baan Sobpaomai Community Forest, Maepao Subdistrict, Phaya Mengrai District, Chiang Rai Province. The area was 990 rai surveyed by the quadrat method at three stations (20 m X 50 m). Species identification was studied. Measurement of tree diameter at breast height (DBH) at 130 cm. above the ground (greater than 4.5 cm). Above-ground biomass was calculated using the allometric equation. Then the carbon storage was estimated. The result indicated that 26 families, 41 genus, 49 species were found from Baan Sobpaomai Community Forest. The most common family is FABACEAE followed by DIPTEROCARPACEAE and PHYLLANTHACEAE, found 4 species, Average biomass was 22,919.53 kg/rai and total biomass of forest area was 22,690,341.66 kg. Average carbon storage in biomass was 10,772.18 kg/rai and total carbon storage of forest area was 10,664,460.58 kg. The highest carbon storage in biomass of plant was *Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. (2,406.32 kg/rai), follow by *Cratoxylum formosum* (Jacq.) Benth. & Hook.f. ex Dyer subsp. *Pruniflorum* (Kurz) Gogelein. (956.73 kg/rai), *Pterocarpus macrocarpus* Kurz. (802.88 kg/rai) and *Schima wallichii* (DC.) Korth. (800.04 kg/rai)

Keywords: Species Diversity; Carbon Storage; Community Forest

บทนำ

ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ถือเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญซึ่งปัญหาดังกล่าวเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของก๊าซในบรรยากาศ ซึ่งนอกจากจะเกิดตามธรรมชาตินั้นสาเหตุสำคัญคือ การกระทำของมนุษย์ที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศมากขึ้น เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การเผาไหม้เชื้อเพลิง โรงงานอุตสาหกรรม เป็นเหตุให้เกิดภาวะเรือนกระจก ส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตัดไม้ทำลายป่านี้ นับว่าเป็นตัวการสำคัญที่สุด ในการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ทั้งนี้เนื่องจากต้นไม้และป่าไม่มีคุณสมบัติที่ดี คือ สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ก่อนที่จะลอยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ดังนั้นเมื่อพื้นที่ป่าลดน้อยลง ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงขึ้นไปสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศได้มากขึ้น ซึ่งจากผลการศึกษาของ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ระบุว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดพลังงานความร้อนสะสม ในบรรยากาศของโลกมากที่สุด ในบรรดาก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น ๆ ทั้งยังมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นกว่าก๊าซชนิดอื่น ๆ ด้วย ซึ่งหมายถึงผลกระทบโดยตรงต่ออุณหภูมิของโลกและชั้นบรรยากาศจะยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น (ศูนย์ภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา, 2564) ดังนั้นการรักษาพื้นที่ป่าให้คงอยู่ การฟื้นฟูป่า ตลอดจนการเพิ่มพื้นที่ป่าจึงเป็นการช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศได้ โดยต้นไม้จะช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมาสังเคราะห์เป็นคาร์โบไฮเดรต และคายออกซิเจนออกมา ซึ่งคาร์โบไฮเดรตก็จะถูกสร้างเป็นเนื้อไม้ในที่สุด ในเนื้อไม้นั้นจะมีธาตุคาร์บอน (C) อยู่ ประมาณ 50% ต้นไม้จึงช่วยดึงคาร์บอนมาเก็บไว้ คาร์บอน ธาตุ

คาร์บอนที่ถูกดึงมาจากบรรยากาศนั้น จะมากักเก็บไว้ชั่วคราวในต้นไม้ที่ลำต้น กิ่ง และใบ ป่าจึงเป็นที่กักเก็บ
ธาตุคาร์บอนได้อย่างหนึ่งที่เรียกกันว่าเป็น carbon sink (ปรัชญา ยังพัธนาและระวี ถาวร,2556)

ป่าชุมชน เป็นพื้นที่สวนร่วมที่คนในชุมชนร่วมกันดูแล รักษา และร่วมใช้ผลประโยชน์ด้วยกัน ซึ่ง
ผลตอบแทนที่ชุมชนได้รับสามารถเข้าใช้ประโยชน์ได้อย่างเท่าเทียมกัน บนพื้นฐานของกฎกติกาหรือข้อตกลง
ร่วมกัน โดยป่าชุมชนได้ให้ประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ประโยชน์ทางตรง ได้แก่ เป็นแหล่งอาหาร สมุนไพร
และไม้ใช้สอย ประโยชน์ทางอ้อม ได้แก่ เป็นแหล่งต้นน้ำ สร้างความชุ่มชื้น เก็บกักคาร์บอนและผลิตออกซิเจน
ป่าชุมชนจึงมีส่วนสำคัญในการรักษาพื้นที่ป่าให้คงอยู่และเพิ่มพื้นที่ป่าให้มากขึ้นโดยอาศัยการมีส่วนร่วมของคน
ในชุมชนท้องถิ่นนั้นๆ ทั้งยังรักษาไว้ซึ่งความหลากหลายทางชีวภาพและสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์
ได้

ป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ หมู่ 14 มีพื้นที่ป่าทั้งหมด 990 ไร่ ได้เข้าร่วมโครงการป่าชุมชนกับกรมป่าไม้ มี
การจัดตั้งคณะกรรมการป่าชุมชน มีกฎระเบียบข้อบังคับที่ชัดเจนขึ้น ในปี 2548 สภาพป่าเบญจพรรณที่ค่อนข้าง
สมบูรณ์ เนื่องจากมีไม้ต้นขนาดใหญ่ ไม้หนุ่มและลูกไม้ขึ้นอยู่เป็นจำนวนมาก ชาวบ้านสามารถเข้าเก็บหาของป่า
เพื่อนำมาเป็นอาหารและหากเก็บได้มากสามารถนำมาขายเป็นรายได้เสริม เช่น เห็ด หน่อไม้ มดแดง ต้อ หนอน
ไม้ไผ่ ผักกูด ผักหนาม และตีน ชู้งดอย นอกจากนั้นยังมีพืชสมุนไพรเช่น มะเขือแจ้เครือ ดีงูว่า ก้องแกบ ได้ไม่รู้ล้ม
รางจืด และฮ้อสะพายควาย เป็นต้น

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายชนิดและความสามารถในการเก็บกักคาร์บอนเหนือ
พื้นดินของไม้ต้นในป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ หมู่ที่ 14 ตำบลแม่เปา อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย ซึ่งจะ
เป็นฐานข้อมูลในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ และการส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับ
ความสำคัญของป่าชุมชนกับการลดภาวะโลกร้อนเพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ ปรับตัวและลดผลกระทบจากการ
เปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่เกิดขึ้นได้

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

ป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ หมู่ที่ 14 ตำบลแม่เปา อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย ขนาดพื้นที่ 990
ไร่

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลไม้ต้นในแปลงตัวอย่างขนาด 20x50 เมตร จำนวน 3 แปลง และในแปลงตัวอย่าง
แบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10x10 เมตร จำนวน 30 แปลง จากนั้นทำการสำรวจไม้ต้นที่มีขนาดความโตที่เส้นผ่าน
ศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 130 เซนติเมตร (Diameter at breast height :DBH) ของต้นไม้ที่มี
เส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตร ขึ้นไป โดยเก็บข้อมูลชนิดของไม้ต้น วัดขนาดความโตของเส้นผ่าน
ศูนย์กลางของไม้ต้นทุกต้น นำมาจัดทำบัญชีรายชื่อของไม้ต้นที่สำรวจพบ จากนั้นนำมาคำนวณหาปริมาณมวล
ชีวภาพ โดยใช้สมการแอลโลเมตรีสำหรับพื้นที่ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังของ Ogawa et al.1965 (อ้างถึงใน
ปรัชญา ยังพัธนา และ ระวี ถาวร,2556:28) และหาปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้น โดยนำค่ามวล

ชีวภาพเหนือพื้นดินรายต้นของไม้ต้น คุณด้วยค่าคงที่ 0.47 (IPCC, 2006 อ้างถึงใน ปรัชญา ยังพัทธนา และ ระวี
ถาวร, 2556:62) ดังสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{มวลชีวภาพของลำต้น (WS)} &= 0.0396 (\text{dbh}^2\text{h})^{0.933} \\ \text{มวลชีวภาพของกิ่ง (WB)} &= 0.00349 (\text{dbh}^2\text{h})^{1.03} \\ \text{มวลชีวภาพของใบ (WL)} &= \text{WS} / (22.5 + 0.025 \text{WS}) \\ \text{ความสูงของต้นไม้ (h)} &= (121.8 \text{dbh}^{0.638}) / (38.8 + 3.14 \text{dbh}^{0.638}) \\ \text{มวลชีวภาพรวม} &= \text{WS} + \text{WB} + \text{WL} \end{aligned}$$

$$\text{ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน} = \text{มวลชีวภาพรวม (กิโลกรัม)} \times 0.47$$

โดย dbh คือ เส้นผ่านศูนย์กลางตรงระดับสูงเพียงอก (1.30 เมตร เหนือพื้นดิน) หน่วยเป็น เซนติเมตร

W คือ มวลชีวภาพ หน่วยเป็น กิโลกรัม

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ความหลากหลายชนิดของไม้ต้น

ผลการศึกษาความหลากหลายชนิดของไม้ต้น ในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ พบ 26 วงศ์ 41 สกุล 49 ชนิด วงศ์ที่พบมากที่สุด ได้แก่ FABACEAE พบจำนวน 5 ชนิด คือ กำพี้ (*Dalbergia ovata* Graham ex Benth. var. *ovata*) กางหลวง (*Albizia chinensis* (Osbeck) Merr.) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) กระพี้นางนวล (*Dalbergia cana* Graham ex Kurz) และกระพี้เขาควาย (*Dalbergia cultrata* Graham.) รองลงมาคือ วงศ์ DIPTEROCARPACEAE และวงศ์ PHYLLANTHACEAE พบจำนวน 4 ชนิด ไม้ต้นที่พบใน วงศ์ DIPTEROCARPACEAE คือ เต็ง (*Shorea obtusa* Wall. ex Blume) พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) รัง (*Shorea siamensis* Miq.) และเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm.) และไม้ต้นที่พบในวงศ์ PHYLLANTHACEAE ได้แก่ มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* L.) โลด (*Aporosavillosa* (Wall. ex Lindl.) Baill.) มันปลา (*Glochidion sphaerogynum* (Müll. Arg.) Kurz) และข้าวสาร (*Phyllanthus columnaris* Müll. Arg.) และวงศ์ MALVACEAE พบไม้ต้นจำนวน 3 ชนิด คือ ยาบใบยาว (*Colona flagrocarpa* (C. B. Clarke) Craib) ปอขาว (*Sterculia pexa* Pierre) ลาย (*Microcos paniculata* L.) ดังแสดงในตารางที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ป่าอื่นๆ ที่ลักษณะป่าชุมชนที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน พบว่า ป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ มีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ใกล้เคียงกับ ป่าชุมชนบ้านร่องบอน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย พบว่ามีความหลากหลายชนิดของไม้ต้น 25 วงศ์ 48 ชนิด (รณิดา ปิงเมืองและคณะ, 2559) และป่าชุมชนบ้านแสงตะวัน จังหวัดสุรินทร์ พบว่า มีความหลากหลายชนิดของไม้ต้นทั้งสิ้น 25 วงศ์ 31 สกุล 35 ชนิด (ยุพเยาว์ ไตศิริ และคณะ, 2020) และป่าชุมชนห้วยข้าวก่า อำเภอจุน จังหวัดพะเยา พบว่ามีความหลากหลายของไม้ต้น 23 วงศ์ 48 สกุล 58 ชนิด (ชัญญา กันจิ่ง และคณะ, 2016)

ตารางที่ 1 บัญชีรายชื่อของไม้ต้นในป่าชุมชนบ้านสบเป่าใหม่

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อไทย
ANACARDIACEAE	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	กุ่ม	กุ่ม
	<i>Spondias pinnata</i> (L. f.) Kurz	มะกอก	มะกอก
	<i>Buchana nialanzan</i> Spreng.	ฮัก	มะม่วงหัวแมงวัน
ANNONACEAE	<i>Hubera cerasoides</i> (Roxb.) Chaowasku	ตะเคียนดง	กะเจียน
	<i>Goniothalamus griffithii</i> Hook.f.&Thomson	หนังดำ	สะบันงาป่า
APOCYNACEAE	<i>Wrightia arborea</i> (Dennst.) Mabb.	ไม้มูก	โมกมัน
AQUIFOLIACEAE	<i>Ilex umbellulata</i> (Wall.) Loes.	เนาใน	เนาใน
ARALIACEAE	<i>Heteropanax fragrans</i> (Roxb. ex. DC.) Seem.	อ้อยช้าง	พระเจ้าร้อยท่า
BIGNONIACEAE	<i>Markhamia stipulata</i> (Wall.)Seem. var. <i>stipulata</i>	แกทราย	แคหัวหมู
	<i>Fernandoa adenophylla</i> (Wall. Ex G. Don) Steenis	แกหางค่าง	แคหางค่าง
BURSERACEAE	<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin	มะกีม	มะกอกเกลื่อน
	<i>Garuga pinnata</i> Roxb.	ไม้ค้ำ	ตะคร้ำ
COMBRETACEAE	<i>Terminalia chebula</i> Retz. var. <i>Chebula</i>	มะนะ	สมอไทย
	<i>Terminalia bellirica</i> (Gaertn.) Roxb.	มะแทน	สมอพิเภก
CRYPTERONIACEAE	<i>Crypteronia paniculata</i> Blume.	เหมือดสร้อย	กระทงลอย
DIPTEROCARPAGEAE	<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume	แงะ	เต็ง
	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	ตึง	พลวง
	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	เป่า	รัง
	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. exMiq.	เหียง	เหียง
EBENACEAE	<i>Diospyros ehretoides</i> Wall. ex G.Don	ตับเต่า	ตับเต่าต้น
EUPHORBIACEAE	<i>Croton persimilis</i> Muell. Arg.	เป้า	เป้าใหญ่
FABACEAE	<i>Dalbergia ovata</i> Graham ex Benth.var. <i>ovata</i>	ดู่กิเลน	กำพี้
	<i>Albizia chinensis</i> (Osbeck) Merr.	สารเงิน	กางหลวง
	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	ประดู่	ประดู่
	<i>Dalbergia cana</i> Graham ex Kurz	ปี้	กระพีนางนวล
	<i>Dalbergia cultrata</i> Graham. exBenth.	เก็ด	กระพี้เขาควาย
FAGACEAE	<i>Lithocarpus ceriferus</i> (Hickel& A. Camus) A. Camus	ก้อหลัว	มะก้อ

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อไทย
	<i>Lithocarpus polystachyus</i> (Wall. Ex S. DC.)	ก่อนก	ก่อนก
	<i>Quercus kerrii</i> Craib	ก่อนแอ็บ	ก่อนแพะ
HYPERICACEAE	<i>Cratoxylum formosum</i> (Jacq.) Benth.&Hook.f.ex Dyer subsp. <i>Pruniflorum</i> (Kurz) Gogelein	ตีว	ตีวขน
	<i>Cratoxylum cochinchinense</i> (Lour.) Blume	แต้ว	ตีวเกลี้ยง
JUGLANDACEAE	<i>Engelhardtia serrate</i> Blume	จำค่าหด	ฮ้อยจัน
LECYTHIDACEAE	<i>Careya arborea</i> Roxb.	ปุย	กระโดน
LOGANIACEAE	<i>Strychnos nux-blanda</i> A. W. Hill	มะตึ่ง	ตุ้มกาขาว
LYTHRACEAE	<i>Lagerstroemia cochinchinensis</i> Pierre	บัวย	ตะแบกเกรียบ
MALVACEAE	<i>Colona flagrocarpa</i> (C. B. Clarke) Craib	ยาบใบยาว	ยาบใบยาว
	<i>Sterculia pexa</i> Pierre	ปอ	ปอขาว
	<i>Microcos paniculata</i> L.	มะกอม	ลาย
MYRTACEAE	<i>Tristaniopsis burmanica</i>	ไม้เคาะ	ก้าว
PENTAPHYLACACEAE	<i>Anneslea fragrans</i> Wall.	สารภีป่า	สารภีป่า
PHYLLANTHACEAE	<i>Phyllanthus emblica</i> L.	มะขามป้อม	มะขามป้อม
	<i>Aporosa villosa</i> (Wall. ex Lindl.) Baill.	เหมือดเมียง	ไลด
	<i>Glochidion sphaerogynum</i> (Müll. Arg.) Kurz	มันปลา	มันปลา
	<i>Phyllanthus columnaris</i> Müll.Arg.	สารตุ้ย	ข้าวสาร
RUBIACEAE	<i>Gardenia sootepensis</i> Hutch.	คำมอก	คำมอกหลวง
	<i>Mitragyna rotundifolia</i> (Roxb.) Kuntze	ตุ้ม	กระทุ่มเนิน
	<i>Hymeno dictyonorixense</i> (Roxb.) Mabb.	ส้มกบ	ส้มกบ
THEACEAE	<i>Schima wallichii</i> (DC.) Korth.	ทะไล้	ทะไล้
VERBENACEAE	<i>Vitex peduncularis</i> Wall. ex Schauer	ตีนนก	ตีนนก

ปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน

ผลการศึกษาปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้นพื้นที่ป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่พบว่า มีปริมาณมวลชีวภาพของไม้ต้นเฉลี่ย 22,919.54 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อคิดเป็นพื้นที่ทั้งหมดของป่าชุมชนซึ่งมี 990 ไร่ มีปริมาณมวลชีวภาพของไม้ต้นทั้งหมด เท่ากับ 22,690,341.66 กิโลกรัม และนำมาคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอน พบว่า มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 10,772.18 กิโลกรัม/ไร่ และมีปริมาณการกักเก็บ

คาร์บอนของพื้นที่ป่าทั้งหมด 990 ไร่ เท่ากับ 10,664,460.58 กิโลกรัม โดยมีมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนสะสมอยู่ในส่วนของลำต้นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 79.89 รองลงมาคือ กิ่ง และใบ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 17.41 และ 2.71 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ผลการศึกษามวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้นรายชนิดในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านสบเป่าใหม่ พบว่า เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm.) มีมวลชีวภาพสูงสุด เท่ากับ 5,119.83 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนได้เท่ากับ 2,406.32 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมา คือ ด้วขน (*Cratogeomys formosum* (Jacq.) Benth.&Hook.f.ex Dyer subsp.*Pruniflorum* (Kurz) Gogelein) มีมวลชีวภาพ 2,035.59 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนได้เท่ากับ 956.73 กิโลกรัม/ไร่ ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) มีมวลชีวภาพ 1,708.25 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนได้เท่ากับ 802.88 กิโลกรัม/ไร่ และ ทะโล้ (*Schima wallichii* (DC.) Korth.) มีมวลชีวภาพ 1,346.66 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนได้เท่ากับ 800.04 กิโลกรัม/ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 3

เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ป่าชุมชนในเขตภาคเหนือ ที่มีศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้น พบว่า มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในป่าแห่งนี้มีน้อยกว่าพื้นที่ป่าชุมชนห้วยข้าวกล้า อำเภอจุน จังหวัดพะเยา ซึ่งเป็นป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ประมาณ 15,418.89 กิโลกรัม/ไร่ (ชัยษา กันจิ่งและคณะ, 2016) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับป่าชุมชนบ้านหนองใหญ่ จังหวัดกาญจนบุรี ที่มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 6,300.35 กิโลกรัม/ไร่ (กุลธิดา คำใจ และคณะ, 2017) พบว่า ป่าชุมชนบ้านสบเป่าใหม่มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนสูงกว่า 4,471 กิโลกรัม/ไร่ ป่าชุมชนแต่ละแห่งมีสถานที่ตั้ง สภาพพื้นที่ ลักษณะของคุณภาพดิน ตลอดจนชนิดพันธุ์ไม้ที่แตกต่างกัน มีผลต่อปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินสะสมของป่าแต่ละแห่ง ซึ่งสอดคล้องกับดอกกรัก มารอด และอุทิศ ภูอินทร์. (2552) ได้กล่าวว่า มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอนสะสมของป่าแต่ละประเภทขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ความหนาแน่นและอัตราการเจริญเติบโตของพืช รวมถึงปริมาณน้ำฝน สมบัติของดิน และการรบกวน เป็นต้น

ตารางที่ 2 ปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นในป่าชุมชนบ้านสบเป่าใหม่ อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย

ส่วนของพืช	ปริมาณมวลชีวภาพ (กก.)		ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (กก.)		สัดส่วนร้อยละ
	เฉลี่ยต่อไร่	990 ไร่	เฉลี่ยต่อไร่	990 ไร่	
ลำต้น	18,309.71	18,126,609.37	8,605.56	8,519,506.41	79.89
กิ่ง	3,989.37	3,949,467.48	1,875.00	1,856,249.71	17.41
ใบ	620.46	614,264.81	291.62	288,704.46	2.71
รวม	22,919.53	22,690,341.66	10,772.18	10,664,460.58	100.00

ตารางที่ 3 มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นรายชนิดในป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่
(เรียงลำดับจากมากไปน้อย)

ลำดับ	ชื่อพรรณไม้	มวลชีวภาพ (กิโลกรัมต่อไร่)				ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (กิโลกรัมต่อไร่)			
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รวม	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รวม
1	เหียง	4,066.95	925.87	127.01	5,119.83	1,911.47	435.16	59.69	2,406.32
2	ติ้วขน	1,630.10	345.74	59.75	2,035.59	766.15	162.50	28.08	956.73
3	ประดู่	1,367.00	291.95	49.30	1,708.25	642.49	137.21	23.17	802.88
4	ทะโล้	1,346.66	318.26	37.31	1,702.22	632.93	149.58	17.53	800.04
5	มะก้อ	990.08	205.20	37.55	1,232.83	465.34	96.44	17.65	579.43
6	ลาย	982.47	212.71	33.98	1,229.17	461.76	99.98	15.97	577.71
7	กระทงลอย	929.75	218.51	25.97	1,174.23	436.98	102.70	12.21	551.89
8	ก๋อนก	876.34	174.65	34.73	1,085.72	411.88	82.09	16.32	510.29
9	สมอพิเภก	602.62	151.87	12.70	767.19	283.23	71.38	5.97	360.58
10	ก้อแพะ	577.10	115.47	22.67	715.24	271.24	54.27	10.66	336.16
11	เปล้าใหญ่	421.00	86.62	15.88	523.50	197.87	40.71	7.46	246.05
12	เต็ง	392.06	77.98	15.24	485.28	184.27	36.65	7.16	228.08
13	ตีนนก	360.69	87.56	9.15	457.40	169.52	41.15	4.30	214.98
14	ฮ้อยจั่น	355.02	84.82	9.40	449.24	166.86	39.86	4.42	211.14
15	มะกอกป่า	335.75	76.83	10.31	422.90	157.80	36.11	4.85	198.76
16	ตับเต่าต้น	274.40	57.10	10.33	341.83	128.97	26.84	4.86	160.66
17	ข้าวสาร	233.77	45.36	9.54	288.67	109.87	21.32	4.48	135.67
18	แคหางค่าง	216.68	43.43	8.41	268.52	101.84	20.41	3.95	126.20
19	ยาบใบขาว	209.11	44.65	7.40	261.15	98.28	20.98	3.48	122.74
20	ตูมกาขาว	176.86	39.87	5.74	222.47	83.13	18.74	2.70	104.56
21	มะกอกเกลี้อ่อน	158.01	33.31	5.82	197.14	74.27	15.65	2.74	92.66
22	กระพี้นางนวล	157.43	28.10	6.70	192.23	73.99	13.21	3.15	90.35
23	โมกมัน	153.43	30.77	6.06	190.26	72.11	14.46	2.85	89.42
24	พลวง	150.74	30.91	5.77	187.42	70.85	14.53	2.71	88.09
25	รัง	121.52	26.35	4.31	152.18	57.11	12.38	2.03	71.52
26	ตะคร้ำ	119.90	25.96	4.26	150.12	56.35	12.20	2.00	70.56
27	กระพี้เขาควาย	112.93	21.23	4.67	138.84	53.08	9.98	2.20	65.25
28	สมอไทย	95.49	20.19	3.54	119.23	44.88	9.49	1.66	56.04
29	ก้ำว	80.94	16.10	3.21	100.25	38.04	7.57	1.51	47.12

ลำดับ	ชื่อพรรณไม้	มวลชีวภาพ (กิโลกรัมต่อไร่)				ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (กิโลกรัมต่อไร่)			
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รวม	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รวม
30	กุ่ม	78.86	14.27	3.35	96.48	37.06	6.71	1.57	45.35
31	สารภีป่า	78.43	14.65	3.27	96.36	36.86	6.89	1.54	45.29
32	ตะแบกเกรียบ	77.88	15.63	3.06	96.57	36.60	7.35	1.44	45.39
33	แคหัวหมู	76.93	14.21	3.19	94.34	36.16	6.68	1.50	44.34
34	กระโดน	66.74	13.59	2.60	82.93	31.37	6.39	1.22	38.98
35	กางหลวง	63.24	12.81	2.49	78.54	29.72	6.02	1.17	36.91
36	มะขามป้อม	57.53	11.26	2.32	71.11	27.04	5.29	1.09	33.42
37	พระเจ้าร้อยท่า	52.19	9.83	2.17	64.19	24.53	4.62	1.02	30.17
38	โสด	46.12	8.06	1.98	56.17	21.68	3.79	0.93	26.40
39	ส้มกบ	34.61	6.58	1.43	42.62	16.27	3.09	0.67	20.03
40	กำพี้	34.14	6.10	1.46	41.70	16.05	2.87	0.68	19.60
41	ค้ำมอกหลวง	24.77	4.26	1.07	30.10	11.64	2.00	0.50	14.15
42	ปอขาว	24.15	4.12	1.05	29.32	11.35	1.94	0.49	13.78
43	กระเจียน	23.07	3.76	1.01	27.83	10.84	1.77	0.47	13.08
44	มันปลา	19.80	3.56	0.84	24.20	9.31	1.67	0.40	11.38
45	เนาโน	19.21	3.20	0.84	23.25	9.03	1.50	0.39	10.93
46	กระทุ่มเนิน	14.21	2.46	0.61	17.29	6.68	1.16	0.29	8.12
47	สะบันงาป่า	10.19	1.61	0.45	12.25	4.79	0.75	0.21	5.76
48	มะม่วงหัวแมงวัน	6.92	1.11	0.30	8.34	3.25	0.52	0.14	3.92
49	ติ้วเกลี้ยง	5.88	0.93	0.26	7.06	2.76	0.44	0.12	3.32
รวม		18,309.71	3,989.37	620.46	22,919.53	8,605.56	1,875.00	291.62	10,772.18

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการศึกษาความหลากหลายชนิดและความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ หมู่ที่ 14 ตำบลแม่เปา อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย มีพื้นที่ทั้งหมด 990 ไร่ มีลักษณะเป็นป่าเบญจพรรณผสมเต็งรัง พบว่า มีความหลากหลายชนิดของไม้ต้น 26 วงศ์ 41 สกุล 49 ชนิด วงศ์ที่พบมากที่สุด ได้แก่ FABACEAE พบจำนวน 5 ชนิด คือ กำพี้ (*Dalbergia ovata* Graham ex Benth. var. *ovata*) กางหลวง (*Albizia chinensis* (Osbeck) Merr.) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) กระพี้นางนวล (*Dalbergia cana* Graham ex Kurz) และกระพี้เขาควาง (*Dalbergia cultrata* Graham.) รองลงมาคือ วงศ์ DIPTEROCARPACEAE และวงศ์ PHYLLANTHACEAE พบจำนวน 4 ชนิด ไม้ต้นที่พบในวงศ์ DIPTEROCARPACEAE คือ เต็ง (*Shorea obtusa* Wall. ex Blume) พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus*

Roxb.) รัง (*Shorea siamensis* Miq.) และเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm.) และไม้ต้นที่พบในวงศ์ PHYLLANTHACEAE ได้แก่ มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* L.) โลด (*Aporosavillosa* (Wall. ex Lindl.) Baill.) มันปลา (*Glochidion sphaerogynum* (Müll. Arg.) Kurz) และข้าวสาร (*Phyllanthus columnaris* Müll.Arg.) และวงศ์ MALVACEAE พบไม้ต้นจำนวน 3 ชนิด คือ ยาบใบยาว (*Colona flagrocarpa* (C. B. Clarke) Craib) ปอขาว (*Sterculia pexa* Pierre) ลาย (*Microcos paniculata* L.) มีปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ย 22,919.53 กิโลกรัม/ไร่ มีปริมาณมวลชีวภาพของพื้นที่ป่าทั้งหมดเท่ากับ 22,690,341.66 กิโลกรัม จึงมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 10,772.18 กิโลกรัม/ไร่ และมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพื้นที่ป่าทั้งหมดเท่ากับ 10,664,460.58 กิโลกรัม โดยมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนสะสมอยู่ในส่วนของลำต้นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 79.89 รองลงมาคือ กิ่ง และใบ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 17.41 และ 2.71 ตามลำดับ ชนิดของไม้ต้นที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด คือ พบว่า เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm.) มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนได้เท่ากับ 2,406.32 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมา คือ ตั้วขน (*Cratoxylum formosum* (Jacq.) Benth. & Hook. f. ex Dyer subsp. *Pruniflorum* (Kurz) Gogelein) (956.73 กิโลกรัม/ไร่) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) (802.88 กิโลกรัม/ไร่) และทะเลใต้ (*Schima wallichii* (DC.) Korth.) (800.04 กิโลกรัม/ไร่)

จากผลการศึกษานี้มีข้อเสนอแนะ คือ ควรมีการเก็บข้อมูลในแปลงตัวอย่าง อย่างต่อเนื่อง เพื่อทราบถึงการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว และเป็นข้อมูลในการวางแผนการบริหารจัดการที่เหมาะสมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณกองทุนสนับสนุนงานวิจัยเพื่อการพัฒนา ประจำปีงบประมาณ 2562 ประเภท การวิจัยและการสร้างองค์ความรู้เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น และเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย เรื่อง การศึกษาความหลากหลายของพรรณพืชในป่าชุมชนบ้านสบเปาใหม่ หมู่ที่ 14 ตำบลแม่เปา อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย และได้รับความร่วมมืออย่างดียิ่งในการดำเนินการวิจัยจากผู้นำ แกนนำ และชุมชนบ้านสบเปาใหม่ หมู่ที่ 14 ตำบลแม่เปา อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย จึงขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- กุลธิดา คำใจ, พรเทพ เหมือนพงษ์ และสาพิศ ดิลกสัมพันธ์. (2017). พลวัตของสังคมป่าเต็งรังและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนบริเวณป่าชุมชนบ้านหนองใหญ่ จังหวัดกาญจนบุรี. *วารสารวนศาสตร์*, 36(2), 55-66.
- ชัญญา กันจิ่ง, ณัฐพงษ์ ฟองมณี, ปาริฉัตร ประพัฒน์, สิทธิศักดิ์ ปิ่นมงคลกุล, เกื้อกุล กุศลสถานภาพ และบัณฑิตา ใจปิ่นตา. (2016). การเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืชที่มีเนื้อไม้ ป่าชุมชนห้วยข้าวก่ำ อำเภอจุน จังหวัดพะเยา. ใน *การประชุมวิชาการการบริหารจัดการความหลากหลายทางชีวภาพแห่งชาติ ครั้งที่ 3* (หน้า 89-95). สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- ดอกกรั๊ก มารอด และอุทิศ ภูอินทร์. (2552). *นิเวศวิทยาป่าไม้*. อักษรสยามการพิมพ์.
- ปรัชญา ยิ่งพัฒนา และระวี ถาวร. (2556). คู่มือการสำรวจประเมินสภาพป่าและคาร์บอนอย่างง่าย. บริษัท ดุมายเบส จำกัด.

- ยุพเยาว์ โตศิริ, ขวณพิศ จารัตน์, ดวงตา โนวาเชค และน้องนุช สารภี. (2020). การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ต้นในป่าชุมชนบ้านแสงตะวัน จังหวัดสุรินทร์. *PSRU Journal of Science and Technology*, 5(3), 23-36.
- รณิดา ปิงเมือง, เพ็ญศิริ มลิตทอง, สุทธิ มลิตทอง และสวิง ชันทะสา. (2559). การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศและการจัดการป่าชุมชนบ้านร่องบอน ตำบลม่วงคำ อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.
- ศูนย์ภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา. (ม.ป.ป.). การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ. <http://climate.tmd.go.th/content/article/9>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). *IPCC Guidelines for national Greenhouse inventories*. Japan. International on climate Chang. IGES
- Ogawa, H., Yoda, K., Ogino, K. & Kira, T. (1965) Comparative ecological studies on three maintype of forest vegetation it Thailand II Plant Biomass, *Nature and Life in Southeast Asia*, 4, 49-80.

ประสิทธิภาพและสมรรถนะของนาโนฟิลเตรชันของสารละลายเหล็ก

Nanofiltration Performance of Iron Solution

วุฒิกกร สายแก้ว^{1*} ภิรมย์ สุวรรณสม² วรณา สายแก้ว³

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม¹

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม²

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี³

*Corresponding author: E-mail: ajkornmu@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพและสมรรถนะของนาโนฟิลเตรชัน (เช่น การกำจัดและการลดลงของฟลักซ์) ของสารละลายเหล็กในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารละลายเหล็กต่อกระบวนการนาโนฟิลเตรชัน โดยใช้ชุดการทดลองแบบตายตัวที่อุณหภูมิห้อง เยื่อกรองอะโรมาติกโพลีเอไมด์แบบ NF-90 ถูกนำมาใช้ทดสอบเพื่อหาผลของคุณลักษณะทางเคมีต่อการอุดตันของกระบวนการนาโนฟิลเตรชันของสารละลายเหล็ก (ได้แก่ FeSO_4 , FeCl_2 และ $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$) ควบคุมความเข้มข้นของสารละลายที่ 20 mg/L ทดสอบกับพีเอช 4-5 ความแรงประจุ 0.01 M ในรูป NaCl ผลการศึกษาพบว่า การลดลงของฟลักซ์ขึ้นอยู่กับค่าพีเอช ฟลักซ์ของสารละลายที่ค่าพีเอชสูงให้ค่าการลดลงของฟลักซ์มากกว่าสารละลายที่มีค่าพีเอชต่ำกว่า ขณะที่ค่าการกำจัดของสารละลายเหล็กให้ค่าสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากค่าพีเอชที่ต่ำทำให้เพิ่มโปรตอนบนผิวของเยื่อกรองส่งผลต่อการลดความหนาภายในผิวของเยื่อกรอง ทำให้ความเข้มข้นของเหล็กผ่านผิวของเยื่อกรองมากขึ้น ผลการทดลองแสดงถึงการกำจัดและการลดลงของฟลักซ์ของกระบวนการนาโนฟิลเตรชันสารละลายเหล็กขึ้นอยู่กับคุณสมบัติสารละลายพีเอช รวมทั้งความเกี่ยวข้องกับคุณลักษณะทั้งทางกายภาพและเคมีในกระบวนการกรอง

คำสำคัญ: การลดลงของฟลักซ์; การอุดตัน; เหล็ก; นาโนฟิลเตรชัน; การกำจัด

Abstract

Nanofiltration performance and capacity (i.e. rejection and flux decline) of iron solution were investigated using a dead-end test cell at room temperature. The objective of this study was to investigate the effects of solution chemistry during nanofiltration of iron solution. An aromatic polyamide NF-90 membrane was chosen to determine the impacts of solution chemistry on nanofiltration fouling of iron solution (i.e. FeSO_4 , FeCl_2 and $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$). The experiments were carried out with solution in fixed concentration about 20 mg/L, while varying solution pH from 4 to 5 and ionic strengths 0.01 M as NaCl. The experimental results revealed that solution flux decline was dependent on solution pH. At high pH, flux solutions showed higher flux decline than those of low solution pH, while the iron ions rejection presented higher rejection. Such results were related to low solution pH, suggesting an increased in

fixed charge of proton (H^+), decreasing electrical double layer thickness within the membrane, thus allowing increased iron concentration passing through the membrane surface. In conclusion, the rejection and flux decline from aqueous solution by nanofiltration for iron ions was strongly influenced by solution pH. The results were also attributed to both chemical and physical aspects of solution filtration.

Keywords: Flux decline; Fouling; Iron; Nanofiltration; Rejection

Introduction

Membrane technologies have been used for water treatment, water reuse, brackish water and seawater. [Erkanli *et al.*, 2017] They are efficient technologies to remove contaminated water in terms of inorganic scalants, salt solution and metals [Hakizimana *et al.*, 2015; Weinrich *et al.*, 2016; Xu *et al.*, 2010]. As conventional treatment methods cannot be always sufficient to meet discharge limits and considering water recovery (Agtas *et al.* 2020), membrane processes and nanofiltration membranes become prominent. Nanofiltration (NF), one of membrane technologies, is a membrane process, which is considered to be an intermediate between ultrafiltration (UF) and reverse osmosis (RO) in terms of operating conditions. NF membrane processes operate at pressures between 50 and 150 psi which much lower than that of RO (200 to 1000 psi), but higher than that of UF (10 to 70 psi). At the present time, NF is increasingly applied in the field of water treatment. NF can provide high water quality and large amount of water production in the short period of operation. This can give water quality within drinking water standards. However, membrane fouling caused by organic and inorganic substances can be a major factor for limiting more widespread use of membrane technologies, reducing long-term filtration, and increasing costs for membrane operation including higher labor, cleaning and replacement. Types of membrane fouling described by many researches included pore blocking, combined osmotic pressure and cake formation [Kiduff *et al.*, 2004; Jarusutthirak *et al.*, 2007 and Mattaraj *et al.*, 2010]

Inorganic fouling (i.e. negative and positive ions) can be a significant factor that enhances permeate flux decline during filtration. This factor may cause an increased concentration polarization that exceeds solubility limit, resulting in precipitation of ions (i.e. Ca^{2+} , Mg^{2+} , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , and PO_4^{3-}). This has been investigated by Jarusutthirak *et al.* [2007]. Molinari *et al.* [2001] investigated the interactions between membranes (RO and NF) and inorganic pollutants (i.e. SiO_2 , NO_3^- , Mn^{++} , and humic acid). They showed that membrane fouling was caused by the interactions between the

membranes and other ions. Other factors which can cause membrane fouling are solution pH, ionic strength, concentration, solution composition, and operating conditions. Metal ion removal and/or recovery using membrane filtration was depend on the chemistry of organic ligands according to solution pH, particularly being related to the distribution of metal-ligand complexes at different levels [Li *et al.*, 2008, Saikaew *et al.*, 2010 and Hongthong *et al.*, 2012]. However, membrane filtration is significant for removing metal ion from aqueous solution Heavy metals are one of the most important contaminants in water and soil. The removal of heavy metals, especially iron, from wastewaters is of critical importance. Furthermore, they cannot be degraded or destroyed easily. Iron was generally found in ground water. Fe (II), which was soluble forms, can be oxidized to Fe (III), which can form colloidal precipitates. This can become turbid and causes fouling effect on membrane surface. This occurrence can become turbid and causes fouling effect on membrane surface. Saikaew *et al.* [2010] indicated that nanofiltration performance (i.e. rejection and flux decline) of lead solutions solution flux decline was dependent on solution pH, ionic strength, and type of lead solutions. Solution flux conducted with different types of lead solutions (i.e. $PbCl_2$ and $Pb(NO_3)_2$) decreased with increased solution pH. Solution flux and rejection decreased further at higher ionic strengths.

Many studies showed that membrane fouling was caused by the interactions between the membrane and other ion such as calcium and magnesium However, there was a limited research in order to determine the effects of solution chemistry during nanofiltration of metal solution, especially iron solution, thus, the objective of this study was to investigate the effects of solution chemistry during nanofiltration of iron solution. The effects of solution pH were determined on nanofiltration fouling. The discussion of this study will be adapted to improve membrane filtration for long-term operation.

Materials and Methods

Nanofiltration Membrane Characteristics

An aromatic polyamide thin-film composite NF-90 membrane, produced by Dow-FilmTec., was chosen to determine the effect of solution chemistry on nanofiltration performance. According to the manufacturer, the maximum operating pressure is 600 psi (or 4,137.6 kPa), maximum feed flow rate is 16 gpm (3.6 m³/hr), maximum operating temperature 113°F (45°C) and the operating pH is ranged from 1 to 12. Free chlorine tolerance is less than 0.1 ppm. NF-90 is generally a tight NF membrane with a very high surface roughness [Bellona, 2005]. In operation, membrane flat sheets were stored in 1% sodium meta-bisulfite ($Na_2S_2O_5$) and kept in refrigerator at 4 °C to prevent microbial activity. The water flux characteristic was determined for 30-min operation with DI water for membrane compaction. The

membrane permeability was determined as a slope between cleaned water flux and operating pressures.

Analytical Method

Iron ions concentration was measured by using atomic absorption (AA) spectrometry (AAAnalyst 200 Version 2, Perkin Elmer Corp.). Measurements of solution pH, conductivity and temperature were carried out by using pH meter (Inolab pH level 1, Weilheim, Germany), and conductivity meter (Inolab cond level 2, Weilheim, Germany), respectively. Ionic strength of samples were calculated by using a correlation between conductivity and ionic strength of NaCl standards, $I.S.[M]=0.5\sum CiZi^2$ (Ci is the ion concentration and Zi is the number of ions).

Flux Decline Experiments

The experiments were carried out with three liters of solution containing iron solution (i.e. $FeSO_4$, $FeCl_2$ and $Fe(NO_3)_2$) in fixed concentration about 20 mg/L, while varying solution pH from 4 to 5 and ionic strengths 0.01 M as NaCl. As shown in Figure 1, flux decline experiments were tested by using an 400 ml dead-end membrane filtration apparatus (Amicon 8400, USA) with magnetic stirrer (LABINCO, LD-12) and the magnetic bar fitted into the cell provided the agitation. The velocity speed was about 300 rpm. A membrane sheet can be fitted to the cell. The membrane active area is 41.38 cm^2 . The operating pressure was employed via high-pressure regulator of nitrogen cylinder. The permeate volume was determined during filtration by using the electrical balances (Mettler Toledo Monobloc PB-3002-S, USA). After filtration was terminated, two steps of cleaning, i.e. hydrodynamic cleaning followed by chemical cleaning, were performed. For hydrodynamic cleaning, the membrane sheet was cleaned with DI water, then followed with chemical cleaning, acidic solution (using citric acid) with pH of 4 for 30-min each. After each cleaning, water fluxes at different operating pressures were measured to determine water flux recovery.

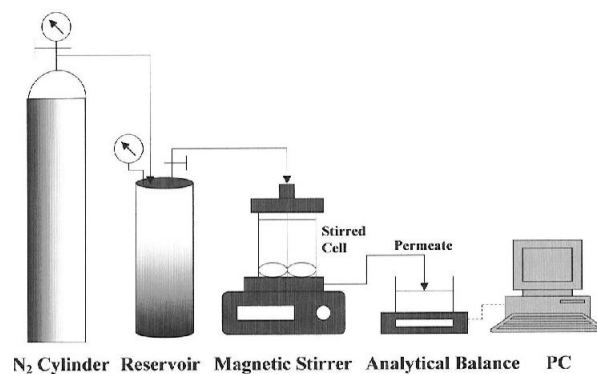


Figure 1: Schematic of dead end filtration test cell

Analysis of Results

The parameters taken into account were:

- The volumetric flux J_v (L/m²/h or LMH) was determined by measuring the volume of permeate collected in a given time interval divided with membrane area by the relation:

$$J_v = L_p (\Delta P - \sigma \Delta \pi) = \frac{Q_p}{A} \quad (1)$$

Where L_p is the membrane permeability; ΔP is the transmembrane pressure; σ is the osmotic reflection coefficient; π is the osmotic pressure; Q_p and A represent flow rate of permeate and the membrane area, respectively.

- The observed rejection was calculated by the following relation:

$$\% R = \left(1 - \frac{C_p}{C_i}\right) \times 100 \quad (2)$$

Where C_p and C_i are the solution concentrations in the permeate and in the initial feed solution, respectively.

Results and Discussions

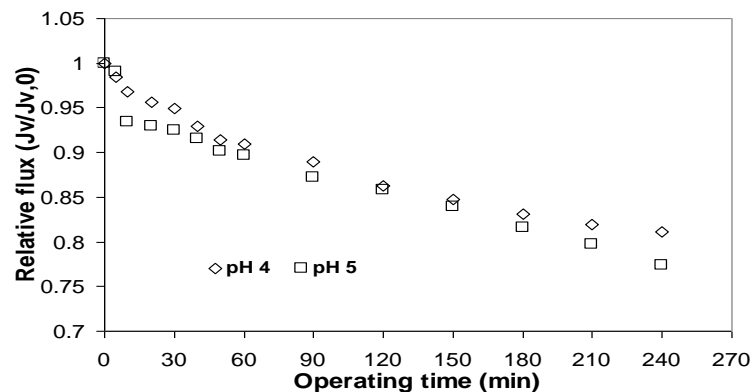
Effects of Solution pH on Flux

The effects of the solution pH on flux decline of FeSO₄, FeCl₂ and Fe(NO₃)₂ were carried out at pH 4 and 5 with keeping constant ionic strength 0.01 M as NaCl at 60-psi operating pressure. Iron concentration was about 20 mg/L. These solution pH and concentration were selected due to avoid metal precipitation at high pH [Dean, 1985] and high hydrogen ion concentration at low pH, which could affect membrane performance. Figure 2 showed relative flux with function of operating period. It can be seen that the rate and extent of flux decline increased with increasing solution pH. For the solution of FeSO₄, FeCl₂ and Fe(NO₃)₂ at the lower pH, flux solutions showed slightly higher flux decline than those of low solution pH. Normalized permeate flux (t = 240 min) for FeSO₄, FeCl₂ and Fe(NO₃)₂ decreased from 0.99-0.77, 0.99-0.91 and 0.99-0.85 as solution pH increased from 4 to 5 respectively. Similar results were observed by Saikaew *et al.*, [2010], solution flux conducted with different types of lead solutions (i.e. PbCl₂ and Pb(NO₃)₂) decreased with increased solution pH. Solutions having high pH exhibited greater flux decline than those having low solution pH. This was possibly due to at low pH, it suggested an increased fixed charge of H⁺, decreasing electrical double layer thickness within membrane or both, thus decreased the concentration at the membrane surface, and enhance more iron ions pass through membrane layer. At high pH, the membrane surface and pores become both more negatively charged due to the presence of anion (inorganic). As a result, the pore size of the

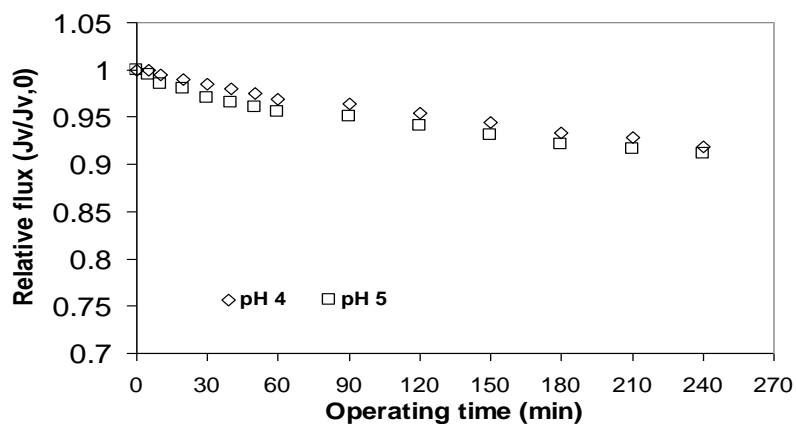
membrane is reduced because of the repulsion between neighbors negatively charged groups and adopts an extended conformation. In addition, the osmotic pressure near the membrane surface increase at high due to the high salt rejections, which decreased the driving pressure. Together, these mechanisms lead to a decrease in permeate flux and an increase in salt rejection with pH.

Effects of Solution pH on Rejection

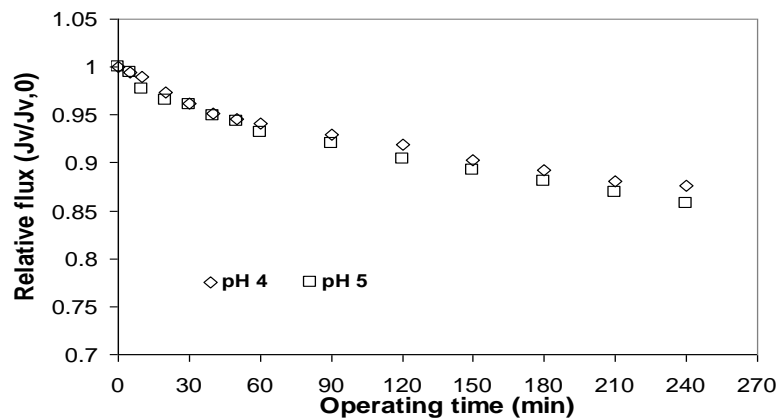
The effect of the solution pH on rejection of FeSO_4 , FeCl_2 and $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ was carried out with different solution pH from 4 to 6. Ionic strength of 0.01 M NaCl, 60 psi operating pressure and solution concentration of 20 mg/L were maintained constant during filtration. The obtained results were presented in Figure 3. Iron ion rejection was found to be decreased with decreasing solution pH level. It was possibly due to at higher solution pH, membrane surface take more negative charges, thus attracting greater iron ion. This makes iron ions easier to flow pass through the membrane layer. Consequently, solution pH of 5 for FeSO_4 , FeCl_2 and $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ had greater ion rejection, about 98.97-99.74 %, 99.76-99.91 % and 99.93-99.98 % while low solution pH exhibited lower rejection about 98.23-98.87 %, 99.47-99.78 % and 99.78-99.93 % respectively. Solution pH is very important because it affects not only the different forms (species) in which a solute is present in a solution (changing properties such as size, charge and hydration), but membrane characteristics (such as charge and pore size) as well [Childress, 2007]. Thus, pH can impact water flux and solute rejection mechanisms (namely charge and size interactions), making pH an important parameter for ion retention in NF/RO [Richards *et al.*, 2009; Seidal *et al.*, 2001]. These observations can be explained by Donnan exclusion phenomena [Donnan, 1995], and can be described by thermodynamic equilibria. Consequently, as the membrane is negatively charged, co-ions were excluded and cations were also rejected in order to ensure electroneutrality at both sides of the membrane.



(a)

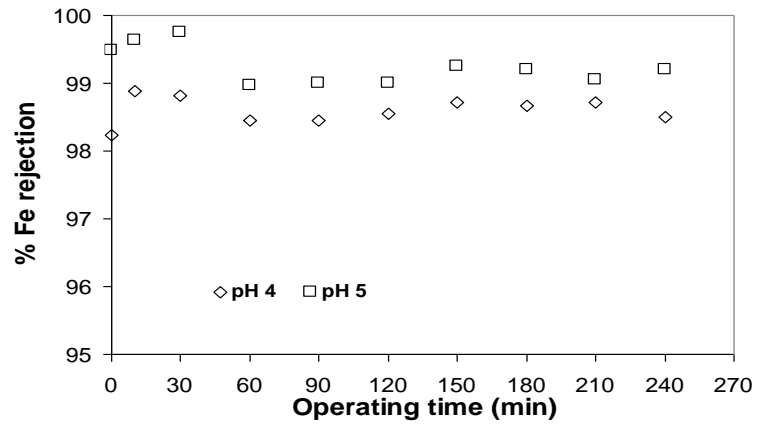


(b)

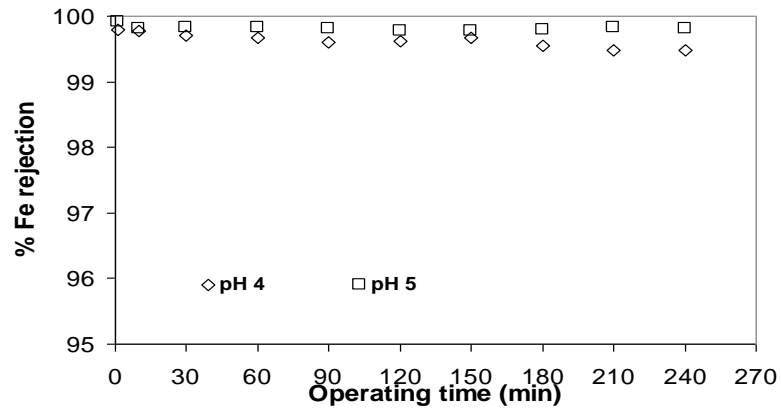


(c)

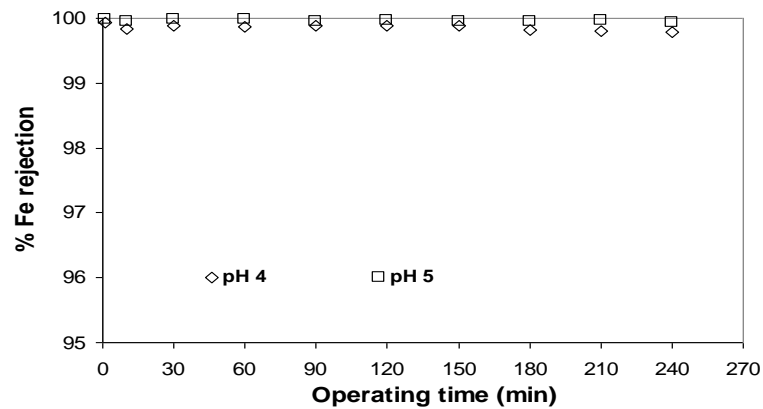
Figure 2 Effect of solution pH on flux decline; (a) FeSO₄ (b) FeCl₂ and (c) Fe(NO₃)₂



(a)



(b)



(c)

Figure 3 Effect of solution pH of iron ions rejection; (a) FeSO₄ (b) FeCl₂ and (c) Fe(NO₃)₂

Conclusions

Rejection and flux decline from aqueous solution by nanofiltration for iron ions was strongly influenced by solution pH. Flux decline for experiment conducted in every solution decreased when solution pH decreased. At higher solution pH, flux solutions showed higher flux decline than those of low solution pH, normalized permeate flux for FeSO_4 , FeCl_2 and $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ decreased from 0.99-0.77, 0.99-0.91 and 0.99-0.85 as solution pH increased respectively, while metallic ions rejection exhibited higher rejection. Iron ions rejection was found to be decreased with decreasing solution pH. Solution pH of 5 for FeSO_4 , FeCl_2 and $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ had ion rejection, about 98.97-99.74 %, 99.76-99.91 % and 99.93-99.98 %, while solution pH of 4 exhibited lower rejection about 98.23-98.87 %, 99.47-99.78 % and 99.78-99.93 % respectively. The results were attributed to both chemical and physical aspects of solution filtration. The experimental results of the study could be determined to improve system performance by adjusting system feed solution (i.e. avoiding low solution pH and high ionic strength) in order to control high removal efficiency and low fouling potential for long-term operation.

Acknowledgements

This work was financially supported by Commission on Higher Education, Ministry of Education, Thailand and Rajabhat Mahasarakham University.

References

- Agtas, M. Yılmaz, Ö. Dilaver, M. Alp, K., & Koyuncu, I. (2020). Hot water recovery and reuse in textile sector with pilot scale ceramic ultrafiltration/nanofiltration membrane system. *Journal of Cleaner Production*, 256:
- Bellona, C., & Drewes, J. E. (2005). The role of membrane surface charge and solute physico-chemical properties in the rejection of organic acids by NF membranes, *Journal of Membrane Science*, 249: 227-234.
- Childress A. E., & Elimelech, M. (2007). Effect of solution chemistry on the surface charge of polymeric reverse osmosis and nanofiltration membrane. *Journal of Membrane Science*, 119, 253-268.
- Dean, J. & Langes, S. (1985). Handbook of Chemistry (13th ed.) McGraw-Hill, Inc.

- Donnan, F. G. (1995). Theory of membrane equilibria and membrane potentials in the presence of non dialysing electrolytes; a contribution to physical-chemical physiology. *Journal of Membrane Science*, 100, 45.
- Erkanli, M., Yilmaz, L., Culfaz-Emecen, P. Z. & Yetis, U. (2017). Brackish water recovery from reactive dyeing wastewater via ultrafiltration. *Journal of Cleaner Production*, 165, 1204-1214.
- Hakizimana, J. N., Gourich, B., Vial, C., Drogui, P., Oumani, A., Naja, J., Hilali, L., (2015). Assessment of hardness, microorganism and organic matter removal from seawater by electrocoagulation as a pretreatment of desalination by reverse osmosis. *Desalination*, 393, 90-101.
- Hongthong, P., Mattaraj, S., Jarusutthirak, C., & Jiraratananon, R. (201). Effect of solution pH and ionic strength for removal of combined natural organic matter and copper (II) ion by membrane nanofiltration. *Journal of Environmental Research*, 34: 39-56.
- Jarusutthirak, C., Mattaraj, S., & Jiraratananon, R. (2007). Influence of inorganic scalants and natural organic matter on nanofiltration membrane fouling, *Journal of Membrane Science*, 287, 138-145.
- Kiduff, J. E., Mattaraj, S. & Belfort. (2004). Flux Decline during nanofiltration of naturally-occurring dissolved organic matter: Effect of osmotic pressure, membrane permeability and cake formation. *Journal of Membrane Science*, 239(1), 39-53.
- Mattaraj, S., Phimpha, W., Hongthong, P., & Jiraratananon, R. (2010). Effecting of operating conditions and solution chemistry on model parameters in crossflow reverse osmosis of natural organic matter. *Desalination*, 253(1-3), 38-45.
- Molinari, R., Argurio, P., & Romeo, L. (2001). Studies on interactions between membranes (RO and NF) and pollutants (SiO_2 , NO_3^- , Mn^{2+} , and humic acid) in Water. *Desalination*, 138, 271-281.
- Richards, L. A., Richards, B. S., Rossiter, H. M. A. & Schäfer, A. I. (2009) Impact of speciation on fluoride, arsenic and magnesium retention by nanofiltration/reverse osmosis in remote Australian Communities. *Desalination*, 248, 177-183.
- Saikaew, W., Mattaraj, S. & Jiraratananon. (2010). Nanofiltration performance of lead solutions: Effects of solution pH and ionic strength. *Water Science & Technology Water Supply-WSTWS*, 10(2), 193-200.
- Seidel, A., Waypa, J. J. & Elimelech, M. (2001). Role of charge (Donnan) exclusion in removal of arsenic from water by a negatively charged porous nanofiltration membrane. *Environmental Engineering Science*, 18.

- Weinrich, L., LeChevallier, M., Haas, C. N., (2016). Contribution of assimilable organic carbon to biological fouling in seawater reverse osmosis membrane treatment. *Water Res*, 101, 203–213.
- Xu, P., Bellona, C., & Drewes, J. E. (2010). Fouling of nanofiltration and reverse osmosis membranes during municipal wastewater reclamation: Membrane autopsy results from pilot-scale investigations. *J. Membrane Science*, 353: 111–121.

การวิเคราะห์และออกแบบระบบดับเพลิงอัตโนมัติสำหรับอาคารเก็บแอลกอฮอล์ Analysis and design of automatic fire suppression system for alcohol warehouse

ศตวรรษ คงอ่อน^{1*} ประกอบ สุรวัฒนาวรรณ²

สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์¹

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์²

*Corresponding author: E-mail: satawatkongon@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบระบบดับเพลิงอัตโนมัติในอาคารจัดเก็บวัตถุดิบของเหลวไวไฟประเภทแอลกอฮอล์ และเพื่อเสนอแนวทางในการออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยที่เหมาะสมกับอาคารจัดเก็บวัตถุดิบของเหลวไวไฟประเภทแอลกอฮอล์ โดยมีวิธีวิจัยคือ รวบรวมข้อมูลและศึกษาวิธีการออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยและดำเนินการออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยและสรุปผลวิเคราะห์ผลจากการออกแบบให้กับบริษัทในการทำการตรวจสอบการติดตั้งและปรับปรุงของอาคารเก็บแอลกอฮอล์และมีขอบเขตงานวิจัยคืองานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะอาคารเก็บสารไวไฟที่เป็นแอลกอฮอล์เท่านั้น การออกแบบระบบดับเพลิงจะออกแบบยึดหลักตามมาตรฐานสากล ซึ่งจากการศึกษาพบว่า มีการแบ่ง Design Area เป็น 2 กรณี โดยแต่ละกรณีมีการออกแบบ 3 ส่วนคือสปริงเกอร์ Dike protection Surface application กรณีที่ 1 คิดจากพื้นที่ที่ไกลที่สุด และกรณีที่ 2 คิดจากการคำนึงถึงพื้นที่ที่อันตรายมีแอลกอฮอล์มากที่สุด โดยทั้ง 2 กรณี ใช้ระบบหัวกระจายน้ำผสมโฟมดับเพลิงติดตั้งที่ฝ้าเพดานโดยเลือกใช้สปริงเกอร์แบบหัวคว่ำ (Pendent) ประเภท Standard Spray Sprinkler มีค่า K-11.2 จากการคำนวณออกแบบ มีจำนวนท่อย่อย 6 เส้น แต่ละเส้นมีสปริงเกอร์จำนวน 10 หัว น้ำยาโฟมที่ใช้คือ AR-AFFF (Alcohol Resistance Aqueous Film-Forming Foam) ชนิด 3% โดยกรณีที่ 1 อัตราการไหลต้องการ ณ ท่อส่งท่อเมน คือ 1,562.99 gpm ใช้น้ำยาโฟมปริมาณ 2,790 แกลลอน และใช้น้ำ 466 ลบ.ม. และกรณีที่ 2 ระบบมีอัตราการจ่ายโฟม 1,562.99 gpm ใช้น้ำยาโฟมปริมาณ 2,874.78 แกลลอน และใช้น้ำ 486 ลบ.ม.

คำสำคัญ: ของเหลวไวไฟ; ระบบป้องกันอัคคีภัย; ระบบดับเพลิงโฟม; พื้นที่ออกแบบ

Abstract

If a fire occurs in an alcohol storage facility, it will have a wide impact on other areas. This study aims to study the design of automatic fire extinguishing systems in flammable liquids storage buildings and to propose guidelines for the design of fire protection systems suitable for flammable liquids storage buildings. The scope of this research is that this research studies only flammable alcohol storage buildings and has principles, concepts and theories to apply the design of fire extinguishing system using foam as a fire extinguishing agent. This study will find comparisons

between Design Area points, divided into 2 cases; each case has 3 design parts: 1) Sprinkler 2) Dike protection and 3) Surface application, Case 1 is based on the furthest area and Case 2 is calculated from the hazardous areas with the most alcohol, in both cases using a foam-fire sprinkler system installed on the ceiling and using a standard type of pendent sprinkler with a K-11.2 value. Design calculation there are 6 branch-lines, each line has 10 sprinklers. The foam solution used is AR-AFFF (Alcohol Resistance Aqueous Film-Forming Foam) type 3%. Both cases were compared at the required flow rate at the main pipeline, the amount of foam solution and water consumption. To learn which cases will be more comprehensive, in which case 2 that is thought from considering the areas that are the most dangerous with alcohol. The resulting value will cover more than just thinking in the case of 1 furthest point.

Keywords: flammable liquids; fire protection systems; foam fire suppression system; Design Area

บทนำ

การจัดเก็บวัตถุของเหลวไวไฟประเภทแอลกอฮอล์ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีการเก็บภายในอาคารซึ่งทำให้พื้นที่ในอาคารเป็นพื้นที่เสี่ยงสูงในการเกิดเพลิงไหม้ หากมีเหตุการณ์เพลิงไหม้เกิดขึ้นอาคารและบริเวณรอบของอาคารที่จัดเก็บจะทำให้เกิดความเสียหายกระจายเป็นวงกว้าง อาคารที่จัดเก็บของเหลวไวไฟประเภทแอลกอฮอล์จึงจำเป็นต้องมีระบบการดับเพลิงอัตโนมัติที่ออกแบบและติดตั้งให้เหมาะสม ซึ่งการออกแบบระบบและติดตั้งที่เหมาะสมกับอาคารที่จัดเก็บของเหลวไวไฟประเภทแอลกอฮอล์ช่วยลดความเสี่ยงและโอกาสที่จะเกิดความเสียหายจากเพลิงไหม้ โดยในปัจจุบันอาคารที่จัดเก็บของเหลวไวไฟประเภทแอลกอฮอล์จะมีการออกแบบตามมาตรฐานที่ถูกใช้ในการออกแบบระบบดับเพลิง คือ NFPA (National Fire Protection Association)

งานศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ จึงนำทฤษฎีของวิศวกรรมการป้องกันอัคคีภัยมาศึกษาและออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยที่เหมาะสมและให้มีความสอดคล้องกับกฎหมายและวัตถุประสงค์ในการใช้งาน คือระบบหัวกระจายโฟมผสมน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ ระบบSurface application และระบบ Dike protection ในอาคารจัดเก็บวัตถุของเหลวไวไฟประเภทแอลกอฮอล์ โดยที่ระบบดับเพลิงสามารถจ่ายสารดับเพลิงได้ตามต้องการและมีปริมาณการสำรองสารดับเพลิงที่ถูกต้องในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้และระบบการทำงานยังทำงานได้โดยปกติ โดยข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปพัฒนางานด้านวิศวกรรมความปลอดภัยและในส่วนที่เกี่ยวข้องต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาการออกแบบระบบดับเพลิงอัตโนมัติในอาคารจัดเก็บวัตถุของเหลวไวไฟ ประเภทแอลกอฮอล์ และเสนอแนวทางในการออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยที่เหมาะสมกับอาคาร จัดเก็บวัตถุของเหลวไวไฟประเภทแอลกอฮอล์ในกรณีเพลิงไหม้

การตรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นวรรณกรรมใช้ในการศึกษาโดยมีประเด็นการค้นคว้าเป็นดังต่อไปนี้ หลักการและวิธีการออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัย

ระบบโฟมดับเพลิง (Foam Fire Extinguishing System)

ประเภทของโฟมดับเพลิง (Fire Fighting Foam) โฟมดับเพลิงจะมีคุณสมบัติในการสร้างฟองโฟม (Finished Foam) และมีบทบาทของการเคลือบผิวจะแยกเชื้อเพลิงออกจากเปลวไฟกั้นการรับอากาศเข้าสู่กระบวนการเผาไหม้ทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและทำให้พื้นผิวของเชื้อเพลิงเย็นลง

อัตราส่วนการขยายตัวของโฟมคำนวณโดยการวัดปริมาตรของโฟมที่เกิดขึ้นหลังจากที่เติมน้ำและอากาศแล้วเปรียบเทียบกับปริมาตรของโฟมที่ใช้น้ำยาโฟมเข้มข้น (Foam Concentrate) ที่ยังไม่ได้มีการผสมกับน้ำและอากาศเพื่อการใช้งานโดยน้ำยาโฟมเข้มข้นสามารถแบ่งได้เป็นประเภทดังต่อไปนี้

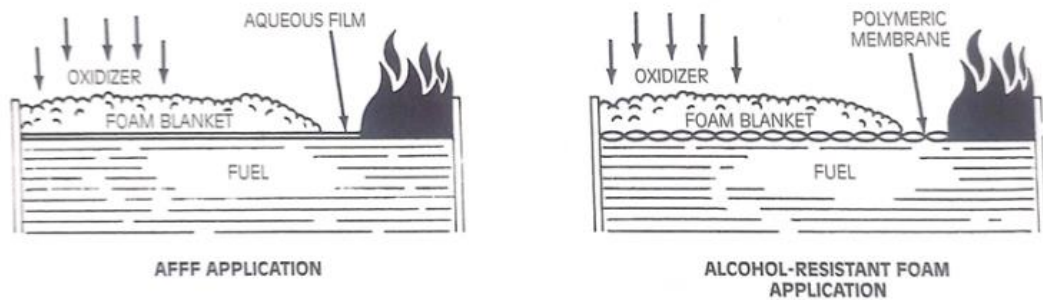
1. โฟมโปรตีน (Protein Foam) มีสารเติมแต่งโปรตีนสัตว์ การใช้โฟมโปรตีนอาจมีประสิทธิภาพสำหรับการดับเพลิงของไฮโดรคาร์บอน แต่ไม่ก่อตัวเป็นฟิล์มบนพื้นผิวของเชื้อเพลิงและสามารถดูดซับเชื้อเพลิงบางส่วนลงในโฟมซึ่งอาจทำให้โฟมเกิดความล้มเหลวในการรักษาการลอยตัวคลุมเหนือเชื้อเพลิง

2. ฟลูออโรโปรตีนโฟม (Fluoroprotein Foam) เป็นโฟมโปรตีนที่มีสารเติมแต่งฟลูออโรเคมีทำให้การไหลของโฟมมีความเสถียรมากขึ้นด้วยความต้านทานต่อการดูดซับของเชื้อเพลิง โฟมฟลูออโรโปรตีนฟิล์มขึ้นรูป (FFFP) นั้นมีประสิทธิภาพมากกว่าโฟมฟลูออโรโปรตีนในการใช้งานที่มีสิ่งกีดขวางระหว่างฟิล์มกับโฟมและเชื้อเพลิง

3. Aqueous Film-Forming Foam (AFFF) เป็นโฟมสังเคราะห์ที่ทำการเคลือบของเหลวที่ติดไฟได้มากที่สุดเนื่องจากความสามารถในการสร้างฟิล์มที่บางๆที่แยกโฟมออกจากเชื้อเพลิงช่วยเพิ่มความสามารถของโฟมในการเคลือบ เป็นโฟมทางเลือกสำหรับการป้องกันอัคคีภัยของเครื่องบินส่วนใหญ่พร้อมใช้งานและเป็นที่ยอมรับใช้ สำหรับการใช้งานของของเหลวไวไฟและติดไฟได้

4. โฟมที่ทนแอลกอฮอล์ (Alcohol-Resistant Foam) ใช้สำหรับป้องกันการจุดไฟติดไฟจากแอลกอฮอล์ โฟมประเภท ARC มีเมื่อโฟมชนิดนี้ถูกฉีดเข้าไปที่เชื้อเพลิงก่อให้เกิดเมมเบรนระหว่างโฟมกับเชื้อเพลิงเพื่อกันไม่ให้เชื้อเพลิงสัมผัสกับอากาศได้ 5. โฟมเคมีขึ้นอยู่กับการเริ่มต้นของปฏิกิริยาเคมีภายในสารละลายโฟมเพื่อสร้างฟองอากาศในโฟม โฟมเหล่านี้ล้ำสมัยเมื่อมีการแนะนำ AFFF และฟลูออโรโปรตีน (สหโชค สกุลเผือก, 2560, น.19-20)

ปฏิกิริยาของโฟมดับเพลิงคือการลดอุณหภูมิที่ผิวของเชื้อเพลิงเหลวให้ต่ำกว่าอุณหภูมิของจุดติดไฟ (ignition point) จึงสามารถลดอุณหภูมิของไอเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นทำให้เกิดแนวขวางกั้นเชิงกายภาพระหว่างผิวเชื้อเพลิงเหลวและอากาศ กำจัดก๊าซออกซิเจน หรือทำให้ก๊าซออกซิเจนเจือจางจากอากาศบริเวณรอบ ๆ เปลวไฟ เจือจางปริมาณเชื้อเพลิงเหลวด้วยสารเฉื่อย ลดปริมาณของอนุมูลอิสระที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ (Gagnon, 1998, p.36)



ภาพที่ 1 ปฏิกริยาของโฟมดับเพลิงกับเชื้อเพลิง

ที่มา: Design of special hazard & fire alarm systems Robert M.Gagnon

ขอบเขตงานวิจัย

1. งานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะอาคารเก็บสารไวไฟที่เป็นแอลกอฮอล์เท่านั้น
2. ศึกษาเฉพาะระบบดับเพลิงที่ใช้ในการวิจัย คือ ระบบน้ำผสมโฟม
3. ศึกษาเฉพาะมาตรฐานป้องกัน อัคคีภัยของ NFPA (National Fire Protection Association)

ทั้งหมด 4 ฉบับคือ

1. NFPA 11: Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam
2. NFPA 13 :Standard for the Installation of Sprinkler Systems
3. NFPA 16 :Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems
4. NFPA 30: Flammable and Combustible Liquids Code

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้

เพื่อให้ทราบถึงการออกแบบอาคารที่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมและถูกต้องตามมาตรฐาน National Fire Protection Association และสามารถเสนอข้อดี – ข้อเสียของระบบป้องกันอัคคีภัยแต่ละระบบในพื้นที่เดียวกันได้

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

กระบวนการและวิธีการศึกษา

ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาการออกแบบระบบดับเพลิงอัตโนมัติอาคารเก็บแอลกอฮอล์ โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลของอาคารเก็บแอลกอฮอล์
2. ศึกษา NFPA และ มาตรฐาน วสท.
3. กำหนดค่าปัจจัยค่าต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบ
4. นำปัจจัยที่ได้มาวิเคราะห์และออกแบบ
5. สรุปผลและวิจารณ์ โดยจะทำการสรุปผลจากการออกแบบให้กับบริษัทในการทำการตรวจสอบการ

ติดตั้งและปรับปรุง

หลักวิเคราะห์และออกแบบระบบดับเพลิงอัตโนมัติโดยใช้โฟม

ระบบดับเพลิงในอาคารเก็บแอลกอฮอล์จะมีกรณีศึกษาอยู่ 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 คิดจากพื้นที่ที่ไกลที่สุดและกรณีที่ 2 คิดจากการคำนึงถึงพื้นที่ที่อันตรายมีแอลกอฮอล์มากที่สุดโดยแต่ละกรณีจะมีการคำนวณ 3 ส่วน ดังนี้

ระบบดับเพลิงโดยใช้สปริงเกอร์

จะต้องมีการฉีดน้ำผสมโฟมที่ปริมาณ ไม่น้อยกว่า 0.4 gpm/ft² โดยพื้นที่ที่ใช้ออกแบบการคำนวณ 3,000 ft² และพื้นที่ป้องกันของหัวกระจายน้ำผสมโฟมดับเพลิง ต้องไม่เกิน 100 ft² จากนั้นคำนวณหา

1. อัตราการไหลที่หัวกระจายน้ำดับเพลิงที่มีความต้องการน้ำมากที่สุดหรือหัวที่ไกลที่สุด ดังแสดงในสมการที่ 1

$$Q = A_s \times d \dots\dots\dots (1)$$

Q = อัตราการไหลน้ำผสมโฟม (gpm), A_s = พื้นที่ครอบคลุมของหัวกระจายน้ำผสมโฟมดับเพลิง 1 หัว (ft²), d = ค่าความหนาแน่น (gpm/ ft²)

2. ความดันต่ำสุดที่หัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ไกลที่สุดดังแสดงในสมการที่ 2

$$P = \left(\frac{Q}{K}\right)^2 \dots\dots\dots (2)$$

P = แรงดันน้ำผสมโฟม (psi), Q = อัตราการไหลน้ำผสมโฟม (gpm), K = discharge coefficient (gpm/sqrt(psi))

3. ค่าความเสียดทานในระบบท่อเพื่อหาค่าความดันและอัตราการไหลที่ต้องการใช้งานสามารถวิเคราะห์ได้จากสมการ โดยใช้สูตร Hazen-William ดังแสดงในสมการที่ 3

$$Pf = \frac{4.52 Q^{1.85}}{C^{1.85} d^{4.87}} \times L \dots\dots\dots (3)$$

Pf = ความดันสูญเสียในท่อ friction loss (psi/ft), Q = อัตราการไหล (gpm) C = friction coefficient, d = inside diameter (in), L = equivalent pipe length ความยาวของท่อ (ft)

แรงดันสูญเสียจากความสูงดังแสดงในสมการที่ 4

$$Pe = 0.433 \times h \dots\dots\dots (4)$$

Pe = ความดันสูญเสียเนื่องจากความสูง (psi), h = ความสูง (ft)

การออกแบบระบบ Surface application

1. คำนวณพื้นที่ผิวของเชื้อเพลิงในถัง

$$A = \pi r^2$$

A = พื้นที่ผิวของถัง , r = รัศมีของถัง

2. กำหนดอัตราการใช้งาน 0.15 gpm/ft² และเวลาที่ใช้ในการพ่นพื้นผิวเชื้อเพลิงในถัง 55 นาที
3. คำนวณอัตราการจ่ายโฟมและปริมาณโฟม (Discharge rate and foam concentrate quantity)

$$D = (A) \times R$$

$$Q = (A) \times (R) \times (T) \times (\%)$$

Q = ปริมาณโฟมเข้มข้น (gallon), D = อัตราการไหลของโฟม (gpm), A = พื้นที่ผิวของเชื้อเพลิงในถัง
R = อัตราการใช้งาน, T = เวลาที่จ่ายโฟม, % = เปอร์เซ็นต์สำหรับโฟมที่เลือกทั้ง 1%, 3% หรือ 6%

4. กำหนดจำนวนอุปกรณ์กระจายพองแบบคงที่โดยที่ถังเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.8 ให้มีจุดจ่าย 1 จุด
5. กำหนดปริมาณไฟเส้นท่อเสริมท่อ hose
6. คำนวณปริมาณโฟม

$$Ds = (N) \times (50 \text{ gpm})$$

$$Qs = (N) \times (50 \text{ gpm}) \times (Ts) \times (\%)$$

Ds = อัตราการจ่ายโฟมเพิ่มเติม (gpm), Qs = ปริมาณโฟมเข้มข้นเสริม (แกลลอน), N = จำนวนสายท่อ, Ts = เวลาที่ท่อระบาย, % = เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นแสดงเป็นทศนิยม, 50 gpm = ความต้องการขั้นต่ำ (ต่อ hose line)

การออกแบบระบบ Dike protection

1. คำนวณหาพื้นที่เขื่อนกัน A = (dike length) x (dike width)
2. กำหนดอัตราการใช้งานและเวลาการจ่าย

อัตราการใช้งาน (D) = 0.10 gpm / ตารางฟุตสำหรับจุดจ่ายคงที่

เวลาปล่อย (T) = 30 นาที สำหรับของเหลวไวไฟ(จุดวาบไฟต่ำกว่า 100 ° F)

3. คำนวณอัตราการจ่ายโฟมและปริมาณโฟม (Discharge rate and foam concentrate quantity)

$$D = (A) \times (R)$$

$$Q = (A) \times (R) \times (T) \times (\%)$$

Q = ปริมาณโฟมเข้มข้น (gallon), D = อัตราการไหลของโฟม (gpm), A = พื้นที่ผิวของถัง, R = อัตราการใช้งาน, T = เวลาที่จ่ายโฟม, % = เปอร์เซ็นต์สำหรับโฟมที่เลือกทั้ง 1%, 3% หรือ 6%

4. กำหนดจำนวนอุปกรณ์การจ่ายโฟม

$$N = (2L+2W)/30$$

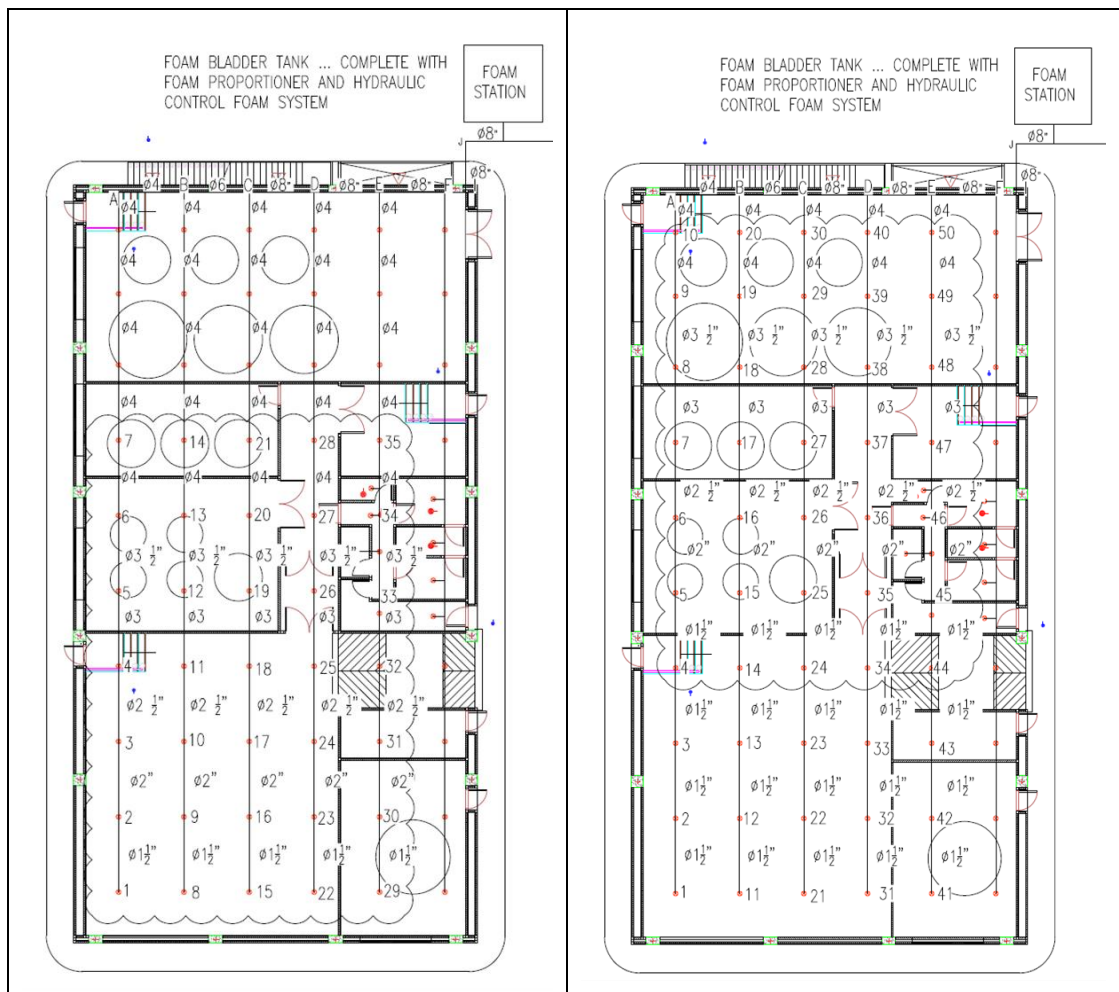
N = จำนวนอุปกรณ์, L = ความยาวของเขื่อน, W = ความกว้างของเขื่อน

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากผลวิเคราะห์งานวิจัยนี้ต้องศึกษาพื้นที่การวิเคราะห์ห่อออกแบบ (design area) เป็น 2 กรณี เพื่อหากรณีที่เลวร้ายที่สุด (worst case) ว่าหากเกิดเพลิงไหม้กรณีใดจะต้องการน้ำมากที่สุดโดย กรณีที่ 1 จะให้พื้นที่ design area เลือจากหัวสปริงเกอร์จุดที่อยู่ไกลจากบ่อดับเพลิงมากที่สุด และกรณีที่ 2 จะให้พื้นที่ design area เลือจากจุดที่มีพื้นที่ที่อันตรายมากที่สุด

กรณีที่ 1 คิดจากพื้นที่ที่ไกลที่สุด

กรณีที่ 2 คิดจากพื้นที่อันตรายที่สุด(ครอบคลุมถึงไปใหญ่สุด)



ภาพที่ 2 ภาพแสดงพื้นที่การออกแบบทั้ง 2 กรณี

จากการวิเคราะห์ทั้งกรณีที่ 1 พื้นที่ design area เลือจากหัวสปริงเกอร์จุดที่อยู่ไกลจากบ่มีดับเพลิงมากที่สุด และกรณีที่ 2 จะให้พื้นที่ design area เลือจากจุดที่มีพื้นที่ที่อันตรายมากที่สุด ผู้ศึกษาทำการเปรียบเทียบระบบดับเพลิงทั้ง 3 ระบบคือระบบ สปริงเกอร์ ระบบ Surface application และระบบ Dike protection เนื่องจากว่าเป็นระบบที่เหมาะสมกับการออกแบบสำหรับอาคารเก็บสารไวไฟประเภทแอลกอฮอล์และสามารถแสดงการวิเคราะห์ได้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางตัวอย่างการวิเคราะห์การออกแบบทั้ง 3 ระบบ

	กรณีที่ 1 คัดจากพื้นที่ที่ไกลที่สุด	กรณีที่ 2 คัดจากพื้นที่อันตรายที่สุด (ครอบคลุมถึงใบใหญ่สุด)
1. ระบบหัวกระจายน้ำผสมโฟมดับเพลิง (สปริงเกอร์)	1. เริ่มจากจุดที่ 1 (หัวสปริงเกอร์ที่ 1) อัตราการไหล $Q = As \times d$ $Q = 36.73 \text{ gpm}$ ความดันที่ต้องการ $P = \left(\frac{Q}{K}\right)^2$ $P = 10.75 \text{ psi}$	1. เริ่มจากจุดที่ 4 (หัวสปริงเกอร์ที่ 4) อัตราการไหล $Q = As \times d$ $Q = 36.73 \text{ gpm}$ ความดันที่ต้องการ $P = \left(\frac{Q}{K}\right)^2$ $P = 10.75 \text{ psi}$
	2. เริ่มจากหัวสปริงเกอร์ที่ 1 ไปจุดที่ 2 ใช้ท่อขนาด 1-1/2 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลางในท่อ 1.610 นิ้ว สัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อ 120 มีความยาวตามแนวเส้นท่อ 10.3 ฟุต มีความยาวจากหัวสปริงเกอร์ไปท่อย่อย 0.5 ฟุต ซ็อก 90 - 1 ตัว มีความยาวเทียบเท่า 4 ฟุต ดังนั้น ความยาวเทียบเท่ารวม 14.8 ฟุต $Pf = \frac{4.52 Q^{1.85}}{C^{1.85} d^{4.87}} \times L$ $Pf = 0.74 \text{ psi}$ $Pe = 0.433 \times h = -0.22 \text{ psi}$ ความดันสูญเสียโดยรวม $10.75 + 0.74 - 0.22 = 11.27$	2. เริ่มจากหัวสปริงเกอร์ที่ 4 ไปจุดที่ 5 ใช้ท่อขนาด 1-1/2 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลางในท่อ 1.610 นิ้ว สัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อ 120 มีความยาวตามแนวเส้นท่อ 10.3 ฟุต มีความยาวจากหัวสปริงเกอร์ไปท่อย่อย 0.5 ฟุต ซ็อก 90 - 1 ตัว มีความยาวเทียบเท่า 4 ฟุต ดังนั้น ความยาวเทียบเท่ารวม 14.8 ฟุต $Pf = \frac{4.52 Q^{1.85}}{C^{1.85} d^{4.87}} \times L$ $Pf = 0.74 \text{ psi}$ $Pe = 0.433 \times h = -0.22 \text{ psi}$ ความดันสูญเสียโดยรวม $10.75 + 0.74 - 0.22 = 11.27$
	3. กระบวนการนี้จะถูกวิเคราะห์ต่อเนื่องไปยังจุดต่างๆ ของพื้นที่ที่ออกแบบ	3. กระบวนการนี้จะถูกวิเคราะห์ต่อเนื่องไปยังจุดต่างๆ ของพื้นที่ที่ออกแบบ
	4. การวิเคราะห์มาถึงจุดที่ 7 ไปจุด A ใช้ท่อขนาด 4 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลางในท่อ 4.026 นิ้ว	4. การวิเคราะห์มาถึงจุดที่ 10 ไปจุด A ใช้ท่อขนาด 4 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลางในท่อ 4.026 นิ้ว

	กรณีที่ 1 คิดจากพื้นที่ที่ไกลที่สุด	กรณีที่ 2 คิดจากพื้นที่อันตรายที่สุด (ครอบคลุมถึงใบใหญ่สุด)
	<p>สัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อ 120 มีความยาวตามแนวเส้นท่อ 36.05 ฟุต ข้อต่อตัว Tee 1 ตัว มีความยาวเทียบเท่า 20 ฟุต ดังนั้น ความยาวเทียบเท่ารวม 14.8 ฟุต</p> $Pf = \frac{4.52 Q^{1.85}}{C^{1.85} d^{4.87}} \times L$ <p>Pf = 1.04 psi Pe = 0.433 x h = 0 ความดันสูญเสียโดยรวม P₆₋₇ + 1.04 + 0 = 16.53 psi Q_{7-A} = Q₆₋₇ + Q₇ = 241.26 gpm</p>	<p>สัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อ 120 มีความยาวตามแนวเส้นท่อ 5.15 ฟุต ข้อต่อตัว Tee 1 ตัว มีความยาวเทียบเท่า 20 ฟุต ดังนั้น ความยาวเทียบเท่ารวม 14.8 ฟุต</p> $Pf = \frac{4.52 Q^{1.85}}{C^{1.85} d^{4.87}} \times L$ <p>Pf = 0.47 psi Pe = 0.433 x h = 0 ความดันสูญเสียโดยรวม P₆₋₇ + 0.47 - 0.22 = 15.95 psi Q_{7-A} = Q₆₋₇ + Q₇ = 241.26 gpm</p>
	<p>5. ภาระงานการนี้จะถูกวิเคราะห์ต่อเนื่องไป ไปยังจุดต่างๆของพื้นที่ที่ออกแบบไปจนถึง จุดท่อเมนน้ำดับเพลิงอัตราการไหลและ แรงดันที่ต้องการ ณ ท่อส่งท่อเมน คือ 1,219.58 gpm ที่ 27.47 psi ปริมาณน้ำยาโฟม AR-AFFF 3% ในเวลา 90 นาที ใช้น้ำยาโฟม 0.03x1,219.58x 90 = 2392.87 แกลลอน ปริมาณน้ำที่ใช้ = 415 ลบ.ม.</p>	<p>5. ภาระงานการนี้จะถูกวิเคราะห์ต่อเนื่องไป ไปยังจุดต่างๆของพื้นที่ที่ออกแบบไปจนถึงจุด ท่อเมนน้ำดับเพลิงอัตราการไหลและแรงดัน ที่ต้องการ ณ ท่อส่งท่อเมน คือ 1,220.04 gpm ที่ 26.89 psi ปริมาณน้ำยาโฟม AR-AFFF 3% ในเวลา 90 นาที ใช้น้ำยาโฟม 0.03x1,220.04 x 90 = 2394.10 แกลลอน ปริมาณน้ำที่ใช้ = 425 ลบ.ม.</p>
2. ระบบ Surface application	<p>1. พื้นที่ครอบคลุมถึง 8 ใบ A = 449.4 ft²</p>	<p>1. พื้นที่ครอบคลุมถึง 13 ถัง A = 787 ft²</p>
	<p>2. อัตราการไหลของโฟม (gpm) D = (A) x (R) = 449.4 x 0.15 = 67.41 gpm</p>	<p>2. อัตราการไหลของโฟม (gpm) D = (A) x (R) = 787 x 0.15 = 118.05 gpm</p>
	<p>3. ปริมาณโฟมเข้มข้น (gallon) Q = (A) x (R) x (T) x (%) = 111.26 x 0.15 x 55 x 0.03 = 111.23 gallon</p>	<p>3. ปริมาณโฟมเข้มข้น (gallon) Q = (A) x (R) x (T) x (%) = 178.78 x 0.15 x 55 x 0.03 = 194.78 gallon</p>

	กรณีที่ 1 คิดจากพื้นที่ที่ไกลที่สุด	กรณีที่ 2 คิดจากพื้นที่อันตรายที่สุด (ครอบคลุมถึงใบใหญ่สุด)
	4. เส้นท่อเสริม (hose line) กำหนด 50 gpm อัตราการจ่ายโฟมเพิ่มเติม (gpm) $Ds = (N) \times (50 \text{ gpm}) = 1 \times 50 = 50 \text{ gpm}$	
	5. เส้นท่อเสริม (hose line) กำหนด 50 gpm ปริมาณโฟมเข้มข้นเสริม 55 นาที $Qs = (N) \times (50 \text{ gpm}) \times (Ts) \times (\%) = 1 \times 50 \times 55 \times 0.03 = 82.5 \text{ gallon}$	
3. ระบบ Dike protection	1. พื้นที่เขื่อนกันน้ำ = (dike length) x (dike width) A=2260 ตารางเมตร	
	2. อัตราการไหลของโฟม (gpm) $D = (A) \times (R) = 2,260 \times 0.10 = 226 \text{ gpm}$	
	3. ปริมาณโฟมเข้มข้น (gallon) $Q = (A) \times (R) \times (T) \times (\%) = 2,260 \times 0.1 \times 30 \times 0.03 = 203.4 \text{ gallon}$	

จากการวิเคราะห์ระบบดับเพลิงข้างต้น ซึ่งมีการศึกษาทั้ง 2 กรณีซึ่งจะต่างกันตรงที่ Design Area ซึ่งจะส่งผลกับปริมาณน้ำที่ใช้ ปริมาณโฟมที่ใช้โดยกรณีที่ 1 เป็นพื้นที่ที่ไกลที่สุด มีอัตราการจ่ายโฟม 1,562.99 gpm ใช้น้ำยาโฟมปริมาณ 2,790 แกลลอน และใช้น้ำ 466 ลบ.ม. และกรณีที่ 2 คิดจากการคำนึงถึงพื้นที่ที่อันตรายมีแอลกอฮอล์มากที่สุด ต้อง มีอัตราการจ่ายโฟม 1,562.99 gpm ใช้น้ำยาโฟมปริมาณ 2,874.78 แกลลอน และใช้น้ำ 486 ลบ.ม. ดังนั้นการออกแบบที่เหมาะสมที่สุดจึงต้องใช้ปริมาณโฟมดับเพลิงและน้ำที่นำมาผสมโฟมในการคิดที่กรณีที่ 2 คือ คิดจากพื้นที่อันตรายที่สุด(ครอบคลุมถึงใบที่ใหญ่ที่สุด)

สรุปผลและเสนอแนะ

การศึกษาค้นคว้าการออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยผู้วิจัยได้ตัดสินใจเลือกการออกแบบระบบดับเพลิงแบบน้ำผสมโฟมเนื่องจากสภาพการทำงานที่สถานที่จริงเป็นอาคารที่มีระบบอากาศเชื่อมต่อกันทั้งอาคารและมีช่องเปิดอีกมากมายและประตูเป็นแบบบานเปิดปิดธรรมดาไม่ได้เป็นระบบอัตโนมัติทำให้ไม่เหมาะกับการออกแบบโดยใช้ก๊าซดับเพลิงอีกทั้งอาคารที่เก็บแอลกอฮอล์เป็นอาคารที่มีขนาดสูง 6 เมตร หากใช้ก๊าซต้องใช้จำนวนมากทำให้ไม่คุ้มกับทุนที่จะเสียไปจึงเลือกวิธีอื่นผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้การดับเพลิงด้วยน้ำผสมโฟมที่สามารถดับเพลิงที่สารตั้งต้นเป็นแอลกอฮอล์ได้ดี ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปผลการออกแบบไว้ดังนี้

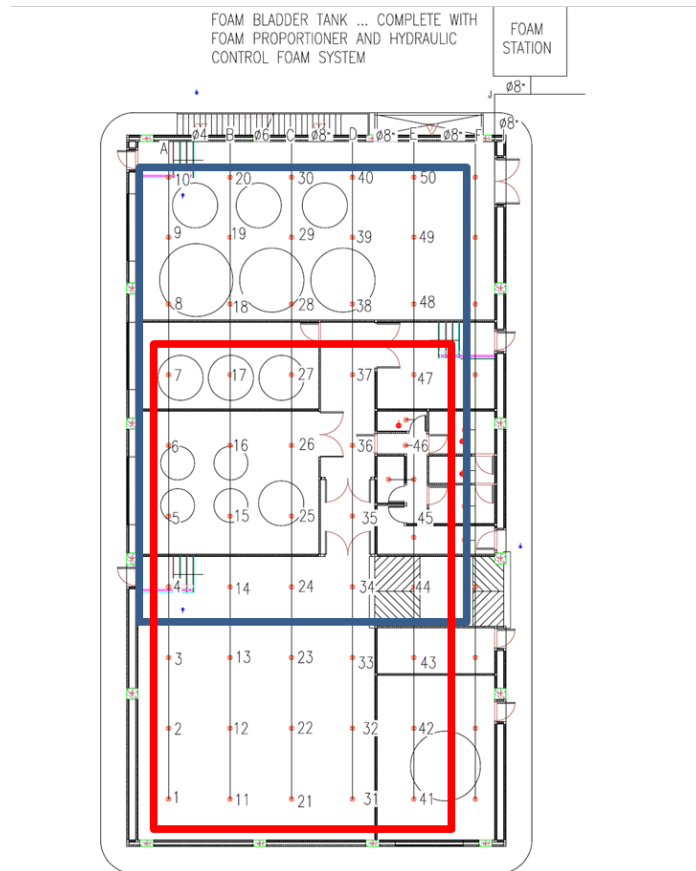
ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบดับเพลิงน้ำและโฟมไว้ด้วยกันทั้งหมด 3 ส่วน โดยพื้นที่ Design Area จะแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1. คิดจากพื้นที่ที่ไกลที่สุด ใช้ระบบหัวกระจายน้ำผสมโฟมดับเพลิงติดตั้งที่ฝ้าเพดาน โดยเลือกใช้สปริงเกอร์แบบหัวคว่ำ (Pendent) ประเภท Standard Spray Sprinkler มีค่า K-1.1.2 จากการคำนวณออกแบบ มีจำนวนท่อย่อย 6 เส้น แต่ละเส้นมีสปริงเกอร์จำนวน 10 หัว ทำให้ต้องใช้สปริงเกอร์จำนวน

60 หัว โดยอัตราการไหลและแรงดันที่ต้องการ ณ ท่อส่งท่อเมน คือ 1,219.58 gpm ที่ 27.47 psi โดยใช้น้ำยาโฟมที่ จำนวน 841.5 แกลลอน ที่ระยะเวลาการฉีดน้ำยาโฟม 90 นาที ระบบ Dike protection การดับเพลิงภายในท่านบกั้น จากการคำนวณออกแบบต้องมี หัวจ่ายแบบติดตั้งอยู่กับที่ (fixed discharge outlets) ทั้งหมด 13 หัวจ่าย โดยมีอัตราการจ่ายโฟมที่ 226 gpm ที่ปริมาณโฟมเข้มข้น 203.4 แกลลอน ที่ระยะเวลาการฉีดน้ำยาโฟม 30 นาที ระบบ Surface application เป็นการฉีดลงไปในถังเก็บแอลกอฮอล์ให้เป็นฟิล์มไม่ให้แอลกอฮอล์ผสมกับอากาศ จากการออกแบบกำหนดจำนวนอุปกรณ์กระจายฟองแบบคงที่ (minimum number of discharge outlet) ใช้อุปกรณ์ Foam chamber จำนวน 1 ชุด โดยมีอัตราการจ่ายโฟมที่ 117.41 gpm ที่ปริมาณโฟมเข้มข้น 193.73 แกลลอน ที่ระยะเวลาการฉีดน้ำยาโฟม 55 นาที น้ำยาโฟมที่ใช้คือ AR-AFFF (Alcohol Resistance Aqueous Film-Forming Foam) ชนิด 3% ในกรณีนี้ที่ 1 รวมทั้ง 3 ระบบมีอัตราการจ่ายโฟม 1,562.99 gpm ใช้น้ำยาโฟมปริมาณ 2,790 แกลลอน และใช้น้ำ 466 ลบ.ม.

กรณีที่ 2. คิดจากการคำนึงถึงพื้นที่ที่อันตรายมีแอลกอฮอล์มากที่สุด ใช้ระบบหัวกระจายน้ำผสมโฟมดับเพลิงติดตั้งที่ฝ้าเพดานโดยเลือกใช้สปริงเกอร์แบบหัวคว่ำ (Pendent) ประเภท Standard Spray Sprinkler มีค่า K-11.2 จากการคำนวณออกแบบ มีจำนวนท่อย่อย 6 เส้น แต่ละเส้นมีสปริงเกอร์จำนวน 10 หัว ทำให้ต้องใช้สปริงเกอร์จำนวน 60 หัว โดยอัตราการไหลและแรงดันที่ต้องการ ณ ท่อส่งท่อเมน คือ 1,614.09 gpm ที่ 27.47 psi โดยใช้น้ำยาโฟมที่ จำนวน 2874.78 แกลลอน ที่ระยะเวลาการฉีดน้ำยาโฟม 90 นาที ระบบ Dike protection การดับเพลิงภายในท่านบกั้น จากการคำนวณออกแบบต้องมี หัวจ่ายแบบติดตั้งอยู่กับที่ (fixed discharge outlets) ทั้งหมด 13 หัวจ่าย โดยมีอัตราการจ่ายโฟมที่ 226 gpm ที่ปริมาณโฟมเข้มข้น 203.4 แกลลอน ที่ระยะเวลาการฉีดน้ำยาโฟม 30 นาที ระบบ Surface application จากการออกแบบกำหนดจำนวนอุปกรณ์กระจายฟองแบบคงที่ (minimum number of discharge outlet) ใช้อุปกรณ์ Foam chamber จำนวน 1 ชุดต่อถัง โดยมีอัตราการจ่ายโฟมที่ 168.05 gpm ที่ปริมาณโฟมเข้มข้น 277.78 แกลลอน ที่ระยะเวลาการฉีดน้ำยาโฟม 55 นาที น้ำยาโฟมที่ใช้คือ AR-AFFF (Alcohol Resistance Aqueous Film-Forming Foam) ชนิด 3% ในกรณีนี้ที่ 1 รวมทั้ง 3 ระบบมีอัตราการจ่ายโฟม 1,562.99 gpm ใช้น้ำยาโฟมปริมาณ 2,874.78 แกลลอน และใช้น้ำ 486 ลบ.ม.

โดยสรุปแล้วในการออกแบบระบบดับเพลิงครั้งนี้ผู้วิจัยเห็นว่าการออกแบบระบบดับเพลิงการคิดในกรณีที่ 2 คิดจากการคำนึงถึงพื้นที่ที่อันตรายมีแอลกอฮอล์มากที่สุด ค่าที่ได้มาจะครอบคลุมมากกว่าการคิดในกรณีที่ 1. จุดไกลที่สุด



ภาพที่ 3 ภาพแสดงพื้นที่การออกแบบทั้ง 2 กรณี

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2552). ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน พ.ศ. 2552. กรุงเทพฯ.

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2555). ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4406 (พ.ศ. 2555) ออกตามความใน พระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ข้อกำหนดในการป้องกันอัคคีภัย เล่ม 4: ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง อัตโนมัติ. กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา).

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2548). คู่มือการป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงานอุตสาหกรรมโรงงานผลิต ผลิตภัณฑ์พลาสติกและโฟม บริษัท ไฟร์เทค อินโนเวชั่น จำกัด

จักราวุฒิ รุ่งเรือง. (2548). การออกแบบระบบระงับอัคคีภัย ในบริเวณกองเก็บขานอ้อยและเชื้อเพลิงเสริม ของ บริษัท ด้านช้าง ไบโอ-เอ็นเนอร์ยี จำกัด [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต].

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาญวิทย์ เลิศฤทธิ. (2558). การดับเพลิงภายในท่านบกกัน (dike area) ด้วยโฟมดับเพลิงแบบการขยายตัวต่ำ. วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ, 8(30)

วิธีที่ อึ้งภากรณ์. (ม.ป.ป.) การออกแบบระบบท่อภายในอาคาร (พิมพ์ครั้งที่ 14).

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.(2545). *มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย*. แก้ไขครั้งที่ 1
สหโชค สกลเผือก. (2560) *การออกแบบและเปรียบเทียบระบบป้องกันอัคคีภัย กรณีศึกษาอาคารเก็บผลิตภัณฑ์
ขึ้นต้นสำหรับโรงงานผลิตสำหรับโรงงานผลิตสี* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต].

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สาธิต ปิยนลินมาศ. (2023). *โฟมดับเพลิง (fire-fighting foam) เลือกอย่างไรให้เหมาะกับการใช้งานใน
อุตสาหกรรม*

National Fire Protection Association. (2007). *NFPA 13 Standard for the Installation of Sprinkler
Systems*. National Fire Protection Association Quincy Massachusetts.

National Fire Protection Association. (2003). *NFPA 30 Flammable and Combustible Liquids Code*.
National Fire Protection Association Quincy Massachusetts.

Robert M.G. (1998). *Design of Water-Based Fire Protection System*. Delmar Publishers.

Robert M.G. (1998). *Design of Special Hazard & Fire Alarm System*. Delmar Publishers.

การออกแบบและการสร้างระบบการจัดการฐานข้อมูลสำหรับการประมาณราคาในงานระบบระบาย
อากาศ กรณีศึกษา บริษัท กรเอ็นจิเนียริงการช่าง จำกัด
DESIGNING AND CREATING A DATABASE MANAGEMENT SYSTEM FOR COST ESTIMATION
OF VENTILATION SYSTEM: A CASE STUDY KORN ENGINEERING KANCHANG CO., LTD.

ณัฐพล แซ่เฮ็ง^{1*} กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์²

สาขาการจัดการเทคโนโลยีวิศวกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ¹

ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ²

*Corresponding author: E-mail: darkoralra@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาโปรแกรมฐานข้อมูล เพื่อลดระยะเวลาการประมาณราคา
สำหรับการเสนอราคาในงานระบบระบายอากาศ จากการศึกษากระบวนการดำเนินงานพบว่าบริษัทตัวอย่างให้
ผู้ที่มีประสบการณ์ด้านประมาณราคาเป็นคนดำเนินการในการประมาณราคา พบว่าใช้ระยะเวลาในการ
ประมาณราคาเป็นระยะเวลานาน จากประเด็นปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการศึกษาและออกแบบ กระบวนการ
สร้างระบบจัดการฐานข้อมูลสำหรับการประมาณราคาในงานระบบระบายอากาศ โดยการพัฒนาซอฟต์แวร์โดย
ใช้ภาษา PHP CodeIgniter framework และพัฒนาฐานข้อมูลสำหรับการประเมินราคาต้นทุนด้วย MariaDB
(My SQL) โดยโปรแกรมนี้จะเป็นในรูปแบบ Web Base Application ในการจัดเก็บข้อมูลเพื่อช่วยลดระยะเวลา
ในการประมาณราคาของ งานออกแบบระบบระบายอากาศ ผลจากการทำวิทยานิพนธ์นี้ช่วยให้ผู้ประมาณราคา
ทำงานได้สะดวกยิ่งขึ้น ส่งผลให้สามารถเก็บประวัติการเสนอราคา ราคาวัสดุและบริการ ประเมินต้นทุนในการ
ดำเนินโครงการ รวมถึงลดระยะเวลาการประมาณราคาโดยเฉลี่ย 73% ของระยะเวลาในการดำเนินงานเดิม

คำสำคัญ: การประมาณราคา ,การจัดการฐานข้อมูล ,ระบบระบายอากาศ ,การออกแบบแอปพลิเคชัน

Abstract

An objective of this research is to develop database program for reducing time for estimating quotation of ventilation system work. From operational study found company estimate cost run operation by experience as a result a long time to do estimate from the aforementioned issues, a study and design was conducted. The process of creating a database management system for cost estimation in ventilation systems. System Developing the software using the PHP CodeIgniter framework and developing a database for cost estimation by MariaDB (My SQL). This program will be in the form of web base application to store the data to help reduce the estimated time of the cost of ventilation system work result of this thesis has made it more convenient for the estimator to work. As

a result, bidding history can be kept. Price of materials and services Estimate the cost of running the project. Including a reduction of the estimated time an average of 73% of the original operating time.

Keywords: Estimate, Data Management, Ventilation, Application Design

บทนำ

การประมาณราคาสำหรับงานวิศวกรรมนับว่าเป็นเรื่องยุ่งยากซับซ้อน และใช้เวลามาก โดยทั่วไปงานออกแบบทางด้านวิศวกรรมซึ่งจะต้องมีการประมาณราคาของอุปกรณ์ และวัสดุต่าง ๆ ที่ อยู่ในแบบ โดยจำเป็นต้องใช้ข้อมูลจำนวนมากนำมาใช้ในการประเมิน โดยข้อมูลนั้นมาจากแหล่งต่าง ๆ เช่น จากข้อมูลซื้อขายในอดีต จากการติดต่อสอบถามราคากับซัพพลายเออร์ การค้นหาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต การประเมินราคาโดยผู้รับเหมาช่วง เป็นต้น ซึ่งการประเมินราคาเหล่านี้ถ้าไม่มีข้อมูลที่จัดเก็บไว้อย่างเป็นระบบจะทำให้เสียเวลาที่ใช้ในการประเมินเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังมีโอกาสที่ข้อมูลของต้นทุนจะผิดพลาดอีกด้วย ดังนั้นจากปัญหาเหล่านี้จึงได้มีการพยายามใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ มาช่วยในการจัดเก็บข้อมูล และประมาณราคาในแบบของงานด้านวิศวกรรม

โดยที่ระบบระบายอากาศเป็นระบบที่ต้องมีการนำเอาอากาศบริสุทธิ์จากภายนอก เข้ามาเติม ในบริเวณที่มีผู้อยู่อาศัยในปริมาณที่พอเพียง และมีการระบายอากาศเสีย (Exhaust) ออกไปทิ้งเพื่อรักษาคุณภาพของอากาศภายในอาคาร ซึ่งในการประมาณราคานั้นจำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจในด้านการออกแบบระบบ และขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำงาน เพราะไม่อย่างนั้นอาจทำให้การประมาณราคาผิดพลาดเป็นอย่างมาก เช่น การออกแบบมากเกินไปจนความจำเป็น จ้างงานคนมากเกินไป โดยที่สาเหตุเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของการสูญเสียด้านเงินทุน ความเชื่อมั่นจากลูกค้า และโอกาสในการเสนอราคา

การเสนอราคาของบริษัทตัวอย่างนั้นโดยส่วนใหญ่เป็นการเสนอราคาแบบโครงการ (Project) โดยที่ประเภทของมูลค่างานนั้นค่อนข้างที่จะหลากหลาย ตั้งแต่มูลค่าหลักพันจนถึงหลักล้าน บริษัทฯที่ศึกษานั้นจัดอยู่ในกลุ่มบริษัทผู้รับเหมารายย่อย ประสบปัญหาในเรื่องของการเสนอราคาแบบโครงการ จากขั้นตอนกิจกรรม การดำเนินงานทั้งหมด ปัญหาที่จัดอยู่ในขั้นตอนการวิเคราะห์ และประเมินราคา ด้วยข้อจำกัดของบุคลากร ระยะเวลาในการเสนอราคาที่ย่ำกัด และข้อมูลประกอบการเสนอราคา จึงทำให้บางโครงการไม่ได้รับการพิจารณาในการรับเลือก

จากการศึกษา และเก็บข้อมูลเบื้องต้น ในขั้นตอนการประมาณราคาเพื่อเสนอราคาของบริษัทฯที่ศึกษา ในช่วงมกราคม 2563 ถึง เดือนกันยายน 2563 จำนวน 60 ตัวอย่าง โดยที่จะแสดงสัดส่วนของระยะเวลาในแต่ละขั้นตอนเป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ แต่เนื่องจากแต่ละโครงการมีขนาด และมูลค่างานที่แตกต่างกันจึงไม่สามารถบอกเป็นเวลาที่ละเอียดแต่ละขั้นตอนได้ โดยที่ขั้นตอนที่ใช้เวลามากที่สุด คือ ขั้นตอนของการสอบถามราคาวัสดุ/อุปกรณ์ รวมถึงราคาค่าแรง/เหมา ซึ่งเป็นกิจกรรมขั้นตอนที่ต้องอาศัยหน่วยงานภายนอก อีกทั้งยังรวมถึงความไม่ชัดเจนของข้อมูลกล่าว คือ มักจะรวมราคาทั้งของค่าวัสดุ และค่าแรงรวมกันทั้งหมด โดยไม่ได้แยกรายละเอียดของข้อมูลอย่างชัดเจนทำให้มีความยากลำบากในการประมาณราคา เป็นเหตุผลหนึ่งทำให้ต้นทุนสูง และราคาของใบเสนอราคานั้นสูงเกินไปจนไม่ได้รับการเลือกในการว่าจ้างงานของลูกค้า

จากปัญหาดังกล่าว และข้อมูลเบื้องต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาหาทางแก้ปัญหาโดยมุ่งเน้นในลดระยะเวลาการสืบค้นข้อมูล และลดเวลาการประมาณราคาเพื่อเสนอราคาให้กับลูกค้า และยังคงผลทำให้การเสนอราคางานมีประสิทธิภาพมากกว่าปัจจุบัน ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยศึกษา และหาแนวทางที่จะลดปัญหาทั้งในเรื่องของเวลา การได้มาซึ่งข้อมูล ตัวเลขต่าง ๆ การจัดเก็บข้อมูลการสืบค้นข้อมูลเฉพาะบริษัทกรณีศึกษาเท่านั้น

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

โดยทางผู้วิจัยได้กำหนดไว้ 3 ประการคือ

- 1) เพื่อพัฒนาโปรแกรมฐานข้อมูลสำหรับการประเมินราคา
- 2) เพื่อช่วยลดเวลาในการประมาณราคาของโครงการ
- 3) เพื่อช่วยในการประมาณราคาของต้นทุนที่ใช้ในโครงการ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิด และทฤษฎีการประมาณราคางานโครงการ

การประมาณราคา (Cost Estimate) ความหมายของการประมาณราคา หมายถึง การคำนวณหาปริมาณวัสดุ ค่า แรง และค่าดำเนินการที่ราคาใกล้เคียงกับค่าใช้จ่ายจริงมากที่สุด ในการแยกรายการวัสดุ ค่าแรง ค่าใช้จ่ายเครื่องมือเครื่องจักร และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานโดยมีผลกับตัวแปรตามในด้านระยะเวลาของการทำงาน ดังนั้นการประมาณราคาจึงไม่ใช่ราคาที่แท้จริง แต่ประมาณราคาให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบระบายอากาศ

ระบบระบายอากาศ คือ การทำให้อากาศเกิดการไหลเวียน และถ่ายเทภายในอาคารโดยการออกแบบตัวอาคารให้มีช่องระบายอากาศเข้า-ออกหรือ การเติมอากาศบริสุทธิ์เข้าไปภายในอาคาร ระบบระบายอากาศนั้นแบ่งได้ 2 ชนิด คือ 1) ระบบจ่ายอากาศมักถูกนำไปใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นภายในอาคารหรือบริเวณทำงาน นอกจากนี้ยังถูกนำมาใช้งานร่วมกับระบบดูดอากาศเพื่อทำหน้าที่จ่ายอากาศเข้ามาทดแทนอากาศส่วนที่ถูกดูดหรือ ระบายออกไป 2) ระบบดูดอากาศเป็นระบบที่นิยมใช้เพื่อลดความเข้มข้นหรือ ควบคุมการแพร่กระจายของสารปนเปื้อนไม่ให้เข้าไปปะปนกับอากาศในบริเวณทำงานหรือ สิ่งแวดล้อม

ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ

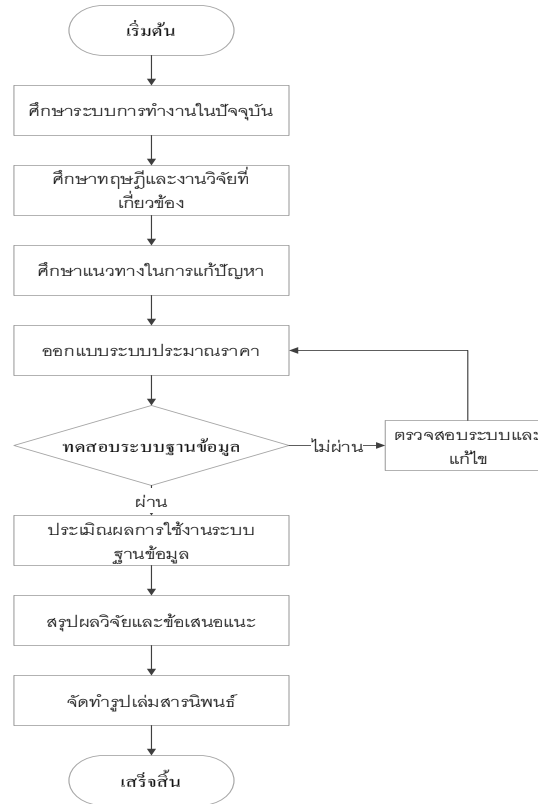
ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ คือ ระบบสารสนเทศที่ได้รับการออกแบบให้มีความสัมพันธ์กัน เพื่อการจัดการในด้านการประมวลผล เก็บรักษา วิเคราะห์ และกระจายสารสนเทศ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ และประสานงานเพื่อการควบคุมการทำงานในองค์กร(อรรถกร,2548)

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

การออกแบบฐานข้อมูลสำหรับบริษัทกรณีศึกษาเป็นการจัดทำการประมาณราคาสำหรับบริษัทรับเหมา การจัดทำราคานั้นมีความสำคัญมาก เพราะนั่นหมายถึงโอกาสในการได้รับงาน ดังนั้นการจัดทำราคาเพื่อเข้าร่วมประมูลงานควรมีความรวดเร็ว ถูกต้องแม่นยำ เพื่อเป็นการลดระยะเวลาในการจัดทำราคา และเอกสาร

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะใช้วิธีการจัดการโดยใช้ฐานข้อมูล MariaDB (MySQL) และใช้โปรแกรม PHP CodeIgniter Framework นำมาแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกมากขึ้น และลดระยะเวลาในการดำเนินการ โดยมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย มีขั้นตอนการดำเนินงานดังแสดงภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ข้อมูลทั่วไปของบริษัทในกรณีศึกษา

กรณีศึกษานี้ บริษัท กรเอ็นจิเนียริงการช่าง จำกัด เป็นบริษัทรับเหมาก่อสร้าง และซ่อมบำรุง โดยลูกค้าส่วนใหญ่เป็นภาคอุตสาหกรรม ได้แก่โรงงานในจังหวัดกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล ลักษณะงานที่โดดเด่นได้แก่ งานบริการด้านการออกแบบ การผลิต และติดตั้งงานระบายอากาศภายในโรงงาน และสถานศึกษา โดยมีลักษณะงานเป็นการออกแบบพร้อมติดตั้งท่อระบายอากาศ สำหรับระบายอากาศภายในอาคาร(Exhaust) ทางบริษัทได้มีโครงสร้างรูปแบบบริษัทขนาดเล็ก ประกอบไปด้วยฝ่ายการตลาด ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายการเงิน และบัญชี และฝ่ายผลิต และติดตั้ง โดยการดำเนินการด้านการผลิตจะเน้นหาผู้รับเหมาช่วงเป็นผู้ผลิตติดตั้ง

แนวทางการแก้ไขปัญหา

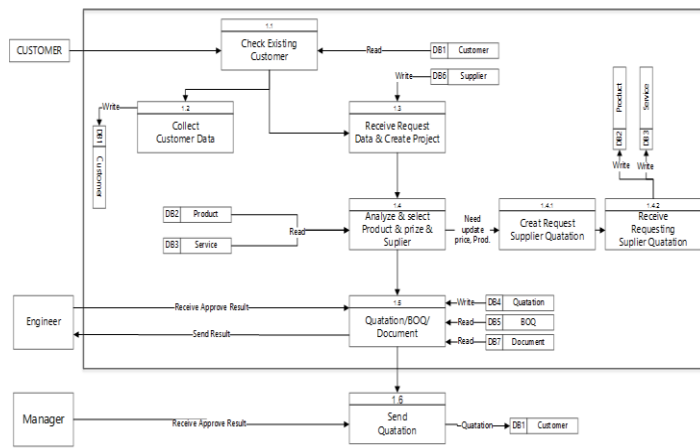
1) การออกแบบระบบงานใหม่ พบปัญหาในเรื่องการประมาณราคาและการสืบค้นข้อมูล เนื่องจากไม่มีระบบการจัดการฐานข้อมูลที่ ขาดการเชื่อมโยงของข้อมูล ส่งผลให้เกิดการล่าช้าในการทำใบเสนอราคา และการสืบค้นเอกสาร ทำออกแบบกระบวนการทำงานใหม่ โดยใช้โปรแกรมออกแบบช่วยในการทำใบรายการวัสดุ (BOQ) เพื่อช่วยในการประมาณราคา

2) ขั้นตอนในการออกแบบโปรแกรม การสร้าง E-R diagram เพื่อจำลองความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่
 เกี่ยวกัน การออกแบบฐานข้อมูลจะช่วยให้มองเห็นโครงสร้างงานที่ชัดเจนขึ้น เป็นแผนภาพที่ใช้เป็นเครื่องมือ
 สำหรับจำลองข้อมูลซึ่งประกอบไปด้วย เอนทิตี (Entity) และความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 2 แผนผัง ER-Diagram

LEVEL 2



ภาพที่ 3 แสดง Data Flow Diagram

การออกแบบโครงสร้างระบบฐานข้อมูล จึงได้ทำการออกแบบเพื่อให้เกิดระบบงานแบบใหม่ โดยได้ทำการ
 ออกแบบผังกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram; DFD) ของข้อมูลระบบงานใหม่

3) การออกแบบโครงสร้างของฐานข้อมูล การออกแบบโครงสร้างของฐานข้อมูลนั้นช่วยให้ผู้วิจัยสามารถ
 มองภาพรวมของโปรแกรมได้ดียิ่งขึ้น และยังช่วยทำให้จัดความสัมพันธ์ของข้อมูล และเอกสารได้อย่างเป็นระบบ
 การออกแบบ และพัฒนาระบบการจัดการฐานข้อมูล

ในส่วนของการสร้างฐานข้อมูลนั้นได้ยึดแนวทางในการพัฒนาระบบขั้นตอนในการประมาณราคาแบบใหม่
 เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการประมาณราคาของฝ่ายวิศวกรรม โดยนำการใช้โปรแกรม PHP Codelgniter

Framework มาประยุกต์ใช้ในการเข้ามาช่วยลดเวลาในการสืบค้นข้อมูล ช่วยทำการตัดสินใจการการเลือกสินค้า หรือ การบริการ จากซัพพลายเออร์ ส่งผลให้ลดต้นทุนของวัตถุดิบ และยังช่วยในการจัดการด้านการข้อมูลซึ่งทำให้ผู้ประกอบการสามารถทำงานได้อย่างสะดวกรวดเร็ว และง่ายมากยิ่งขึ้น ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวสามารถสืบค้นข้อมูล วัสดุ/อุปกรณ์ การบริการ ตัวแทนจำหน่าย ราคา และการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระเบียบเรียบร้อย

สรุปผลการ และประเมินผลการดำเนินงานวิจัย

จากการศึกษาปัญหาที่พบ และทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการประมาณราคา เพื่อเสนอราคาให้กับลูกค้า พบว่าสาเหตุเกิดจากความล่าช้าในการประมาณราคา

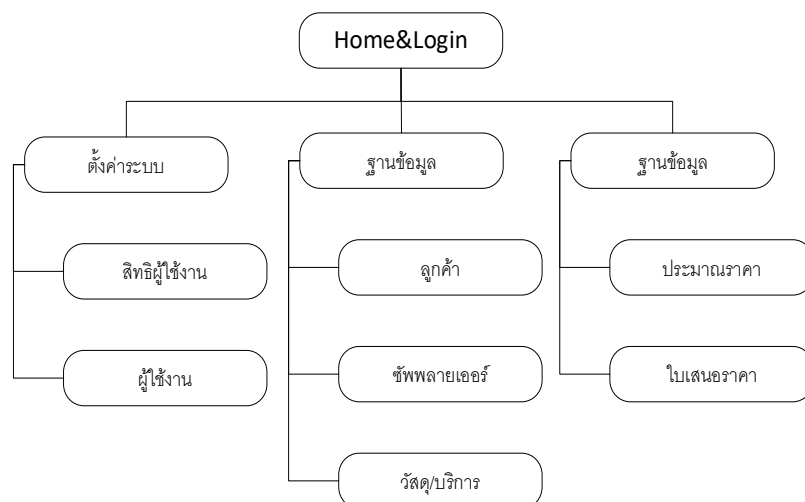
การขอราคาจากซัพพลายเออร์หรือ ผู้รับเหมาช่วง และไม่มีระบบการจัดเก็บฐานข้อมูล ทำให้เกิดการรอคอย และล่าช้าในการประมาณราคา ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความจำเป็นที่นำโปรแกรมประมาณราคาเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาการจัดทำระบบการจัดเก็บฐานข้อมูลเพื่อลดเวลาในการนำเสนอราคาให้กับลูกค้าได้สะดวก รวดเร็ว ง่ายต่อการเข้าถึงข้อมูล และนำเสนอราคาได้อย่างมีประสิทธิภาพของระบบ

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การดำเนินของผลการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการลดเวลาในการสืบค้นหาข้อมูล ลดเวลาในการประมาณราคา และใช้ฐานข้อมูลในการช่วยคำนวณต้นทุนให้ใกล้เคียงกับต้นทุนที่ใช้จริงมากที่สุด เพื่อช่วยในการทำงานในด้านวิศวกรรม ด้านการตลาด และการเสนอราคา

ผลการศึกษาพัฒนาโปรแกรม

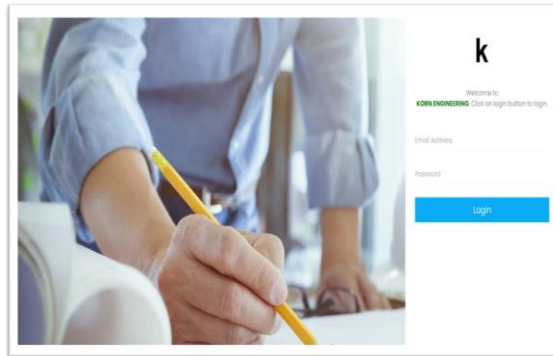
ในการออกแบบโปรแกรมเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการประมาณราคาในการจัดการฐานข้อมูลสำหรับการประมาณราคาในงานระบบระบายอากาศโดยใช้โปรแกรม PHP CodeIgniter Framework ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบฐานข้อมูล และเก็บเอกสารรายงานต่าง ๆ โดยทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบโครงสร้างของโปรแกรมไว้ดังนี้



ภาพที่ 4 แผนผังโครงสร้างของโปรแกรม

1. หน้าต่างสำหรับการเข้าใช้งานโปรแกรม

ผู้ใช้ทำการเข้าสู่โปรแกรมโดยเข้าไปที่เว็บไซต์ของโปรแกรมเพื่อให้หน้าต่างเมนูนั้นได้เปิดขึ้นมาซึ่งจำเป็นต้องเข้าสู่ระบบ (Log-In) โดยทำการกรอกชื่อ และรหัสในการเข้าใช้งาน หลังจากผู้ใช้งานทำการกรอกชื่อ รหัส และทำการยืนยันเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะทำการตรวจสอบสิทธิ์เพื่อทำการเข้าโปรแกรม ดังแสดงภาพด้านล่าง



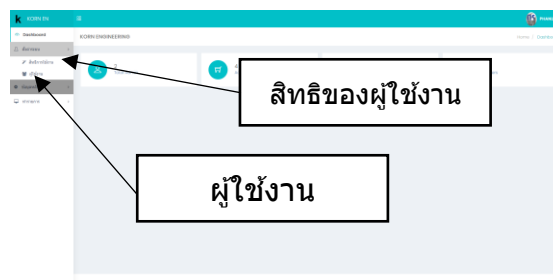
ภาพที่ 5 แสดงหน้าต่างระบบของโปรแกรม

2. หน้าต่างหลักของโปรแกรม

หลังจากได้ทำการเข้าสู่ระบบแล้วจากนั้นโปรแกรมจะเปลี่ยนหน้าต่างไปยังหน้าต่างหลักของโปรแกรมซึ่งมีเมนูหลักซึ่งประกอบไปด้วยเมนู

3. ตั้งค่าระบบ

เป็นเมนูสำหรับการจัดการสิทธิ์ของผู้ใช้งานในระบบว่าผู้ใช้งานแต่ละคนมีหน้าที่ในการเข้าใช้งานโปรแกรมมากน้อยเพียงใด โดยสิทธิ์เหล่านั้นจะขึ้นอยู่กับผู้ดูแลระบบ (Admin) ของโปรแกรมเป็นผู้จัดการโดยที่จะแบ่งออกเป็นอีก 2 หัวข้อ คือสิทธิ์ของผู้ใช้งาน และผู้ใช้งาน



ภาพที่ 6 แสดงหน้าต่างตั้งค่าระบบ

4. พื้นฐานข้อมูล

เป็นเมนูสำหรับการจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ โดยสามารถแบ่งเป็นหัวข้อหลัก ๆ ได้ 3 หัวข้อ คือ ลูกค้า ผู้ขาย/ผลิตและ วัสดุ/บริการ

1) ลูกค้า (Customer) เป็นพื้นฐานข้อมูลในการจัดการเกี่ยวกับลูกค้า โดยสามารถเพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูลได้ โดยพื้นฐานข้อมูลของลูกค้านั้นประกอบไปด้วย ชื่อลูกค้า รหัสลูกค้า ประเภทของลูกค้า เลขผู้เสียภาษี ที่

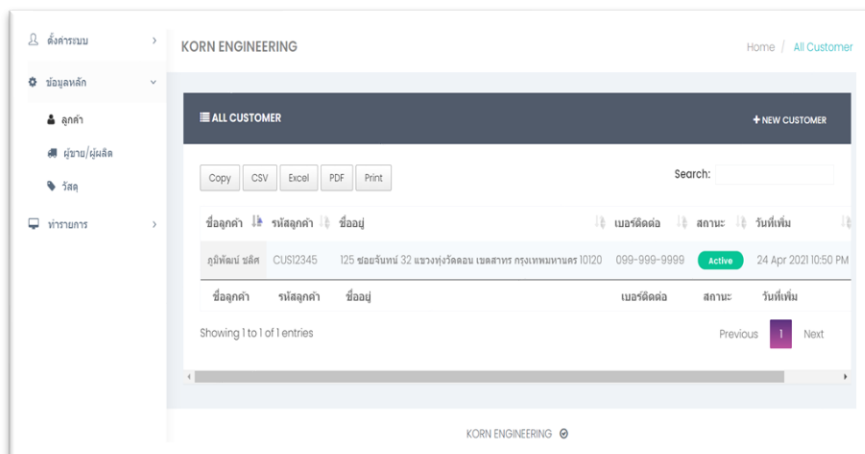
อยู่ เบอร์โทร และสามารถปริ้นหรือ ส่งข้อมูลออกเป็นไฟล์ Excel PDF และข้อมูลแบบ CSV (การเก็บข้อมูลแบบ ตัวเลข) ดังแสดงในภาพด้านล่าง

2) ซัพพลายเออร์ เป็นฐานข้อมูลในการจัดการเกี่ยวกับข้อมูลของซัพพลายเออร์ของบริษัทโดยเก็บ รายละเอียดต่าง ๆ ของลูกค้า โดยสามารถทำการสร้างข้อมูลของลูกค้าใหม่ โดยประกอบไปด้วยข้อมูลของ ชื่อของซัพพลายเออร์ ที่อยู่ เลขนิติบุคคล เป็นต้น

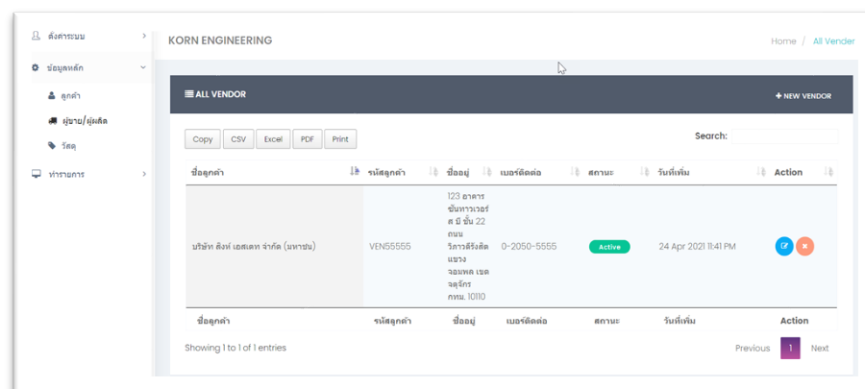
3) วัสดุและบริการ เป็นฐานข้อมูลในการจัดการเกี่ยวกับข้อมูลของวัสดุและบริการของบริษัท ที่สามารถทำการเก็บ ลบ และแก้ไขข้อมูลของวัสดุและบริการ เช่น ราคา ผู้จัดจำหน่าย อีกทั้งยังสามารถทำการ ค้นหารายการสินค้าได้อีกด้วย

5.บันทึกการขายการ

เป็นหัวข้อสำหรับไว้ในการประมาณราคาของโครงการโดนเป็นการนำข้อมูลจากแบบที่ได้ทำการเขียนไว้ และจากผู้ประมาณการที่มีความชำนาญในงานระบบระบายอากาศโดยที่ในการประมาณราคาหรือ เสนอราคานั้นจะทำการดึงข้อมูลที่ได้จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลที่ได้สร้างไว้จากฐานข้อมูลลูกค้า ฐานข้อมูลซัพพลายเออร์ และฐานข้อมูลวัสดุและบริการ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อดังนี้



ภาพที่ 7 หน้าต่างแสดงฐานข้อมูลของลูกค้า



ภาพที่ 8 หน้าต่างแสดงฐานข้อมูลของซัพพลายเออร์

1) ประมาณราคา โดยหัวข้อนี้จะเป็นการสร้างใบประมาณราคาจากรายการวัสดุ และบริการ จากรายการที่ได้บันทึกไว้ จะแสดงราคาขาย และราคาซื้อจากผู้จัดหาสินค้า (Supplier) หรือ ผู้รับเหมาช่วง (Subcontractor)

2) ใบเสนอราคา เป็นหัวข้อที่เกี่ยวกับการสร้างใบเสนอราคา ซึ่งประกอบไปด้วยฐานข้อมูลที่ใช้จัดเก็บสร้าง แก้ไข สร้างใบเสนอราคาในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งทางบริษัทได้สร้างใบเสนอราคาให้กับลูกค้า

#	Description	Quantity	Unit Cost	Total
1	วัสดุ	2	24	48
2	วัสดุ	3	500	1500
3	วัสดุ	20	600	12000
4	วัสดุ	60	5	300

Sub - Total amount: 13,848
vat (0%): 138
Total: 13,986

ภาพที่ 9 ตัวอย่างใบเสนอราคา (Quotation)

ผลการศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้งานก่อน และหลังการใช้งานโปรแกรมประมาณราคา

จากปรับปรุงการดำเนินงานโดยการประมาณราคาตามกระบวนการที่ได้วางการปรับปรุงการประมาณราคาไว้ โดยสามารถลดระยะเวลาโดยรวมของการประมาณราคาลงได้ จากการทดสอบการใช้งานของโปรแกรมการประมาณราคาเมื่อเทียบกับการประมาณราคาแบบเดิมกับระบบใหม่ โดยการจับเวลาการทำงานแบบใหม่ โดยให้พนักงาน ซึ่งไม่ได้มีหน้าที่ประมาณราคามาทำการประมาณราคาในโครงการตัวอย่าง โดยทำการเปรียบเทียบโครงการในการประมาณราคาทั้งสิ้น 10 โครงการซึ่งเป็นโครงการที่ได้ทำการดำเนินงานไปเรียบร้อยแล้ว โดยได้แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมาณราคาด้วยวิธีการเดิม กับวิธีการที่ได้ปรับปรุง รวมถึงการเปรียบเทียบต้นทุนที่ได้ทำการดำเนินการก่อสร้าง กับการประมาณราคาของต้นทุนด้วยโปรแกรมซึ่งได้แสดงผลการเปรียบเทียบดังตารางที่ 1

สรุปผลการดำเนินงาน

จากผลการทดสอบใช้งานโปรแกรมการประมาณราคาที่ใช้ฐานข้อมูลนั้น ได้พบว่าโปรแกรมสามารถช่วยในการบริหารจัดการข้อมูลได้เป็นอย่างดี โดยสามารถลดเวลาในการประมาณราคาคิดเป็นร้อยละ 73 อีกทั้งยังช่วยในการประมาณต้นทุนทำให้สามารถวางแผนการจัดสรรทรัพยากรของบริษัทได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยเทียบกับต้นทุนจริงที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกัน 16 และช่วยในการจัดส่งข้อมูลให้สามารถเข้าถึงกันได้อย่างรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบการประมาณราคาของโปรเจกต์ตัวอย่าง

โครงการที่	เวลาในการประมาณราคา (ชั่วโมง)		ต้นทุนของโครงการ บาท	
	ระบบเดิม	ระบบใหม่	ใช้โปรแกรม ประมาณราคา	ต้นทุนที่ใช้จริง
1	44.0	8.0	24,000	27,900
2	33.0	8.0	38,000	45,150
3	33.0	8.0	33,000	40,000
4	25.0	8.0	25,000	30,000
5	38.0	8.5	110,000	130,000
6	33.0	8.0	50,000	60,000
7	46.0	16.5	200,000	240,000
8	25.0	8.0	35,000	42,000
9	25.0	8.0	39,000	45,700
10	25.0	8.0	28,000	32,700
รวม				

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การศึกษางานวิจัยเรื่องการออกแบบ และการสร้างระบบการจัดการฐานข้อมูลสำหรับการประมาณราคา ในงานระบบระบายอากาศ กรณีศึกษา บริษัทผู้ผลิต และติดตั้งระบบระบายอากาศ ได้มีวัตถุประสงค์ในการ พัฒนาโปรแกรมฐานข้อมูลสำหรับการประเมินราคา เพื่อช่วยในการประมาณราคาได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น กล่าว คือ ช่วยในการลดเวลาที่ใช้ในการประมาณราคา มีฐานข้อมูลในการจัดเก็บราคาวัสดุ และงานบริการ ช่วย ในการคาดการณ์ต้นทุนที่ใช้ในแต่ละโปรเจกต์ได้ซึ่งทำให้สามารถวางแผนในการทำงานได้ดียิ่งขึ้น โดยงานวิจัย สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

1. โปรแกรมสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ของบริษัท เช่น ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลราคาวัสดุ และบริการ ประวัติของข้อมูลใบเสนอราคาที่ได้เคยเสนอราคาไป ที่เกี่ยวข้องกับบริษัทในกรณีศึกษานี้ ทำให้ลดข้อผิดพลาด ในการเสนอราคา พร้อมทั้งมีข้อมูลที่สามารถตรวจสอบราคาที่เคยนำเสนอในอดีตได้อีกด้วย

2. สามารถลดเวลาในการประมาณราคาเมื่อเทียบ ระยะเวลาในการทำงานกับระบบงานเก่า เนื่องจาก สามารถลดเวลาในการสืบค้นข้อมูลใบเสนอราคาเก่า ราคาวัสดุ และราคางานรับเหมาช่วง ลดลงได้เป็นอย่างมาก ซึ่งสามารถลดระยะเวลาโดยรวมได้ถึงร้อยละ 73 กล่าว คือ ถ้าไม่นับรวมกับเวลาที่ใช้ในการเขียนแบบแล้ว ระยะเวลาที่ใช้ในการประมาณราคาจะเฉลี่ยอยู่ที่ 1 วันเพียงเท่านั้น

3. ตัวโปรแกรมนี้ยังสามารถประมาณราคาต้นทุนที่ต้องใช้ในแต่ละโครงการ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการนำข้อมูลนี้มาใช้ในการบริหารงานในด้านการจัดการเพราะ ทำให้วางแผนในการทำงานได้ดียิ่งขึ้นในกรณีที่ต้องจัดสรรต้นทุนที่มีอย่างจำกัดของบริษัทที่เป็นรูปแบบ SME (Small and Medium Enterprises) ซึ่งเงินสดเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการดำเนินธุรกิจของบริษัท SME

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ คำชี้แนะ และแนวคิดในการทำสารนิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงขอขอบคุณพระคุณ คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์ทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ซึ่งได้นำไปใช้แก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นประโยชน์แก่งานวิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- กวี หวังนิเวศน์กุล. (2552). *การประมาณราคางานวิศวกรรมก่อสร้าง*. ซีเอ็ดยูเคชั่น
- เกื้อกุล รอดจินดา. (2558). *การพัฒนาเครื่องมือในการประเมินราคาสິงปลูกสร้าง และต้นทุนไม้จากการเวนคีน*
อสังหาริมทรัพย์. ภาควิชาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.
- ฉัตรชัย นิมมม. (2548). *ระบบกำจัดฝุ่น และการระบายอากาศ*. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)
- ชลธิตา กล้าหาญ. (2560). *การออกแบบ และการสร้างระบบการจัดการฐานข้อมูลสำหรับการประมาณราคา*
ระบบป้องกันอัคคีภัย กรณีศึกษา : บริษัทไฟรอลามครีเอเตอร์ จำกัด. [วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต]. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ.
- ลัดดาวัลย์ ภูแปง. (2558). *การพัฒนาโปรแกรมฐานข้อมูลเพื่อการประเมินราคาถึงความดัน กรณีศึกษาบริษัท*
ผู้ดำเนินธุรกิจก่อสร้าง. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ
จอมเกล้าพระนครเหนือ.
- Aditi, S., et al. (2018). *Smart web application on quantity survey, Estimation and Costing*. 2018
International conference on smart city and emerging technology (ICSCET)
- Turban, E., et al. (2006). *Information Technology for management: Transforming organization in the*
Digital Economy (5thed). John Wiley & Sons, Inc.
- Yukikazu, M. (2014). *iFram: Development of Web-based System of Cultivation and Cost*
Management for Agriculture. 2014 Eight International Conference on Complex, Intelligent
and Software Intensive Systems

การใช้ประโยชน์จากบุกเพื่อเสริมในไส้อั่ว

Utilization of Konjac for Supplementation in Northern Thai Sausage

ธัญนันท์ ฤทธิมณี*

ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพพืช มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

*Corresponding author: E-mail: r_thanyanun@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้ประโยชน์จากบุกเพื่อเสริมในไส้อั่ว โดยมีการนำบุกไซ (Amorphophallus oncophyllus) มาแปรรูปให้เป็นผงบุกด้วยกระบวนการอบแห้ง แล้วนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของบุกสดและผงบุก พบว่า ผงบุกมีค่าพลังงาน โยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ โยอาหารที่ละลายน้ำ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต โยอาหารทั้งหมด ค่าสี L*, a* และ b* และค่าความหนืด มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับบุกสด จากนั้นนำผงบุกไปใส่เสริมในไส้อั่วที่ปริมาณร้อยละ 5 และ 10 แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบหลักในอาหาร จากนั้นทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้อั่วผสมผงบุกในด้าน สี กลิ่น รสเผ็ด รสเค็ม เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่า ไส้อั่วที่เสริมผงบุกทั้ง 2 ระดับ เมื่อเปรียบเทียบกับไส้อั่วที่ไม่เสริมผงบุก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส รสเผ็ด รสเค็ม และความชอบโดยรวม โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบอยู่ในเกณฑ์ระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ซึ่งการเสริมผงบุกด้วยปริมาณร้อยละ 5 ในผลิตภัณฑ์ไส้อั่ว ได้คะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด

คำสำคัญ: บุกไซ; ไส้อั่ว; ผงบุก

Abstract

The study of utilization of konjac for supplementation in northern Thai sausage by using *Amorphophallus oncophyllus* to powder from drying process and analyze the chemical and physical properties of both fresh and konjac powder found that the konjac powder contains energy, insoluble dietary fiber, soluble dietary fiber, protein, fat, carbohydrate, total fiber, color value L*, a*, b*, and viscosity have been significantly increased ($P \leq 0.05$) when compared to the fresh konjac. The proximate analysis of quantity of main ingredients after mixed the konjac powder in the northern Thai sausage at 5 and 10% were analyzed. The northern Thai sausages were evaluated with sensory attributes such as color, odor, texture, spicy, salty and overall acceptability scores for all samples. It was found that the sausage mixed with 5 and 10% of konjac powder compared to the control (0%) had significant ($P \leq 0.05$) in odor, texture, spicy, salty and overall acceptability attributes. The

panelists have a preference for slightly and like moderately. The highest rating from the panelists is the mixing of 5% konjac powder in the northern Thai sausage.

Keywords: *Amorphophallusconocophyllus*; northern Thai sausage; konjac powder

บทนำ

บุกไข่ (*Amorphophallusconocophyllus*) หรือบุกเนื้อทราย เป็นพืชหัวอยู่ในวงศ์ Araceae ซึ่งถือเป็นบุกสายพันธุ์ที่มีคุณสมบัติดี พบได้หลายจังหวัดในประเทศไทย ได้แก่ นครราชสีมาปราจีนบุรี พิษณุโลก น่าน เชียงใหม่ เชียงราย พะเยา และแม่ฮ่องสอน ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่าการแปรรูป และการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากบุกให้มีความหลากหลาย เพื่อให้เป็นทางเลือกสำหรับกลุ่มผู้บริโภค

เนื่องจากในหัวบุกมีสารสำคัญ คือ กลูโคแมนแนน (glucomannan) ซึ่งเป็นเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ที่มีประโยชน์ทางการแพทย์ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล ระดับไขมันในเส้นเลือด บำบัดอาการท้องผูก ใช้เป็นอาหารควบคุมน้ำหนัก โดยไม่มีผลข้างเคียงต่ออวัยวะอื่นๆ ในร่างกาย และในอุตสาหกรรมอาหารนำผงบุกกลูโคแมนแนนมาใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดและทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์แยมและเจลลี่ ใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดและความคงตัวในผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชัน ใช้เพื่อทดแทนไขมันและเพิ่มเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ รวมทั้งใช้เป็น สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์สูตรลดไขมันและไขมันต่ำ เช่น แยมไส้กรอก กุนเชียง ลูกชิ้นเนื้อมีทโลฟ (meat loaves) เนื้อปลาบดแปรรูป (surimi) เป็นต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพิ่มความแข็งแรงของเจล ปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหาร และช่วยเพิ่มสมบัติในการอุ้มน้ำและเก็บรักษาความชื้นให้กับอาหารให้ดีขึ้น รวมทั้งยังเป็นการเสริมใยอาหารให้กับผลิตภัณฑ์ด้วย (ชาลีตา บรมพิชัยชาติกุล และคณะ, 2563)

ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมรับประทานทั่วไปในกลุ่มผู้บริโภค แต่ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะทำให้ค่าพลังงานสูง มีปริมาณไขมันมากแต่มีปริมาณเส้นใยน้อย การบริโภคอาหารที่มีไขมันสูง และใยอาหารต่ำมีความสัมพันธ์กับภาวะของโรคเรื้อรัง (chronic diseases) เช่น โรคมะเร็งลำไส้ โรคอ้วน และโรคเส้นเลือดอุดตัน (วันเพ็ญ แสงทองพินิจ, 2553) ผงบุกจึงมีการนำมาใช้เสริมในกระบวนการแปรรูปอาหารจากเนื้อสัตว์มากขึ้น เพื่อลดปริมาณไขมันและเป็นตัวช่วยเพิ่มเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์ และยังคงมีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ฉวีวรรณ พันธุ์ไชยศรี และคณะ, 2557)

เนื่องจากคุณสมบัติของหัวบุกเมื่อนำมาทำการผลิตแบบแห้งแล้วทำให้เป็นผง สามารถนำมาใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ไส้อ้ว ซึ่งเป็นอาหารพื้นบ้านภาคเหนือ และเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคในภาคเหนือ แต่ไส้อ้วจัดเป็นอาหารที่มีไขมันปริมาณสูงแต่มีใยอาหารต่ำ ดังนั้นการเสริมผงบุกจะทำให้ไส้อ้วมีพลังงานลดลง มีใยอาหารเพิ่มขึ้นได้ รวมทั้งช่วยเพิ่มสมบัติในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ให้มีน้ำหนักที่ไม่ลดลงไปมากเมื่อผ่านการทำให้สุก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของบุกสดและผงบุก จากนั้นนำผงบุกมาใช้เสริมลงในไส้อ้วด้วยปริมาณที่แตกต่างกัน และทำการศึกษาริมาณของสารประกอบหลักในอาหาร อีกทั้งทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้อ้วผสมผงบุก

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การแปรรูปบุกเพื่อทำให้เป็นผงบุก

ในงานวิจัยนี้ใช้บุกไข่ (*Amorphophallus concophyllus*) จากจังหวัดแม่ฮ่องสอนมาทำการแปรรูปให้เป็นผงด้วยการนำมาปอกเปลือก แล้วผ่านให้เป็นแผ่นบางๆ จากนั้นแช่ในสารละลาย โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) 0.1% แล้วล้างด้วยน้ำเปล่าและซึ้ในอัตราส่วน 2:1 นำมาทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven: FD115, Binder, Germany) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง บดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดสมุนไพร แล้วนำมาร่อนผ่านรูดตะแกรงขนาด 40 mesh ได้เป็นผงบุก แล้วนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพเพื่อเปรียบเทียบกับบุกสด

การศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของบุกสดและผงบุก

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

- 1) ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ละลายน้ำ (AOAC, 2010)
- 2) ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2016)
- 3) ปริมาณไขมัน (AOAC, 2016)
- 4) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (คำนวณจากผลต่างของ 100 และผลรวมทั้งหมด)
- 5) ความชื้น (AOAC, 2016)
- 6) เถ้า (AOAC, 2016)
- 7) ใยอาหารทั้งหมด (crude fiber) (AOAC, 2016)
- 8) ค่าพลังงาน (energy) (AOAC, 2016)
- 9) ค่า water activity (a_w) ด้วยเครื่อง Water activity meter (Aqua Lab model series 3, Decagon Device Inc., USA)
- 10) ค่า pH ด้วยการนำบุกสดและผงบุกประมาณ 10 กรัม เติมน้ำกลั่นประมาณ 50 มิลลิลิตร หากเป็นบุกสดนำมาปั่นให้เข้ากัน ส่วนผงบุกนำมาผสมกับน้ำกลั่นแล้วใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน แล้ววัดค่า pH ด้วยเครื่องมือ pH meter (pH meter: 510, Eutech Instruments, Singapore)
- 11) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity; TA) (AOAC, 2016)
- 12) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid, TSS) ด้วยเครื่อง hand refractometer (PAL- α , Atago, Japan)

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของผงบุก

- 1) ค่าสี L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่องมือ Color-meter (Color-meter: CR-300, Minolta, Japan)
- 2) การเกิดเจล (สมบัติด้านความหนืด) ด้วยเครื่อง Rapid visco amylograph; RVA (RVA 4500, Perten Instruments, Spain)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำค่าที่ได้จากการทดลองสมบัติทางเคมีและกายภาพมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) โดยมีการวางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การศึกษาปริมาณของสารประกอบหลักในอาหารของไส้อ้วผสมผงบุก

ทำการเติมผงบุกลงในไส้อ้วที่ปริมาณร้อยละ 5 และ 10 โดยใช้ส่วนผสมในการทำไส้อ้ว ดังนี้

	ร้อยละ
1) หมูเนื้อแดง	34.9
2) มันหมูแข็ง	23.3
3) หอมแดง	16.3
4) กระเทียม	8.7
5) ลูกผักชี	0.2
6) รากผักชี	2.3
7) ตะไคร้	4.7
8) พริกแห้ง	0.6
9) ขมิ้น	1.4
10) ผักชี	1.6
11) ต้นหอม	1.5
12) ใบมะกรูด	0.8
13) กะปิ	3.0
14) เกลือ	0.7

จากนั้นนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี (ปริมาณของสารประกอบหลักในอาหาร; proximate analysis) ได้แก่

- 1) ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2016)
- 2) ปริมาณไขมัน (AOAC, 2016)
- 3) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (คำนวณจากผลต่างของ 100 และผลรวมทั้งหมด)
- 4) ความชื้น (AOAC, 2016)
- 5) เถ้า (AOAC, 2016)
- 6) โยอาหารทั้งหมด (crude fiber) (AOAC, 2010)
- 7) ค่าพลังงาน (energy) (AOAC, 2016)

การศึกษาความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไส้ั่วเสริมผงบุก

นำไส้ั่วผสมผงบุกที่ปริมาณร้อยละ 5 และ 10 และไส้ั่วที่ไม่ได้ผสมผงบุก (ไส้ั่วสูตรควบคุม) มาทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคโดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) (คะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด) โดยให้คะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสเค็ม รสเค็ม และความชอบโดยรวม ทำการทดสอบกับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน นำคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของแต่ละการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการศึกษสมบัติทางเคมีและกายภาพของบุกสดและผงบุก

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของบุกไข่ (บุกสด) และผงบุกที่ได้จากการกระบวนการผลิตด้วยตู้อบลมร้อน ได้ผลดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีของบุกสดและผงบุก

สมบัติทางเคมี	บุกสด	ผงบุก
พลังงาน (kcal/100g)	56.64 ^b ±0.47	342.81 ^a ±0.53
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (g/100g)	3.35 ^b ±0.17	9.01 ^a ±0.21
ใยอาหารที่ละลายน้ำ (g/100g)	4.14 ^b ±0.22	25.80 ^a ±0.11
โปรตีน (g/100g)	1.21 ^b ±0.06	7.28 ^a ±0.04
ไขมัน (g/100g)	0.08 ^b ±0.02	0.73 ^a ±0.01
คาร์โบไฮเดรต (g/100g)	12.77 ^b ±0.02	76.78 ^a ±0.03
เถ้า (g/100g)	1.13 ^b ±0.04	6.20 ^a ±0.03
ความชื้น (%)	84.81 ^a ±0.31	9.01 ^b ±0.48
ใยอาหารทั้งหมด (total fiber) (g/100g)	7.49 ^b ±0.02	34.81 ^a ±0.03
a _w	0.87 ^a ±0.00	0.41 ^b ±0.00
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ^{ns}	6.06 ±0.10	5.96 ±0.13
ปริมาณกรดทั้งหมด (%)	0.12 ^b ±0.01	0.77 ^a ±0.01

หมายเหตุ : ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนที่ต่างกัน แสดงว่า

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพของบุกสดและผงบุก

สมบัติทางกายภาพ		บุกสด	ผงบุก
ค่าสี	L*	64.86 ^b ±3.08	88.10 ^a ±0.27
	a*	-0.52 ^b ±0.05	1.69 ^a ±0.53
	b* ^{ns}	20.80±0.49	24.65±1.43
การเกิดเจล (สมบัติด้าน ความหนืด; RVA)	Pasting temperature (°C)	50.27 ^b ±0.15	68.30 ^a ±5.16
	Peak viscosity (RVU)	3,503.33 ^b ±81.35	4,158.67 ^a ±384.36
	Breakdown (RVU)	273.33 ^b ±137.20	1,099.33 ^a ±116.90
	Final viscosity (RVU)	3,745.33 ^b ±170.99	6,631.33 ^a ±942.88
	Setback (RVU)	470.33 ^b ±76.61	2,807.00 ^a ±568.22

หมายเหตุ : ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนที่ต่างกัน แสดงว่า

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากตารางที่ 1 ทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของบุกสดและผงบุก พบว่า เมื่อนำบุกมาทำเป็นผงทำให้มีค่าพลังงาน โยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ โยอาหารที่ละลายน้ำ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และโยอาหารทั้งหมดเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับบุกสด ซึ่งบุกจัดเป็นพืชอาหารและสมุนไพรที่มีสารสำคัญคือ กลูโคแมนแนน (glucomanan) ซึ่งเป็นเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ที่มีประโยชน์ จัดเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทโพลีแซคคาไรด์ซึ่งมีคุณสมบัติหลายประการคือ กลูโคแมนแนนเป็นโยอาหารมีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีมาก ละลายน้ำได้ดี ไม่ให้พลังงาน มีปริมาณไขมันและโปรตีนต่ำ (นิธิยา รัตนাপนนท์, 2553, [Online])

จากตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพของบุกสดและผงบุก พบว่า ผงบุกมีค่า L*, a* และ b* ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนการเกิดเจลของบุกสดเกิดขึ้นตั้งแต่อุณหภูมิยังไม่ถึง 50°C ทำให้ค่าของอุณหภูมิการเกิดเจลเริ่มเกิดตั้งแต่ 50°C อีกทั้งการเตรียมตัวอย่างบุกสดให้มีความเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำนั้นทำได้ยาก เพราะตัวอย่างละลายน้ำยาก และจับกันเป็นก้อน จึงส่งผลอย่างมากต่อการวิเคราะห์สมบัติด้านความหนืด (RVA) จากผลการวิเคราะห์สมบัติด้านความหนืดของบุกสดและผงบุกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) เป็นค่าความหนืดมีสูงสุดก่อนที่เม็ดสตาร์ชจะแตกตัวค่า Pasting temperature คือ จุดของอุณหภูมิเมื่อเริ่มเกิดเจลหรือความหนืดแรกเริ่ม ค่า Breakdown คือ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุดและค่าความหนืดต่ำสุด ส่วนความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) โดยเครื่อง RVA จะทำให้อุณหภูมิในระบบลดต่ำลง ทำให้สตาร์ชเกิดอันตรกิริยา (interaction) กันอย่างต่อเนื่องและเกิดการจับเรียงตัวเป็นโครงร่างผลึก ความหนืดจึงเพิ่มขึ้นอีกครั้ง และสุดท้ายค่า setback คือ ผลต่างของความหนืดสุดท้ายและความหนืดต่ำสุด โดยการคืนตัวเกิดขึ้นหลังจากที่เม็ดสตาร์ชเกิดเจลลาติไนเซชัน แล้วเรียง

ตัวกันใหม่หลังจากที่อุณหภูมิของสารละลายดาวฤกษ์ลดลง โดยโมเลกุลอิสระที่กระจุกตัวออกมากโดยเฉพาะ ส่วนของอะไมโลส ซึ่งถ้ามีขนาดโมเลกุลที่เหมาะสมคือ ไม่สั้นและยาวเกินไปก็สามารถเคลื่อนที่เข้ามาจับกัน และกักน้ำไว้ได้ทำให้ความหนืดสูงขึ้นอีก ความหนืดที่กลับสูงขึ้นมา และปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การคืนตัวของ แบ็ง (retrogradation) (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์, 2554, [Online]) ซึ่งการเกิดเจลของกลูโคแมนแนนที่ได้จากโพลีแซคคาไรด์สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อนำมาให้ความร้อน

ผลการศึกษาปริมาณของสารประกอบหลักในอาหารของไส้จิ้งจกผสมผงบุก

จากการนำผงบุกใส่ลงในไส้จิ้งจกที่ปริมาณร้อยละ 5 และ 10 แล้วนำไปวิเคราะห์ค่าพลังงานปริมาณของสารประกอบหลักในอาหาร (proximate analysis) โดยเปรียบเทียบกับไส้จิ้งจกสูตรควบคุมที่ไม่ได้มีการเติมผงบุกลงไป ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สมบัติทางเคมีของไส้จิ้งจกผสมผงบุก

สมบัติทางเคมี	ไส้จิ้งจกสูตรควบคุม	ไส้จิ้งจกผสมผงบุก	ไส้จิ้งจกผสมผงบุก
		5%	10%
พลังงาน (kcal/100g)	292.28 ^a ± 1.70	285.84 ^b ± 1.91	277.91 ^c ± 2.07
ใยอาหารทั้งหมด (g/100g)	3.91 ^c ± 0.17	6.51 ^b ± 0.23	7.43 ^a ± 0.11
โปรตีน (g/100g)	18.85 ^a ± 0.57	14.62 ^b ± 0.45	14.13 ^b ± 0.16
ไขมัน (g/100g)	20.16 ^a ± 1.11	19.24 ^a ± 1.74	15.43 ^b ± 1.63
คาร์โบไฮเดรต (g/100g)	7.25 ^b ± 0.23	11.91 ^a ± 0.36	11.63 ^a ± 0.32
เถ้า (g/100g)	2.50 ^c ± 0.20	3.40 ^b ± 0.17	3.80 ^a ± 0.21
ความชื้น (%)	48.01 ^b ± 1.93	48.83 ^b ± 2.12	51.24 ^a ± 1.09

หมายเหตุ : ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวดิ่งที่ต่างกัน แสดงว่ามี

ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ค่าพลังงานและปริมาณของสารประกอบหลักในอาหารของไส้จิ้งจกสูตรควบคุมและไส้จิ้งจกที่มีการเติมผงบุกในปริมาณร้อยละ 5 และ 10 (ตารางที่ 2) พบว่า ไส้จิ้งจกที่มีการเติมผงบุกทั้ง 2 การทดลองมีความแตกต่างกันกับไส้จิ้งจกสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งค่าพลังงาน ใยอาหารทั้งหมด โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และความชื้น ส่วนไขมัน พบว่า ไส้จิ้งจกที่เติมผงบุกในปริมาณร้อยละ 10 มีความแตกต่างกับไส้จิ้งจกสูตรควบคุมและไส้จิ้งจกที่มีการเติมผงบุกในปริมาณร้อยละ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่าพลังงานและไขมันมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อเติมผงบุกในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกันกับงานวิจัยของฉวีวรรณ พันธุ์ไชยศรี และคณะ (2557) ที่มีการผลิตกุนเชียงไขมันต่ำจากบุก โดยได้มีการศึกษาการเติมปริมาณเจลบุกที่ทดแทนไขมันลงในผลิตภัณฑ์ร้อยละ 25 และ 50 จากงานวิจัยพบว่าทุกการทดลองที่มีการ

เพิ่มปริมาณของเจลบุกเข้าไปจะมีผลต่อการลดลงของไขมัน จึงทำให้ปริมาณไขมันในแต่ละการทดลองมีความแตกต่างกัน

สำหรับใยอาหารทั้งหมด โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า ในไส้อ้วนที่เสริมผงบุกที่ร้อยละ 5 และ 10 มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับไส้อ้วนสูตรควบคุม พบว่าการเพิ่มผงบุกในไส้อ้วนจะส่งผลให้ค่าดังกล่าวมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากผงบุกมีองค์ประกอบของใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 34.81 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 76.78 โปรตีนร้อยละ 7.28 และเถ้าร้อยละ 9.01 (ตารางที่ 1) ดังนั้นเมื่อเสริมผงบุกในไส้อ้วนจึงเป็นการลดไขมันแต่เพิ่มใยอาหารทั้งหมด โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเถ้ามากยิ่งขึ้น ซึ่งในการศึกษาปริมาณเจลบุกที่ใช้ทดแทนไขมันต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาอิมัลชันจากซูริมิ ได้มีความสอดคล้องกันโดยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้เจลบุกทดแทนไขมันแข็งของหมู ส่งผลให้ปริมาณไขมันในไส้กรอกปลาอิมัลชันจากซูริมิมีแนวโน้มลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากองค์ประกอบที่พบในเจลบุก คือ กลูโคแมนแนน ซึ่งเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่จะไปทดแทนในส่วนของไขมันที่ลดลง ส่วนปริมาณความชื้น โปรตีน และเถ้า ส่งผลให้การเพิ่มปริมาณการใช้ เจลบุกทดแทนไขมันแข็งของหมูนั้นทำให้มีค่าดังกล่าวเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งบุกมีองค์ประกอบของ คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 77.8 ความชื้นร้อยละ 12.7 โปรตีนร้อยละ 4.6 ไขมันร้อยละ 0.1 และปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ร้อยละ 4.9 กรัม (นิสานารถ กระแสร์ชล และคณะ, 2558)

ผลการศึกษาความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไส้อ้วนเสริมผงบุก

จากนั้นทำการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้อ้วนผสมผงบุกในด้าน สี กลิ่น รสเค็ม รสเค็ม เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การทดสอบความชอบที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้อ้วนผสมผงบุก

ปริมาณผงบุก	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	สี ^{ns}	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสเค็ม	รสเค็ม	ความชอบโดยรวม
0%	7.16 ± 1.70	5.51 ^b ± 2.02	6.25 ^b ± 1.89	6.00 ^b ± 1.77	6.01 ^b ± 1.53	6.57 ^b ± 1.71
5%	6.69 ± 1.49	6.94 ^a ± 1.53	6.43 ^a ± 0.60	6.29 ^a ± 0.63	6.47 ^a ± 0.83	7.24 ^a ± 1.16
10%	6.59 ± 1.42	6.49 ^a ± 1.50	6.33 ^a ± 0.73	6.43 ^a ± 0.55	6.42 ^a ± 0.38	7.20 ^a ± 1.37

หมายเหตุ : ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งที่ต่างกัน แสดงว่ามี

ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

เมื่อทดสอบความชอบของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไส้อ้วนเสริมผงบุกทั้ง 3 สูตร จากผลคะแนนของการทดสอบความชอบของผู้บริโภค พบว่า ด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสเค็ม รสเค็ม และความชอบโดยรวม อยู่ใน

เกณฑ์ระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยในด้านสีมีคะแนนอยู่ในช่วง 6.59 – 7.16 กลิ่นมีคะแนนอยู่ในช่วง 5.51 – 6.94 เนื้อสัมผัสมีคะแนนอยู่ในช่วง 6.25 – 6.43 รสเผ็ดมีคะแนนอยู่ในช่วง 6.00 – 6.43 รสเค็มมีคะแนนอยู่ในช่วง 6.01 – 6.42 และความชอบโดยรวมมีคะแนนอยู่ในช่วง 6.57 – 7.20 ซึ่งในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส รสเผ็ด และรสเค็ม และความชอบโดยรวมของไส้ั่วที่เสริมผงบุกทั้ง 2 ระดับเมื่อเปรียบเทียบกับไส้ั่วที่ไม่เสริมผงบุก (ไส้ั่วสูตรควบคุม) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากการเพิ่มปริมาณผงบุกร้อยละ 5 และ 10 ในไส้ั่วทำให้ได้คะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมเพิ่มขึ้นในทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ยกเว้นด้านกลิ่น ซึ่งการเสริมผงบุกด้วยปริมาณร้อยละ 5 ในผลิตภัณฑ์ไส้ั่ว ได้คะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด

สรุปผลและเสนอแนะ

บุกเป็นพืชที่มีประโยชน์เป็นอย่างมาก สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้หลากหลาย โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งจากงานวิจัยนี้ได้มีการแปรรูปไข่ให้เป็นผงบุก โดยเมื่อนำบุกสดมาแปรรูปเป็นผงบุกทำให้มีค่าพลังงาน โยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ โยอาหารที่ละลายน้ำ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต โยอาหารทั้งหมด ค่าสี L^* , a^* และ b^* และค่าความหนืด มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับบุกสด เมื่อนำผงบุกมาใช้เสริมลงในผลิตภัณฑ์ไส้ั่วที่ร้อยละ 5 และ 10 ส่งผลให้ไส้ั่วมีค่าพลังงานและไขมันมีแนวโน้มที่ลดลง และเมื่อนำมาทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้ั่วผสมผงบุกนั้น การเสริมผงบุกด้วยปริมาณร้อยละ 5 ในผลิตภัณฑ์ไส้ั่ว ได้คะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด ซึ่งผงบุกช่วยเพิ่มปริมาณเนื้อต่อน้ำหนักได้เมื่อนำไส้ั่วผ่านกระบวนการทำให้สุกด้วยการนึ่งแล้วนำมาปิ้งหรือย่างไฟ ทำให้สามารถลดปริมาณเนื้อที่ใช้โดยไม่เปลี่ยนรสชาติ ช่วยเพิ่มสมบัติในการอุ้มน้ำและเก็บรักษาความชื้นให้กับอาหารให้ดีขึ้น รวมทั้งใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ อีกทั้งยังเป็นการเสริมโยอาหารให้กับผลิตภัณฑ์ด้วย

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยครั้งนี้ ควรมีการศึกษาการเสริมผงบุกในไส้ั่วในปริมาณที่มากกว่าร้อยละ 10 และยังคงคุณภาพในทางคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ผู้บริโภคยอมรับได้ เพื่อลดพลังงานและไขมันลงให้มากกว่านี้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โดยการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- ฉวีวรรณ พันธุ์ไชยศรี, อุมภาพร ศิริพินทุ์ และ วิจิตรา แดงปรก. (2557). การผลิตกุนเชียงไขมันต่ำจากบุก [รายงานผลการวิจัย]. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล, รัชรา อิมภาประเสริฐ, อรชร เมฆเกิดชู, รสพร เจียมจริยธรรม และ ภัทราณิษฐ์ ตรีเพ็ชร. (2563). การใช้ประโยชน์จากบุก. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน).

นิตยา รัตนานนท์. (2553). *Glucomannan*. www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1288/glucomannan

นิตานารถ กระแสร์ชด, พรนภา น้อยพันธ์, พีรภัทร ชะอุ่มเครือ, สุมาลี เสือเถื่อน, เอมมิกา นวลใย และอรรณพ วิเศษลา. (2558). ผลของเจลบุกและอนุหภูมิการเซตตัวต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาสดไขมันที่ทำจากซูริมิ. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53: สาขาพืช, สาขาสัตว, สาขาสัตวแพทยศาสตร์, สาขาประมง, สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์. (น. 1317-1325). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิตยา รัตนานนท์, (2554). *Rapid visco amylograph / RVA*.

<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1633/rapid-visco-amylograph-rva>

วันเพ็ญ แสงทองพินิจ. (2553). การเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอในผลิตภัณฑ์หมุยอ. รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48, 269-276.

AOAC. (2016). *Official Methods of analysis of AOAC international* (20th ed.). Maryland: USA.

AOAC. (2010). *Official Methods of analysis of AOAC international* (18th ed.). Maryland: USA.

การบริหารจัดการเงินของครัวเรือนเกษตรกรในเขตพื้นที่บ้านแว่งนาง ตำบลแว่งนาง
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ปีการเพาะปลูก 2562/2563

Financial Management Of Farm Household In The Area Ban Waeng Nang,
Waeng Nang Sub-District , Muang District Mahasarakham Province , Crop Year
2019/2020

ปริญญา เปรมโต¹ นฤตล สวัสดิ์ศรี² สิทธิโชค พรคพิทักษ์³

สาขาวิชาการบริหารธุรกิจเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม^{1,2}

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม³

*Corresponding author: E-mail: ohmirez@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคการบริหารจัดการการเงิน ของครัวเรือนเกษตรกรในเขตพื้นที่บ้านแว่งนาง ตำบลแว่งนาง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ปีการเพาะปลูก 2562/63 โดยการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple random sampling) จำนวน 65 ตัวอย่างผลการศึกษาพบว่าครัวเรือนมีรายได้ทั้งหมดเฉลี่ยต่อครัวเรือนเท่ากับ 234,250.98 บาทต่อปี โดยรายได้ส่วนใหญ่มาจากนอกภาคการเกษตรต่อครัวเรือนโดยคิดเป็น 164,498.90 บาทต่อปี และรายได้จากภาคการเกษตรเฉลี่ยต่อครัวเรือนมีเพียง 69,752.08 บาทต่อปี สำหรับค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อครัวเรือนเท่ากับ 125,045.49 บาทต่อปี ส่วนใหญ่เป็นค่าใช้จ่ายในครัวเรือนจำนวน 99,470.69 บาท มีค่าใช้จ่ายในภาคการเกษตรเพียง 25,574.80 บาทต่อปี เมื่อหักค่าใช้จ่ายพบว่าครัวเรือนสามารถออมได้ถึง 92,320.69 บาทต่อปี แต่เมื่อพิจารณาจำนวนหนี้สินเฉลี่ยพบว่าครัวเรือนมีหนี้สินเฉลี่ยเท่ากับ 64,317.70 บาทต่อปี ดังนั้นครัวเรือนจึงเหลือเงินออมสุทธิเพียง 28,002.99 บาทต่อปี ในด้านการบริหารจัดการการเงินของครัวเรือนพบว่า มีครัวเรือนร้อยละ 75.25 ที่ไม่มีการวางแผนการใช้เงินและหากเงินไม่พอก็จะทำการกู้ยืมครัวเรือนบางส่วนแก้ไขปัญหาโดยการประกอบอาชีพเสริมและปลูกพืชผักสวนครัวไว้บริโภคในครัวเรือนและเมื่อศึกษาถึงการทำบัญชีครัวเรือนพบว่ามีเพียงร้อยละ 8.75 ที่จัดบันทึกโดยครัวเรือนที่ไม่จัดบันทึกให้เหตุผลว่าไม่เข้าใจการจัดบันทึก ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการติดตามประเมินผลหลังจากจัดอบรมการทำบัญชีครัวเรือนเพื่อที่จะช่วยครัวเรือนให้เข้าใจระบบการจดบันทึกบัญชีมากขึ้น

คำสำคัญ: การบริหารจัดการ; ครัวเรือน; เกษตรกร

Abstract

The objective of this study was to investigate financial management of farm household in Maha sarakham province in crop year 2019/20. Simple random sampling was used for data collection. The survey of 65 households was carried out. Results showed that the average income per household was 234,250.98 baht per year. The major source of income came from agricultural sector and it was 164,498.90 baht per year. Income received from non-agriculture was only 69,752.08 baht per year. The average expenditure was 125,045.49 baht per year. More than 75 percent was spent for household consumption and the rest was for agricultural production. Average debt per household was about 64,317.70 bath per year per year, which borrowed from Bank of Agriculture and Cooperative. Net saving of household per year can be derived from difference between total income, total expenditure and total debt. It was about 28,002.99 bath per year. Considering financial management of household, 75.25 percent of total household had no plan to allocate their income for each item, e.g. for consumption and investment. If their expenditure were greater than income, they solved the problem by borrowing. Some households grown vegetable and raised livestock in order to reduce household expenditure. Only 8.75 percent recorded household accounting, which help households to have knowledge about their financial status. Households who did not record accounting, because they did not indeed understanding how to do recording. Therefore, the agencies who have a responsibility should evaluate the household accounting program.

Keywords: Financial management; Farm household

บทนำ

ประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นประเทศเกษตรกรรมมาอย่างยาวนาน เนื่องจากมีสภาพภูมิประเทศทรัพยากรสิ่งแวดล้อม และภูมิอากาศที่เอื้ออำนวยต่อการทำการเกษตร ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศประกอบอาชีพทางการเกษตร จนในระยยะหลังที่ประเทศไทยเริ่มมีนโยบายในการเปลี่ยนผ่านจากประเทศเกษตรกรรมพัฒนาไปสู่การเป็นประเทศอุตสาหกรรมมากขึ้น ส่งผลให้สัดส่วนของครัวเรือนที่ทำการเกษตรในประเทศไทยปี พ.ศ. 2558 อยู่ที่ร้อยละ 16.3 ซึ่งพบว่ามีสัดส่วนที่ลดลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2550 ที่มีถึงร้อยละ 23.1 ของครัวเรือนทั้งหมดซึ่งส่วนหนึ่งอาจเป็นผลจากการลงทุนของรัฐในภาคเศรษฐกิจอื่นเพิ่มสูงขึ้นกำลังแรงงานในภาคการเกษตรออกไปแสวงหางานในอาชีพอื่นมากขึ้น อีกทั้งการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการดำเนินการด้านการเกษตรเพิ่มขึ้นทำให้มีการใช้แรงงานน้อยลงและมีความเป็นอุตสาหกรรมมากขึ้นจึงส่งผลให้ ครัวเรือนที่ทำการเกษตรมีสัดส่วนที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2560 ; สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2557)

สถานการณ์วิกฤตการเงินของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2540 ส่งผลกระทบต่อสถานะเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก รัฐบาลจึงได้ดำเนินการนโยบายต่างๆ เพื่อกระตุ้นเศรษฐกิจของประเทศทั้งในระดับ

ต่างๆ โดยเฉพาะระดับรากหญ้า โดยการก่อตั้งกองทุนหรือโครงการต่างๆ อาทิ โครงการกองทุนหมู่บ้านละ 1 ล้านบาท โครงการธนาคารของประชาชน เป็นต้น จากนโยบายการกระตุ้นเศรษฐกิจเหล่านี้ทำให้ประชาชนในระดับรากหญ้ามีรายได้ต่อหัวเพิ่มสูงขึ้น แต่ขณะเดียวกันรายจ่ายและภาวะหนี้สินก็ได้เพิ่มสูงขึ้นเป็นเงาตามตัวเช่นกัน โดยเฉพาะครัวเรือนเกษตรกร จากสถานการณ์ดังกล่าว หากเกษตรกรขาดการบริหารจัดการการเงินของครัวเรือนไม่ดีพอก็จะทำให้สัดส่วนของรายจ่ายเกินกว่ารายได้และมีเงินทุนไม่เพียงพอต่อการลงทุนในการเกษตร ส่งผลให้ต้องมีการกู้ยืมและมีภาระหนี้สินเพิ่มขึ้นและอาจนำมาซึ่งปัญหาความยากจนตามมา ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาการจัดการด้านปัญหาและอุปสรรคการเงินของครัวเรือนในเขตพื้นที่บ้านแว้งน่าง ตำบลแว้งน่าง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม เพราะหากครัวเรือนเกษตรกรมีการจัดการเงินเป็นอย่างดีโดยทำได้พอเพียงกับรายจ่ายและหนี้สินแล้วครัวเรือนก็จะมีภูมิคุ้มกันที่ดีต่อสภาวะเศรษฐกิจที่มีความผันผวน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการบริหารจัดการการเงินของครัวเรือนเกษตรกรในเขตพื้นที่บ้านแว้งน่าง ตำบลแว้งน่าง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
2. เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคการบริหารจัดการการเงินของครัวเรือนในเขตพื้นที่บ้านแว้งน่าง ตำบลแว้งน่าง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

สุกานดา กลิ่นขจร และคณะ (2555) ได้ทำการศึกษาเรื่องงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณหนี้สินความสามารถในการชำระหนี้สิน และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรในเขตอำเภอด่านขุนทด อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา โดยปัจจัยที่นำมาทำการศึกษาคือ ปัจจัยด้านโครงสร้างทางเศรษฐกิจ ปัจจัยด้านโครงสร้างทางสังคมและวัฒนธรรม ปัจจัยด้านนโยบายทางการเมือง ปัจจัยด้านความรู้ และทักษะในการประกอบอาชีพ ปัจจัยด้านความสามารถในการปรับตัว และปัจจัยด้าน ความสามารถในการบริหารจัดการ สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคือ เกษตรกรในเขต อำเภอด่านขุนทดและอำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 436 ราย เครื่องมือในการเก็บ แบบสอบถาม และรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผลโดยค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน การวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี ANOVA จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มี ภาระหนี้สินรวม 120,001 บาทขึ้นไป รองลงมาคือ 30,001 – 60,000 บาท ต่ำกว่า 30,000 บาท และ 60,001 – 90,000 บาท ตามลำดับ และส่วนใหญ่มีภาระหนี้สินที่ต้องชำระคืนโดยเฉลี่ยต่อเดือน ต่ำกว่า 5,000 บาท รองลงมา 5,001 – 10,000 บาท และ 10,001 – 15,000 บาท ตามลำดับ และปัจจัย ด้านความสามารถในการบริหารจัดการ มีความสำคัญต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรมากที่สุด ในขณะที่ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อรายได้ของเกษตรกรคือ ปัจจัยด้านนโยบายการเมือง และ ปัจจัยด้าน ความสามารถในการบริหารจัดการ ส่วนปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อรายจ่ายของเกษตรกรคือ ปัจจัยด้าน โครงสร้างทางสังคมและวัฒนธรรม ปัจจัยด้านความสามารถในการปรับตัว และปัจจัยด้าน ความสามารถในการบริหารจัดการซึ่งรัฐบาลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ความสำคัญกับการให้ความรู้และข้อมูลข่าวสารที่ถูกต้องในการบริหารจัดการด้านการเงินของเกษตรกรที่ทันสมัยและมีต่อความต้องการสอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบันเช่น การจัดการอบรม และ พัฒนาความรู้ อีกทั้งควรเน้นการบูรณาการความรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้จริง เป็นต้น

สุริยะ หาญพิชัย และคณะ (2563) ได้ทำการศึกษาเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อหนี้สินครัวเรือนเกษตรกรในจังหวัดลพบุรี โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะหนี้สินครัวเรือนเกษตรกรในจังหวัดลพบุรีและปัจจัยที่ส่งผลต่อหนี้สินครัวเรือนเกษตรกรในจังหวัดลพบุรีเป็นการวิจัยเชิงปริมาณกลุ่มตัวอย่างคือ เกษตรกรในจังหวัดลพบุรีจำนวนรวม 400 คน เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล คือ แบบสอบถาม การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และการวิเคราะห์สมการถดถอย ใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดสามัญผลการวิจัยพบว่า 1) สภาพหนี้สิน ครัวเรือนเกษตรกรเป็นหนี้เฉลี่ย 83,992.50 บาท ส่วนใหญ่เป็นหนี้ในระบบ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตรเป็นแหล่งกู้ยืมหลักของครัวเรือนเกษตรกร และกู้ยืมเพื่อใช้ในการผลิต กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูก มันสำปะหลังจะมีหนี้สินโดยเฉลี่ยน้อยกว่าเกษตรกรผู้ปลูกข้าว กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยมีหนี้สินไม่แตกต่างไปจากกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าว 2) ปัจจัยที่ส่งผลต่อหนี้สินครัวเรือนเกษตรกรในจังหวัดลพบุรีพบว่า การออม รายได้นอกภาคการเกษตร และรายจ่ายในภาคการเกษตร เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เชิงลบต่อปริมาณหนี้สิน ในขณะที่รายจ่ายนอกภาคการเกษตร เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อปริมาณหนี้สินครัวเรือนเกษตรกร โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มประชากรเขตพื้นที่บ้านแว่งนาง ตำบลแว่งนาง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
2. ระยะเวลาเก็บข้อมูล เวลาประมาณ 12 เดือน ตั้งแต่ กันยายน 2562 – กรกฎาคม 2563

นิยามศัพท์เฉพาะ

ครัวเรือน หมายถึง คนเดียวหรือหลายคนซึ่งอาศัยเป็นประจำในบ้าน หรือสถานที่อยู่เดียวกันและร่วมกันในการจัดหา หรือประกอบ หรือบริโภคอาหารหรือจัดหาและใช้สิ่งอุปโภคอันจำเป็นแก่การครองชีพของบุคคลเหล่านั้น บุคคลที่อยู่รวมกันในครัวเรือน

เกษตรกร หมายถึง ผู้ที่ทำเกษตรกรรมการเพาะปลูกพืช เพาะเลี้ยงปศุสัตว์และการประมงเพื่อผลิตอาหาร วัตถุประสงค์ เส้นใยธรรมชาติ และผลิตผลอื่น ๆ ที่สามารถนำไปใช้ได้ทั้งการอุปโภคและบริโภค เป็นอาชีพอิสระที่ไม่จำเป็นต้องขึ้นตรงกับหน่วยงานใด สามารถบริหารจัดการเวลาและวางแผนการทำงานได้เอง

การบริหารจัดการ หมายถึง การประสานงานและการบริหารหน้าที่ต่างๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายบางอย่าง ประกอบไปด้วยการวางแผน การบริหารทรัพยากรบุคคล และการควบคุมองค์กร โดยที่การบริหารจัดการครอบคลุมตัวของธุรกิจตั้งแต่การบริหารจัดการการเงิน การตลาด ทรัพยากรบุคคล กลยุทธ์ การผลิต การปฏิบัติการ และการบริการ

การเงิน หมายถึง กิจกรรมเกี่ยวกับการบริหารเงิน และระบบขั้นตอนการระดมทุน ซึ่งรวมถึง การธนาคาร หนี้ เครดิต ตลาดหุ้น เงิน และการลงทุน การเงินครอบคลุมถึงขั้นตอนการดูแล สร้าง และศึกษาเกี่ยวกับเงิน เช่นกันเงินธุรกิจ และการเงินส่วนบุคคล

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

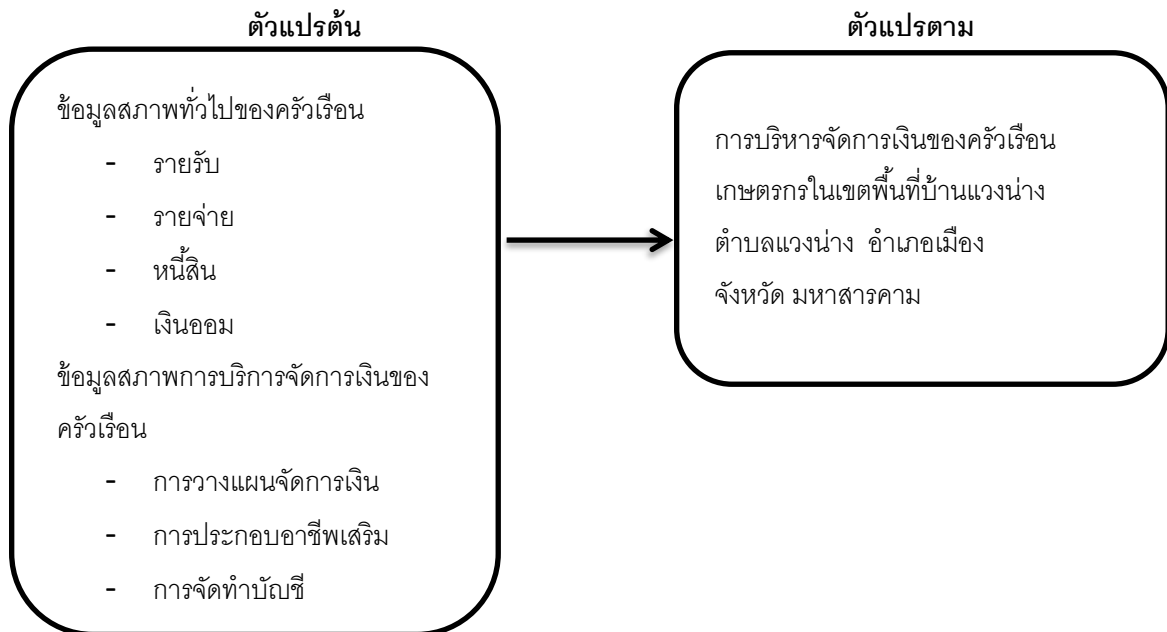
1. เพื่อทราบถึงการบริหารจัดการการเงินของครัวเรือนเกษตรกรในเขตพื้นที่บ้านแว่งนาง ตำบลแว่งนาง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
2. เพื่อทราบถึงปัญหาและอุปสรรคการบริหารจัดการการเงินของครัวเรือนในเขตพื้นที่บ้านแว่งนาง ตำบลแว่งนาง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาถึงสภาพเศรษฐกิจและสังคมครัวเรือนในเขตพื้นที่บ้านแว้งนาง ตำบลแว้งนาง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม โดยเน้นเรื่องรายได้ รายจ่าย และภาวะหนี้สินของครัวเรือน ตลอดจนการบริหารจัดการการเงินของครัวเรือน ในรอบปี 2562/2563 ในการเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็นสองส่วน โดยส่วนแรกทำการสำรวจเรื่องรายได้ รายจ่ายและภาวะหนี้สินของครัวเรือนเกษตรกร โดยศึกษาถึงการวางแผนจัดสรรเงินรายได้ การจัดบันทึกบัญชีครัวเรือน และการแก้ไขปัญหาของครัวเรือนในกรณีที่รายได้มากกว่ารายจ่าย โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการเลือกพื้นที่ศึกษาแบบเฉพาะเจาะจงโดยใช้เกณฑ์ในการเลือกคือพื้นที่ที่อยู่ใกล้เมืองและมีความหลากหลายของกิจกรรมและแหล่งรายได้ทั้งในภาคการเกษตรและนอกภาคการเกษตรซึ่งที่บ้านแว้งนาง ตำบลแว้งนาง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม เป็นพื้นที่ที่มีลักษณะตามเกณฑ์ดังกล่าว และในการเลือกตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random sampling) จากจำนวนครัวเรือนทั้งหมด 365 ครัวเรือน โดยสุ่มมาจำนวน 65 ครัวเรือน โดยการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลาประมาณ 12 เดือน ตั้งแต่ กันยายน 2562 – กรกฎาคม 2563 การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ร่วมกับผลการศึกษาที่ได้รับจากการประชุมกลุ่ม

กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาการบริหารจัดการการเงินของเกษตรกรครัวเรือนในเขตพื้นที่บ้านแว้งนาง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ปีเพาะปลูก 2562/2563 ดังนั้นกลุ่มประชากรคือ เกษตรกรเขตพื้นที่บ้านแว้งนาง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยดังกล่าว สามารถประยุกต์เป็นกรอบแนวคิด ได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิดของวิจัย

ผลการทดลองและอภิปรายผล

สภาพทั่วไปของครัวเรือน รายได้รายจ่ายหนี้สินและ การออม

สมาชิกครัวเรือนส่วนใหญ่มีระดับการศึกษา อยู่ในชั้นประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 48.40 และชั้นมัธยมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 15.90 อยู่ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพและระดับบัณฑิตศึกษาขึ้นไป ครัวเรือนมีที่ดินทำกินเป็นของตนเอง คิดเป็นร้อยละ 95.21 โดยมีพื้นที่เฉลี่ย 14.85 ไร่เฉลี่ยต่อครัวเรือน โดยส่วนใหญ่ 3 ใน 4 จะเห็นได้ว่าใช้ที่ดินเพื่อเพาะปลูกข้าวไว้เพื่อการบริโภคในครัวเรือนเป็นส่วนมากมีเพียงบางครัวเรือนเพาะปลูกพืชไร่ เช่น อ้อย ดังนั้น รายได้ของครัวเรือนส่วนมากจึงมาจากนอกภาคการเกษตร ซึ่งจากผลการศึกษาดังตารางที่ 1 พบว่าครัวเรือนมีรายได้จากภาคการเกษตรน้อยกว่ารายได้นอกการเกษตรเสมอ โดยมีรายได้จากการเกษตรเฉลี่ย 69,752.08 บาท และนอกภาคการเกษตรเฉลี่ย 164,498.90 บาท รวมเป็นรายได้ทั้งหมดของครัวเรือนเท่ากับ 234,250.98 บาท (ตารางที่ 1) จะเห็นว่าแหล่งรายได้นอกภาคนับเป็นแหล่งรายได้ที่สำคัญของครัวเรือนในชนบทอันจะมีบทบาทช่วยให้ลดความเหลื่อมล้ำของการกระจายรายได้ของครัวเรือนในชนบทสำหรับผลการศึกษาในส่วนของการใช้จ่ายในการครองชีพ พบว่ามีสัดส่วนสูงประมาณร้อยละ 78.98 ในขณะที่ค่าใช้จ่ายในการเกษตรมีประมาณร้อยละ 21.02 จำนวนครัวเรือนที่มีหนี้สิน ณ วันสำรวจมีจำนวนร้อยละ 66.20 ส่วนครัวเรือนที่ไม่มีหนี้สินเลย คิดเป็นร้อยละ 33.80 โดยแหล่งเงินกู้ที่สำคัญ คือธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธกส.) และสหกรณ์ต่างๆ คิดเป็นร้อยละ 26.15 ในสัดส่วนที่เท่ากัน โดยมีจำนวนหนี้เฉลี่ย 63,207.69 บาทต่อครัวเรือน เมื่อนำเงินที่เหลือจากค่าใช้จ่าย (รายได้ลบ รายจ่าย) จำนวน 92,320.69 บาทต่อครัวเรือน ไปชำระหนี้จำนวน 64,317.70 บาทต่อครัวเรือน ครัวเรือนจะเหลือเงินออมเพียง 28,002.99 บาทเท่านั้น โดยครัวเรือนทำการออมเฉลี่ย 13 ครั้งต่อปีและส่วนมากจะทำการออมในรูปของการส่งฝากบัญชีในหมู่บ้าน รองลงมาออมกับสหกรณ์การเกษตร และธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร(ธกส.) นอกจากการออมแล้วครัวเรือนร้อยละ 12 ยังมีการปล่อยเงินกู้ซึ่งลูกหนี้ส่วนใหญ่จะเป็นญาติพี่น้อง ซึ่งลักษณะนี้แสดงให้เห็นถึงสังคมแห่งการพึ่งพาอาศัยของครัวเรือนเอง

การบริหารจัดการการเงินของครัวเรือน

ผลการศึกษาพบว่าครัวเรือนส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 75.25 ไม่มีการวางแผนการจัดการการเงินของตนเอง มีเพียงร้อยละ 24.72 เท่านั้นที่มีการวางแผนการใช้จ่ายเงินของครัวเรือนโดยการแบ่งรายได้ที่ได้รับออกเป็นส่วนๆ ได้แก่ เพื่อการอุปโภคและบริโภคเพื่อการลงทุนเพื่อการศึกษาของบุตรและเพื่อการออม การที่ครัวเรือนไม่มีการวางแผนการใช้จ่ายเงินทำให้ครัวเรือนส่วนใหญ่มีปัญหาเรื่องการจัดการการเงินของ ครัวเรือน เนื่องจากเมื่อพิจารณารายได้และรายจ่ายแล้ว พบว่า ครัวเรือนน่าจะมีเงินเพียงพอใช้จ่ายตลอดปีแต่จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าครัวเรือนยังคงมีภาวะหนี้สินจากปัญหาดังกล่าวครัวเรือนพยายามแก้ไขโดยการประกอบอาชีพเสริมซึ่งทำให้ครัวเรือนมีรายได้เพิ่มขึ้นมาประมาณปีละ 6,500 บาท นอกจากนี้บาง ครัวเรือนยังพยายามที่จะตัดค่าใช้จ่ายบางส่วนที่ไม่จำเป็นออกหรือการพยายามประหยัดค่าใช้จ่ายส่วนที่ สามารถประหยัดได้ซึ่งจะส่งผลให้ครัวเรือนประหยัดค่าใช้จ่ายได้โดยเฉลี่ย 4,996.8 บาทต่อปี และวิธีสุดท้ายที่ครัวเรือนใช้แก้ไขปัญหาคือ การปลูกผักและเลี้ยงสัตว์ไว้เพื่อการบริโภคในครัวเรือน ซึ่งวิธีนี้ครัวเรือนสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านอาหารได้ถึง 5,597.79 บาทต่อปี เมื่อศึกษาถึงการจัดบันทึกรายได้ค่าใช้จ่ายและหนี้สินหรืออีกนัยหนึ่งคือการจัดทำบัญชีครัวเรือน ซึ่งมีประโยชน์ในการบริหารจัดการการเงินของครัวเรือน พบว่าครัวเรือนส่วนใหญ่ร้อยละ 91.58

ไม่ได้จัดทำบัญชีเนื่องจากไม่มีเวลาที่จะจด และบางครั้งเรื่อนคิดว่ารายจ่ายของตนเองนั้นค่อนข้างมากกว่า รายได้จึงไม่ต้องการทราบรายละเอียดเนื่องจากจะเสียกำลังใจสำหรับเหตุผลอีกประการที่สำคัญคือบางครั้งเรื่อน ไม่ทราบหลักการของการจดบันทึกรายรับและรายจ่ายของครัวเรือน

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย รายรับ, รายจ่าย และ หนี้สินของเกษตรกรครัวเรือน ปีการเพาะปลูก
2562/2563

รายการ	บาท/ครัวเรือน
รายรับ	234,250.98
- รายได้จากภาคการเกษตร	69,752.08
- รายได้นอกภาคการเกษตร	164,498.90
รายจ่าย	125,045.49
- ครัวเรือน	99,470.69
- ภาคการเกษตร	25,574.80
รายรับ-รายจ่าย ((1)-(2))	92,320.69
หนี้สิน	64,317.70
เงินออม	28,002.99

สรุปผลและเสนอแนะ

จากผลการศึกษา พบว่าแม้ครัวเรือนจะมีรายจ่ายน้อยกว่ารายได้แต่ครัวเรือนยังคงมีการกู้ยืม ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากช่วงเวลาที่ครัวเรือนได้รับรายได้นั้นไม่ตรงกับช่วงของความต้องการใช้ ดังนั้นหาก ครัวเรือนทำการจดบันทึกบัญชีรายจ่ายของครัวเรือนอย่างชัดเจนก็จะช่วยให้ครัวเรือนทราบ สถานการณ์ทางการเงินของครัวเรือนและช่วยให้ครัวเรือนสามารถวางแผนการใช้จ่ายเงินของตนเองได้อย่างไรก็ตามในการจดบันทึกบัญชีครัวเรือนควรมีการแยกบันทึกระหว่างรายรับและรายจ่ายของครัวเรือน และรายรับและรายจ่ายในการประกอบอาชีพเพื่อให้ครัวเรือนทราบถึงสถานการณ์การเงินของครัวเรือน ตลอดจนทราบผลกำไรจากการประกอบอาชีพได้อย่างชัดเจน และสามารถนำมาใช้ในการวางแผนการใช้จ่ายเงินของครัวเรือนและการลงทุนต่อไป นอกจากนี้ในการศึกษายังพบว่าครัวเรือนยังขาดความเข้าใจในหลักการจดบันทึกบัญชีถึงแม้จะเคยได้รับการอบรมการจัดทำบัญชีครัวเรือนจากหน่วยงานต่างๆ ดังนั้น หน่วยงานที่ทำการส่งเสริมควรมีการติดตามผลการส่งเสริมและควรมีการให้ความรู้เพิ่มเติมหลังจากการส่งเสริมแล้วตลอดจนควรนำบุคคลที่ประสบความสำเร็จในหมู่บ้านหรือในพื้นที่มาทำการถ่ายทอดประสบการณ์และวิธีการจดบันทึกบัญชีครัวเรือน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนและคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ได้ให้ดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2560). *หนี้สินครัวเรือนเกษตร พ.ศ. 2558*. สำนักงานสถิติแห่งชาติ.
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร (2557). *การศึกษาหนี้สินของครัวเรือนเกษตรและขนาดของเงินกู้ที่เหมาะสม*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สุกานดา กลิ่นขจร และคณะ (2555). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรจังหวัดนครราชสีมา กรณีศึกษา อำเภอด่านขุนทด และอำเภอโนนสูง*. คณะบริหารธุรกิจ ศูนย์กลางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.
- สุริยะ หาญพิชัย และคณะ (2563). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อหนี้สินครัวเรือนเกษตรกรในจังหวัดลพบุรี*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ]. สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ผลของอัตราปุ๋ย และระยะเวลาการใส่ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ลักษณะทางการเกษตร
และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1

Effect of Fertilizer Rate and Application Timing on Growth, Agronomic Characteristics
and Yield Components of Maize cv. Nakhon Sawan 1

ดารีการ์ บุญพันธ์^{1*} เบ็ญจพร กุลนิตย์² อนันท์วิวัฒน์ หนองษ์³

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม^{1,2,3}

*Corresponding author: E-mail: darika.bu@msuac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาอัตราปุ๋ยและระยะเวลาการใส่ปุ๋ยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ลักษณะทางการเกษตรและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 ทำการทดลอง ณ แปลงทดลอง ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ระหว่างเดือนสิงหาคม 2562 ถึงเดือน พฤษภาคม 2563 วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย (ชุดควบคุม) 2) ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 พร้อมปลูก อัตรา 30 ก.ก./ไร่ 3) ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 พร้อมปลูก อัตรา 30 ก.ก./ไร่ และ ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 ก.ก./ไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก 4) ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 ก.ก./ไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก และอัตรา 12.5 ก.ก./ไร่ เมื่ออายุ 30 วันหลังปลูก และ 5) ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 ก.ก./ต่อไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก และอัตรา 8.3 ก.ก./ไร่ เมื่ออายุ 30 และ 45 วันหลังปลูก ผลการศึกษาพบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 เมื่อได้รับปุ๋ยกรรมวิธีที่ 5 ส่งผลให้น้ำหนักฝักแห้งรวมเปลือก น้ำหนักฝักแห้ง จำนวนเมล็ดต่อแถว น้ำหนักเมล็ดต่อฝัก และมวลชีวภาพสูงที่สุด ดังนั้น หากแนะนำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 ควรแนะนำให้ใช้อัตราปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก และ ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 8.3 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 30 และ 45 วันหลังปลูก นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาต้นทุนและกำไรที่ได้จากผลิตข้าวโพด เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกใส่ปุ๋ยให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์; ค่า SCMR; ปริมาณคลอโรฟิลล์; มวลชีวภาพ

Abstract

The purpose of this research was to study on fertilizer rates and application timing effecting on growth, agronomic traits and yield components of maize cv. Nakhon Sawan 1. The experiment was conducted at Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Maharakham University between August 2019 to May 2020. The RCBD with 4 replications were used and 5 treatments consisting of 1) no fertilizer (control) 2) basal fertilizer formula 15-15-15, 30 kg rai⁻¹ 3) basal fertilizer formula 15-15-15, 30 kg rai⁻¹ and 46-0-0 30 kg rai⁻¹ at 15 DAP 4) 46-0-0 30 kg rai⁻¹ at 15 DAP and 12.5 kg rai⁻¹ at 30 DAP and 5) 46-0-0 30 kg rai⁻¹ at 15 DAP and 8.3 kg rai⁻¹ at 30 and 45 DAP. The results revealed that a treatment 5 showed the highest husked ear dry weight, unhusked ear dry weight, no. of seed/row, grain weight/ear and total dry matter. We should recommend using 46-0-0, 30 kg/rai at 15 DAP and 8.3 kg/rai at 30 and 45 DAP for improving yield and yield components of maize. However, a study cost production and profitable return should be concerned for alternative ways for farmer to using efficiency fertilizer.

Keywords; maize; SCMR; chlorophyll content; biomass yield

บทนำ

ข้าวโพด (*Zea mays* L.) เป็นธัญพืชที่มีความสำคัญเป็นอันดับ 3 ของโลก รองจากข้าวเจ้า และข้าวสาลี จากรายงานพบว่า การผลิตข้าวโพดทั่วโลกมีประมาณ 580 ล้านตันต่อปี โดยเฉพาะในประเทศจีน สหรัฐอเมริกา บราซิล และเม็กซิโก เป็นต้น สำหรับประเทศไทยนั้น พื้นที่ปลูกข้าวโพดมีประมาณ 7-8 ล้านไร่ แหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดนครสวรรค์ สระบุรี ลพบุรี นครราชสีมา เลย เพชรบูรณ์ สุโขทัย และกำแพงเพชร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของหลายประเทศ รวมถึงประเทศไทยเช่นกัน และในปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี อย่างไรก็ตาม นัทธมน ธีรกุล (2564) รายงานว่า ประเทศไทยประสบภาวะขาดแคลนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาโดยตลอด ในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา (ปี 2543-2563) พื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทยลดลงในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 0.80 ต่อปี และผลผลิตรวมเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 0.22 ต่อปี อีกทั้งผลผลิตต่อไร่ที่ต่ำเป็นอุปสรรคสำคัญในการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ไม่เหมาะสมและพื้นที่ป่า ในขณะที่ความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายในประเทศเพิ่มขึ้นมาก เฉลี่ยแล้วร้อยละ 3.18 ต่อปี (ปี 2543-2563) และร้อยละ 5.29 /ปี (ในช่วงปี 2553-2563)

ดังนั้น ประเทศไทยจึงนำเข้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากต่างประเทศ ซึ่งมีมูลค่าหลายล้านบาทต่อปี สำหรับปัญหาด้านผลผลิตค่อนข้างต่ำ อาจเป็นผลอันเนื่องมาจากสภาพดินฟ้าอากาศ การจัดการน้ำและปุ๋ย ตลอดจนการเลือกใช้พันธุ์ โดยแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดให้สูงขึ้น คือ การเพิ่มผลผลิตข้าวโพดต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งอาจทำได้หลายวิธี เช่น การปรับปรุงพันธุ์ให้เหมาะสมกับแหล่งปลูก การศึกษาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสม (ธีระพงษ์ พรหมสวัสดิ์ และคณะ, 2553) หากต้องการให้ข้าวโพดได้ผลผลิตสูง จำเป็นต้องมีการจัดการธาตุอาหารอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (Nitrogen, N) ฟอสฟอรัส (Phosphorus, P) และ

โพแทสเซียม (Potassium, K) ซึ่งพืชต้องการใช้เพื่อการเจริญเติบโต และสร้างผลผลิตในปริมาณมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง P เป็นธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด ซึ่งเกี่ยวกับการเจริญเติบโต และแพร่กระจายตัวของราก (สันติภาพ ปัญจพรรค, 2545)

พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบันของไทย ประมาณ 7.02 ล้านไร่ ภาคเหนือมีพื้นที่ปลูกมากที่สุด คือ 4.72 ล้านไร่ รองลงมาคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง (1.45 และ 0.86 ล้านไร่ ตามลำดับ) พื้นที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ นครราชสีมา เลย ชัยภูมิ อุบลราชธานี เป็นต้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ ส่งผลต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพด ดังนั้น การจัดการดิน น้ำและปุ๋ย จึงมีส่วนสำคัญในการช่วยเพิ่มผลผลิตพืชอีกทางหนึ่ง ซึ่งหากจะนำข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาปลูกในพื้นที่ดินทรายเพื่อให้ได้ผลผลิตที่น่าพึงพอใจ จึงมีความจำเป็นจะต้องศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยสูตรต่างๆและอัตราการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ซึ่งนำไปสู่การให้ผลผลิตสูง เพื่อเป็นแนวทางในการแนะนำหรือนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาต่อไปในอนาคต ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราและระยะเวลาการใส่ปุ๋ยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ลักษณะทางการเกษตร และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 ที่ปลูกในสภาพดินทรายความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. วัสดุและอุปกรณ์

1.1 เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์นครสวรรค์ 1

1.2 อุปกรณ์ในการปลูกและดูแลรักษาข้าวโพด ได้แก่ กระจกขนาด 10 นิ้ว (กว้าง 30 เซนติเมตร สูง 23 เซนติเมตร) บัวรดน้ำ ปุ๋ยเคมี (สูตร 15-15-15 และ สูตร 46-0-0) ป้ายชื่อพันธุ์ ไม้ปักแปลง และถุงตาข่าย

1.3 อุปกรณ์ในการเก็บเกี่ยวข้าวโพด ได้แก่ มีด ถุงตาข่าย และป้ายชื่อพันธุ์

1.4 เครื่อง SPAD Chlorophyll Meter Reading ยี่ห้อ Konica minolta รุ่น SPAD-502

Plus (วัดค่าความเขียวของใบ)

1.5 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ Shimudzu รุ่น UV-1800 (วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ)

1.6 อุปกรณ์บันทึกข้อมูล ได้แก่ สมุดบันทึก ดินสอ ปากกา กล้องถ่ายรูป

1.7 เครื่องมือวิเคราะห์ดิน ได้แก่ EC meter pH meter เครื่องกลั่นไนโตรเจน เพลมโฟโต

มิเตอร์ (flame photometer) และเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)

2. วิธีการศึกษา

2.1 แผนการทดลอง

การวางแผนแบบ Randomized complete block design (RCBD) ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 3 กระจก โดยตัดแปลงวิธีการให้ปุ๋ยจากรายงานของ ชูเกียรติ พระดาเวช ณัฐพล คงดี และวันวิสาข์ บัณฑิต (2560) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กรรมวิธีการใส่ปุ๋ย

กรรมวิธี	พร้อมปลูก	15 วันหลังปลูก	30 วันหลังปลูก	45 วันหลังปลูก
1 (T1)	-	-	-	-
2 (T2)	30	-	-	-
3 (T3)	30	30	-	-
4 (T4)	-	30	12.5	-
5 (T5)	-	30	8.3	8.3
สูตรปุ๋ยที่ใช้	15-15-15	46-0-0	46-0-0	46-0-0

2.2 วิธีการเตรียมดิน โดยเก็บดินจากแปลงทดลอง ความลึก 0-20 ซม. ตากดินในที่ร่ม ประมาณ 7 วัน หรือจนกว่าดินจะแห้ง จากนั้นร่อนดินโดยใช้ตะแกรงขนาด 2 มม. เพื่อกำจัดเศษวัชพืช

2.2.1) นำดินที่ร่อนไว้ บรรจุลงกระถาง จำนวน 60 กระถางๆ ละ 10 กิโลกรัม วางบนถาดรองกระถางพลาสติก

2.2.2) เก็บตัวอย่างดินเพื่อนำมาวิเคราะห์เบื้องต้น ได้แก่ ปริมาณ total N โดยวิธี Kjeldahl method (Bremner, 1965 pp.1149-1278) available P ด้วยวิธี Murphy and Railey (Jones, 2001, pp.62-79) exchangeable K (Doll E.C. and R.E. Lucas, 1973) ค่า EC (Electrical conductivity: ค่าการนำไฟฟ้า) ค่า OM (Organic matter: อินทรีย์วัตถุ) โดยวิธีของ Walkley A. and C.A. Black (1934) และ ค่า pH (วัดด้วยเครื่อง pH meter)

2.3 การปลูกและการดูแลรักษา

2.3.1) ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 ลงในกระถาง จำนวน 60 กระถางๆ ละ 3-5 เมล็ด โดยการหยอดเมล็ดลงไปบนกระถางให้มีความลึก 2-3 เซนติเมตร แล้วกลบหน้าดิน หลังจากปลูกประมาณ 15 วัน จึงถอนแยกให้เหลือข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กระถางละ 1 ต้น

2.3.2) ให้น้ำตามความเหมาะสม

2.3.3) ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และปุ๋ยสูตร 46-0-0 ตามสิ่งทดลอง คือ อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ (1.325 กรัม/กระถาง) อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ (0.530 กรัม/กระถาง) อัตรา 8.3 กิโลกรัม/ไร่ (0.366 กรัม/กระถาง)

2.4 การบันทึกข้อมูล

2.4.1) ความสูงต้น โดยวัดจากพื้นถึงข้อใบบนสุดที่แผ่ขยายเต็มที่ เก็บข้อมูลทุกๆ 15 วัน ตั้งแต่ข้าวโพดอายุ 15 วันหลังปลูก จนถึงอายุเก็บเกี่ยว (ในกรณีที่ใบธงปรากฏแล้วให้วัดจากพื้นดินถึงข้อของใบธง)

2.4.2) อายุวันออกไหม นับจากวันที่ปลูกถึงวันที่ต้นข้าวโพดออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นทั้งหมด

2.4.3) อายุดอกตัวผู้บาน นับจากวันที่ปลูกถึงวันที่ช่อดอกตัวผู้บาน 50 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นทั้งหมด

2.4.4) วัดความเขียวของใบ (ค่า SCMR) โดยใช้เครื่อง SPAD chlorophyll meter reading (สุ่ม 3 ใบ ในแต่ละหน่วยการทดลอง) สุ่มวัดใบที่แผ่ขยายเต็มที่ นับจากใบบนสุด

2.4.5) วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ (ตำแหน่งเดียวกับที่บันทึกข้อมูล SCMR) โดยเจาะแผ่นใบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาด 1 ตารางเซนติเมตร จำนวน 3 ใบ แช่ใน Dimethyl formamide เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาวัดปริมาณคลอโรฟิลล์โดยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 647 และ 664 นาโนเมตร โดยใช้สูตรตามวิธีการของ Moran (1982) pp. 1376-1381

$$\text{Chl a} = (-2.99 \cdot A_{647} + 12.64 \cdot A_{664})$$

$$\text{Chl b} = (23.26 \cdot A_{647} - 5.6 \cdot A_{664})$$

$$\text{Chl total} = \text{Chl a} + \text{Chl b}$$

เมื่อ

Chl a คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ a ($\mu\text{g cm}^{-2}$)

Chl b คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ b ($\mu\text{g cm}^{-2}$)

Chl total คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ($\mu\text{g cm}^{-2}$)

A₆₄₇ คือ ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 647 nm (ค่าสัดส่วน)

A₆₆₄ คือ ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 664 nm (ค่าสัดส่วน)

2.4.6) ความสูงฝัก วัดจากพื้นดินถึงข้อที่ติดฝักบนสุด

2.4.7) น้ำหนักฝักแห้งรวมเปลือกและไม่รวมเปลือกต่อต้น (กรัม)

2.4.8) น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)

2.4.9) จำนวนแถวต่อฝัก

2.4.10) น้ำหนักเมล็ดต่อฝัก (กรัม)

2.4.11) จำนวนเมล็ดต่อแถว

2.4.12) มวลชีวภาพ (Total dry matter) (ส่วนเหนือดิน) ที่ระยะเก็บเกี่ยว

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรม Statistic 9 วิเคราะห์แผนการทดลองแบบ RCBD ประเมินผลการทดลองโดยการวิเคราะห์ตาราง ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธี Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. สถานที่ศึกษา (Study Sites)

ทำการศึกษาที่แปลงทดลอง ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดลอง

1. คุณสมบัติดินก่อนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินบางประการก่อนปลูก พบว่า ค่า pH เท่ากับ 7.68 (เป็นกลาง) ค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 0.70 dS/m² (ดินไม่เค็ม) ค่าอินทรีย์วัตถุในดิน เท่ากับ 1.49 % (ต่ำ) total N เท่ากับ 1.55 ค่า available P เท่ากับ 1.42 และ ค่า exchangeable K เท่ากับ 3.80 มก./กก. ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ (ตารางที่ 2)

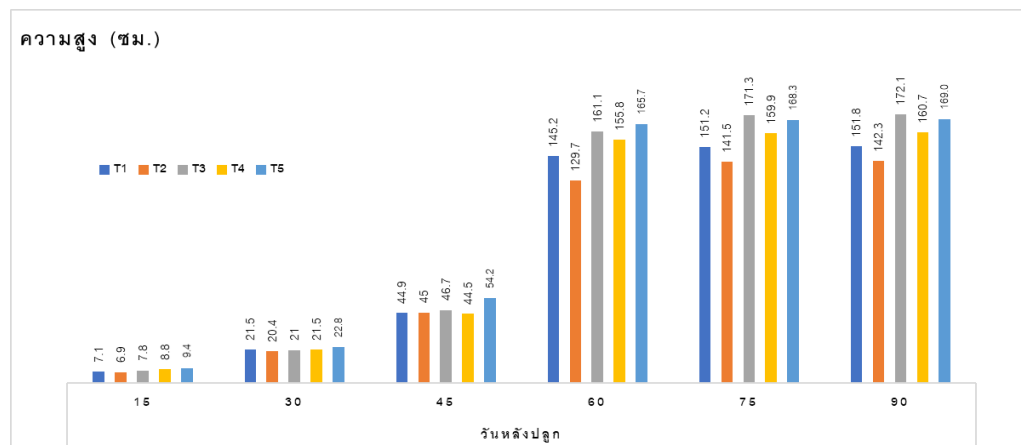
ตารางที่ 2 คุณสมบัติดินก่อนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1

รายการวิเคราะห์	ค่าที่ได้
pH	7.68
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	0.70 dS/m ²
อินทรีย์วัตถุ (OM)	1.49 %
ไนโตรเจน (total N)	1.55 มก./กก.
ฟอสฟอรัส (available P)	1.42 มก./กก.
โพแทสเซียม (exchangeable K)	3.80 มก./กก.

2. การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1

2.1 ความสูง

จากการศึกษา พบว่า ความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 เมื่อได้รับอัตราปุ๋ยที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 1) แต่พบว่า การให้ปุ๋ยกรรมวิธีที่ 3 และ 5 ส่งผลให้ความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีแนวโน้มสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ



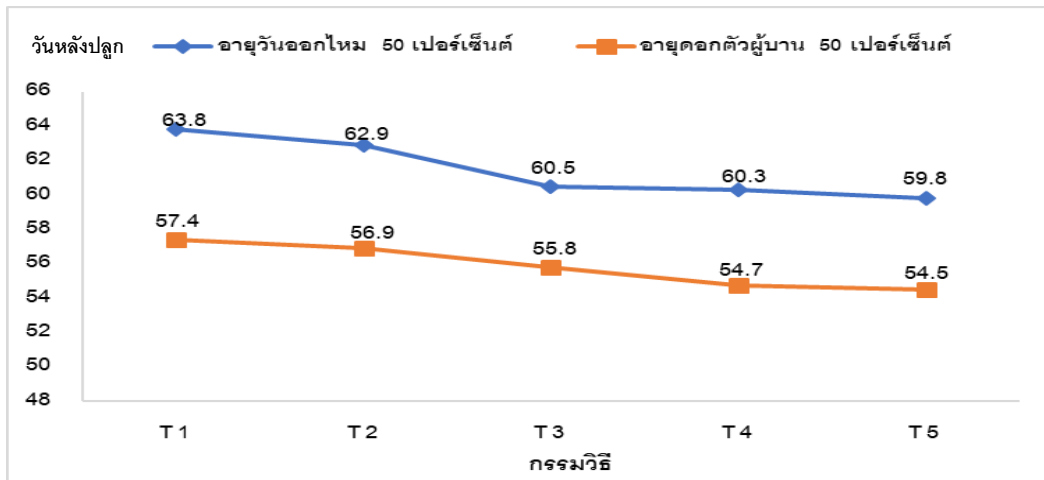
ภาพที่ 1 ความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 ที่อายุ 15 30 45 60 75 และ 90 วันหลังปลูก เมื่อได้รับอัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน

2.2 อายุวันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์

อายุวันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 เมื่อได้รับอัตราปุ๋ยที่ต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยอายุวันออกไหมอยู่ระหว่าง 59.8-63.8 วัน (ภาพที่ 2) แต่พบว่า อายุวันออกไหมมีแนวโน้มเร็วขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยกรรมวิธีที่ 4 และ 5

2.3 อายุดอกตัวผู้บาน 50 เปอร์เซ็นต์

อายุดอกตัวผู้บานนับจากวันที่ปลูกถึงวันที่อายุดอกตัวผู้บาน 50 เปอร์เซ็นต์ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งอยู่ในช่วงอายุ 54.5-57.4 วัน (ภาพที่ 2) แต่พบว่า อายุดอกตัวผู้บาน มีแนวโน้มเร็วขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยกรรมวิธีที่ 4 และ 5



ภาพที่ 2 อายุวันออกใหม่ 50 เปอร์เซ็นต์ อายุดอกตัวผู้บาน 50 เปอร์เซ็นต์ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ นครสวรรค์ 1 เมื่อได้รับอัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน

3. ลักษณะทางการเกษตรของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1

3.1 ค่า Spad Chlorophyll Meter Reading: SCMR

จากการศึกษาพบว่า อัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลให้ค่า SCMR ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ นครสวรรค์ 1 ในช่วงอายุแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นค่า SCMR ช่วงอายุ 60 วันหลังปลูก ที่ได้รับปุ๋ยสูตร 15-15-15 พร้อมปลูกอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ และ ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก จะมีค่าสูงที่สุด คือ 52.03 รองลงมาคือ ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก และ ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 30 วันหลังปลูก ในค่า SCMR คือ 49.79 และ 46.73 เมื่อใส่ปุ๋ยกรรมวิธีที่ 5 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่า SCMR ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 ที่อายุ 30 45 60 และ 75 วันหลังปลูก เมื่อได้รับ อัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน

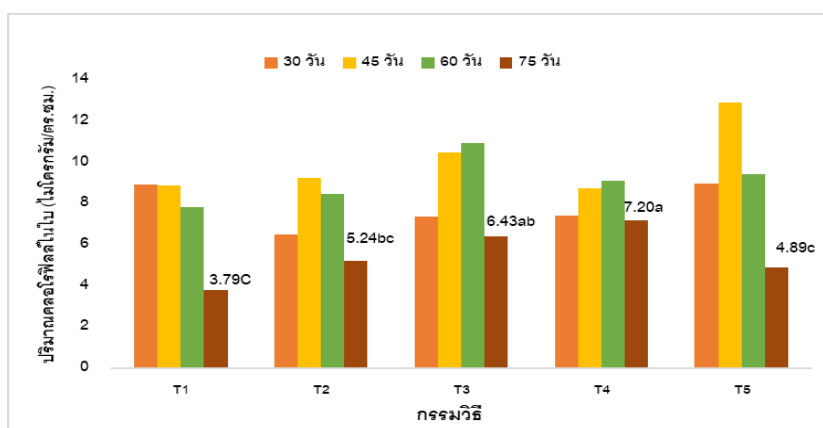
กรรมวิธี	ค่า SCMR			
	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน
T1	34.65	48.35	42.61 ^c	34.12
T2	37.28	48.23	46.62 ^{bc}	37.75
T3	38.57	52.97	52.03 ^a	38.34
T4	38.09	46.53	49.79 ^{ab}	40.63
T5	34.88	52.77	47.63 ^{abc}	32.72
F-test	ns	ns	*	ns
LSD	-	-	5.14	-
C.V. (%)	16.92	9.44	7.00	13.27

ns: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าเฉลี่ยภายในคอลัมน์เดียวกันกำกับด้วย อักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD ($P \leq 0.05$)

3.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ

จากการศึกษาพบว่า อัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์นครสวรรค์ 1 แต่ละช่วงอายุแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบช่วงอายุ 75 วัน หลังปลูก ที่ได้รับปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก และ ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 30 วันหลังปลูก มีค่าสูงที่สุดคือ $7.20 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ รองลงมาคือ เมื่อใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 พร้อมปลูกอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ และ ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบคือ $6.43 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 ที่อายุ 30 45 60 และ 75 วันหลังปลูก เมื่อได้รับอัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน

3.3 ความสูงฝัก

จากการศึกษาพบว่า ความสูงฝักข้าวโพด เมื่อได้รับอัตราปุ๋ยที่ต่างกัน ไม่ส่งผลให้ความสูงฝักแตกต่างกันทางสถิติ โดยความสูงฝักเฉลี่ยอยู่ในช่วง 61.95-74.31 เซนติเมตร แต่พบว่า การให้ปุ๋ยกรรมวิธีที่ 5 ส่งผลให้ความสูงฝักมีแนวโน้มสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ความสูงฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 เมื่อได้รับอัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	ความสูงฝัก (เซนติเมตร)
T1	61.95
T2	62.75
T3	68.95
T4	63.71
T5	74.31
F-test	ns
LSD	-
C.V.%	17.83

ns: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

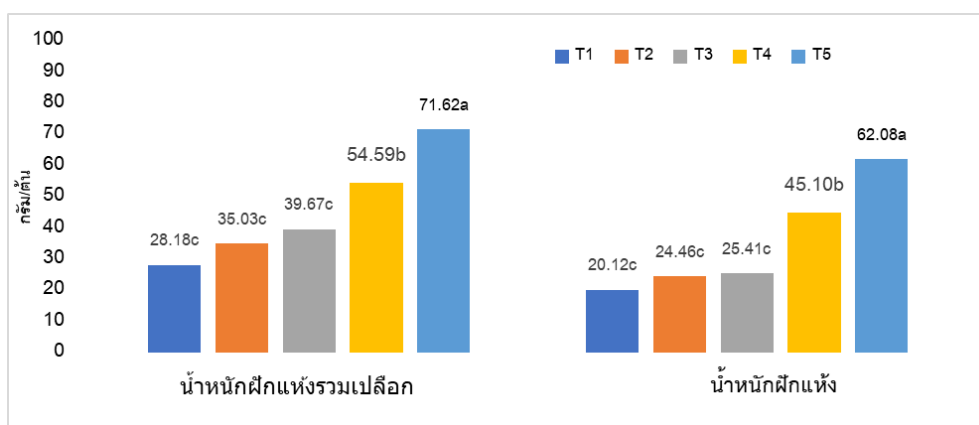
4. ข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1

4.1 น้ำหนักฝักแห้งรวมเปลือก

จากการศึกษาพบว่า อัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน ส่งผลให้น้ำหนักฝักแห้งรวมเปลือกของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยน้ำหนักฝักแห้งรวมเปลือกของข้าวโพดที่ได้รับปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก และ ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 8.3 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 30 และ 45 วันหลังปลูก มีค่าสูงที่สุดคือ 71.62 กรัม/ต้น รองลงมาคือ เมื่อได้รับปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก และ ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 30 วันหลังปลูก ให้น้ำหนักฝักแห้งรวมเปลือก เท่ากับ 54.59 กรัม/ต้น (ภาพที่ 4)

4.2 น้ำหนักฝักแห้ง

จากการศึกษาพบว่า อัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน ส่งผลให้น้ำหนักฝักแห้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยน้ำหนักฝักแห้งที่ได้รับปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก และ ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 8.3 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 30 และ 45 วันหลังปลูก มีค่าสูงที่สุดคือ 62.08 กรัม/ต้น รองลงมาคือ ได้รับปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก และใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 30 วันหลังปลูก มีน้ำหนักฝักแห้ง คือ 45.10 กรัม/ต้น (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 น้ำหนักฝักแห้งรวมเปลือกและน้ำหนักฝักแห้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์นครสวรรค์ 1 เมื่อได้รับอัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน

4.3 น้ำหนัก 100 เมล็ด

จากการศึกษาพบว่า น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 เมื่อได้รับอัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งน้ำหนัก 100 เมล็ด อยู่ในช่วง 18.37-20.78 กรัม (ตารางที่ 5)

4.4 จำนวนแถวต่อฝัก

จากการศึกษาพบว่าจำนวนแถวต่อฝักของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 เมื่อได้รับอัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (6.5-12.0 แถว/ฝัก) (ตารางที่ 5)

4.5 จำนวนเมล็ดต่อแถว

จากการศึกษาพบว่า การให้อัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน ส่งผลให้จำนวนเมล็ดต่อแถวของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์นครสวรรค์ 1 แตกต่างกันทางสถิติ โดยจำนวนเมล็ดต่อแถว เมื่อได้รับปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก และใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 8.3 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 30 และ 45 วันหลังปลูก มีค่าสูงสุดคือ 22.4 เมล็ด/แถว รองลงมาคือ ที่ได้รับปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก และอัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 30 วันหลังปลูก โดยมีจำนวนเมล็ดต่อแถว คือ 16.9 เมล็ด/แถว (ตารางที่ 5)

4.6 น้ำหนักเมล็ดต่อฝัก

จากการศึกษาพบว่า การให้อัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน ส่งผลให้น้ำหนักเมล็ดต่อฝักของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์นครสวรรค์ 1 แตกกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยน้ำหนักเมล็ดต่อฝักของข้าวโพดที่ได้รับปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก และ ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 8.3 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 30 และ 45 วันหลังปลูก มีค่าสูงที่สุดคือ 41.01 กรัม รองลงมาคือ เมื่อใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก และ ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 30 วันหลังปลูก ที่กรรมวิธีได้รับปุ๋ยสูตร 15-15-15 พร้อมปลูกอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ และที่กรรมวิธีไม่มีการใส่ปุ๋ย (ชุดควบคุม) คือ 23.23 21.76 และ 19.00 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 น้ำหนัก 100 เมล็ด จำนวนแถวต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว น้ำหนักเมล็ดต่อฝัก และมวลชีวภาพ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 เมื่อได้รับอัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	จำนวนแถว ต่อฝัก	จำนวน เมล็ดต่อแถว	น้ำหนัก เมล็ดต่อฝัก (กรัม)	มวลชีวภาพ (กรัม/ต้น)
T1	19.52	6.5	8.5 ^c	19.00 ^b	55.60 ^b
T2	18.37	9.4	14.4 ^b	21.76 ^b	60.61 ^b
T3	19.67	10.0	6.5 ^c	11.93 ^c	81.98 ^a
T4	18.56	11.3	16.9 ^b	23.23 ^b	57.76 ^b
T5	20.78	12.0	22.4 ^a	41.01 ^a	81.14 ^a
F-test	ns	ns	*	*	*
LSD	-	-	5.44	7.06	18.32
C.V.%	9.71	24.23	25.69	19.60	17.64

ns: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าเฉลี่ยภายในคอลัมน์เดียวกันกำกับด้วยอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD ($P \leq 0.05$)

4.7 มวลชีวภาพ (Total dry matter) ในระยะเก็บเกี่ยว

จากการศึกษาพบว่า การให้อัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน ส่งผลให้น้ำหนักมวลชีวภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยน้ำหนักมวลชีวภาพจะมีค่าสูงสุดเมื่อได้รับปุ๋ยสูตร 15-15-15 พร้อมปลูกอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ และ ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก (81.98 กรัม) และได้รับปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก และอัตรา 8.3 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 30 และ 45 วันหลังปลูก (81.14 กรัม) รองลงมาคือได้รับปุ๋ยสูตร 15-15-15 พร้อมปลูกอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ มีมวลชีวภาพเท่ากับ 60.61 กรัม (ตารางที่ 5)

อภิปรายผลการทดลอง

การเจริญเติบโต

จากการศึกษา พบว่า ความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 เมื่ออายุ 90 วัน หลังปลูกอยู่ระหว่าง 142.25-172.10 เซนติเมตร ความสูงฝักของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 อยู่ระหว่าง 61.95-74.31 เซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ สดใส ช่างสลัก และคณะ (2555) รายงานการผลการศึกษาการใส่ปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดหวาน โดยช่วงเวลาการใส่ปุ๋ย 15-15-15 และ 46-0-0 ที่มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพด โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในช่วงดังกล่าวมีความสูงอยู่ระหว่าง 171-207 เซนติเมตร ความสูงฝักของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อยู่ระหว่าง 94-121 เซนติเมตร นอกจากนี้ พรนภา ขาวมาก และคณะ (2561) พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เมื่อได้รับปุ๋ยที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลให้ความสูงแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งแตกต่างจาก รายงานของ ทิวา พาโคกทม และคณะ (2564) รายงานว่า ความสูงจะเพิ่มขึ้นตามอายุของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แต่อัตราปุ๋ยไม่ส่งผลต่อความสูงเมื่อข้าวโพดอายุ 14 63 70 77 84 91 และ 98 วันหลังปลูก แต่ความสูงจะแตกต่างกันทางสถิติ เมื่ออายุ 21 35 42 และ 56 วันหลังปลูก โดยปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 25 50 และ 75 กก./ไร่ ให้ความสูงข้าวโพดมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย นอกจากนี้ ชูเกียรติ พระดาเวช และคณะ (2560) รายงานว่า อัตราปุ๋ยและช่วงเวลาการใส่ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เช่นกัน

ค่าความเขียวของใบ หรือ SCMR ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้น ข้าวโพดที่อายุ 60 วัน หลังปลูก ซึ่งไม่สอดคล้องกับรายงานของ ทิวา พาโคกทม และคณะ (2564) ที่รายงานไว้ว่า เมื่อได้รับปุ๋ยอัตราต่างกันจะส่งผลให้ค่าความเขียวของใบแตกต่างกันทางสถิติ โดยการได้รับปุ๋ยทุกอัตราจะให้ค่าความเขียวของใบสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย นอกจากนี้ ชูเกียรติ พระดาเวช และคณะ (2560) รายงานว่า ค่าความเขียวของใบจะแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการใส่ปุ๋ยทุกอัตรา เมื่อเปรียบเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ย

อายุดอกตัวผู้บานนับจากวันที่ปลูกถึงวันที่อายุดอกตัวผู้บาน 50 เปอร์เซ็นต์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยอยู่ระหว่างอายุ 54.5-57.4 วัน และอายุวันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 ไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน โดยอยู่ระหว่าง 59.8-63.8 วัน ซึ่งแตกต่างจากการรายงานของ อุไรวรรณ ทองแกมแก้ว และคณะ (2561) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยที่ต่างกันส่งผลต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียว 4 สายพันธุ์ โดยพบว่า ถ้าไม่ให้ปุ๋ยใด ๆ จะส่งผลต่อการออกดอกช้า โดยเฉลี่ยที่ 47 วัน แต่หากให้ปุ๋ยเคมีส่งผลให้ออกดอกเร็วขึ้นคือเฉลี่ยอยู่ที่ 39 วัน ส่วนอายุวันออกไหม พบเช่นเดียวกันคือ การไม่ให้ปุ๋ยใด ๆ ส่งผลต่ออายุวันออกไหมช้าโดยเฉลี่ย 57 วัน ขณะที่การให้ปุ๋ยเคมีส่งผลให้อายุวันออกไหมเร็วคือเฉลี่ยอยู่ที่ 49 วัน อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า การไม่ใส่ปุ๋ยส่งผลให้อายุดอกตัวผู้บานและอายุออกไหมมีแนวโน้มล่าช้ามากกว่าการใส่ปุ๋ยทุกๆ ตำรับ

องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิต

จากการศึกษา พบว่า จำนวนแถวต่อฝักของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยอยู่ระหว่าง 6.5-12.0 แถว/ฝัก ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Li-xia et al. (2017) ได้ศึกษาลักษณะพิเศษของเมล็ดพันธุ์ในการปลูกระยะแรกของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนที่แตกต่างกัน โดยข้าวโพดจะมีจีโนไทป์ที่แตกต่างกันในประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (NUEs) โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวโพดที่มี NUE ต่างกัน เพื่อตรวจสอบความแตกต่างในการพัฒนาเมล็ดพันธุ์ที่มี NUE ต่างกัน ข้าวโพดพันธุ์ผสมสามสายพันธุ์ที่มี NUE ต่างกัน ปลูกในแปลงที่มีระดับปุ๋ยไนโตรเจนต่างกันในช่วงฤดูปลูก พบว่า การทดลองปลูกข้าวโพดพันธุ์ผสมสามสายพันธุ์ ภายใต้การให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกัน (N140 และ N210 ในปี 2013 ; N120 และ N240 ในปี 2014) ไม่ส่งผลให้จำนวนแถวต่อฝักแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 16.0-19.3 แถว/ฝัก

จากการศึกษานี้ น้ำหนักฝักแห้งรวมเปลือก และน้ำหนักฝักแห้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 อยู่ระหว่าง 28.18-71.62 และ 20.12-62.08 กรัม ตามลำดับ และน้ำหนักเมล็ดต่อฝัก อยู่ระหว่าง 19.00-41.01 กรัม ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ พงษ์ สิริขวัญ และคณะ (2560) ได้ศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า การใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าในอัตราต่าง ๆ มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก และน้ำหนักฝักเปลือกของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด และน้ำหนักเมล็ด คือ 2,465.57 2,021.49 และ 1,443.54 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และน้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักเปลือก และน้ำหนักเมล็ดต่อฝักของตำรับควบคุม (control) มีค่าต่ำที่สุด

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า น้ำหนักมวลชีวภาพ (total dry matter) ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 แตกต่างทางสถิติ โดยน้ำหนักมวลชีวภาพที่ ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 พร้อมปลูกอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ 15 วันหลังปลูก จะให้น้ำหนักมวลชีวภาพสูงที่สุด คือ 81.98 กรัม/ต้น ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Mohamed and Hassan (2011) ได้ศึกษาผลของรูปแบบไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยทำการทดลองในแปลงทดลองสองช่วงเวลาติดต่อกันในปี 2004-2005 และ ปี 2005-2006 ได้แก่ ยูเรีย nitrophoka (NPK) แอมโมเนียมซัลเฟตในเตตรา (ASN) และแอมโมเนียมซัลเฟต (AS) พบว่า รูปแบบของไนโตรเจนมีผลต่อค่าพารามิเตอร์การเจริญเติบโตทุกช่วงเวลา การใช้ไนโตรเจนรูปแบบ NPK และ ASN มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเทียบกับไนโตรเจนรูปแบบอื่น ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 13.30-15.70 ตันต่อเฮกตาร์ และผลการศึกษาที่น่าสังเกต คือ ไนโตรเจนในรูปแบบ ASN NPK และ AS มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับยูเรีย

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การใส่ปุ๋ยในอัตราที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ค่า SCMR ที่อายุ 60 วันหลังปลูก ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบที่อายุ 75 วันหลังปลูก น้ำหนักฝักแห้งรวมเปลือก น้ำหนักฝักแห้ง จำนวนเมล็ดต่อแถว น้ำหนักเมล็ดต่อฝัก และมวลชีวภาพแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 1 เมื่อให้ปุ๋ยกรรมวิธีที่ 5) คือให้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูก และอัตรา 8.3 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 30 และ 45 วันหลังปลูก ส่งผลให้ น้ำหนักฝักแห้งรวมเปลือก น้ำหนักฝักแห้ง จำนวนเมล็ดต่อแถว น้ำหนักเมล็ดต่อฝัก และมวลชีวภาพสูงที่สุด อย่างไรก็ตามการได้รับอัตราปุ๋ยที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อความสูง อายุวันออกใหม่ ค่า

SCMR ที่อายุ 30 45 และ 75 วันหลังปลูก ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ที่อายุ 30 45 และ 60 วันหลังปลูก ความสูง
ฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และจำนวนแถวต่อฝัก ควรมีการทดสอบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสภาพไร่ เพื่อยืนยันผล
การศึกษานี้ และควรปลูกในช่วงต้นฤดูฝนระหว่างปลายเดือนมีนาคมหรือต้นเดือนมิถุนายน ตามสภาพในแต่ละ
พื้นที่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความ
อนุเคราะห์สถานที่ทำการทดลอง และขอขอบคุณ นางสาวจิราภรณ์ กระแสเทพ ที่ให้ความอนุเคราะห์เรื่องการ
วิเคราะห์คุณสมบัติของดิน รวมถึงการอำนวยความสะดวกในเรื่องต่างๆตลอดการศึกษาวิจัย เพื่อให้งานสำเร็จ
ลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ชูเกียรติ พระดาเวช, ณัฐพล คงดี และวันวิสาข์ บันศักดิ์. (2560). ผลของระยะเวลาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการ
เจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพด. *การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 5* (น.110-118).
กรุงเทพฯ.
- ทิวา พาโคทอม, นรเศรษฐ์ พัฒน์ใหญ่, วิภาวี จ้อยแก้วพะเนา, มานิกา แยมสุข และนงภัทร ไชยชนะ. (2564).
อิทธิพลของอัตราปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและรากของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในไรโซทรอน.
วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ., 4(1), 29-39.
- ธีระพงษ์ พรหมสวัสดิ์, ชัยสิทธิ์ ทองจุ และจุฑามาศ ร่มแก้ว. (2553). ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมต่อการ
เจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพด เลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. *การประชุมวิชาการ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขต กำแพงแสน ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ* (น.43-53),
นครปฐม.
- นันทมน ธีระกุล. (2564). *การวิจัยเชิงระบบเพื่อการปฏิรูปและปรับโครงสร้างภาคการเกษตรไทย ระยะที่ 1 ระบบ
ย่อยรายสินค้า : ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์* [รายงานวิจัย]. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย
และนวัตกรรม, กรุงเทพฯ.
- พฤษ ศิริขวัญ, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, จุฑามาศ ร่มแก้ว และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. (2560). ผลของปุ๋ยไนโตรเจน
ปลดปล่อยช้าที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และ องค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. *วารสาร
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน*, 6(2), 13-16.
- พรนภา ขาวมาก, สุชัยญา เจริญเสียง, สุภาพร สุภีไธ และ อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน. (2561). การประเมินอัตรา
ปุ๋ยที่เหมาะสม ในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินตาคลี. *วารสารดินและปุ๋ย.*, 4(2), 39-48.
- สันติภาพ ปัญจพรรค. (2545). *เทคโนโลยีปุ๋ย. ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.*
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2559). *ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. วารสารพยากรณ์ผลผลิตทางการเกษตร.*

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2562). ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.
<https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/maize%20province%20dit%2062.pdf>
- สดใส ช่างสลัก ปวีณา ทองเหลือง สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์ รังสิต สุวรรณมรรคา และธำรงค์ศิลป์ โพธิ์สูง. (2555). ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดหวาน. ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ สถาบันอินทรีจันทร์สถิตย์ฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อุไรวรรณ ทองแกมแก้ว ไฉลา หวังเบญจมัตต์ สิราพัชร ภิรมย์พร วรรณดี ชูสวัสดิ์ และพงษ์ศักดิ์ ณ นคร. (2561). ผลของการใส่ปุ๋ยที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียว 4 สายพันธุ์. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์*, 5(2), 25-31.
- Bremner, J. M. (1965). Total nitrogen. In C.A. Black et al. (eds.) *Methods of soil analysis*, Part 2. *Agronomy* 9: 1149-1278. Am. Soc. Agron., Inc., Madison
- Doll, E. C. & Lucas, R. E. (1973). *Testing Soil for Potassium, Calcium, and Magnesium*. In L.M. Walsh & J.D. Beaton (eds.) *Soil Testing and Plant Analysis*. Revised Edition. Soil Sci. Soc. Of Amer. Inc., Madison.
- Jones, J. B. (2001). *Laboratory guide for conducting soil test and plant Analysis*. CRC Press.
- Li-xia, S., Yan-kai, H., & Ting, T. (2017). Top-grain filling characteristics at an early stage of maize (*Zea mays* L.) with different nitrogen use efficiencies. *Journal of Integrative Agriculture*, 6(3), 626-639.
- Mohamed, E. M. & Amin, H. (2011). Effect of different nitrogen sources on growth, yield and quality of fodder maize (*Zea mays* L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 10, 17-23.
- Moran, R. (1982). Formulae for determination of chlorophylls pigments extracted with N,N-dimethylformamide. *Plant Physiology*, 69, 1376-1381.
- Walkley, A., & Black, C. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci*, 37, 29-38.

ผลการทดแทนแป้งกล้วยน้ำว้าต่อคุณลักษณะและการยอมรับของคุกกี้สิงคโปร์

Effect of substitution wheat flour with banana flour on the Properties and Acceptance of Singapore Cookies

สุนันทา คะเนนอก*

สาขาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

*Corresponding author: E-mail: sununta.kanenok@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการทดแทนแป้งกล้วยน้ำว้าในผลิตภัณฑ์คุกกี้สิงคโปร์ และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค โดยนำแป้งกล้วยน้ำว้าไปทดแทนแป้งสาลีในสูตรพื้นฐาน แปรปริมาณการทดแทนเป็น 6 ระดับ คือ ร้อยละ 10 20 30 40 50 และ 60 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อนำคุกกี้สิงคโปร์ไปประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) พบว่า สูตรที่ใช้แป้งกล้วยน้ำว้าร้อยละ 30 ได้รับคะแนนประเมินด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงสุด นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับอยู่ในระดับชอบมาก มีคะแนนด้านลักษณะที่ปรากฏ 7.63 ± 0.90 สี 7.64 ± 0.80 กลิ่น 7.62 ± 0.84 รสชาติ 7.90 ± 0.79 เนื้อสัมผัส 7.82 ± 0.95 และความชอบรวม 7.95 ± 0.85 เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป INMUCAL Nutrient V.3 พบว่า สูตรทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าร้อยละ 30 มีพลังงาน 221.95 กิโลแคลอรี ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 27.95 กรัม ไขมัน 11.66 กรัม โปรตีน 2.30 กรัม แคลเซียม 6.81 มิลลิกรัม วิตามินเอ 90.79 ไมโครกรัม อาร์ อี และวิตามินซี 3.36 มิลลิกรัม สูงกว่าสูตรพื้นฐาน ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 97 และ ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 88

คำสำคัญ: แป้งกล้วยน้ำว้า; คุกกี้สิงคโปร์

Abstract

This research had performed to study the substitution of wheat flour by banana flour in the base formulation for Singapore cookies (51.28 % cake flour, 25.64 % shortening, 20.51 % icing sugar, 0.51% salt). The substitution of wheat flour by banana flour has been studied by varying into 6 levels at 10, 20, 30, 40, 50, and 60% by weight of whole flour, respectively. The produced Singapore cookies had tested for consumer acceptance using the sensory quality assessment test, 9-point Hedonic scale by Duncan's New Multiple Range Test (DMRT). The sensory results showed that wheat flour substituted by banana flour at 30% w/w had the highest overall consumer acceptability score. Furthermore, the test score gotten from 100 consumers showed 7.63 ± 0.90 for appearance, 7.64 ± 0.80 for color, 7.62 ± 0.84 for flavor, 7.90 ± 0.79 for taste, 7.82 ± 0.95 for texture and 7.95 ± 0.85 for

overall satisfaction. When analyzing the nutritional value by INMUCAL Nutrient V.3, 30% banana flour formulation contains a total of 221.95 Kcal including 27.95 g carbohydrate, 11.66 g fat, 2.30 g protein, 6.81 mg calcium. Using banana flour to replace some versatile flour in Singapore cookies provides 90.79 mcg. RAE Vitamin A and 3.36 mg Vitamin C which is higher than the control recipe. The consumer's acceptability test revealed that 97% of consumers accept, and 88 % decided to buy the product.

Keywords: Banana flour; Singapore Cookies

บทนำ

คุกกี้ลิ่งคโพร้จากแป้งกล้วยน้ำว้า เป็นขนมอบชิ้นเล็กๆ มีรสชาติหอม มัน เค็ม มีส่วนผสมของแป้งสาลี อเนกประสงค์ เนยถั่ว เนยขาว เกลือ น้ำตาลไอซิ่งและแป้งกล้วยน้ำว้า ผ่านกระบวนการที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10-15 นาที โดยนำกล้วยน้ำว้าดิบมาแปรรูปเป็นแป้ง เพื่อเป็นการถนอมอาหารและสามารถนำไปเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ แป้งกล้วยที่ผลิตโดยกรรมวิธีอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส สีของแป้งที่ได้จะไม่ขาว เนื่องจากไม่ได้ผ่านกระบวนการฟอกสี เมื่อนำไปเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จะมีสีค่อนข้างคล้ำ คุกกี้ลิ่งคโพร้เป็นคุกกี้ที่รสชาติไม่หวานมาก มีรสชาติเค็มเล็กน้อย ตัวคุกกี้จะกรอบร่วน เนื้อเบา กล้วยน้ำว้าดิบยังมีฤทธิ์ป้องกันเชื้อรา และแบคทีเรียอีกด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าจะมีกลิ่นเฉพาะตัว มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ตีรวมตัวกับน้ำได้ดีคือ เมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวใส เมื่อปล่อยให้เย็นจะเกิดลักษณะคล้ายฟูน เนื่องจากเป็นแป้งที่มีอะไมโลสสูงจึงทำให้มีคุณสมบัติพิเศษเหมาะที่จะนำมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบได้ดีบางชนิดของผลิตภัณฑ์สามารถทดแทนได้สูงถึงร้อยละ 50 (วสันต์ ศิริวงศ์, 2543) กล้วยน้ำว้าดิบมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วย น้ำ แป้ง โปรตีน ไขมัน เส้นใย วิตามิน เกลือ แร่ต่าง ๆ โดยมีปริมาณแป้ง แคลเซียม เหล็ก และโปแตสเซียม สูงกว่าแป้งหลายชนิด กล้วยดิบที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาผลิตแป้งจะต้องมีเปอร์เซ็นต์ความสุกอยู่ในช่วงร้อยละ 70-80 ถ้าใช้กล้วยดิบมากเกินไปจะมีปริมาณแทนนินสูง ซึ่งทำให้มีรสฝาด ในกรณีที่กล้วยสุกมากเกินไป ปริมาณน้ำตาลสูง จะมีผลต่อกระบวนการผลิตแป้ง และมีผลต่อกลิ่น รสชาติของผลิตภัณฑ์ แป้งกล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีความแก่มากขึ้น จะมีปริมาณโปรตีน แร่ และน้ำตาลทั้งหมดสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณเยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณลดลง และพบว่าสตาร์ชและอะไมโลสมีปริมาณสูงที่สุด โดยแป้งกล้วยประกอบด้วยสตาร์ชและอะไมโลส ประมาณ ร้อยละ 60-66 และ 21-23 ตามลำดับ จากการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ของแป้งกล้วย พบว่าเมื่อระยะเวลาแก่ของกล้วยมากขึ้น เม็ดแป้งมีขนาดใหญ่มากขึ้น ความคงทนต่อแรงเฉือน และความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water Absorption Index) มีแนวโน้มลดลง (สุดาทิพย์ ชื่นอินทร์, 2545) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการทำคุกกี้ลิ่งคโพร้จากแป้งกล้วยน้ำว้า และทำการศึกษารับขั้นตอนการผลิต และปริมาณการทดแทนที่เหมาะสม ซึ่งเป็นการนำกล้วยมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นการนำเอาผลผลิตทางการเกษตรมาแปรรูปให้เกิดมูลค่าที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังเป็นการสร้างทางเลือกใหม่ ให้กับผู้บริโภค จะได้คุกกี้ลิ่งคโพร้จากแป้งกล้วยที่มากด้วยคุณค่าทางโภชนาการ

(สุดาทิพย์ ชื่นอินทร์, 2545) มีเส้นใยและกากอาหารสูง อุดมด้วยวิตามิน บี 6 ที่ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน มีแมกนีเซียมและโพแทสเซียมที่ช่วยป้องกันโรคความดัน โปรตีนที่อยู่ในกล้วยมีกรดอะมิโนอาร์จินิน และฮีสติดีน แบ็งกล้วยมีอะไมโลสสูง ทำให้มีคุณสมบัติเฉพาะเหมาะที่จะนำมาประกอบอาหารปัจจุบัน รสชาติอร่อยและรับประทานเป็นอาหารว่างได้ มีลักษณะที่โดดเด่นเป็นเอกลักษณ์ของแบ็งกล้วยนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเกษตรกรผู้ปลูกกล้วยได้โดยเฉพาะในฤดูกาลที่ผลผลิตล้นตลาด เกษตรต้องประสบปัญหาราคากกล้วยตกต่ำโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคูกี้สังคโปรจากแบ็งกล้วยน้ำว่า เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์คูกี้สังคโปรจากแบ็งกล้วยน้ำว่า และเพื่อประเมินคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์คูกี้สังคโปรจากแบ็งกล้วยน้ำว่า

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

วิธีการวิจัย

1. การคัดเลือกสูตรคูกี้สังคโปรเพื่อเป็นสูตรพื้นฐาน

นำสูตรคูกี้สังคโปร 3 สูตร ดังตารางที่ 1 มาผลิตเป็นคูกี้สังคโปร ให้ผู้ทดสอบชิม คือ ผู้เชี่ยวชาญและนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จำนวน 50 คน โดยประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale (1 คะแนน คือ ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนน คือ ชอบมากที่สุด) โดยสูตรที่มีคะแนนการประเมินความชอบสูงสุด จะใช้เป็นสูตรพื้นฐานสำหรับการศึกษาการทดแทนสาธิตด้วยแบ็งกล้วยน้ำว่าต่อไป

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณส่วนผสมในการผลิตคูกี้สังคโปรเพื่อคัดเลือกสูตรพื้นฐาน

ส่วนประกอบ (กรัม)	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
แป้งอเนกประสงค์	500	190	500
เนยสดชนิดเค็ม	130	4	-
เนยขาว	130	75	250
ผงฟู	10	10	-
น้ำตาลไอซิ่ง	150	1.3	200
เม็ดมะม่วงหิมพาน์อบ	50	-	-
ไข่ไก่	50	25	-
เกลือป่น	5	0.5	5
เนยถั่ว	-	-	15
น้ำมันพืช	15	-	-
งาขาวคั่ว	-	30	-
งาดำคั่ว	-	30	-

ที่มา : เสมอพร สังกวาลี (2558) , วิลินี คณาวิวัฒน์ (2550) , อภิสิตธิ ประสงค์สุข (2554)

2. การพัฒนาคุกกี้สังคโปร์จากแป้งกล้วยน้ำว่า

2.1 การผลิตแป้งกล้วยน้ำว่า ผู้วิจัยได้มีการเตรียมแป้งกล้วยน้ำว่าตามวิธีการของ วสันต์ ศิริวงศ์ (2543) โดยนำกล้วยน้ำว่าดิบมาปอกเปลือกสไลด์แว่นหนา 1 มิลลิเมตร แล้วจึงนำกล้วยที่สไลด์แล้วนำไปทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำไปบดให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 150 μm และบรรจุในถุงพลาสติกสุญญากาศเก็บในที่แห้งเพื่อใช้ในการผลิตคุกกี้สังคโปร์

2.2 การผลิตคุกกี้สังคโปร์จากแป้งกล้วยน้ำว่าคุกกี้สังคโปร์ที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุดคัดเลือกเป็นสูตรพื้นฐานแล้วนั้น นำมาพัฒนาเป็นคุกกี้สังคโปร์จากแป้งกล้วยน้ำว่า ซึ่งนำแป้งกล้วยน้ำว่ามาทดแทนแป้งสาลีในสูตรพื้นฐานในปริมาณ ร้อยละ 10 20 30 40 และ 50 ของน้ำหนักแป้ง เมื่อนำคุกกี้สังคโปร์ไปประเมินทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน

2.3 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคโปร์จากแป้งกล้วยน้ำว่า ผู้วิจัยได้นำคุกกี้สังคโปร์จากแป้งกล้วยน้ำว่าสูตรที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับสูงสุด ไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อผู้บริโภคได้ทำการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคและข้อมูลทั่วไป จำนวน 100 คน โดยใช้แบบสอบถาม

2.4 การศึกษาการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคโปร์สูตรพื้นฐานเปรียบเทียบกับสูตรทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว่าที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับสูงสุด โดยวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป INMUCAL Nutrient V.3

3. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (one-Way ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป แสดงผลในรูปของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. ผลการคัดเลือกสูตรคุกกี้สังคโปร์สูตรพื้นฐาน

ผลการคัดเลือกสูตรพื้นฐานมา 3 สูตร และทำการผลิตในแต่ละตำรับจากนั้นนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะที่ปรากฏด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม จากผู้เชี่ยวชาญและนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาจำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9 Point Hedonic Scale ดังนี้

จากผลการทดลอง พบว่า ผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคโปร์ทั้ง 3 สูตรมีผลทำให้คะแนนเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสูตรพื้นฐานที่ 3 มีค่าคะแนนเฉลี่ยทุกคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงที่สุดมีคะแนนเท่ากับ 8.05 ± 0.75 , 7.95 ± 0.90 , 7.80 ± 0.97 , 7.92 ± 0.94 , 7.95 ± 0.93 และ 8.13 ± 0.82 ตามลำดับ อยู่ในระดับความชอบมากถึงชอบมากที่สุด ผู้วิจัยจึงพิจารณาเลือกสูตรที่ 3 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงสุดทุกด้านคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส และนำมาพัฒนาคุกกี้สังคโปร์แป้งกล้วยน้ำว่า

2. ผลการประเมินคุณภาพประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคโปร์แบ่งกล้วยน้ำว่า

ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคโปร์ทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว่า (ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 ค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคโปร์เพื่อคัดเลือกสูตรพื้นฐาน

สูตรพื้นฐาน	ค่าคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส					ความชอบโดยรวม
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส	
1	7.98±1.02 ^a	7.75±1.03 ^b	7.62±1.01	7.55±1.06	7.67±0.94 ^{ab}	7.87±1.00 ^{ab}
2	7.40±0.84 ^b	7.38±0.81 ^b	7.68±0.83	7.58±0.98	7.30±0.97 ^b	7.53±0.88 ^b
3	8.05±0.75 ^a	7.95±0.90 ^a	7.80±0.97	7.92±0.94	7.95±0.93 ^a	8.13±0.82 ^a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษร a, b ที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 3 คะแนนเฉลี่ยลักษณะด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคโปร์

ปริมาณแป้งกล้วยน้ำว่า (ร้อยละ)	ค่าคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส					ความชอบโดยรวม
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	
0	7.12±0.88 ^c	7.05±0.85 ^c	7.20±0.76 ^{bc}	7.07±0.76 ^c	7.23±0.88 ^c	7.18±0.78 ^c
10	7.47±0.88 ^{bc}	7.60±0.84 ^b	7.40±0.81 ^b	7.35±0.66 ^{bc}	7.30±0.76 ^c	7.40±0.74 ^{bc}
20	7.63±0.71 ^b	7.58±1.11 ^b	7.50±0.79 ^b	7.63±0.84 ^b	7.63±0.84 ^b	7.65±0.78 ^b
30	8.15±0.92 ^a	8.08±0.86 ^a	8.08±0.80 ^a	8.30±0.94 ^a	8.25±0.78 ^a	8.50±0.88 ^a
40	7.18±0.87 ^c	6.93±0.80 ^c	6.08±0.80 ^c	7.17±0.79 ^c	7.20±0.88 ^c	7.15±0.77 ^c
50	7.13±0.79 ^c	7.25±0.84 ^c	7.13±0.82 ^{bc}	7.18±0.90 ^c	7.10±0.87 ^c	7.27±0.88 ^c

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
: อักษร a , b และ c ที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

การยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสด้านลักษณะที่ปรากฏ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะที่ปรากฏมากที่สุด คือ สูตรที่มีแป้งกล้วยร้อยละ

30 อยู่ในระดับชอบมากที่สุด เนื่องจากลักษณะที่ปรากฏของคูกี้ลิ่งคโพรที่ทดแทนแป้งกล้วยน้ำว้าร้อยละ 30 นั้น มีลักษณะร่วนกรอบพอเหมาะสม มีกากใยจากแป้งกล้วยน้ำว้าแปรผันตามระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้น ทำให้คูกี้ลิ่งคโพรสีน้ำตาลอ่อนๆ อีกทั้งลักษณะที่ปรากฏของคูกี้ลิ่งคโพรจะสังเกตเห็นได้ง่ายขึ้นเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งกล้วยน้ำว้า พบว่า ลักษณะที่ปรากฏของคูกี้ลิ่งคโพรสูตรพื้นฐาน สังเกตเห็นสีน้ำตาลที่ชัดเจน

การยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยด้านสีมากที่สุด คือ สูตรที่มีแป้งกล้วยร้อยละ 30 อยู่ในระดับชอบมากที่สุด เนื่องจากสีของคูกี้ลิ่งคโพรนั้นมีสีน้ำตาลอ่อนๆ มีกากใยแป้งกล้วยน้ำว้า จากการสังเกตเห็นคูกี้ลิ่งคโพรของแต่ละสีเห็นได้อย่างชัดเจนของแต่ละสูตรแปรผันตามระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้น ทำให้คูกี้ลิ่งคโพรมีสีน้ำตาลเข้มอ่อนได้สวยงามกว่าสูตรอื่น เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน พบว่า สีของคูกี้ลิ่งคโพรสังเกตเห็นที่ชัดเจนได้สีจากการทดแทนแป้งกล้วยน้ำว้า

การยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่น พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นมากที่สุด คือสูตรที่มีแป้งกล้วยร้อยละ 30 อยู่ในระดับชอบมากที่สุด เนื่องจากกลิ่นของคูกี้ลิ่งคโพรที่ทดแทนแป้งกล้วยน้ำว้าร้อยละ 30 นั้น ไม่มีกลิ่นแป้งกล้วยน้ำว้า

การยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสด้านรสชาติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติมากที่สุด คือสูตรที่มีแป้งกล้วยร้อยละ 30 อยู่ในระดับชอบมากที่สุด เนื่องจากรสชาติของคูกี้ลิ่งคโพรที่ทดแทนแป้งกล้วยน้ำว้าร้อยละ 30 นั้นมีรสชาติหวานน้อยกว่าสูตรมาตรฐานพอประมาณจากแป้งกล้วยน้ำว้า มีกากใยจากแป้งกล้วยน้ำว้าแปรผันตามระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้น ทำให้คูกี้ลิ่งคโพรมีรสชาติลงตัว เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน พบว่า รสชาติหวานจากน้ำตาลเพียงอย่างเดียว

การยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ผลิตภณท์คูกี้ลิ่งคโพรที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ค่าคะแนนเฉลี่ยทางด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการทดแทนปริมาณแป้งกล้วยน้ำว้าร้อยละ 30 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุด การทดแทนแป้งกล้วยน้ำว้าที่เพิ่มขึ้นนั้นมีผลต่อการยอมรับของผู้ทดสอบชิมเนื่องจากทดแทนแป้งกล้วยน้ำว้าปริมาณขึ้นในผู้ทดสอบรู้สึกว่ามีตัวผลิตภณท์คูกี้ลิ่งคโพรเนื้อสัมผัสมากเกินไป

การยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม พบว่า ผลิตภณท์คูกี้ลิ่งคโพรที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ค่าคะแนนเฉลี่ยทางด้านความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 3) โดยการทดแทนแป้งกล้วยน้ำว้าที่ร้อยละ 30 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุด การทดแทนแป้งกล้วยน้ำว้าในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการยอมรับของผู้ทดสอบชิมเนื่องจากมีความหอมและกรอบร่วน ความหวานพอเหมาะมากกว่าระดับการทดแทนอื่นๆ

จากผลการประเมินทางคุณภาพทางประสาทสัมผัสข้างต้น ประกอบกับการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เช่น ลักษณะของแป้งคูกี้ลิ่งคโพรในขั้นตอนการผลิต ก่อนอบ ไม่เหนียวติดมือจนเกินไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงพิจารณาเลือกผลิตภณท์คูกี้ลิ่งคโพรที่ทดแทนแป้งกล้วยน้ำว้าที่มีส่วนผสมปริมาณแป้งกล้วยน้ำว้าร้อยละ 30 เนื่องจากมีคะแนนค่าเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสทุกคุณลักษณะมากที่สุด

3. ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคิปรีแบ็งกั้วยน้ำว่า

ผลการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคิปรีทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว่าร้อยละ 30 จากผู้บริโภคจำนวน 100 คน ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ส่วนกรอบ) และความชอบโดยรวม (ตารางที่ 4) และการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคิปรีแบ็งกั้วยน้ำว่า (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 คะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคิปรีแบ็งกั้วยน้ำว่า

คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส	คะแนนเฉลี่ย	ระดับความชอบ
ลักษณะที่ปรากฏ	7.63±0.90	ชอบมาก
สี	7.64±0.80	ชอบมาก
กลิ่น	7.62±0.84	ชอบมาก
รสชาติ	7.90±0.79	ชอบมาก
เนื้อสัมผัส (ส่วนกรอบ)	7.82±0.95	ชอบมาก
ความชอบโดยรวม	7.95±0.85	ชอบมาก

การประเมินความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคิปรีแบ็งกั้วยน้ำว่าของผู้บริโภคอยู่ในระดับความชอบมาก โดยค่าคะแนนเฉลี่ยในด้านลักษณะที่ปรากฏ ผู้บริโภคให้การยอมรับอยู่ในระดับความชอบมาก มีค่าคะแนนเท่ากับ 7.63±0.90 ด้านสีอยู่ในระดับความชอบมาก มีค่าคะแนนเท่ากับ 7.64±0.80 ด้านกลิ่นอยู่ในระดับความชอบมาก มีค่าคะแนนเท่ากับ 7.62±0.84 ด้านรสชาติอยู่ในระดับความชอบมาก มีค่าคะแนนเท่ากับ 7.90±0.79 ด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในระดับความชอบมาก มีค่าคะแนนเท่ากับ 7.82±0.95 และด้านความชอบโดยรวมอยู่ในระดับความชอบมาก มีค่าคะแนนเท่ากับ 7.95±0.85 ตามลำดับ

ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคิปรีทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว่า พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคิปรีทดแทนแป้งกล้วยน้ำว่า คิดเป็นร้อยละ 91 ผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์อื่นที่ทำจากแป้งกล้วยน้ำว่า คิดเป็นร้อยละ 86 และมีผู้บริโภคเพียงบางส่วนเท่านั้นที่เคยรับประทานแป้งกล้วย คิดเป็นร้อยละ 14

สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับคุณค่าโภชนาการหรือประโยชน์จากแป้งกล้วยนั้นมีความใกล้เคียงกัน กล่าวคือมีผู้บริโภคทราบเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ของแป้งกล้วยน้ำว่า คิดเป็นร้อยละ 46 มีผู้บริโภคที่ไม่เคยทราบเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ของแป้งกล้วยน้ำว่า คิดเป็นร้อยละ 54

ตารางที่ 5 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคิปรีตแทนแป้งกล้วยน้ำว่า

n = 100

ข้อมูลความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคิปรีตแทนแป้งกล้วยน้ำว่า	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. การบริโภคผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคิปรีตแทนแป้งกล้วยน้ำว่า		
เคย	9	9.0
ไม่เคย	91	91.0
2. การบริโภคผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นที่เป็นส่วนแป้งกล้วยน้ำว่า		
เคย	14	14.0
ไม่เคย	86	86.0
ข้อมูลความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคิปรีตแทนแป้งกล้วยน้ำว่า	จำนวน (คน)	ร้อยละ
3. การรับรู้แป้งกล้วยน้ำว่ามีคุณค่าทางโภชนาการและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ		
เคย	46	46.0
ไม่เคย	54	54.0
4. การยอมรับผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคิปรีตแทนแป้งกล้วยน้ำว่า		
ยอมรับ	97	97.0
ไม่ยอมรับ	3	3.0
5. การเลือกซื้อผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคิปรีตแทนแป้งกล้วยน้ำว่า		
ซื้อ	88	88.0
ไม่ซื้อ	22	22.0

อย่างไรก็ตามจากการสอบถามเกี่ยวกับการยอมรับที่มีต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคิปรีตแทนแป้งกล้วยน้ำว่า พบว่า มีผู้บริโภคส่วนใหญ่ยอมรับผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 97 และมีเพียงที่ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคิปรีตแทนแป้งกล้วยน้ำว่า คิดเป็นร้อยละ 3 เหตุผลเพราะไม่ชอบรับประทานกล้วย และไม่ชอบผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ หากมีผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคิปรีตแทนแป้งกล้วยน้ำว่าวางจำหน่ายจะเลือกซื้อ คิดเป็นร้อยละ 88 และไม่ซื้อ คิดเป็นร้อยละ 22

4. ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคิปรีตแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว่า (ต่อหน้าหนัก 100 กรัม)

การศึกษาค่าทางโภชนาการผลิตภัณฑ์คุกกี้สังคิปรีตารับพื้นฐานเปรียบเทียบกับสูตรทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว่า ร้อยละ 30 โดยวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการด้วยโปรแกรม สำเร็จรูป INMUCAL Nutrient V.3 (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 การประเมินคุณค่าโภชนาการของผลิตภัณฑ์คุกกี้ลิ่งคโพร้สูตรพื้นฐานเปรียบเทียบกับ
สูตรทดแทนด้วยแป้งกล้วยน้ำว้า ร้อยละ 30 (ต่อน้ำหนัก 100 กรัม)

คุณค่าทางโภชนาการ	คุกกี้ลิ่งคโพร้สูตรพื้นฐาน	คุกกี้ลิ่งคโพร้ทดแทนแป้งกล้วยน้ำว้า
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	238.53	221.95
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	30.17	27.28
ไขมัน (กรัม)	11.71	11.66
โปรตีน (กรัม)	2.95	2.30
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	7.12	6.30
วิตามินเอ (ไมโครกรัม อาร์ อี)	88.27	90.79
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	0	3.36

ที่มา : INMUCAL Nutrient V.3

สูตรพื้นฐานมีพลังงาน 238.53 กิโลแคลอรี ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 30.17 กรัม ไขมัน 11.71 กรัม โปรตีน 2.95 กรัม แคลเซียม 7.12 มิลลิกรัม วิตามินเอ 88.27 ไมโครกรัม อาร์ อี และวิตามินซี 0 มิลลิกรัม สูตรทดแทนร้อยละ 30 ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดมีพลังงาน 221.95 กิโลแคลอรี ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 27.95 กรัม ไขมัน 11.66 กรัม โปรตีน 2.30 กรัม แคลเซียม 6.81 มิลลิกรัม วิตามินเอ 90.79 ไมโครกรัม อาร์ อี และวิตามินซี 3.36 มิลลิกรัม สูงกว่าสูตรมาตรฐาน เนื่องจากในแป้งกล้วยน้ำว้ามีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าแป้งหลายชนิด มีเส้นใยและกากอาหารสูง อุดมด้วยวิตามิน บี 6 ที่ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน มีแมกนีเซียม และโพแทสเซียมที่ช่วยป้องกันโรคความดัน โปรตีนที่อยู่ในกล้วยมีกรดอะมิโนอาร์จินิน และฮีสติดีน แป้งกล้วยมีอะไมโลสสูงทำให้มีคุณสมบัติเฉพาะเหมาะที่จะนำมาประกอบอาหารปัจจุบัน

สรุปผลและเสนอแนะ

สรุป

1. คัดเลือกตำรับพื้นฐานคุกกี้ลิ่งคโพร้ พบว่าการพัฒนาตำรับพื้นฐานของคุกกี้ลิ่งคโพร้ พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์คุกกี้ลิ่งคโพร้สูตรที่ 3 ของ อภิสัทธี ประสงค์สุข (2554) สูงที่สุด มีส่วนประกอบ คือ แป้งสาลีเนกประสงค์ 250 กรัม เนยขาว 125 กรัม น้ำตาลไอซิ่ง 100 กรัม เนยถั่ว 10 กรัม เกลือป่น 3 กรัม โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยทางด้านทางด้านประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม อยู่ในระดับความชอบมากที่สุด เนื่องจากลักษณะที่ปรากฏมีความกรอบร่วน รสชาติหวานเล็กน้อย และมีเนื้อสัมผัสที่กรอบร่วน ซึ่งเหมาะสมเพื่อใช้เป็นตำรับพื้นฐานการพัฒนาการใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนสาลีเนกประสงค์บางส่วนในผลิตภัณฑ์คุกกี้ลิ่งคโพร้

2. การศึกษาปริมาณแป้งกล้วยน้ำว้าที่เหมาะสมต่อการทดแทนในผลิตภัณฑ์คุกกี้ลิ่งคโพร้ พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์คุกกี้ลิ่งคโพร้ทดแทนแป้งกล้วยน้ำว้าร้อยละ 30 สูงที่สุดโดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัส ด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม อยู่ในระดับชอบมากที่สุด เนื่องจากเนื้อสัมผัสของคุกกี้ลิ่งคโพร้ที่ทดแทนแป้งกล้วยน้ำว้า นั้นมีเนื้อสัมผัสกรอบร่วน ความ

หวานเล็กน้อย เพราะได้มีการทดแทนแป้งกล้วยน้ำว่าจึงทำให้มีกลิ่นของกล้วยน้ำว่า ซึ่งระดับการทดแทนแป้ง
สาาลีเพียง ร้อยละ 30 นั้น ไม่ทำให้ลักษณะของคุกกี้เสื่อมเสียไป อีกทั้งยังมีลักษณะของเนื้อสัมผัสที่ดี คือ เนื้อ
เกาะตัวและร่วน เมื่อรับประทาน ไม่แข็งจนเกินไป

3. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์คุกกี้
สังคิปร์ทดแทนแป้งกล้วยน้ำว่าระดับความชอบปานกลาง ผู้บริโภคร้อยละ 97 ยอมรับในผลิตภัณฑ์ และ
ผู้บริโภค ร้อยละ 88 ระบุจะซื้อผลิตภัณฑ์หากมีวางจำหน่าย

4. คุณค่าทางโภชนาการของ เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการด้วย INMUCAL Nutrient V.3 พบว่า
สูตรตำรับพื้นฐานมีพลังงาน 238.53 กิโลแคลอรี ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 30.17 กรัม ไขมัน 11.71 กรัม
โปรตีน 2.95 กรัม แคลเซียม 7.12 มิลลิกรัม วิตามินเอ 88.27 ไมโครกรัม อาร์ ซี และวิตามินซี 0 มิลลิกรัม สูตร
ทดแทนร้อยละ 30 ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด มีพลังงาน 221.95 กิโลแคลอรี ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต
27.95 กรัม ไขมัน 11.66 กรัม โปรตีน 2.30 กรัม แคลเซียม 6.81 มิลลิกรัม วิตามินเอ 90.79 ไมโครกรัม อาร์ ซี
และวิตามินซี 3.36 มิลลิกรัม สูงกว่าสูตรพื้นฐาน

ข้อเสนอแนะ

1. ในการทำวิจัย ควรศึกษากล้วยน้ำว่าที่ดิบ ที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นแป้งกล้วยน้ำว่าได้ ควรเลือกใช้
กล้วยดิบที่มีความดิบปริมาณร้อยละ 70-80 หรือแก็ไม่สุจนเกินไป แต่ต้องเป็นกล้วยน้ำว่าที่ไม่มีเมล็ด
ควรใช้ กล้วยน้ำว่าหรือกล้วยต่างๆ ส่วนมากจะหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป

2. แป้งกล้วยน้ำว่าสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในขนมไทยหรือขนมอบชนิดต่างๆ ได้เพื่อเป็นการ
พัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายเพิ่มขึ้น เช่น ขนมเค้กต่างๆ ข้าวเกรียบแป้งกล้วย ขนมดอกจอก บั้วลอย
และคุกกี้เนยสด เป็นต้น

3. ในการทำวิจัยครั้งหน้าควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และคุณภาพ เพื่อใช้ป่ง
บอกระยะเวลาการเก็บรักษาและการกำหนดวันหมดอายุของตัวผลิตภัณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ให้การสนับสนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ณนนท์ แดงสังวาล, นื่องนุช ศิริวงศ์ และศิริพร เรียบร้อย. (2554). การใช้แป้งกล้วยน้ำว่าทดแทนแป้งสาาลีใน
บรวานี้. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาส่งเสริมการเกษตร
และคหกรรมศาสตร์ (น. 66-73). กรุงเทพฯ.

วสันต์ ศิริวงศ์. (2543). สมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชที่สกัดได้จากกล้วยไทยบางชนิด [วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิสินี คณาวิวัฒน์. (2550). คุกกี้เพื่อสุขภาพ. สำนักพิมพ์ เอ็มไอเอส.

เสมอพร สังวาลี. (2558). จานอร่อย ขนมอบ. สำนักอมรินทร์.

- สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น. (2545). การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย. [วิทยานิพนธ์ ปริญญา
มหาบัณฑิต]. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- อภิสิทธิ์ ประสงค์สุข. (2554). เบเกอรี่พื้นฐานเบื้องต้น. สำนักพิมพ์แม่บ้าน.
- อบเชย วงศ์ทอง. (2556). หลักการประกอบอาหาร (พิมพ์ครั้งที่ 4). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์.

การศึกษาอิทธิพลของกรดซาลิไซลิกและสารจิบเบอเรลลินต่อการงอกของเมล็ดถั่วพู

Effect of salicylic acid and gibberellin on germination of winged bean

ศุภสุดา การุจิ^{1*} พัทธ์พงษ์ บ่อมปราณี² จารุพงศ์ บัวศรี³

สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม^{1,2,3}

*Corresponding author: E-mail : Supasuta@npru.ac.th

บทคัดย่อ

ถั่วพูเป็นพืชเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมในการบริโภคเนื่องจากถั่วพูเป็นผักที่มีประโยชน์มากสามารถช่วยป้องกันและลดการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งได้ ในการปลูกถั่วพุนิยมใช้เมล็ด เนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่าย แต่มักประสบปัญหาเมล็ดถั่วพูมีการงอกที่ไม่สม่ำเสมอและเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำ เนื่องจากเมล็ดถั่วพูมีเปลือกหุ้มเมล็ดที่แข็งและหนา จึงทำให้ความสามารถในการดูดน้ำลดน้อยลง ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของกรดซาลิไซลิกและสารจิบเบอเรลลินต่อการกระตุ้นการงอกของเมล็ดถั่วพู โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) โดยใช้สาร 2 ชนิด ได้แก่ กรดซาลิไซลิกและสารจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้น 5 ระดับ คือ ควบคุม (ไม่เติมสาร) 250 500 750 และ 1,000 ppm พบว่าเมล็ดถั่วพูที่แช่ในกรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้น 750 ppm ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การงอก และดัชนีการงอกดีที่สุดคือ 60 เปอร์เซ็นต์ และ 1.49 ต้นต่อวัน ตามลำดับ และพบว่าเมล็ดถั่วพูที่แช่ในสารจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การงอกที่สูงคือ 46.67 เปอร์เซ็นต์ และมีการเจริญเติบโตของรากและอัตราการเจริญเติบโตของรากสูงสุด คือ 3.02 เซนติเมตร และ 0.1683 กรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ : ถั่วพู; กรดซาลิไซลิก; จิบเบอเรลลิน; กระตุ้นการงอก

Abstract

Winged bean is economical plant that well-known for consuming because of its properties can prevent and decrease division of the cancer cell. Propagating winged bean commonly use the seeds but their hard seed coat can't allow water imbibing to the seed cause ununiform and late germination. This study aims to know the appropriate concentration of salicylic acid and gibberellin on the germination of winged bean. The experiment was designed by Completely Randomized Design (CRD) and divided into 5 treatments of salicylic acid and gibberellin concentration at control, 250, 500, 750, 1,000 ppm, respectively. The results showed that salicylic acid at 750 ppm provided best germination and germination index at 60% and 1.49 seedlings/day, respectively. For gibberellin at 250 ppm showed 46.67% of germination and promoted root development 3.02 cm and showed 0.1683 g of root absolute growth rate.

Keywords: Winged bean; salicylic acid; gibberellin; germination

บทนำ

ถั่วพู (winged bean) จัดเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีคุณประโยชน์มากมายหลากหลายชนิด เช่น ใช้ปรับปรุงคุณภาพของดินเนื่องจากมีไรโซเบียมอาศัยอยู่บริเวณรากซึ่งเป็นข้อดีของพืชตระกูลถั่วทำให้สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศแล้วเก็บสะสมไว้ในดินเพื่อใช้เป็นธาตุอาหารสำหรับพืชในรูปของไนโตรเจน อีกทั้งยังใช้บริโภคเป็นอาหารของมนุษย์ ซึ่งถั่วพูสามารถบริโภคได้เกือบทุกส่วน ยกเว้นลำต้น และที่สำคัญคือส่วนของเมล็ดแก่ พบว่ามีโปรตีนสูงใกล้เคียงกับถั่วเหลือง ทั้งยังมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดต่าง ๆ สำหรับการปลูกถั่วพูด้วยเมล็ดนั้นมักประสบปัญหาเมล็ดงอกไม่สม่ำเสมอและมีการงอกของเมล็ดที่ช้ามาก เนื่องจากเมล็ดถั่วพูมีเปลือกหุ้มเมล็ดที่แข็งและหนาจึงทำให้เมล็ดถั่วพูมีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ต่ำ (ภัทรพร ภัคศิฉนวน และฉลอง เกิดศร, 2556)

การที่เมล็ดพืชมีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ต่ำหรือเมล็ดที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดที่แข็งและหนานั้นสามารถที่จะใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดเพื่อช่วยในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดได้ เช่น กรดซาลิไซลิก และ จิบเบอเรลลิน เป็นต้น กรดซาลิไซลิก (salicylic acid) เป็นฮอร์โมนพืชที่สังเคราะห์มาจากกรดอะมิโนฟีนิลอะลานิน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังมีผลในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ (ชนิกานุญณ์ จันทรมาทอง, 2560) ทั้งนี้กรดซาลิไซลิกมีผลต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาที่ใช้ในการแช่กรดซาลิไซลิก สำหรับการใช้ในเมล็ดพันธุ์พืชชนิดต่าง ๆ เช่น การแช่เมล็ดพริกขี้หนูในกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 800 ไมโครโมลาร์ นาน 48 ชั่วโมง ก่อนนำไปเพาะ สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอก และลดระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพริกขี้หนูได้ดีที่สุด (ชนิกานุญณ์ จันทรมาทอง, 2560) สำหรับสารจิบเบอเรลลินนั้นมีผลในการช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดได้ โดยจิบเบอเรลลินจะไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส และเอนไซม์ไฮโดรไลซิส ซึ่งเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดนี้มีความจำเป็นในกระบวนการสลายอาหารสะสมภายในเมล็ดและช่วยกระตุ้นการงอกได้ ทั้งนี้ได้มีการนำสารจิบเบอเรลลินไปใช้ประโยชน์ในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดฝักหวานป่า โดยนำเมล็ดระยะสุกแก่มาแช่ในสารละลายจิบเบอเรลลินที่ความเข้มข้น 250 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือ การไม่แช่และการแช่เมล็ดในน้ำ ระยะเวลาในการแช่เมล็ด 12 ชั่วโมง ผลการทดลอง พบว่าการแช่เมล็ดฝักหวานป่าในสารละลายจิบเบอเรลลินที่ความเข้มข้น 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยส่งเสริมให้เมล็ดฝักหวานป่ามีการงอกรากที่ดีที่สุดที่ คือ 87.5 และ 90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (พรแก้ว อานาคัดดี และ ประนอม ยิ่งคำมัน, 2560)

สำหรับการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดถั่วพูนั้นยังไม่มีข้อมูล ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้คือ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของกรดซาลิไซลิกและสารจิบเบอเรลลินต่อการงอกของเมล็ดถั่วพู และศึกษาระดับความเข้มข้นของกรดซาลิไซลิกและสารจิบเบอเรลลินที่มีผลต่อการกระตุ้นการงอกของเมล็ดถั่วพู

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

อุปกรณ์

1. เมล็ดถั่วพุดตราสามแฉ เป็นชื่อการค้าของบริษัท ฉั่วย่งเซ่งพันธุ์พีช จำกัด
2. ถังกรองพลาสติกเพาะเมล็ด
3. กะละมัง
4. ทRAY
5. สารจับใบเรลลินความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (เกรดการค้า)
6. กรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (เกรดวิเคราะห์)
7. โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (ชื่อการค้าไฮเตอร์)
8. กระจกบดวงขนาด 1,000 มิลลิเมตร

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของสารละลาย 2 ชนิดได้แก่ กรดซาลิไซลิกและสารจับใบเรลลินต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วพุด

1. ผลของกรดซาลิไซลิกต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วพุด

1.1 เตรียมสารละลายกรดซาลิไซลิกให้มีความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ โดยการชั่งกรดซาลิไซลิก 1 กรัม ละลายในน้ำและปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิตร จากนั้นนำมาเตรียมสารให้ได้ในระดับความเข้มข้น 250 500 750 และ 1,000 ppm

1.2 คัดเลือกเมล็ดถั่วพุดที่มีความสมบูรณ์ และขนาดเท่า ๆ กัน จากนั้นนำเมล็ดถั่วพุดไปแช่ในกรดซาลิไซลิก ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ที่เตรียมไว้และเปรียบเทียบกับการแช่ด้วยน้ำเปล่า (ควบคุม) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

1.3 จากนั้นเพาะเมล็ดถั่วพุดจากการแช่ด้วยน้ำและสารละลายซาลิไซลิก ด้วยวิธี Sand Culture จำนวน 3 ซ้ำต่อกรรมวิธี แต่ละซ้ำทำการเพาะเมล็ดจำนวน 25 เมล็ด ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นทำการพ่นน้ำ และเขียนป้ายชื่อพร้อมวันที่เพาะ

2. ผลของสารจับใบเรลลินต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วพุด

2.1 เตรียมสารละลายจับใบเรลลินจากสารละลายที่มีความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำมาเตรียมสารให้ได้ในระดับความเข้มข้น 250 500 750 และ 1,000 ppm

2.2 คัดเลือกเมล็ดถั่วพุดที่มีความสมบูรณ์ และขนาดที่เท่ากัน จากนั้นนำเมล็ดถั่วพุดไปแช่ในสารจับใบเรลลินในระดับความเข้มข้นต่างๆ ที่เตรียมไว้ เปรียบเทียบกับการแช่ด้วยน้ำเปล่า (ควบคุม) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

2.3 จากนั้นเพาะเมล็ดถั่วพุดจากการแช่ด้วยน้ำและสารละลายจับใบเรลลิน ด้วยวิธี Sand Culture จำนวน 3 ซ้ำต่อกรรมวิธี แต่ละซ้ำทำการเพาะเมล็ดจำนวน 25 เมล็ด ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นทำการพ่นน้ำ และเขียนป้ายชื่อพร้อมวันที่เพาะ

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ประกอบด้วย 5 ทรีทเมนต์ คือ การศึกษาผลของกรดซาลิไซลิกต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วพุดำทำการแช่เมล็ดพันธุ์ถั่วพุดำในน้ำเปล่า (ควบคุม) และกรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้น 250 500 750 และ 1,000 ppm นาน 3 ชั่วโมง และศึกษาผลของสารละลายจิบเบอเรลลินต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วพุดำทำการแช่เมล็ดพันธุ์ถั่วพุดำในน้ำเปล่า (ควบคุม) และสารจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้น 250 500 750 และ 1,000 ppm นาน 3 ชั่วโมง ในแต่ละทรีทเมนต์ทำการทดลองกับเมล็ดพันธุ์ถั่วพุดำจำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 25 เมล็ด ในทั้งสองการทดลอง

การบันทึกข้อมูล

เปอร์เซ็นต์การงอก ทำการประเมินตามหลักการประเมินความงอกของ ISTA (International Seed Testing Association) โดยนับครั้งแรก (first count) ที่ 7 วัน หลังเพาะเมล็ด และตรวจนับต้นกล้าครั้งสุดท้าย (final count) ที่ 14 วัน หลังเพาะเมล็ด จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณการงอกของเมล็ดเป็นเปอร์เซ็นต์ คำนวณตามสูตรดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

การเจริญเติบโตของต้นกล้า (seedling growth test, SG) เมื่อต้นกล้าออกจะทำการวัดความยาวต้นและความยาวรากจนครบกำหนดการทดลองคำนวณตามสูตรดังนี้

$$\text{การเจริญเติบโตของต้นหรือราก (เซนติเมตรต่อต้น)} = \text{ผลรวมของ} \frac{\text{ความยาวต้นหรือราก}}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมด}}$$

ดัชนีความงอก (germination index) ทำการตรวจนับต้นกล้าปกติทุกวันหลังจากระยะ first count จนถึงสิ้นสุดระยะเวลาทดลอง คำนวณตามสูตรดังนี้

$$\text{ดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ (จำนวนต้นต่อวัน)} = \text{ผลของรวม} \frac{\text{จำนวนต้นกล้าที่ปกติ}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า (seedlings growth rate, SGR) ทำการวัดโดยการจับที่จำนวนต้นกล้าปกติ หลังจากนั้นจะนำต้นกล้าปกติมาตัดใบเลี้ยงออก แยกส่วนต้น และรากเพื่อนำไปอบหาน้ำหนักแห้งของต้นกล้าและราก ที่อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตตามสูตรดังนี้

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าหรือราก (กรัมต่อต้น)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของต้นกล้าหรือราก}}{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลของกรดซาลิไซลิกต่อความงอก ความแข็งแรงและการเจริญเติบโตของถั่วพู

จากการศึกษาพบว่ากรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้นที่ 750 ppm มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุดเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใช้กรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้นที่ 1,000 และ 250 ppm มีเปอร์เซ็นต์การงอกที่น้อยที่สุดเท่ากับ 37.33 และ 33.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนิภาญจน์ จันทรมาทอง (2560) ที่รายงานว่ามีผลดีต่อต้นแตงที่แช่ในกรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้นที่ 500 ไมโครโมลาร์ ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุดเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การแช่เมล็ดในกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 250 และ 1,000 ไมโครโมลาร์ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำที่สุดที่ 79 เปอร์เซ็นต์ และ 69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับค่าดัชนีการงอก ผลของค่า Coefficient of Variation (C.V.) ที่ได้นั้นมีค่าค่อนข้างสูงที่ 80.50 ซึ่งอาจหมายถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้ อาจเกิดจากข้อมูลมีความแปรปรวนหรือมีการกระจายของข้อมูลสูง ทั้งนี้พบว่าการใช้กรดซาลิไซลิกในระดับความเข้มข้นที่ 750 ppm มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วพูมีดัชนีการงอกได้เร็วที่สุด คือ 1.49 ต้นต่อวัน และในระดับความเข้มข้นกรดซาลิไซลิกที่มีดัชนีการงอกได้ช้าที่สุดคือ 250 ppm มีค่าเท่ากับ 0.86 ต้นต่อวัน (ตารางที่ 1) จากการศึกษาของ กุสุมา อินทร์เขียว และพรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง (2561) พบว่าการใช้กรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้น 0.25-2.00 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้มีดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ทับทิมชุมแพต่ำที่สุด โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.22-8.62 ต้นต่อวัน ในขณะที่ชุดควบคุมส่งผลให้มีดัชนีการงอกสูงสุดที่ 9.71 ต้นต่อวัน การใช้กรดซาลิไซลิกทุกระดับความเข้มข้น มีผลทำให้การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตของต้นและรากถั่วพูไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 2) ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองของ กุสุมา อินทร์เขียว และพรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง (2561) ที่รายงานว่ามีผลดีต่อต้นข้าวทับทิมชุมแพที่แช่ในสารละลายกรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้น 0.25 มิลลิโมลาร์ ส่งผลให้ความยาวยอดและความยาวรากต่ำที่สุดที่ 5.15 และ 2.73 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีความยาวยอดและความยาวรากสูงที่สุดที่ 6.81 และ 5.11 เซนติเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมล็ดของถั่วพูมีเปลือกหุ้มเมล็ดที่แข็งซึ่งแตกต่างไปจากเมล็ดข้าว ดังนั้นระดับความเข้มข้นของกรดซาลิไซลิกที่ใช้จึงมีผลต่อการงอกของเมล็ดที่แตกต่างกัน และการวัดการเจริญเติบโตของต้นกล้า ดัชนีความงอก และอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้านั้นเป็นค่าที่สามารถวัดได้เมื่อถูกแช่ด้วยกรดซาลิไซลิกจะเป็นการทำลายเปลือกหุ้มเมล็ดให้มีความอ่อนนุ่มลง น้ำ และออกซิเจนสามารถซึมเข้าเมล็ดได้ทำให้เกิดปฏิกิริยาต่อการงอกของเมล็ดส่งผลต่อความแข็งแรงของต้นกล้าอีกด้วย

ตารางที่ 1 ผลของกรดซาลิไซลิกที่มีต่อความงอกและดัชนีความงอกของเมล็ดถั่วพู

กรรมวิธี	ความงอก (%)	ดัชนีความงอก (จำนวนต้น/วัน)
น้ำเปล่า (control)	44.00 ab	1.11 ab
กรดซาลิไซลิก 250 ppm	33.33 b	0.86 b
กรดซาลิไซลิก 500 ppm	45.33 ab	1.23 ab
กรดซาลิไซลิก 750 ppm	60.00 a	1.49 a
กรดซาลิไซลิก 1,000 ppm	37.33 b	0.97 b
F-test	*	*
C.V. (%)	25.70	80.50

* ค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน คือ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าโดยวิธี

Duncan's Multiple Range test (DMRT)

ตารางที่ 2 ผลของกรดซาลิไซลิกที่มีต่อการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดถั่วพู

กรรมวิธี	การเจริญเติบโต	การเจริญเติบโต	อัตราการเจริญเติบโตของต้น (กรัมต่อต้น)	อัตราการเจริญเติบโตของราก (กรัมต่อราก)
	ของต้น (เซนติเมตรต่อต้น)	ของราก (เซนติเมตรต่อราก)		
น้ำเปล่า (control)	4.62	2.8	0.0234	0.0133
กรดซาลิไซลิก 250 ppm	3.16	1.99	0.0203	0.0136
กรดซาลิไซลิก 500 ppm	4.00	3.64	0.0186	0.0108
กรดซาลิไซลิก 750 ppm	5.41	3.42	0.0186	0.0126
กรดซาลิไซลิก 1,000 ppm	3.79	2.33	0.0234	0.0669
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	27.38	38.33	0	35.14

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลของจิบเบอเรลลินต่อความงอก ความแข็งแรงและการเจริญเติบโตของถั่วพู

จากการศึกษาพบว่าสารจิบเบอเรลลินสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วพูได้ การใช้สารจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้นที่ 250 ppm ส่งเสริมให้เมล็ดถั่วพูมีเปอร์เซ็นต์การงอกที่สูงที่สุดคือ 46.67 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใช้สารจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้น 750 และ 1,000 ppm มีค่าเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำที่สุด คือ 26.67 และ 30.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองของ พรแก้ว อานุศักดิ์ และ ประนอม ยังคำมัน (2560) ที่รายงานว่า การใช้สารจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้น 250 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดผักหวานป่า สำหรับค่าดัชนีการงอกจากการทดลอง พบว่าการใช้สารจิบเบอเรลลินในทุกๆระดับความเข้มข้น ไม่มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วพูงอกได้เร็วขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3) ซึ่งผลที่ได้ขัดแย้งกับงานวิจัยของ ขนิษฐา สมศรี (2562) ที่รายงานว่า การใช้สารจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้นที่ 500 ppm ส่งผลให้ค่าดัชนีการงอกของเมล็ดมะละกอสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ คือ 0.51 ต้นต่อวัน ซึ่งกรรมวิธีอื่น คือ การใช้สารจิบเบอเรลลินที่ความเข้มข้น 250 750 และ 1,000 ppm มีค่าดัชนีการงอกเท่ากับ 0.04 0.21 และ 0.22 ต้นต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีลักษณะของเมล็ดแตกต่างกันระดับความเข้มข้นของสารจิบเบอเรลลินที่ใช้ในการกระตุ้นการงอกจึงมีความแตกต่างกัน ทำให้การตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยสารจิบเบอเรลลินของเมล็ดพืชแต่ละชนิดจึงมีความแตกต่าง ผลของสารจิบเบอเรลลินต่อการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตของต้นถั่วพู การใช้สารจิบเบอเรลลินทุกๆระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นถั่วพูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4) แต่พบว่าการใช้สารจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้นที่ 250 ppm ส่งเสริมให้ต้นถั่วพูมีการเจริญเติบโตของรากดีที่สุด คือ 3.02 เซนติเมตรต่อราก และระดับความเข้มข้นของสารที่ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตของรากต่ำที่สุดคือ 750 และ 1,000 ppm มีค่าการเจริญเติบโตของรากเท่ากับ 1.46 และ 1.61 เซนติเมตรต่อราก ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกล้าณรงค์ ลีปัญญาพร (2562) ที่รายงานว่า การใช้สารจิบเบอเรลลินไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นหน่อไม้ฝรั่ง แต่สำหรับการเจริญเติบโตของรากพบว่า การใช้สารจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้น 750 และ 1,000 ppm ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของรากหน่อไม้ฝรั่งได้ดีที่สุด คือ 2.10 และ 2.43 เซนติเมตรต่อราก เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 0.45 เซนติเมตรต่อราก และการใช้สารจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้นที่ 500 ppm มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของรากสูงที่สุด คือ 0.1683 กรัมต่อราก และในระดับความเข้มข้นที่มีอัตราการเจริญเติบโตของรากต่ำที่สุด คือ 750 ppm มีค่าเท่ากับ 0.073 กรัมต่อราก (ตารางที่ 4) ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของ พรทิพย์ พรสุริยา, ปราโมทย์ พรสุริยา และกมลชัย เกลี้ยงเกลา (2558) ที่รายงานว่า ในเมล็ดเมล่อนที่แช่ในสารละลายจิบเบอเรลลิน ที่ความเข้มข้น 200 และ 100 ppm ส่งผลให้น้ำหนักแห้งของต้นกล้ามากกว่ากรรมวิธีในชุดควบคุมคือ 0.679 และ 0.546 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.033 กรัม

ตารางที่ 3 ผลของสารจิบเบอเรลลินที่มีต่อความงอกและดัชนีความงอกของเมล็ดถั่วพู

กรรมวิธี	ความงอก (%)	ดัชนีความงอก (จำนวนต้น/วัน)
น้ำเปล่า (control)	30.00 ab	0.89
จิบเบอเรลลิน 250 ppm	46.67 a	1.28
จิบเบอเรลลิน 500 ppm	36.00 ab	0.96
จิบเบอเรลลิน 750 ppm	26.67 b	0.81
จิบเบอเรลลิน 1,000 ppm	30.67 b	0.75
F-test	*	ns
C.V. (%)	22.66	29.24

* ค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน คือ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าโดยวิธี

Duncan's Multiple Range test (DMRT)

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 ผลของสารจิบเบอเรลลินที่มีต่อการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดถั่วพู

กรรมวิธี	การเจริญเติบโต	การเจริญเติบโต	อัตราการ	อัตราการ
	ของต้น (เซนติเมตรต่อต้น)	ของราก (เซนติเมตรต่อราก)	เจริญเติบโต ของต้น (กรัมต่อต้น)	เจริญเติบโตของ ราก (กรัมต่อราก)
น้ำเปล่า (control)	4.26	1.97 ab	0.2493	0.1313 ab
จิบเบอเรลลิน 250 ppm	6.80	3.02 a	0.3313	0.1683 a
จิบเบอเรลลิน 500 ppm	5.40	2.11 ab	0.2797	0.1010 bc
จิบเบอเรลลิน 750 ppm	4.74	1.46 b	0.1977	0.0730 c
จิบเบอเรลลิน 1,000 ppm	4.33	1.61 b	0.2037	0.0857 bc
F-test	ns	*	ns	*
C.V. (%)	36.10	28.92	39.63	28.25

* ค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน คือ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าโดยวิธี

Duncan's Multiple Range test (DMRT)

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลและเสนอแนะ

กรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้น 750 ppm เป็นระดับความเข้มข้นที่ส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์การออกของเมล็ดถั่วพุ่มสูงที่สุดคือ 60 เปอร์เซ็นต์ และค่าดัชนีการงอกดีที่สุดคือ 1.49 ดังนั้น สำหรับใช้สารจิบเบอเรลลินพบว่าการใช้สารจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm เป็นระดับความเข้มข้นที่ส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดถั่วพุ่มสูงที่สุดคือ 46.67 เปอร์เซ็นต์ และมีการส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากสูงที่สุด คือ 3.02 เซนติเมตร อีกทั้งยังส่งเสริมอัตราการเจริญเติบโตของรากดีที่สุด คือ 0.1683 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับที่พืชมেন্টอื่น

เอกสารอ้างอิง

- กล้าณรงค์ ลิ้มปัญญาพร. (2562). ผลของสารจิบเบอเรลลินต่อการกระตุ้นความงอกของเมล็ดหน่อไม้ฝรั่ง (ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต). นครปฐม: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.
- กฤษมา อินทร์เขียว และพรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง. (2561). ผลของกรดซาลิไซลิกต่อการงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพันธุ์ทับทิมชุมแพ. *แก่นเกษตร*, 46, 1. (ฉบับพิเศษ), 63-68.
- ชนิษฐา สมศรี. (2562). การทดสอบประสิทธิภาพของจิบเบอเรลลินต่อการงอกของเมล็ดมะละกอ พันธุ์เรดเลดี้. (ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต). นครปฐม: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.
- ชนิภาญจน์ จันทร์มาทอง. (2560). ผลของการแช่เมล็ดในกรดซาลิไซลิกต่อการงอกของเมล็ด การ เติบโต และ ศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนถั่วลิ้นเต้า. *Naresuan University Journal: Science and Technology*, 25(1), 102-109.
- พรแก้ว อนุศักดิ์ และ ประพนอม ยิ่งคำมัน. (2560). ผลของกรดจิบเบอเรลลินและไคโตซานต่อการงอกของเมล็ดผักหวานป่า. *การประชุมวิชาการและประกวดนวัตกรรมบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 1*. เชียงใหม่.
- พรทิพย์ พรสุริยา, ปราโมทย์ พรสุริยา และกมลชัย เกลี้ยงเกล้า. (2558). ผลของจิบเบอเรลลินแอซิดต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญของต้นกล้าสวิตเมลลอนและแตงไทยในสภาพเค็ม. *การประชุมทางเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 12*. ลำปาง: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- ภัทรพร ภัคดีฉนวน และฉลอง เกิดศร. (2556). การเก็บรวบรวมพันธุ์ และการศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ของถั่วพุ่ม (*Psophocarpus tetragonolobus*) พันธุ์พื้นเมืองในพื้นที่จังหวัดสงขลา พัทลุง และสตูล (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์). กรุงเทพฯ:สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย Web application development for Persian cats selling

ยศธร สนพรอมบ^{1*} จักรพงษ์ ขอนทอง² ภาวัต ฉิมเล็ก³ กฤติกา สังขวดี⁴

สาขา เทคโนโลยีสารสนเทศ คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย ราชภัฏพิบูลสงคราม^{1,2,3,4}

*Corresponding author: E-mail: yodsathon.s@psru.ac.th

บทคัดย่อ

แมวเป็นสัตว์เลี้ยงยอดนิยมเนื่องจากแมวเป็นสัตว์ที่มีความคุ้นเคยกับคนและเลี้ยงได้ง่าย ปัจจุบันแมวมีมากกว่า 30 สายพันธุ์ โดยแมวพันธุ์เปอร์เซียเป็นอีกหนึ่งพันธุ์ที่นิยมซื้อไปเลี้ยงตามบ้าน (การซื้อขายแมวยังไม่มีตลาดที่ประจำ การขายแมวในรูปแบบออนไลน์ยังให้บริการน้อยและขาดความน่าเชื่อถือ จึงทำให้ผู้ที่ต้องการซื้อแมวจึงหาซื้อได้ยาก ดังนั้นวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซียเพื่อสนับสนุนทั้งผู้ซื้อและผู้ขาย อีกทั้งยังช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายไปยังร้าน โดยให้ผู้ซื้อสามารถค้นหาลักษณะแมวที่สนใจก่อนตัดสินใจในการซื้อ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้รวบรวมข้อมูลแมวและความต้องการของผู้ซื้อเพื่อนำมาวิเคราะห์และออกแบบเว็บในรูปแบบ Responsive web โดยเว็บแอปพลิเคชันประกอบด้วยส่วนของการสมัครสมาชิก การค้นหาและรายละเอียดของแมว การซื้อขายและการชำระเงิน ซึ่งเว็บแอปพลิเคชันได้ถูกนำไปทดลองและประเมินความพึงพอใจระบบกับผู้ใช้จำนวน 30 คน ผลการประเมินความพึงพอใจระบบพบว่าผู้ที่มีความพึงใจในระดับมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ย 4.51 ซึ่งผลการประเมินแสดงว่าเว็บแอปพลิเคชันนี้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการซื้อขายแมวเปอร์เซีย ซึ่งสามารถช่วยให้ง่ายต่อการค้นหาแมวและสามารถอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ระบบ ผู้ดูแลระบบ และเจ้าของกิจการ

คำสำคัญ: แมวพันธุ์เปอร์เซีย; เว็บแอปพลิเคชัน; พาณิชยอิเล็กทรอนิกส์; ชำระเงินออนไลน์

Abstract

Cats are popular pets because cats are familiar and friendly with human easily. Currently, there are more than 30 species of cats which Persian cats is a popular cat for buying. Cat trading doesn't even have a regular market. Selling cats online also has little service and lacks credibility. For this reason, it makes difficult for people who want to buy cats to find a store. Therefore, this research aims to develop a Persian cat selling web application to support both buyers and sellers. It also reduces the time and cost of going to the store. Buyers can find cats that look exactly as they want before making the purchase. This research collects cat data and buyer's needs for analysis and web design with a responsive web. This web application consists of member registration, searching, cats' detail, sales and payment. Web applications was tested and assessed system satisfaction with 30 users. The results of the system satisfaction assessment showed that users had the highest level of satisfaction

with an average of 4.51. The evaluation results show that this web application is an alternative to trading Persian cats. It can help make it easier to find cats and can facilitate the users, administrators and owners.

Keywords: Persian cat; web applications; e-commerce; online payment

บทนำ

ในปัจจุบันนี้ มนุษย์หันมาเลี้ยงสัตว์เลี้ยงเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะแมวซึ่งเป็นสัตว์เลี้ยงที่มีความคุ้นเคยกับมนุษย์และเลี้ยงได้ง่าย ปัจจุบันแมวมีมากกว่า 30 สายพันธุ์ โดยแมวพันธุ์เปอร์เซียเป็นอีกหนึ่งพันธุ์ที่นิยมซื้อไปเลี้ยงตามบ้านแต่ความสะดวกในการซื้อสัตว์เลี้ยงก็ยังไม่ตรงตามความต้องการของผู้ที่จะหาซื้อแมวพันธุ์เปอร์เซีย เนื่องจากในปัจจุบันไม่มีตลาดซื้อขายแมวพันธุ์เปอร์เซียที่เป็นหลักแหล่ง และการขายแมวพันธุ์เปอร์เซียออนไลน์ยังมีน้อยและไม่มีความน่าเชื่อถือ ทำให้ผู้ที่หาซื้อแมวพันธุ์เปอร์เซียเกิดความลำบากในการค้นหาร้านขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย บางกรณีผู้ซื้อแมวพันธุ์เปอร์เซียหาซื้อตามแหล่งขายออนไลน์ ได้แก่ เว็บไซต์ที่เป็นสื่อกลางในระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย ได้แก่ <https://www.catdeva.com/forum/> หรือ <http://www.cattailand.com/> แสดงรายการแมวที่ต้องการขายแบบลิสซึ่งทำให้ยากต่อการค้นหา หรือการขายออนไลน์จากบัญชี Facebook ที่อ้างตนว่าเป็นผู้ขายสัตว์เลี้ยง และได้ทำการตกลงซื้อขายกันโดยไม่มีหลักประกันความน่าเชื่อถือ ทำให้เกิดการฉ้อโกงเกิดขึ้น ในปัจจุบันสถานการณ์โควิดส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจส่งผลให้การขายจากหน้าร้านมีรายได้ที่น้อยลง ผู้คนไม่นิยมซื้อของจากหน้าร้าน ทำให้ผู้ขายมีรายได้ที่น้อยลง

ปัจจุบันอุปกรณ์ไอทีได้มีบทบาทกับชีวิตความเป็นอยู่ของเราเป็นอย่างมากไม่ว่าจะเป็น สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต หรือ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้มีหน้าจอกการแสดงผลที่แตกต่างกันออกไป และในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันให้สามารถเปิดได้ทั้งสามแพลตฟอร์มจึงมีความสำคัญอย่างมาก เพราะสร้างความสะดวกสบายให้แก่ผู้พัฒนา และผู้ใช้เว็บแอปพลิเคชัน ซึ่ง Responsive Web สามารถออกแบบเว็บไซต์ให้แสดงผลได้อย่างเหมาะสม และสวยงาม เป็นการออกแบบที่ผู้พัฒนาออกแบบเว็บแอปพลิเคชันแค่ครั้งเดียว ทำให้สามารถรองรับทุกอุปกรณ์ได้ ซึ่งจะทำให้ประหยัดเวลาในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน ด้วยวิถีชีวิตของคนในปัจจุบันที่หันมาใช้มือถือกันมากจึงทำให้มือถือเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่เหมาะสมจะทำการตลาดเพราะสามารถเข้าถึงโลกอินเทอร์เน็ตได้ตลอดเวลา การมีเว็บแอปพลิเคชันในองค์ประกอบของธุรกิจเป็นการเข้าถึงการตลาดอีกด้านหนึ่งสามารถเข้าถึงกลุ่มผู้บริโภคได้อย่างตรงจุดขึ้น โดยมี E-Commerce หรือเรียกว่า พาณิชยอิเล็กทรอนิกส์ มาใช้ในการดำเนินธุรกิจ ช่วยส่งเสริมการซื้อขาย การโฆษณาและการบริการต่างๆ ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ จึงมีโอกาสสร้างรายได้มากภายในระยะเวลาอันสั้นและเข้าถึงได้ง่ายส่งผลดีทั้งผู้ขายกับผู้ซื้อ

จากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยการตัดสินใจซื้อสัตว์เลี้ยงออนไลน์ (วรางคณา ศิริวัฒน์, 2559) พบว่าผู้ซื้อนิยมหาข้อมูลและสั่งจองสัตว์เลี้ยงทางออนไลน์เพราะมีความสะดวก แต่หากจะตัดสินใจซื้อผ่านออนไลน์ต้องมีข้อมูลที่สร้างความมั่นใจเพียงพอ ภายใต้เกณฑ์การได้รับข้อมูลที่น่าเชื่อถือเกี่ยวกับสัตว์เลี้ยงเป็นหลัก ต้องมีใบรับรองคุณภาพของสัตว์เลี้ยง

ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย รูปแบบ Responsive Web เพื่อเพิ่มความสะดวกในการค้นหาและสร้างความมั่นใจในการซื้อประกอบการตัดสินใจซื้อ โดยระบบในส่วนของผู้ซื้อประกอบด้วยการค้นหาแมวสายพันธุ์เปอร์เซียที่ต้องการได้ และมีการแจ้งรายละเอียดข้อมูลแมวเปอร์เซีย ราคาแมวเปอร์เซีย อย่างชัดเจน ส่วนในด้านผู้ขายทำให้ผู้ขายมีช่องทางในการขายเพิ่มขึ้นสามารถเข้าถึงกลุ่มลูกค้าได้ง่าย อีกทั้งยังสามารถออกรายงานยอดขาย รายงานการสั่งซื้อ รายงานคลังสินค้า เพื่อช่วยให้ผู้ขายดำเนินธุรกิจได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความต้องการรูปแบบระบบเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย
2. เพื่อค้นหาแมวสายพันธุ์เปอร์เซียตามที่ต้องการได้

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

วิจัยนี้เป็นการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย จากนั้นนำมาออกแบบเป็นวงจรการพัฒนาาระบบ(System Development Life Cycle : SDLC) เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 7 ขั้นตอนต่อไปนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย แบ่งออกเป็น

ขอบเขตด้านข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้และรายละเอียดเบื้องต้นเช่น แมวพันธุ์เปอร์เซีย เทรทราคาขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย และรายละเอียดอื่นๆ ที่นำมาใช้

ขอบเขตด้านเครื่องมือ

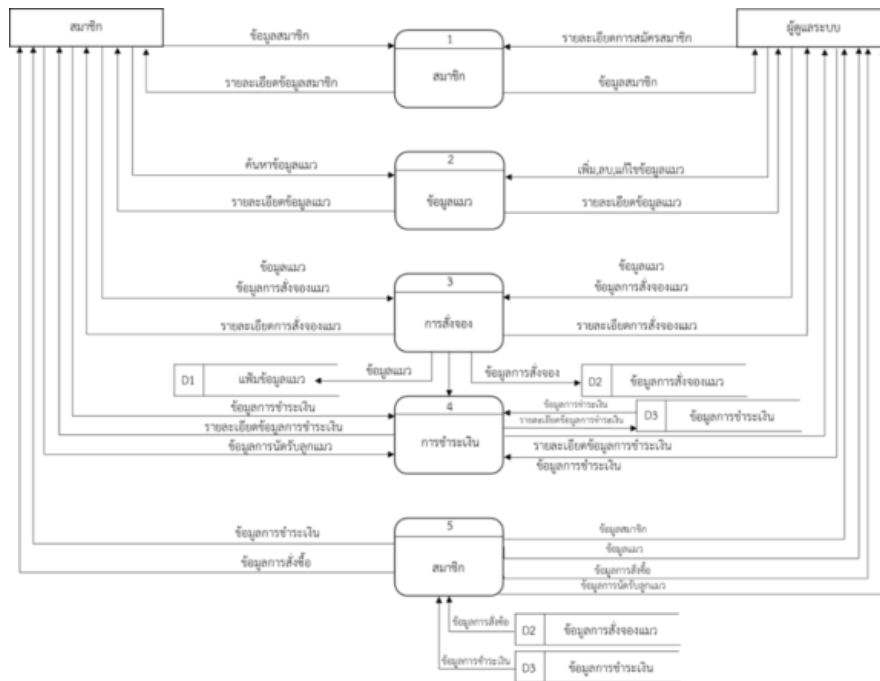
- โปรแกรม Sublime Text ใช้ในการเขียนโค้ดเพื่อสร้างเว็บแอปพลิเคชัน
- โปรแกรม Adobe Photoshop CS6 และ Adobe Illustrator ใช้ในการออกแบบรูปภาพ
- โปรแกรม Appserv 2.5.10 ใช้ในการจำลองทำเว็บเซิร์ฟเวอร์
- โปรแกรม MySQL ใช้ในการสร้าง Database เพื่อเก็บข้อมูลต่างๆ
- ภาษา HTML5, PHP, CSS, JavaScript ใช้ในการเขียนเว็บแอปพลิเคชัน

การศึกษาปัญหา

ผู้วิจัยได้มองเห็นถึงปัญหาในการเลือกซื้อสายพันธุ์แมวเปอร์เซียของผู้ซื้อ จากตามท้องตลาดที่ไม่มีกรรับรองจึงเกิดปัญหาต่างๆ ตามมา

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลจากปัญหาที่เกิดขึ้นจากระบบงานเดิม เพื่อพัฒนาเป็นระบบขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย พร้อมจัดรายละเอียดข้อมูลของสายพันธุ์แมวเปอร์เซีย และฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง



ภาพที่ 1 แผนภาพกระแสข้อมูลขายแผงพันธุ์เปอร์เซีย

การออกแบบระบบ

ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบด้วย Responsive web ให้แสดงผลได้อย่างเหมาะสม และสวยงาม เป็นการออกแบบที่ผู้พัฒนาออกแบบเว็บแอปพลิเคชันแค่ครั้งเดียว ก็สามารถรองรับทุกอุปกรณ์ได้ ใช้โปรแกรม Sublime Text Editor เขียนด้วยภาษา HTML5, PHP, CSS, JavaScript ที่เหมาะสำหรับการเปิดใช้บนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆได้ เพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้

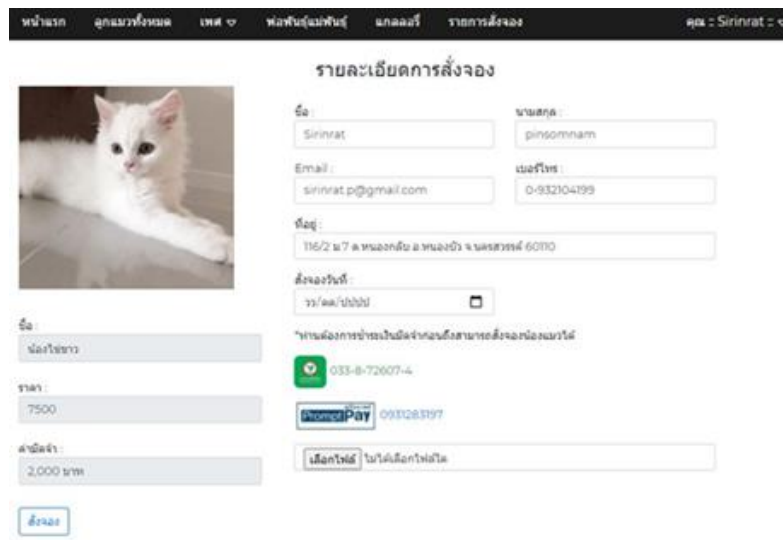
1. ผลการออกแบบและพัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบที่เหมาะสมสำหรับการเปิดใช้บนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆได้ ระบบแบ่งระดับสมาชิกในส่วนของ แอดมิน และ สมาชิก เพื่อกำหนดสิทธิ์ทั่วไปและขอบเขตของผู้ใช้ โดยระบบนี้ได้แบ่งผู้ใช้ออกเป็น ดังนี้

- 1) ผู้ใช้งาน สามารถเข้ามาดูรายละเอียดข้อมูลแผงพันธุ์เปอร์เซียหน้าระบบ และทำการสมัครสมาชิกได้
- 2) สมาชิก ทำการเข้าสู่ระบบก่อนเพื่อยืนยันการมีตัวตน เมื่อเข้าสู่ระบบแล้วสมาชิกสามารถที่จะเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลส่วนตัว ทำการสั่งซื้อแผงพันธุ์เปอร์เซีย และเช็ครายการที่สั่งซื้อ
- 3) แอดมิน ทำการเข้าสู่ระบบ คอยจัดการระบบหลังร้าน สามารถดูรายข้อมูลสมาชิก เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลแผงพันธุ์เปอร์เซีย ดูรายการสั่งซื้อของสมาชิกทั้งหมด เช็คการชำระเงิน ทำการออกรายงานการขายได้



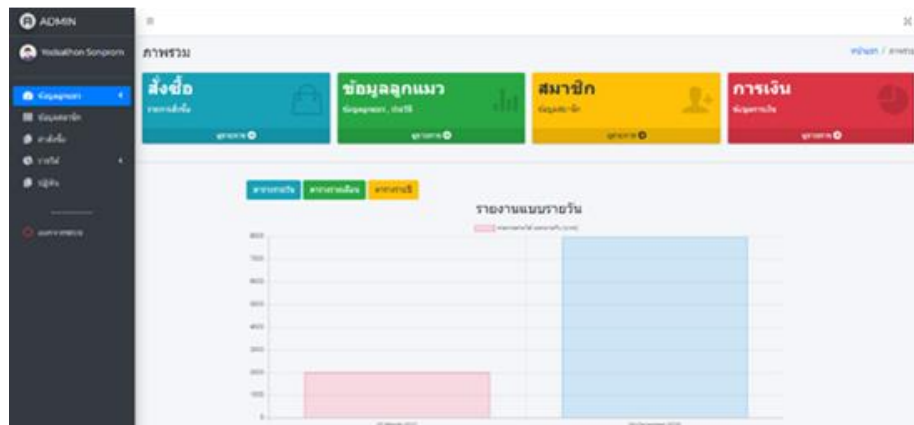
ภาพที่ 2 หน้าหลักของระบบขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย

จากภาพที่ 2 แสดงถึงหน้าหลักของระบบขายแมวพันธุ์เปอร์เซียที่ได้ออกแบบการจัดวางโครงสร้างต่างๆ และ
แถบเมนูให้เห็นได้ง่าย ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน



ภาพที่ 3 หน้าสั่งซื้อแมวสายพันธุ์เปอร์เซีย

จากภาพที่ 3 สมาชิกสามารถเลือกซื้อแมวพันธุ์เปอร์เซียและทำการสั่งซื้อ ตัวระบบจะให้สมาชิกกรอก
ข้อมูล ที่อยู่ และหลักฐานการโอนเพื่อยืนยันการสั่งซื้อ จากนั้นก็รอค้ายืนยันสั่งซื้อจากผู้ดูแลระบบ



ภาพที่ 4 หน้าหลักของผู้ดูแลระบบ

จากภาพที่ 4 เมื่อผู้ดูแลระบบทำการล็อกอินเข้ามาจะแสดงหน้าหลักของระบบหลังร้านทั้งหมด

เลขที่	ภาพ	ชื่อ	ปี	เวลาที่	Zone	ข้อมูลลูกค้า	สถานะ
3		Sirirat pinoomman	162 x 7 x 16cm (ข) 6070	09/20/4/09	sirirat.o@gmail.com		ยืนยันคำสั่งซื้อ
2		Sirirat pinoomman	162 x 7 x 16cm (ข) 6070	09/20/4/09	sirirat.o@gmail.com		ยืนยันคำสั่งซื้อ
1		Sirirat pinoomman	162 x 7 x 16cm (ข) 6070	09/20/4/09	sirirat.o@gmail.com		ยืนยันคำสั่งซื้อ

ภาพที่ 5 หน้าแสดงรายการสั่งซื้อ

จากภาพที่ 5 ผู้ดูแลระบบสามารถดูรายการสั่งซื้อทั้งหมดได้

การทดสอบระบบ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบระบบเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย หลักๆคือ ระบบแสดงขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย ระบบสั่งซื้อแมวพันธุ์เปอร์เซีย ระบบเพิ่มข้อมูลแมวพันธุ์เปอร์เซีย การออกรายงานการเงิน โดยให้ผู้ใช้งานได้ทดลองใช้ระบบ จำนวน 30 คน โดยตัวระบบสามารถทำงานได้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

การประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ

ผู้วิจัยประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย หลังจากทดลองระบบเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้ที่ซื้อแมวหรือสัตว์เลี้ยงต่างๆ ให้มาทดลองใช้ระบบเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย จำนวน 30 คน จากนั้นให้ผู้ทดลองใช้ ทำแบบสอบถามความพึงพอใจของระบบ

สถิติที่ใช้วัดความพึงพอใจของผู้ที่ใช้งานระบบเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 – 4.49 หมายความว่า ระดับมาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 – 3.49 หมายความว่า ระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 – 2.49 หมายความว่า ระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.49 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

ผลการทดลองใช้ระบบเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย

เมื่อพัฒนาระบบเสร็จสมบูรณ์ นำระบบไปให้ผู้ใช้ทดลองใช้และทำการประเมินผล ผลที่ได้จากการประเมินความพึงพอใจของระบบ จำนวน 30 คน แบ่งเป็นประเด็นความพึงพอใจ พบว่าผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.55 รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย

รายการ	\bar{x}	SD.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านฟังก์ชันของระบบ			
1) แสดงรายละเอียดข้อมูล ราคา แมวพันธุ์เปอร์เซีย อย่างชัดเจน	4.6	0.49	มากที่สุด
2) ระบบมีกำหนดสิทธิ์เมื่อมีการสั่งซื้อสินค้า	4.7	0.46	มากที่สุด
3) ระบบหน้าร้าน / หลังร้านใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน	4.75	0.43	มากที่สุด
4) ระบบสามารถชำระเงินได้หลายช่องทาง	2.95	0.34	ปานกลาง
5) ความเหมาะสมของเมนูการใช้งานระบบหลังร้าน	4.55	0.50	มากที่สุด
6) ระบบสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข สินค้าได้	4.7	0.46	มากที่สุด
7) ระบบสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลสมาชิกได้	4.7	0.46	มากที่สุด
2. ด้านการออกแบบของระบบ			
1) ความสวยงามทันสมัย	4.5	0.50	มาก
2) ความเหมาะสมของโทนสีที่ใช้	4.7	0.46	มากที่สุด
3) ขนาดตัวอักษร สี อ่านง่าย สวยงาม	4.7	0.46	มากที่สุด
4) ความเหมาะสมของรูปแบบการแสดงผลของหน้าร้าน / หลังร้าน	4.6	0.49	มากที่สุด
5) ความเหมาะสมการจัดวางโครงสร้างระบบของหน้าร้าน / หลังร้าน	4.55	0.50	มากที่สุด
6) ความถูกต้องในการเชื่อมโยงเว็บเพจของหน้าร้าน / หลังร้าน	4.75	0.43	มากที่สุด
ผลรวมค่าเฉลี่ย	4.51	0.47	มากที่สุด

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่องเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย ผู้วิจัยได้ตั้งสมมุติฐานว่า ผู้ใช้งานระบบการวิจัยเรื่องเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย มีความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับมาก จากผลการวิจัยพบว่า การประเมินความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ย 4.51 และมีค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 ซึ่งแสดงว่าระบบนี้สามารถช่วยขายแมวพันธุ์เปอร์เซียที่ตอบใจต่อผู้ใช้ระบบทั้งสมาชิกและผู้จัดการร้าน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกสะดวกสบายต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย ระบบมีรายละเอียดข้อมูล ราคา อย่างชัดเจน มีการจัดแยกเป็นหมวดหมู่สายพันธุ์แมวเปอร์เซียเพื่อให้ผู้ใช้ระบบ หรือ ผู้ซื้อ ง่ายต่อการเลือกหา ในด้านของผู้ขาย ระบบมีการออกรายงาน การเงิน การจัดการรายการสินค้า แสดงยอดการสั่งซื้อ

สรุปผลและเสนอแนะ

จากวิจัยเรื่องเว็บแอปพลิเคชันขายแมวพันธุ์เปอร์เซีย ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในการใช้ระบบเท่ากับ 4.51 อยู่ในระดับดีมากที่สุด ซึ่งแสดงว่าระบบสามารถเข้ามาตอบใจได้ดีทั้งผู้ใช้ระบบไม่ว่าจะเป็นผู้ซื้อหรือผู้ขายในด้านความสะดวกสบายใช้งานง่าย และระบบก็เป็นตัวเลือกที่ดีในการซื้อขายออนไลน์ที่เหมาะสมกับในยุคปัจจุบันนี้ได้ดี ในการทำวิจัยครั้งต่อไปผู้วิจัยจะทำการเพิ่มช่องทางการชำระเงินเพื่อให้สามารถขยายกลุ่มลูกค้าได้มากขึ้น และ เพิ่มช่องทางการขนส่งแมวพันธุ์เปอร์เซียเพื่อเจาะตลาดสัตว์เลี้ยงมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- ภูวดล โคมรัตน์เสถียร. (2561). *ธุรกิจสัตว์เลี้ยงบูมตามเทรนด์สูงอายุ*. <https://www.posttoday.com/market/news/540479>
- วรางคณา ศิริวัฒน์. (2559). *การตัดสินใจซื้อสัตว์เลี้ยงออนไลน์* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ศุภาวีร์ มงคลชาติ. (2560). *ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์สัตว์เลี้ยงสำหรับแมวของผู้บริโภคที่เลี้ยงแมวในประเทศไทย* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- อรุณา พันธุ์มั่งมี. (2560). *แผนธุรกิจฟาร์มแมวบ้าน Cat Meaw เพาะพันธุ์และพัฒนาสายพันธุ์แมวเมนคูน* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- ชุตินันท์ หวลถนอม, ณัฐชา สลัดแก้ว, และสุพจน์ จันทร์วิพัฒน์. (2563). การพัฒนาแพลตฟอร์มอีคอมเมิร์ซรูปแบบใหม่เพื่อการรับฝากซื้อสินค้าออนไลน์. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 16(1), 1-14.
- ทิพวรรณ เย็นใจรอด, น้ำเพ็ญ เปลี่ยนมา, และพงศ์ภรณ์ ปุบผาโสมตระกูล. (2560). ระบบขาย สินค้าออนไลน์ของบริษัท Techwood Far-East จำกัดโดยใช้ CodeIgniter และ Bootstrap เฟรมเวิร์ค. *วารสารวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ*, 1(1), 1-11.

การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการลาออกกลางคันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
โดยใช้กฎความสัมพันธ์

Analysing Factors Influencing Student Dropout at Phuket Rajabhat University
Using Association Rules

สุพานี สลิสองสม^{1*} แสงธรรม ตันติธาด² วิภาวรรณ บัวทอง³ ณสิทธิ์ เหล่าเส็น⁴ พิธา จารุพนผล⁵

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต^{1,2,3,4,5}

*Corresponding author: E-mail: s6011423153@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการลาออกกลางคันของนักศึกษาจากข้อมูลนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตทั้งหมด 7,904 คน ระหว่างปี 2559 – 2563 ข้อมูลนักศึกษาถูกนำมาวิเคราะห์หากฎความสัมพันธ์ (Association Rules) ด้วยอัลกอริทึม Apriori โดยกำหนด minimum confidence เท่ากับ 0.9 เพื่อให้ได้กฎที่มีค่าความมั่นใจสูง ซึ่งค่า minimum support จะถูกรับลดลงครั้งละ 0.1 ตั้งแต่ 0.5 ถึง 0.3 เพื่อให้ได้เห็นถึงปัจจัยที่มีความสำคัญลดหลั่นกันลงมา เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากการกำหนดค่าความเชื่อมั่นที่เหมาะสมที่สุด และสอดคล้องกับปัจจัยที่มีผลต่อการลาออกกลางคัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าที่เหมาะสมที่สุดอยู่บนพื้นฐานของกฎความสัมพันธ์ที่มีค่านับสนับสนุนต่ำสุด (Minimum Support) เท่ากับ 0.3 และค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด (Minimum Confidence) เท่ากับ 0.9 จากผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อการลาออกกลางคันของนักศึกษาเรียงตามลำดับความสำคัญได้แก่ รายได้ของบิดามารดา อาชีพของบิดามารดา และ เกรดเฉลี่ย

คำสำคัญ: กฎความสัมพันธ์; การจำแนกประเภท; ค่าความเชื่อมั่น; เหมืองข้อมูล

Abstract

This research analysed factors affecting student dropout from a total of 7,904 Phuket Rajabhat University (PKRU) students between 2016 and 2020. Student data were analyzed for Association Rules using the Apriori algorithm with a minimum confidence of 0.9 to obtain high-confidence rules. The minimum support was reduced by 0.1 from 0.5 to 0.3 to observe the descending importance of factors to analyze the correlation based on the optimal confidence determination and following the factors affecting the halfway dropout. The results indicated that the optimal value was based on the correlation rule with minimum support of 0.3 and minimum confidence of 0.9. The analysis concluded that the factors affecting the student's halfway dropout in order of importance were: parents' income, parent's occupation, and GPA.

Keywords: Association Rules; Classification; Confidence; Data Mining

บทนำ

ปัจจุบันการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) เป็นการวิเคราะห์และสืบค้นองค์ความรู้ หรือสิ่งที่สำคัญออกมาจากข้อมูลจำนวนมาก โดยได้มีการนำเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ มากขึ้น เช่น การพัฒนากฎการทำนายผลการเรียนของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล (พรพมิล ชัยวุฒิศักดิ์ และ ยุวดี กลุ่มวิเศษ, 2562) การวิเคราะห์การทำนายการลาออกกลางคันของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยใช้เทคนิควิธีการทำเหมืองข้อมูล (ชณิดาภา บุญประสม และ จริญญา แสนราช, 2561) การวิเคราะห์การซื้อสินค้ากลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารเสริม เครื่องสำอางและอุปโภคบริโภค สำหรับธุรกิจขายตรง โดยวิธีกฎความสัมพันธ์ (สิทธิชัย วรโชติกำจร และ จริญญา แสนราช, 2557) การใช้เทคนิค Association Rule Discovery เพื่อการจัดสรรกฎหมายในการพิจารณาคดีความ (ฤกษ์ณะ ไวยมัย และ ธีระวัฒน์ พงษ์ศิริปริดา, 2544)

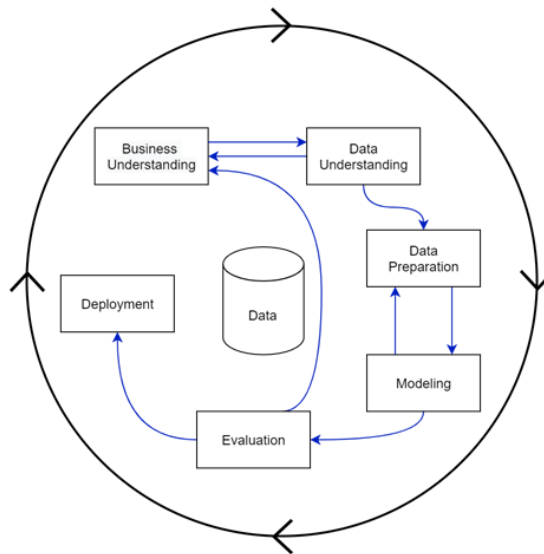
จากข้อมูล สถาบันการศึกษามีบทบาทต่อการพัฒนาประเทศและเป็นรากฐานที่สำคัญในการสร้างบุคคลให้ มีความรู้ความสามารถปฏิบัติหน้าที่และสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้ การยกระดับคุณภาพการศึกษาในระดับอุดมศึกษาเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่ง ตัวบ่งชี้ในการประเมินคุณภาพการศึกษาของมหาวิทยาลัยอย่างหนึ่งคือจำนวนนักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาในระยะเวลาที่กำหนดไว้ในหลักสูตรในการจัดทำแผนพัฒนาการศึกษาระดับอุดมศึกษาฉบับที่ 11 (พ.ศ.2555-2559) ได้กำหนดเป้าหมายให้มีผู้สำเร็จการศึกษาภายใน 4 ปี คิดเป็นร้อยละ 70 (ณัฐธิดา สุวรรณโณ และ อัญธิกา สิงห์เอี่ยม, 2554) จากผลการศึกษาพบว่าสาเหตุการลาออกกลางคันของนักศึกษา วิทยาลัยเทคโนโลยีวิทยุวิทยุธุรกิจจามอินทรา มีสาเหตุการลาออกกลางคันที่เป็นสาเหตุหลัก คือ สาเหตุด้านเศรษฐกิจของครอบครัวของนักศึกษาอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.31) และสาเหตุรองลงมาคือสาเหตุด้านสิ่งแวดล้อม การทะเลาะวิวาทก้าวร้าวหนีเรียน ชู้สาว อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.23) สาเหตุด้านครอบครัว ของนักเรียนนักศึกษา อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.16) สาเหตุด้านการเรียนของนักศึกษา อยู่ในระดับมากที่สุด (เฉลี่ย = 4.03) และสาเหตุด้านสุขภาพ อยู่ในระดับมากที่สุด (เฉลี่ย = 3.93) (สุदारัตน์ พิมลรัตนกานต์, 2558)

การทำเหมืองกฎความสัมพันธ์ (Association Rule Mining) เป็นเทคนิคสำหรับค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลจากข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อนำไปหารูปแบบที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง (Frequent Pattern) และใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์หรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยที่กฎความสัมพันธ์จะถูกเขียนในรูปเซตของรายการที่เป็นเหตุ (Premise) ไปสู่เซตของรายการที่เป็นผล (Conclusion) ฐานข้อมูลที่ใช้ในการทำเหมืองกฎความสัมพันธ์ส่วนมากจะเป็นฐานข้อมูลธุรกรรม (Transaction Database) และข้อมูลที่น่าสนใจจะอยู่ในรูปแบบ Nominal หรือ Ordinal เท่านั้น อัลกอริทึมการทำเหมืองกฎความสัมพันธ์ที่มีประสิทธิภาพตัวหนึ่งคืออัลกอริทึม Apriori ซึ่งนำค่าสนับสนุนขั้นต่ำ (Minimum Support) และค่าความเชื่อมั่นขั้นต่ำ (Minimum Confidence) มาใช้ในการค้นหาความสัมพันธ์ โดยกฎความสัมพันธ์ที่ได้นั้นจะต้องมีค่าสนับสนุน (Support) และค่าความเชื่อมั่น (Confidence) ไม่น้อยกว่าค่าขั้นต่ำที่ได้กำหนดเอาไว้ข้างต้น ในขณะที่ค่าสนับสนุน คือ เปอร์เซ็นต์ของจำนวน Item sets ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในฐานข้อมูล ค่าความเชื่อมั่น คือ เปอร์เซ็นต์ของจำนวน Item sets ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในฐานข้อมูลต่อจำนวน Item sets ที่เกิดขึ้นทางด้านซ้ายมือของกฎ (ปรัชญานวนแก้ว, 2562)

จากที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อสาเหตุการลาออกกลางคันของนักศึกษา ด้วยการทำเหมืองข้อมูล ซึ่งเป็นวิธีการในการค้นหารูปแบบและแนวโน้มที่มีประโยชน์จากแหล่งข้อมูลขนาดใหญ่ (บุษราภรณ์ มหัทธนะชัยและคณะ, 2559) โดยจะใช้เทคนิคการทำเหมืองความสัมพันธ์ด้วยอัลกอริทึม Apriori เพื่อหาความสัมพันธ์ของสาเหตุการลาออกกลางคันของนักศึกษา

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

อุปกรณ์และวิธีการวิจัยเพื่อศึกษาหาลักษณะสำคัญของปัจจัยในการลาออกกลางคันของนักศึกษาตามหลัก Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) ที่เป็นกระบวนการมาตรฐานสำหรับการทำเหมืองข้อมูล ซึ่งเป็นแบบจำลองกระบวนการมาตรฐานแบบเปิด (Open Standard) ที่อธิบายวิธีการทั่วไปสำหรับการทำเหมืองข้อมูลโดยผู้เชี่ยวชาญ และเป็นรูปแบบการวิเคราะห์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุด (Shearer, 2000) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนหลักที่มีการทำงานตามภาพที่ 1 ดังนี้



ภาพที่ 1 วิธีการวิจัยเพื่อศึกษาหาลักษณะสำคัญของปัจจัยในการลาออกกลางคันของนักศึกษาตามหลัก CRISP-DM (Shearer, 2000)

ขั้นตอนที่ 1 การทำความเข้าใจธุรกิจ (Business Understanding)

การทำความเข้าใจคือขั้นตอนแรกที่มีมุ่งเน้นการทำความเข้าใจวัตถุประสงค์และข้อกำหนดของโครงการ เมื่อทราบถึงวัตถุประสงค์ที่ต้องการทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อสาเหตุการลาออกกลางคันของนักศึกษา ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการได้มาซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และความพร้อมของทรัพยากรเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งโปรแกรม Weka ที่ถูกพัฒนาโดยมหาวิทยาลัยไวกาโต้ (University of Waikato) ประเทศนิวซีแลนด์ คือเครื่องมือหลักที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล และรองรับเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลหลายรูปแบบ เช่น การประมวลผลข้อมูลล่วงหน้า (Data Preprocessing) การจัดกลุ่ม (Clustering) การจัดประเภท (Classification) และการเลือกคุณสมบัติ (Feature Selection) เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 2 การทำความเข้าใจข้อมูล (Data Understanding)

หลังจากการทำความเข้าใจธุรกิจ ขั้นตอนต่อไปคือการทำความเข้าใจข้อมูล โดยเริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูลนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตในช่วงระยะเวลาระหว่างปี 2559 - 2563 ซึ่งทางผู้วิจัยได้ดำเนินการประสานงานผ่านคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากผู้อำนวยการสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบข้อมูลนักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต หลังจากนั้น ผู้วิจัยจึงทำการคัดเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาเพื่อ

ศึกษาความสอดคล้องของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการลาออกกลางคันของนักศึกษา โดยเริ่มต้นจากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องของนักศึกษาเพื่อหาลักษณะสำคัญของปัจจัยในการลาออก หลังจากนั้นจึงทำการคัดกรองข้อมูลในส่วนที่เกี่ยวข้องต่อการลาออก ได้แก่ GPA (เกรดเฉลี่ยสะสม) อาชีพบิดา รายได้บิดา/เดือน อาชีพมารดา รายได้มารดา/เดือน จำนวนพี่น้องและสถานะนักศึกษา ซึ่งข้อมูลทั้งหมดเป็นข้อมูลระดับนามบัญญัติ (Nominal Scale) ที่ไม่สามารถนำมาคำนวณหรือจัดลำดับแต่สามารถนำมาใช้ในการสร้างกฎความสัมพันธ์ของข้อมูลได้

ขั้นตอนที่ 3 การจัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

เนื่องจากข้อมูลที่ได้รวบรวมมานั้นยังไม่สามารถใช้งานผ่านกระบวนการทำเหมืองข้อมูลได้ การจัดเตรียมข้อมูลคือขั้นตอนสำคัญในการกรองหรือทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) (วิภาวรรณ บัวทอง, 2557) ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการตรวจสอบและแก้ไขเพื่อให้รายการข้อมูลที่ไม่มีความสอดคล้องของข้อมูล หรือไม่ถูกต้องออกไปจากชุดข้อมูล เนื่องจากข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากการบันทึกข้อมูล การส่งข้อมูล หรือการให้ความหมายของข้อมูลที่จัดเก็บแตกต่างกัน ดังนั้น จึงต้องมีการจัดการข้อมูลดังนี้

1. คัดเลือกเฉพาะคอลัมน์สำคัญที่คาดว่าจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้และเป็นคอลัมน์ที่มีข้อมูลค่อนข้างครบถ้วน
2. คัดออกคอลัมน์ที่มีค่าทุกแถวเป็นค่าเดียวกัน เพราะเป็นข้อมูลที่ไม่สามารถแยกความแตกต่างของแต่ละแถวได้
3. คัดออกคอลัมน์ที่มีข้อมูลไม่ซ้ำกัน เพราะข้อมูลเหล่านี้ไม่สามารถหาแถวที่มีข้อมูลสัมพันธ์กันได้
4. แก้ไขข้อมูลให้ถูกต้องสมบูรณ์ เช่น การแก้ไขค่าว่างของข้อมูลโดยจำกัดข้อมูลที่อยู่ในแถวเป็นค่าว่าง (NULL)
5. ปรับเปลี่ยนข้อมูลให้มีค่าเหมาะสมในการตัดสินใจ
6. แบ่งช่วงข้อมูลหรือจัดกลุ่มข้อมูลเพื่อลดการกระจาย (Data Binning)

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างโมเดล (Modelling)

ข้อมูลที่ถูกคัดกรองจะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยอัลกอริทึม Apriori ซึ่งเป็นอัลกอริทึมพื้นฐานที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Weka อัลกอริทึม Apriori ใช้หลักการค้นหาแบบวงกว้างก่อนนับธุรกรรม ซึ่งจะทำการสร้างและตรวจสอบเซตไอเท็มที่เกิดขึ้นบ่อยทีละชั้น โดยเริ่มจากเซตไอเท็มที่มีจำนวนสมาชิกเท่ากับหนึ่ง ถ้าเซตไอเท็มใดมีค่านับสนับสนุนน้อยกว่าค่านับสนับสนุนขั้นต่ำที่กำหนดก็จะตัดเซตไอเท็มนั้นออกและไม่นำไปสร้างเซตไอเท็มในขั้นต่อไป (พนิดา ทงรัมย์, 2555) และในทำนองเดียวกันเมื่อสร้างเซตไอเท็มในชั้นใหม่แล้วก็พิจารณาตัดเซตไอเท็มที่มีค่านับสนับสนุนน้อยกว่าค่านับสนับสนุนขั้นต่ำที่กำหนดออกโดยไม่นำไปสร้างเซตไอเท็มในขั้นต่อไป อัลกอริทึมจะทำซ้ำขั้นตอนดังกล่าวไปจนกระทั่งไม่มีเซตไอเท็มใหม่ถูกสร้างขึ้นมา จากนั้นจะนำเซตไอเท็มที่ได้ไปสกัดกฎความสัมพันธ์ต่อไป เพื่อความรวดเร็วจะเก็บเซตไอเท็มในแต่ละระดับชั้นทั้งหมดไว้ในโครงสร้างต้นไม้แฮช (Hash Tree) ซึ่งจุดเด่นของอัลกอริทึมนี้คืออยู่ที่ความสามารถในความเร็วของการค้นหาไอเท็มเซตที่ปรากฏบ่อยด้วยการละเว้นการพิจารณาไอเท็มเซตที่ปรากฏซ้ำด้วยความถี่ที่ต่ำกว่าเกณฑ์ (วิภาวรรณ บัวทอง, 2557)

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผล (Evaluation)

หลังจากผ่านสี่ขั้นตอนแรกของรูปแบบกระบวนการมาตรฐานสำหรับการทำเหมืองข้อมูล (CRISP-DM) จะได้รูปแบบโมเดลแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการประเมินผลเพื่อประเมินผลลัพธ์ว่าได้ผลตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ทบทวนกระบวนการเพื่อหาข้อผิดพลาดและปรับปรุงกระบวนการว่ามีขั้นตอนใดที่ถูกมองข้ามและควรทบทวนหรือไม่ และกำหนดขั้นตอนต่อไป ซึ่งขั้นตอนนี้เริ่ม

มีการทดสอบแบบจำลองในแอปพลิเคชันเพื่อพิจารณาว่าแบบจำลองนั้นทำงานได้ดีในสถานที่ทำงานเหมือนกับที่ทำการทดสอบหรือไม่

ขั้นตอนที่ 6 การปรับใช้งาน (Deployment)

การปรับใช้งานคือขั้นตอนหลังจากการประเมินผลและเป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการ CRISP-DM ซึ่งประกอบด้วย การปรับใช้การวางแผน การวางแผนตรวจสอบและบำรุงรักษา การรายงานผล และการทบทวนผลลัพธ์ ซึ่งข้อมูลที่ถูกประเมินจะถูกนำมาปรับใช้งานบนเว็บแอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการลาออกของนักศึกษาได้ง่ายโดยผ่านหน้าเว็บที่ทันสมัย ภาษาที่ใช้เขียนคือ พีเอชพี (PHP)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการเตรียมข้อมูล

ชุดข้อมูลนักศึกษาที่ลาออกที่นำมาใช้ในกรณีวิเคราะห์มี 7,904 แถวและมี 12 คอลัมน์ คือ ปีการศึกษา คณะ สาขา สถานะ ชั้นปี GPA อาชีพบิดา อาชีพมารดา จำนวนพี่น้อง รายได้บิดา รายได้มารดา ตัวอย่างข้อมูลดิบแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลดิบที่ยังไม่ได้ผ่านการ Cleaning

ปีการศึกษา	คณะ	สาขา	สถานะ	ชั้นปี	เพศ	GPA	อาชีพบิดา	อาชีพมารดา	จำนวนพี่น้อง	รายได้บิดา	รายได้มารดา
2559	ครุศาสตร์	สาขาวิชาภาษาไทย	10	5	F	3.84	ธุรกิจส่วนตัว	รับราชการ	3	20000	18000
2559	มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	สาขาวิชารัฐประศาสนศาสตร์	40	4	M	2.8	ธุรกิจส่วนตัว	ธุรกิจส่วนตัว	3	15000	15000
2559	วิทยาการจัดการ	สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ	40	4	M	2.55	รับจ้าง	รับจ้าง	2	9000	9000
...
2563	วิทยาการจัดการ	สาขาวิชาบริหารธุรกิจ	10	1	F	2.34	รับจ้าง	แม่บ้าน	3	9000	0
2563	วิทยาการจัดการ	บัญชีบัณฑิต	10	1	F	3	รัฐวิสาหกิจ	แม่บ้าน	2	15000	0
2563	มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	สาขาวิชาภาษาอังกฤษเพื่ออุตสาหกรรมบริการ	10	1	F	2.5	ธุรกิจส่วนตัว	รับจ้าง	3	18000	9000

ผู้วิจัยตัดแถวข้อมูลให้เหลือเฉพาะแถวข้อมูลที่มีสถานะเป็น 60 (ลาออก) และเปลี่ยนเป็น “F” ทำให้จำนวนข้อมูลเหลือ 512 แถว ส่วนคอลัมน์ GPA อาชีพบิดา อาชีพมารดา จำนวนพี่น้อง รายได้บิดา และ รายได้มารดา ถูกปรับเปลี่ยนโดยใช้เงื่อนไขที่ถูกแสดงในตารางที่ 2 ตัวอย่างผลลัพธ์ของการคัดกรองแสดงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 การแทนค่าตัวแปรข้อมูลเพื่อการเตรียมข้อมูล

GPA (เกรดเฉลี่ยสะสม)		FW (อาชีพบิดา)		FI (รายได้บิดา/เดือน)	
0-0.99	F	ธุรกิจส่วนตัว	P	น้อยกว่า 9,000	M1
1-1.99	D	รับจ้าง	H	9,000 – 15,000	M2
2-2.99	C	เกษตรกร	F	มากกว่า 15,000	M3
3-3.99	B	พ่อบ้านแม่บ้าน	M		
4	A	ข้าราชการ	O		
		รัฐวิสาหกิจ	S		
Sibling (พี่น้อง)		MW (อาชีพมารดา)		MI (รายได้มารดา/เดือน)	
มีพี่น้อง	yes	ธุรกิจส่วนตัว	P	น้อยกว่า 9,000	M1
ไม่มีพี่น้อง	no	รับจ้าง	H	9,000 – 15,000	M2
		เกษตรกร	F	มากกว่า 15,000	M3
		พ่อบ้านแม่บ้าน	M		
		ข้าราชการ	O		
		รัฐวิสาหกิจ	S		

ตารางที่ 3 ตัวอย่างข้อมูลนักศึกษาที่ผ่านการเตรียมข้อมูลแล้ว

GPA	FW	FI	MW	MI	Sibling	Status
D	H	M1	M	M1	yes	F
F	H	M1	M	M1	yes	F
C	H	M1	F	M2	yes	F
F	P	M2	M	M1	yes	F
C	F	M2	F	M2	yes	F
D	F	M2	F	M2	yes	F
F	P	M2	M	M1	yes	F
D	H	M1	M	M1	yes	F
...
F	O	M2	M	M1	yes	F
F	H	M1	P	M2	yes	F
F	F	M1	P	M1	yes	F

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Weka รันอัลกอริทึม Apriori โดยกำหนด Minimum Confidence = 0.9 เพื่อให้ได้กฎที่มีค่าความมั่นใจสูง และเปลี่ยนค่า Minimum Support ลดลงครั้งละ 0.1 ตั้งแต่ 0.5 ถึง 0.3 เพื่อให้ได้เห็นถึงปัจจัยที่มีความสำคัญลดหลั่นกันลงมา กฎที่ได้จากอัลกอริทึม Apriori มีหลายกฎ ผู้วิจัยเลือกพิจารณาเฉพาะกฎที่มีส่วน Conclusion เป็น ลาออก (Status = F) เท่านั้น เนื่องจากต้องการหาปัจจัยที่เกิดความคู่กับการลาออก กฎที่เป็นผลลัพธ์แสดงได้ดังตารางที่ 4 ถึงตารางที่ 6

ตารางที่ 4 ผลลัพธ์กฎความสัมพันธ์เมื่อกำหนด Minimum Support = 0.5 และ Minimum Confidence = 0.9

Rule No.	Rule
1	Sibling=yes ==> Status=F
2	MI=M1 ==> Status=F
3	MI=M1 Sibling=yes ==> Status=F
4	FI=M1 ==> Status=F
5	FI=M1 Sibling=yes ==> Status=F

ตารางที่ 5 ผลลัพธ์กฎความสัมพันธ์เมื่อกำหนด Minimum support = 0.4 และ Minimum Confidence = 0.9

Rule No.	Rule
1	Sibling=yes ==> Status=F
2	MI=M1 ==> Status=F
3	MI=M1 Sibling=yes ==> Status=F
4	FI=M1 ==> Status=F
5	FI=M1 Sibling=yes ==> Status=F
6	FW=H ==> Status=F
7	FW=H FI=M1 ==> Status=F
8	FW=H Sibling=yes ==> Status=F
9	FW=H FI=M1 Sibling=yes ==> Status=F

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าเมื่อกำหนด Minimum Support เป็น 0.5 จะเห็นว่าปัจจัยที่เกิดขึ้นบ่อยควบคู่กับการลาออก คือ รายได้ของบิดามารดาน้อย (MI = M1 และ FI = M1) เมื่อลดค่า Minimum Support เป็น 0.4 จะเห็นว่า นอกจากรายได้ของบิดามารดาแล้ว ปัจจัยที่เกิดขึ้นบ่อยควบคู่กับการลาออก คือ อาชีพของบิดาเป็นรับจ้าง (FW = H) ดังแสดงในตารางที่ 5 และ เมื่อลดค่า Minimum Support เป็น 0.3 จะเห็นว่า นอกจากรายได้และอาชีพของบิดาแล้ว ปัจจัยที่เกิดขึ้นบ่อยควบคู่กับการลาออก คือ เกรดเฉลี่ยน้อย (GPA = F) ดังแสดงในตารางที่ 6

จากผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อการลาออกของนักศึกษาเรียงตามลำดับความสำคัญได้แก่ รายได้ของบิดามารดา อาชีพของบิดา และ เกรดเฉลี่ย

ตารางที่ 6 ผลลัพธ์กฎความสัมพันธ์เมื่อกำหนด Minimum Support = 0.3 และ Minimum Confidence = 0.9

Rule No.	Rule
1	Sibling=yes ==> Status=F
2	MI=M1 ==> Status=F
3	MI=M1 Sibling=yes ==> Status=F
4	FI=M1 ==> Status=F
5	FI=M1 Sibling=yes ==> Status=F
6	FW=H ==> Status=F
7	FW=H FI=M1 ==> Status=F
8	FW=H Sibling=yes ==> Status=F
9	FW=H FI=M1 Sibling=yes ==> Status=F
10	FI=M2 ==> Status=F
11	MI=M2 ==> Status=F
12	MI=M2 Sibling=yes ==> Status=F
13	FI=M2 Sibling=yes ==> Status=F
14	GPA=F ==> Status=F
15	GPA=F Sibling=yes ==> Status=F
16	FI=M1 MI=M1 ==> Status=F
17	FI=M1 MI=M1 Sibling=yes ==> Status=F
18	FW=H MI=M1 ==> Status=F
19	FW=H FI=M1 MI=M1 ==> Status=F
20	FW=H MI=M1 Sibling=yes ==> Status=F
21	FW=H FI=M1 MI=M1 Sibling=yes ==> Status=F

พัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

ผู้วิจัยได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อแสดงผลของการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการลาออกกลางคันของนักศึกษา เพื่อเผยแพร่แก่ผู้สนใจนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ ตัวอย่างหน้าเว็บเพจแสดงได้ดังภาพที่ 2



(a)



(b)



(c)



(d)

ภาพที่ 2 เว็บแอปพลิเคชันสำหรับแสดงข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการลาออกกลางคันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

อภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยเริ่มต้นศึกษาความเกี่ยวข้องของปัจจัยที่มีผลต่อการลาออกกลางคันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต เพื่อต้องการทราบปัจจัยที่เกี่ยวข้องและค่าของผลการคำนวณที่ถูกต้องแม่นยำที่สุด โดยจากการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ศึกษา ทำให้ได้กรอบแนวคิดที่ได้จากการวิจัย ซึ่งเริ่มต้นจากการหารูปแบบข้อมูลที่เกิดขึ้นร่วมกันบ่อยครั้งจากการสร้างรูปแบบของ Itemset และการนับค่า Support หลังจากนั้นจึงสร้างกฎความสัมพันธ์เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการลาออกของนักศึกษา เมื่อหาค่ากฎความสัมพันธ์ได้แล้ว จึงทำการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อรายงานผลจากกฎความสัมพันธ์ในรูปแบบการนำเสนอที่เป็นมิตรกับผู้ใช้ ภาพที่ 3 แสดงกรอบแนวคิดที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดที่ได้จากการวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลนักศึกษาที่ลาออกและนำเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลรูปแบบ Association Rules มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์เพื่อหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการลาออก เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากกฎความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดมาสรุปผล ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Weka รุ่นอัลกอริทึม Apriori 3 ครั้ง โดยกำหนด minimum confidence = 0.9 เพื่อให้ได้กฎที่มีความมั่นใจสูง และเปลี่ยนค่า minimum support ลดลงครั้งละ 0.1 ตั้งแต่ 0.5 ถึง 0.3 เพื่อให้ได้เห็นถึงปัจจัยที่มีความสำคัญลดหลั่นกันลงมา สรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อการลาออกของนักศึกษาโดยมีการเรียงลำดับความสำคัญ ได้แก่ รายได้ของบิดามารดา อาชีพของบิดามารดาและเกรดเฉลี่ย ผลการวิจัยที่มีกฎความสัมพันธ์ที่มีค่าต่ำสุดจะถูกจัดให้เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาออกมากที่สุด

สรุปผลและเสนอแนะ

กฎความสัมพันธ์ที่มีค่าความเชื่อมั่น (minimum support) และค่าความเชื่อมั่นในกฎความสัมพันธ์ที่เหมาะสมที่สุดในชุดข้อมูลของงานวิจัยนี้คือ minimum support = 0.3 หมายถึง ค่าความเชื่อมั่นในชุดข้อมูลในงานวิจัยนี้เท่ากับ 30% ของจำนวนข้อมูลทั้งหมด และ confidence = 0.9 หมายความว่า ค่าความเชื่อมั่นในกฎความสัมพันธ์ที่ผู้วิจัยต้องการบทความสัมพันธ์มากกว่าหรือเท่ากับ 90% ของกฎความสัมพันธ์ทั้งหมด

ผลการวิจัยที่ใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลในการหาความสัมพันธ์ของชุดข้อมูล โดยการนำรูปแบบของข้อมูลที่เกิดขึ้นร่วมกันบ่อย ๆ มาสร้างกฎความสัมพันธ์ สังเกตได้ว่า รายได้ของบิดามารดาน้อย ($MI = M1$ และ $FI = M1$) ถูกนับเป็น ItemSet ในหลายกฎความสัมพันธ์ สามารถอธิบายได้ว่า ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาคือรายได้ของบิดามารดา ควบคู่ไปกับ อาชีพของบิดาที่เป็นอาชีพรับจ้าง ($FW = H$) และเกรดเฉลี่ยน้อย ($GPA=F$) พบว่า จากกฎที่ได้ทำให้ทราบว่าปัจจัยหลักของการลาออกของนักศึกษา คือ รายได้ของบิดามารดา อาชีพของบิดาที่เป็นอาชีพรับจ้างและและเกรดเฉลี่ยน้อย ซึ่งสามารถนำมาเป็นแนวทางในการป้องกันการลาออกกลางคันของนักศึกษา

จากการทำเหมืองข้อมูลจากชุดข้อมูลที่ได้นำมาใช้ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ได้นำข้อมูลลงไปแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชันเบื้องต้นให้ผู้ใช้งานสามารถดูผลการวิเคราะห์ของข้อมูลที่ได้ ่อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างเว็บแอปพลิเคชันนี้มีข้อจำกัดที่ขึ้นอยู่กับผู้ดูแลระบบเพียงคนเดียวที่สามารถทำการอัปเดตข้อมูลได้ ดังนั้น การรายงานผลที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยของการลาออกกลางคันของนักศึกษาในแอปพลิเคชันนี้อาจยังขาดความสมบูรณ์ เนื่องจากผู้วิจัยยังไม่ได้ศึกษาลงในรายละเอียดถึงความต้องการของผู้ใช้ในองค์ประกอบทางการรายงานผลที่อาจมีรายละเอียดปลีกย่อยเพิ่มเติม ซึ่งผู้วิจัยเชื่อมั่นว่างานวิจัยนี้ยังสามารถพัฒนาต่อยอดได้อีกมากในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- กฤษณะ ไวยมัย และ ธีระวัฒน์ พงษ์ศิริปรีดา. (2544). การใช้เทคนิค Association Rule Discovery เพื่อการจัดสรรกฎหมายในการพิจารณาคดีความ. *NECTEC Technical Journal*, 3(11), 143-152.
- ชนิดาภา บุญประสม และจรัญ แสนราช. (2561) การวิเคราะห์การทำนายการลาออกกกลางคันของ นักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยใช้เทคนิควิธีการทำเหมืองข้อมูล. *Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 9(1), 142-151.
- ณัฐธิดา สุวรรณโณ และอันธิกา สิงห์เอี่ยม. (2554). การหาปัจจัยที่ส่งผลต่อความเสี่ยงของนักศึกษาเรียนอ่อนด้วยเทคนิคกฎความสัมพันธ์ กรณีศึกษา :มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. *วารสารวิทยาการจัดการ*, 28(1), 65-79.
- บุษราภรณ์ มหัทธนชัย, ครรชิต มาลัยวงศ์, เสมอแซ สมหอม และณัฐยา ตันตวานนท์.(2559). กฎความสัมพันธ์ของรายวิชาที่มีผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาโดยใช้อัลกอริทึมเอพริโอริ. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 3 (หน้า 456 - 469). มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.
- ปรัชญา นวนแก้ว. (2562). เทคโนโลยีเพื่องานประยุกต์ทางธุรกิจ 3. คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, มหาวิทยาลัยพะเยา.
- พนิดา ทงรัมย์. (2555). การสร้างกฎความสัมพันธ์จากเซต รายการความถี่และเซตรายการความถี่แบบปิด. *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 8(2), 22-28.
- พรพมิล ชัยวุฒิกิติ และยุวดี กล่อมวิเศษ. (2562) การพัฒนาการทำนายผลการเรียนของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล. *วารสารวิจัยรามคำแหง วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 22(2), 43-52.
- วิภาวรรณ บัวทอง. (2557). *Data Mining for Classification*. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต.
- สุดารัตน์ พิมลรัตนกานต. (2558). การศึกษาสาเหตุการลาออกกกลางคันของนักศึกษาหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพและหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กรณีศึกษา : วิทยาลัยเทคโนโลยีวิทยุสื่อสารธุรกิจ รามอินทรา เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร. *วารสารวิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน*, 1(1), 67-79.
- Shearer, C. (2000). The CRISP-DM Model: The New Blueprint for Data Mining. *Journal of Data Warehousing*, 5, 13-22.

ระบบบริหารจัดการกลุ่มทอเสื่อกกตำบลแชแล

Management system for reed mat weaving group, Chae Lae Subdistrict

กาญจน์ไพลิน แก้วมุงคุณ¹ ราพร กริเทพ² อภิญญา โพธิ์ระพัฒน์³

สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี^{1,2,3}

*Corresponding author: E-mail : 62000427112@udru.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือ เพื่อศึกษาเกี่ยวกับปัญหาความต้องการของวิสาหกิจชุมชนทอเสื่อกกตำบลแชแล เพื่อพัฒนาระบบบริหารจัดการกลุ่มทอเสื่อกกตำบลแชแล เพื่อประเมินผลการออกแบบของระบบโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010 ใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรมและยังอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ประเภทต่าง ๆ โปรแกรม Microsoft Access 2013

งานวิจัยครั้งนี้ใช้กลุ่มประชากรที่เป็นเป้าหมายการวิจัย ได้แก่ สมาชิกในกลุ่มทอเสื่อกกตำบลแชแล 30 คน และนักศึกษาจำนวน 26 คน มีการใช้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพ ของการทำงานระบบบริหารจัดการกลุ่มทอเสื่อกกตำบลแชแล ผลการศึกษาพบว่า มีความต้องการรูปแบบการใช้งานใน จัดการข้อมูลพื้นฐาน : ข้อมูลสมาชิก ข้อมูลสินค้า ข้อมูลรับเข้าวัสดุอุปกรณ์ จัดการข้อมูลสินค้า จัดการข้อมูลสั่งซื้อ จัดการรับเข้าวัสดุอุปกรณ์ จัดการขายสินค้า และจัดการวิเคราะห์ออกแบบและพัฒนาระบบที่มุ่งเน้น และเกิดการดำเนินงานได้จริงในเรื่อง 1) จัดการข้อมูลพื้นฐาน : ข้อมูลสมาชิก ข้อมูลสินค้า ข้อมูลรับเข้าวัสดุอุปกรณ์ 2) จัดการข้อมูลสินค้า 3) จัดการข้อมูลสั่งซื้อ 4) จัดการรับเข้าวัสดุอุปกรณ์ 5) จัดการขายสินค้า ยังได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพระบบ พบว่าระบบมีประสิทธิภาพระดับมากทุกด้าน ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า ระบบสามารถใช้สำหรับจัดเก็บและจัดการข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ จัดการระบบฐานข้อมูล ที่สามารถจัดเก็บข้อมูลนั้นจะช่วยเก็บข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน รวดเร็ว เป็นระบบ และยังสามารถสืบค้นได้ง่าย อีกทั้งเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ระบบและการทำงานด้วยระบบ คอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพกว่าการที่เก็บเอกสารไว้ เพราะลดความ สลับซับซ้อนและความผิดพลาดในการทำงานของกลุ่มเสื่อกกตำบลแชแล ในปัจจุบันการทำงานส่วนใหญ่มักใช้คอมพิวเตอร์ในการจัดเก็บข้อมูล เพื่อจัดการในการบันทึกข้อมูลให้มีประสิทธิภาพและลดข้อผิดพลาดในการบันทึกข้อมูลมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ : ระบบบริหารจัดการ; พัฒนาระบบ; วิเคราะห์ออกแบบระบบ

Abstract

This article aims to study the problems and needs of the reed mat community enterprise, Jae Lae Subdistrict, to develop a management system for the Reed Mat Weaving Group, Chae Lae Subdistrict, to evaluate the system design, by using Microsoft Visual Studio 2010 to develop programs and facilitate Computer programmers develop different types of software Microsoft Access 2013.

This research the research target population was 30 members of the reed mats in Chalae Sub-District and 26 students. The mean efficiency was used. of the work of the management system for the reed mat weaving group in Chae Lae The results showed that There is a need for usage patterns in Basic Information Management : Member Information, Product Information, Equipment Material Receipt Product Information Management Order Information Management Equipment Material Receipt Management Product Sales Management and manage the analysis, design and development of focused systems and actually working in the matter 1) Basic Information Management : Member Information, Product Information, Equipment Material Receipt 2) Product Information Management 3) Order Information Management 4) Equipment Material Receipt Management 5) Product Sales Management also studied the efficiency of the system It was found that the system was effective in all aspects. It can be seen that The system can be used for systematic storage and management of data. database management that can store information that will help to collect information accurately, completely, quickly and can also be searched easily as well as to meet the needs of system users and system work Computers are more efficient than document storage because they reduce complexity and errors in the work of the Chae Lae reed group. In today's work, most of the computers are used to store data. To manage data recording more efficiently and reduce data recording errors.

Keywords: Management system; System development; System design analysis

บทนำ

กลุ่มทอเสื่อกกตำบลแชแล ตั้งอยู่ที่ 288 หมู่ 7 บ้านเหล่าหมากบัว ตำบลแชแล อำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี ปัจจุบันกำลังดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการทอเสื่อจัดจำหน่าย โดยการใช้รูปแบบการสั่งผลิตมีเสื่อหลากหลายลวดลาย เช่น ลายต่างอย ลายหมากรอก ลายเส้นหมี่ ลายจินตหรา เป็นต้น หากมีลูกค้าสนใจเข้ามาสั่งลายเสื่อที่ต้องการ หัวหน้ากลุ่มจะประสานสมาชิกในกลุ่มเบื้องต้นว่าเสื่อลายนั้นพอมีสินค้าคงเหลือหรือไม่ จากนั้นสมาชิกในกลุ่มถามถึงความต้องการของลูกค้า ถ้าหากลูกค้าต้องการสั่งเพิ่มมากกว่า 1 ลาย สมาชิกในกลุ่มจะตรวจเช็คว่ามีสินค้าให้กับลูกค้าหรือไม่ แต่จะรับออเดอร์ที่สั่งไว้ หากสินค้าหมด สมาชิกในกลุ่มจะรายการสั่งสินค้าใส่กระดาษเพื่อที่จะผลิตเสื่อ หากวัตถุดิบไม่เพียงพอสมาชิกในกลุ่มสามารถแจ้งหัวหน้ากลุ่มเพื่อทำการสั่งซื้อวัตถุดิบไว้สำหรับผลิตเสื่อ กลุ่มทอเสื่อกกตำบลแชแล ยังใช้วิธีการเก็บเอกสารแบบเดิมไม่ได้มีการนำ

สารสนเทศ เช่น คอมพิวเตอร์ เข้ามาช่วยจัดการระบบการบริหารงาน โดยยังคงมีการทำงานด้วยระบบมือ ทำให้เกิดปัญหาภายหลังได้ เช่น การจดบันทึกการขาย การออกแบบใบเสร็จจติด เนื่องจากต้องมาเช็คการจดบันทึกการขายเพื่อเขียนรายการที่จะผลิตวัตถุดิบอีกครั้ง การออกไปเสร็จ สมาชิกในกลุ่มสำเนาหน้าใบเสร็จที่เขียนแล้วทำให้ทางกลุ่มไม่มีใบสำเนาเพื่อดูการสั่งซื้อย้อนหลังได้ คือการที่หัวหน้ากลุ่มหรือสมาชิกในกลุ่มอาจจะหาเอกสารต่าง ๆ ไม่พบ หรือสูญหาย มีความสับสนซับซ้อนในการจัดเก็บเอกสารที่ไม่เป็นระบบ ค้นหาได้ยาก การทำงานมีความล่าช้า เอกสารกระจายกระจายไม่เป็นหมวดหมู่เปลืองพื้นที่ในการจัดเก็บเอกสาร เพราะเอกสารแบบเดิมต้องจัดเก็บในตู้เอกสารและการจ่ายค่าแรงสมาชิกจะจ่ายตามสิ่งที่ขายได้ เกิดปัญหาค่าต้นทุนเงินผิดพลาด อีกทั้งทางกลุ่มไม่มีบันทึกรายรับ-รายจ่าย ปัญหาที่จะเกิดขึ้นคือไม่สามารถรู้ว่าทางกลุ่มมีกำไรหรือขาดทุนมากน้อยแค่ไหน

จากการศึกษาปัญหาข้างต้นที่ผู้จัดทำจึงมองเห็นความสำคัญในการนำระบบสารสนเทศเข้ามาใช้ในการบริหารงานเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น โดยจะนำเอาหลักการวิเคราะห์ระบบและการจัดการฐานข้อมูลมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบบริการจัดการของกลุ่มทอเสื่อกกตำบลแซแล ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งการนำเอา โปรแกรม Database Application กับ โปรแกรม Web Application และโปรแกรม Microsoft Access 2013 เข้าใช้ในการดำเนินงานนั้นจะช่วยเก็บข้อมูลได้อย่างถูกต้องครบถ้วน รวดเร็วเป็นระบบ และยังสามารถสืบค้นได้ง่าย อีกทั้งเพื่อตอบสนองของความต้องการของผู้ใช้ระบบและการทำงานด้วยระบบ คอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพกว่าการที่เราเก็บเอกสารไว้ เพราะจะลดความสับสนซับซ้อนและความผิดพลาดในการทำงานของกลุ่มเสื่อกกตำบลแซแล และปัจจุบันนี้การทำงานส่วนใหญ่มักใช้คอมพิวเตอร์ในการจัดเก็บข้อมูลด้วย เพื่อจัดการในการบันทึกข้อมูลให้มีประสิทธิภาพและลดข้อผิดพลาดในการบันทึกข้อมูลมากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนา โดยพัฒนาระบบบริหารจัดการกลุ่มทอเสื่อกกตำบลแซแล ผู้วิจัยได้ ออกแบบและพัฒนาในประเภทโปรแกรมประยุกต์ด้านฐานข้อมูล ด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010, Microsoft Access
2. กลุ่มตัวอย่าง
 - 2.1 กลุ่มตัวอย่าง คือ สมาชิกกลุ่มทอเสื่อกกตำบลแซแล 30 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างเฉพาะเจาะจง
 - 2.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาสาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจปีที่ 4 (เทียบโอน) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี จำนวน 26 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างเฉพาะเจาะจง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือสำหรับดำเนินงานดังนี้คือ
 - 1) แบบสัมภาษณ์ความต้องการรูปแบบการใช้งานของระบบบริหารจัดการกลุ่มทอเสื่อกกตำบลแซแล จากผู้ประกอบการ และสมาชิกในกลุ่มในเขตพื้นที่ตำบลแซแล
 - 2) แบบเอกสารการศึกษาวเคราะห์ออกแบบและพัฒนาระบบ เพื่อดำเนินงาน ออกแบบและพัฒนาระบบ บริหารจัดการกลุ่มทอเสื่อกกตำบลแซแล โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้คำแนะนำและ ตรวจสอบ

ความถูกต้องในการออกแบบ

3) แบบประเมินประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการกลุ่มทอเสือกกตำบลแซแล โดยผู้ประกอบการ
และ สมาชิกในกลุ่มในเขตพื้นที่ตำบลแซแล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ในส่วนศึกษาความต้องการรูปแบบการใช้งานของระบบ การวิเคราะห์ออกแบบ
และ พัฒนาระบบบริหารจัดการกลุ่มทอเสือกกตำบลแซแล ได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยวิธี วิเคราะห์เนื้อหา
สำหรับ การศึกษาประสิทธิภาพต่อระบบโปรแกรมบริหารจัดการกลุ่มทอเสือกกตำบลแซแล ได้ดำเนินการ
วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ สถิติวิจัยได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของประสิทธิภาพต่อระบบโปรแกรม
บริหารจัดการกลุ่มทอเสือกกตำบลแซแล ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 ประสิทธิภาพมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 ประสิทธิภาพมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 ประสิทธิภาพปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 ประสิทธิภาพน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 ประสิทธิภาพน้อยที่สุด

5. ขั้นตอนวิจัย

กระบวนการออกแบบวงจรพัฒนาระบบ SDLC โยธิน ศิริชัย (2558) ได้นำเสนอขั้นตอนวงจรการ
พัฒนาระบบ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : เข้าใจปัญหา (Problem Definition) เราต้องทราบถึงปัญหาก่อนที่จะพัฒนาระบบ ระบบ
บริหารจัดการข้อมูลเสือกกแซแล จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อเจ้าของกิจการหรือผู้ใช้ระบบตระหนักว่า ต้องการระบบ
หรือระบบจัดการเดิม ได้มีการจัดบันทึกการซื้อต้นกใส่สมุด ทำให้ยากต่อดู ไม่เป็นระเบียบเรียบร้อย และไม่มี
ประสิทธิภาพเพียงพอที่ตอบสนองความต้องการในปัจจุบัน ปัจจุบันผู้ใช้ระบบตื่นตัวกันมากที่จะให้มีการพัฒนา
ระบบมาใช้ในกิจการของตน ในงานธุรกิจ

ขั้นตอนที่ 2 : ศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study) การรวบรวมข้อมูลและนำข้อมูลและนำข้อมูล
เหล่านั้นมาวิเคราะห์ เพื่อตัดสินใจในการใช้ระบบบริหารจัดการ

ขั้นตอนที่ 3 : การวิเคราะห์ (Analysis) ระบบบริหารจัดการกลุ่มทอเสือกกแซแลศึกษาระบบการทำงานของ
ของกลุ่มกำหนดความต้องการของระบบงานใหม่ ซึ่งสมาชิกกลุ่มจะต้องเก็บข้อมูล แก้ปัญหา ตรวจสอบวิธีการ
ทำงานในปัจจุบัน สอบถามสมาชิกกลุ่มเกี่ยวกับปัญหาของระบบ

ขั้นตอนที่ 4 การออกแบบ (Design) การออกแบบของกลุ่มสมาชิกได้เสนอความคิดเห็นว่าระบบควร
ออกมาเป็นหน้าตาแบบไหน ออกแบบให้สอดคล้องกับการทำงานและที่สำคัญง่ายต่อการใช้งาน เพื่อให้มองเห็น
ภาพลักษณ์ของระบบว่ามีความสอดคล้องกันอย่างไร และโปรแกรมอะไรบ้างที่จะต้องเขียนในระบบ การเชื่อม
ระหว่างโปรแกรม การผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น เช่น "ข้อมูลเสือกก" มีความถูกต้องหรือไม่

ขั้นตอนที่ 5 : การพัฒนาระบบ (Construction) ในขั้นตอนนี้จะเริ่มเขียนและทดสอบโปรแกรมว่า ทำงานถูกต้องหรือไม่ ต้องมีการทดสอบกับข้อมูลจริงที่เลือกแล้ว ถ้าทุกอย่างเรียบร้อย จะได้โปรแกรมที่พร้อมที่จะนำไปใช้งานจริง

ขั้นตอนที่ 6 : การปรับเปลี่ยน (Construction) นำระบบใหม่มาใช้ปรับใช้กับระบบการทำงานก่อนหน้านี้ ต้องป้อนข้อมูลให้ครบถ้วน และในที่สุดกลุ่มสมาชิกระบบใช้งานระบบบริหารจัดการแชลล์ การนำระบบเข้ามาควรจะมีการศึกษาระบบก่อน เพื่อให้เข้าใจในระบบเพื่อง่ายต่อการใช้งาน

ขั้นตอนที่ 7 : บำรุงรักษา (Maintenance) การบำรุงรักษาได้แก่ การแก้ไขโปรแกรมหลังจากการใช้งานแล้วพบว่ามีปัญหาและข้อผิดพลาดอะไรบ้างและนำมาปรับปรุงแก้ไขระบบให้ดีขึ้น เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการใช้งาน

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพ ของการทำงานระบบระบบบริหารจัดการกลุ่มทอเสื้อกทาบลดแชลล์

ประสิทธิภาพการทำงานระบบ	\bar{X}	S.D.	ระดับประสิทธิภาพ
ด้านการระบบการทำงาน			
จัดการข้อมูลสมาชิก	4.72	.461	มากที่สุด
จัดการการสั่งซื้อวัสดุอุปกรณ์	4.50	.514	มาก
จัดการรับเข้าวัสดุอุปกรณ์	4.56	.616	มากที่สุด
จัดการการรับเข้าสินค้าในการผลิต	4.44	.616	มาก
จัดการการขายสินค้า	4.61	.502	มากที่สุด
จัดการรับคำสั่งซื้อสินค้า	4.39	.608	มาก
จัดการข้อมูลการผลิต	4.50	.618	มากที่สุด
โดยรวม	4.53	.37893	มากที่สุด
ด้านจัดการรายงาน			
จัดการรายงานข้อมูลการรับเข้า	4.61	.502	มากที่สุด
จัดการข้อมูลการปันผล	4.56	.511	มากที่สุด
จัดการข้อมูลรายจ่าย	4.44	.705	มาก
จัดการการออกรายงาน	4.17	1.098	มาก
โดยรวม	4.44	.56592	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่าผู้ใช้ระบบประเมินประสิทธิภาพระบบจัดการกลุ่มทอเสื้อกทาบลดแชลล์ด้านการระบบการทำงานโดยรวมในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.53) สำหรับด้านรายงานระบบมีประสิทธิภาพโดยรวมในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.44)

สรุปผลและเสนอแนะ

การวิจัยพัฒนาระบบบริหารจัดการกลุ่มทอเสื้อกทาบลดแชแล ครั้งนี้ได้ศึกษาความต้องการรูปแบบระบบบริหารจัดการข้อมูลจากกลุ่มสมาชิก ได้ดำเนินงานตามกระบวนการ SDLC 7 ขั้นตอน โดยได้ใช้โปรแกรมภาษา Visual Basic และโปรแกรม Access ในการพัฒนาระบบ และระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสามารถสนับสนุนการทำงานให้แก่ผู้ประกอบการและสมาชิกทั้งในด้านการจัดการข้อมูลพื้นฐาน เรื่องการจัดการข้อมูลสินค้า การจัดการข้อมูลพื้นฐาน จัดการข้อมูลสมาชิก ด้านจัดการงานขายในเรื่องจัดการการออกรายงาน หน้าการขายสินค้า การสั่งซื้อวัสดุอุปกรณ์ การรับเข้าสินค้า ด้านรายจ่าย ด้านข้อมูลผู้ใช้ระบบ เรื่องรายงานสรุปสถิติข้อมูล เรื่องรายงานแยกประเภท โดยการดำเนินงานในแต่ละด้านสามารถเพิ่ม แก้ไข ลบ ค้นหา และออกรายงานที่เกี่ยวข้องได้ตามเงื่อนไขต่าง ๆ โดยระบบมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้ระบบ มีปุ่มเมนูที่ชัดเจน สะดวกต่อการใช้งาน ซึ่งทำให้เกิดประโยชน์ ประสิทธิภาพ และสร้างความสะดวกในการดำเนินงานขององค์กรยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ด้านการสั่งซื้อ ด้านการออกรายงาน เพื่อเกิด ความรวดเร็วในการดำเนินงานยิ่งขึ้น
2. ควรมีการวางแผนกลยุทธ์ด้านการตลาดออนไลน์ เพื่อสร้างฐานลูกค้าให้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- ปณิธาน เมฆกมล. (2555). การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางธุรกิจเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- สุขุมล ปल्लीกมล. (2557). การออกแบบระบบการจกเก็บและสืบค้นเพิ่มข้อมูลแบบก่อสร้างภูมิสถาปัตยกรรม. <http://www.thapra.lib.su.ac.th/>
- อารักษ์. (2559). ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการปลูกแตงเทศเป็นการค้า. <http://sutir.sut.ac.th:8080/>
- อินทริทา ทวีบุตร. (2561). ระบบการจัดการฟาร์มเห็ดทวี่ฟาร์ม. <https://scholar.utcc.ac.th/>
- โสภาส เขียมสิริวงศ์. (2560). การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (ฉบับปรับปรุง เพิ่มเติม).
- ซีเอ็ดยูเคชั่น
- โสภาส เขียมสิริวงศ์. (2558). ระบบฐานข้อมูล Database System. ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ระบบบริหารจัดการข้อมูลเชื้อเห็ดฟาง กรณีศึกษาบ้านปากดง

Information management system for mushroom fungi Ban Pak Dong Case Study

จุฑามาศ อักษร^{1*} วราพร กริเทพ² อรธิมา ศรีวิชัย³ เบญจวรรณ มีदनนท์⁴

สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี^{1,2,3,4}

*Corresponding author: E-mail: 62000427127@udru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษากระบวนการบริหารจัดการเชื้อเห็ดฟาง 2) วิเคราะห์และออกแบบระบบบริหารจัดการเชื้อเห็ดฟาง และ 3) ประเมินผลประสิทธิภาพของระบบ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ เป็นผู้เชี่ยวชาญด้าน พัฒนาระบบ คัดเลือกโดยวิธี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย และทีมนักศึกษา 2) กลุ่มผู้ประกอบการ เป็นผู้ประกอบกรด้าน การบริหารและใช้ระบบ จำนวน 13 คน คัดเลือกโดยวิธี เป็นสมาชิกที่มีหุ้นส่วนในกิจการเชื้อเห็ดฟาง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) ระบบบริหารจัดการเชื้อเห็ดฟาง 2) แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ 2) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) การศึกษาระบบบริหารจัดการเชื้อเห็ดฟาง พบว่า เกิดปัญหาในการบริหารจัดการกิจการเชื้อเห็ดฟาง 2) การวิเคราะห์และออกแบบระบบบริหารจัดการเชื้อเห็ดฟาง พบว่า ระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ 3) ประเมินประสิทธิภาพของระบบ พบว่า ผู้ใช้ระบบพึงพอใจในระบบบริหารจัดการเชื้อเห็ดฟางที่พัฒนาขึ้น

คำสำคัญ: ระบบบริหารจัดการ; การพัฒนาระบบ; ข้อมูล

ABSTRACT

This research aims to 1) Study the management system of straw mushroom 2) Analyze and design the mushroom fungi management system and 3) Evaluate the efficiency of the system. The sample groups used in the research were 1) a group of experts. is an expert in system development, selected by method as a research advisor and student team 2) Entrepreneurs is an entrepreneur Management and use of the system, 13 people were selected by method. is a member who has a partner in the straw mushroom business The research tools were 1) Straw Mushroom Management System 2) System Efficiency Assessment Form by Experts. 2) System user satisfaction assessment form The statistics used in the research were mean and standard deviation.

The results of the research were as follows: 1) The study of the straw mushroom management system found that there was a problem in the management of the straw mushroom business; 2) the analysis and design of the straw mushroom management system, it was found that the system could work according

to the specified objectives. 3) Assessing the efficiency of the system, it was found that the users of the system were satisfied with the developed straw mushroom management system.

Keywords: management system; system development; information

บทนำ

กลุ่มเชื้อเห็ดฟางบ้านปากดง ตั้งอยู่ที่ บ้านปากดง ตำบลโพนสูง จังหวัดอุดรธานี สืบเนื่องมาจากกลุ่มเกษตรกรบ้านปากดงมีการปลูกเห็ดฟางเป็นจำนวนมาก และต้องซื้อเชื้อเห็ดจากผู้ประกอบการในราคาที่แพง ทางเกษตรกรกลุ่มหนึ่งจึงได้รวมตัวกัน จัดตั้งกลุ่มเชื้อเห็ดขึ้นมาเพื่อรับซื้อเห็ดมาขายเพื่อได้ในราคาที่ถูกลง ซึ่งได้ยืมเงินจากองค์การบริหารส่วนตำบลมาเป็นทุนในการเริ่มลงทุน จำนวน 45,000 บาท โดยมีการชำระคืนปีละ 10,000 บาท และจะมีการปันผลกำไรให้สมาชิกที่มีหุ้นในการซื้อ ช่วงแรกจะมีคนรู้จักแคในกลุ่มชุมชน แต่ปัจจุบันมีการเปิดกิจการมากขึ้น และคนรู้จักมากขึ้น จึงทำให้การจัดการระบบยากขึ้น แต่กลุ่มเชื้อเห็ดฟางนี้ไม่มีระบบการบริหารจัดการมีเพียงการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข บันทึกข้อมูลลงสมุด กลุ่มเชื้อเห็ดฟางยังไม่มีโปรแกรมในการบริหารจัดการข้อมูล ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งในยุคเกษตรกรปัจจุบันเกษตรกรได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในชีวิตประจำวัน การแข่งขันทางด้านการค้ามากขึ้น โปรแกรมนี้จึงเป็นจุดช่วยในการบริหารจัดการกิจการให้มีประสิทธิภาพ เนื่องจากกลุ่มเชื้อเห็ดฟางบ้านปากดง ยังมีการเก็บรวบรวมข้อมูลสมาชิกใน

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นผู้จัดทำจึงสนใจที่จะศึกษาระบบงานเดิมและพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลเชื้อเห็ดฟาง จึงนำเอาเทคโนโลยีระบบงานสมัยใหม่เพิ่มเข้ามาจะช่วยให้การสร้างระบบและใช้โปรแกรม Microsoft Access และโปรแกรม Microsoft Visual Basic ในการพัฒนาส่วนผู้ติดต่อผู้ใช้และการประมวลผลการจัดเก็บเอกสารข้อมูล บันทึก รายรับ-รายจ่าย ในการดำเนินงานของแต่ละเดือน ช่วยในการเก็บรักษาข้อมูลที่ได้มาในแต่ละวัน เดือน และปี ทำให้ข้อมูลมีความถูกต้องมากขึ้น และเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้โปรแกรม จะช่วยในการจัดเก็บข้อมูล การคำนวณรายรับ-รายจ่าย และรายการซื้อขายสินค้าในกิจการ ช่วยลดระยะเวลาในการทำงาน ลดต้นทุนด้านเอกสารและยังมีความถูกต้องแม่นยำสะดวกสบายมากยิ่งขึ้นของระบบงานเดิม เพราะระบบที่จะพัฒนาได้แบ่งส่วนผู้ใช้ออกเป็นสัดส่วน และแต่ละส่วนทำหน้าที่แตกต่างกันออกไป จะมีประโยชน์ต่อการใช้งานทางด้านต่างๆ เพื่อให้เกิดความเป็นระบบที่มีความสมบูรณ์ และเพื่อการเจริญเติบโตของเจ้าของธุรกิจ

1.วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อศึกษาระบบบริหารจัดการเชื้อเห็ดฟาง
- 1.2 เพื่อวิเคราะห์และออกแบบระบบบริหารจัดการเชื้อเห็ดฟาง
- 1.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบบริหารจัดการเชื้อเห็ดฟาง

2.กรอบแนวคิดการวิจัย

- 2.2 การเข้าใจปัญหา
- 2.3 ศึกษาความเป็นไปได้
- 2.4 การวิเคราะห์

- 2.5 การออกแบบ
- 2.6 การพัฒนาระบบ
- 2.7 การปรับเปลี่ยน
- 2.8 การบำรุงรักษา

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. เครื่องมือการวิจัย

- 1.1 Visual Studio
- 1.2 Access
- 1.3 Microsoft Office Project

2. กลุ่มตัวอย่าง

2.1 กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 4 คน จากสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง

2.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มผู้ประกอบการระบบบริหารจัดการข้อมูลเชื้อเห็ดฟาง กรณีศึกษา บ้านปากดง จำนวน 13 คน คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง

3. ขั้นตอนการวิจัย

3.1 ขั้นตอนกระบวนการ SDLC ดำเนินการตาม โยธิน ศิริชัย (2558) ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 : เข้าใจปัญหา (Problem Recognition) เราต้องทราบถึงปัญหาก่อนที่จะพัฒนาระบบ ระบบบริหารจัดการข้อมูลเชื้อเห็ดฟาง กรณีศึกษา บ้านปากดง จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อเจ้าของกิจการหรือผู้ใช้ระบบตระหนักว่า ต้องการระบบหรือระบบจัดการเดิม ได้มีการจัดบันทึกการซื้อเชื้อเห็ดฟางใส่สมุด ทำให้ยากต่อการค้นหา ไม่เป็นระเบียบเรียบร้อย และไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่ตอบสนองความต้องการในปัจจุบัน ปัจจุบันผู้ใช้ระบบต้นตัวกันมากที่จะให้มีการพัฒนาระบบมาใช้ในกิจการของตน ในงานธุรกิจ

ขั้นตอนที่ 2 : ศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study) จุดประสงค์ของการศึกษาความเป็นไปได้คือการกำหนดว่าปัญหาคืออะไรและตัดสินใจว่าพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลเชื้อเห็ดฟาง หรือการแก้ไขระบบงานเดิมมีความเป็นไปได้หรือไม่โดยเสียค่าใช้จ่ายและเวลาน้อยที่สุด และได้ผลเป็นที่น่าพอใจ กำหนดให้ได้ว่า การแก้ไขปัญหาดังกล่าวมีความเป็นไปได้ทางธุรกิจและสมาชิก ปัญหาทางธุรกิจก็จะเกี่ยวข้องกับเรื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องมือเท่าๆกัน

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ (Analysis) เริ่มเข้าสู่การวิเคราะห์ระบบ การวิเคราะห์ระบบเริ่มตั้งแต่การศึกษาระบบการทำงานของระบบบริหารจัดการข้อมูลเชื้อเห็ดฟางอยู่แล้ว เพราะเป็นการยากที่จะออกแบบระบบใหม่โดยที่ไม่ทราบว่าระบบเดิมทำงานอย่างไร หรือธุรกิจดำเนินการอย่างไร หลังจากนั้นกำหนดความต้องการของระบบใหม่ ซึ่งสมาชิกกลุ่มและเจ้าของกิจการระบบจะต้องการเก็บข้อมูล

ขั้นตอนที่ 4 : การออกแบบ (Design) ในระยะแรกของการออกแบบ เจ้าของกิจการและสมาชิกได้เสนอความคิดเห็นว่าระบบควรออกมาเป็นหน้าตาแบบไหน ออกแบบให้สอดคล้องกับการทำงานและที่สำคัญง่ายต่อการใช้งาน หลังจากเจ้าของธุรกิจและสมาชิกจะนำแผนภาพต่าง ๆ ที่เขียนขึ้นในขั้นตอนการ

วิเคราะห์มาแปลงเป็นแผนภาพลำดับขั้น(แบบต้นไม้) เพื่อให้มองเห็นภาพลักษณะที่แน่นอนของโปรแกรมว่ามีความสอดคล้องกันอย่างไร และโปรแกรมอะไรบ้างที่จะต้องเขียนในระบบ การเชื่อมระหว่างโปรแกรม การผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น เช่น "รหัส" มีความถูกต้องหรือไม่

ขั้นตอนที่ 5 : การพัฒนาระบบ (Construction) ในขั้นที่จะเริ่มเขียนและทดสอบโปรแกรมว่า ทำงานตามที่เราต้องการหรือไม่ ต้องมีการทดสอบกับข้อมูลที่ถูกต้อง ถ้าทุกอย่างสมบูรณ์ตามที่ต้องการ เราก็พร้อมนำระบบไปทดลองการใช้งานจริง การใช้และการอธิบายให้เจ้าของกิจการและผู้ใช้ระบบได้เข้าใจในระบบ

ขั้นตอนที่ 6 : การปรับเปลี่ยน (Construction) ขั้นตอนนี้เจ้าของกิจการและผู้ใช้ระบบปรับเปลี่ยนระบบใหม่การดูแลของเจ้าของกิจการและผู้ใช้ระบบการป้องกันข้อมูลให้ครบถ้วน และในที่สุดเจ้าของกิจการและผู้ใช้ระบบใช้งานระบบบริหารจัดการข้อมูลเชื่อเห็ดฟาง การนำระบบเข้ามาควรจะทำการศึกษาระบบก่อน เพื่อให้เข้าใจในระบบเพื่อง่ายต่อการใช้งาน

ขั้นตอนที่ 7 : บำรุงรักษา (Maintenance) การบำรุงรักษาได้แก่ การแก้ไขโปรแกรมหลังจากการใช้งานแล้วพบว่ามีปัญหาและข้อผิดพลาดอะไรบ้างและนำมาปรับปรุงแก้ไขระบบให้ดีขึ้นเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการใช้งาน

- 3.2 การประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ ดำเนินการดังต่อไปนี้
 - ทำการทดสอบระบบว่าสามารถใช้งานได้จริง
 - ทดลองใช้ระบบสามารถทำตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 3.3 การสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ ดำเนินการดังต่อไปนี้
 - ทำแบบสอบถามความพึงพอใจจากผู้ใช้ระบบ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ในส่วนศึกษาความต้องการรูปแบบการใช้งานของระบบ การวิเคราะห์ออกแบบและพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลเชื่อเห็ดฟาง กรณีศึกษาบ้านปากดง ได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การวิจัยพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลเชื่อเห็ดฟาง กรณีศึกษาบ้านปากดงครั้งนี้ ดำเนินงานตามกระบวนการ SDLC 7 ขั้นตอน โยธิน ศิริเอ๋ย (2558) โดยได้ใช้โปรแกรมภาษา Visual Basic และโปรแกรม Access ในการพัฒนาระบบ โดยหลังการพัฒนาพบว่า ผู้ใช้ระบบประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ อยู่ในระดับมาก ทั้งในด้านการจัดการข้อมูลพื้นฐาน ด้านข้อมูลผู้ใช้ระบบ ด้านจัดการงานขาย ด้านการสั่งซื้อเห็ด ด้านการรับเข้าเชื่อเห็ด ด้านรายจ่าย และด้านออกรายงาน โดยทำให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพสร้างความสะดวกในการดำเนินงานขององค์กรยิ่งขึ้น ซึ่งการดำเนินงานและผลการประเมินประสิทธิภาพระบบในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับการทำงานของ ประยูร ช้างจั่น และจินดาพร อ่อนเกตุ (2561) และเกี่ยวข้องกับ สุชาติดา เกิดโพธิ์ชา (2562) ได้พัฒนาระบบบริหารงานร้านช่อมคอมพิวเตอร์เป็นระบบเกี่ยวกับการจัดการข้อมูลในร้านช่อมคอมพิวเตอร์ มีการทำงานคล้ายกับระบบบริหารจัดการข้อมูลเชื่อเห็ดฟางในเรื่อง การจัดเก็บข้อมูล

สินค้า การรับเข้าสินค้า การขายสินค้า การเปลี่ยนคืนสินค้า การออกรายงาน รายงาน ซึ่งได้นำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดเก็บข้อมูล เพื่อลดการสูญหายของข้อมูล เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบที่สามารถเก็บข้อมูลต่างๆได้ สามารถตรวจสอบผู้เข้าระบบก่อนทุกครั้ง และสามารถออกรายงานต่างๆได้ ซึ่งเกิดความสะดวกรวดเร็ว และถูกต้องในการทำงานยิ่งขึ้น และยังสอดคล้องกันในเรื่องซึ่งสอดคล้องกับระบบบริหารจัดการข้อมูลเชิงผิดพลาด ในเรื่องการจัดการข้อมูลพื้นฐาน ข้อมูลการขาย ข้อมูลการสั่งซื้อ ข้อมูลการปันผล ข้อมูลรายงาน ด้านระบบเปลี่ยนคืนสินค้า ซึ่งระบบบริหารจัดการข้อมูลเชิงผิดพลาดจะช่วยให้การเก็บข้อมูล สินค้าและการขายสินค้า เป็นระบบมากยิ่งขึ้น มีการตัดสต็อกสินค้า และสามารถสรุปจำนวนสินค้า คงเหลือ อีกทั้งยังสามารถสรุปยอดการซื้อสินค้าของสมาชิกเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณเงินปันผล และสามารถสรุปรายงานยอดขายรายวัน รายเดือน และรายปี เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการดำเนินการของระบบบริหารจัดการข้อมูลเชิงผิดพลาดอีกต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

1. ควรพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ด้านการสั่งซื้อ ด้านการออกรายงาน เพื่อเกิดความรวดเร็วในการดำเนินงานยิ่งขึ้น
2. ควรมีการวางแผนกลยุทธ์ด้านการตลาดออนไลน์ เพื่อสร้างฐานลูกค้าให้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- โยธิน ศิริชัย. (2558). *วงจรรพัฒนาระบบ SDLC*. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการพัฒนาครู และนักเรียน: กรณีศึกษาจังหวัดยะลา Decision Support System for Teacher and Student Development: a Case Study of Yala Province.
- พิชญ์สินี สุขคติ. (2557). *การพัฒนาระบบการขายสินค้าสหกรณ์โรงเรียนบ้านหนองน้ำแดง* (พิมพ์ครั้งที่ 2). มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. <https://research.kpru.ac.th/sac/fileconference/5422018-05-03.pdf>
- พิสมัย วาเสณัง, ภิชนก นวลศรี และวงศ์ปัญญา นามแก้ว. (2558). *การพัฒนาระบบสหกรณ์โรงเรียนบ้านหนองบัวแดง* (พิมพ์ครั้งที่ 2). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. <http://chair.rmu.ac.th/filepaper/sahachai.ng@gmail.com20150914132526.pdf>
- สุชาติดา เกิดโพธิ์ชา และคณะ. (2562). *การพัฒนาระบบบริหารงานร้านซ่อมคอมพิวเตอร์*. [ภาคนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยสยาม.

การพัฒนาระบบร้านค้าปลีกบ้านโคกโองพัฒนา

Development of a retail system for Ban Khok Hong Pattana

ดารุณี เมฆาโหมด^{1*} วราพร กริเทพ² ธิดิยา หัสดี³

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี^{1,2,3}

*Corresponding author: E-mail: 62000427132@udru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษากระบวนการรับฝากขายสินค้าของระบบร้านค้าปลีกบ้านโคกโองพัฒนา 2) เพื่อวิเคราะห์และออกแบบการพัฒนากระบวนการรับฝากขายสินค้าและ 3) เพื่อประเมินผลระบบฝากขายสินค้า วิธีในการศึกษาและพัฒนากระบวนการใช้กระบวนการของวงจรการพัฒนา (System Development Life Cycle: SDLC) และออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์โดยตามวิธีการทำให้เป็นบรรทัดฐาน โดยใช้โปรแกรม Microsoft Access 2010 ในการจัดการฐานข้อมูลและโปรแกรม Microsoft Visual Basic ในการพัฒนา กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศจำนวน 9 คน 2) ผู้ประกอบการร้านค้าปลีกในเขตพื้นที่บ้านโคกโองพัฒนา จำนวน 3 คน และ 3) นักพัฒนาระบบจากสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ จำนวน 25 คน ซึ่งคัดเลือกด้วยวิธีแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แบบสอบถามปัญหาและความต้องการรูปแบบระบบ 2) คู่มือการวิเคราะห์และออกแบบระบบและ 3) แบบประเมินประสิทธิภาพระบบ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลแบบเนื้อหา และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่าผู้ใช้ระบบต้องการรูปแบบระบบ ที่สามารถสนับสนุนการทำงานในด้านจัดการข้อมูลพื้นฐานที่สามารถจัดการข้อมูลสินค้า จัดการข้อมูลผู้ฝากขายสินค้า ด้านรับฝากสินค้า ด้านการขาย ด้านค่าใช้จ่าย ด้านออกรายงาน ได้ประเมินประสิทธิภาพการทำงานจากผู้ใช้งานพบว่าระบบมีประสิทธิภาพในการทำงานระดับมากทุกด้าน

คำสำคัญ: ระบบบริหารการจัดการ; ระบบร้านค้าปลีก; การพัฒนาระบบ

Abstract

The objectives of this research were 1) to study the consignment process of the Ban Khok Hong Pattana retail store system, 2) to analyze and design the development of the consignment system, and 3) to evaluate the consignment system. Methods for studying and developing systems use the System Development Life Cycle (SDLC) process and design relational databases according to the normalization method. using Microsoft Access 2010 to manage databases and Microsoft Visual Basic for development. The sample group consisted of 1) 9 information technology professionals 2) retail shop entrepreneurs in Ban Khok Hong Pattana area. 3 people and 3) 25 system developers from the field of business computing, selected by a specific method. The research tools were 1) a system model

problem and requirements questionnaire, 2) a system analysis and design manual, and 3) a system performance assessment form. using content analysis and the statistics used in the analysis were mean and standard deviation. The results of the study revealed that system users prefer the system style. that can support the work in basic information management that can manage product information Manage consignor information Product Deposit, Sales, Expense side of the report Has evaluated the performance of the system users. It was found that the system had a high level of efficiency in all aspects.

Keywords: Management system; Retail system; System development

บทนำ

ระบบร้านค้าปลีกบ้านโคกโฮงพัฒนา กรณีศึกษาบ้านโคกโฮงพัฒนาตำบลโคกกลางอำเภอเพ็ญจังหวัดอุดรธานีเป็น กิจการร้านค้าขนาดเล็กประเภทร้านซักรีดมาขายไปและรับฝากขายสินค้าในชุมชนที่ขายสินค้าของใช้ต่างๆสินค้าเบ็ดเตล็ดรวมถึงอาหารไปจนถึงสินค้าทางการเกษตรและพื้นที่ใกล้เคียงยังพบว่ายังมีร้านค้า ที่ขายสินค้าประเภทเดียวกันจำนวนหลายร้านมีทั้งร้านที่เปิดใหม่และร้านที่เปิดเป็นระยะเวลานานซึ่งทำให้ร้านค้าปลีกบ้านโคกโฮงพัฒนา มีคู่แข่งทางการตลาดโดยกลุ่มเป้าหมายหลักคือกลุ่มลูกค้าหรือผู้บริโภคโดยผู้บริโภคมักจะใช้บริการใน ร้านค้าที่สามารถตอบสนองความต้องการของตนเองได้มากที่สุดจึงส่งผลให้กิจการจะต้องปรับตัวให้เข้ากับ พฤติกรรมกรบริโภคสินค้าของกลุ่มเป้าหมายโดยผู้ประกอบการร้านค้าปลีกบ้านโคกโฮงพัฒนาต้องสร้างเสริมกลยุทธ์ทางด้านต่างๆ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างทั้งในรูปแบบสินค้าและบริการที่ดี ซึ่งปัจจุบันทางร้านยังคงประสบปัญหาที่ระบบบริหารจัดการร้านที่ไม่ทันสมัย สถานที่ไม่เพียงพอสำหรับสต็อกสินค้า สินค้าที่แยกประเภทไม่ชัดเจน ทำให้เสียเวลาต่อการค้นหาและการฝากขาย เกิดความล่าช้าและส่งผลไปถึง ปัญหาด้านความพึงพอใจของลูกค้าอีกด้วย จากสาเหตุดังกล่าวร้านค้าปลีกบ้านโคกโฮงพัฒนาจึงต้องบริหารจัดการร้านด้านการวางแผนระบบการบริหารจัดการ รูปแบบของร้านให้ทันสมัยขึ้นและระบบการฝากขายสินค้าในชุมชนสร้างกลยุทธ์ให้เทียบเท่าหรือเหนือกว่าคู่แข่ง สำหรับแนวทางที่จะทำให้ประสบความสำเร็จคือการจัดการร้านค้าให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดโดยนำ เทคโนโลยีที่ทันสมัยมาช่วยอำนวยความสะดวกให้ทางร้านในเรื่องของการจัดการข้อมูลในระบบฝากขายสินค้า ในชุมชนเพื่อที่จะทำให้สามารถวางแผนการบริหารจัดการร้านให้เป็นระบบที่ทันสมัยมากยิ่งขึ้นกว่าที่ผ่านมา จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นว่าควรใช้ เทคโนโลยีเข้ามาช่วยจัดการข้อมูลของกิจการให้ดีขึ้นเพื่อช่วยให้กิจการดำเนินต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อส่งผลต่อกิจการ ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงต้องมีการช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์มุ่งเน้นในเรื่อง (1) เพื่อศึกษากระบวนการรับฝากขายสินค้า (2) เพื่อวิเคราะห์และออกแบบการพัฒนากระบวนการรับฝากขายสินค้าและ (3) เพื่อประเมินผลระบบฝากขายสินค้า โดยได้มีการตรวจสอบเอกสารงานที่เกี่ยวข้องจาก โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์ (2558) ระบบการรวบรวมฐานข้อมูลหลายๆฐานข้อมูล ที่มีความสัมพันธ์กันโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล ภายในระบบฐานข้อมูลต้องมีส่วนของซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมโยงและจัดการฐานข้อมูล ด้วยรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเก็บข้อมูล ดูแลรักษา ความ

ปลอดภัย และง่ายต่อการนำมาใช้งาน และได้ศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา อูษา อินทะชัย (2557) ได้ศึกษาพัฒนาระบบสารสนเทศการจำหน่ายพริกแกง กรณีศึกษา ร้านต๋อยพริกแกง โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2008 และภาษา Visual Basic.Net รวมถึงใช้โปรแกรม Microsoft Office Access 2010 เป็นระบบฐานข้อมูล การศึกษาพบว่า ระบบสามารถจัดการชำระเงินและออกใบเสร็จรับเงินได้ ผู้ใช้สามารถดูรายงานต่างๆจากระบบเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจได้ และยังสามารถศึกษากระบวนการพัฒนาระบบที่ผ่านมา ชนิตา อุบลธรรม (2556) ระบบร้านขายเฟอร์นิเจอร์ ทำการศึกษาออกแบบและสร้างระบบฐานข้อมูลร้านเฟอร์นิเจอร์ แบบศูนย์รวมร้านขายเฟอร์นิเจอร์ และยังคงจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบเอกสารให้สามารถนำเทคโนโลยีมาช่วยในการจัดการข้อมูล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเก็บข้อมูลลงระบบฐานข้อมูล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การเพิ่มค้นหาและแก้ไขข้อมูล และเพื่อลดความเสี่ยงต่อการสูญหายของข้อมูลเพื่อให้สะดวกในการออกรายงานการซื้อ-ขาย เพื่อก่อให้เกิดผลประโยชน์ทางการตลาดอย่างต่อเนื่อง และได้ศึกษาแนวคิดกระบวนการพัฒนาระบบจาก เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ (2562) ที่ได้แนะนำกระบวนการดำเนินงานของวงจรพัฒนาระบบไว้ 7 ขั้นตอน SDLC กำหนดปัญหา (Problem Definition) การศึกษาความเหมาะสม (Feasibility Study) การวิเคราะห์ (Analysis) การออกแบบ (Design) การพัฒนาและทดสอบ (Development & Test) การติดตั้งและการใช้งาน (Implement) และบำรุงรักษา (Maintenance) ซึ่งจากแนวคิดการดำเนินงานข้างต้นผู้วิจัยเชื่อมั่นว่างานวิจัยครั้งนี้จะสร้างประโยชน์ในการดำเนินกิจการเพื่อให้ระบบร้านค้าปลีกบ้านโคกโฮงพัฒนา สามารถใช้งานได้จริงและมีประสิทธิภาพ พัฒนาระบบให้ใช้งานง่ายเหมาะสมกับกิจการ สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นภายในร้าน ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนา โดยการพัฒนาระบบร้านค้าปลีกบ้านโคกโฮงพัฒนาเป็นงานวิจัยที่พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นการวิจัยเชิงพัฒนาซึ่งทำการศึกษาวเคราะห์ออกแบบและพัฒนาระบบเพื่อใช้สำหรับแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นภายในร้านและพัฒนาระบบให้ใช้งานง่ายเหมาะสมกับกิจการสามารถใช้งานได้จริงและมีประสิทธิภาพ

กลุ่มตัวอย่าง

- 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 9 คน จากสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง
- 2) ผู้ประกอบการร้านค้าปลีกบ้านโคกโฮงพัฒนาในเขตพื้นที่บ้านโคกโฮงพัฒนาตำบลโคกกลางอำเภอเพ็ญจังหวัดอุดรธานี จำนวน 3 คน คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง
- 3) นักพัฒนาระบบจากสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ จำนวน 25 คน คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือสำหรับดำเนินงานดังนี้คือ

- 1) แบบสอบถามปัญหาและความต้องการรูปแบบระบบร้านค้าปลีกบ้านโคกโฮงพัฒนา
- 2) คู่มือการวิเคราะห์และออกแบบระบบ (คู่มือการทำงานสาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ, 2563)

3) แบบประสิทธิภาพเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินผลตามค่าเฉลี่ยดังนี้ (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2551)

ระดับคะแนน 5 ระดับประสิทธิภาพมากที่สุด

ระดับคะแนน 4 ระดับประสิทธิภาพมาก

ระดับคะแนน 3 ระดับประสิทธิภาพปานกลาง

ระดับคะแนน 2 ระดับประสิทธิภาพน้อย

ระดับคะแนน 1 ระดับประสิทธิภาพน้อยที่สุด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) รวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือแบบสอบถามโดยลงพื้นที่สอบถามข้อมูลจากผู้ประกอบการร้านค้าปลีกบ้านโคกโฮงพัฒนาตำบลบ้านโคกกลางอำเภอพิบูลย์จังหวัดอุตรธานี

2) รวบรวมข้อมูลจากประเด็นปัญหาและความต้องการนำสู่การวิเคราะห์และออกแบบระบบร้านค้าปลีกบ้านโคกโฮงพัฒนา

3) รวบรวมข้อมูลจากแบบการวิเคราะห์และออกแบบระบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศจำนวน 9 คน นำสู่การพัฒนาาระบบ

4) เก็บรวบรวมข้อมูลแบบประเมินประสิทธิภาพจากกลุ่มเป้าหมายเพื่อนำมาวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ในส่วนวิเคราะห์ผลการประเมินประสิทธิภาพผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยในการวิเคราะห์จะใช้ค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์การประเมินดังนี้

ค่าเฉลี่ยระดับคะแนน 4.51 - 5.00 ค่าประสิทธิภาพระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยระดับคะแนน 3.51 - 4.50 ค่าประสิทธิภาพระดับมาก

ค่าเฉลี่ยระดับคะแนน 2.51 - 3.50 ค่าประสิทธิภาพระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยระดับคะแนน 1.51 - 2.50 ค่าประสิทธิภาพระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยระดับคะแนน 1.00 - 1.50 ค่าประสิทธิภาพระดับน้อยที่สุด

ขั้นตอนวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการตามกระบวนการ SDLC ดังต่อไปนี้ เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ (2562)

1) กำหนดปัญหา (Problem Definition) : ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล กำหนดประเด็นปัญหาที่ต้องดำเนินงาน จากการศึกษาความต้องการรูปแบบการใช้งานของ ระบบร้านค้าปลีกบ้านโคกโฮงพัฒนา จากผู้ประกอบการ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และนักพัฒนาระบบจากสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ

2) การศึกษาความเหมาะสม (Feasibility Study) ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในด้านเครื่องมือที่ต้องนำมาใช้ในการพัฒนาระบบ ความพร้อมด้านบุคลากรผู้พัฒนาระบบ และผู้ใช้งาน และความคุ้มค่าในการพัฒนาระบบใหม่กับระยะเวลาดำเนินงาน

3) การวิเคราะห์ (Analysis) นำข้อมูลที่ได้จากขั้นกำหนดปัญหา มาใช้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบระบบงานใหม่ของระบบร้านค้าปลีกบ้านโคกโฮงพัฒนา ด้วยแผนผัง (Flow Chart) และแผนภาพข้อมูล

(Data flow Diagram) กระบวนการขั้นตอนในระบบ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Access 2010 ในการจัดการฐานข้อมูลและโปรแกรม Microsoft Visual Basic

4) การออกแบบ (Design) : นำข้อมูลในขั้นการวิเคราะห์ มาดำเนินการออกแบบลักษณะการทำงานของระบบ ออกแบบส่วนดำเนินงานของผู้ใช้ (User Interface) ออกแบบฐานข้อมูล และออกแบบรูปแบบการใช้งานระบบฯ โดยผู้เชี่ยวชาญร่วมตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะ

5) การพัฒนาและทดสอบ (Development & Test) : ดำเนินการพัฒนา ระบบ จากการออกแบบที่ได้ดำเนินงานไว้และดำเนินงานทดสอบ ทดลองข้อผิดพลาดของระบบจนเสร็จสมบูรณ์ ก่อนนำสู่การติดตั้งใช้งานจริง

6) การติดตั้งและการทำงาน (Implement) : ดำเนินการติดตั้งระบบ และประเมินประสิทธิภาพของระบบฯจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้ประกอบการ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และนักพัฒนาระบบจากสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ

7) บำรุงรักษา (Maintenance) : นำผลการประเมินและข้อเสนอแนะ มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขระบบในส่วนต่างๆ เพื่อให้ได้ระบบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

ผลการทดลองและอภิปราย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถนำเสนอในประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้

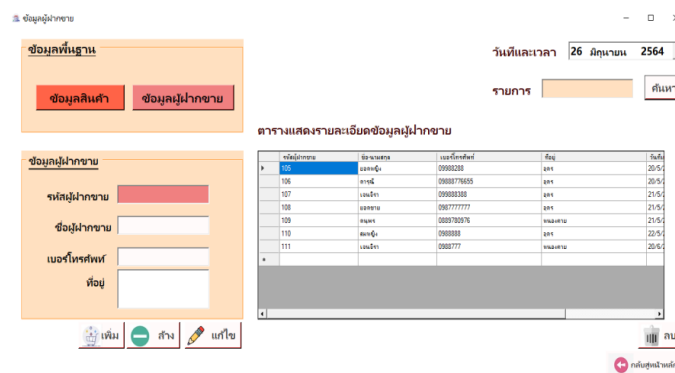
1. ผลการศึกษาระบบการรับฝากขายสินค้า พบว่าผู้ประกอบการร้านค้าปลีกบ้านโคกโฮงพัฒนาตำบลโคกกลางอำเภอเพ็ญจังหวัดอุดรธานีมีความต้องการรูปแบบการใช้งานระบบในด้านการจัดการข้อมูลพื้นฐาน ที่สามารถจัดการข้อมูลผู้ฝากขายสินค้า จัดการข้อมูลสินค้ารับฝาก จัดการข้อมูลรับฝากสินค้า จัดการข้อมูลการขาย จัดการข้อมูลค่าใช้จ่าย และจัดการออกรายงานได้ จากขอบเขตความต้องการ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ดำเนินการออกแบบระบบงานใหม่ โดยวางแผนดังนี้ 1. โปรแกรมฐานข้อมูล ที่เหมาะสำหรับการพัฒนาระบบ คือโปรแกรมภาษา Visual Basic และระบบจัดการฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม Access มีความเหมาะสมในการพัฒนาระบบ 2. ความสามารถของระบบควรมีในการเพิ่ม/ลบ/แก้ไข/บันทึก/ค้นหา และออกรายงานข้อมูลในรูปแบบตามเงื่อนไขต่าง ๆ

2. ผลการวิเคราะห์และออกแบบการพัฒนาระบบรับฝากขายสินค้า การศึกษาวิจัยครั้งนี้จากการกำหนดความต้องการของระบบ นอกจากผู้วิจัยจะต้องทำการศึกษาจากเอกสาร บทความและแหล่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของห้องกับระบบบริการจัดการ ยังได้สอบถามข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบต่างๆ ซึ่งทำให้ผู้วิจัยสามารถระบุความสามารถของระบบตามผู้ใช้งานต้องการใช้งานซึ่งมีคุณลักษณะโดยเก็บข้อมูลในกระบวนการของระบบการสามารถแสดงหน้าจอ ดังนี้



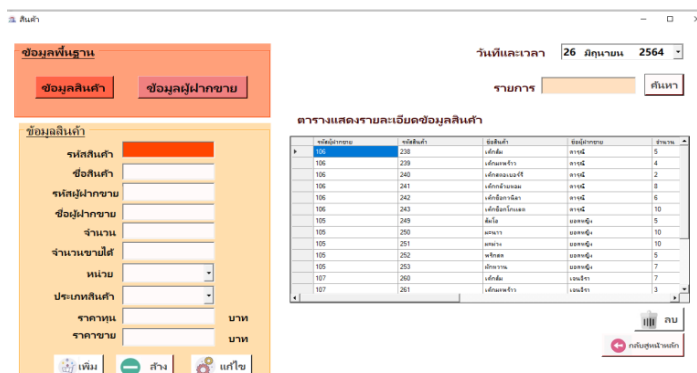
ภาพที่ 1 หน้าหลักของโปรแกรมระบบงาน

จากภาพที่ 1 ฟอรัมหน้าเมนูเป็นส่วนแสดงเมนูการทำงานทั้งหมดของระบบร้านค้าปลีกบ้านโคกโฮงพัฒนาแสดงวันเวลาปัจจุบันได้และแสดงปุ่มปิดโปรแกรมได้



ภาพที่ 2 หน้าโปรแกรมข้อมูลผู้ฝากขายสินค้า

จากภาพที่ 2 ฟอรัมจัดการข้อมูลผู้ฝากขายสามารถทำงาน เป็นหน้ากรอกหรือเลือกข้อมูลผู้ฝากขาย โดยให้กรอก ชื่อ-สกุลผู้ฝากขาย ที่อยู่ เบอร์โทร สามารถบันทึกข้อมูลหรือล้างฟอร์มเมื่อกรอกข้อมูลผิดพลาด เมื่อบันทึกแล้วสามารถเลือกรายการมาทำการแก้ไข ลบข้อมูล และค้นหาข้อมูลได้จากรหัสลูกค้าที่ต้องการได้



ภาพที่ 3 หน้าโปรแกรมข้อมูลสินค้า

จากภาพที่ 3 ฟอรัมจัดการข้อมูลสินค้า โดยมี รหัสสินค้า ชื่อสินค้า รหัสผู้ฝากขาย ชื่อผู้ฝากขาย จำนวน จำนวนขายได้ หน่วย ประเภทสินค้า ราคาทุน ราคาขาย สามารถบันทึกข้อมูลหรือล้างฟอรัมเมื่อกรอกข้อมูลผิดพลาดเมื่อบันทึกแล้วสามารถเลือกรายการมาทำการแก้ไข ลบข้อมูล และค้นหาข้อมูลได้จากรหัสสินค้าที่ต้องการได้

ภาพที่ 4 หน้าโปรแกรมรับฝากขายสินค้า

จากภาพที่ 4 ข้อมูลรับฝากขายสินค้า ของโปรแกรมระบบบริหารจัดการร้านสมยศ ขั้นตอนการทำงาน หน้ารับฝากขายสินค้า โดยระบบจะรันวันที่ รหัสผู้ฝากขายและรหัสสินค้าโดยอัตโนมัติ ระบบจะมี Textbox เพื่อที่จะกรอก ชื่อ-สกุลผู้ฝากขาย ที่อยู่ เบอร์โทร ของผู้ฝากขาย และกดปุ่มเพิ่มข้อมูลผู้ฝากขาย ข้อมูลจะบันทึก ข้อมูลผู้ฝากขายไปยังฐานข้อมูลระบบ แล้วกรอกชื่อสินค้า ชื่อผู้ฝาก จำนวน หน่วย ประเภทสินค้า ราคาทุน ราคาขาย และกดปุ่มเพิ่ม ข้อมูลจะโชว์ที่ ListView2 เพื่อจะสามารถเพิ่มสินค้าได้หลายรายการแล้วกดปุ่มบันทึก ข้อมูล จะรับฝากขายสินค้าไปยังฐานข้อมูลระบบ และสามารถค้นหารายชื่อผู้ฝากขายจากรหัสผู้ฝากขาย สามารถคลิกที่ ชื่อผู้ฝากขายตรง ListView1 ที่รายละเอียดข้อมูลผู้ฝากขาย ถ้ามีข้อมูลสินค้าสินค้าจะแสดงในตารางรายละเอียด ข้อมูลฝากขายสินค้าที่ ListView2 ปุ่มล้างฟอรัมเมื่อกรอกข้อมูลผิดพลาดสามารถล้างข้อมูลที่กรอกผิดได้

ภาพที่ 5 หน้าหลักของโปรแกรมระบบงานใหม่

จากภาพที่ 5 โปรแกรมจัดการข้อมูลการขาย สามารถทำงานโดยคลิกที่ปุ่มค้นหารายการและสามารถคลิกเลือกรายการแล้วตารางจะแสดงข้อมูลจาก ชื่อสินค้า ชื่อผู้ฝากขาย จำนวนขาย ราคาขาย และแสดงบนตารางการขายและโปรแกรมจะคิดยอดชำระให้โดยอัตโนมัติ แล้วเมื่อคลิกปุ่มเพิ่มข้อมูลจะแสดงรายละเอียดการขายและคลิกปุ่มชำระเงินเพื่อบันทึกการขาย

The screenshot shows a web application window titled 'Refund'. The main heading is 'ส่งเงินคืนสำหรับฝาก/คืนสินค้าขาย' (Refund for deposit/return of goods). The interface includes a search bar, a date selector set to '26 มิถุนายน 2564', and two main data entry sections. The left section, 'ข้อมูลผู้ฝากขาย' (Seller Information), contains fields for 'รหัสคืนเงิน' (Refund Code) with the value '319', 'รหัสผู้ฝากขาย' (Seller Code), 'ชื่อผู้ฝากขาย' (Seller Name), 'แอร์โทรศัพท์' (Phone Number), and 'ที่อยู่' (Address). The right section, 'ข้อมูลคืนสำหรับฝาก/คืนสินค้าขาย' (Refund Information), includes fields for 'รหัสสินค้า' (Product Code), 'ชื่อสินค้า' (Product Name), 'ชื่อผู้ฝากขาย' (Seller Name), 'จำนวนรับฝาก' (Deposit Amount), 'หน่วย' (Unit), 'ประเภทสินค้า' (Product Type), 'ราคาคืนเงิน' (Refund Price), 'ราคาขาย' (Selling Price), 'จำนวนคืนสำหรับฝาก' (Refund Amount for Deposit), 'จำนวนคืนสำหรับคืน' (Refund Amount for Return), and 'จำนวนเงินที่ขายได้' (Amount Sold). A 'คืนสินค้าแล้ว' (Goods Returned) checkbox and a 'เพิ่ม' (Add) button are also present. At the bottom, there are summary fields for 'จำนวนคืนสำหรับคืน' (Refund Amount for Return) and 'จำนวนเงินคืน(รวม)' (Total Refund Amount) in Baht, along with 'ล้าง' (Clear) and 'บันทึก' (Save) buttons.

ภาพที่ 6 หน้าหลักของโปรแกรมระบบงานใหม่

จากภาพที่ 6 โปรแกรมจัดการข้อมูลส่งเงินคืนสำหรับฝาก/คืนสินค้าขาย สามารถทำงานโดยคลิกที่ปุ่มค้นหารายการ ข้อมูลจะแสดงรายละเอียดด้านล่างทางซ้ายมือและคลิกเลือกสินค้าที่ต้องการคืน ปุ่มเพิ่มสามารถเพิ่มข้อมูลแสดงรายละเอียดคืนสินค้าแล้วและแสดงข้อมูลด้านล่างขวามือ เพื่อบันทึกเงินส่งและคืนสินค้าคืนสามารถล้างข้อมูลทั้งหมดและบันทึกเพื่อส่งเงินคืนและคืนสินค้าคืน

The screenshot shows a web application window titled 'ค่าใช้จ่าย' (Expense). The main heading is 'รายการจ่าย' (Expense List). The interface includes a search bar, a date selector set to '26 มิถุนายน 2564', and a data entry form on the left. The form, 'ข้อมูลค่าใช้จ่าย' (Expense Information), contains fields for 'ค้นหารายการ' (Search Item) with a 'ค้นหา' (Search) button, 'รหัสค่าใช้จ่าย' (Expense Code), 'ชื่อรายการ' (Expense Name), and 'จำนวนเงิน' (Amount) in Baht. Below the form are buttons for 'เพิ่ม' (Add), 'ล้าง' (Clear), and 'แก้ไข' (Edit). On the right, a table titled 'ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลค่าใช้จ่าย' (Expense Detail Table) displays the following data:

รหัสค่าใช้จ่าย	ชื่อรายการ	จำนวน
01	ค่าไฟ	2050
03	ค่าน้ำ	300
02	ค่าไฟ	20
04	ค่าน้ำ	123

At the bottom right, there are 'ลบ' (Delete) and 'บันทึกข้อมูล' (Save Data) buttons.

ภาพที่ 7 หน้าหลักของโปรแกรมระบบงานใหม่

จากภาพที่ 7 ฟอรัมจัดการข้อมูลค่าใช้จ่าย สามารถทำงานโดยกรอก รหัสค่าใช้จ่าย ชื่อรายการของ
 ค่าใช้จ่ายและจำนวนเงิน แล้วกดปุ่มเพิ่มเพื่อบันทึกและข้อมูลจะแสดงที่ตารางรายละเอียดข้อมูลค่าใช้จ่ายและ
 สามารถ ลบ แก้ไข และล้างข้อมูลทั้งหมดได้



ภาพที่ 8 หน้าหลักของโปรแกรมระบบงานใหม่

จากภาพที่ 8 ฟอรัมจัดการข้อมูลออกรายงาน สามารถทำงานโดย คลิกเลือกรายการของรายงานที่จะ
 ออกรายงาน และพิมพ์ใบเสร็จออกรายงานได้

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของระบบ ของการทำงานระบบบริหารการจัดการร้านค้าปลีกบ้านโคก
 โองพัฒนา

ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับ ประสิทธิภาพระบบ
ด้านการจัดการข้อมูลพื้นฐาน			
จัดการข้อมูลผู้ฝากขายสินค้า	4.16	0.646	มาก
จัดการข้อมูลสินค้าฝากขาย	4.11	0.658	มาก
โดยรวม	4.13	0.652	มาก
ด้านจัดการขาย			
ระบบรับฝากสินค้าขาย	4.24	0.683	มาก
ระบบการขาย	4.35	0.548	มาก
ระบบค่าใช้จ่าย	4.19	0.660	มาก
จัดการออกรายงาน	4.30	0.618	มาก
โดยรวม	4.27	0.627	มาก
ด้านจัดการส่งเงินสินค้านำฝากและคืนสินค้าผู้ฝากขาย			
	4.19	0.660	มาก

ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับ ประสิทธิภาพระบบ
ระบบส่งเงินสินค้ารับฝากและคืนสินค้า ผู้ฝากขาย จัดการออกรายงาน	4.16	0.727	มาก
โดยรวม	4.17	0.693	มาก
ด้านการออกแบบหน้าจอ			
หน้าจัดการฐานข้อมูล	4.19	0.616	มาก
หน้าจอรับฝากสินค้าขาย	4.32	0.702	มาก
หน้าจอขายสินค้าฝากขาย	4.19	0.701	มาก
หน้าจอคืนเงินผู้ฝากขายและคืนสินค้า ผู้ฝากขาย	4.27	0.641	มาก
4.24	0.641	มาก	
หน้าจอค่าใช้จ่าย	4.30	0.661	มาก
หน้าจอการแสดงผลรายงาน			
โดยรวม	4.25	0.660	มาก
ด้านจัดการรายงาน			
รายงานข้อมูลผู้ฝากขายสินค้า	4.03	0.499	มาก
รายงานข้อมูลสินค้าฝากขาย	4.35	0.633	มาก
รายงานรับฝากสินค้าขาย	4.27	0.608	มาก
รายงานค่าใช้จ่าย	4.24	0.641	มาก
โดยรวม	4.21	0.595	มาก

3. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบร้านค้าปลีกบ้านโคกโองพัฒนา ผู้วิจัยได้ทดลองใช้ และประเมินประสิทธิภาพของระบบบริหารการจัดการร้านค้าปลีกบ้านโคกโองพัฒนา จากผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศจำนวน 9 คน กลุ่มผู้ประกอบการร้านค้าปลีกในเขตพื้นที่บ้านโคกโองพัฒนา จำนวน 3 คน และกลุ่มนักพัฒนาระบบจากสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ จำนวน 25 คน รวมจำนวน 37 คน ได้ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ แสดงดังตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 พบว่าผู้ใช้ระบบประเมินประสิทธิภาพด้านการจัดการข้อมูลพื้นฐานในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือจัดการข้อมูลผู้ฝากขายสินค้า(ค่าเฉลี่ย 4.16) รองลงมาคือจัดการข้อมูลสินค้าฝากขาย (ค่าเฉลี่ย 4.11) สำหรับด้านจัดการขายระบบมีประสิทธิภาพในระดับมาก ค่าเฉลี่ยสูงสุดในเรื่องคือระบบการขาย (ค่าเฉลี่ย 4.35) รองลงมาคือจัดการออกรายงาน(ค่าเฉลี่ย 4.30) สำหรับด้านจัดการส่งเงินสินค้ารับฝากและคืนสินค้าผู้ฝากขาย ระบบมีประสิทธิภาพระดับมาก ค่าเฉลี่ยสูงสุดในเรื่องระบบจัดการส่งเงินสินค้ารับฝากและคืนสินค้าผู้ฝากขาย(ค่าเฉลี่ย 4.19) รองลงมาคือเรื่องจัดการออกรายงาน(ค่าเฉลี่ย 4.16)สำหรับด้านการออกแบบ

หน้าจอระบบมีประสิทธิภาพระดับมาก มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือหน้าจอรับฝากสินค้าขาย(ค่าเฉลี่ย 4.32) รองลงมาคือหน้าจอการแสดงผลรายงาน(ค่าเฉลี่ย 4.30) สำหรับด้านจัดการรายงานมีประสิทธิภาพในระดับมาก ค่าเฉลี่ยสูงสุดในเรื่องรายงานข้อมูลสินค้าฝากขาย(ค่าเฉลี่ย 4.35) รองลงมาคือรายงานค่าใช้จ่าย(ค่าเฉลี่ย 4.24)

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกโคกโฮงพัฒนาครั้งนี้ได้พัฒนาระบบที่มุ่งเน้นการดำเนินงานในด้านการจัดการข้อมูลพื้นฐาน ด้านจัดการขาย ด้านจัดการส่งเงินสินค้ารับฝากและคืนสินค้าผู้ฝากขาย ด้านการออกแบบหน้าจอ ด้านจัดการรายงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานโดยดำเนินการพัฒนาระบบตามแนวทางวงจรการพัฒนาระบบ SDLC 7 ขั้นตอนกิจกรรม เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ (2562) ทั้งนี้ได้ดำเนินการประเมินประสิทธิภาพระบบ ซึ่งผู้ประเมินประกอบด้วย ผู้ประกอบการ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และนักพัฒนาระบบจากสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ซึ่งการดำเนินงานและผลการประเมินประสิทธิภาพระบบในครั้งนี้มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับการทำงานของ โอบาส เอี่ยมสิริวงศ์ (2558) ระบบการรวบรวมฐานข้อมูลหลายฐานข้อมูล ที่มีความสัมพันธ์กัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลภายในระบบฐานข้อมูลต้องมีส่วนของซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมโยงและจัดการฐานข้อมูล ด้วยรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเก็บข้อมูลดูแลรักษาความปลอดภัยและง่ายต่อการนำมาใช้งาน และยังสอดคล้องกับอุษา อันทะชัย (2557) ได้ศึกษาพัฒนาระบบสารสนเทศการจำหน่ายพริกแกง กรณีศึกษา ร้านต๋อยพริกแกง โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2008 และภาษา Visual Basic.Net รวมถึงใช้โปรแกรม Microsoft Office Access 2010 เป็นระบบฐานข้อมูล การศึกษาพบว่า ระบบสามารถจัดการชำระเงินและออกใบเสร็จรับเงินได้ ผู้ใช้สามารถดูรายงานต่างๆจากระบบเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจได้ ครั้งนี้ยังมีผลการดำเนินงานที่สอดคล้องกับชนิตา อุบลธรรม (2556) ระบบร้านขายเฟอร์นิเจอร์ ทำการศึกษาออกแบบและสร้างระบบฐานข้อมูลร้านเฟอร์นิเจอร์ แบบศูนย์รวมร้านขายเฟอร์นิเจอร์ และยังคงจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบเอกสารให้สามารถนำเทคโนโลยีมาช่วยในการจัดการข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บข้อมูลลงระบบฐานข้อมูล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การเพิ่มค้นหาและแก้ไขข้อมูลและเพื่อลดความเสี่ยงต่อการสูญหายของข้อมูลเพื่อให้สะดวกในการออกรายงานการซื้อ-ขายได้ โดยหลังการพัฒนาระบบพบว่า ผู้ใช้ระบบประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ อยู่ในระดับมากทุกด้าน ทั้งในด้านการจัดการข้อมูลพื้นฐาน ด้านจัดการขาย ด้านจัดการส่งเงินสินค้ารับฝากและคืนสินค้าผู้ฝากขาย ด้านการออกแบบหน้าจอและด้านการออกรายงาน

สรุปผลและเสนอแนะ

สรุปผล

การวิจัยพัฒนาระบบจัดการร้านค้าปลีกบ้านโคกโฮงพัฒนา ครั้งนี้ได้ศึกษาความต้องการรูปแบบระบบจัดการร้านค้าปลีกบ้านโคกโฮง ได้ดำเนินงาน โดยใช้โปรแกรม Microsoft Access 2010 ในการจัดการฐานข้อมูล และโปรแกรม Microsoft Visual Basic 2010 ในการพัฒนาระบบและระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ สามารถสนับสนุนการทำงานให้แก่ผู้ประกอบการและผู้ใช้งานทั้งในด้านการจัดการข้อมูลพื้นฐานด้านการขาย ด้านจัดการส่งเงินสินค้ารับฝากและคืนสินค้าผู้ฝากขาย ด้านการออกแบบหน้าจอและด้านการออกรายงาน ซึ่งทำให้

ผู้วิจัยสามารถระบุความสามารถของระบบตามที่ผู้ใช้งานต้องการได้และผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานจากผู้ใช้ระบบ พบว่าระบบมีประสิทธิภาพในการทำงานระดับมากทุกด้าน

ข้อเสนอแนะ

1. สามารถนำไปพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกโคกโองพัฒนาได้ในรูปแบบของเว็บไซต์เพื่อเพิ่มช่องทางการฝากขายในรูปแบบอื่นได้
2. การวิจัยในครั้งต่อไปควรเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างให้มากขึ้น โดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ จากผู้ใช้เพื่อได้ผลการประเมินที่ครอบคลุมการใช้งานยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เกียรติพงษ์ อุดมธนธีระ. (2562). วงจรการพัฒนาระบบ. (System Development Life Cycle : SDLC).

<https://dol.dip.go.th/th/category/>

ชนิตา อุบลธรรม. (2556). การพัฒนาระบบเว็บไซต์. <http://www.northbkk.ac.th/research/?news=research&id=000412>

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2551). การวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) (พิมพ์ครั้งที่ 9). บิสซิเนสอาร์แอนด์ตี.

สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ. (2563). คู่มือการทำงานสาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ. คณะวิทยาการจัดการ : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

อุษา อินทะชัย. (2557). ระบบสารสนเทศการจำหน่ายพริกแกง. <https://search.library.spu.ac.th/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=171626>

โอบาส เอียมสิริวงศ์. (2558). ระบบฐานข้อมูล Database Systems. ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีก Management System for Retail Stores

ธนาวุฒิ โคสออน^{1*} วราพร กริเทพ²

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี^{1,2}

*Corresponding author: E-mail: 62000427121@udru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกในปัจจุบัน เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบ และเพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบ วิธีการศึกษาและพัฒนาระบบใช้วงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) 7 ขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ครั้งนี้ประกอบด้วย 1) แบบสัมภาษณ์ความต้องการรูปแบบการใช้งานของระบบ 2) แบบเอกสารการศึกษาวิเคราะห์ออกแบบและพัฒนาระบบ 3) แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งใช้การวิเคราะห์ข้อมูลแบบเนื้อหา และใช้สถิติในการวิเคราะห์ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่าผู้ใช้ระบบต้องการรูปแบบระบบ ที่สามารถสนับสนุนการทำงานในด้านจัดการข้อมูลพนักงาน ข้อมูลตัวแทนจำหน่าย ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลด้านสินค้า ด้านจัดการงานขาย ข้อมูลเจ้าหนี้หรือลูกหนี้ ด้านรายจ่าย ด้านออกรายงาน และหลังจากพัฒนาระบบที่สอดคล้องกับความต้องการ ได้ประเมินประสิทธิภาพการทำงานจากผู้ใช้งานพบว่าระบบมีประสิทธิภาพในการทำงานระดับมากทุกด้าน

คำสำคัญ: วิเคราะห์และออกแบบระบบ; ระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีก; วงจรพัฒนาระบบ

Abstract

This research aims to study the current retail store management system. to design and develop the system and to assess system performance Methods for studying and developing systems using a seven-stage System Development Cycle (SDLC) were used in research. This time consisted of 1) an interview form for the system usage requirements, 2) a document for the study, analysis, design and development of the system, and 3) a form for assessing the efficiency of the system. which uses content analytics and use statistics for analysis such as mean and standard deviation. The results of the study showed that system users wanted the system style. that can support the work in managing employee information dealer information, customer information, product information Sales Management Creditor or receivable information, expenditure side, report issue and after developing a system that meets the needs Has evaluated the performance of the system users. It was found that the system had a high level of efficiency in all aspects.

Keywords: System Analysis and Design; Retail Store Management System; System Development Cycle

บทนำ

ร้านค้าปลีกในปัจจุบันในกลุ่มขนาดเล็ก และขนาดกลาง ส่วนใหญ่ยังมีการบริหารงานโดยใช้ระบบการจดบันทึกลงกระดาษ ทั้งนี้ระบบบริหารจัดการของทางร้านยังไม่มีเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดเก็บข้อมูลสินค้าอย่างเป็นทางการเป็นการแยกประเภทสินค้า จึงทำให้การค้นหาลูกค้าเกิดความล่าช้า ซึ่งเป็นกระบวนการดำเนินงานที่ยังไม่มีประสิทธิภาพ ส่งผลไปถึงความพึงพอใจของลูกค้าลดลง จากสาเหตุดังกล่าว จึงควรนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการควบคุมการทำงานของระบบของร้านค้าปลีกในขนาดเล็กและขนาดกลาง เพื่อช่วยในการทำงานด้านบันทึกจัดการข้อมูล จัดการด้านการบริการให้มีความสะดวกยิ่งขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน สร้างระบบงานให้มีระเบียบ ถูกต้อง แม่นยำ รวดเร็วยิ่งขึ้น ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อศึกษาระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีก 2) ศึกษาวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีก และ 3) เพื่อประเมินผลการพัฒนาระบบร้านค้าปลีก โดยการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนา โดยพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีก กรณีศึกษาร้านค้าปลีกขนาดกลาง พื้นที่โพธิ์พิสัย จังหวัดหนองคาย ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาในประเภทโปรแกรมประยุกต์ด้านฐานข้อมูล ด้วยโปรแกรม Microsoft Access และ Visual basic โดยได้มีการนำแนวทางการพัฒนาและออกแบบระบบในรูปแบบ SDLC จาก เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีร (2562) ที่ได้ให้แนวทางวงจรพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) วงจรการพัฒนาหรือมักเรียกสั้นๆว่า SDLC เป็นวงจรที่แสดงถึงกิจกรรมต่างๆ ที่เป็นลำดับขั้นตอนในการพัฒนาระบบ ซึ่ง SDLC ประกอบด้วย กิจกรรม 7 ระยะเวลาด้วยกัน ดังนี้ ระยะเวลาที่ 1 กำหนดปัญหา (Problem Definition) ระยะเวลาที่ 2 การศึกษาความเหมาะสม (Feasibility Study) ระยะเวลาที่ 3 การวิเคราะห์ (Analysis) ระยะเวลาที่ 4 การออกแบบ (Design) ระยะเวลาที่ 5 การพัฒนาและทดสอบ (Development & Test) ระยะเวลาที่ 6 การติดตั้งและการใช้งาน (Implement) ระยะเวลาที่ 7 บำรุงรักษา (Maintenance) อีกทั้งยังได้ศึกษา ระบบการขายจากระบบบริหารงานร้านขายอุปกรณ์การช่าง จาก สุทธิทิพย์ ทองสุข และคณะ(2562) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบที่สามารถบริหารจัดการร้านขายอุปกรณ์การช่างอย่างมีประสิทธิภาพ และยังเพิ่ม ความสะดวกสบายให้แก่ผู้ใช้ระบบโดยสามารถออกรายงานสินค้าคงเหลือ รายงานการสั่งซื้อ รายงานการขาย และรายงานสินค้าชำรุดการพัฒนาระบบบริหารงานร้านขายอุปกรณ์การช่าง คณะผู้จัดทำใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010 ในการเขียนคำสั่ง และใช้ Microsoft SQL Server 2012 ในการจัดการ ฐานข้อมูลและจัดเก็บข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลสินค้า ข้อมูลการขาย ข้อมูลการสั่งซื้อ เป็นต้น ซึ่งสามารถลด ปัญหาการสูญหายของข้อมูลได้เป็นอย่างดี ระบบ (System Development Life Cycle) พบว่า ผลประเมิน ความพึงพอใจของระบบโดยรวมทุกด้านอยู่ในระดับมากด้วยมีการแสดงผลรายงานที่สอดคล้องต่อความต้องการ และผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบสารสนเทศ และยังได้ศึกษา งานวิจัยที่ผ่านมาของ กฤตกร ไคร์ครวญ (2562) ได้ดำเนินงานวิจัยพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลร้านค้าชุมชน กรณีศึกษาศูนย์สาธิตการเกษตรร้านค้าชุมชน ตำบลท่าเสา มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาการทำงานภายในร้าน โดยมี ระบบการจำหน่ายสินค้า ระบบการจัดการข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อมูลสินค้า ข้อมูลสมาชิก ข้อมูลการซื้อ ขายสินค้า ระบบเรียกดู สมาชิก รายงานสถิติการซื้อสินค้าของสมาชิก และรายงานการปันผลหุ้นให้กับสมาชิกเมื่อสิ้นปีซึ่งผู้ทำการวิจัย ได้ทำการเลือกใช้ระบบฐานข้อมูล Microsoft SQL Server ในการจัดเก็บข้อมูล ใช้เทคโนโลยีการเขียน โปรแกรมด้วยภาษา C# และพัฒนาระบบในรูปแบบ Windows Form Application โดยคำนึงถึงรูปแบบการ ใช้งานที่ง่าย สามารถลดความซ้ำซ้อนในการทำงานลง และคำนึงถึงเรื่องความปลอดภัยของ

ระบบการรักษาความปลอดภัย ระบบที่พัฒนาขึ้นรองรับการใช้งาน ของคน 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) พนักงาน 2) เจ้าหน้าที่ โดยที่ผู้ใช้ แต่ละกลุ่มมีระดับการเข้าถึงข้อมูลที่แตกต่างกัน ผลของการพัฒนาระบบประกอบไปด้วย 1) ระบบขายสินค้า 2) ระบบจัดการข้อมูล 3) ระบบรายงาน ซึ่งจากแนวคิดการดำเนินงานข้างต้นผู้วิจัยเชื่อมั่นว่างานวิจัยครั้งนี้จะสร้างประโยชน์ในการดำเนินการธุรกิจที่สามารถช่วยให้ ผู้ประกอบการร้านค้าปลีกมีระบบสนับสนุนการทำงานที่รวดเร็วขึ้น ซึ่งทำให้ร้านค้าปลีกมีระบบสนับสนุนการขายมีประสิทธิภาพมากขึ้น และยังสามารถช่วยปัญหาการจัดเก็บข้อมูลซ้ำซ้อนได้

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ขั้นตอนวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการตามกระบวนการ SDLC ดังต่อไปนี้

1) กำหนดปัญหา (Problem Definition) : ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล กำหนดประเด็น ปัญหาที่ต้องดำเนินงาน จากการศึกษาความต้องการรูปแบบการใช้งานของระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกจากผู้ประกอบการ ตลอดจนวางแผนขอบเขตงานที่ต้องดำเนินงาน การพัฒนาระบบฯ ตลอดจนโครงการวิจัย

2) การศึกษาความเหมาะสม (Feasibility Study) ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในด้านเครื่องมือที่ต้องนำมาใช้ ในการพัฒนาระบบ และเครื่องมือสำหรับใช้งานในหน่วยงาน ความพร้อมด้านบุคลากรผู้พัฒนาระบบ และ ผู้ใช้งาน และความคุ้มค่าความเหมาะสมในด้านงบประมาณสำหรับใช้ในการพัฒนาระบบใหม่กับระยะเวลาดำเนินงาน

3) การวิเคราะห์ (Analysis) นำข้อมูลที่ได้จากขั้นกำหนดปัญหา มาใช้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบ ระบบงานใหม่ของระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกพื้นที่โพธิ์พิสัย จังหวัดหนองคายด้วยแผนผัง (Flow Chart) และแผนภาพข้อมูล (Data flow Diagram) กระบวนการขั้นตอนในระบบ การใช้ซอฟต์แวร์ภาษา Visual Basic และฐานข้อมูลใช้โปรแกรม Access

4) การออกแบบ (Design) : นำข้อมูลในขั้นการวิเคราะห์ มาดำเนินการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ ออกแบบส่วนดำเนินงานของผู้ใช้ (User Interface) ออกแบบฐานข้อมูล และออกแบบรูปแบบการใช้งานระบบฯ โดยผู้เชี่ยวชาญร่วมตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะ

5) การพัฒนาและทดสอบ (Development & Test) : ดำเนินการพัฒนาระบบ จากการออกแบบที่ได้ดำเนินงานไว้และดำเนินงานทดสอบ ทดลองข้อผิดพลาดของระบบจนเสร็จสมบูรณ์ ก่อนนำสู่การติดตั้งใช้งานจริง

6) การติดตั้งและการใช้งาน (Implement) : ดำเนินการติดตั้งระบบ และประเมินประสิทธิภาพของระบบฯ จากผู้เชี่ยวชาญ ผู้ประกอบการร้านค้าปลีก

7) บำรุงรักษา (Maintenance) : นำผลการประเมินและข้อเสนอแนะ มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขระบบใน ส่วนต่างๆ เพื่อให้ได้ระบบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

ประชากร

ประชากรในงานวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้ประกอบการร้านค้าปลีกขนาดกลาง ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ นักศึกษาสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ

กลุ่มตัวอย่าง

- 1) กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ประกอบการร้านค้าปลีกขนาดกลาง จำนวน 5 คน คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง
- 2) กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 9 คน จากสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง
- 3) กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ จำนวน 30 คน คัดเลือกแบบ เฉพาะเจาะจง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือสำหรับดำเนินงานดังนี้ คือ

- 1) แบบสัมภาษณ์ความต้องการรูปแบบการใช้งานของระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกขนาดกลางพื้นที่โพนพิสัย จังหวัดหนองคาย
- 2) แบบเอกสารการศึกษาวเคราะห์ออกแบบและพัฒนาระบบ เพื่อดำเนินงาน ออกแบบและ พัฒนาระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกพื้นที่โพนพิสัย จังหวัดหนองคาย
- 3) แบบประเมินประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกขนาดกลางพื้นที่โพนพิสัย จังหวัดหนองคาย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

- 1) แบบสัมภาษณ์ความต้องการรูปแบบการใช้งานของระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกขนาดกลางพื้นที่โพนพิสัย จังหวัดหนองคาย จากผู้ประกอบการ
- 2) แบบเอกสารการศึกษาวเคราะห์ออกแบบและพัฒนาระบบ เพื่อดำเนินงาน ออกแบบและ พัฒนาระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกพื้นที่โพนพิสัย จังหวัดหนองคาย โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้คำแนะนำ และตรวจสอบความถูกต้องในการออกแบบ
- 3) แบบประเมินประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกขนาดกลางพื้นที่โพนพิสัย จังหวัดหนองคาย โดยผู้ประกอบการ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ในส่วนของการศึกษาความต้องการรูปแบบการใช้งานของระบบ การวิเคราะห์ออกแบบ และพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกขนาดกลางพื้นที่โพนพิสัย จังหวัดหนองคาย ได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธี วิเคราะห์เนื้อหา สำหรับการศึกษาระสิทธิภาพต่อระบบ โปรแกรมบริหารจัดการร้านค้าปลีกขนาดกลาง ได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติวิจัยได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของประสิทธิภาพต่อระบบ โปรแกรมบริหารจัดการร้านค้าปลีกดังนี้ ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 ประสิทธิภาพมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 ประสิทธิภาพมาก ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 ประสิทธิภาพปานกลาง ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 ประสิทธิภาพน้อย ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 ประสิทธิภาพน้อยที่สุด

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถนำเสนอในประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้

1) ผลการศึกษาความต้องการรูปแบบการใช้งานของระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกพื้นที่โพนพิสัย จังหวัดหนองคาย พบว่าผู้ประกอบการและพนักงาน มีความต้องการรูปแบบการใช้งานระบบในด้านการจัดการข้อมูลพื้นฐาน ที่สามารถจัดการข้อมูลพนักงาน ข้อมูลตัวแทนจำหน่าย ข้อมูลลูกค้าได้ ต้องการรูปแบบการใช้งานด้านการจัดการงานขาย ที่สามารถจัดการข้อมูลรับเข้าสินค้า จัดการข้อมูลสั่งซื้อ จัดการข้อมูลการระบายจ่ายได้ และ จัดการออกรายงานได้ จากขอบเขตความต้องการ

2) การออกแบบและพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกพื้นที่โพนพิสัย จังหวัดหนองคาย ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ ดำเนินการออกแบบระบบงานใหม่ที่สอดคล้องต่อความต้องการระบบร้านค้าปลีก โดยใช้โปรแกรมทำระบบงาน และโปรแกรมฐานข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบ คือโปรแกรม Visual Basic และระบบจัดการฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม Access มีความเหมาะสมในการพัฒนาระบบ ทั้งนี้ได้ดำเนินการพัฒนาระบบให้มีความสามารถของระบบในเรื่อง เพิ่ม/ แก้ไข/ ลบ/ ค้นหา และออกรายงานข้อมูลในรูปแบบตามเงื่อนไขต่างๆ ในส่วนหน้าจอได้ดำเนินการออกแบบให้ ใช้งานง่าย มีปุ่มเมนูที่ชัดเจน สะดวกต่อการใช้งาน ที่สอดคล้องต่อความต้องการของผู้ใช้ระบบ ประกอบด้วย 1) ระบบจัดการข้อมูลพื้นฐาน : ข้อมูลตัวแทนจำหน่าย ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลสินค้า ข้อมูลพนักงาน 2)จัดการข้อมูลการขาย 3) จัดการข้อมูลสั่งซื้อ 4) จัดการรับสินค้า 5) จัดการระบายจ่าย 6) จัดการรายงาน โดยมีรูปแบบการดำเนินงานดังนี้

1) การนำข้อมูลในส่วนการจัดการข้อมูลพื้นฐาน ประกอบด้วยการนำเข้าข้อมูลในเรื่องข้อมูลลูกค้า ข้อมูลสินค้า ข้อมูลพนักงาน ข้อมูลตัวแทนจำหน่าย โดยเมื่อมีครบถ้วนแล้วระบบจะบันทึกข้อมูลทั้งหมดไว้ในฐานข้อมูล และสามารถแสดงผลข้อมูลออกมาทางหน้าจอ

2) การค้นหาข้อมูลจะสามารถสืบค้นทุกระบบการทำงาน โดยมีวิธีการค้นหาจากรหัส และจากรายการ

3) การสรุปผลข้อมูล จะสามารถสรุปผลข้อมูลได้ทุกระบบการทำงาน โดยดึงข้อมูลมาใช้และ แสดงผลข้อมูลด้วยการระบุข้อมูลตามเงื่อนไขของแต่ละระบบงาน

4) การออกรายงาน สามารถสืบค้นได้จากเงื่อนไขที่กำหนดเช่น ประเภทรายงานที่ต้องการออกรายงาน ซึ่งสามารถนำเสนอผลการพัฒนาระบบได้ดังนี้

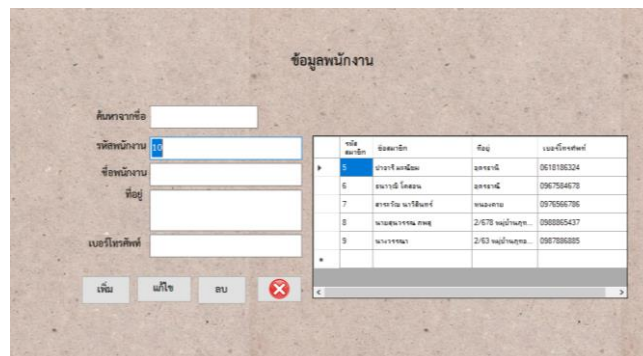
หน้าเมนูหลักจะแสดงเมนูการทำงานซึ่งประกอบไปด้วยเมนูย่อยต่างๆ ของระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีก ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ภาพเมนูหลักของระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีก

จากภาพที่ 1 สำหรับหน้าจอหน้าแรกจะแสดงเมนูการทำงานของระบบ ซึ่งจะสามารถอธิบายการทำงาน ได้ดังต่อไปนี้ หน้าแรกจะแสดงหลักและเมนูย่อย ในส่วนของเมนูหลัก ได้แก่ 1.จัดการข้อมูลพื้นฐาน ประกอบไปด้วย ข้อมูลลูกค้า, ข้อมูลพนักงาน, ข้อมูลตัวแทนจำหน่าย, ข้อมูลสินค้า เป็นต้น 2.จัดการข้อมูลการขาย จะประกอบไปด้วย ระบบขายสินค้า, ระบบสั่งซื้อสินค้า, ระบบรับเข้าสินค้า และระบบโปรโมชั่น 3.ระบบจัดการข้อมูลลูกหนี้ ประกอบไปด้วย ระบบลูกหนี้และระบบเจ้าหนี้ 4.ระบบระจ่าย และสุดท้ายคือ ระบบออกรายงาน

หน้าจอระบบจัดการข้อมูลพนักงาน เป็นหน้าจอใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลพนักงาน สามารถแบ่งการทำงานเป็นส่วนต่างๆ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 หน้าจอระบบจัดการข้อมูลพนักงาน

จากภาพที่ 2 แสดงหน้าระบบจัดการข้อมูลพนักงาน ซึ่งสามารถกรอก ชื่อ ที่อยู่และเบอร์โทรศัพท์ของพนักงาน และยังสามารถบันทึก ลบ และแก้ไขข้อมูลพนักงานได้ ส่วนตารางทางด้านขวามือจะแสดงข้อมูลของลูกค้าที่ได้ทำการบันทึกเอาไว้แล้ว และยังสามารถค้นหาข้อมูลของลูกค้าได้อีกด้วย

หน้าจอระบบจัดการข้อมูลตัวแทนจำหน่าย เป็นหน้าจอใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลตัวแทนจำหน่าย สามารถแบ่งการทำงานเป็นส่วนต่างๆ ดังภาพที่ 3

รหัส ประจำตัว	ชื่อ-นามสกุล	ที่อยู่	เบอร์โทรศัพท์
1	ไม่มีชื่อ	สงขลา	0613005810
4	ไม่มีชื่อ	สงขลา	0618185324
5	ไม่มีชื่อ	สงขลา	0279656788
*			

ภาพที่ 3 หน้าจอระบบจัดการข้อมูลตัวแทนจำหน่าย

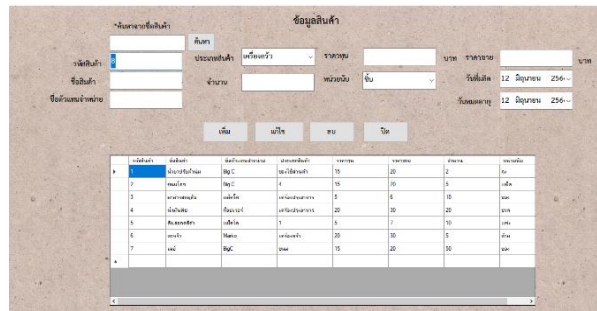
จากภาพที่ 3 แสดงหน้าระบบจัดการข้อมูลตัวแทนจำหน่าย ซึ่งสามารถกรอก ชื่อ ที่อยู่และเบอร์โทรศัพท์ของตัวแทนจำหน่าย และยังสามารถบันทึก ลบ และแก้ไขข้อมูลตัวแทนจำหน่ายได้ ส่วนตารางด้านขวามือจะแสดงข้อมูลของตัวแทนจำหน่ายที่ได้ทำการบันทึกเอาไว้แล้ว และยังสามารถค้นหาข้อมูลของตัวแทนจำหน่ายได้อีกด้วย

หน้าจอระบบจัดการข้อมูลลูกค้า เป็นหน้าจอใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลลูกค้า สามารถแบ่งการทำงานเป็นส่วนต่างๆ ดังภาพที่ 4

รหัส ประจำตัว	ชื่อลูกค้า	ที่อยู่	เบอร์โทรศัพท์
1	นางสาว นงนิจ	สงขลา	0612541254
4	นางสาว นงนิจ	สงขลา	0625412541
5	นางสาว นงนิจ	สงขลา	0214455522
6	นางสาว นงนิจ	สงขลา	09090887
*			

ภาพที่ 4 หน้าจอระบบจัดการข้อมูลลูกค้า

จากภาพที่ 4 แสดงหน้าระบบจัดการข้อมูลลูกค้า ซึ่งสามารถกรอก ชื่อ ที่อยู่และเบอร์โทรศัพท์ของลูกค้า และยังสามารถบันทึก ลบ และแก้ไขข้อมูลลูกค้าได้ ส่วนตารางด้านขวามือจะแสดงข้อมูลลูกค้าที่ได้ทำการบันทึกเอาไว้แล้ว และยังสามารถค้นหาข้อมูลของลูกค้าได้อีกด้วย หน้าจอระบบจัดการข้อมูลสินค้า เป็นหน้าจอสำหรับใช้จัดการข้อมูลสินค้านี้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 หน้าจอระบบจัดการข้อมูลสินค้า

จากภาพที่ 5 แสดงหน้าจอระบบจัดการข้อมูลสินค้า ซึ่งสามารถทำการเก็บข้อมูลสินค้าได้โดยการกรอกรายละเอียดสินค้า เช่น ชื่อสินค้า ราคาสินค้า ประเภทสินค้า หน่วยนับ เป็นต้น หากกดเพิ่มจะเป็นการเพิ่มข้อมูลรายละเอียดที่เรากรอกมาลงตารางและบันทึกได้ สามารถแก้ไขข้อมูลได้ ลบข้อมูลได้ และปิดหน้าต่างโปรแกรมได้ หน้าจอระบบจัดการข้อมูลการขายสินค้า เป็นหน้าจอสำหรับใช้จัดการข้อมูลการขายสินค้า ดังภาพที่ 6

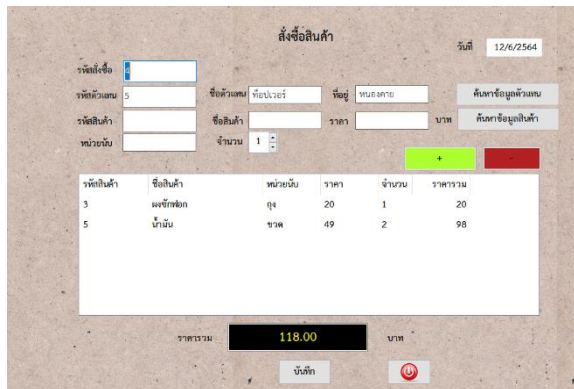


ภาพที่ 6 หน้าจอระบบจัดการข้อมูลการขายสินค้า

จากภาพที่ 6 แสดงหน้าจอระบบจัดการข้อมูลการขายสินค้า ซึ่งสามารถใช้งานได้ ดังนี้ สามารถค้นหารายการขายย้อนหลังได้ สามารถค้นหาข้อมูลมูลลูกค้าได้โดยค้นหาจากรหัสลูกค้า สามารถค้นหาข้อมูลสินค้ามาแสดงได้โดยการค้นหาด้วยรหัสสินค้า สามารถเลือกการชำระเงินได้ว่าเป็นการขายเชื่อ การขายด้วยเงินสด หลังจากกดค้นหาข้อมูลลูกค้า และค้นหาข้อมูลสินค้าเรียบร้อยแล้ว ก็กด + เพื่อนำข้อมูลมาลงตาราง หลังจากข้อมูลลงตารางเรียบร้อยแล้วระบบจะทำการคำนวณราคาสินค้าให้ทันที ช่องรับเงินจะต้องกรอกเองว่าได้รับเงินมาเท่าไร และสุดท้ายกดที่คิดเงิน ระบบจะคิดให้อัตโนมัติเลยว่าต้องทอนเงินเท่าไร ในชื่อทอนเงิน ส่วนของสุดท้ายส่วนลดหากการขายครั้งนี้มีส่วนลด ก็จะแสดงราคาที่ยกส่วนลดมาแล้วในช่องส่วนลด และยังสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลหรือ ปิดหน้าต่างโปรแกรมได้

หน้าจอระบบจัดการข้อมูลการสั่งซื้อสินค้า เป็นหน้าจอสำหรับใช้จัดการข้อมูลการสั่งซื้อสินค้า ดังภาพ

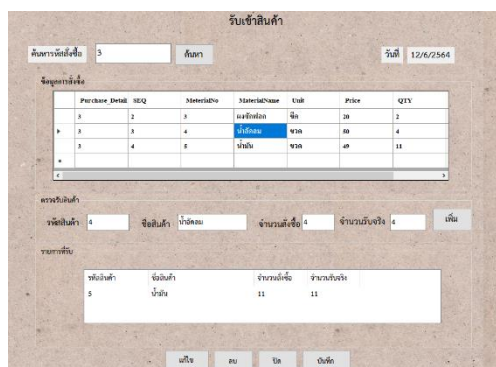
ที่ 7



ภาพที่ 7 หน้าจอระบบจัดการข้อมูลการสั่งซื้อสินค้า

จากภาพที่ 7 แสดงหน้าจอระบบจัดการข้อมูลการสั่งซื้อสินค้า ซึ่งสามารถอธิบายการใช้งานต่างๆ ได้ ดังนี้ สามารถค้นหาข้อมูลตัวแทนจำหน่ายมาแสดงได้ โดยการกดที่ปุ่มค้นหาตัวแทนจำหน่าย และสามารถ ค้นหาข้อมูลสินค้าเพื่อนำมาแสดงได้เช่นกัน โดยการกดที่ปุ่มค้นหาข้อมูลสินค้า จากนั้นสามารถเลือกจำนวนได้ว่าต้องการสั่งซื้อกี่ชิ้น หลังจากใส่ข้อมูลครบแล้วให้กดปุ่ม + เพื่อเพิ่มข้อมูลลงตาราง หลังจากเพิ่มข้อมูลลงตาราง เรียบร้อยแล้ว ระบบจะทำการคำนวณราคารวมสินค้าที่ช่องด้านล่างของตาราง นอกจากเพิ่มข้อมูลสินค้าได้แล้ว ยังสามารถลบข้อมูลสินค้าได้อีกด้วยในกรณีที่ ใส่ข้อมูลผิดพลาด โดยการกดที่ปุ่ม - ซ้ำๆปุ่ม + เพื่อเป็นการลบ ข้อมูลในตารางนั่นเอง และยังสามารถบันทึกข้อมูลคำสั่งซื้อได้อีกด้วย และปุ่มสุดท้ายคือปุ่มปิดโปรแกรม

หน้าจอระบบจัดการข้อมูลการรับเข้าสินค้า เป็นหน้าจอสำหรับใช้จัดการข้อมูลการรับเข้าสินค้า ดังภาพ
ที่ 8



ภาพที่ 8 หน้าจอระบบจัดการข้อมูลรับเข้าสินค้า

จากภาพที่ 8 แสดงหน้าจอระบบจัดการข้อมูลรับเข้าสินค้า ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้ หน้า
รับเข้าสินค้าสามารถค้นหาข้อมูลสั่งซื้อมาแสดงและคลิกเลือกรายการเพื่อนำมารับเข้า โดยการกรอกข้อมูลรับเข้า
สินค้า และกดเพิ่ม ข้อมูลรับเข้าก็จะมาแสดงในตารางด้านล่างสุด สามารถบันทึก แก้ไข ลบ หรือปิดหน้าต่างการ
ทำงานได้

หน้าจอระบบจัดการข้อมูลโปรโมชัน เป็นหน้าจอสำหรับใช้จัดการข้อมูลโปรโมชันส่วน ๆ ดังภาพที่ 9

รหัสโปรโมชัน	ชื่อโปรโมชัน	รายละเอียดโปรโมชัน	จำนวนสินค้าที่จะลด	ส่วนลด
1	ช้อสินค้า 3 แ...	ช้อคชย 3 ชิ้น...	3	20
2	ช้อสินค้า 5 แ...	ช้อคชย 5 แ...	5	10
3	ช้อ 8 ของลค...	ช้อสินค้าชชย...	8	8

ภาพที่ 9 หน้าจอระบบโปรโมชัน

จากภาพที่ 9 แสดงหน้าจอระบบโปรโมชัน ซึ่ง สามารถอธิบายการทำงาน ได้ดังนี้ สามารถกรอกรายละเอียดโปรชันได้ เช่น ชื่อโปรโมชัน รายละเอียด จำนวนสินค้าที่จะลด และส่วนลด หลังจากกรอกข้อมูลเรียบร้อยแล้วให้กดปุ่มบันทึกเพื่อเป็นการนำข้อมูลลงตาราง สามารถแก้ไข และลบข้อมูลได้ สามารถค้นหาข้อมูลโปรโมชันย้อนหลังได้

หน้าจอระบบจัดการข้อมูลลูกหนี้ เป็นหน้าจอสำหรับใช้จัดการข้อมูลลูกหนี้ ดังภาพที่ 10

รหัส	รหัสลูกค้า	ชื่อลูกค้า	วงเงิน	ยอดคงเหลือ	วงเงิน
1	1	นางสาวนงนรา	1000	0	1000

ภาพที่ 10 หน้าจอระบบจัดการข้อมูลลูกหนี้

จากภาพที่ 10 แสดงหน้าจอระบบจัดการข้อมูลลูกหนี้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วน สามารถอธิบายการทำงาน ได้ดังนี้ สามารถค้นหารายชื่อลูกค้าที่เป็นหนี้ได้เพื่อแสดงข้อมูลที่ทำการขาย ชื่อลูกหนี้ ที่อยู่ ชื่อพนักงานขาย ขอบเขตในการชำระหนี้คือข้อมูลที่แสดงว่าลูกหนี้ติดหนี้ไปเท่าไรหรือสามารถปรับสถานการณ์ชำระหนี้ได้ สามารถกดบันทึกข้อมูลเพื่อนำข้อมูลลงตาราง สามารถแก้ไขข้อมูลได้ สามารถลบข้อมูลได้ สามารถพิมพ์ใบแจ้งหนี้ได้

หน้าจอระบบจัดการข้อมูลเจ้าหน้าที่ เป็นหน้าจอสำหรับใช้จัดการข้อมูลเจ้าหน้าที่ ดังภาพที่ 11

ลำดับ	รหัสพนักงาน	ชื่อพนักงาน	ตำแหน่ง	ค่าจ้าง	เงินเดือน	คงเหลือ
1	1		นางนุชน	20000	20000	0

ภาพที่ 11 หน้าจอระบบจัดการข้อมูลเจ้าหน้าที่

จากภาพที่ 11 แสดงหน้าจอระบบจัดการข้อมูลเจ้าหน้าที่ ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานใน ได้ดังนี้ สามารถค้นหารายการสั่งซื้อที่ค้างชำระได้เพื่อแสดงข้อมูลที่ทำกรสั่งซื้อ เช่น ชื่อเจ้าหน้าที่ เบอร์ติดต่อ ที่อยู่ ส่วนขอบเขตในการชำระหนี้คือข้อมูลที่แสดงว่าติดหนี้ไปเท่าไรสามารถปรับสถานะการชำระหนี้ได้ สามารถกดบันทึกข้อมูลเพื่อนำข้อมูลลงตาราง สามารถแก้ไขข้อมูลได้ สามารถลบข้อมูลได้

หน้าจอระบบจัดการข้อมูลรายจ่าย เป็นหน้าจอสำหรับใช้จัดการข้อมูลรายจ่าย ดังภาพที่ 12

ลำดับ	ประเภทรายจ่าย	จำนวนเงิน	สถานะ
1	ค่าเดินทาง	1000	เสร็จสิ้น
2	ค่าอาหาร	500	ค้างชำระ
3	ค่าที่พัก	200	เสร็จสิ้น
4	ค่าเช่า	1000	ค้างชำระ
5	ค่าเดินทาง	3000	เสร็จสิ้น
6	ค่าเดินทาง	4000	เสร็จสิ้น

ภาพที่ 12 หน้าจอระบบรายจ่าย

จากภาพที่ 12 แสดงหน้าจอระบบรายจ่าย ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน สามารถอธิบายการทำงาน ได้ดังนี้ สามารถค้นหาข้อมูลรายจ่ายย้อนหลังได้ และสามารถกรอกข้อมูลรายจ่ายเพื่อเพิ่มข้อมูลรายจ่ายเข้าตารางโดยการกรอกรายละเอียดรายจ่าย เช่น ประเภทรายจ่าย รายละเอียดรายจ่ายและจำนวนเงิน หากกรอกเสร็จแล้วก็กดปุ่มบันทึกเพื่อเพิ่มข้อมูลลงระบบ สามารถแก้ไขข้อมูล และลบข้อมูลได้ สามารถออกรายงานรายจ่ายได้เช่นกัน

3) ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกพื้นที่โพนพิสัยจังหวัดหนองคายผู้วิจัยได้ทดลองใช้และประเมินประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกพื้นที่โพนพิสัย จังหวัดหนองคาย ได้ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ แสดงดังตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 พบว่าผู้ใช้ระบบประเมินประสิทธิภาพด้านผลการออกแบบในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย สูงที่สุดในเรื่องจัดการข้อมูลสั่งซื้อและรับเข้าสินค้า (ค่าเฉลี่ย 4.46) รองลงมาเรื่องจัดการข้อมูลเจ้าหน้าที่ (ค่าเฉลี่ย 4.40) สำหรับด้านผลการออกแบบระบบ มีประสิทธิภาพระดับมาก ค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในเรื่องความสัมพันธ์ของข้อมูล (ค่าเฉลี่ย 4.30) รองลงมาคือ เรื่องพจนานุกรมข้อมูล (ค่าเฉลี่ย 4.26) สำหรับด้านส่วนนำเข้าข้อมูล ระบบมีประสิทธิภาพระดับมาก ค่าเฉลี่ยสูงที่สุดใน เรื่องหน้าจอบริหารจัดการเจ้าหน้าที่ (ค่าเฉลี่ย 4.44) รองลงมาคือเรื่องหน้าจอบริหารการขายสินค้า (ค่าเฉลี่ย 4.30) สำหรับด้านส่วนนำเสนอข้อมูลระบบมีประสิทธิภาพระดับมาก ค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในเรื่องรายงานข้อมูลการขายสินค้า (ค่าเฉลี่ย 4.40) รองลงมารายงานข้อมูลสินค้า (ค่าเฉลี่ย 4.26) ทั้งหมดนี้ใช้เกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพระบบโดยโปรแกรม SPSS วราพร กริเทพ. (2557)

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพ ของการทำงานระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกพื้นที่โพนพิสัย จังหวัดหนองคาย

ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	\bar{x}	S.D.	ระดับประสิทธิภาพ
ด้านแผนภาพ			
จัดการข้อมูลพื้นฐาน	4.39	0.550	มาก
จัดการสั่งซื้อสินค้าและรับเข้าสินค้า	4.46	0.558	มาก
จัดการขายสินค้า	4.11	0.869	มาก
จัดการข้อมูลเจ้าหน้าที่	4.40	0.551	มาก
จัดการข้อมูลลูกค้า	4.16	0.874	มาก
จัดการรายจ่าย	4.00	0.600	มาก
จัดการรายงาน	4.30	0.610	มาก
โดยรวม	4.40	0.574	มาก
ด้านผลการออกแบบ			
ความสัมพันธ์ของข้อมูล	4.30	0.536	มาก
พจนานุกรมข้อมูล	4.26	0.607	มาก
โดยรวม	4.15	0.572	มาก
ด้านส่วนนำเข้าข้อมูล			
หน้าจอบริหารหลัก	4.26	0.607	มาก
หน้าจัดการข้อมูลพื้นฐาน	4.18	0.575	มาก
หน้าจัดการสั่งซื้อสินค้า	4.24	0.603	มาก

ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	\bar{x}	S.D.	ระดับประสิทธิภาพ
หน้าจอรับเข้าสินค้า	4.27	0.608	มาก
หน้าจอจัดการขายสินค้า	4.30	0.610	มาก
หน้าจอจัดการลูกหนี้	4.00	0.600	มาก
หน้าจอจัดการเจ้าหนี้	4.44	0.556	มาก
หน้าจอจัดการรายจ่าย	4.04	0.604	มาก
หน้าจอออกรายงาน	4.25	0.606	มาก
โดยรวม	4.21	0.601	มาก
ส่วนนำเสนอข้อมูล			
รายงานข้อมูลสินค้า	4.26	0.607	มาก
รายงานข้อมูลสั่งซื้อและรับเข้าสินค้า	4.18	0.912	มาก
รายงานข้อมูลการขายสินค้า	4.40	0.558	มาก
รายงานข้อมูลลูกหนี้	4.11	0.875	มาก
รายงานข้อมูลรายจ่าย	4.24	0.603	มาก
โดยรวม	4.26	0.607	มาก

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกพื้นที่โพธิ์พิสัย จังหวัดหนองคาย ครั้งนี้ดำเนินงานตามกระบวนการ SDLC 7 ขั้นตอน ของเกียรตินิยม อุดมธนะธีร (2562) และการพัฒนาระบบได้ใช้โปรแกรมภาษา Visual Basic และโปรแกรม Microsoft Access ในการจัดการฐานข้อมูล โดยหลังการพัฒนาระบบพบว่า ผู้ใช้ระบบประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ อยู่ในระดับมากทุกด้าน ทั้งในด้านการจัดการข้อมูลพื้นฐาน อาทิ เช่น ข้อมูลพนักงาน ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลสินค้า ข้อมูลตัวแทนจำหน่าย ด้านจัดการงานขาย และด้านการนำเสนอข้อมูล(ออกรายงาน)เป็นต้น โดยใช้เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการใน SDLC เช่น DFD โอภาส เขียมสิริวงศ์ (2560). เป็นต้น และในส่วนการนำเสนอผลการวิจัยในส่วนหน้าของ แสดงรายงานผล(Report) ที่ได้จากระบบ เช่น รายงานข้อมูลรายจ่าย ข้อมูลการสั่งซื้อและรับเข้าสินค้า เป็นต้น อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพ สร้างความสะดวกในการดำเนินงานขององค์กรยิ่งขึ้น ซึ่งการดำเนินงานและผลการประเมินประสิทธิภาพระบบในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับการทำงานของกฤตกร ไคร์ครวญ (2562) ที่พัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลร้านค้าชุมชน การดำเนินงานโดยกระบวนการพัฒนาระบบ SDLC ออกรายงานต่างๆ ได้ซึ่งเกิดความสะดวก รวดเร็ว และถูกต้องในการทำงานยิ่งขึ้น และยังสอดคล้องกับกระบวนการพัฒนาระบบและผลการดำเนินงานของสุภาทิพย์ ทองสุข (2562) ได้พัฒนาระบบบริหารงานร้านขายอุปกรณ์การช่างตามกระบวนการ SDLC โดยพบผลประเมินความพึงพอใจของระบบโดยรวมทุกด้านในระดับมาก เนื่องจากสร้างความสะดวกในการดำเนินงาน มีผลรายงานที่แสดงผลสรุปได้สอดคล้องต่อความต้องการ

สรุปผลและเสนอแนะ

การวิจัยพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกพื้นที่โพธิ์พิสัย จังหวัดหนองคาย ครั้งนี้ได้ศึกษาความต้องการรูปแบบระบบร้านค้าปลีก ได้ดำเนินงานตามกระบวนการ SDLC 7 ขั้นตอน โดยได้ใช้โปรแกรมภาษา Visual Basic และโปรแกรม Access ในการพัฒนาระบบ และระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสามารถสนับสนุนการทำงานให้แก่ผู้ประกอบการและพนักงานทั้งในด้านการจัดการข้อมูลพื้นฐาน เรื่องการจัดการข้อมูลพนักงาน ข้อมูลตัวแทนจำหน่าย ข้อมูลลูกค้า เรื่องการจัดการข้อมูลสินค้า ด้านจัดการงานขายเรื่องจัดการข้อมูลลูกค้าเจ้าหน้าที่ จัดการข้อมูลรับเข้าส่งซื้อ ข้อมูลรายจ่าย เรื่องจัดการออกรายงาน โดยการดำเนินงานในแต่ละด้าน สามารถ เพิ่ม แก้ไข ลบ ค้นหา และออกรายงานที่เกี่ยวข้องได้ตามเงื่อนไขต่าง ๆ โดยระบบ มีปุ่มเมนูที่ชัดเจน สะดวกต่อการใช้งาน และได้จัดทำคู่มือประกอบการใช้งานระบบซึ่งทำให้เกิดประโยชน์ประสิทธิภาพ และสร้างความสะดวกในการดำเนินงานขององค์กรยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

- 1) กิจการควรวางระบบการรับงานจากลูกค้าที่หน้าร้านให้มีระบบมากกว่านี้ เนื่องจากมีผู้ใช้งานระบบในแรกเริ่มอาจยังไม่มีความชำนาญ ควรมีการจัดอบรมการใช้งานระบบควบคู่กับการทำคู่มือการใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานโปรแกรมได้อย่างถูกต้อง
- 2) สามารถนำระบบไปต่อยอดในรูปแบบออนไลน์ได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กฤตกร ไคร์ครวญ. (2562). ระบบบริหารจัดการข้อมูลร้านค้าชุมชน กรณีศึกษาศูนย์สาธิต
การเกษตรร้านค้าชุมชน. <https://bit.ly/2UDlg3w>
- เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ. (2562). วงจรการพัฒนากระบวน (System Development Life Cycle : SDLC).
<https://dol.dip.go.th/th/category/2019-02-08-08-57-30/2019-03-15-11-06-29>
- ชนนิกานต์ บุญยะประทีป. (2560). ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโปรแกรม Microsoft Access.
<https://sites.google.com/a/phatthara.ac.th/database/bth-reiyn-xxnlin/khwam-ru-thawpi-keiyw-kab-porkaerm-microsoft-access>
- วราพร กรีเทพ. (2557). การวิจัยและพัฒนาระบบสารสนเทศทางธุรกิจโดยใช้โปรแกรม SPSS.
<http://academic.udru.ac.th/waraporn/research-online/Section.html>
- ศุภชัย สมพานิช. (2558). คู่มือเขียนโปรแกรมด้วยโปรแกรม VB.
<http://www.chulabook.com/description.com>
- สุธาทิพย์ ทองสุข และคณะ. (2562). ระบบบริหารงานร้านขายอุปกรณ์การช่าง. คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ.
<https://1th.me/Zch5Y>
- โอบาส เอียมสิริวงศ์. (2560). แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram). การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (Systems Analysis and Design), 190-206.

การออกแบบและพัฒนาระบบบริหารจัดการซื้อขายรถยนต์มือสอง Design and development of a used car trading management system

กอบชัย ภัคดิพันธ์^{1*} วราพร กริเทพ² ธีระยุทธ พาจันท์³

สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี^{1,2,3}

*Corresponding author: E-mail: 62000427122@udru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ วัตถุประสงค์ 1 วิเคราะห์ออกแบบและพัฒนาระบบบริหารจัดการซื้อขายรถยนต์มือสอง วัตถุประสงค์ 2 ประเมินผลการออกแบบและพัฒนาระบบบริหารจัดการซื้อขายรถยนต์มือสอง งานวิจัยครั้งนี้มีกลุ่มเป้าหมายคือ ผู้ประกอบการและพนักงาน 13 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบสารสนเทศจำนวน 9 คน นักศึกษาสาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ 78 คน รวม 100 คน การวิจัยครั้งนี้ดำเนินงานภายใต้กระบวนการวงจการพัฒนา (SDLC) ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์และออกแบบระบบในส่วนระบบข้อมูลพื้นฐาน ระบบการรับซื้อรถยนต์ ระบบการซ่อมบำรุง ระบบการขายรถยนต์ ระบบการสั่งซื้ออะไหล่ ระบบการรับเข้าอะไหล่ ระบบการออกรายงาน ได้มุ่งเน้นพัฒนาระบบให้มีความสามารถในการขายรถยนต์ด้านการจองรถยนต์ ด้านการสั่งซื้ออะไหล่ และจากการประเมินผลการออกแบบระบบ ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจต่อการออกแบบระบบ ด้านคุณภาพการออกแบบฐานข้อมูล ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบระบบ

คำสำคัญ: ระบบบริหารจัดการ; การพัฒนาระบบ

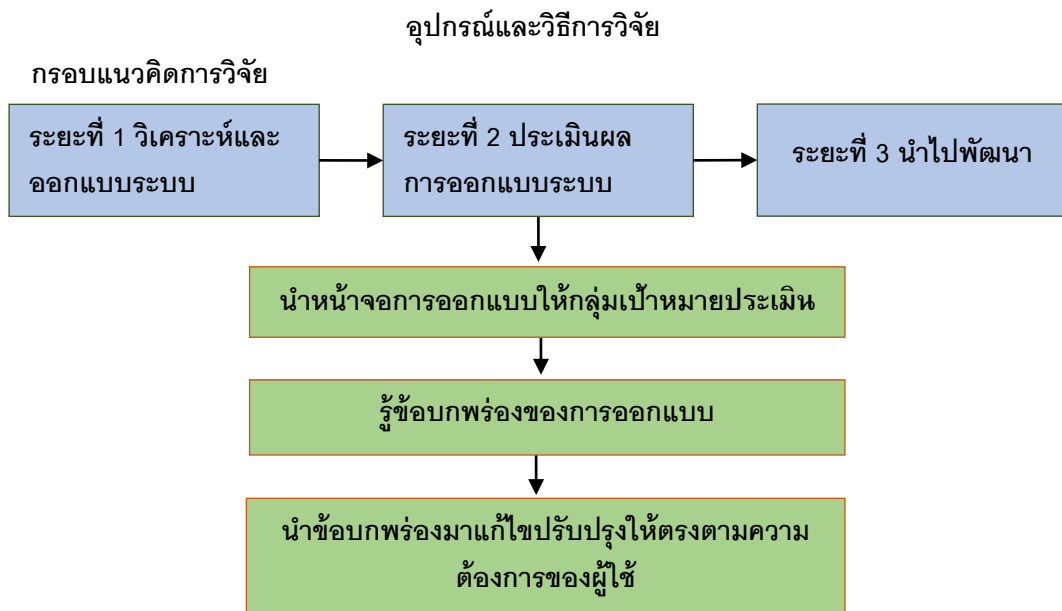
Abstract

The objectives of this research are: Objective 1, analyze, design and develop a used car trading management system. Objective 2 evaluate the design and development of a used car trading management system. This research's target group are: 13 entrepreneurs and employees, 9 information system specialists, 78 business computer students, 100 students in total. This research was conducted under the System Development Cycle (SDLC) process. System analysis and design of basic information systems car purchase system maintenance system car sales system parts ordering system spare parts admission system report issuing system has focused on developing the system to have the ability to sell cars. Car booking parts ordering and from the evaluation of the system design System users are satisfied with the system design. Database design quality System design and styling.

Keywords: Management system; system development

บทนำ

ธุรกิจจำหน่ายรถยนต์มือสองมีรูปแบบดำเนินกิจการซื้อขายรถยนต์เป็นจำนวนมาก มีทั้งซื้อสด ผ่อนชำระเป็นงวดโดยการคิดดอกเบี้ย และได้มีการซ่อมบำรุงสภาพรถยนต์ก่อนนำไปจำหน่ายเสมอ มีการซื้ออะไหล่เพื่อนำมาซ่อมบำรุงรถ มีการจัดเก็บข้อมูลทั้งในส่วนของ ข้อมูลรถยนต์ ข้อมูลผู้ซื้อรถยนต์ ข้อมูลผู้ขายรถยนต์ ข้อมูลการชำระเงิน ข้อมูลการซื้อขายรถยนต์ เพื่อใช้ออกรายงานสรุปการซื้อการขาย ด้วยการเขียนลงในเอกสาร ส่งผลให้การทำงานซื้อขายรถยนต์มือสองเกิดความล่าช้า ข้อมูลผิดพลาด และทำให้ข้อมูลสูญหายได้ ทำให้ส่วนการจัดเก็บข้อมูลไม่มีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการดำเนินงานใหม่ โดยประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยในการดำเนินงาน จากปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวคิดในการดำเนินงานวิจัยโดยมีวิธีการแก้ปัญหาจากศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาของ กนกกาญจน์ อินทนะ (2556) ที่ได้พัฒนาระบบช่วยตัดสินใจในการเลือกไฟแนนซ์และคั้นหารถยนต์มือสองเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการค้นหาข้อมูลรถยนต์ ข้อมูลอัตรา ดอกเบี้ย และข้อมูลไฟแนนซ์ให้ถูกต้องและตรงตามความต้องการของลูกค้า การพัฒนาระบบผู้วิจัย ได้ศึกษาค้นคว้าเพื่อสร้างระบบนี้โดยเริ่มจากการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลความต้องการของระบบงาน และได้ศึกษางานวิจัยของ วิลาสินี จันทร์แจ่มไย (2555) ที่ได้ทำวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อรถยนต์ผ่านอินเทอร์เน็ตมือสอง อีกทั้งยังได้ศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาของ ธนวัฒน์ กุลวิหค (2560) ได้พัฒนาระบบการขายอะไหล่รถมอเตอร์ไซค์ ร้านปาร์ตี้มอเตอร์ไซค์ซึ่งสามารถแยกออกได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนของการจัดเก็บข้อมูล ส่วนของการขายสินค้า และส่วนของการออกรายงานยอดการขาย โดยส่วนของการจัดเก็บข้อมูลจะมีหน้าที่ จัดเก็บข้อมูลที่สำคัญของร้านขายอะไหล่รถมอเตอร์ไซค์ให้เป็นระบบลงในฐานข้อมูล เช่น ข้อมูล พนักงาน ข้อมูลสินค้า ข้อมูลประเภทสินค้า ข้อมูลการขายสินค้า เป็นต้น



ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิดในระบบจัดการซื้อขายรถยนต์มือสอง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้ประกอบการ บริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัดอุดรเจริญบริการ 1999 จำนวน 13 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี จำนวน 9 คน นักศึกษาสาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏ จำนวน 78 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้ดำเนินการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างดังนี้

- 1) กลุ่มตัวอย่าง คือ เจ้าของบริษัท บริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัดอุดรเจริญบริการ 1999 ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 13 คน คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง
- 2) กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี จำนวน 9 คน คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง
- 3) นักศึกษาสาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏ จำนวน 78 คน คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจงจากนักศึกษาปีที่ 4

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือสำหรับดำเนินงานตามลำดับ

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ 1 การวิเคราะห์และการออกแบบระบบบริหารจัดการซื้อขายรถยนต์มือสอง เครื่องมือที่ใช้คือ แบบสอบถามเกี่ยวกับการออกแบบระบบบริหารจัดการซื้อขายรถยนต์มือสอง จะเป็นการสอบถามลักษณะแบบการประเมินผลการออกแบบระบบ ในด้านต่างๆ และนำการวิเคราะห์มาออกแบบระบบ

วัตถุประสงค์ 2 ดำเนินการประเมินผลการออกแบบระบบบริหารจัดการซื้อขายรถยนต์มือสอง เครื่องมือที่ใช้คือ แบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อระบบบริหารจัดการซื้อขายรถยนต์มือสอง จะเป็นการเก็บข้อมูลความพึงพอใจต่อการออกแบบระบบในด้านต่าง ๆ และนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล มาวิเคราะห์สรุปผลว่ามีความพึงพอใจในระดับที่เท่าใด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

วัตถุประสงค์ 1 วิเคราะห์และออกแบบระบบบริหารจัดการซื้อขายรถยนต์มือสองได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดย แบบสอบถาม กับเจ้าของบริษัท นักศึกษาและครูอาจารย์ที่มีความรู้เกี่ยวกับการออกแบบระบบ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์

วัตถุประสงค์ 2 ดำเนินการประเมินผลการออกแบบระบบบริหารจัดการซื้อขายรถยนต์มือสองได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อการออกแบบระบบ จากเจ้าของบริษัท ครูอาจารย์และนักศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ศึกษาแบบสอบถามได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธี การหาค่าสถิติ ในค่าจำนวน ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

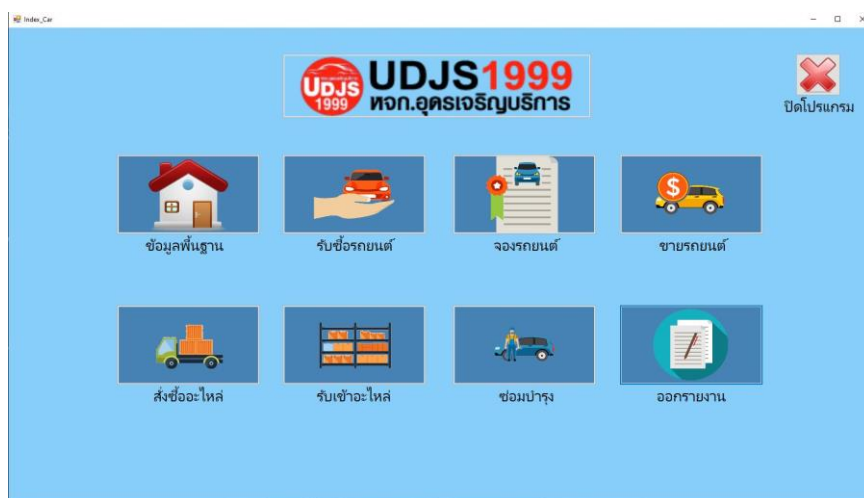
ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการพัฒนาระบบครั้งนี้ ได้พัฒนาระบบที่มีจุดเด่นในเรื่องเพิ่มข้อมูลรถยนต์ ระบบการขาย ระบบจองรถยนต์ ระบบการรับซื้อรถยนต์ ระบบการรับซื้ออะไหล่ จัดการรับเข้าอะไหล่ ออกรายงานแบบมีเงื่อนไข สามารถแสดงข้อมูลจากฐานข้อมูลในรูปแบบตารางได้ ซึ่งลักษณะการดำเนินงานดังกล่าว มีความสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่ผ่านมาของ ธนวัฒน์ เชื้อสายมธุรส,ภาณุวัฒน์ กุลวิหค (2560) ที่ได้พัฒนาระบบการขายอะไหล่รถยนต์ใช้ศักรณีศึกษา ร้านปาร์ตี้มอเตอร์ไซค์ ที่สามารถรับเข้าอะไหล่ จองรถ รับซื้อรถ คำนวณราคาต้นทุน และดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลขึ้นมาแสดงในตารางได้ อีกทั้งยังมีความสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่ผ่านมาของ กนก กาญจน์ อินทนะ (2556) ที่ได้พัฒนาระบบช่วยตัดสินใจในการเลือกไฟแนนซ์และคั่นหารรถยนต์มือสอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ ช่วยแก้ไขปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการค้นหาข้อมูลรถยนต์ ข้อมูลอัตราดอกเบี้ย และข้อมูลไฟแนนซ์ ให้ถูกต้องและตรงตามความต้องการของลูกค้า และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ วิลาสินี จันทร์แจ่มเียม (2555) ที่ได้ทำวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อรถยนต์ผ่านเว็บไซต์มือสอง ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อรถยนต์มือสอง ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ด้านเพศ กับพฤติกรรมการเลือกซื้อรถยนต์ของลูกค้า เช่น การระบุรถยนต์ ความจุเลขตัวถังรถยนต์ รุ่นยี่ห้อของรถยนต์ เป็นต้น

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์และออกแบบระบบบริหารจัดการซื้อขายรถยนต์มือสอง นำเสนอผลการวิจัยได้ดังนี้

จากการศึกษาการดำเนินการวิเคราะห์และออกแบบระบบบริหารจัดการซื้อขายรถยนต์มือสอง เป็นการออกแบบจอภาพ โดยมีแนวทางการออกแบบที่เน้นความสะดวกในการใช้งาน ไม่ซับซ้อนและสามารถสื่อให้เข้าใจได้ง่าย รวมทั้งรายละเอียดต่าง ๆ ที่แสดงออกมามีความถูกต้องสมบูรณ์ โดยออกแบบหน้าจอกการทำงาน ออกเป็นส่วนๆเช่น ส่วนของหน้าแรก ภายในหน้าแรกจะมีหน้าจัดการข้อมูลพื้นฐาน หน้ารับซื้อรถยนต์ หน้าจองรถยนต์ หน้าขายรถยนต์ หน้าส่งซื้ออะไหล่ หน้ารับเข้าอะไหล่ หน้าซ่อมบำรุง และหน้าการออกรายงาน หน้าแรก



ภาพที่ 2 หน้าแรกของระบบงานใหม่

จากภาพ หน้าแรกของระบบงานใหม่ เป็นส่วนแสดงเมนูการทำงานทั้งหมดของระบบ เช่น ข้อมูลพื้นฐาน การรับซื้อรถยนต์ การจองรถยนต์ การขายรถยนต์ การสั่งซื้ออะไหล่ การรับเข้าอะไหล่ การซ่อมบำรุง ออกรายงาน

การประเมินผลการออกแบบระบบบริหารจัดการซื้อขายรถยนต์มือสอง

จากการพัฒนาระบบบริหารจัดการซื้อขายรถยนต์มือสอง ได้พัฒนาในส่วนหน้าจอข้อมูลรถยนต์ เพื่อเป็นการเพิ่มข้อมูลรายละเอียดรถยนต์ ดังภาพ


ภาพที่ 3 แสดงข้อมูลรถยนต์

จากภาพแสดงถึงหน้าจอข้อมูลรถยนต์ ที่พัฒนาขึ้นมา นั้น มีจุดเด่นในเรื่องเพิ่มข้อมูลรถยนต์ โดยการกรอก เลขทะเบียนรถยนต์ จังหวัด ปีที่จดทะเบียน เลขตัวถัง ประเภทรถ ยี่ห้อ รุ่น ปีผลิต เกียร์ ความจุเครื่องยนต์ เลขไมล์ สี สถานะรถยนต์ ประเภทการรับซื้อ ราคารับซื้อ ค่าซ่อม ค่าขน่วง รวมต้นทุน ราคาขาย ระบบจะทำการเก็บข้อมูลรถยนต์ ซึ่งลักษณะการดำเนินงานดังกล่าวมีความสอดคล้องกับระบบการขายอะไหล่รถมอเตอร์ไซด์ กรณีศึกษา ร้านปาร์ตี้มอเตอร์ไซด์ของ นายธนวัฒน์ เชื้อสายมธุรส, นายภาณุวัฒน์ กุลวิหค (2560)

ภาพที่ 4 แสดงข้อมูลอะไหล่

จากภาพ แสดงถึงฟอร์มบันทึกข้อมูลอะไหล่ของโปรแกรมระบบการขายอะไหล่รถมอเตอร์ไซด์
กรณีศึกษา ร้านปาร์ตี้มอเตอร์ไซด์ของ นายธนวัฒน์ เชื้อสายมธุรส, นายภาณุวัฒน์ กุลวิหค (2560) โดยบันทึก
ข้อมูลอะไหล่ โดยมีรายละเอียดรหัสสินค้า ชื่อสินค้า ชนิด/ขนาด ราคาและจำนวน พบว่ามีความสอดคล้องกับ
โปรแกรมที่พัฒนาที่สามารถเพิ่มข้อมูลรถยนต์และดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลขึ้นมาแสดงในตารางได้ และแตกต่าง
จากโปรแกรมที่พัฒนาในส่วนที่โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา สามารถคำนวณราคาครวมต้นทุนของรถยนต์ และราคา
ขายได้แต่โปรแกรมระบบการขายอะไหล่รถมอเตอร์ไซด์กรณีศึกษาร้านปาร์ตี้มอเตอร์ไซด์ไม่สามารถคำนวณ
ราคาได้

จากการพัฒนาระบบบริหารจัดการซื้อขายรถยนต์มือสอง ได้พัฒนาในส่วนหน้าจอข้อมูลออกรายงาน
การขายรถยนต์ เพื่อเป็นการสรุปการขายรถยนต์ตามช่วงเวลาที่ต้องการ ดังภาพที่ 5

 **UDJS1999**
หอ.อุตรดิตถ์บริการ

320 ถนน ทหาร ตำบลหนองขอนกว้าง อำเภอเมืองอุตรดิตถ์ อุตรดิตถ์ 41000

รายงานการขายรถยนต์

ช่วงเดือน
ถึงเดือน

เลขที่การขาย	วันที่ขาย	เลขทะเบียน	ยี่ห้อ	รุ่น	ปีผลิต	สี	การชำระ	ราคาขาย
3	06/21/2021	1กข	Toyota	Camry	2017	ดำ	เงินสด	140,140
4	05/17/2021	2กข	Toyota	Hilux Vigo	2016	เทา	เงินสด	272,350
5	03/15/2021	3กข	Honda	Accord	2015	แดง	เงินสด	656,500
6	03/15/2021	4กข	Honda	City	2014	เหลือง	เงินสด	530,400
7	02/20/2021	5กข	Nissan	Almera	2013	เขียว	เงินสด	660,400
8	02/20/2021	6กข	Nissan	March	2012	ดำ	เงินสด	916,890

ขายได้ทั้งสิ้น **6** คัน

ภาพที่ 5 แสดงข้อมูลออกรายงานการขายรถยนต์

จากภาพ แสดงถึงหน้าหน้าจอออกรายงานการขายรถยนต์ มีจุดเด่นในเรื่องสรุปการขายรถยนต์ตาม
ช่วงเวลาที่ต้องการ โดยระบบจะแสดงผลการขายรถยนต์จากฐานข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดคือ เลขที่การขาย วันที่
ขาย เลขทะเบียน ยี่ห้อ รุ่น ปีผลิต สี ประเภทการชำระ และราคาขาย และยังสามารถแสดงข้อมูลรถยนต์ที่ขายได้
แบบเลือกช่วงเวลา โดยคำนวณจากวันที่เริ่มต้น จนถึงวันที่สิ้นสุด

สรุปผลและเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาความต้องการ การออกแบบระบบบริหารจัดการซื้อขายรถยนต์มือสอง เป็นการ
ออกแบบจอภาพ โดยมีแนวทางการออกแบบที่เน้นความสะดวกในการใช้งาน ไม่ซับซ้อนและสามารถสื่อเข้าใจ
ได้ง่าย รวมทั้งรายละเอียดต่าง ๆ ที่แสดงออกมามีความถูกต้องสมบูรณ์ โดยออกแบบหน้าจอการทำงานออกเป็น
ส่วนๆ ได้แก่ ส่วนจัดการข้อมูลพื้นฐาน ส่วนรับซื้อรถยนต์ ส่วนจองรถยนต์ ส่วนขายรถยนต์ ส่วน

สั่งซื้ออะไหล่ ส่วนรับเข้าอะไหล่ และส่วนออกรายงาน ระบบบริหารจัดการซื้อขายรถยนต์มือสอง สามารถนำมาใช้งานได้จริง เช่น ส่วนรับเข้าอะไหล่ สามารถรับเข้าอะไหล่ไม่ว่าจะเป็น เลขที่รับเข้าค้นหาใบสั่งซื้ออะไหล่ จากเลขที่ใบสั่งซื้อ ปรับเปลี่ยนสถานะรับเข้าอะไหล่และบันทึกข้อมูลการรับเข้าอะไหล่ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

1. พัฒนาโปรแกรมให้สามารถเพิ่มยี่ห้อรถยนต์ รุ่น ปีผลิตร สี ในโปรแกรมได้เลย เพื่อความรวดเร็วในการทำงาน
2. พัฒนาโปรแกรมให้สามารถออกรายงานได้ครั้งละหลายรายการ เพื่อเพิ่มความรวดเร็วในการจัดทำสรุปผลการดำเนินงาน

เอกสารอ้างอิง

กนกกาญจน์ อินทนะ (2556). ระบบช่วยตัดสินใจในการเลือกไฟแนนซ์และค่างวดรถยนต์มือสอง.

<https://dric.nrct.go.th/Search/SearchDetail/271199>

บริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัดอุตรเจริญบริการ 1999. (มปป.). <http://www.udjs1999.com/>

ภาณุวัฒน์ กุลวิหค. (2560). โปรแกรมระบบการขายอะไหล่รถมอเตอร์ไซด์กรณีศึกษา ร้านปาร์ตี้ มอเตอร์ไซด์.

http://www.rpu.ac.th/search/upload/0027_2560.pdf

วิลาสินี จันทร์แจ่มไย (2555). ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อรถยนต์ผ่านอินเทอร์เน็ตมือสอง.

<https://so04.tci-thaijo.org/index.php/mgsj/article/download/199562/140304/>

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบาย
ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
7E LEARNING CYCLE SUPPLEMENTED WITH PREDICT OBSERVE EXPLAIN
TECHNIQUE ON CHEMISTRY ACHIEVEMENT IN SOLUTION
OF GRADE 10 STUDENTS

กิตติภรณ์ อุบลครุฑ^{1*} ธรรมบุญ ผ่านสำแดง² คณิศร ต้นสินนท์³

นักศึกษา คุรุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ (เคมี) คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี¹

หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนท่าบ่อ²

สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี³

*Corresponding author: E-mail: kitpakorn1997@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง สารละลาย ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบาย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนท่าบ่อ อำเภอท่าบ่อ จังหวัดหนองคาย จำนวน 19 คน ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบาย รายวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย จำนวน 5 แผน และ 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ ทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนโดยการทดสอบ t-test for dependent sample ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น; เทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบาย;
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

ABSTRACT

The purposes of this study were to study and compare chemistry achievement of solution before and after learning by using 7E learning cycle supplemented with predict, observe, explain (POE) technique of grade 10 students in Thabo school in the second semester of academic year 2020. The sample consisted of 19 students that selected by cluster random sampling. This study design was one-group pretest-posttest design. The instrument of this study was 1) 5 lesson plans on solution by 7E learning cycle supplemented with predict, observe, explain (POE) technique, and 2) chemistry achievement of solution test. The data were analyzed for mean, standard deviation and percentage for compare chemistry achievement of solution after learning higher than before learning by t-test for dependent sample. The results of this study showed that students' chemistry achievement of solution after learning was higher than before learning in significance at the .05 level, which was no less than the set criterion of 75%.

Keywords: 7E learning cycle; Predict; Observe; Explain technique (POE); Chemistry achievement

คำนำ

กระแสการปรับเปลี่ยนทางสังคมที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นยุคแห่งความเป็นโลกาภิวัตน์ (The Globalization) ที่ได้เกิดวิวัฒนาการความก้าวหน้าในทุก ๆ มิติเป็นไปอย่างรวดเร็วและรุนแรง ส่งผลต่อวิถีการดำรงชีพของสังคมอย่างทั่วถึง ดังนั้นการดำรงชีพและการเรียนรู้ในปัจจุบันจึงต้องอาศัยทักษะต่างๆ เพื่อช่วยในการเรียนรู้ ได้แก่ ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการคิดและการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร (สุรศักดิ์ ปาเฮ, 2556) รวมถึงอาศัยองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ถือเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม นวัตกรรม โครงสร้างพื้นฐานของประเทศ ด้วยเหตุนี้การปลูกฝังและถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เหมาะสมตามศักยภาพและความถนัดสำหรับเยาวชนไทยจึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญยิ่งที่จะเสริมสร้างให้เยาวชนไทยมีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ชูกิจ ลิ้มปิ๋จำนงค์, 2562) ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาความคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ ตลอดจนสามารถสื่อสารและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการที่นักเรียนจะประสบ

ความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายได้นั้น อยู่บนความรับผิดชอบของครูวิทยาศาสตร์ที่จะต้องพัฒนาการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เป็นการจัดการศึกษาตามแนวทางพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ที่เน้นให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ช่วยพัฒนาความสามารถในการคิด การแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น (ประสาธน์ เถลิง, 2550) โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่เน้นขั้นตอนการทบทวนความรู้เดิม จากนั้นครูสร้างความสนใจเพื่อให้ผู้เรียนเกิดแรงกระตุ้นที่อยากจะทำเรื่อง ค้นหาคำตอบ เมื่อผู้เรียนได้คำตอบแล้วจะช่วยกันระดมสมอง อธิบายความรู้ที่ได้ จากนั้นครูจะตั้งคำถามหรือสร้างสถานการณ์เพื่อให้ผู้เรียนได้ขยายความรู้ (ชนิดา ทาทอง, 2549) ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบนี้จะส่งผลให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมกับประสบการณ์ใหม่ อีกทั้งนำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงและแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน ทำให้การเรียนรู้ของผู้เรียนมีความคงทนและยาวนาน เนื่องจากผู้เรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น จะส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนสูงขึ้นได้ (Eisencraft, 2003) เทคนิคการสอนแบบทำนาย สังเกต อธิบาย คือ วิธีการ กลอุบาย ศิลปะวิธีการสอนที่เริ่มต้นด้วยการให้นักเรียนได้ทำนาย (Predict: P) ก่อนการเรียนรู้เนื้อหา แล้วได้ทดสอบสิ่งที่ทำนายไว้ด้วยการสังเกต (Observe: O) และในขั้นตอนสุดท้ายนักเรียนนำสิ่งที่สังเกตได้มาอธิบาย (Explain: E) ซึ่งเป็นวิธีการที่มีความสำคัญต่อทั้งครูผู้สอนและผู้เรียน คือ ทำให้ครูได้ทราบประสบการณ์เดิมของผู้เรียนจากขั้นตอนการทำนาย และทำให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเองหรือคิดเป็น ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นและร่วมกันอภิปราย (White & Gunstone, 1992: 59 อ้างถึงใน ดารารัตน์ วังโน) อีกทั้งยังส่งเสริมกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อีกด้วย

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบาย ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ว่าจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงขึ้นหรือไม่อย่างไร เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมกระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง สารละลาย ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบาย

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง สารละลาย ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบาย

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบาย เรื่อง สารละลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 75
2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบาย เรื่อง สารละลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนท่าบ่อ จังหวัดหนองคายที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 6 ห้อง นักเรียนจำนวน 92 คน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนท่าบ่อ จังหวัดหนองคายที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 19 คน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

แบบแผนการวิจัย

การศึกษานี้มีแบบแผนการทดลอง (Experimental Design) กลุ่มเดียว ทดสอบก่อนและหลังการทดลอง One Group Pretest –Posttest Design (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540)

กลุ่ม	ทดสอบก่อนเรียน	ทดลอง	ทดสอบหลังเรียน
	Pretest	Experimental	Posttest
E	T ₁	X	T ₂

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการวิจัย

E หมายถึง กลุ่มทดลอง (Experimental group)

T₁ หมายถึง การทดสอบก่อนเรียน (Pretest)

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบาย

T₂ หมายถึง การทดสอบหลังเรียน (Posttest)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบาย เรื่อง สารละลาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง รวม 15 ชั่วโมง
2. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง สารละลาย แบบปรนัย 4 ตัวเลือก

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างและเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ก่อนการทดลอง ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เพื่อนำคะแนนมาวิเคราะห์เป็นคะแนนก่อนเรียน
2. ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบาย เรื่อง สารละลาย จำนวน 5 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง รวม 15 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 5 สัปดาห์
3. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการทดลองหลังเรียน โดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีชุดเดียวกับทดสอบก่อนเรียน เพื่อนำคะแนนมาวิเคราะห์เป็นคะแนนหลังเรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง สารละลาย ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบาย

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง สารละลาย ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบาย ผู้วิจัยได้ตรวจให้คะแนนก่อนเรียนและหลังเป็นรายบุคคล วิเคราะห์ข้อมูลโดยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ ทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี หลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ด้วยการทดสอบ t-test for Independent sample ปรากฏผลดังตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบาย มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 11.58 คิดเป็นร้อยละ 30.60 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 23.37 คิดเป็นร้อยละ 77.89 ซึ่งไม่น้อยกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 เป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง สารละลาย ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบาย

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง สารละลาย ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบาย ผู้วิจัยได้ตรวจให้คะแนนก่อนเรียนและหลังเป็นรายบุคคล วิเคราะห์ข้อมูลโดยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ ทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนโดยการทดสอบ t-test for dependent sample ปรากฏผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง สารละลาย ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนายสังเกต อธิบาย

เลขที่	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	คะแนน	ร้อยละ	คะแนน	ร้อยละ
1	12	40.00	23	76.67
2	13	43.33	26	86.67
3	12	40.00	27	90.00
4	12	40.00	26	86.67
5	11	36.67	25	83.33
6	10	33.33	23	76.67
7	12	40.00	24	80.00
8	12	40.00	23	76.67
9	12	40.00	24	80.00
10	11	36.67	23	76.67
11	11	36.67	24	80.00
12	11	36.67	23	76.67
13	11	36.67	24	80.00
14	10	33.33	20	66.67
15	12	40.00	20	66.67
16	12	40.00	23	76.67
17	13	43.33	23	76.67
18	10	33.33	20	66.67
19	13	43.33	23	76.67
คะแนนเฉลี่ย	11.58	30.60	23.37	77.89
S.D.	0.96		1.92	

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง สารละลาย ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนายสังเกต อธิบาย

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	S.D.	ร้อยละ	t-test
ก่อนเรียน	30	11.58	0.96	30.60	27.40**
หลังเรียน	30	23.37	1.92	77.89	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนายสังเกต อธิบาย มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 11.58 คิดเป็นร้อยละ 30.60 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 23.37 คิดเป็นร้อยละ 77.89 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลัง พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่องสารละลาย ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนายสังเกต อธิบาย พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E เสริมด้วยเทคนิคการทำนายสังเกต อธิบายมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 11.58 คิดเป็นร้อยละ 30.60 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 23.37 คิดเป็นร้อยละ 77.89 ซึ่งเมื่อทดสอบสมมติฐานคะแนนหลังเรียนเป็นไปตามเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่องสารละลาย ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนายสังเกต อธิบาย พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 11.58 คิดเป็นร้อยละ 30.60 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 23.37 คิดเป็นร้อยละ 77.89 ซึ่งไม่น้อยกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ และเมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนายสังเกต อธิบาย เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความ

คิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการนำเสนอสถานการณ์ และให้นักเรียนทำนายว่าจะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงหลังจากที่นักเรียนทำนาย แล้วให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ดังกล่าว โดยให้นักเรียนลงมือทดลอง สังเกตหรือหาวิธีพิสูจน์เพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้น หลังจากนั้นให้นักเรียนบอกสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้จากการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) อีกทั้งผู้เรียนยังได้ฝึกทักษะการคิดที่หลากหลาย ครอบคลุมทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านร่างกาย อารมณ์ สติปัญญา และสังคม และได้รู้จักการทำงานร่วมกับผู้อื่น ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคทำนาย สังเกต อธิบาย มีขั้นตอนที่สำคัญทั้งหมด 7 ขั้น คือ ขั้นที่ 1 ขั้นทบทวนความรู้เดิม เป็นขั้นที่ครูรับรู้ว่าคุณนักเรียนรู้อะไรบ้างในเรื่องที่มีความเกี่ยวข้องกับบทเรียน โดยตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์จากการสาธิตหรือสื่อที่เกี่ยวข้องน่าสนใจ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความตื่นเต้นและสนใจเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน หรือเรื่องที่เกิดจากความสงสัย ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหา เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางตรวจสอบตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ สังเกต ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล บันทึกข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลวิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรม ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบาย เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาอย่างเพียงพอจากการตรวจสอบตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูลข้อสังเกตที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล แล้วเปรียบเทียบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างตาราง ฯลฯ ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความคิด เป็นโอกาสของนักเรียนที่จะได้การนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้ลึกกว้างขวางขึ้น ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้างอย่างไร และมากน้อยเพียงใดจากขั้นนี้ จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่น ๆ โดยครูอาจให้ทำแบบฝึกหัด และขั้นที่ 7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นที่ครูจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้เรียนมาไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ซึ่งกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงวิทยาศาสตร์แบบการสืบเสาะหาความรู้ (inquiry based learning) เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา ตรวจสอบตรวจสอบ และ ค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และ เกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และ เก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใดๆ มาเผชิญหน้า (กุศลิน มุสิกกุล. 2561) และสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructionism) 4 หลักสำคัญ (สุชิน เพ็ชรภักษ์. 2548) คือ 1) หลักการที่ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง หลักการเรียนรู้ตามทฤษฎี Constructionism คือ การให้ผู้เรียนลงมือสร้างสิ่งของหรือประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง ได้ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอกที่มีความหมาย ซึ่งจะรวมถึงปฏิภพระหว่างความรู้ในตัวของผู้เรียนเองกับประสบการณ์และสิ่งแวดล้อมภายนอกสามารถเชื่อมโยงและสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ 2) หลักการที่ยืดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ หลักการตาม

ทฤษฎี Constructionism ครูต้องจัดบรรยากาศการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยมีทางเลือกที่หลากหลายและเรียนรู้ด้วยความสุข สามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้เก่าได้ ส่วนครูทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยและคอยอำนวยความสะดวก 3) หลักการเรียนรู้จากประสบการณ์และสิ่งแวดล้อม หลักการนี้เน้นให้เห็นความสำคัญของการเรียนรู้ร่วมกัน ทำให้ผู้เรียนเห็นว่าคนเป็นแหล่งความรู้อีกแหล่งหนึ่งที่สำคัญ การสอนตามทฤษฎี Constructionism เป็นการจัดประสบการณ์เพื่อเตรียมคนออกไปเผชิญโลก ถ้าผู้เรียนเห็นว่าคนเป็นแหล่งความรู้สำคัญและสามารถแลกเปลี่ยนความรู้กันได้ เมื่อจบการศึกษาออกไปก็จะปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ 4) หลักการใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือ หลักการนี้เน้นการใช้เทคโนโลยีแสวงหาความรู้จากแหล่งความรู้ต่างๆ ด้วยตนเอง เป็นผลให้เกิดพฤติกรรมที่ฝังแน่นเมื่อผู้เรียน เรียนรู้ว่าจะเรียนรู้ได้อย่างไร (Learning how to Learn) หลักการของทฤษฎี Constructionism เป็นการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติหรือสร้างสิ่งที่มีความหมายกับตนเอง ดังนั้นเครื่องมือที่ใช้ต้องมีลักษณะเอื้อต่อการให้ผู้เรียนนำมาสร้างเป็นชิ้นงานได้สำเร็จ ตอบสนองความคิดและจินตนาการของผู้เรียน กล่าวโดยสรุปก็คือเครื่องมือทุกชนิดที่สามารถทำให้ผู้เรียนสร้างงานหรือลงมือปฏิบัติด้วยตนเองได้เป็นเครื่องมือที่สอดคล้องตามหลักการทฤษฎี Constructionism ดังนั้นจากเหตุผลข้างต้นจึงสนับสนุนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เสริมด้วยเทคนิคการทำนายสังเกต อธิบาย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นกระบวนการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่เหมาะให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือประสบการณ์เรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้ทั้งเนื้อหา หลักการ ทฤษฎี ตลอดจนการได้ลงมือปฏิบัติ สามารถสร้างสรรค์องค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งถือว่าเป็นการเรียนรู้ที่ยั่งยืน และส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์คณิตสร ต้นสินนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์จิรา จุมพลกล้า อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และนายธรรมนุญ ผ่านสำแดง คุณครูพี่เลี้ยง ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ งานวิจัยในชั้นเรียนฉบับนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสถานศึกษา และคณะครูโรงเรียนท่าบ่อ อำเภوتاบ่อ จังหวัดหนองคายทุกท่านที่อำนวยความสะดวกให้ความร่วมมือช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจ และขอขอบน้ำใจนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กุศลสิน มุสิกกุล. (2561). <http://smt.ipst.ac.th/index.php/smt-media/item>
- ดารารัตน์ วัจน. (2560). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT เสริมด้วยเทคนิคการทำนาย สังเกต อธิบายต่อความเข้าใจในมิติแรงและความดันและทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยาศาสตร์ศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี.*
- ชนิดา ทาทอง. (2549). *การเปรียบเทียบผลการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และการเรียนสืบเสาะแบบสวท. ที่มีต่อแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนคติชีววิทยา: พิษหรือสัตว์การจดจำแมกพีชและการจดจำแมกสัตว์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 [วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.*
- ชูกิจ ลิมปิจำนงค์. (2562). *แผนปฏิบัติการเชิงกลยุทธ์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 – 2564*. กรุงเทพฯ: ฝ่ายยุทธศาสตร์ แผนและประกันคุณภาพ.
- ประสาธน์ เนื่องเฉลิม.(2550). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ 7 ขั้น*. วารสารวิชาการ. 10, 4(ตุลาคม-ธันวาคม): 25-27.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ศิวพร ศรีจรัญ. (2560). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ที่มีผลต่อการคิดอย่างมีเหตุผล และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 19(2): 83-94.
- สุรศักดิ์ ปาเฮ. (2556). *การพัฒนาวิชาชีพครูสู่ยุคปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่ 2*. ในเอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการ การพัฒนาครูทั้งระบบตามยุทธศาสตร์การปฏิรูปการศึกษาทศวรรษที่ 2. หน้า 2- 4. สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาแพร่ เขต 1-2.
- สุชิน เพ็ชรรักษ์. (2548) Online: <https://nattarikablog.wordpress.com>
- Arthur Eisenkraft. (2003). *Expanding the 5E Model*. The Science Teacher, 56-59.

การศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบซิปปาโมเดล เรื่อง เคมีไฟฟ้า

A STUDY AND COMPARATIVE OF CHEMISTRY ACHIEVEMENT
OF GRADE 11 STUDENTS BY USING THE CIPPA MODEL ON ELECTROCHEMISTRY

กรสรณีย์ สวัสดิ์ดอนวิชา^{1*} รุ่งนภลัย ราชภักดี² คณิสร์ ดั่นสินนท์³

นักศึกษา คุรุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ (เคมี) คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี¹

หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนพิบูลย์รักษ์พิทยา อำเภอพิบูลย์รักษ์ จังหวัดอุดรธานี²

สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี³

*Corresponding author: E-mail: Jakkapan1609@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบซิปปาโมเดล เรื่อง เคมีไฟฟ้า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนพิบูลย์รักษ์พิทยา อำเภอพิบูลย์รักษ์ จังหวัดอุดรธานี จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 26 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบซิปปาโมเดล จำนวน 15 แผน มีค่าความเที่ยงตรงทั้งฉบับเท่ากับ 1.00 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.91 3) แบบวัดความพึงพอใจ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบสมมติฐานโดยการทดสอบทีแบบไม่อิสระ และการทดสอบแบบ One Sample t-test ผลการวิจัยพบว่า 1). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบซิปปาโมเดล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 8.35 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 23.96 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า คะแนนหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2). การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบซิปปาโมเดล วิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ทั้ง 3 ด้าน พบว่าโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยตามลำดับได้ดังนี้ 1) ด้านบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้ 2) ด้านกิจกรรมการเรียน และ 3) ด้านประโยชน์ที่ได้รับ

คำสำคัญ: รูปแบบการสอนแบบซิปปาโมเดล; ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี

Abstract

The purpose of this research was to study and comparative of chemistry achievement of grade 11 students by using CIPPA model on electrochemistry. The research sample group consisted of 26 students of grade 11 in the second semester of academic year 2020 at Phibunrakpittaya School, Phibunrak district, Udon-Thani that selected by cluster random sampling. This study design was one-group pretest-posttest design. The instrument of this study were 1) 15 lesson plans on electrochemistry by using the CIPPA model that confidence value was 1.00, 2) the chemistry achievement test that confidence value was 0.91, and 3) the questionnaire of attitude toward learning with the CIPPA model that confidence value was 0.82. The data were analyzed for mean, standard deviation, percentage and hypothesis test for compare chemistry achievement of electrochemistry after learning higher than before learning by t-test for dependent sample and One sample t-test for test of attitude toward learning by using the CIPPA model. The results of this research were as follows: 1). the result of compare chemistry achievement of electrochemistry of grade 11 students by using the CIPPA model were the pre-test score 8.35 and the post-test score 23.96 when compare between before and after the result was after learning higher than before learning in significance at the 0.05 level. 2). The results of the attitude toward learning by using the CIPPA model of grade 11 students was the attitude toward learning overall rating at high level that sort from most to least were 1) phase of learning management atmosphere, 2) phase of learning activities, and 3) phase of learning benefit.

Keywords: CIPPA model; Chemistry achievement

บทนำ

การศึกษาจัดเป็นกระบวนการสำคัญในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพ อาจกล่าวได้ว่า การพัฒนาประเทศขึ้นอยู่กับความสำเร็จของการพัฒนาหรือคุณภาพของคน จะเห็นได้จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560 – 2564) การที่จะพัฒนาประเทศไทยไปสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ให้เกิดขึ้นในอนาคตนั้น จะต้องให้ความสำคัญกับการเสริมสร้างทุนของประเทศที่มีอยู่ให้เข้มแข็งและมีพลังเพียงพอในการขับเคลื่อนกระบวนการการพัฒนาทั้งในระยะกลางและระยะยาว โดยเฉพาะ “การพัฒนาคน” ให้มีการเตรียมความพร้อมรับการเปลี่ยนแปลงของโลกในศตวรรษที่ 21 ซึ่งมีสิ่งที่สำคัญที่สุดคือทักษะการเรียนรู้และการเสริมสร้างปัจจัยแวดล้อมที่เอื้อต่อการพัฒนาคุณภาพของคน โดยการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงของ

พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช มาประยุกต์ใช้ทั้งในเชิงระบบและโครงสร้างของสังคมไทยให้มีภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น (แผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ 2560 - 2564)

นอกจากนี้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 หมวด 4 แนวการจัดการศึกษา มาตรา 22 การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ มาตรา 24 การจัดกระบวนการเรียนรู้ ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการดังต่อไปนี้ (1) จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล (2) ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา (3) จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริงฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง (4) จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกวิชา (5) ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ ผู้สอนและผู้เรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียนการสอนและแหล่งวิทยาการประเภทต่าง ๆ (6) จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลาทุกสถานที่ มีการประสานความร่วมมือกับบิดามารดา ผู้ปกครอง (พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542)

การจัดกระบวนการเรียนรู้ในปัจจุบัน มุ่งเน้นความสำคัญที่ตัวผู้เรียนโดยเปิดโอกาสให้เลือกเรียนตามความถนัดและความสนใจ ส่งเสริมให้มีส่วนร่วมในทุกกระบวนการเรียนรู้ พัฒนาความสามารถในการแสวงหาความรู้ และการนำความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาศักยภาพของตนเองอย่างเต็มที่ รวมทั้งปลูกฝังความมีคุณธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ วิธีการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยให้ผู้เรียน เกิดการเรียนรู้ และเกิดทักษะต่าง ๆ จากการเรียนมีหลายวิธี เช่น การสอนแบบบรรยาย การสอนทักษะปฏิบัติ, การสอนอภิปราย, การสอนสัมมนา และการสอนโดยให้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง (ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. 2544)

การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบชิปปาโมเดล เป็นการจัดการกิจกรรมการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความคิด และการตัดสินใจอย่างเป็นระบบ สามารถสร้างความรู้ ค้นพบความรู้ ได้ด้วยตนเอง นักเรียนมีบทบาทมากในกิจกรรมการเรียนการสอน และผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งคิดค้นขึ้นโดย ทิศนา ขัมมณี (2543) และคณะซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นทฤษฎีที่ใช้สอนทักษะการคิด ลักษณะการคิด และกระบวนการคิด การเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางต้องให้เขาเกิดกระบวนการคิดด้วย ถ้าหาก ทำกิจกรรมอะไรก็ตามแล้วไม่เกิดการคิดก็ไม่น่าจะเป็นการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1) การทบทวนความรู้เดิม ขั้นที่ 2) การแสวงหาความรู้ใหม่ ขั้นที่ 3) การศึกษาทำความเข้าใจข้อมูล / ความรู้ใหม่และเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม ขั้นที่ 4) การแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจกับกลุ่ม ขั้นที่ 5) การสรุปและจัดระเบียบความรู้ ขั้นที่ 6) การแสดงผลงาน ขั้นที่ 7) การประยุกต์ใช้ความรู้ การจัดการเรียนการสอนแบบชิปปา สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม

การเรียนรู้ทั้งทางด้านกาย สติปัญญา และสังคม การมีส่วนร่วมทางด้านอารมณ์นั้น ความจริงแล้วมีเกิดขึ้นควบคู่ไปกับทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็น ทางด้านกาย สติปัญญา และสังคม ซึ่งหากครูสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ตามหลักดังกล่าวแล้ว การจัดการเรียนการสอนของครูก็จะมีลักษณะที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางอย่างแท้จริง และสามารถส่งเสริมผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น (สุริภรณ บุญแท้. 2550, วราภรณ์ ผิวทุม. 2552)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบซิปปาโมเดล เรื่อง เคมีไฟฟ้า ว่าจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมีสูงขึ้นหรือไม่อย่างไร และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบซิปปาโมเดลอยู่ในระดับใด ทั้งนี้ผลการศึกษาเพื่อส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนโดยเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมการส่งองค์ความรู้ด้วยตนเอง ทักษะกระบวนการ และจิตวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องเคมีไฟฟ้า ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบซิปปาโมเดล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบซิปปาโมเดล วิชาเคมี เรื่องเคมีไฟฟ้า

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบซิปปาโมเดล เรื่อง เคมีไฟฟ้า มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. นักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบซิปปาโมเดล เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิบูลย์รักษ์พิทยา อำเภอพิบูลย์รักษ์ จังหวัดอุดรธานี ปีการศึกษา 2563 จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 42 คน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 26 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

แบบแผนการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีแบบแผนการทดลอง (Experimental Design) กลุ่มเดียว ทดสอบก่อนและหลังการทดลอง
One Group Pretest – Posttest Design (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540)

สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
T ₁	X	T ₂
T ₁		
X		
T ₂		

T₁ หมายถึง การทดสอบก่อนเรียน (Pretest)
X หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบชิปปาโมเดล
T₂ หมายถึง การทดสอบหลังเรียน (Posttest)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบชิปปาโมเดล เรื่อง เคมีไฟฟ้า
2. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า
3. แบบสอบถามความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบชิปปาโมเดล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ก่อนการทดลองให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ตรวจให้คะแนนเป็นคะแนนก่อนเรียน
2. ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบชิปปาโมเดล เรื่อง เคมีไฟฟ้าที่สร้างขึ้นจำนวน 15 แผน โดยให้นักเรียนเรียนและปฏิบัติตามกิจกรรมต่างๆ ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบชิปปาโมเดล
3. เมื่อสิ้นสุดการทดลองจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แล้ว นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้าชุดเดิมที่ทดสอบก่อนเรียนไปทดสอบนักเรียนอีกครั้ง และให้นักเรียนตอบแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบชิปปาโมเดล ตรวจให้คะแนนทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและตรวจให้คะแนนความพึงพอใจเป็นคะแนนหลังเรียน จากนั้นนำผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบชิปปาโมเดล

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบชิปปาโมเดล ผู้วิจัยได้ตรวจให้คะแนนก่อนเรียนและหลัง

เป็นรายบุคคล วิเคราะห์ข้อมูลโดยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ ทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนโดยการทดสอบ t-test for dependent sample ปรากฏผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบซิปปา

การทดสอบ	N	\bar{X}	S.D.	\bar{d}	S.D. _d	t	Sig
ก่อนเรียน	26	8.35	2.45	15.62	3.50	22.75*	0.0000
หลังเรียน	26	23.96	2.65				

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 1 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.35 หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 23.96 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบซิปปา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบซิปปาโมเดล วิชาเคมี เรื่องเคมีไฟฟ้า

การศึกษาค้นคว้าความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบซิปปาโมเดล วิชาเคมี เรื่องเคมีไฟฟ้า โดยผู้วิจัยตรวจให้คะแนนตามระดับความคิดเห็น 5 ระดับ แบบ Liket Scale คือ 5 มีความพึงพอใจมากที่สุด, 4 มีความพึงพอใจมาก, 3 มีความพึงพอใจปานกลาง, 2 มีความพึงพอใจน้อย และ 1 มีความพึงพอใจน้อยที่สุด วิเคราะห์ข้อมูลโดยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบสมมติฐานโดยการทดสอบที่แบบไม่มีอิสระ และการทดสอบแบบ One Sample t-test และแปลความหมายของระดับความพึงพอใจ ได้แก่ 4.50 - 5.00 หมายถึงระดับความพึงพอใจมากที่สุด 3.50 - 4.49 หมายถึงระดับความพึงพอใจมาก 2.50 - 3.49 หมายถึงระดับความพึงพอใจปานกลาง 1.50 - 2.49 หมายถึงระดับความพึงพอใจน้อย 1.00 - 1.49 หมายถึงระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด ปรากฏผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบชิปปาโมเดล วิชาเคมี เรื่องเคมีไฟฟ้า

ข้อที่	รายการ	ระดับความพึงพอใจ		
		ค่าเฉลี่ย (\bar{x})	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	แปลผล
1. ด้านบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้				
1.1	บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม	4.31	0.61	มาก
1.2	บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อตนเอง และกลุ่ม	4.00	0.56	มาก
1.3	บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน	3.92	0.68	มาก
1.4	บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนทำกิจกรรมได้อย่างอิสระ	4.12	0.51	มาก
1.5	บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนเกิดความคิดที่หลากหลาย	4.31	0.54	มาก
รวมด้านบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้		4.13	0.60	มาก
2. ด้านกิจกรรมการเรียน				
2.1	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.04	0.65	มาก
2.2	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ความคิด	3.89	0.64	มาก
2.3	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดและตัดสินใจ	4.15	0.60	มาก
2.4	กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็น	4.27	0.76	มาก
2.5	กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น	4.12	0.80	มาก
รวมด้านกิจกรรมการเรียน		4.09	0.71	มาก
3. ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้				
3.1	การจัดการเรียนรู้ทำให้เข้าใจเนื้อหาได้นาน	3.73	0.71	มาก
3.2	การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจด้วยตนเองได้	4.08	0.62	มาก
3.3	การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนนำวิธีการเรียนรู้ไปใช้ในวิชาอื่น ๆ	4.08	0.55	มาก
3.4	การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดที่สูงขึ้น	4.15	0.66	มาก
3.5	กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น	4.19	0.74	มาก
รวมด้านประโยชน์ที่ได้รับ		4.05	0.68	มาก
โดยรวมทั้ง 3 ด้าน		4.09	0.66	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบชิปปาโมเดล เรื่อง เคมีไฟฟ้า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้านบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 4.13 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ด้านกิจกรรมการเรียน เท่ากับ 4.09 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 4.05 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก และความพึงพอใจโดยรวม เท่ากับ 4.09 มีความพึงพอใจในระดับมาก

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องเคมีไฟฟ้า และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบชิปปาโมเดล จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบชิปปาโมเดล นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.35 หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 23.96 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบชิปปาโมเดล มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบชิปปาโมเดล วิชาเคมี เรื่องเคมีไฟฟ้า คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบชิปปาโมเดล เรื่อง เคมีไฟฟ้า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้านบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 4.13 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ด้านกิจกรรมการเรียน เท่ากับ 4.09 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 4.05 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก และความพึงพอใจโดยรวม เท่ากับ 4.09 มีความพึงพอใจในระดับมาก

อภิปรายผล

จากสรุปผลการวิจัย พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบชิปปาโมเดล เรื่อง เคมีไฟฟ้า มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ 3 ด้าน คือ ด้านบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้, ด้านกิจกรรมการเรียน, ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้ และความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบชิปปาโมเดล ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน ตามรูปแบบของชิปปา คือ ขั้นที่ 1 ขั้นทบทวนความรู้เดิม เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนได้แสดงประสบการณ์เดิม หรือความรู้เดิมโดยวิธีสนทนาซักถาม ให้เล่าประสบการณ์หรือแสดงความรู้เดิมออกเป็นแผนภูมิโครงสร้างความรู้

(Graphic Organizer) ซึ่งในขั้นนี้ทำให้ผู้วิจัยได้รู้ถึงความรู้ความเข้าใจพื้นฐานของนักเรียนว่ามีพื้นฐานความรู้มากน้อยเพียงใดในเรื่องที่กำลังจะเรียน ขั้นที่ 2 ขั้นแสวงหาความรู้ใหม่ ในขั้นนี้ผู้เรียนได้จัดกิจกรรมโดยเน้นกิจกรรมการทดลองเพื่อให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผู้วิจัยจะคอยให้คำแนะนำในการทำกิจกรรมการทดลองจนสรุปผลการทดลองเพื่อให้นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้จากการทดลอง ในขั้นนี้ผู้เรียนมีความตื่นตัวในการทำทดลองและลุ้นตลอดเวลาว่าการทดลองจะเป็นไปตามที่คาดการณ์เอาไว้หรือไม่อย่างไร ขั้นที่ 3 ขั้นทำความเข้าใจข้อมูล / ความรู้ใหม่ ในขั้นนี้ผู้วิจัยพยายามกระตุ้นให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาอภิปรายผลการทดลอง/กิจกรรมที่นักเรียนได้ทำ เพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจความรู้ใหม่แล้วเชื่อมโยงกับความรู้เดิม จะสังเกตได้ว่าในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะสามารถสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการทดลอง/กิจกรรมเชื่อมโยงกับหลักการ ทฤษฎี ที่นักเรียนได้สืบค้นมา และสรุปเป็นองค์ความรู้ของตนเอง ขั้นที่ 4 ขั้นแลกเปลี่ยนความรู้ เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจซึ่งกันและกัน และให้กลุ่มช่วยกันตรวจสอบความรู้ความเข้าใจระหว่างกัน ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปและจัดระเบียบความรู้ ขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนได้สรุปประเด็นสำคัญ ทั้งความรู้เดิมและความรู้ใหม่ โดยจัดระเบียบความรู้ให้ง่ายการจดจำ ขั้นที่ 6 ขั้นปฏิบัติ/แสดงผลงาน ในขั้นนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนสร้างผลงานของตนเองขึ้นแล้วนำเสนอผลการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งในขั้นนี้ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างชิ้นงานในการนำเสนอให้ดีที่สุดและเพื่อนเข้าใจได้ง่ายและขั้นที่ 7 ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้ฝึกฝนการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ เพื่อเพิ่มความชำนาญ ความเข้าใจ ความสามารถในการแก้ปัญหาและความจำในเรื่องนั้นๆ ซึ่งในขั้นนี้ทำให้ผู้วิจัยทราบถึงองค์ความรู้ของนักเรียนและส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ซึ่งกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบของชิปปาเป็นการจัดการเรียนที่เป็นการจัดการเรียนรู้ที่โดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เป็นรูปแบบการจัดการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนศึกษาค้นคว้า รวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง การมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้การมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นและการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การได้เคลื่อนไหวทางกาย เป็นต้น และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในกิจกรรม การเรียนรู้ดังกล่าว เป็นวิธีการเรียนรู้ที่แปลกใหม่ ทำให้บรรยากาศในการเรียนรู้เต็มไปด้วยความกระตือรือร้น ตื่นเต้น ไม่เบื่อหน่าย นักเรียนได้ใช้ความสามารถของตนเองอย่างเต็มศักยภาพ มีโอกาสแสดงความคิดเห็น มีอิสระในการตัดสินใจในการตอบคำถาม และการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจ กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบชิปปาเป็นรูปแบบของกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งซึ่งช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมทางด้านร่างกาย ด้านสติปัญญา ด้านสังคม และทางด้านอารมณ์ (ทิตินา แซมมถึ. 2545) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดรูปแบบของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางคือการสอนโดยให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ กับปรัชญาเบื้องต้นของการจัดการศึกษาที่ว่าต้องจัดให้นักเรียนได้พัฒนาครบทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านร่างกาย ด้านอารมณ์ด้านสังคม และด้านสติปัญญา ดังนั้นจึงทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบชิปปาโมเดล มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับพึงพอใจมาก

กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์คณิศร ตันสินนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา คุณครูรุ่งนภาลัย ราชภักดี และคุณครูอภิญา เทียงธรรม คุณครูพี่เลี้ยง ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลือ ทำให้งานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสถานศึกษา คณะครู และนักเรียน โรงเรียนพิบูลย์รักษ์พิทยา อำเภอพิบูลย์รักษ์ จังหวัดอุดรธานี ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินการวิจัยเป็นอย่างดี ขอขอบคุณบิดามารดา รวมทั้งญาติพี่น้องทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนในการศึกษาเล่าเรียน และท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณครูและอาจารย์ที่ได้อบรมสั่งสอนศิษย์ วางรากฐานความรู้ให้แก่ศิษย์

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา กาฬภักดี. (2550). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและค่านิยมทางวิทยาศาสตร์ด้านการมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบชิปปา [สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทิตนา แคมมณี. (2534). ชุดกิจกรรมการสอนและฝึกทักษะกระบวนการกลุ่ม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____. (2542). การจัดการเรียนการสอนโดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง: ชิปปาโมเดล (CIPPA MODEL). วารสารวิชาการ, 27, 1-17.
- _____. (2543). เอกสารประกอบการสอนการจัดการเรียนการสอนโดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____. (2553). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- _____. (2557). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มี ประสิทธิภาพ (พิมพ์ ครั้งที่ 17). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิตยา ฤทธิ. (2558). การเปรียบเทียบโมเดลเรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของสัตว์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการเรียนแบบชิปปาเสริมด้วยเทคนิคการอุปมาและการเรียนแบบปกติ [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2544). จิตวิทยาบริหารงานบุคคล. ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. (2542, 19 สิงหาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 116 ตอนที่ 74 ก. หน้า 1-23.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 7). สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- วรางคณา ผิวทุม. (2552). การศึกษาผลการใช้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การจัดการสิ่งแวดล้อม โดยใช้การจัดการเรียนรู้รูปแบบชิปปา (CIPPA model) ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579. <http://www.reo2.moe.go.th/home/images/pdf/EducationPlan2560-2579.pdf>
- สุธีภรณ์ บุญแท้. (2550). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำและอากาศ ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบชิปปากับ การสอนแบบปกติ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

การพัฒนาชุดกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน
วิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

Development of a set of learning activity lessons to promote analytical thinking
according to the 5-steps learning process on *Human Body* for 8th grade students

กิตติยา ทวีผล^{1*} ยวดี อินสำราญ² เนตรชนก จันทร์สว่าง³

นักศึกษาสาขาวิชาชีววิทยาศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม¹

อาจารย์สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม²

*Corresponding author: E-mail: taweepolkittiyabew@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีประสิทธิภาพ 75/75 และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ การเรียน เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ และการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1/2564 โรงเรียนพญารามวิทยา จังหวัดสุรินทร์ โดยการสุ่มแบบกลุ่ม โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม ได้ จำนวน 1 ห้อง คือห้องชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 มีนักเรียน 23 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ชุด กิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ จำนวน 2 หน่วย ได้แก่ เรื่องระบบหมุนเวียนโลหิตและระบบหายใจ แบบทดสอบจำนวน 2 ชุด ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนและแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของมาร์ซาโน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานคือ ค่าทีแบบกลุ่มเดียว ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ มีคุณภาพอยู่ใน ระดับ เหมาะสมมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.52 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.28 และมีประสิทธิภาพ 79.81/76.81 2) นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: ชุดกิจกรรม; กระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน; การคิดวิเคราะห์

Abstract

The objectives of this research study were to develop a set of learning activity lessons on *Human body* in science subject of 8th grade student that promote analytical thinking based on the 5-steps learning process to meet efficiency 75/75, and to compare academic achievement on *Human body* and analytical thinking of the students that use a set of learning activity lessons on *Human body* based on the 5-step learning process between the after using and the criteria at 70 percentage. The sample group consisted of 23 students of 8th grade students in Phayaram Witthaya School. The research instruments consisted of 2 sets of Learning Activities based on the 5-step learning process on *Human body* in 8th grade science subject with the quality of the lesson activity at the highest quality (4.52), Achievement Test and analytical thinking based on Marzano were employed. The research data were analyzed by using percentage, mean and standard deviation and one sample t-test. The results of this research study; firstly efficiency of the set of learning activity based on the 5-step learning process was found that the efficiency of the process (E_1) was 79.81 and the result efficiency (E_2) was 76.8. Secondly results of comparison between academic achievement and analytical thinking with criteria of 70 percentage threshold was statistically higher than those criteria significant at the .05 level.

Keywords: Set of learning activities; 5-step learning process; Analytical thinking

บทนำ

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญ ต่อสังคมในปัจจุบันและอนาคตอย่างมากเนื่องจากวิทยาศาสตร์มีความเชื่อมโยงในการดำรงชีวิตในปัจจุบันของมนุษย์ จะเห็นได้ชัดว่าวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญมากโดยเน้นความสามารถทางการดำรงชีวิต การวิเคราะห์ กระบวนการคิดเพื่อค้นหาความรู้และแก้ปัญหาสิ่งต่าง ๆ ได้ เน้นในเรื่องกระบวนการจัดการเรียนรู้ใหม่มีการวิเคราะห์การเชื่อมโยงและเน้น ทักษะกระบวนการต่าง ๆ โดยการค้นพบด้วยตนเองทุกขั้นตอนและทุกกิจกรรม เมื่อผู้เรียนได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ จะทำให้ผู้เรียนนั้นเกิดองค์ความรู้ด้วยตนเองและที่สำคัญของการจัดการเรียนการสอนจะต้องเหมาะสมกับช่วงอายุและระดับชั้นเพื่อให้จัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสมกับวัยและความสนใจกับผู้เรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

การจัดการเรียนการสอนที่มีแบบบรรยายทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ยังไม่เพียงพอต่อการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ที่สูงขึ้น ครูยึดตัวเองเป็นศูนย์กลาง ถ้ายทอดความรู้ที่เน้นการฝึกท่องจำ การให้ข้อมูลเป็นส่วนใหญ่ ไม่ค่อยฝึกให้มีการสอนให้นักเรียนคิดและวิเคราะห์ตาม ขาดการฝึกปฏิบัติ ขาดการฝึกกระบวนการคิด กระบวนการคิดวิเคราะห์ซึ่งเป็นการคิดพื้นฐานที่นำไปสู่การคิดขั้นสูง แสดงให้เห็นถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยเฉพาะเรื่อง ร่างกายของมนุษย์ที่มีคะแนนค่อนข้างต่ำ จากการวัดประเมินของผู้สอน โดยปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นจากการสัมภาษณ์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2563 และการสัมภาษณ์ครูประจำรายวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนพญา

รามวิทยา ปีการศึกษา 2563 (วิยะดา ขอนคู, สัมภาษณ์) การจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนที่ผ่านมานักเรียนส่วนมากจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่ดีเท่าที่ควร และพบว่าครูผู้สอนส่วนใหญ่ยังจัดการเรียนการสอนโดยไม่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ แต่กลับยึดตัวครู หลักสูตร เนื้อหาวิชา สื่อ และการวัดผลเป็นหลัก การมุ่งเน้นเนื้อหาทำให้ผู้เรียนไม่ได้พัฒนาสมอง ไม่ได้ใช้ความคิด และไม่ได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง (ทีศนา แคมมณี, 2547) จากปัญหาต่างๆ ที่กล่าวมาทำให้เห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่ยังไม่ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายเท่าที่ควร โดยจัดการเรียนรู้ในรูปแบบใหม่ๆ การศึกษางานวิจัยที่ผ่านมามีรูปแบบการจัดการจัดการเรียนรู้อย่างต่าง ๆ มากมายที่สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบหนึ่งที่เหมาะสมต่อผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ที่สามารถส่งเสริมและพัฒนา ทักษะดังกล่าวคือ การจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน โดยมีลำดับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นตอนการเรียนรู้ระบุดำถาม 2) ขั้นตอนการเรียนรู้แสวงหาสารสนเทศ 3) ขั้นตอนการเรียนรู้เพื่อสร้างความรู้ 4) ขั้นตอนการเรียนรู้เพื่อสื่อสาร และ 5) ขั้นตอนการเรียนรู้เพื่อตอบแทนสังคม (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และเพยาวี ยินดีสุข, 2557) ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างแท้จริง และส่งผลให้ผู้เรียนมองสิ่งรอบตัวเปลี่ยนไปและมีประกายความคิดให้เร่งพัฒนาโดยกล้าที่จะคิด กล้าที่จะทำมากขึ้น และควรเร่งให้มีการคิดแบบระดมสมอง เพื่อช่วยแก้ปัญหาและทำให้ส่งเสริมการทำงานร่วมกันได้มากขึ้น ผู้เรียนมีความสุขในการคิดมากกว่าการคิดคนเดียว และมีแรงจูงใจที่จะพยายามคิดในประเด็นอื่น ๆ ต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเพ็ญพักตร์ ช่วยพันธ์ (2560) การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาการคิดวิเคราะห์ตามหลักการของ Marzano สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาการคิดวิเคราะห์ตามหลักการของ Marzano สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลเหมาะสม นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียน โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นที่จะพัฒนาการคิดวิเคราะห์ตามแนวทาง Marzano ของนักเรียนทำให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน โดยนักเรียนในกลุ่มต้องช่วยเหลือสมาชิกทุกคนให้สามารถปฏิบัติกิจกรรมได้เอง ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาและการทำ กิจกรรมมากขึ้น นอกจากนี้นักเรียนยังเกิดความภาคภูมิใจที่ตนเองมีส่วนร่วมในความสำเร็จของกลุ่ม ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียนเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น (สุปราณี วัจนานนท์, 2559)

การนำชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์มาเป็นสื่อการเรียนการสอนที่เป็นนวัตกรรมทางการศึกษาการเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เข้ามามีบทบาทต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ การนำชุดกิจกรรมมาช่วยในการเปลี่ยนพฤติกรรมนักเรียนให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพจะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองได้มากขึ้น ชุดกิจกรรมยังมีประโยชน์ต่อการเรียนการสอน (ชัยยงค์ พรหมวงศ์และคณะ, 2551)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน วิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้น และส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยนำกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มาเป็นยุทธศาสตร์ในการจัดการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้

เกิดการเรียนรู้ที่แท้จริงและสอดคล้องกับกระบวนการคิดวิเคราะห์เข้าไปด้วย ซึ่งผลการวิจัยนี้จะเป็นแนวทางของครูผู้สอนให้ไปใช้หรือประยุกต์ใช้ในการพัฒนาในวิชาเรียนวิทยาศาสตร์ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1) เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีประสิทธิภาพ 75/75

2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ และการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

สมมติฐานการวิจัย

นักเรียนที่เรียนโดยใช้โดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ร่างกายของมนุษย์ และการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ขอบเขตการวิจัย

1) ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนพญารามวิทยา จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนรวม 43 คน

2) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนพญารามวิทยา จังหวัดสุรินทร์ โดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม ได้จำนวน 1 ห้อง คือห้องชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 มีนักเรียน 23 คน

การดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 2 หน่วย ได้แก่ ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบหายใจ หน่วยละ 3 แผนการเรียนรู้ รวมทั้งสิ้นจำนวน 6 แผนการเรียนรู้ ใช้เวลาจำนวน 10 ชั่วโมง

2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน

3) แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดของ Marzano เป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มาวิเคราะห์การสอบกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5 STEPS) จัดทำชุดกิจกรรม นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรม ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของชุดกิจกรรม วิทยาศาสตร์ ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ

2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ศึกษานิยาม และวิธีการสร้างแบบทดสอบ นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนพิจารณาถึงความเห็นแต่ละข้อแล้วหาคำตัดสิน

ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นมาปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำแบบทดสอบไปใช้ต่อไป

3) แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ ศีษานิยามและวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ สร้างแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ให้ครอบคลุมตามแนวคิดของ Marzano แบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาถึงความเห็นแต่ละข้อแล้วหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นมาปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำแบบทดสอบไปใช้ต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามแบบ One Group Post-test Design (ไพศาลวรคำ, 2555) ดังตาราง

กลุ่ม	สิ่งทดลอง	ทดสอบหลัง
กลุ่มตัวอย่าง	X	O
X	หมายถึง การจัดการกิจกรรมจากชุดการเรียนรู้	
O	หมายถึง ทดสอบหลังการทดลอง (Post-test)	

1) ผู้วิจัยดำเนินการทดลองให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนโดยใช้ ชุดกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 โดยเมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้เสร็จในแต่ละเรื่องของหนังสือเรียนผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบย่อยท้ายบทเรียนทั้ง 2 หน่วย และตรวจให้คะแนนใบงาน รายงาน และสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน

2) เมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้อันครบตามกำหนด ผู้วิจัยให้นักเรียนทำข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน และสอบวัดการคิดวิเคราะห์ (Post-test)

3) นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1) หาประสิทธิภาพของชุดการจัดการเรียนรู้ โดยหาค่าความสัมพันธ์ ระหว่างคะแนนที่ได้จากคะแนนเก็บระหว่างเรียนกับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบการวัดการคิดวิเคราะห์ โดยคิดเป็นร้อยละ จากนั้นนำผลที่ได้มาเทียบและหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 (E_1/E_2)

2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาแล้ว เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยวิเคราะห์หาค่าคะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และทดสอบสมมติฐานโดยใช้ t-test for one sample

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีประสิทธิภาพ 75/75

การหาค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5 STEPs) เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทำโดยไปทดลองกับกลุ่มทดลองที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 โรงเรียนพญารามวิทยา จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 23 คน ที่เรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 และนำผลคะแนนจากการตรวจใบงาน หาประสิทธิภาพของกระบวนการ และคะแนนการทดสอบด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5 STEPs) เรื่อง ร่างกายของมนุษย์

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน วิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 5

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	คะแนนได้	คะแนนเฉลี่ย	ค่าร้อยละ (E ₁)	ค่าร้อยละ (E ₂)
ระหว่างเรียน*	23	70	1285	55.87	79.81	-
หลังเรียน	23	30	530	23.04	-	76.81
E ₁ /E ₂					79.81/76.81	

* คะแนนจากการทำชุดกิจกรรม

จากตารางที่ 1 พบว่าคะแนนระหว่างเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 79.81 จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 76.81 ดังนั้น ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน วิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ 79.81/76.81

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้และการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

หลังจากนักเรียนเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5 STEPs) เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ แล้วนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้ t-test for One Sample ปรากฏผลในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D	df	ร้อยละ	t	sig
หลังเรียน	30	23.04	2.12	22	76.81	4.62*	0.0001

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ หลังเรียน เท่ากับ 23.04 คิดเป็นร้อยละ 76.81 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

หลังจากนักเรียนเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5 STEPs) เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ แล้วนำคะแนนการคิดวิเคราะห์ หลังเรียนมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้ t-test for One Sample ปรากฏผลในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ระหว่างหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D	df	ร้อยละ	t	sig
หลังเรียน	30	22.87	2.12	22	76.23	5.00*	0.0000

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 พบว่า คะแนนการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ หลังเรียน เท่ากับ 22.87 คิดเป็นร้อยละ 76.23 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ มีการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปและอภิปรายผล

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้การส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ วิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า คุณภาพอยู่ในระดับ เหมาะสมมากที่สุด

และชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ 79.81/76.81

สำหรับการวิจัยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน วิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมี 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1 การตั้งประเด็นคำถาม/สมมติฐาน 2.การสืบค้นความรู้จากแหล่งเรียนรู้และสารสนเทศ 3.การสร้าง/สรุปองค์ความรู้ 4. การสื่อสารและการนำเสนออย่างมีประสิทธิภาพ และ 5.การบริการสังคมและจิตสาธารณะ ในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้เน้นย้ำวิธีการทั้ง 5 ขั้นตอน เพื่อพัฒนาผู้เรียน ให้เกิดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ทั้งในด้านเนื้อหา การทำงานร่วมกัน การแสดงความคิดเห็น ที่จะต้องใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแต่ละขั้นให้นักเรียนทราบก่อนดำเนินการเรียนการสอน ทำให้นักเรียนเข้าใจขั้นตอนในการเรียนได้ และสามารถคิดเพื่อสร้างองค์ความรู้ได้สามารถสื่อสารได้ และสามารถสร้างชิ้นงานเพื่อบริการสังคม ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และความสนใจปฏิบัติกิจกรรม มีปฏิสัมพันธ์กับครูและเพื่อนๆ ในห้อง ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ในขั้นที่ 1 การเรียนรู้ระบุคำถาม ขั้นที่ 2 การเรียนรู้แสวงหาสารสนเทศขั้นที่ 3 การเรียนรู้เพื่อสร้างความรู้ขั้นที่ 4 การสื่อสาร และขั้นที่ 5 การตอบแทนสังคม จากกระบวนการดังกล่าวพบว่าขั้นที่ 1-3 จะเน้นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ในขั้นที่ 4 เป็นการช่วยให้นักเรียนฝึกพูดอ่าน เขียน แล้วนำความรู้ที่ได้ไปนำเสนอในรูปแบบต่างๆ และนำไปใช้ในขั้นสุดท้าย แนวการสอนตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน จะทำให้นักเรียนมีคุณลักษณะเพิ่มมากขึ้น สามารถคิดเพื่อสร้างองค์ความรู้ได้สามารถสื่อสารได้ และสามารถสร้างชิ้นงานเพื่อบริการสังคมได้ จึงเห็นได้ชัดเจนว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้แบบนี้สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพเป็นต้น

ชุดกิจกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้ผ่านกระบวนการสร้างและพัฒนาถูกต้องตามหลักการ ทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง มีการตรวจสอบคุณภาพ ปรับปรุง และแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้มีความเหมาะสมกับผู้เรียน สอดคล้องกับ สุวิทย์ มูลคำ และสุนันทา สุนทรประเสริฐ (2550) ที่กล่าวว่า การผลิตเอกสารประกอบการเรียนการสอนต้องส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ นำไปทดลองใช้ในห้องเรียน นำผลที่ได้มาใช้พิจารณาเพื่อปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง ดังนั้นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จึงมีลักษณะเป็นนวัตกรรมที่ดีสอดคล้องกับ สุพัทธ์ พิบูลย์ (2549) ที่กล่าวถึงลักษณะนวัตกรรมที่ดีว่าต้องสอดคล้องกับกลุ่มเป้าหมาย ตรงกับธรรมชาติของผู้เรียน ถูกต้องตามหลักวิชา และมีประสิทธิภาพ ชุดกิจกรรมจึงมีคุณภาพอยู่ในระดับ เหมาะสมมากที่สุด โดยผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้ออกแบบเรียนรู้ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ซึ่งสอดคล้อง พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข, 2557 ที่ออกแบบการเรียนรู้ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และได้ผ่านการประเมินและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้มาใช้ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และมีความสนใจในการทำกิจกรรม เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียน ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความสามารถและและความสนใจที่แตกต่างกัน โดยมีจะครูที่คอยแนะนำช่วยเหลือตามความเหมาะสมทำให้บรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ ดวงพร หมวกสกุล และคณะ (2558) ที่พัฒนาชุดกิจกรรมด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น

ร่วมกับชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ประถมศึกษาปีที่ 5 ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.29/83.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80

2. นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ การคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทั้งนี้อาจเนื่องจาก ชุดกิจกรรมแต่ละหน่วยย่อยใช้การจัดการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามหลักการแนวคิด การจัดการกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน วิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีทั้ง 5 ขั้นตอน คือ 1 การตั้งประเด็นคำถาม/สมมติฐาน 2.การสืบค้นความรู้จากแหล่งเรียนรู้และสารสนเทศ 3.การสร้าง/สรุปองค์ความรู้ 4. การสื่อสารและการนำเสนออย่างมีประสิทธิภาพ และ 5.การบริการสังคมและจิตสาธารณะ โดยเน้นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ศึกษาและลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองทั้งเป็นกลุ่มและส่วนบุคคล ทำให้นักเรียนอยากรู้ อยากเห็น กระตือรือร้นในการเรียน ให้ความร่วมมือในกิจกรรมกลุ่ม ร่วมกิจกรรมและทำงานอย่างมีความสุข ซึ่งกิจกรรมมีความง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน จึงทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ สามารถสร้างความเข้าใจด้วยตนเองได้ ตอบสนองต่อเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคล และส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาการเรียนรู้ตรงศักยภาพสูงสุด ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ ธัญญารัตน์ สุขเกษม และคณะ (2562) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบ 5 ขั้นตอนร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง วิวัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนมีค่าสูงกว่าก่อนเรียนมากกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และคล้ายคลึงกับสอดคล้องกับ พิชญะ กันธิยะ และคณะ (2559) ที่พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผ่านการเรียนโดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบบันได 5 ขั้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในการกำหนดเนื้อหาหรือกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียนในระดับชั้นต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้เรียนมีการคิดวิเคราะห์ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ นักเรียนทุกกลุ่มยังได้รับการพัฒนาความสามารถในการคิดขั้นสูงจากชุดกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ในขั้นการสร้าง/สรุปองค์ความรู้ และการสื่อสารและการนำเสนออย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีส่วนช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ด้วย สอดคล้องกับ ธัญญารัตน์ สุขเกษม และคณะ (2562) ที่ศึกษาการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบ 5 ขั้นตอนร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง วิวัฒนาการ พบว่า การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับ พิชญะ กันธิยะ และคณะ (2559) ที่พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ผ่านการเรียนโดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบบันได 5 ขั้น มีทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นอกจากนี้ผลการวิจัยที่พบว่า นักเรียนมีคะแนนการคิดวิเคราะห์ต่ำกว่าค่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ร่างกายของมนุษย์ อาจเนื่องมาจากปัญหาที่ผู้วิจัยพบ คือ นักเรียนยังขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ และสังเคราะห์ซึ่งเป็นความสามารถทางปัญญาขั้นสูง จึงต้องควรมีกระบวนการเรียนการสอนในรูปแบบต่างๆให้

เหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพบริบทความพร้อมของนักเรียนชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน วิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยนำกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มาเป็นยุทธศาสตร์ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่แท้จริงและสอดคล้องกับกระบวนการคิดวิเคราะห์ที่เข้าไปด้วย ทำให้ถึงแม้การทดสอบด้วยการวิเคราะห์ยังเป็นทักษะที่ยาก แต่เมื่อมีการนำมาสอดคล้องรวมกับการสอนโดยนำกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนมาสอน ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการทดสอบโดยการคิดวิเคราะห์ที่สูงขึ้น

จากการศึกษากับเด็กในชั้นเรียนทำให้ทราบว่า เมื่อทำงานกับนักเรียน ผู้สอนได้คำนึงถึงการพัฒนา ด้านกระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ร่วมลงมือทำกิจกรรมร่วมกันช่วยเหลือกันตามขั้นตอนของชุดกิจกรรมทั้ง 5 ขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน โดยกระบวนการนี้ได้ฝึกทักษะวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในขั้นที่ 1-3 ในขั้นที่ 4 เป็นการช่วยให้นักเรียนฝึกพูดอ่าน เขียน แล้วนำความรู้ที่ได้ไปนำเสนอในรูปแบบต่างๆ และขั้นที่ 5 สร้างองค์ความรู้ได้สามารถสื่อสารได้ และสามารถสร้างชิ้นงานเพื่อบริการสังคมได้ ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้นและสนใจในการทำกิจกรรมมากขึ้น ส่งผลให้ชุดกิจกรรมที่นำมาใช้ได้ทำให้เกิดการมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ที่มากขึ้นอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1) ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. ในการจัดกิจกรรมการส่งเสริม การคิดวิเคราะห์ โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ผู้สอนต้องปฐมมนิเทศนักเรียนให้มีความรู้ความเข้าใจขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ก่อนเสมอ เพื่อให้นักเรียนจะได้ปฏิบัติตามขั้นตอน ไม่ทำให้เกิดปัญหา

2. ครูควรร่วมทำกิจกรรมและกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอน ช่วยกันวางแผนวิเคราะห์และตั้งประเด็นปัญหาในเนื้อหาที่เรียนตามขั้นตอนของแต่ละขั้นตอน โดยเฉพาะกิจกรรมที่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและเพื่อนร่วมชั้นเรียน

3. การประเมินทักษะใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ควรใช้เครื่องมือที่หลากหลาย เช่น แบบสังเกต แบบประเมินจากผลงาน เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อความเหมาะสมและความแม่นยำในการประเมินนั้น ๆ

2) ข้อเสนอแนะเพื่อทำการวิจัยครั้งต่อไป

1. ครูผู้สอนจะต้องใส่ใจและดูให้ทั่วถึง ดังนั้นจึงควรทำกิจกรรมด้วยการเป็นทั้งผู้สอน ผู้แนะนำและหาทักษะอื่นๆ เพราะให้นักเรียนมีความสนใจมากขึ้น เช่น ความสามารถในการแก้ไขปัญหา เป็นต้น

2. ครูผู้สอนควรมีการศึกษาคำอธิบายกิจกรรมการเสริมต่อการเรียนรู้ โดยใช้สื่ออื่นๆ ร่วมด้วยเพื่อพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. ครูผู้สอนควรมีการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบเสริมต่อการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง และนำผลการวิจัยมาเป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงส่งเสริมประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนของคุณครูผู้สอนให้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. (2551). *ประมวลสาระชุดวิชาการพัฒนาหลักสูตรและสื่อการเรียนการสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ทิตินา แชมมณี. (2547). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ดวงพร หมวกสกุล, ขวนพิศ ชุมคง และนพเก้า ณ พัทลุง. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับการใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 5. วารสาร AL-NUR บัณฑิตวิทยาลัย, 18(1), 95-107.
- ธัญญารัตน์ สุขเกษม และคณะ. (2562). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5 STEPs) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง วิวัฒนาการ ที่มีต่อการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และเพยาวี ยินดีสุข. (2557). *การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21* (พิมพ์ครั้งที่ 2). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เพ็ญพักตร์ ช่วยพันธ์, อารี สารีปา และสุพัฒน์ บุตรดี. (2560). ผลของการใช้กระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, 17(2). หน้า 163-173.
- ไพศาล วรคำ. (2555). *การวิจัยทางการศึกษา*. ตักสิลาการพิมพ์.
- วิยะดา ขอนดู่. ครูชำนาญการ. สัมภาษณ์. 20 สิงหาคม 2563.
- สุภาณี วัจนานนท์, ประสาท เนื่องเฉลิม และปาริชาติ ประเสริฐสังข์. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาการคิดวิเคราะห์ตามหลักการของ Marzano สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 10(1), 200-210.
- สุพักตร์ พิบูลย์. (2549). *การวิจัยและพัฒนาสำหรับครูและบุคลากรทางการศึกษา*. นนทบุรี จตุพรดีไซน์.

สุวิทย์ มูลคำ และสุนันทา สุนทรประเสริฐ. (2550). *การพัฒนาผลงานทางวิชาการสู่การเลื่อนวิทยฐานะ*. ภาพพิมพ์.

Raghubir, K. P., (1979). The effect of prior knowledge of learning outcome on student achievement and retention in science instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 16(4), 301-304.

ประสิทธิผลทางคลินิกของโบ툴ินัมท็อกซิน เอ ร่วมกับเครื่องแฟรคชันนอลเออร์เบียม
กลาส 1550 นาโนเมตร ในการรักษาภาวะผมบางจากฮอร์โมนแอนโดรเจน
THE CLINICAL EFFICACY OF BOTULINUM TOXIN A WITH FRACTIONAL ERBIUM:
GLASS 1550 NM DEVICE FOR THE TREATMENT OF ANDROGENIC ALOPECIA

วรต์ม วัชรปรีชาสกุล^{1*} อัจจิมา สุวรรณจินดา²

นักศึกษา สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง¹

อาจารย์ที่ปรึกษา สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง²

Corresponding author: Email: varat.v@hotmail.com

บทคัดย่อ

ภาวะผมบางจากฮอร์โมนเพศชายแอนโดรเจนเป็นสาเหตุที่พบได้มากที่สุดของภาวะผมบาง มีการศึกษาผลของการใช้เลเซอร์ชนิด แฟรคชันนอลเออร์เบียมกลาส 1550 นาโนเมตรรายงานว่าได้ผลดีต่อการรักษาภาวะผมบางจากฮอร์โมนเพศชายแอนโดรเจน งานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่า โบ툴ินัมท็อกซินเอได้ผลดี และมีความปลอดภัยสูงในการรักษาภาวะผมบางจากฮอร์โมนแอนโดรเจนได้ การศึกษานี้ทำเพื่อศึกษาประสิทธิผลของการใช้โบ툴ินัมท็อกซิน เอ ร่วมกับเครื่องแฟรคชันนอลเออร์เบียมกลาส 1550 นาโนเมตร ในการรักษาภาวะผมบางจากฮอร์โมนแอนโดรเจน ผู้เข้าร่วมวิจัย จำนวน 20 คน โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการวิจัย ทำการรักษา 3 ครั้ง และติดตามหลังการศึกษาต่ออีก 4 สัปดาห์ ที่สัปดาห์ที่ 12 โดยประเมินเส้นผมจากภาพถ่าย โดยรวม, เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผม ค่าเฉลี่ยจำนวนเส้นผมที่เพิ่มขึ้น ความพึงพอใจและผลข้างเคียง ผลการศึกษาพบว่า ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนเข้าร่วมวิจัยจนจบการศึกษา ผลคะแนนประเมิน เส้นผมจากภาพถ่าย โดยรวม เริ่มมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 4 สัปดาห์แรกของการวิจัย นอกจากนี้ ค่าเฉลี่ยจำนวนเส้นผมมีค่าเพิ่มขึ้น ตั้งแต่เริ่มเข้าร่วมการวิจัย และเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงพอใจมาก โดยไม่พบผลข้างเคียงใดๆตลอดเวลาที่เข้าร่วมการวิจัย สรุปว่า การใช้ โบ툴ินัมท็อกซิน เอ ร่วมกับเครื่องแฟรคชันนอลเออร์เบียมกลาส 1550 นาโนเมตร ได้ผลดีในการรักษาภาวะผมบางจากฮอร์โมนแอนโดรเจน มีความพึงพอใจสูง และไม่มีผลข้างเคียง

คำสำคัญ: เส้นผม โบ툴ินัมท็อกซินเอ; แฟรคชันนอลเออร์เบียม; กลาส 1550 นาโนเมตร

Abstract

Androgenetic alopecia (AGA) is the most common causes of thinning hair or alopecia. The study of 1,550-nm fractional erbium-glass laser reported that the laser is effective for the treatment of AGA. Previous research showed the use of Botulinum toxin A in AGA, was also effective and no adverse effect. In this study, we combined 1,550-nm fractional erbium-glass laser with Botulinum toxin A for the treatment of AGA. The aim of study is to determine the clinical efficacy of Botulinum Toxin A with Fractional Erbium: Glass 1550 nm device for the treatment of Androgenic Alopecia. Twenty male subjects were enrolled. This study was an intra-individual comparison with 3 follow-up visits. Study evaluations were performed every 4-week interval, determining Global Photographic Score, hair diameters and hair counts measured by Folliscope, photographs from VISIA®, and side effects. Volunteers' satisfaction was assessed by study questionnaires at 12th week. From the result, twenty volunteers completed the study. This study found that there were significantly increase at 12th week visit in term of global photographic score, hair counts, and hair diameters by comparing with the baseline visit. Most of study volunteer satisfied to treatment in moderate level. This was on adverse effect reported in Botulinum Toxin A combined with 1,550-nm fractional erbium-glass laser treatment. In conclusion, a combination of Botulinum Toxin with Fractional Erbium: Glass 1550 nm laser can be as an alternative treatment of Androgenic Alopecia with good safety report.

Keywords: Hair; Botulinum Toxin A; Fractional Erbium; Glass 1550 nm

บทนำ

ภาวะผมบางจากฮอร์โมนเพศชาย (Androgenic Alopecia) เป็นสาเหตุที่พบบ่อยที่สุดของภาวะผมบางทั้งในเพศชายและหญิง พบได้ใน 50% ของเพศชายในอายุ 50 ปี และ 50% ของเพศหญิงในอายุ 80 ปี สาเหตุเกิดจากพันธุกรรม แสดงออกทางระดับฮอร์โมนเพศชาย ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงบริเวณรากผม โดยลดการแบ่งตัวของเซลล์รากผม และผมชนิด Terminal Hair มีขนาดเล็กถึงทั้งขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง และวงจรการเจริญของเส้นผมยังสั้นลงด้วย จึงทำให้การเจริญเติบโตของผมในช่วง Anagen Hair มีเวลาสั้นลง ส่งผลให้ความหนาแน่นของเส้นผมลดลง ขนาดเส้นผมเล็กลง พบได้มากบริเวณด้านข้างของหน้าผาก (Fronto-parietal) และด้านหลัง (Vertex) ในเพศชาย และบริเวณด้านข้างของหน้าผากและกระจายทั่วศีรษะในเพศหญิง (Rutowitsch et al, 1999, 561-72)

ยาที่ใช้ในการรักษาภาวะผมบางจากฮอร์โมนเพศชายที่ได้รับการรับรองโดยองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (US-FDA) และของประเทศไทย ซึ่งใช้เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของเส้นผม ได้แก่ ไมนอกซิดิล ซึ่งถูกรับรองในการใช้กับเส้นผมเพื่อรักษาภาวะผมบางแบบพันธุกรรม (Androgenetic alopecia) (Rogers & Avram, 2008, 547-566) โดยผลข้างเคียงของไมนอกซิดิลนั้นอันได้แก่ ภาวะขนขึ้นมากผิดปกติในบริเวณที่ไม่

ต้องการ ผลข้างเคียงต่อผิวหนังบริเวณที่ทายา (ภาวะระคายเคืองผิวหนังชั่วคราว ผื่นแพ้ผิวหนังอักเสบจากการสัมผัส ผื่นแพ้สัมผัสเป็นแผลถลอกเป็นหนอง) พบได้บ่อย (Guarneri & Cannavò, 2013, 507-509)

ในปัจจุบัน จึงเริ่มมีการศึกษาการนำ เลเซอร์ มาช่วยในการป้องกันการหลุดร่วงของเส้นผมและกระตุ้นการงอกของผมในภาวะผมบางจากฮอร์โมนเพศชายทั้งในผู้ป่วยชายและหญิง เช่นการศึกษาผลของการใช้ 1,550-nm fractional erbium-glass laser ในการกระตุ้น Male Pattern Hair Loss ซึ่งพบผลการเพิ่มอัตราการงอกของเส้นผมและเพิ่มความหนาแน่นของเส้นผมได้ (Kim et al., 2011, 41-51)

นอกจากเลเซอร์ แล้ว อีกทางเลือกของการรักษาภาวะผมบางจากฮอร์โมนเพศชายคือ โบทูลินัมท็อกซิน เอ เช่นการศึกษาผลของ โบทูลินัมท็อกซิน เอ ในการรักษา Androgenic Alopecia ซึ่งพบว่าสามารถกระตุ้นการงอกของเส้นผมได้ โดยมีประสิทธิภาพที่ดีและปลอดภัยในการทดลอง (Sehdev et al., 2018, 163-167)

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการใช้ โบทูลินัมท็อกซิน เอ ร่วมกับเครื่องแฟรคชันนอลเลเซอร์เบียมกลาส 1550 นาโนเมตร ในการรักษาภาวะผมบางจากฮอร์โมนเพศชาย ในอาสาสมัครชาวไทย โดยประเมินผ่านคะแนนประเมินเส้นผมจากภาพถ่ายโดยรวม, เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผม, จำนวนเส้นผม รวมถึงความพึงพอใจและผลข้างเคียงต่อการรักษา

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ประชากรตัวอย่าง

เพศชายหรือหญิง อายุระหว่าง 20-60 ปี, สุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์, ได้รับการประเมินจากแพทย์ว่าเป็นภาวะผมบาง เพศชายตาม Norwood-Hamilton scale ชนิด II – III, เพศหญิง ตาม Ludwig's pattern ชนิด I-II

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เลเซอร์แฟรคชันนอลเลเซอร์เบียม 1550 นาโนเมตร
2. โบทูลินัมท็อกซิน เอ
3. เครื่องถ่ายภาพวิเซีย (Visia[®])
4. เครื่องโฟลิสโคป (Folliscope[®])
5. โปรแกรมโฟลิสโคป
6. แบบประเมินให้คะแนนความพึงพอใจผลการรักษาที่ได้รับ

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. คัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัยโดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัครเข้าและออก
2. แพทย์ผู้ทำวิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัยก่อนการรักษา โดยทำดังนี้
3. ใช้เครื่องถ่ายภาพวิเซีย ถ่ายภาพใบหน้ามุมตรงและมุมหันข้าง 37 องศา ด้านซ้ายและขวา ของอาสาสมัครหรือกล้องถ่ายภาพ Nikon D5200 ถ่ายภาพบริเวณที่จะได้รับการรักษาของอาสาสมัคร
4. ใช้กล้องถ่ายภาพโฟลิสโคป ถ่ายภาพเส้นผมของอาสาสมัครทั้งสองข้าง บริเวณ temporal recession 5 จุด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย, ใช้โปรแกรมโฟลิสโคปวิเคราะห์ภาพถ่ายจากกล้องโฟลิสโคป โดยนับจำนวนเส้นผมและวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผม

- ผู้วิจัยทำการศึกษาโดยการ เลเซอร์ ในบริเวณที่ได้เตรียมไว้ ก่อนการฉีด โบทูลินัมท็อกซิน เอ100 ยูนิต โดยทำซ้ำทุกเดือน เป็นเวลา 3 เดือนติดต่อกัน
- ผู้วิจัยประเมินอาการข้างเคียงที่เกิดขึ้นระหว่างการรักษา และหลังการรักษาเสร็จสิ้นทันที

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

- คะแนนประเมินเส้นผมจากภาพถ่ายโดยรวม การเปรียบเทียบข้อมูลคะแนนประเมินเส้นผมจากภาพถ่ายโดยรวมของอาสาสมัครโดยเทียบกับก่อนเข้าร่วมการวิจัยที่สัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 เทียบกับการเข้าร่วมวิจัยอย่างต่อเนื่องที่ระยะเวลาติดตามผล 12 สัปดาห์ พิจารณาใช้สถิติ McNemar test โดย เทียบค่าร้อยละ กรณีที่ดีขึ้นตั้งแต่คะแนนเท่ากับ 1-4
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมและจำนวนของเส้นผมที่เพิ่มขึ้น การเปรียบเทียบจำนวนของเส้นผมและค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมหลังเข้าร่วมการวิจัยที่ระยะเวลาติดตามผล 4, 8 และ 12 สัปดาห์ เทียบกับก่อนได้รับการรักษา พิจารณาใช้สถิติ repeat measure, analysis of variance กรณีที่ค่า $p < 0.05$ จะทำให้ post hoc test ด้วย least square different (LSD) test ในการทดลองที่ 4, 8 และ 12 สัปดาห์
- ความพึงพอใจต่อผลการรักษา ข้อมูลความพึงพอใจต่อผลการรักษาของผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ เป็นค่าร้อยละ
- ข้อมูลผลข้างเคียง การเปรียบเทียบข้อมูลผลข้างเคียงหลังเข้าร่วมการวิจัย เป็นค่าร้อยละ
- ใช้ระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.05

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมดนี้เป็นเพศชาย จำนวน 20 คน อายุเฉลี่ยเท่ากับ 40.31 ปี ไม่พบว่ามีโรคประจำตัวติดตามระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยนัดติดตามทั้งหมด 4 ครั้ง คือ ก่อนการรักษา และหลังรับการรักษา ในสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12

- ผลการรักษาโดยใช้ภาพถ่ายโดยรวม (Global photographic score)

ผลคะแนนประเมินเส้นผมจากภาพถ่ายโดยรวม (Global photographic score) โดยใช้ภาพถ่ายจากกล้องวิเซีย (VISIA® Complexion Analysis System) ซึ่งคะแนนมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง +4 โดยที่ คะแนน 0 = แย่ลงหรือไม่ได้ผล คะแนน +1 = ดีขึ้นน้อยมาก (1-25%) คะแนน +2 = ดีขึ้นน้อย (26-50%) คะแนน +3 = ดีขึ้นปานกลาง (51-75%) และ คะแนน +4 = ดีขึ้นมาก (76-100%) ทำการประเมิน โดยนำภาพถ่ายหลังการใช้ยาในสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 เปรียบเทียบกับก่อนการรักษา ได้สรุปตามระดับคะแนน ดังแสดงในตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 พบว่า สัปดาห์ที่ 4 หลังการรักษา แพทย์ได้ให้คะแนนผู้เข้าร่วมวิจัย 5 คนว่าผมขึ้นเล็กน้อย คิดเป็นร้อยละ 25 ให้คะแนนผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 15 คน ว่าไม่ดีขึ้นหรือแย่ลง คิดเป็นร้อยละ 75 และที่ 8 สัปดาห์ แพทย์ได้ให้คะแนนผู้ร่วมวิจัย 8 คนว่าผมขึ้นปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 40 คะแนนให้ผู้เข้าร่วมวิจัย 8 คนว่าผมขึ้นเล็กน้อย คิดเป็นร้อยละ 40 และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 4 คน ว่าไม่ดีขึ้นหรือแย่ลง คิดเป็นร้อยละ 20 และที่ 12 สัปดาห์ แพทย์ได้ให้คะแนนผู้ร่วมวิจัย 6 คน ว่าผมขึ้นมาก คิดเป็นร้อยละ 30.00 ให้คะแนนผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 8 คนว่าผมขึ้นปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 40.00

เปรียบเทียบค่าร้อยละข้อมูลคะแนนประเมินเส้นผมจากภาพถ่ายโดยรวมของอาสาสมัครโดยเทียบกับก่อนเข้าร่วมการวิจัย ที่สัปดาห์ที่ 4, 8, และ 12 โดยเปรียบเทียบค่าร้อยละ ของผู้ที่ได้ คะแนน 1-4 รวมกัน และเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลา พบว่า ในสัปดาห์ที่ 8 มีค่าร้อยละ 80 ซึ่งมากกว่าเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 4 ที่ร้อยละ 25 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) และ ในสัปดาห์ที่ 12 มีค่าร้อยละ 100 ซึ่งมากกว่าเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 8 ที่ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) (ภาพที่ 1-3)

ตารางที่ 1 จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยแจกแจงตามแต่ละระดับคะแนนการเปลี่ยนแปลงของเส้นผมจากภาพถ่ายโดยรวมในแต่ละครั้งที่มาติดตามผลการรักษา

คะแนนการเปลี่ยนแปลงเส้นผมจากภาพถ่ายโดยรวม	จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยแจกแจงตามระดับคะแนนการเปลี่ยนแปลงของเส้นผมจากภาพถ่ายโดยรวม (คน, ร้อยละ)				
	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 12	p value*	p value**
	(n=20)	(n=20)	(n=20)		
+4 ดีขึ้นมากที่สุด (ผมขึ้น 76-100 %)	0	0	0	<0.001	<0.001
+3 ดีขึ้นมาก (ผมขึ้น 51-75 %)	0	0	6	-	-
+2 ดีขึ้นปานกลาง (ผมขึ้น 26-50 %)	0	8	8	-	-
+1 ดีขึ้นเล็กน้อย (ผมขึ้น 1-25 %)	5	8	6	-	-
0 (ผมไม่ขึ้น หรือ แยก)	15	4	0	-	-

P value* เปรียบเทียบร้อยละ ระหว่างสัปดาห์ที่ 4 และ สัปดาห์ที่ 8 โดยใช้สถิติ McNemar test

P value** เปรียบเทียบร้อยละ ระหว่างสัปดาห์ที่ 8 และ สัปดาห์ที่ 12 โดยใช้สถิติ McNemar test โดยการเปรียบเทียบค่าร้อยละ ของผู้ที่ได้ คะแนน 1-4 รวมกัน

2. ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผม

แพทย์ผู้ทำวิจัยจะวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมของผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละเส้นด้วยเครื่องโฟลิสโคป แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยเริ่มวัดก่อนการรักษาและวัดในแต่ละครั้งที่นัดติดตามผลการรักษาทุก 4 สัปดาห์ จนกระทั่งครบ 12 สัปดาห์ ดังแสดงผลไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผมในแต่ละครั้งที่มาติดตามผลการรักษา

เวลาที่นัดติดตามผล	ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผม \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ไมโครเมตร)
ก่อนรับการรักษา	18.50 \pm 3.23
สัปดาห์ที่ 4	22.63 \pm 2.53
สัปดาห์ที่ 8	28.69 \pm 3.74
สัปดาห์ที่ 12	37.56 \pm 3.56

เมื่อแพทย์ผู้วิจัยพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมจากตารางที่ 2 และทำการเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมในแต่ละกลุ่มที่ระยะเวลาต่าง ๆ เทียบกับก่อนเข้ารับการรักษาพบว่า ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตั้งแต่เข้ารับการรักษาในสัปดาห์ที่ 4 ($p < 0.001$)

3. ค่าเฉลี่ยจำนวนเส้นผมที่เพิ่มขึ้น (hair count increments)

แพทย์ผู้ทำวิจัยจะนับจำนวนเส้นผมทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นด้วยเครื่องโพลิสโคป แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยจำนวนเส้นผมต่อพื้นที่ 0.5 ตร.ซม. โดยเริ่มนับก่อนการรักษาและนับในแต่ละครั้งที่นัดติดตาม ดังแสดงผลไว้ในตารางที่ 3

ทำการเปรียบเทียบจำนวนเส้นผมที่เพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลาต่าง ๆ เทียบกับก่อนการรักษา พบว่า หลังเข้าร่วมการวิจัย มีค่าเฉลี่ยจำนวนเส้นผมเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่เข้ารับการรักษาในสัปดาห์ที่ 4, สัปดาห์ที่ 8 และ สัปดาห์ที่ 12 ($p < 0.001$)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยจำนวนเส้นผมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผมในแต่ละครั้งที่มาติดตามผลการรักษา (เส้น)

ระยะเวลาที่ทำการเปรียบเทียบ	ผลต่างของค่าเฉลี่ย จำนวนเส้นผมที่เพิ่มขึ้น \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	p-value
ก่อนการรักษา – สัปดาห์ที่ 4	4.13 \pm 1.78	< 0.001*
ก่อนการรักษา – สัปดาห์ที่ 8	10.19 \pm 3.35	< 0.001*
ก่อนการรักษา – สัปดาห์ที่ 12	19.06 \pm 2.38	< 0.001*

ผลข้างเคียงจากการใช้ยา

คิดเป็นร้อยละ 0 คือ ไม่มีเกิดผลข้างเคียงจากการวิจัยกับผู้เข้าร่วมวิจัย

สรุปผลและเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากงานวิจัยการรักษาด้วยเครื่องแฟรคชันนอลเลเซอร์เบียมกลาส 1550 นาโนเมตร และโบทูลินัมท็อกซิน เอ มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการงอกของเส้นผมหลังการรักษานาน 12 สัปดาห์ สามารถทำให้มีคะแนนประเมินเส้นผมจากภาพถ่ายโดยรวมเพิ่มขึ้น, เพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผม และจำนวนของเส้นผม และยังได้รับความพึงพอใจอย่างมากและปานกลาง

ข้อเสนอแนะ

โบทูลินัมท็อกซิน เอ ถือว่าเป็นสารใหม่ในการกระตุ้นการงอกของเส้นผม ดังนั้นงานวิจัยควรเพิ่มระยะเวลาในการศึกษาประสิทธิผลในการกระตุ้นการงอกของเส้นผมให้ยาวนานมากขึ้น เพื่อให้ได้รับทราบข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิผลของยาที่มากขึ้น รวมไปถึงผลข้างเคียงในระยะยาวอีกด้วยควรกำหนดจำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยให้เพิ่มมากขึ้น เพื่อช่วยลดความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ที่ประเมินได้ ยังไม่มีการศึกษาประสิทธิผลของโบทูลินัมท็อกซิน เอ ในการกระตุ้นการงอกของเส้นผม หลังหยุดใช้มาก่อน จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อประเมินประสิทธิผลในการคงอยู่ และความหนาแน่นของเส้นผมหลังการหยุดใช้กระตุ้นเส้นผมด้วยวิธีนี้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์และช่วยเหลือจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. นพ. ธีรวัฒน์ นรารัตน์วันชัย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ แพทย์หญิงอัจฉริมา สุวรรณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ และ ดร. วงเดือน บัณฑิตกรรมการภายนอกมหาวิทยาลัยและผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นพ. เทพ เฉลิมชัย สำหรับความช่วยเหลือและแนะนำตลอดในทุกขั้นตอนการวิจัย รวมถึงช่วยแก้ไขตรวจทานเนื้อหาโดยละเอียดด้วยความเอาใจใส่ และให้คำแนะนำในการปรับปรุงขั้นตอนการวิจัยให้รัดกุมมากยิ่งขึ้น จวบจนถึงการนำเสนอผลงาน เพื่อความสมบูรณ์สูงสุดของงานวิจัย

ขอขอบคุณอาสาสมัครที่เข้าร่วมงานวิจัย เพื่อนนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชะลอวัย และฟื้นฟูสุขภาพสำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ และเจ้าหน้าที่ประจำโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือผู้วิจัยเป็นอย่างดีเสมอมา

ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความกรุณาอันดีจากคณาจารย์ทุกท่านที่ได้กล่าววามมาและขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณที่เกื้อหนุนแต่ ครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุนทางการศึกษาและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยอย่างดีมาโดยตลอด หากมีข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องประการใด ผู้วิจัยขอน้อมรับและขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- Guarneri, C. & Cannavò, S. P. (2013). Erosive pustular dermatosis of scalp from topical minoxidil 5% solution. *Int J Dermatol*, 52(4), 507-509.
- Kim, W. S., Lee, H. I., Lee, J. W., Lim, Y. Y., Lee, S. J., & Kim, B. J. (2011). Fractional Photothermolysis Laser Treatment of Male Pattern Hair Loss. *Dermatol Surg*, 37, 41–51.
- Rogers, E. N. & Avram, R. M. (2008). Medical treatments for male and female pattern hair loss. *J Am Acad Dermatol*, 59, 547-566.
- Rutowitsch MS, Antônio JR, Steiner D, Talarico S. Alopecia androgenética (1999). *An Bras Dermatol*, 74, 561-572.
- Sehdev, S., Neema, S., & Vasudevan, B. (2018) A Pilot Study to Evaluate Effectiveness of Botulinum Toxin in Treatment of Androgenetic Alopecia in Males. *J Cutan Aesthet Surg*, 10(3), 163–167.

เครื่องกลั่นน้ำทะเลพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา Seawater solar distillation from parabolic dish

วิศรา หมิ่นอาด¹ สุภภรณ์ ประทีปแก้ว² สวัสดิ์ ชามทอง^{3*} ศุภวุฒิ เบ็ญกุล⁴

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช^{1,2,3,4}

*Corresponding author: E-mail: S.chamthong@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดทำเครื่องกลั่นน้ำทะเลพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา พร้อมทั้งทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำและคุณภาพน้ำที่กลั่นได้ เครื่องกลั่นน้ำทะเลพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลาใช้จานพาราโบลาที่มี เส้นผ่านศูนย์กลาง 150 เซนติเมตร ใช้กระจกเงาทำหน้าที่สะท้อนแสงไปยังจุดโฟกัสที่ติดตั้งหม้อต้มน้ำทะเลความจุ 3 ลิตร ทำให้น้ำทะเลในหม้อต้มระเหยกลายเป็นไอ เมื่อไอน้ำกระทบเครื่องควบแน่นจะเกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำและไหลลงภาชนะเก็บน้ำที่กลั่นได้ ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องกลั่นน้ำโดยใช้น้ำทะเลปริมาณ 30% , 50% และ 70% ของหม้อต้ม รับแสงอาทิตย์เวลา 10:00 – 14:00 น. วัดอุณหภูมิของหม้อต้มน้ำ ปริมาณน้ำกลั่นที่ได้ และตรวจสอบคุณภาพของน้ำกลั่นจากค่าความเค็ม ค่า pH และค่าสารละลายเจือปน ผลการวิจัยพบว่าอุณหภูมิของหม้อต้มที่จุดโฟกัสสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 50.15 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำทะเลที่ 30% , 50% และ 70% ของหม้อต้ม กลั่นน้ำได้เฉลี่ย 206 มิลลิลิตร 167 มิลลิลิตร และ 120 มิลลิลิตร ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพเครื่องกลั่น 22.19% , 11.13% และ 5.71% ตามลำดับ น้ำที่กลั่นได้มีคุณภาพอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคในประเทศไทยและมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคโดยองค์การอนามัยโลก

คำสำคัญ : การกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์; จานพาราโบลา; คุณภาพน้ำ

Abstract

This research aims to study the construction of a solar water distiller from a parabolic dish as well as to test the efficiency of the water distiller and the quality of the distilled water. A parabolic dish with 150 cm diameter used a mirror to reflect the light to the focus point equipped with a 3-litre seawater boiler, evaporating the seawater in the boiler. When the steam hits the condenser, it condenses into droplets and flows into the distilled water tank. The efficiency of the water desalination machine was tested using seawater at 30%, 50% and 70% of the boiler, which receives sunlight from 10:00 a.m. to 2:00 p.m. The temperature of the boiler and the volume of distilled water were measured. The quality of distilled water was checked from salinity, pH, impurity. The results showed that the boiler's temperature at the focus point was 50.15°C higher than the average outdoor temperature. The seawater volume at 30%, 50%, and 70% of the boiler can distil water on average 206 ml, 167 ml, and

120 ml that presented the efficiency of the distiller is 22.19%, 11.13% and 5.71%, respectively. The quality of distilled water is within the water quality standard for domestic consumption and consumption defined by the World Health Organization.

Keywords: solar desalination; parabolic dish; water quality

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีชายฝั่งทะเลเป็นแนวยาวทั้งด้านตะวันตกและด้านตะวันออกของประเทศ น้ำทะเลในประเทศไทยมีปริมาณมากแต่ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยตรงเนื่องจากน้ำทะเลที่มีอยู่มีระดับความเค็มอยู่ประมาณ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันมีวิธีเปลี่ยนน้ำเค็มเป็นน้ำจืดโดยการกลั่นหลายวิธี ทั้งการกลั่นน้ำโดยใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนเพื่อต้มน้ำให้เดือดและระเหยกลายเป็นไอ การกลั่นประเภทนี้จะสามารถกลั่นน้ำได้ปริมาณมาก ใช้เวลาในการกลั่นน้อย ค่าใช้จ่ายสูงในการผลิตเครื่อง การกลั่นกระบวนรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse osmosis – RO) เป็นวิธีที่ใช้หลักการออสโมซิสจากน้ำเค็มที่มีความเข้มข้นสูงซึมผ่านเยื่อ (Membrane) กึ่งเลือกหรือสารต่างๆที่ผสมอยู่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ไม่สามารถซึมผ่านไปได้ทำให้น้ำทะเลกลายเป็นน้ำจืด ปริมาณมากใช้ต้นทุนน้อย แต่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับอุณหภูมิของน้ำก่อนเข้าสู่ระบบเยื่อ ถ้าน้ำที่มีอุณหภูมิสูงผ่านเยื่อเมมเบรนจะอุดตันเป็นเหตุให้สารที่ปนอยู่ในน้ำทะเลหลุดออกมาปะปนกับน้ำบริสุทธิ์ส่งผลต่อคุณภาพน้ำที่กลั่นได้ การกลั่นน้ำโดยใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียนและเป็นพลังงานจากธรรมชาติ ช่วยลดต้นทุนลงได้ และถ้าสามารถเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องกลั่นน้ำ ก็สามารถกลั่นน้ำได้ปริมาณมากขึ้น การใช้แผ่นสะท้อนรังสีช่วยในการเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องกลั่นให้สูงขึ้น ยกตัวอย่าง เช่น บัญญัติ(บัญญัติ นิยมวาส,2556,น.384-388) ได้ใช้รางพาราโบล่าที่มีการติดตั้งวัตถุสะท้อนแสง ซึ่งเป็นการกลั่นน้ำที่ใช้หลักการสะท้อนแสงไปยังจุดโฟกัสเมื่อแสงตกกระทบวัตถุสะท้อนแสงผิวโค้งของรางจะเกิดการสะท้อนแสงไปรวมกันอยู่บริเวณจุดโฟกัส หลักการการสะท้อนของแสงมุมตกกระทบมีค่าเท่ากับมุมสะท้อน ทำให้บริเวณจุดโฟกัสมีความเข้มแสงมากส่งผลต่ออุณหภูมิบริเวณจุดโฟกัสสูงขึ้น ขณะที่ สรวิต(สรวิต สอนวาริ,2557,น.106-107) ได้ใช้ภาชนะบรรจุน้ำทะเลที่ติดตั้งบริเวณจุดโฟกัสที่นำความร้อนจากจุดโฟกัสมายังน้ำทะเลส่งผลให้น้ำทะเลมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดเดือด และน้ำที่ปะปนอยู่กับเกลือก็จะเกิดการระเหยและควบแน่นกลับมาเป็นหยดน้ำสะอาด ซึ่งการกลั่นรูปแบบนี้ใช้ต้นทุนในการผลิตน้อยแต่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับปริมาณน้ำที่ได้มีปริมาณน้อยเนื่องจากลักษณะพาราโบล่าแบบรางสามารถสะท้อนแสงได้เพียง 2 ทิศทางทำให้อุณหภูมิที่จุดโฟกัสไม่เพียงพอต่อการกลั่นน้ำจำนวนมาก

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้จานพาราโบล่าที่ติดตั้งกระจกเงาเป็นวัตถุรับแสง เนื่องจากกระจกเงามีการการสะท้อนแสงได้ดี และมีการหักเหแสงและกระจายแสงน้อย ส่งผลต่อการเพิ่มอุณหภูมิบริเวณจุดโฟกัส และลักษณะของจานพาราโบล่าสามารถสะท้อนรังสีไปที่จุดโฟกัสได้ทุกทิศทาง(Abdelkader Dendane . 2007) ทำให้อุณหภูมิของหม้อต้มสูงขึ้น สามารถกลั่นน้ำที่ได้มากขึ้นและเป็นต้นแบบในการพัฒนาเครื่องกลั่นน้ำทะเลพลังงานแสงอาทิตย์ต่อไป

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องกลั่นน้ำทะเลพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้จานรับแสงแบบพาราโบลา ใช้กระจกเงาเป็นวัสดุสะท้อนแสง หาตำแหน่งจุดโฟกัสได้จาก

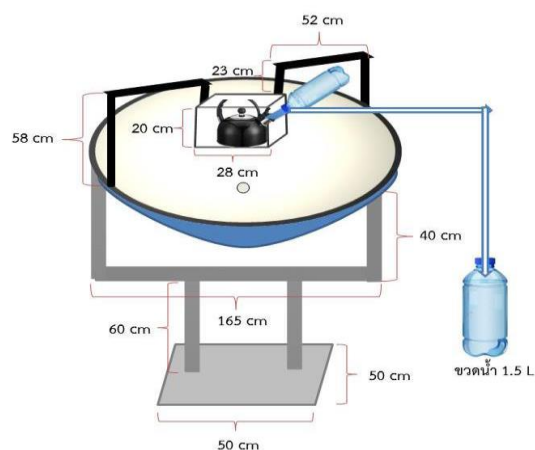
$$F = \frac{D^2}{16y}$$

โดยที่ F คือ ระยะความยาวโฟกัส D คือ ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของจาน และ y คือ ระยะความลึกของก้นจานถึงขอบปากจาน ทดสอบประสิทธิภาพการกลั่นน้ำจากการหาค่าร้อยละของปริมาณน้ำกลั่นที่ได้ และวัดอุณหภูมิที่หม้อต้มบริเวณจุดโฟกัส อุณหภูมิน้ำทะเลภายในหม้อต้ม อุณหภูมิบริเวณจานรับแสง อุณหภูมิสภาพแวดล้อม ปริมาณน้ำที่กลั่นได้ ทุก 1 ชั่วโมง ระหว่างเวลา 10.00 น. - 14:00 น. และวัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม ตรวจสอบคุณภาพของน้ำกลั่นที่ได้จากการวัดค่าความเค็ม ค่า pH และค่าสารเจือปน (Total Dissolved Solids : TDS) ของน้ำทะเลที่นำมากลั่นมีปริมาณ 30% , 50% และ 70% ของหม้อต้มหรือ 900 ml 1,500 ml และ 2,100ml โดยใช้เครื่องมือวัดคือ PH meter ที่มีช่วงการวัด : 0.0 – 14.0 pH ความละเอียด : 0.01 pH และความแม่นยำ ± 0.1 pH เครื่องมือวัดค่าน้ำ EC&TDS METER ที่วัดค่า TDS : 0 – 9999 ppm ความถูกต้อง $\pm 2\%$ และ Thermometer Infrared รุ่น : GM320 ช่วงการวัด -50 – 400 °C ความแม่นยำในการวัด $\pm 1.5\%$ ความละเอียด 0.1 °C

อุปกรณ์วิธีการวิจัย

การวิจัยเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา เป็นวิธีการกลั่นแบบขั้นตอนเดียว โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. ออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นน้ำทะเลพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา โดยมีลักษณะโครงสร้างและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2 ประกอบด้วยฐานและโครงสร้างส่วนบนซึ่งเป็นเหล็กกล่องขนาด 3.8 เซนติเมตร รองรับจานพาราโบลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร ติดตั้งกระจกเงาขนาด 3 x 3 เซนติเมตร ทำหน้าที่สะท้อนแสงไปยังจุดโฟกัสสูงจากก้นจาน 59 เซนติเมตรที่ติดตั้งหม้อต้มน้ำสแตนเลส ความจุ 3 ลิตร ยึดโครงสร้างเหล็กท่อขนาด 1.5 นิ้ว ด้านบนของหม้อต้มน้ำติดตั้งท่อPVC สำหรับให้น้ำผ่านสู่เครื่องควบแน่นซึ่งใช้กระบอกน้ำพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร ความสูง 26 เซนติเมตร เมื่อไอน้ำเกิดการควบแน่นและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำไหลลงสู่ภาชนะเก็บน้ำกลั่นด้านล่าง



ภาพที่ 1 แผนภาพเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา



ภาพที่ 2 เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา

2. การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกลั่น มีวิธีการทดลองตามขั้นตอนดังนี้

2.1 ติดตั้งเครื่องกลั่นน้ำทะเล ณ ตำแหน่งละติจูดที่ $8^{\circ} 27'31.644''N$ ลองจิจูดที่ $99^{\circ}51'49.41612''E$

2.2 ตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลโดยการวัดค่าความเค็ม ค่า pH และค่า TDS

2.3 บรรจุน้ำทะเลลงในหม้อต้มที่ปริมาณ 30% ของหม้อต้ม หรือเท่ากับน้ำทะเลปริมาณ 900 ml. วางรับแสงอาทิตย์ เวลา 10.00 – 14.00 น.

2.4 จดบันทึกค่าของอุณหภูมิที่หม้อต้มบริเวณจุดโฟกัส อุณหภูมิน้ำทะเลภายในหม้อต้ม อุณหภูมิบริเวณจานรับแสง อุณหภูมิสภาพแวดล้อม ปริมาณน้ำที่กลั่นได้ ทุก 1 ชั่วโมง และวัดปริมาณน้ำทะเลที่เหลือในหม้อต้ม

2.5 นำน้ำที่ได้จากการกลั่นไปทดสอบค่าความเค็ม ค่า pH และค่า TDS

2.6 ทำการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ตามขั้นตอนที่ 2.2 – 2.5

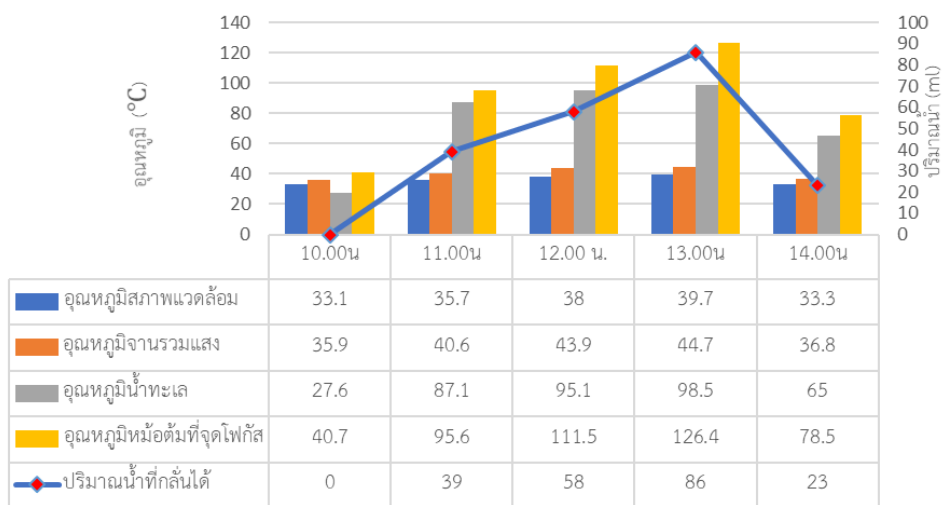
2.7 เปลี่ยนปริมาณน้ำทะเลเป็น 50% และ 70% ของหม้อต้ม และทดลองตามข้อที่ 2.2 – 2.5

3. วิเคราะห์ อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

จากการทดลองเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นและคุณภาพของน้ำกลั่นที่ได้ ได้ผลการวิจัยดังนี้

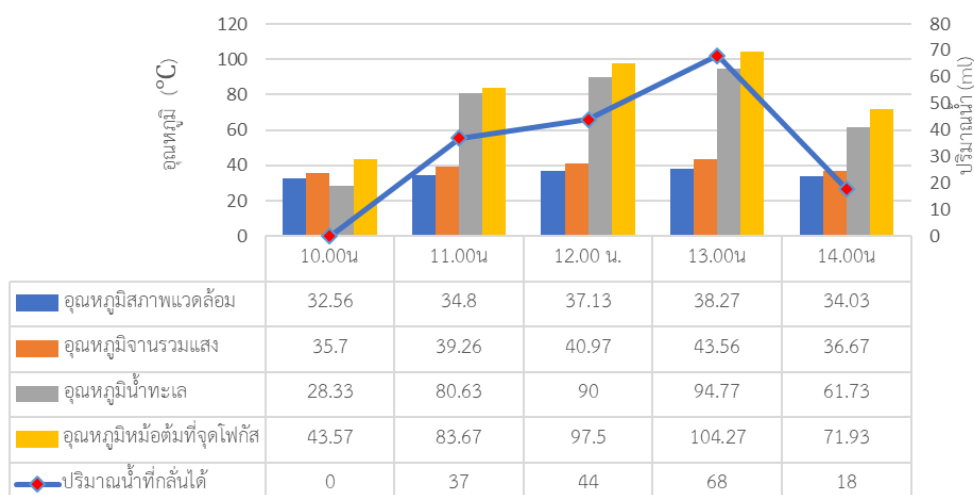
1. ผลการทดลองเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลาโดยใช้ปริมาณน้ำทะเล 30% ของหม้อต้ม หรือ 900 มิลลิลิตร ในวันที่ 7 มกราคม 2564 – 9 มกราคม 2564



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ เวลา และปริมาณน้ำที่กลั่นได้โดยเฉลี่ย เมื่อใช้น้ำทะเล ปริมาณ 30% ของหม้อต้มหรือ ปริมาณ 900 ml

ผลการทดลองกลั่นน้ำทะเลปริมาณ 30 % ของหม้อต้ม หรือ 900 ml โดยทำการทดลอง 3 ครั้ง พบว่า ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำทะเลในหม้อต้มสูงสุด 98.5 °C และปริมาณน้ำทะเลที่กลั่นได้ รวม 206 ml ประสิทธิภาพการกลั่นน้ำทะเลเฉลี่ย เท่ากับ 22.19 %

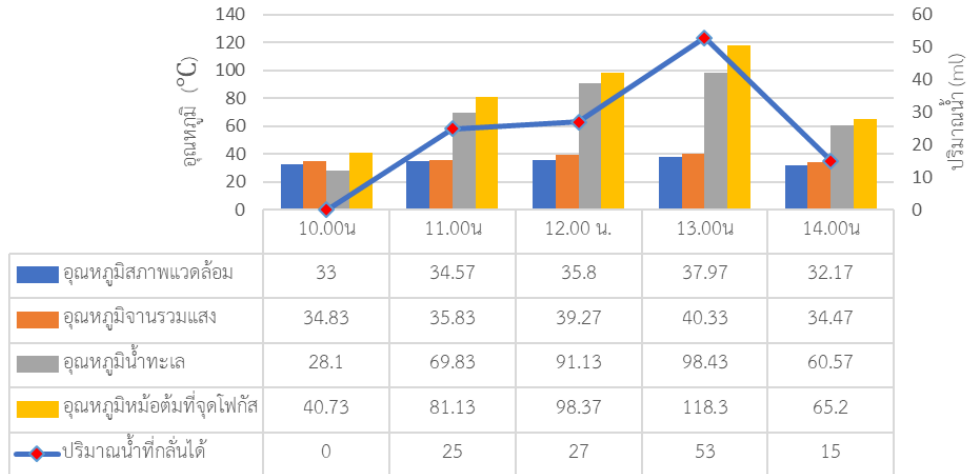
2. ผลการทดลองเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลาโดยใช้ปริมาณน้ำทะเล 50 % ของหม้อต้ม หรือ 1,500 มิลลิลิตร ในวันที่ 10 มกราคม 2564 – 12 มกราคม 2564



ภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ เวลา และปริมาณน้ำที่กลั่นได้โดยเฉลี่ย เมื่อใช้น้ำทะเล ปริมาณ 50% ของหม้อต้มหรือ ปริมาณ 1500 ml

ผลการทดลองกลั่นน้ำทะเลปริมาณ 50 % ของหม้อต้ม หรือ 1500 ml พบว่าค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำทะเลในหม้อต้มสูงสุด 94.77 °C และปริมาณน้ำทะเลที่กลั่นได้ รวม 167 ml ประสิทธิภาพการกลั่นน้ำทะเลเฉลี่ย เท่ากับ 11.13 %

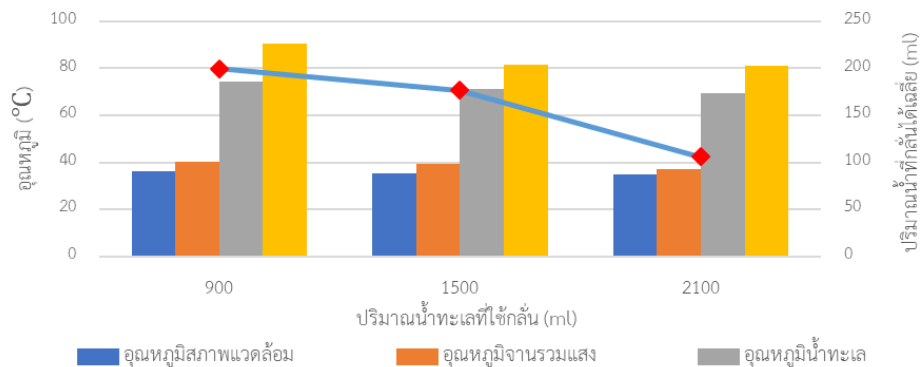
3. ผลการทดลองเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลาโดยใช้ปริมาณน้ำทะเล 70 % ของหม้อต้ม หรือ 2,100 มิลลิลิตร ในวันที่ 13 มกราคม 2564 – 15 มกราคม 2564



ภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ เวลา และปริมาณน้ำที่กลั่นได้โดยเฉลี่ย เมื่อใช้น้ำทะเล ปริมาณ 70 % ของหม้อต้มหรือ ปริมาณ 2,100 ml

ผลการทดลองกลั่นน้ำทะเลปริมาณ 70 % ของหม้อต้ม หรือ 2100 ml พบว่าค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำทะเลในหม้อต้มสูงสุด 98.43 °C และปริมาณน้ำทะเลที่กลั่นได้ รวม 120 ml ประสิทธิภาพการกลั่นน้ำสะสมเฉลี่ย เท่ากับ 5.71 %

จากภาพที่ 3 , 4 และ 5 เป็นการทดลองโดยใช้ปริมาณน้ำทะเล 30 % , 50% และ 70% ตามลำดับ พบว่า เมื่ออุณหภูมิบริเวณจุดไฟก๊สสูงกว่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อม เฉลี่ย 50.15 °C เมื่ออุณหภูมิบริเวณจุดไฟก๊สสูงขึ้นอุณหภูมิน้ำทะเลจะสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลต่อปริมาณน้ำที่กลั่นได้ ทำให้น้ำที่กลั่นได้มีปริมาณเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำที่กลั่นได้มากที่สุดอยู่ในช่วง 12.00 - 13.00 น ซึ่งเป็นช่วงที่พลังงานความร้อนสะสมในหม้อต้มมีค่ามากทำให้อุณหภูมิหม้อต้มเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณน้ำที่กลั่นได้สูงขึ้นตามไปด้วย



ภาพที่ 6 กราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และปริมาณน้ำทะเลที่ใช้กลั่น และปริมาณน้ำที่กลั่นได้

ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ปริมาณน้ำที่ใช้กลับ ปริมาณน้ำที่กลับได้

จากภาพที่ 6 ปริมาณน้ำทะเลในหม้อต้มเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการกลั่นน้ำ สะสมจะลดลง ปริมาณน้ำทะเลที่ 30% กลับน้ำได้เฉลี่ยที่ 206 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพการกลั่นน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 22.19% ปริมาณน้ำทะเลที่ 50% กลับน้ำได้เฉลี่ยที่ 167 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพการกลั่นน้ำอยู่ที่ 11.13% ปริมาณน้ำทะเลที่ 70% กลับน้ำได้เฉลี่ยที่ 120 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพการกลั่นน้ำอยู่ที่ 5.71% ซึ่งสรุปได้ว่าปริมาณน้ำทะเลในหม้อต้มที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ต้องใช้พลังงานความร้อนในการทำให้น้ำทะเลในหม้อต้มระเหยสูงขึ้นจึงมีประสิทธิภาพในการกลั่นน้ำทะเลลดลง

ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลที่นำมากลั่นและคุณภาพน้ำกลั่นที่ได้ โดยวัดค่า pH ค่าความเค็ม และค่าสารเจือปน(TDS) แสดงดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลที่ปริมาณน้ำทะเล 900 ml 1,500ml และ2,100ml

ปริมาณน้ำที่ใช้ กลับ	ค่าคุณภาพน้ำเฉลี่ย			เกณฑ์คุณภาพ น้ำ
	ค่า pH น้ำ ทะเล	ค่าความเค็มน้ำทะเล (ppm)	ค่าTDS น้ำทะเล (ppm)	
900 ml	7.72	35,800	4,073	ไม่ผ่านเกณฑ์
1,500 ml	7.75	35,766	4,073	ไม่ผ่านเกณฑ์
2,100 ml	7.75	35,800	4,073	ไม่ผ่านเกณฑ์

ตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่กลั่นได้ที่ใช้ปริมาณน้ำทะเล 900 ml 1,500 ml และ2,100 ml

ปริมาณน้ำที่ใช้ กลับ	ค่าคุณภาพน้ำเฉลี่ย			เกณฑ์คุณภาพ น้ำ
	ค่า PH น้ำทะเล	ค่าความเค็มน้ำ ทะเล (ppm)	ค่าTDS น้ำทะเล (ppm)	
900ml	6.68	35.33	59.67	ผ่านเกณฑ์
1,500ml	6.94	38.33	65.33	ผ่านเกณฑ์
2,100ml	6.80	88.67	76.68	ผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 2 น้ำที่กลั่นได้ที่ปริมาณน้ำทะเล 900 ml 1,500ml และ2,100ml มีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคในประเทศไทยและมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคโดยองค์การอนามัยโลก ซึ่งกำหนดเกณฑ์มาตรฐานค่า pH เท่ากับ 6.5 – 9 ค่า TDS ไม่เกิน 1000 ppm โดยน้ำที่กลั่นได้มีค่าความเป็น กรด-เบสเฉลี่ยอยู่ที่ pH 6.68, 6.94 และ 6.80 มีค่าความเค็มเฉลี่ยอยู่ที่ 35.33 ppm , 38.33 ppm และ

88.67 ppm มีค่าสารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย (TDS) เฉลี่ยอยู่ที่ 59.67 ppm , 65.33 ppm และ 76.68 ppm ตามลำดับ ดังนั้นน้ำที่กลั่นได้อยู่ในช่วงของน้ำที่สามารถอุปโภคบริโภคได้

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1. เครื่องกลั่นน้ำทะเลพลังงานแสงอาทิตย์จากงานรับแสงพาราโบลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร ความลึก 24 เซนติเมตร ผิวด้านบนของงานรับแสงใช้กระจกเงาขนาด 3 x 3 เซนติเมตร ทำให้กระจกเรียงต่อกัน จุดโฟกัสอยู่ที่ตำแหน่ง 59 เซนติเมตร จากกันงาน และติดตั้งที่มีภาชนะใส่น้ำทะเลขนาด 3000 มิลลิลิตร เมื่อน้ำทะเลได้รับพลังงานความร้อนจะเกิดการระเหยกลายเป็นไอ ทำให้อไอน้ำเกิดการควบแน่น และเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวไหลลงภาชนะเก็บน้ำที่กลั่นได้

2. ผลทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกลั่นน้ำทะเลพลังงานแสงอาทิตย์จากงานรับแสงพาราโบลา พบว่า เครื่องกลั่นมีอุณหภูมิที่จุดโฟกัสสูงกว่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อม 40°C - 62°C หรืออุณหภูมิสูงกว่าเฉลี่ย 50.15°C ทำให้อุณหภูมิของน้ำทะเลในหม้อต้มซึ่งติดตั้งบริเวณจุดโฟกัสสูงขึ้น ส่งผลต่อปริมาณน้ำที่กลั่นได้ ปริมาณน้ำที่กลั่นได้มากที่สุดจะอยู่ที่ช่วงเวลา 12.00 - 13.00 น. ประสิทธิภาพการกลั่นน้ำทะเลผสมเฉลี่ยของ ปริมาณน้ำทะเล 30% 50% และ 70% มีค่าเท่ากับ 22.19 % 11.13 % และ 5.71% จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณน้ำทะเลในหม้อต้มเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการกลั่นจะลดลงเนื่องจากปริมาณน้ำทะเลเพิ่มจะทำให้การดูดกลืนความร้อนในรูปแบบของความร้อนแฝงที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะมากขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำลดลง ทำให้การระเหยลดลง ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการระเหยที่ว่าอุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการระเหย หากอุณหภูมิสูงของเหลวจะระเหยได้มาก หากอุณหภูมิต่ำของเหลวจะระเหยได้น้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของประดิษฐ์ ลิ้มสัมพันธ์เจริญ(ประดิษฐ์ ลิ้มสัมพันธ์เจริญ, 2562, น.59)และงานวิจัยของจากรุวัฒน์ เจริญจิตและคณะ(จากรุวัฒน์ เจริญจิตและคณะ, 2011, น.265)

3. การทดสอบคุณภาพน้ำกลั่นที่ได้จากการกลั่นด้วยเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จากงานรวมแสงพาราโบลา คุณภาพน้ำที่ได้จากการกลั่นโดยมีปริมาณน้ำที่ใช้กลั่น 30% , 50% และ 70% ของหม้อต้ม มีค่าความเป็น pH เฉลี่ยอยู่ที่ 6.68 , 6.94 และ 6.80 ตามลำดับ มีค่าความเค็มเฉลี่ยอยู่ที่ 35.33 ppm , 38.33 ppm และ 88.67ppm ตามลำดับ มีค่า TDS อยู่ที่ 59.67 ppm , 65.33 ppm และ 76.67 ppm ตามลำดับ ซึ่งน้ำที่กลั่นได้มีคุณภาพอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคในประเทศไทยและมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภคโดยองค์การอนามัยโลก (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552.)

ข้อเสนอแนะ

1. จากการทดสอบพบว่าปริมาณน้ำทะเลในหม้อต้ม เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการกลั่นน้ำจะลดลงจึงควรปรับขนาดภาชนะหม้อต้มให้มีพื้นที่ผิวในการระเหยมากขึ้นก็อาจทำให้ได้ผลผลิตน้ำกลั่นที่สูงขึ้น

2. สามารถนำงานวิจัยนี้ไปศึกษารกลั่นน้ำ จากแหล่งน้ำปนเปื้อนอื่นๆ และศึกษาพัฒนาปรับปรุงอุปกรณ์ต้นแบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกลั่นน้ำให้ได้มากขึ้นต่อไป

3. ศึกษาขนาดของงานรับแสงเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่สูงขึ้น และติดตั้งระบบติดตามดวงอาทิตย์เพื่อให้สามารถกลั่นน้ำได้ปริมาณที่มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- การค้นพบทางฟิสิกส์. (ม.ป.ป.). ฟิสิกส์ discovery. <http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/2/3/gas/gas/index.htm>
- จารุวัฒน์ เจริญจิต และบัญญัติ นิยมवास. (2011). การศึกษาเชิงทดสอบสมรรถนะการกลั่นน้ำทะเลด้วยรังสีอาทิตย์แบบมีแผ่นสะท้อนรังสี [รายงานการวิจัย]. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- น้ำทะเล. (ม.ป.ป.). ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. <http://www.lesa.biz/earth/hydrosphere/sea-water>
- บัญญัติ นิยมवास. (2556). การศึกษาสมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีแผ่นสะท้อนรังสี. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 32(4), 384-388.
- บัญญัติ นิยมवास และบรรเจิด ไปฏกรัตน์. (2559). การเพิ่มสมรรถนะให้กับเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ [รายงานการวิจัย]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.v
- ประดิษฐ์ ลิ้มสัมพันธ์เจริญ. (2562). การจัดทำเครื่องต้นแบบการกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากจานรับแสงพาราโบลา [รายงานวิจัย]. มหาวิทยาลัยสยาม.
- พิศิษฎ์ สุวรรณดวง. (2562, 4 มิถุนายน). งานสะท้อนแบบพาราโบลา. หน้า 1.
- มาตรฐานคุณภาพน้ำ. (ม.ป.ป.). กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม:
http://pcd.go.th/info_serv/reg_std_water01.html
- วีทิต วรรณเลิศลักษณ์. (2560, 12 มิถุนายน). *แสงและกระจก*. คลังความรู้ SciMath.
<https://www.scimath.org/lesson-physics/item/7244-2017-06-12-15-21-13>
- สรวิศ สอนสารี. (2557). การพัฒนาตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรูปประกอบพาราโบลา. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 19(2), 105-121.
- สุริยวิถี. (ม.ป.ป.). ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. <http://www.lesa.biz/astronomy/celestial-sphere/ecliptic>
- Wansarit. (ม.ป.ป.). *การกลั่น*. E-Chemistry. https://e-chemistry.tripod.com/sasan/s3_1.htm

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในมะหูด
Antioxidant activity and total phenolic compounds of Ma-huad
(*Lepisanthes rubiginosa* (Roxb.) Leenh)

อรุณรัตน์ อุทัยคุ

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

*Corresponding author: E-mail: chem.aroonrat@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดมะหูด โดยเลือกผลมะหูดที่มีสีม่วงแดงเฉือนเอาส่วนที่เป็นเนื้อ นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ จากนั้นนำมาสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการสกัดที่ 3, 6 และ 12 ชั่วโมง นำสารสกัดหยาบที่ได้ไปหา ร้อยละผลผลิต ผลการศึกษาพบว่า ร้อยละผลผลิตของการสกัดเท่ากับ 4.752, 5.652 และ 5.654 ตามลำดับ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของมะหูดด้วยวิธี DPPH มีค่าเท่ากับ 896.40 ± 3.57 , 975.08 ± 4.86 และ 988.33 ± 2.34 mg TEAC/g extract วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu มีค่าเท่ากับ 688.4 ± 0.15 , 743.3 ± 0.15 และ 560.0 ± 0.17 mg GAE/L ตามลำดับ จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่า มะหูดมีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ทางอาหารและยาต่อไปในอนาคตได้

คำสำคัญ: มะหูด; อนุมูลอิสระ; สารประกอบฟีนอลิก

Abstract

The present study was performed to evaluate the antioxidant activity and total phenolic content of Ma-huad extracts. The reddish Ma-huad was cut off the pulp and baked at 60 °C until the weight stable. Then, it was extracted with 80 percent ethanol with extraction time of 3, 6 and 12 hours. The yield percentage of the crude extract are 4.752, 5.652 and 5.654 respectively. Free radical inhibition of Ma-huad by DPPH method are 896.40 ± 3.57 , 975.08 ± 4.86 and 988.33 ± 2.34 mg TEAC/g extract, respectively. Total phenolic content was analyzed by method Folin-Ciocalteu method showed the value of 688.4 ± 0.15 , 743.3 ± 0.15 and 560.0 ± 0.17 mg GAE/L, respectively. The results demonstrated the potential of Ma-huad in using as food or supplementary or medicine in the future.

Keywords: Ma-huad; Free radical; Phenolic compounds

บทนำ

อนุมูลอิสระ (Free radical) เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในร่างกายเป็นปกติ และร่างกายจะมีการกำจัดอนุมูลอิสระเหล่านี้ออกไปทางเอนไซม์และสารต้านอนุมูลอิสระต่าง ๆ การไม่สมดุลกันระหว่างการเกิดและการต้านอนุมูลอิสระจะส่งผลเสียต่อสุขภาพ (อริป สกุกเผือก, 2559) โมเลกุลที่ไม่เสถียรและมีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีในลักษณะที่เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ และสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่าง ๆ ที่อยู่รอบข้างได้ในทันทีที่ถูกสร้างขึ้น ทำให้เกิดความเสียหายกับเซลล์ต่าง ๆ ภายในร่างกาย เช่น การเปลี่ยนสภาพโปรตีนและไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์ จนทำให้การทำงานของเอนไซม์หรือโปรตีนเหล่านั้นเกิดความผิดปกติ (ณพัชรอร บัวจุน และสุวีพร คูคิด, 2562) เป็นปัจจัยเสี่ยง ที่นำไปสู่การเกิดโรคร้ายแรงในมนุษย์ ได้แก่ โรคหลอดเลือดหัวใจแข็งตัว และโรคมะเร็ง (Cancer) โดยโรคเหล่านี้เป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิต (กิตติพัฒน์ โสภิตธรรมคุณ และปานทิพย์ รัตนศิลป์ภัทชาญ, 2560) สารต้านอนุมูลอิสระจะพบได้ทั่วไปในผักและผลไม้ที่เป็นส่วนสำคัญของอาหารของมนุษย์ ซึ่งในปัจจุบันมนุษย์ได้รู้จักพืชผักและผลไม้ และนำมาใช้ประโยชน์ในการนำไปเป็นแหล่งสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระจำนวนมาก เช่น ฟลาโวนอยด์ และสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิด ที่มีคุณสมบัติในการรักษาสมดุลรีดอกซ์ทางชีววิทยาที่ร่างกายเกิดความเสียหายที่เกิดจากปฏิกิริยาในร่างกาย (Álvarez et al., 2016) สารประกอบ ฟีนอลิกประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติกที่มีหมู่ไฮดรอกซิล กรดอินทรีย์ และน้ำตาลอะซิเลต ฟีนอลิกเหล่านี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงซึ่งป้องกันการก่อตัวของอนุมูลอิสระ (Suleria, et al., 2020)

มะหาด (*Lepisanthes rubiginosa* (Roxb.) Leenh) อยู่ในวงศ์ Sapindaceae เป็นไม้ ยืนต้นขนาดเล็กสามารถพบได้ ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้าน พบได้ในป่าโปร่ง บริเวณทุ่งนาหรือสวน ส่วนของใบอ่อนและผลชาวบ้านจะนำไปบริโภค ในตำรายาโบราณ รากสามารถขับพยาธิ รักษาโรคผิวหนังคัน ผลช่วยสมานแผล แก้ท้องร่วง แก้ไข้รากสาด เป็นต้น ผลสุกของมะหาดที่มีสีม่วงแดงมีสารสำคัญกลุ่มแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) และนอกจากนี้ยังอาจพบสารกลุ่มโพลีฟีนอลอื่น ๆ ร่วมด้วย (วิชณี มัชยม และคณะ, 2563)

จากข้อมูลการวิจัยพบว่า สารประกอบในกลุ่มฟีนอลิกนั้นมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี ในปัจจุบันจึงมีการนำสารประกอบกลุ่มนี้มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอางอย่างแพร่หลาย โดยผู้เชี่ยวชาญมีความคาดหวังว่าเนื้อหาส่วนนี้จะเป็นประโยชน์กับนักวิจัย นักศึกษา ผู้สนใจที่จะเริ่มศึกษาถึงคุณสมบัติทางเคมีที่ได้จากสารสกัดมะหาด เพื่อให้ได้องค์ความรู้ในการพัฒนาต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง การทดลองในครั้งนี้ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ดังนี้ เครื่อง ยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-visible spectrophotometer) บริษัท Perkin elmer รุ่น Lamda 12 เครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary evaporator) ยี่ห้อ Buchi รุ่น R-124 ส่วนสารเคมี ที่ใช้ในการทดลองคือสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic acid) โทลออกซ์ (Trolox) จากบริษัท Sigma-aldrich, โฟลีน (Folin-Ciocalteu) จากบริษัท Merck DPPH จากบริษัท Sigma Chemical สารเคมีอื่น ๆ และตัวทำละลายที่ใช้เป็นเกรดสำหรับวิเคราะห์

การเตรียมวัตถุดิบในการสกัดสารสกัดหยาบมะหาด

เลือกผลมะหาดที่มีสีม่วงแดงมาล้างน้ำให้สะอาดผึ่งให้แห้ง นำมาแยกเนื้อและเมล็ด จากนั้นนำเฉพาะส่วนเนื้อมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ ซึ่งมะหาดที่ผ่านการอบแล้ว 10 กรัม แล้วเติม เอทานอลความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำไปสกัดด้วยเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 6 และ 12 ชั่วโมง จากนั้นกรองสารละลายแล้วนำไปสกัดอีกครั้ง (ทำการสกัด 3 ครั้ง) สารละลายที่กรองได้ไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary evaporator) จะได้สารสกัดหยาบชั้นเอทานอล (Ethanol extract) แล้วชั่งน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้นำไปคำนวณหาร้อยละของสารสกัดโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ร้อยละผลผลิตของการสกัด} = \frac{\text{น้ำหนักสารที่สกัดได้ (กรัม)}}{\text{ปริมาณเนื้อมะหาดที่ใช้ในการสกัด (กรัม)}} \times 100$$

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) DPPH คืออนุมูลอิสระ ที่มีความเสถียร (Stable free radical) เป็นสารที่นิยมนำไปใช้เป็นตัวชี้วัดความสามารถในการต้าน อนุมูลอิสระของสารที่สนใจใช้ หลักการของ DPPH[•] ในรูปของอนุมูลอิสระที่อยู่ในสารละลายจะมี สีม่วงเข้มและดูดกลืนคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร การสูญเสียอิเล็กตรอนอิสระให้กับโมเลกุลอื่น โดยมีตัวรับอิเล็กตรอน คือ สารต้านอนุมูลอิสระหรือสารสกัด จะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในรูปออกซิไดซ์ (DPPH) ซึ่งการลดลงของอนุมูลอิสระดังกล่าวจะสังเกตได้จากการจางลงของสีม่วงในสารละลายสามารถวัดการค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ลดลงที่ความยาวคลื่นที่ 517 นาโนเมตร การลดลงของ DPPH ที่มีผลมาจากสารต้านอนุมูลอิสระ หรือเป็นตัวชี้วัดของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น (กิตติพัฒน์ ไสภิตธรรมคุณ และปานทิพย์ รัตนศิลป์ รัตนศิลป์ กัลยาณี, 2560)

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (ดัดแปลงจาก Xiaowei et al., 2011) ซึ่งตัวอย่างทั้ง 3 ช่วง 0.005 กรัม ละลายด้วยเอทานอลแล้วปรับปริมาตรเป็น 5 มิลลิลิตร บีบอัดสารสกัดมะหาดแต่ละช่วงเวลา ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เติมสารละลายมาตรฐาน DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1.8 มิลลิลิตร เขย่าเพื่อให้สารทำปฏิกิริยากัน เก็บในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-vis spectrophotometer แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ และคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดมะหาดที่สามารถยับยั้ง DPPH ได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (IC₅₀)

$$\% \text{ inhibition} = \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \times 100$$

A_{control} = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุม (เอทานอล+DPPH)

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง (สารสกัดที่ละลายด้วยเอทานอล +DPPH)

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

การทดสอบหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่มีในตัวอย่างทดสอบด้วยการใช้สารละลาย Folin-ciocalteu ทำปฏิกิริยากับสารมาตรฐานของฟีนอลิก (นิยมใช้ Garlic acid เป็นสารมาตรฐานของสารฟีนอลิก) หรือสารทดสอบที่ต้องการหาปริมาณรวมของฟีนอลิก จากนั้นจึงเติมโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) บ่มปฏิกิริยาในที่มืด สารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นจากผลของฟีนอลิกที่มีต่อ F-C reagent จะมีสีน้ำเงินเข้ม และดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ซึ่งค่าการดูดกลืนแสงที่เพิ่มขึ้นจะใช้เป็นตัวชี้วัดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น (Kalaycıoğlu & Erim, 2016)

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัด โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu colorimetric method (ดัดแปลงจากวิธีของ Fang et al. 2009) โดยนำตัวอย่างทั้ง 3 ช่วงเวลา ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin ciocalteu reagent ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวม 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 60 นาที ที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-vis spectrophotometer ทดลอง 3 ซ้ำ สร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Gallic acid กับค่าการดูดกลืนแสง เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับกราฟมาตรฐานของสารละลาย Gallic acid (เตรียมสารมาตรฐาน Gallic acid ที่ความเข้มข้น 10, 20, 40, 80 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตรในเอทานอล)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

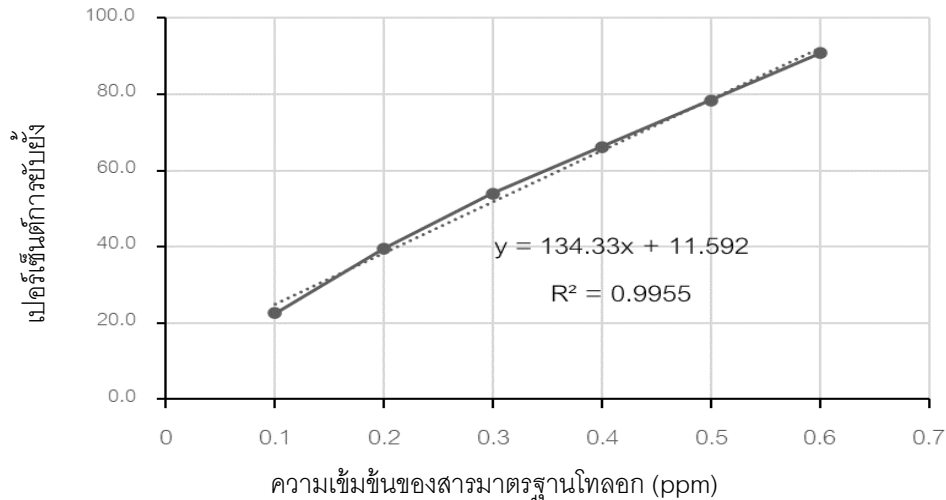
การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในมะหาด โดยใช้เอทานอลเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ เวลาที่ใช้ในการสกัด คือ 3, 6 และ 12 ชั่วโมง เริ่มจากศึกษาเปอร์เซ็นต์ ผลผลิตที่ได้มีค่าเท่ากับ 4.752 5.652 และ 5.654 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) พบว่าที่เวลา 6 และ 12 ชั่วโมง ให้ผลผลิตร้อยละที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณผลผลิตที่ได้ การยับยั้งอนุมูลอิสระ และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดมะหาด

เวลาที่ใช้ในการสกัด (ชั่วโมง)	ปริมาณผลผลิตที่ได้ (%)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (mg TEAC/g extract)	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mgGAE /L)
3	4.752±0.028	896.40±3.57	688.4±0.15
6	5.652±0.034	975.08±4.86	743.3±0.15
12	5.654±0.031	988.33±2.34	560.0±0.17

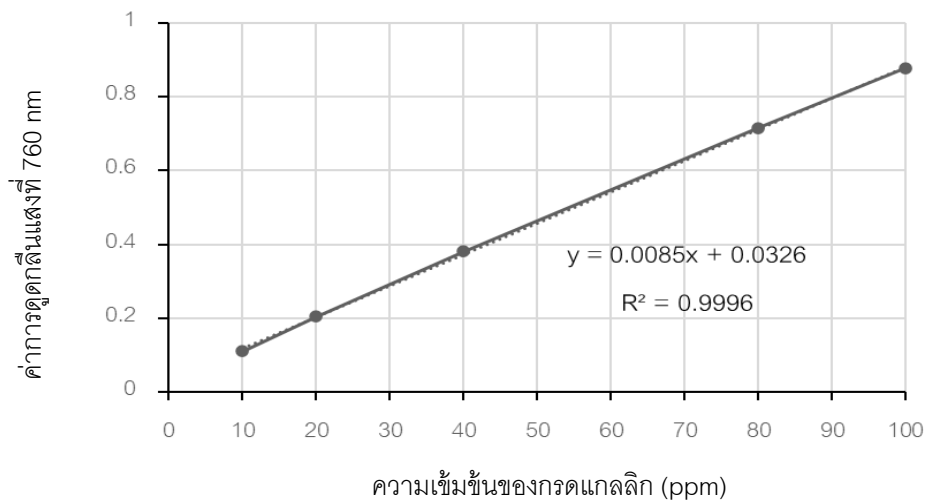
เมื่อนำสารสกัดมะหาดความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร มาทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดมะหาดที่ใช้เวลาในการสกัด 12 ชั่วโมง มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือที่เวลา 6 และ 3 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 988.33±2.34, 975.08±4.86 และ 896.40±3.57 มิลลิกรัมสมมูลโทลอกซ์

ต่อสารสกัด 1 กรัม (mg TEAC/g extract) ตามลำดับ (ตารางที่ 1) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโทลอกซ์กับเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานโทลอกซ์กับเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดจากสารสกัดมะหาดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric ใช้กรดแกลลิก (Gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน ได้กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (ภาพที่ 3) ผลการศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดมะหาด ดังแสดงตารางที่ 1 พบว่าตัวอย่างสารสกัดมะหาดที่เวลา 3, 6 และ 12 ชั่วโมง มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 688.4 ± 0.15 , 743.3 ± 0.15 และ 560 ± 0.17 มิลลิกรัมแกลลิกต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ว่าสารสำคัญที่พบในผลของมะหาดที่มีสีม่วงแดงชื่อว่า แอนโทไซยานิน (Anthocyanins) ซึ่งเป็นเม็ดสีตามธรรมชาติที่มีโครงสร้างของโมเลกุลอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์นอกจากนี้ยังอาจพบสารประกอบฟีนอลิกอีกด้วย (วิชนี มัธยม และคณะ, 2563)



ภาพที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานกรดแกลลิกกับค่าการดูดกลืนแสง

เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดมะหาดกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ที่เวลาในการสกัด 6 และ 12 ชั่วโมง ค่าที่ได้ไม่สอดคล้องกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ที่เวลาดังกล่าวฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดลดลง อาจเป็นผลเนื่องจากกลไกการต้านอนุมูลอิสระสามารถเกิดได้หลายรูปแบบ เช่น แบบฟรีแรดิคัล แบบเรดิคัล-แคตไอออน จึงควรทำการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มเติม (วิชณี มัธยม และคณะ, 2563) ระยะเวลาในการสกัดที่นานอาจทำให้เกิดความร้อนในขั้นตอนการสกัด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ว่าอุณหภูมิและระยะเวลาที่มีผลต่อปริมาณและประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระ (ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา และชนิษฐา ศรีนวล, 2561)

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในมะหาด โดยใช้เวลา ในการสกัดที่เวลา 3, 6 และ 12 ชั่วโมง ให้อ้อยละผลผลิตอยู่ในช่วง 4.752 – 5.654 และมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง 896 – 988 mg TEAC/g extract ในขณะที่ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด อยู่ในช่วง 560 -743.3 mg GAE/L จากการศึกษาครั้งนี้เวลาในการสกัด 6 ชั่วโมงเป็นเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัด จากการนำผลของมะหาดที่มีในท้องถิ่น และมีการใช้ประโยชน์น้อยมาศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระที่มีในธรรมชาติ เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ใช้ประโยชน์ทางอาหารและยาตลอดจนสามารถส่งเสริมให้เกิดการปลูกเพื่อขยายพันธุ์พืชและอนุรักษ์

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กิตติพัฒน์ โสภิตธรรมคุณ และปานทิพย์ รัตนศิลป์กัลยาณู. (2560). การสกัดและวิธีวัดความสามารถการต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพร. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*, 3(1), 86-94.
- ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา และชนิษฐา ศรีนวล. (2561). ผลของการแปรรูป การเก็บรักษา และการให้ความร้อนซ้ำต่อปริมาณและประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของข้าวพร้อมบริโภคบรรจุถุงรีทอร์ต. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.*, 41(3), 299-309.
- ณพัชร์ บัวจัน และสุรีพร คูคิด. (2562). ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดหยาบของมะม่วงน้ำดอกไม้ จังหวัดสระแก้ว. *วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรในพระบรมราชูปถัมภ์*, 14(1), 121-131.
- วิชณี มัธยม, กานดาวิ โนนชัย, กัญญา กอแก้ว, กาญจนา พิศาภาค และดารานัย รมเมือง. (2563). การศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำมะหาด. *วารสารวิชาการ มทร. สุวรรณภูมิ*, 8(2), 187-198.
- อชิป สกุลเผือก. (2559). *อนุมูลอิสระ และสารต้านอนุมูลอิสระ*. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

- Álvarez, R., Araya, H., Navarro-Lisboa, R. & Lopez de Dicastillo, C. (2016) Evaluation of Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of Fruits and Vegetables Using a Modified Enzymatic Extraction. *Journal Food Technol Biotechnol*, 54(4), 426-467.
- Fang, Z., Zhang, Y., Lü, Y., Ma, G., Chen, J., Liu, D. & Ye, X. (2009). Phenolic compound and antioxidant capacities of bayberry juices. *Journal Food Chemistry*, 113(4), 884-888.
- Kalaycıođlu, Z., & Erim, F. B. (2016). Total phenolic contents, antioxidant activities, and bioactive ingredients of juices from pomegranate cultivars worldwide. *Journal Food Chemistry*, 496-507.
- Suleria, H. A. R., Barrow, C. J., & Dunshea, F. R. (2020). Screening and Characterization of Phenolic Compounds and Their Antioxidant Capacity in Different Fruit Peels. *Journal Food*, 1-26.
- Ma, X., Wu, H., Lui, L., Yao, Q., Wang, S., Zhan, R., Xing, S. & Zhou, Z. (2011). Polyphenolic compounds and antioxidant properties in mango fruits. *Journal Scientia Horticulturae*, 129(1), 102-107.

ผลของอนุภาคนาโนต่อค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐดินลูกรัง Effect of Nanoparticles on Compressive Strength of Laterite Brick

ธนวัฒน์ ธีระวุฒิ^{1*} สมยศ ศรีคงรักษ์²

ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี^{1,2}

*Corresponding author: E-mail: e-mail physics@rbru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คต่อค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐดินลูกรังขนาด $4.0 \times 16.0 \times 4.0$ เซนติเมตร ซึ่งอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนมีความหนาแน่นใกล้เคียงกันโดยมีค่า 1.68, 1.70 และ 1.72 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ผลการศึกษพบว่า อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คมีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 36.11 44.08 และ 54.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 602/2547)

คำสำคัญ: อิฐดินลูกรัง; อนุภาคนาโน; กำลังรับแรงอัด

Abstract

In this research, we focus on comparative study the effect of a titanium dioxide, a zinc oxide and carbon black nanoparticles on the compressive strength of a laterite brick size $4.0 \times 16.0 \times 4.0$ cm. All laterite bricks mixed with nanoparticles had a closely density value, which it had a 1.68, 1.70 and 1.72 kg/cm^3 , respectively. The experimental results reveal that the laterite brick mixed with titanium dioxide nanoparticles, the laterite bricks mixed with zinc oxide nanoparticles and the laterite bricks mixed with carbon black nanoparticles had a compressive strength of 36.11 ± 0.92 , 44.08 ± 0.92 and $54.7 \pm 0.91 \text{ kg/cm}^2$, respectively. So, It can be seen that the lightweight brick mixed with nanoparticles has a higher compressive strength than Thai community product standard (602/2547).

Keywords: Laterite Brick; Nanoparticles; Compressive Strength

บทนำ

อิฐเป็นวัสดุก่อสร้างพื้นฐานสำหรับการก่อสร้างทั่วไป ซึ่งอิฐธรรมดาทั่วไปผลิตจากส่วนผสมของดินเหนียว ทราย แกลบ และน้ำ นวดให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวแล้วนำไปอัดใส่ลงในแบบพิมพ์ หลังจากนั้นนำเข้าเตาเผา ในขณะที่อิฐพิเศษอื่นๆ เช่น อิฐประดับจะผสมหินแกรนิตจะผสมสารหรือวัสดุพิเศษเพิ่ม เพื่อการใช้งานเฉพาะด้าน นอกจากนี้อิฐพิเศษบางประเภทอาจใช้กรรมวิธีการอัดเข้าแบบพิมพ์ด้วยแรงกดสูง เพื่อเพิ่มความสามารรถในด้านการป้องกันความร้อนและทนความชื้นได้สูง ปัจจุบันมีผู้วิจัยคิดค้นการผลิตอิฐจากวัสดุธรรมชาติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรธรรมชาติ เช่น การนำวัสดุเหลือทิ้งมาผสมกับอิฐบล็อกประสานเพื่อพัฒนาเป็นผนังรับแรง (เพ็ญชาย เวียงใต้, 2561) การนำเส้นใยพางข้าวเหลือทิ้งไปปรับปรุงคุณภาพอิฐมอญ (ณัฐพงศ์ จันทร์เพชร, 2561) การนำเศษแก้วและเถ้าลอยต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของอิฐก่อสร้าง (ทศพล ชำชอง 2561, น. 13 - 15) การศึกษาคุณสมบัติของอิฐดินเหนียวมวลเบาผสมเถ้าลอยและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (พุดพิพัทธ์ ราชคำ และ ธีรวัฒน์ ลินศิริ, 2559) การนำโฟมอีพีเอสมาใช้ในการเพิ่มศักยภาพของแผ่นคอนกรีตมวลเบา (สุกัญญา ห่อช่วย, 2559, น. 2-24) และ การนำเถ้าปาล์มน้ำมันมาแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน และนำกะลาปาล์มน้ำมันมาแทนที่ดินลูกรัง (จรรยา เจริญเนตรกุล, 2557, น. 103-112) เป็นต้น

ปัจจุบันยังพบว่ามี การนำอนุภาคนาโนมาช่วยยึดอายุการใช้งาน เพิ่มประสิทธิภาพ และลดต้นทุนในการผลิตกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากอนุภาคนาโนมีคุณสมบัติที่ต่างจากวัสดุทั่วไป เช่น อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ในธรรมชาติมีลักษณะของแข็งสีขาว ไม่ละลายน้ำ และสามารถดูดกลืนแสงความยาวคลื่นช่วงอัลตราไวโอเล็ตได้ดี และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ มีลักษณะเป็นผงสีขาวและไม่ละลายน้ำนั้นมีความจุความร้อนสูงและการนำความร้อนสูง แต่การขยายตัวของความร้อนต่ำ ในขณะที่อนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คเป็นผงอนุภาคสีดำ ขนาดเล็ก เบาและแขวนลอยได้ในอากาศ ไม่มีกลิ่น ไม่ละลายน้ำ และมีความคงตัวสูง แต่อาจจะถูกติดไฟได้ง่ายซึ่งในภาคอุตสาหกรรมมีการศึกษาผลของอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คต่อสมบัติการคงรูปและสมบัติเชิงกลของยาง

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ และอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คมาผสมกับอิฐดินลูกรังเพื่อศึกษาเปรียบเทียบ ความเป็นไปได้ในการเพิ่มคุณสมบัติด้านการทนต่อการรับแรงอัดของอิฐดินลูกรัง

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้การศึกษาวิจัย ประกอบด้วย

1. ดินลูกรัง
2. โฟมปั่นละเอียด
3. แกลบบดละเอียด
4. อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์
5. อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์

6. อนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็ค
7. แบบพิมพ์เหล็ก ขนาด 4.0×16.0×4.0 เซนติเมตร

ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

1. การเตรียมส่วนผสมและการขึ้นรูปอิฐ
 - 1.1 นำดินลูกรังไปตากแดดให้แห้งเป็นเวลา 1 วัน แล้วนำดินลูกรังที่แห้งแล้วไปร่อนให้ละเอียด
 - 1.2 นำโฟมและแกลบไปปั่นในเครื่องปั่นให้ละเอียด
 - 1.3 เตรียมน้ำสะอาดและอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์
 - 1.4 นำส่วนผสมที่ได้ไปบรรจุลงในแม่พิมพ์เหล็กขนาด 4.0×16.0×4.0 เซนติเมตร
2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางความร้อนและสมบัติเชิงกล
 - 2.1 นำอิฐดินลูกรังที่ขึ้นรูปเรียบร้อยแล้วไปตากแดดเป็นเวลา 1 วัน แล้วนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง
 - 2.2 นำอิฐดินลูกรังไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักอิฐดินลูกรังก่อนอบ
 - 2.3 นำอิฐดินลูกรังไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักอิฐหลังอบ
 - 2.4 คำนวณหาความหนาแน่นและร้อยละปริมาณความชื้นของอิฐ
 - 2.5 การทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐดินลูกรังและอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนขนาด 4.0×16.0 ×4.0 เซนติเมตร ซึ่งอิฐดินลูกรังหนึ่งก้อนประกอบด้วยดินลูกรังละเอียดปริมาณ 500 กรัม โฟมปั่นละเอียด 1.70 กรัม แกลบบดละเอียด 0.85 กรัม และน้ำสะอาด 50 มิลลิลิตร ในขณะที่อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนจะเจืออนุภาคนาโนผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ และอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็ค 700 มิลลิกรัม ทั้งนี้อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนมีความหนาแน่นใกล้เคียงกันโดยมีค่า 1.70 ± 0.20 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และก่อนทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดจะนำอิฐไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 602/2547) พบว่า อิฐดินลูกรัง อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คมีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ย เท่ากับ 32.40 ± 0.91 40.63 ± 0.92 41.43 ± 0.92 และ 44.08 ± 0.92 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของอิฐดินลูกรังและอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน

ชนิดของอิฐ	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	กำลังรับแรงอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)
อิฐดินลูกรัง	1.64	32.40±0.91
อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน ไทเทเนียมไดออกไซด์	1.68	36.11±0.92
อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน ซิงค์ออกไซด์	1.70	44.08±0.92
อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน คาร์บอนแบล็ค	1.72	54.70±0.91

ตารางที่ 1 แสดงค่าความหนาแน่นและค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐดินลูกรังและอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน ซึ่งเราจะเห็นได้ว่าอิฐดินลูกรังมีความหนาแน่นและค่ากำลังรับแรงอัดต่ำกว่า อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน ในขณะที่อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนทั้งสามชนิดมีความหนาแน่นใกล้เคียงกันและอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าอิฐดินลูกรัง

ทั้งนี้เราน่าจะสามารถสรุปได้ว่าอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็ค อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และอนุภาคนาโนไทเทเนียมมีผลต่อค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐดินลูกรัง โดยอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คมีผลทำให้อิฐดินลูกรังมีค่ากำลังรับแรงอัดมากที่สุด ในขณะที่อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์มีค่ากำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามเราจะเห็นได้ว่าอิฐดินลูกรังและอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 602/2547) ที่กำหนดค่ามาตรฐานของกำลังรับแรงอัดไว้ที่ 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังนั้นสรุปได้ว่าอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนจากงานวิจัยมีคุณสมบัติเทียบเคียงกับวัสดุก่อสร้างชนิดอื่นและสามารถนำไปใช้ได้จริง

สรุปผลและเสนอแนะ

แม้ว่าผลการวิจัยจะแสดงให้เห็นว่าอนุภาคนาโนมีผลต่อค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐดินลูกรัง แต่อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้เป็นเพียงการศึกษาขั้นต้นถึงความเป็นไปได้ในการนำอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คมาปรับปรุงคุณสมบัติของอิฐ และงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลของอนุภาคนาโนทั้งสามชนิดต่อค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐดินลูกรังเท่านั้น ทั้งนี้ในงานวิจัยต่อไป คณะผู้วิจัยจะทำการปรับอัตราส่วนของส่วนผสมของอิฐ ชนิดของส่วนผสม และทำวิเคราะห์สมบัติทางความร้อน เช่น การนำความร้อนหรือการต้านทานความร้อนของอิฐ เป็นต้น รวมถึงนำผลการวิจัยไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประจำปีงบประมาณ 2563 และได้รับการสนับสนุนอนุภาคนาโนจากศูนย์วิจัยนาโนเทคโนโลยีเพื่อการเกษตร วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารอ้างอิง

- จตุฎญ เจริญเนตรกุล. (2557). อิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมแก้วและกะลาปาล์มน้ำมัน. *วารสารการพัฒนาศาสตร์ชุมชน และคุณภาพชีวิต*, 2(1), 103-112.
- พุดพิพัทธ์ ราชคำ และ อีรวัดณ์ สิ้นศิริ. (2559). การศึกษาคุณสมบัติของอิฐดินเหนียวมวลเบาผสมแก้วลอยและแคลเซียมไฮดรอกไซด์. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- เพ็ญชาย เวียงใต้ และคณะ. (2561). อิฐบล็อกประสานผสมวัสดุเหลือทิ้งเพื่อพัฒนาเป็นผนังรับแรงและลดการแพร่ความร้อน. *คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*.
- ณัฐพงษ์ จันทรเพ็ชร. (2561). การปรับปรุงคุณภาพอิฐมวลเบาโดยไม่ต้องเผาด้วยเส้นใยพวงข้าวเหลือทิ้งในพื้นที่ภาคกลางเพื่อเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืน. *คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ*
- ทศพล ชำของ. (2561). การใช้เศษแก้วและแก้วลอยต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของอิฐก่อสร้าง [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- สุกัญญา ห่อช่วย. (2559). ศักยภาพของแผ่นคอนกรีตมวลเบาที่มีส่วนผสม จากวัสดุโฟมอีพีเอส [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมการแยกขยะอาหารของครัวเรือน Environmental Attitude and food waste separation of household level

ชวินธร ทองเพ่งพิศ^{1*} อภิษฎา ลีลาวณิชกุล²

ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์^{1,2}

*Corresponding author: E-mail: chawinthorn.ton@ku.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมการแยกขยะอาหารในครัวเรือน โดยการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามจากครัวเรือนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 216 ครัวเรือน และวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติพรรณนาและสถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Independent Samples t-test) โดยการเปรียบเทียบทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมระหว่างกลุ่มแยกขยะอาหารและกลุ่มไม่แยกขยะอาหาร ผลการศึกษาพบว่า โดยส่วนใหญ่ครัวเรือนมีอาหารเหลือจากการรับประทานอาหาร 10% ของอาหารทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 38.9 โดยมีวิธีหลักในการจัดการกับอาหารเหลือ ได้แก่ การเก็บไว้ทานในมื้ออื่น ร้อยละ 46.3 และทิ้งลงถังขยะร้อยละ 30.8 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับปานกลางถึงมาก เมื่อทำการเปรียบเทียบทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมตามพฤติกรรมการแยกขยะออกเป็น 2 กลุ่ม พบว่า กลุ่มแยกขยะอาหารและกลุ่มไม่แยกขยะอาหารมีทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมที่คล้ายคลึงกัน กลุ่มแยกขยะอาหารจะมีทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับที่สูงกว่ากลุ่มไม่แยกขยะอาหาร โดยมี 3 ปัจจัยมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ได้แก่ การสนับสนุนโครงการหรือกิจกรรมเกี่ยวกับการคัดแยกขยะชุมชน การเลือกใช้พลาสติกย่อยสลายได้สำหรับผลิตภัณฑ์ใช้แล้วทิ้ง และการสนับสนุนธุรกิจที่มียุทธศาสตร์เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐควรมีการรณรงค์ให้เกิดการตระหนักรู้ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จะช่วยส่งเสริมให้เกิดพฤติกรรมการแยกขยะในครัวเรือนมากขึ้น

คำสำคัญ: ขยะอาหาร; ทัศนคติ สิ่งแวดล้อม

Abstract

The objective of this study is to investigate attitudes toward the environment and food waste separation behavior at household level. Data of 216 households located in Bangkok were conducted by questionnaire survey. Descriptive statistical method and comparative statistic of the mean difference (Independent Samples t-test) were used to compare environmental attitude between separating food waste group and not separating food waste group. Findings showed that most households create food surplus from eating 10% of total food meal, accounted for 38.9%. Main ways on food surplus management are keeping food surplus for next meals (46.3%) and throwing food surplus out in the garbage (30.8%). Most respondents agree with environmental attitude at moderate to high level. When comparing environmental attitudes by waste separation behavior that are divided into two groups. Results revealed that separating food waste group and not separating food waste group had similar environmental attitudes. The group with food waste separation had a higher level of environmental attitude than the group without food waste separation. Three factors are significant difference between means at significance level of 0.05 including supporting projects or activities related to community waste separation, choosing biodegradable plastics for disposable products, and supporting business with environmentally friendly policies. Thus, the government should build awareness of environmental impacts which will encourage food waste separation behavior at household level.

Keywords: Food waste; Attitude; Environment

บทนำ

ในสถานการณ์ปัจจุบัน องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO) ได้ระบุว่า ในแต่ละปีปริมาณอาหารของโลกถึง 1.3 พันล้านตันต่อปี หรือคิดเป็น 1 ใน 3 ของอาหารที่ผลิตเพื่อบริโภคถูกปล่อยให้สูญเสียนหรือกลายเป็น ขยะอาหาร ซึ่งอาหารที่ถูกทิ้งเหล่านั้นสามารถนำไปแจกจ่ายให้คนที่หิวโหยในโลกได้ถึง 1 พันล้านคน ดังนั้นการลดปริมาณขยะอาหารจึงกลายมาเป็นหนึ่งในเป้าหมายหลักในการพัฒนาที่ยั่งยืนของโลก (Sustainable development goals: SDGs) โดยองค์การสหประชาชาติได้ตั้งเป้าให้ในปี 2030 ขยะ อาหารที่เกิดจากการจำหน่ายและการบริโภคทั่วโลกต้องลดลง 50 % โดยจากเป้าหมายเหล่านี้จึงนำไปสู่ กรอบแนวความคิดในการลดขยะอาหาร 5 ขั้นตอน ได้แก่ ป้องกัน (Prevention) จัดสรรเพื่อประโยชน์สูงสุด (Optimization) นำมาผลิตเพื่อใช้ใหม่ (Recycle) กำจัดเพื่อเป็นพลังงาน (Recovery) และกำจัด (Disposal) (เดือนเด่น นิคมบริรักษ์, 2562)

จากแนวความคิดที่ได้กล่าวมานั้นประเทศไทยจึงได้ตระหนักถึงการลดขยะอาหารและมีการรณรงค์ลดการสูญเสียอาหารก่อนที่จะเป็นขยะอย่างแท้จริง ในประเทศไทย โดยข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษระบุว่าในปี 2560 หรือ 254 กิโลกรัมต่อคนต่อปี แต่อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังมีค่านิยมที่ว่า “เหลือดีกว่าขาด” ผู้บริโภคยัง

ขาดการตระหนักรู้ต่อผลกระทบของการสร้างขยะอาหารและการคัดแยกขยะให้ถูกวิธีจึงทำให้เกิดอาหารส่วนเกินเป็นจำนวนมากจนกลายมาเป็นขยะอาหาร แต่มีการนำขยะอาหารเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์หรือสร้างให้เกิดมูลค่าน้อยมาก เนื่องจากเทศบาลส่วนมากไม่มีการแยกขยะ และในส่วนของกรุงเทพมหานคร สามารถแยกและรีไซเคิลขยะอาหารได้เพียง 2% เท่านั้น (ประหลอง ดำรงค์ไทย, 2562) รวมถึงในส่วนของภาคครัวเรือนยังขาดความเข้าใจในการแยกขยะให้ถูกวิธีและการตระหนักถึงการแยกขยะและการลดขยะอาหาร จึงได้เริ่มมีการดำเนินการจัดการขยะอาหารและรณรงค์การแยกขยะและลดการใช้พลาสติกทั้งความร่วมมือจากภาครัฐ ภาคเอกชนและประชาชน แต่การดำเนินการการจัดการขยะอาหารและรณรงค์การแยกขยะเหล่านี้เป็นเพียงจุดเริ่มต้นเท่านั้น และมาตรการต่างๆยังไม่สามารถเข้าถึงในระดับครัวเรือนได้ ในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมกรรมการแยกขยะอาหารในครัวเรือนในภาคครัวเรือน และเปรียบเทียบทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมระหว่างกลุ่มแยกขยะอาหารและกลุ่มไม่แยกขยะอาหารต่อทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมของภาคครัวเรือน เพื่อให้มีความเข้าใจถึงพฤติกรรมและตระหนักรู้ต่อผลกระทบของการสร้างขยะอาหารและการคัดแยกขยะของภาคครัวเรือน

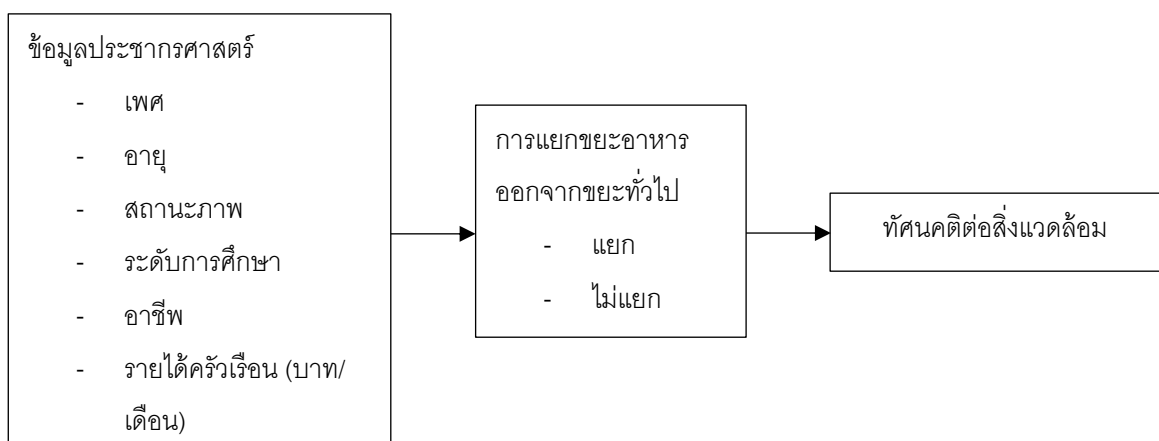
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมกรรมการจัดการขยะอาหารหลังการบริโภคและการแยกขยะในภาคครัวเรือน
2. เพื่อเปรียบเทียบทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมกรรมการแยกขยะในภาคครัวเรือน

ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาภาคครัวเรือนในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร เกี่ยวกับพฤติกรรมด้านการแยกขยะ และการจัดการขยะอาหารหลังการบริโภคในภาคครัวเรือน และทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อม

กรอบแนวคิดการวิจัย



สมมติฐานการวิจัย

H₀ : ผู้แยกขยะอาหารและไม่แยกขยะอาหารมีทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมไม่แตกต่างกัน

H₁ : ผู้แยกขยะอาหารและไม่แยกขยะอาหารมีทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างสำหรับการศึกษาเชิงปริมาณ โดยใช้กลุ่มประชากรแบบสุ่ม ได้แก่ ครูวีเรียนที่พักอาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 216 ครูวีเรียน รวมระยะเวลาในการเก็บแบบสอบถามใช้เวลาทั้งหมด 2 เดือน

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

แบบสอบถามที่ใช้ในการศึกษา แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลประชากรศาสตร์ เก็บข้อมูลส่วนบุคคลของแต่ละครูวีเรียน ประกอบด้วย เพศ อายุ จำนวนผู้อาศัย รายได้ โดยใช้รูปแบบคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist)

ส่วนที่ 2 พฤติกรรมการจัดการหลังการบริโภคอาหารและการแยกขยะของครูวีเรียน โดยใช้รูปแบบคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist)

ส่วนที่ 3 ทักษะการตัดสินใจสิ่งแวดล้อม โดยจะใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็น โดยใช้รูปแบบคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) จำนวน 12 ข้อ โดยการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้บริโภคมีเกณฑ์การให้คะแนน 5 ระดับ ซึ่งเป็นข้อความเชิงบวกทั้งหมด ดังนี้ (รัตตินันท์ ภูริระวีชัยกุล และคณะ, 2560)

ระดับ 5	หมายถึง ผู้ตอบมีความเห็นด้วยมากที่สุด
ระดับ 4	หมายถึง ผู้ตอบมีความเห็นด้วยมาก
ระดับ 3	หมายถึง ผู้ตอบมีความเห็นด้วยปานกลาง
ระดับ 2	หมายถึง ผู้ตอบมีความเห็นด้วยน้อย
ระดับ 1	หมายถึง ผู้ตอบมีความเห็นด้วยน้อยที่สุด

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนเป็นดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	ระดับความเห็น
4.21 - 5.00	มากที่สุด
3.41 - 4.20	มาก
2.61 - 3.40	ปานกลาง
1.81 - 2.60	น้อย
1.00 - 1.80	น้อยที่สุด

ทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบสอบถาม

นำแบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูลมาคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น ด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) เพื่อทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา กำหนดให้ค่าความน่าเชื่อถือได้ของสัมประสิทธิ์แอลฟาจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 0.7 โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา โดยใช้โปรแกรมโปรแกรม IBM SPSS statistics version 26.0 (ภัสส์ศา นวนขนาย, 2558)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) ได้แก่ การหาค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในส่วนของการเปรียบเทียบทัศนคติ

ต่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคระหว่างครัวเรือนที่มีการแยกขยะและไม่มีการแยกขยะ โดยใช้สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ สถิติการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างตัวแปร 2 ตัว (Independent Samples t-test)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา และรายได้ครัวเรือน (บาท/เดือน) จะดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นตารางแจกแจงความถี่ แสดงจำนวนและร้อยละ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยภาพรวมของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 216 ครัวเรือน พบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคโดยส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 143 ราย คิดเป็นร้อยละ 66.2 และเป็นเพศชาย จำนวน 73 ราย คิดเป็นร้อยละ 33.8 ด้านช่วงอายุ พบว่าโดยกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคส่วนใหญ่อายุอยู่ในช่วง 21-30 ปี จำนวน 84 ราย คิดเป็นร้อยละ 38.9 รองลงมาคือ กลุ่มอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 37 ราย คิดเป็นร้อยละ 17.1 อายุ 51-60 จำนวน 35 ราย คิดเป็นร้อยละ 16.2 อายุ 41-50 ปี จำนวน 28 ราย คิดเป็นร้อยละ 13.0 และ 31-40 ปี จำนวน 25 ราย คิดเป็นร้อยละ 11.6 และ ช่วงอายุน้อยกว่า 20 ปี จำนวน 7 ราย คิดเป็นร้อยละ 3.2 ด้านระดับการศึกษา พบว่า โดยส่วนใหญ่กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคจบการศึกษาสูงสุดระดับปริญญาตรี จำนวน 112 ราย คิดเป็นร้อยละ 51.6 รองลงมาคือ ระดับสูงกว่าปริญญาตรี จำนวน 71 ราย คิดเป็นร้อยละ 33.0 ระดับอนุปริญญา จำนวน 16 ราย คิดเป็นร้อยละ 7.4 ระดับต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 13 ราย คิดเป็นร้อยละ 6.0 และระดับอื่นๆ จำนวน 4 ราย คิดเป็นร้อยละ 1.0

จากตารางที่ 1 ด้านอาชีพ พบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคโดยส่วนใหญ่ประกอบอาชีพ พนักงานเอกชน ซึ่งมีจำนวน 70 ราย คิดเป็นร้อยละ 32.4 รองลงมาคือ ข้าราชการ ซึ่งมีจำนวน 37 ราย คิดเป็นร้อยละ 17.1 ถัดมาคือ นักศึกษา จำนวน 31 ราย ประกอบธุรกิจส่วนตัว จำนวน 27 ราย อื่นๆ จำนวน 24 ราย แม่บ้าน 20 ราย และรับจ้างทั่วไป จำนวน 7 ราย ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 14.4, 12.5, 11.1, 9.3 และ 3.2 ตามลำดับ

ด้านรายได้ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ มีรายได้เฉลี่ยของครัวเรือนต่อเดือนอยู่ในช่วง 20,000-55,000 บาทต่อเดือน จำนวน 70 ราย คิดเป็นร้อยละ 32.4 รองลงมาคือ มีรายได้ต่ำกว่า 20,000 บาทต่อเดือน จำนวน 54 ราย คิดเป็นร้อยละ 25.0 มีรายได้ 55,001-90,000 บาทต่อเดือน จำนวน 38 ราย คิดเป็นร้อยละ 17.6 มีรายได้ 90,001-125,000 บาทต่อเดือน จำนวน 18 ราย คิดเป็นร้อยละ 8.3 และมีรายได้มากกว่า 125,000 บาทต่อเดือน จำนวน คิดเป็นร้อยละ 5.6

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ปัจจัยทางประชากรศาสตร์		จำนวน (n=216)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	73	33.8
	หญิง	143	66.2
อายุ (ปี)	น้อยกว่า 20	7	3.2
	21-30	84	38.9
	31-40	25	11.6
	41-50	28	13.0
	51-60	35	16.2
	60 ปีขึ้นไป	37	17.1
ระดับการศึกษา	ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย	13	6.0
	อนุปริญญา	16	7.4
	ปริญญาตรี	112	51.6
	สูงกว่าปริญญาตรี	71	33.0
	อื่นๆ	4	2.0
อาชีพ	ข้าราชการ	37	17.1
	พนักงานเอกชน	70	32.4
	รับจ้างทั่วไป	7	3.2
	ธุรกิจส่วนตัว	27	12.5
	นักศึกษา	31	14.4
	แม่บ้าน	20	9.3
	อื่นๆ	24	11.1
รายได้ครัวเรือน (บาท/เดือน)	ต่ำกว่า 20,000	54	25.0
	20,000-55,000	70	32.4
	55,001-90,000	38	17.6
	90,001-125,000	18	8.3
	มากกว่า 125,000	36	16.7

พฤติกรรมการจัดการหลังการบริโภคอาหารและการแยกขยะของครัวเรือน

จากผู้ตอบแบบสอบถามโดยส่วนใหญ่มักจะมีอาหารเหลือจากการรับประทานอาหารในบ้านแต่ละมี คิดเป็น 10% ของอาหารเหลือทั้งหมด ร้อยละ 38.9 มากที่สุด รองลงมาคือ 20% ของอาหารทั้งหมด ร้อยละ 25.0

มีความนิยมในการจัดการอาหารเหลือเหล่านั้นด้วยวิธีเก็บไว้รับประทานในมืออื่น ร้อยละ 46.3 รองลงมาคือ ทิ้งลงถังขยะ ร้อยละ 30.8 โดยเลือกการกำจัดเศษอาหารเหล่านั้นด้วยการบรรจุและทิ้งในถุงขยะ (ถุงดำ) ร้อยละ 44.0 รองลงมาคือ ใช้ถุงพลาสติกที่ได้จากร้านค้า ร้อยละ 33.6 ในขณะที่มีการเลือกใช้ถุงพลาสติกย่อยสลายได้ ร้อยละ 8.9 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 พฤติกรรมการจัดการหลังการบริโภคอาหารและการแยกขยะของครัวเรือน

ปัจจัย	จำนวน (n=216)	ร้อยละ
ท่านมีวิธีการอย่างไรกับอาหารเหลือเหล่านั้น		
50% ของอาหารทั้งหมด	13	6.0
40% ของอาหารทั้งหมด	11	5.1
30% ของอาหารทั้งหมด	27	12.5
20% ของอาหารทั้งหมด	54	25.0
10% ของอาหารทั้งหมด	84	38.9
ไม่มีอาหารเหลือ	27	12.5
ท่านมักจะมีอาหารเหลือจากการรับประทานอาหารในบ้านแต่ ละมือหรือไม่		
เก็บไว้ทานในมืออื่น	146	46.3
นำไปหมัก / ทำปุ๋ย	18	5.7
ให้เป็นอาหารสัตว์	47	14.9
ทิ้งลงถังขยะ	97	30.8
แยกประเภทบางอย่างใช้ใส่ต้นไม้	7	2.2
ท่านมีรูปแบบในการทิ้งขยะใส่ในถุงแบบใด		
ซื้อถุงขยะ (หรือถุงดำ)	153	44.0
ซื้อถุงขยะสี สำหรับแยกขยะ	22	6.3
ซื้อถุงขยะที่มีกลิ่นหอม	23	6.6
ใช้ถุงพลาสติกที่ได้จากร้านค้า	117	33.6
ซื้อถุงพลาสติกย่อยสลายได้	31	8.9
อื่น ๆ	2	0.6

ทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อม

ผลการรวบรวมแบบสอบถาม จำนวน 216 คนได้ทำการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม (reliability test) ในทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อม จำนวน 12 ข้อ พบว่า จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) มีค่า Cronbach's alpha = 0.804 จัดอยู่ในระดับความเชื่อมั่นสูง

ผลการวิเคราะห์ทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อม ดังตารางที่ 3 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความคิดเห็นต่อทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับปานกลางถึงมาก แสดงให้เห็นว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีพฤติกรรมในการสร้างขยะอาหารอยู่ในระดับที่แตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยสูง 5 อันดับแรก ได้แก่ เลือกรับประทานอาหารหรือตะกร้าเมื่อไปซื้อของหรือจ่ายตลาด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.15 การลดปัญหาสิ่งแวดล้อมต้องเริ่มจากตัวเราก่อน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05 การแยกขยะเป็นความรับผิดชอบของทุกคน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 สนับสนุนธุรกิจที่มีนโยบายเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การแยกขยะ การใช้บรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.87 และสนับสนุนโครงการหรือกิจกรรมเกี่ยวกับการคัดแยกขยะชุมชน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.83 ตามลำดับ ซึ่งจากทั้ง 5 ปัจจัยนี้สามารถแปลผลอยู่ได้ในระดับมาก ซึ่งผู้บริโภครู้สึกว่า การช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้นั้นต้องเริ่มจากตนเอง หากทุกคนลดการใช้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำให้เกิดขยะและมีการคัดแยกขยะจะช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้

จากตารางที่ 3 โดยปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 4 ปัจจัย ได้แก่ ขยะอาหารก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมในระยะยาว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.40 ติดตามข่าวสารเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมผ่านทางสื่อออนไลน์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.33 ผู้บริโภคมีแนวโน้มในการชักชวนผู้อื่นให้แยกขยะ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.16 และการแก้ปัญหาเรื่องการจัดการขยะเป็นหน้าที่ของหน่วยงานรัฐ/เทศบาลเท่านั้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.06 ทั้ง 4 ปัจจัยนี้สามารถแปลผลอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งผู้บริโภครู้สึกว่าไม่ให้ความสำคัญกับการติดตามข่าวสารเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมผ่านทางสื่อออนไลน์และชักชวนผู้อื่นให้แยกขยะและยังไม่เห็นว่าขยะอาหารเป็นหนึ่งในปัญหาทางสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

พฤติกรรมการแยกขยะอาหารต่อทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อม

ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการแยกขยะอาหารต่อทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อม โดยทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Independent Samples T-Test) ระหว่าง 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแยกขยะอาหารและกลุ่มไม่แยกขยะอาหาร โดยมีผู้แยกขยะอาหาร จำนวน 87 ราย คิดเป็นร้อยละ 40.28 ผู้ไม่แยกขยะอาหาร จำนวน 129 ราย คิดเป็นร้อยละ 59.72 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ทศนคติต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ปัจจัย	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D)	แปลผล
1. ขยะอาหาร ก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมในระยะยาว	3.40	1.13	ปานกลาง
2. การลดปัญหาสิ่งแวดล้อมต้องเริ่มจากตัวเองก่อน	4.05	1.06	มาก
3. การแยกขยะเป็นความรับผิดชอบของทุกคน	3.97	1.09	มาก
4. การแก้ปัญหาเรื่องการจัดการขยะเป็นหน้าที่ของหน่วยงานรัฐ/เทศบาลเท่านั้น	3.06	1.20	ปานกลาง
5. สนับสนุนโครงการหรือกิจกรรมเกี่ยวกับการคัดแยกขยะชุมชน	3.83	1.04	มาก
6. หลีกเลี่ยงการใช้ถุงพลาสติก กล่องโฟมจากร้านค้าหากไม่จำเป็น	3.73	1.05	มาก
7. ติดตามข่าวสารเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมผ่านทางสื่อออนไลน์	3.33	1.17	ปานกลาง
8. แนวโน้มในการชักชวนผู้อื่นให้แยกขยะ	3.16	1.16	ปานกลาง
9. ใช้กระเป๋าผ้า/ตะกร้าเมื่อไปซื้อของหรือจ่ายตลาด	4.15	0.93	มาก
10. เลือกใช้พลาสติกย่อยสลายได้สำหรับผลิตภัณฑ์ใช้แล้วทิ้ง เช่น ถูขยะ กล่องพลาสติก	3.72	1.01	มาก
11. สนับสนุนธุรกิจที่มีนโยบายเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การแยกขยะ	3.87	0.95	มาก
12. นำขยะที่ยังใช้ได้มาดัดแปลงใช้ใหม่ เช่น นำขวดพลาสติกมาทำเป็นกระถางต้นไม้	3.46	1.08	มาก

* คะแนน 1-5, 1 = ความพึงพอใจน้อยที่สุด, 5 = ความพึงพอใจมากที่สุด

ตารางที่ 4 การแยกขยะอาหาร ออกจากขยะทั่วไป

ภายในบ้านของท่านมีการแยกขยะอาหาร ออกจากขยะทั่วไปหรือไม่	จำนวน (n=216)	ร้อยละ
แยกขยะอาหาร	87	40.28
ไม่แยกขยะอาหาร	129	59.72

จากผลการวิเคราะห์ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Independent Samples T-Test) โดยการเปรียบเทียบทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมระหว่าง 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแยกขยะอาหารและกลุ่มไม่แยกขยะอาหาร จากทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมด 12 ปัจจัย โดยใช้ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 5

พบว่า กลุ่มที่มีการแยกขยะอาหารจะมีทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับที่สูงกว่ากลุ่มไม่แยกขยะอาหาร โดยมี 3 ปัจจัยที่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ได้แก่ การสนับสนุนโครงการหรือกิจกรรมเกี่ยวกับการคัดแยกขยะชุมชน การเลือกใช้พลาสติกย่อยสลายได้สำหรับผลิตภัณฑ์ใช้แล้วทิ้ง เช่น ถุงขยะ กล่องพลาสติก และการสนับสนุนธุรกิจที่มีนโยบายเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การแยกขยะ การใช้บรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ โดยกลุ่มแยกขยะอาหารมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มไม่แยกขยะอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพฤติกรรมการแยกขยะอาหารต่อทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อม

ปัจจัย	mean \pm SD		Mean difference
	การแยกขยะอาหาร (n=87)	ไม่มีการแยกขยะอาหาร (n=129)	
1. ขยะอาหารก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมในระยะยาว	3.34 \pm 1.15	3.43 \pm 1.11	0.62 ^{ns}
2. การลดปัญหาสิ่งแวดล้อมต้องเริ่มจากตัวเราก่อน	4.02 \pm 1.11	4.07 \pm 1.02	0.49 ^{ns}
3. การแยกขยะเป็นความรับผิดชอบของทุกคน	3.94 \pm 1.18	4.00 \pm 1.02	0.17 ^{ns}
4. การแก้ปัญหาเรื่องการจัดการขยะเป็นหน้าที่ของหน่วยงานรัฐ/เทศบาล	2.98 \pm 1.24	3.11 \pm 1.18	0.67 ^{ns}
5. สนับสนุนโครงการหรือกิจกรรมเกี่ยวกับการคัดแยกขยะชุมชน	3.98 \pm 0.99	3.73 \pm 1.06	0.03 ^{**}
6. หลีกเลี่ยงการใช้ถุงพลาสติกกล่องโฟมจากร้านค้าหากไม่จำเป็น	3.80 \pm 1.11	3.69 \pm 1.00	0.55 ^{ns}
7. ติดตามข่าวสารเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมผ่านสื่อออนไลน์	3.57 \pm 1.15	3.17 \pm 1.16	0.56 ^{ns}
8. แนวนิยมในการชักชวนผู้อื่นให้แยกขยะ	3.38 \pm 1.11	3.01 \pm 1.16	0.71 ^{ns}
9. ใช้กระเป๋าผ้า/ตะกร้าเมื่อไปซื้อของ หรือจ่ายตลาด	4.20 \pm 0.83	4.13 \pm 1.00	0.06 [*]
10. เลือกใช้พลาสติกย่อยสลายได้สำหรับผลิตภัณฑ์ใช้แล้วทิ้ง เช่น ถุงขยะ กล่องพลาสติก	3.85 \pm 0.90	3.64 \pm 1.07	0.03 ^{**}
11. สนับสนุนธุรกิจที่มีนโยบายเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การแยกขยะ	3.93 \pm 0.89	3.83 \pm 0.99	0.05 ^{**}
12. นำขยะที่ยังใช้ได้มาดัดแปลงใช้ใหม่ เช่น นำขวดพลาสติกมาทำเป็นกระถางต้นไม้	3.46 \pm 1.12	3.45 \pm 1.06	0.60 ^{ns}

*หมายเหตุ ns = not significant, * = $P \leq 0.1$, ** = $P \leq 0.05$, *** = $P \leq 0.01$

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการศึกษา พบว่า พฤติกรรมการจัดการหลังการบริโภคอาหารและการแยกขยะของครัวเรือนมีสาเหตุหลักมาจากพฤติกรรมการบริโภคอาหารเหลือทิ้งที่ 10% ของอาหารทั้งหมด โดยคิดเป็นร้อยละ 38.9 โดยการจัดการอาหารหลังการบริโภคที่ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความเห็นตรงกันมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 46.3 คือ การเก็บไว้ทานในมื้ออื่น และทิ้งลงถังขยะร้อยละ 30.8 และเลือกใช้ถุงดำในการจัดการทิ้งขยะ คิดเป็นร้อยละ 44.0 และและถุงพลาสติกที่ได้จากร้านค้าในการทิ้งขยะ ร้อยละ 33.6

จากผลการวิเคราะห์ทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมสำรวจทัศนคติต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า 5 อันดับแรกที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ผู้บริโภคเห็นว่า การที่ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมรอบได้นั้นต้องเริ่มจากตนเองเป็นหลัก หากทุกคนมีความรับผิดชอบในการลดใช้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำให้เกิดขยะ และมีแยกขยะ จะช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ ในขณะที่อันดับที่มีค่าเฉลี่ยต่ำ บ่งบอกว่า ผู้บริโภคมีการติดตามข่าวสารเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมผ่านสื่อออนไลน์และมีการชักชวนผู้อื่นให้แยกขยะที่น้อย รวมถึงยังเห็นว่าขยะอาหารส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวน้อย เมื่อทำการเปรียบเทียบทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมจากกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน ผู้แยกขยะอาหารและผู้ไม่แยกขยะอาหารพฤติกรรมการแยกขยะ โดยมีการแบ่งผู้ตอบแบบสอบถามออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มแยกขยะอาหารและกลุ่มไม่แยกขยะอาหาร พบว่า จากทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมด 12 ปัจจัย โดยใช้ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม ทั้งสองกลุ่มมีทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมที่คล้ายคลึงกัน กลุ่มที่มีการแยกขยะอาหารจะมีทัศนคติต่อสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับที่สูงกว่ากลุ่มไม่แยกขยะอาหาร โดยมี 3 ปัจจัยที่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ได้แก่ การสนับสนุนโครงการหรือกิจกรรมเกี่ยวกับการคัดแยกขยะชุมชน การเลือกใช้พลาสติกย่อยสลายได้สำหรับผลิตภัณฑ์ใช้แล้วทิ้ง เช่น ถูขยะ กล่องพลาสติก และการสนับสนุนธุรกิจที่มโนบายเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การแยกขยะ การใช้บรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ โดยกลุ่มที่มีการแยกขยะอาหารมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่ไม่แยกขยะอาหาร ดังนั้นควรมีการส่งเสริมให้เกิดการตระหนักรับรู้ต่อผลกระทบของการสร้างขยะอาหารและการคัดแยกขยะให้ถูกวิธีในระดับครัวเรือน จะช่วยให้การจัดการขยะของหน่วยงานรัฐและเทศบาลสามารถแยกประเภทขยะ อย่างเช่น ขยะอาหาร ขยะรีไซเคิล นำกลับเข้าสู่กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่หรือทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มได้

ข้อเสนอแนะ

1. การวิจัยเพิ่มเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์ผู้ให้บริการการเก็บขยะและการจัดการขยะของกรุงเทพมหานคร เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกในการจัดการขยะในระดับครัวเรือน
2. การวิจัยต่อยอดในการศึกษาพฤติกรรมการจัดการขยะอาหารในครัวเรือนจากกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการตอบแบบสอบถามที่มีการปฏิบัติจริง

เอกสารอ้างอิง

- ภัสส์ศา นวนขนาย. (2558). *ความสัมพันธ์ระหว่างขีดความสามารถหลักและประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน ของพนักงาน บริษัท ทีคิวเอ็ม อินชัวร์รันส์ โบรคเกอร์ จำกัด [การค้นคว้าอิสระปริญญา มหาบัณฑิต]*. มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- รัตตินันท์ ภูริระวณิชย์กุล และคณะ. (2560). การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้บริการคลินิกเครื่องช่วยฟัง โรงพยาบาลรามมาธิบัติ. *Ramathibodi Medical Journal*, 40, 11-22.
- เดือนเด่น นิคมบริรักษ์. (2562). *การศึกษาแนวทางการบริหารจัดการอาหารส่วนเกินเพื่อลดปัญหาขยะอาหารที่เหมาะสมกับประเทศไทย*. https://tdri.or.th/wpcontent/uploads/2019/09/final_food_waste_management.pdf
- ประลอง ดำรงไทย. (2562). *รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2562*. www.pcd.go.th.

ประสิทธิภาพของตัวกลางในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนด้วยระบบถังกรองไร้อากาศ Efficiency of the Media in Domestic Wastewater Treatment by Anaerobic Filter System

อังศุมา ก้านจักร^{1*} รติกร แสงห้าว² พันธิวา แก้วมาตย์³

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม^{1,2}

สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม³

*Corresponding author: E-mail: Angsu_manu@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวกลางต่างชนิดในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบถังกรองไร้อากาศ โดยระบบถังกรองไร้อากาศที่ใช้ทดลองเป็นถังพลาสติกสีดำ ความจุ 50 ลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 46 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร จำนวน 2 ถัง ภายในถังที่ 1 บรรจุตัวกลางเปลือกหอยแครงและถังที่ 2 บรรจุตัวกลางฝาพลาสติก ทำการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้มูลสุกรแห้ง เป็นระยะเวลา 19 วัน เติมน้ำระบบต่อเนื่อง 31 วัน น้ำเสียเข้าระบบ 30 ลิตร/วัน ปรับอัตราการไหล 21 มิลลิลิตร/นาที ใช้ระยะเวลาเก็บน้ำ 24 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างน้ำเข้าและออกมาวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอย ซีโอดี และบีโอดี สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และเปรียบเทียบความแตกต่างประสิทธิภาพการบำบัดด้วยสถิติ t-test ที่ระดับ 0.05 ผลการศึกษา พบว่าตัวกลางเปลือกหอยแครงมีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย ซีโอดี และบีโอดี เฉลี่ยร้อยละ 47.35, 25.21 และ 28.79 ตามลำดับ ส่วนตัวกลางฝาพลาสติกมีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย ซีโอดี และบีโอดี เฉลี่ยร้อยละ 41.48, 13.29 และ 19.77 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวกลาง พบว่าตัวกลางเปลือกหอยแครงและฝาพลาสติก มีประสิทธิภาพการบำบัด ซีโอดีและบีโอดี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพของตัวกลาง; น้ำเสียชุมชน; ระบบถังกรองไร้อากาศ

Abstract

The objective of this study was to study and compare the efficiency of different types of two media in the treatment of domestic wastewater using Anaerobic filter system. Airless filter system used in the experiment was a circular water tank with a black lid made of HDPE plastic, capacity 50 liters, diameter 46 cm, height 50 cm, for 2 tanks. Inside the tank, the first tank contained cockle shell media and the second tank contained plastic lid media. Researchers conducted microbial culture using dry pig feces for 19 days and continued for 31 days with 30 liters of water intake/day. The flow rate was adjusted to 21 ml/min and the water was retained for 24-hour. There was a collection of water samples

in and out of the system. Then the researchers analyzed the suspended solids, COD and BOD. The Anaerobic filter system with cockle shell media has the efficiency in the treatment of suspended solids, COD and BOD averaging 47.35, 25.21 and 28.79, respectively. The airless filter system with plastic lid media has the efficiency of the treatment of suspended solids, COD, and BOD averaging at 41.48, 13.29 and 19.77 percent, respectively. Comparing the treatment efficiency of the two media showed that the cockle shell media had the efficiency of the treatment of suspended solids, COD, and BOD higher than the plastic lid media.

Keywords: Efficiency of Intermediary; Domestic Wastewater; Anaerobic Filter System

บทนำ

น้ำเสียจากชุมชนเป็นปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ โดยเฉพาะในเขตเมืองที่มีประชากรจำนวนมาก ทำให้มีการใช้น้ำและเพิ่มปริมาณน้ำเสียจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้น เมื่อน้ำเสียถูกปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะจะทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมและส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2557) แหล่งกำเนิดน้ำเสียจากชุมชนในนครศรีธรรมราชในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม ส่วนใหญ่มาจากบ้านพักอาศัย หอพัก ตลาด ร้านค้า และร้านอาหาร เป็นต้น ลักษณะน้ำเสียจะมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์โดยมีค่าบีโอดีเท่ากับ 159.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าซีโอดีเท่ากับ 172.80 มิลลิกรัมต่อลิตร (นิภา บัวใหญ่รักษา และชัยชนะ ลาดแทน, 2556) ถ้าน้ำเสียเหล่านี้ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะจะทำให้คุณภาพน้ำเกิดการเน่าเสียได้ ดังนั้นจะต้องทำการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

การบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันมีทั้งเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพจะเหมาะสมสำหรับน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์สูง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545) โดยแบ่งเป็น 2 กระบวนการ คือแบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยเฉพาะระบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter) ซึ่งเป็นระบบที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียชุมชน โดยอาศัยจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจนย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ ก๊าซมีเทน และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ภายในถังกรองไร้อากาศจะมีตัวกลางบรรจุอยู่เพื่อให้จุลินทรีย์ยึดเกาะได้เจริญเติบโตและทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ข้อดีคือสามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ได้ดี แต่ข้อเสียคือตัวกลางมีราคาแพง (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2543) ซึ่งจากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาการตัวกลางในระบบถังกรองไร้อากาศหลากหลายชนิด เช่น เม็ดพลาสติก (ธเรศพงษ์ สาระนันท์กุล, 2540) เส้นใยไพลอน (ชินวานี จีใจ, 2549) เปลือกหอยนางรม (เพ็ญศรี ศรีกิตติชัยกุล, 2552) พลาสติกพอลิโพรพิลีน ขวดน้ำยาล้างแผล ขวดนมเปรี้ยวและฝาขวดน้ำชนิดต่างๆ (มงคล แผ้วพลสง, 2553) เชือกไพลอนและตอกไม้ไผ่ (ทรงยศ มงคลพิศ และเพชร เพ็งชัย, 2559) โยกรอง ใบบอลและหินกรวด (ปริญญา ไกรวุฒินันท์ และพีรพร คำใจดี, 2560) เปลือกหอยแครง แท่งไม้ไผ่ และลูกบอลพลาสติก (สุดา อธิธสุภรณ์รัตน์ และคณะ, 2551) เป็นต้น ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำตัวกลางจากธรรมชาติและตัวกลางจากวัสดุสังเคราะห์ที่ได้จากเปลือกหอยแครงและฝาพลาสติกเป็นตัวกลางในระบบถังกรองไร้อากาศ เนื่องจากเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งและหาได้ง่ายในชุมชนมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบบำบัดถังกรองไร้อากาศ

ตลอดจนเป็นการช่วยลดปริมาณขยะมูลฝอยในสิ่งแวดล้อม โดยการหมุนเวียนนำกลับมาใช้ประโยชน์และเป็นการ
ประยุกต์ใช้แทนตัวกลางที่มีจำหน่ายในท้องตลาดที่มีราคาแพงได้

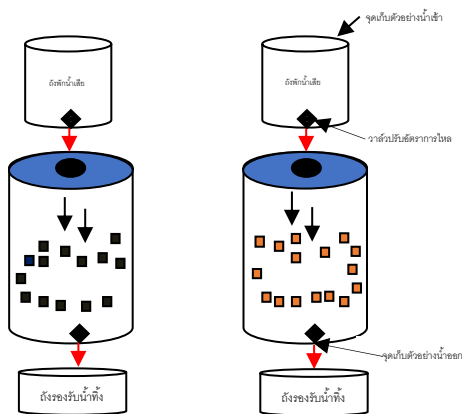
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

งานวิจัยเชิงทดลองนี้ได้ศึกษาประสิทธิภาพของตัวกลางในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบถังกรองไร้อากาศที่มีวิธีการศึกษาดังนี้

การเตรียมการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลลง (Down flow Anaerobic Filter) โดยมี
แบบจำลองของระบบถังกรองไร้อากาศและระบบถังกรองไร้อากาศที่ใช้ในการทดลอง ดังภาพที่ 1 ซึ่งแบ่ง
ส่วนประกอบออกเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- 1) ถังพักน้ำเสีย เป็นถังที่ใช้พักน้ำเสียก่อนที่น้ำเสียจะเข้าสู่ระบบถังกรองไร้อากาศ โดยใช้ถังพลาสติกสีขาว
ขนาดปริมาตร 50 ลิตร จำนวน 2 ถัง
- 2) ถังกรองไร้อากาศ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศภายในบรรจุตัวกลางเพื่อให้จุลินทรีย์ยึด
เกาะ เป็นถังน้ำทรงกลมพร้อมฝาปิดสีดำ ทำจากพลาสติก HDPE ปริมาตร 50 ลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 46
เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร จำนวน 2 ถัง ภายในถังที่ 1 บรรจุตัวกลางเปลือกหอยแครง และถังที่ 2 บรรจุ
ตัวกลางฝาพลาสติก
- 3) ถังรองรับน้ำทิ้ง เป็นภาชนะที่มีรูปร่างคล้ายอ่างรูปวงกลมขนาดปริมาตร 15 ลิตร
ทำหน้าที่รองรับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด



(ก) แบบจำลองถังกรองไร้อากาศ



(ข) ถังกรองไร้อากาศที่ใช้ในการทดลอง

ภาพที่ 1 แบบจำลองระบบถังกรองไร้อากาศและถังกรองไร้อากาศที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

ประกอบด้วยเปลือกหอยแครงและฝาพลาสติก ทำหน้าที่ให้จุลินทรีย์ยึดเกาะเพื่อเจริญเติบโต โดยเปลือกหอยแครงและฝาพลาสติกมีลักษณะ ดังภาพที่ 2



(ก) เปลือกหอยแครง



(ข) ฝาพลาสติก

ภาพที่ 2 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

เป็นน้ำเสียจากชุมชนในนครศรีธรรมราชที่ไหลลงท่อระบายน้ำทิ้ง ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ปลายท่อทุกวัน ด้วยวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง (Grab Sampling) โดยน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองและจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองและจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

ขั้นตอนการทดลอง

1. การเริ่มต้นเดินระบบ (Start up) ทำการเริ่มต้นเดินระบบโดยการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ในถังกรองไร้อากาศ ปริมาตร 50 ลิตร จำนวน 2 ถัง ใช้มูลสุกรแห้ง ประมาณ 10 – 20 กิโลกรัมต่อปริมาตรน้ำที่เติม 1 ลูกบาศก์เมตร โดยคิดจากปริมาตร ประมาณ 1 ใน 3 ของถัง (เชิดศักดิ์ อ่อนระยับ, 2548) ในการทดลองนี้เลือกใช้มูลสัตว์

แห้ง 20 กิโลกรัม โดยจะเติมมูลสุกรแห้ง 334 กรัมต่อน้ำ 16.7 ลิตร จากนั้นเติมน้ำเปล่าให้ได้ครึ่งถัง ทำการกวนให้มูลสัตว์ผสมกับน้ำเปล่าให้ทั่วถึง บรรจุตัวกลางเปลือกหอยแครงลงในถังโดยใส่ตัวกลางทั้งหมดปริมาตร 70 % ของปริมาตรถัง บรรจุตัวกลางเปลือกหอยแครง 18.6 กิโลกรัม และบรรจุฟาลาสติก 5.6 กิโลกรัม เติมน้ำเปล่าให้เต็มถึง ปิดฝาให้สนิท และปล่อยทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จากนั้นทำการปรับอาหารให้จุลินทรีย์โดยการเติมน้ำเสียจากชุมชนเข้าถังกรองไร้อากาศ 20 % ทุกวัน จนครบ 100 % เพื่อให้ระบบได้ทำงานจนเกิดตะกอนของจุลินทรีย์สะสม

2. การเดินระบบอย่างต่อเนื่อง ทำการเดินระบบอย่างต่อเนื่อง โดยการเติมน้ำเสียจากชุมชนเข้าระบบถังกรองไร้อากาศ ควบคุมปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบ 30 ลิตร/วัน ปรับอัตราการไหล 21 มิลลิลิตร/นาที่ ใช้ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำ 24 ชั่วโมง เมื่อเดินระบบได้หนึ่งวัน จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียเข้าและออกจากระบบ มาทำการตรวจวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอย ซีไอดี และบีไอดี ในห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จากนั้นทำการเดินระบบอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 1 เดือน โดยพารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ใช้ศึกษาและวิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	หน่วย	วิธีการวิเคราะห์
1. ของแข็งแขวนลอย	มิลลิกรัมต่อลิตร	วิธีทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Disc)
2. ซีไอดี	มิลลิกรัมต่อลิตร	วิธีวิเคราะห์โดยใช้เครื่องรีฟลักซ์ (Close Reflux Method)
3. บีไอดี	มิลลิกรัมต่อลิตร	วิเคราะห์แบบ Dilution Method ใช้วิธีการ Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วันติดต่อกัน

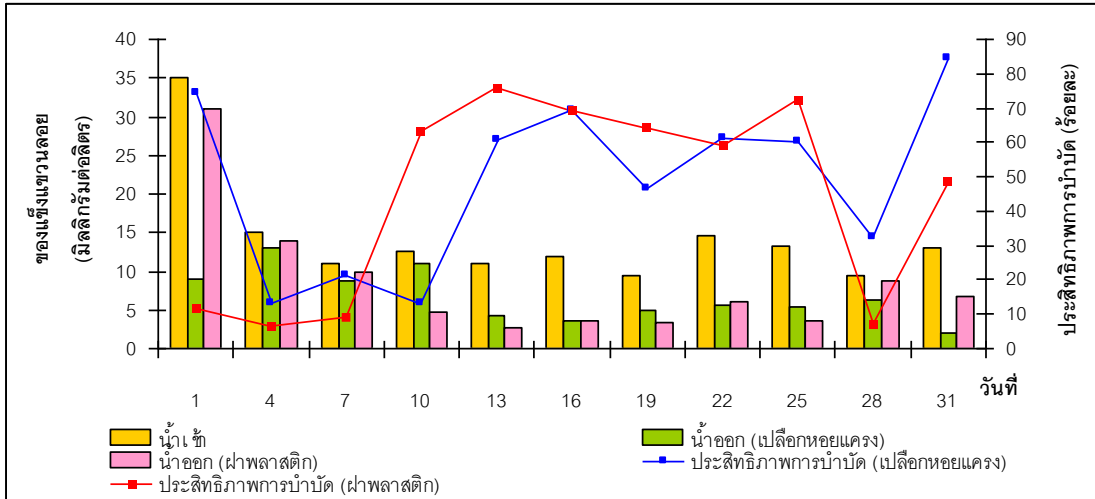
ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการศึกษาประสิทธิภาพของตัวกลางในระบบถังกรองไร้อากาศเพื่อการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน ทำการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ 19 วัน เดินระบบอย่างต่อเนื่อง 31 วัน เก็บตัวอย่างน้ำเข้าและออกจากระบบถังกรองไร้อากาศมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้ผลการศึกษาดังนี้

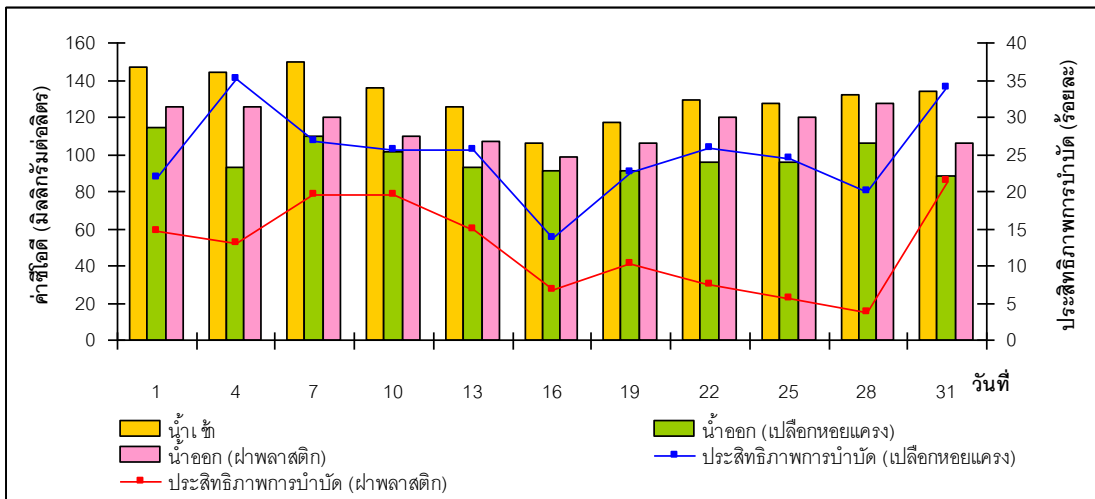
ประสิทธิภาพของตัวกลางในระบบถังกรองไร้อากาศ

จากการศึกษาคุณภาพของน้ำเสียเข้าระบบถังกรองไร้อากาศ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันขึ้นอยู่กับกิจกรรมต่างๆ ในการใช้น้ำของชุมชนในนครศรีธรรมราช พบว่าค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 6.33-35.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าซีไอดี 105.60-149.33 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าบีไอดี 30.00-133.00 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อน้ำเสียเข้าระบบถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเปลือกหอยแครง พบว่าค่าของแข็งแขวนลอยลดลงอยู่ในช่วง 2.00-13.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าซีไอดี 76.80-114.67 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าบีไอดี 16.00-124.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนตัวกลางฟาลาสติก มีค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำลดลงอยู่ในช่วง 2.67-31.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าซีไอดี

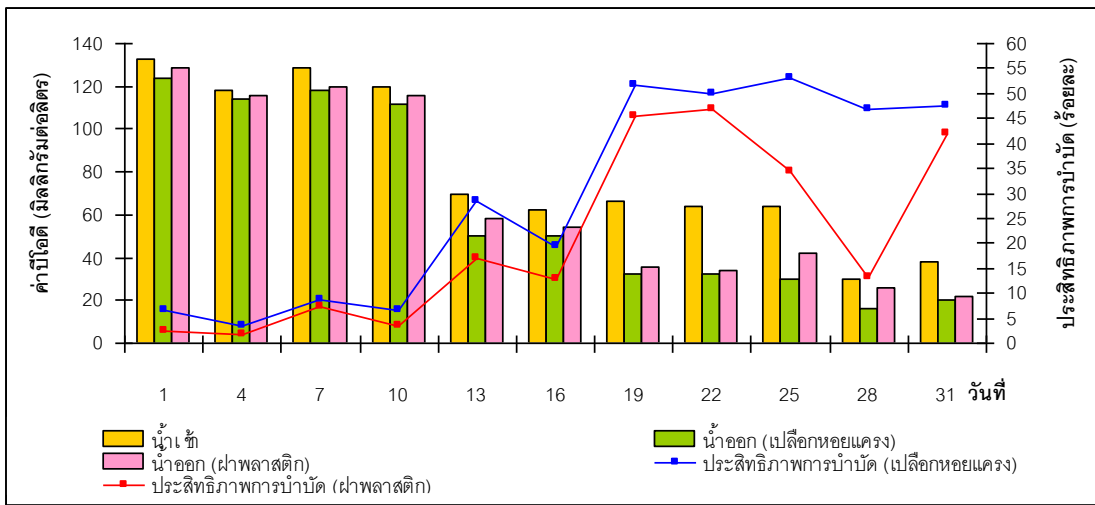
81.60-127.20 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าบีโอดี 22.00-129.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของตัวกลางในระบบถังกรองไร้อากาศ พบว่า เปลือกหอยแครง มีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วงร้อยละ 13.16-84.62 ซีโอดีร้อยละ 13.64-35.19 และบีโอดีร้อยละ 39-53.13 ตามลำดับ ส่วนตัวกลางฝาพลาสติก มีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วงร้อยละ 6.67-75.76 ซีโอดีร้อยละ 3.64-22.73 และบีโอดีร้อยละ 1.69-42.11 ตามลำดับ ดังภาพที่ 4-6



ภาพที่ 4 ค่าของแข็งแขวนลอยและประสิทธิภาพการบำบัด



ภาพที่ 5 ค่าซีโอดีและประสิทธิภาพการบำบัด



ภาพที่ 6 ค่าบีโอดีและประสิทธิภาพการบำบัด

จากการทดลองภาพที่ 4-6 จะเห็นได้ว่าตัวกลางเปลือกหอยแครงและฝาพลาสติกในระบบถังกรองไร้อากาศ สามารถลดค่าของแข็งแขวนลอย ซีโอดี และบีโอดีได้ แต่ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีและบีโอดียังต่ำ โดยตัวกลางเปลือกหอยแครงสามารถบำบัดซีโอดีและบีโอดีเฉลี่ยร้อยละ 25.21 และ 28.79 ตามลำดับ ส่วนตัวกลางฝาพลาสติกสามารถบำบัดซีโอดีและบีโอดีเฉลี่ยร้อยละ 13.29 และ 19.77 ตามลำดับ เนื่องจากการทดลองได้ทำการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ด้วยมูลสุกรแห่ง 19 วัน และเดินระบบอย่างต่อเนื่อง 31 วัน ปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าระบบในรูปของบีโอดี มีปริมาณต่ำ เฉลี่ย 94.50 mg/l หรือ 0.0029 kg BOD/day ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ในระบบต่ำไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และอาจจะทำให้จุลินทรีย์ยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่และยังไม่ได้ยึดเกาะกับตัวกลาง ซึ่งในการเริ่มต้นเดินระบบให้ค่าซีโอดีที่ผ่านการบำบัดและเริ่มคงที่ในช่วงเริ่มต้นเดินระบบอาจจะต้องใช้ระยะเวลานาน และต้องใช้ระยะเวลาเดินระบบอย่างต่อเนื่องจนเข้าสู่สภาวะสมดุล (Song และ Young, 1986)

เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวกลางในระบบถังกรองไร้อากาศ

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวกลางในระบบถังกรองไร้อากาศเพื่อการบำบัดน้ำเสียชุมชน พิจารณาจากค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอย ซีโอดี และบีโอดี ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา 31 วัน พบว่า ตัวกลางเปลือกหอยแครงและฝาพลาสติก มีประสิทธิภาพการบำบัด ซีโอดีและบีโอดี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังข้อมูลตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวกลางในระบบถังกรองไร้อากาศในการบำบัดน้ำเสีย

จากชุมชน			
ชนิดของตัวกลาง ในระบบถังกรองไร้อากาศ	ประสิทธิภาพการบำบัด (ร้อยละ)		
	ของแข็งแขวนลอย	ซีไอดี	บีไอดี
เปลือกหอยแครง	47.35	25.21	28.79
ฝาพลาสติก	41.48	13.29	19.77
p-value	0.6318 ^{ns}	0.0000 ^{***}	0.0137 [*]

หมายเหตุ: ns (Not Statistically Significant) หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p \leq 0.005$

*** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p \leq 0.001$

จากตารางที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพตัวกลางต่างชนิดในระบบถังกรองไร้อากาศ พบว่าตัวกลางเปลือกหอยแครง มีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียได้สูงกว่าตัวกลางฝาพลาสติก เนื่องจากเปลือกหอยแครงพื้นที่ผิวขรุขระเหมาะแก่การยึดเกาะของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีกว่าฝาพลาสติก (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2543) โดยเปลือกหอยแครงมีพื้นที่ผิวทั้งหมด 117.1220 ตารางเซนติเมตร ส่วนฝาพลาสติกมีความราบลื่นอาจทำให้จุลินทรีย์เกาะตัวกลางได้ไม่ดี (สิทธิโชค บัวดี, 2547) โดยฝาพลาสติกพื้นที่ผิวทั้งหมด 46.103 ตารางเซนติเมตร ซึ่งเมื่อเสร็จสิ้นการทดลองเดินระบบเป็นระยะเวลา 31 วัน จะเห็นได้ชัดว่าจุลินทรีย์เกาะที่ตัวกลางเปลือกหอยแครงสูงกว่าเกาะตัวกลางฝาพลาสติก ดังภาพที่ 8

อย่างไรก็ตามหากพิจารณาพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลาง พบว่า ตัวกลางเปลือกหอยแครงมีพื้นที่ผิวจำเพาะมากกว่าตัวกลางฝาพลาสติกทำให้มีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียได้ดีกว่า แต่ประสิทธิภาพของระบบถังกรองไร้อากาศ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลางโดยตรง ยังมีปัจจัยอื่นที่ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดแตกต่างกัน เช่น พื้นที่ผิววัสดุและลักษณะการจัดเรียงของตัวกลาง พื้นที่ผิวตัวกลางที่หยาบจะช่วยให้แบคทีเรียเกาะได้เร็วและสม่ำเสมอทำให้เริ่มต้นระบบได้เร็ว (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2554) และการเพิ่มระยะเวลากักเก็บน้ำเสียเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียได้อีกวิธีหนึ่งซึ่งจะทำให้ แบคทีเรียที่อยู่ในระบบบำบัดมีระยะเวลาที่สามารถปรับตัวทำความคุ้นเคยกับน้ำเสีย และเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ เมื่อแบคทีเรียสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้และหากแบคทีเรียที่กระจายอยู่ในระบบบำบัดทั้งที่เกาะผิวตัวกลางและแขวนลอยในระบบมีเวลาในการสัมผัสกับสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้นานขึ้น ก็จะทำให้แบคทีเรียในระบบบำบัดเจริญเติบโตโดยใช้สารอินทรีย์เป็นอาหารไปเรื่อยๆ ปริมาณแบคทีเรียก็จะเพิ่มจำนวนขึ้น ขณะที่ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียก็จะลดลง (ธิดารัตน์ มัจจุปะ, 2559)



ก) เปลือกหอยแครงก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย



ข) เปลือกหอยแครงหลังจากออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย



ค) ฝาพลาสติกก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย



ง) ฝาพลาสติกหลังจากออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย

ภาพที่ 8 ลักษณะของตัวกลางเปลือกหอยแครงและฝาพลาสติกในระบบถังกรองไร้อากาศ

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาประสิทธิภาพของตัวกลางในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบถังกรองไร้อากาศ พบว่าระบบบำบัดถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเปลือกหอยแครง มีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย ซีไอดี และบีไอดี เฉลี่ยร้อยละ 47.35, 25.21 และ 28.79 ตามลำดับ ส่วนตัวกลางฝาพลาสติก มีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย ซีไอดี และบีไอดี เฉลี่ยร้อยละ 41.48, 13.29 และ 19.77 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดของตัวกลางเปลือกหอยแครงและฝาพลาสติก พบว่า ตัวกลางเปลือกหอยแครงมีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย ซีไอดี และบีไอดี มากกว่าตัวกลางฝาพลาสติก แต่ทั้งนี้ควรทำการทดลองโดยใช้เวลาในการเริ่มต้นระบบนานขึ้น เพื่อเลี้ยงให้แบคทีเรียเกาะตัวกลางมีปริมาณมากขึ้นและควรเพิ่มระยะเวลาในการเริ่มต้นระบบเพื่อให้แบคทีเรียยึดเกาะตัวกลางมีปริมาณมากขึ้นซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วย

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2557). *มลพิษทางน้ำ*. <http://www.pcd.go.th>
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. (2554). *ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ.
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2543). *วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เชิดศักดิ์ อ่อนระยับ. (2548). *การศึกษารูปแบบและพัฒนาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียและสมรรถภาพการทำงานของถังกรองไร้อากาศที่บรรจุตัวกลางต่างชนิดกัน*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ]. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ชันวานี จิใจ. (2549). *การบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์แบบยัดเกาะตัวกลางชนิดเส้นใยในล้นโดยระบบถังกรองไร้อากาศ*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทรงยศ มงคลพิศ และเพชร เฟิงชัย. (2559). ความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์จาวปลวกปลวกในระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นโดยใช้เชือกไนล่อนและตัวกรองไม้ไผ่เป็นตัวกลาง. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 16(1), 12-20.
- ธเรศพงษ์ สาระนั้นทุกุล. (2540). *การบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงด้วยถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเม็ดพลาสติกลอยน้ำ*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธิดารัตน์ มัจจุปะ. (2559). *การศึกษาประสิทธิภาพของตัวกลางถ่านไม้ไผ่ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศเพื่อบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็ก*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ]. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- นิภา บัวใหญ่รักษา และชัยชนะ ลาดแทน. (2556). *การศึกษาประสิทธิภาพของต้นกกกลมในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ]. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ปริญญา ไกรวุฒินันท์ และพีรพร คำใจดี. (2560). *ประสิทธิภาพวัสดุตัวกลางในการบำบัดน้ำเสียโดยระบบบ่อกกรองไร้อากาศ*. *วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 45(2),
- เพ็ญศรี ศรีกิตติชัยกุล. (2552). *ประสิทธิภาพของตัวกลางเปลือกหอยนางรมในการบำบัดน้ำเสียที่มีฤทธิ์เป็นกรดด้วยถังกรองไร้อากาศ*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มงคล แผ้วพลสง. (2553). *การเปรียบเทียบประสิทธิภาพตัวกลางต่างชนิดโดยการกรองไม้ใช้อากาศบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ]. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สิทธิโชค บัวดี. (2547). *แบคทีเรียในτριฟายอิงและตัวกรองชีวภาพจากวัสดุธรรมชาติเพื่อกำจัดแอมโมเนียในระบบบำบัด*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- Song, & Young (1986). Media Design Factors for Fixed-Bed Filters. *WPCF*, 58(2), 115-121

ผลการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อความแข็งแรง ความเร็ว และความสามารถในการกระโดด
เข่าลอยของ นักศึกษาชายสาขามวยไทยศึกษาและพลศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง
THE EFFECT OF PLYOMETRIC TRAINING ON STRENGTH AND SPEED, KNEE
STRIKE JUMPING ABILITY OF MUAYTHAI STUDY AND PHYSICAL EDUCATION
PROGRAM MUBAN CHOM BUENG RAJABHAT UNIVERSIT

ประสิทธิ์ชัย ผาสุข^{1*} สำราญ สุขแสง² วรยุทธ์ ทิพย์เที่ยงแท้³

สาขามวยไทย คณะวิทยาลัยมวยไทยศึกษาและการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ^{1,2,3}

*Corresponding author: E-mail: prasitchai.pha@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อความแข็งแรง ความเร็ว และความสามารถในการกระโดดเข่าลอยของนักศึกษาชาย สาขามวยไทยศึกษาและ พลศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักศึกษาชายสาขามวยไทยศึกษาและพลศึกษา จำนวน 15 คน ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ โปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก แบบทดสอบการกระโดดเข่าลอยมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ทุกประเด็น แบบทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของการกีฬาแห่งประเทศไทย และแบบทดสอบความเร็วของการเคลื่อนไหวของกรมพลศึกษา สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้สถิติที

ผลการวิจัยพบว่า

1. ผลการฝึกพลัยโอเมตริกของกลุ่มทดลองพบว่า ด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ก่อนและหลังการฝึก มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.53, 3.04 และ 0.35, 0.28 ตามลำดับ ด้านความเร็วของการเคลื่อนไหว ก่อนและหลังการฝึก มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.59, 7.21 และ 0.57, 0.48 ตามลำดับ และด้านความสามารถในการกระโดดเข่าลอย ก่อนการฝึกและหลัง มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 41.53, 54.93 และ 9.53, 13.06 ตามลำดับ

2. ผลการเปรียบเทียบเปรียบเทียบการฝึกพลัยโอเมตริกทั้ง 3 ด้าน ก่อนและหลังการฝึก พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การฝึกพลัยโอเมตริก; ความสามารถในการกระโดดเข่าลอย; กีฬามวยไทย

Abstract

The purposes of this research were to: to studied the effect of plyometric training on the strength, speed and knee strike jumping ability of muaythai study and physical education program muban chom rajabhat university. The samples used in the research were 15 students in Muaythai Study and Physical Education Program by using a simple random sampling method. The instruments used were plyometric training program created, the test of the knee strike jumping created with the consistency index at 1.00 for all issues and the leg muscle strength test from Sports Authority of Thailand and speed test from Physical Education. The statistics used for data analysis were mean, standard deviation and t-test.

The research findings were found as follow:

1) The results of the plyometric training of the experimental group showed that leg muscle strength before and after training the mean and standard deviation were 2.53, 3.04 and 0.35, 0.28, respectively. before and after training the mean and standard deviation were 8.59, 7.21 and 0.57, 0.48, respectively, and the ability of knee strike jumping before training were 41.53, 54.93 and 9.53, 13.06, respectively.

2) The three rear plyometric training of the experimental group were found, before and after the training, which differed statistically at the .05 level.

Keywords: Plyometric training; Knee strike jumping ability; Muaythai

บทนำ

มวยไทยเป็นหนึ่งในวิชาศิลปศาสตร์ 18 ประการของผู้ที่จะขึ้นเป็นพระมหากษัตริย์ เรียกว่า มายา หมายถึง ตำราพิชัยสงครามมวยไทยและกระบี่กระบอง (สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ 2540, 13-19) ในสมัยกรุงศรีอยุธยาถึงกรุงธนบุรีที่รับราชการโดยคัดเลือกจากนักมวยไว้ป้องกันพระราชวังและราชบัลลังก์ หรือบางครั้งเรียก ตำรวจหลวง ทนายตำรวจ หรือกรมนักมวย ซึ่งในสมัยปัจจุบันมวยไทยเป็นศิลปะการต่อสู้ของชนชาติไทยที่เป็นทั้งกีฬาและนันทนาการโดยการใช้ หมัด เท้า เข่า และศอก แข่งขันกันบนเวทีและมีกติกาการแข่งขันชัดเจนตามพระราชบัญญัติกีฬามวยไทยพ.ศ. 2542 ซึ่งทักษะมวยไทยถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการฝึกมวยไทยเป็นอย่างมาก ดังนั้นผู้ที่ฝึกมวยไทยหรือนักมวยไทยอาชีพ จำเป็นที่จะต้องมีความเชี่ยวชาญในการใช้ทักษะมวยไทยทั้งหมด โดย ชาญชัย ยมดิษฐ์ (2559, 15-19) ได้สรุปทักษะพื้นฐานมวยไทยไว้คือ การจดมวย การใช้หมัด การใช้เท้า การใช้เข่าและการใช้ศอก

จากการศึกษาทักษะมวยไทย กอบชัย นิธิวัฒนากุล (2546, 9) กล่าวไว้ว่า ทักษะการใช้เข่าเป็นทักษะการใช้อาวุธที่นับว่ามีความรุนแรงที่สุด เพราะทักษะการเข้าเกิดจากการใช้อวัยวะที่มีมุมและความแข็งแกร่งคือหัวเข่าเข้าปะทะร่างกายคู่ต่อสู้ แต่การจะใช้เข่านั้นมิใช่สามารถใช้ได้โดยง่ายเนื่องจากไม่มีคู่ต่อสู้คนใดที่จะยอมให้ตัวเองถูกตีเข้า ดังนั้นการจะตีเข้าฝ่ายตรงข้ามจึงต้องอาศัยความแข็งแกร่งของร่างกาย กอด รััด ปล้ำ และ

เหนียวรั้งคู่ต่อสู้มาตีเข้าให้ได้ ซึ่งโดยธรรมชาติแล้วเป็นเรื่องที่ปฏิบัติได้ค่อนข้างยาก หรือบางครั้งฝ่ายที่กำลังตีเข้าเองกลับถูกความแข็งแกร่งที่เหนือกว่าของคู่ต่อสู้พลิกผันสถานการณ์ไปตรงกันข้าม การตีเข้าจึงเป็นศิลปะขั้นสูงอีกอย่างหนึ่งในกีฬามวยไทย การใช้เข้าสามารถกระทำได้ทั้งสองข้างและมีหลายลักษณะ ซึ่งทักษะการใช้เข้านั้นอันตรายและมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ โครงจักร งามมีศรี (โครงจักร งามมีศรี 2530, 13 อ้างถึงใน กษิติเดช เกตุมณี 2553, 2) กล่าวว่า เข้าเป็นอวัยวะที่มีสำคัญชนิดหนึ่งของมวยไทยที่ใช้ได้ผลในระยะใกล้หรือประชิดตัว เป้าหมายของการใช้เข้า ได้แก่ บริเวณต้นขา ท้อง ขา โคน ลำตัว หน้าอก คาง การใช้เข้าตีหรือกระแทกขึ้นไปทำ ในขณะที่ตั้งท่าอยู่ และบางโอกาสการใช้เข้าจะต้องใช้มือทั้งสองจับคอกของคู่ต่อสู้แล้วตีหรือดึงลงมาแล้วตีเข้า และ สำราญ สุขแสง (2560, 142) แบ่งการใช้เข้าออกได้ 6 ลักษณะ ได้แก่ เข้าตรง หมายถึง การเข้าพุ่งตรงไปข้างหน้าเข้าสู่เป้าหมาย เข้าตัด หมายถึง การเข้าตีขนานกับพื้นเข้าสู่เป้าหมาย เข้าเฉียง หมายถึง การเข้าตีเฉียงเข้าสู่เป้าหมาย เข้าลอย หมายถึง การกระโดดขึ้นสูง ทะยานเข้าเข้าหาคู่ต่อสู้ เข้าลา เป็นลักษณะครึ่งเตะครึ่งเข้า และเข้าน้อย คือ ลักษณะของการใช้เข้าตีบริเวณต้นขาของคู่ต่อสู้เร็ว ๆ หลายๆ ครั้ง ในขณะที่ทำการกอดรัดกัน การกระทำเช่นนี้ทำให้คู่ต่อสู้ปวดต้นขาและอาจจะทำให้คู่ต่อสู้เสียเปรียบได้เหมือนกัน

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาทักษะการกระโดดเข้าลอย เพราะลักษณะของการกระโดดเข้าลอยนั้น คือ การกระโดดขึ้นให้สูงทะยานเข้าพุ่งเข้าหาคู่ต่อสู้ด้วยความเร็วและแรง ลักษณะของการกระโดดเข้าลอย ยังมีระยะในการกระโดดส่งแรงที่มากกว่า ซึ่งแตกต่างจากการใช้เข้าในลักษณะอื่น ๆ ที่เป็นการยืนอยู่กับที่และเป็นการยื่นส่งแรงแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น นักมวยไทยจึงจำเป็นต้องมีทักษะและความสามารถในการกระโดดเข้าลอยที่ดี เนื่องจากนักมวยไทยที่ความสามารถในการกระโดดเข้าลอย ได้เร็วกว่าและรุนแรงกว่า ย่อมได้เปรียบกว่าคู่ต่อสู้ ซึ่งในการกระโดดเข้าลอยนั้น ต้องอาศัยพลังของกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบสำคัญ ในการกระโดดเข้าลอย นักมวยไทยจึงมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อเพื่อที่จะปฏิบัติกิจกรรมดังกล่าวข้างต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สนธยา สีละมาต (2551, 296 - 297) ได้กล่าวว่า พลัง หมายถึง ความสามารถของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuro-muscular) ในการที่ก่อให้เกิดแรง (Force) มากที่สุดในช่วงเวลาที่สั้นที่สุด หรือเป็นการเอาชนะแรงต้านทานได้ด้วยการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว พลังเป็นผลของแรงกล้ามเนื้อ (Muscle force) และอัตราเร็ว (Velocity) ของการเคลื่อนไหว เพราะฉะนั้น พลังจะเท่ากับ แรงคูณด้วยอัตราความเร็ว ($P = F \times V$) การเพิ่มขึ้นของพลังจึงต้องเป็นผลของการปรับปรุง ในความแข็งแรงหรือความเร็วอย่างใดอย่างหนึ่งหรือเป็นการปรับปรุงทั้งสองอย่าง สอดคล้องกับ ถนอม โพธิ์มี (2552, 21) กล่าวว่าพลังกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่แสดงออกมาในรูปของความแข็งแรง และความเร็วหรือทางหลักวิทยาศาสตร์ว่า พลัง = แรง x ความเร็ว แต่กีฬาที่มีองค์ประกอบอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง ที่สำคัญคือ ทักษะเกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างระบบต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งก็คือความสามารถในการใช้พลังงานได้อย่าง มีประสิทธิภาพ ผลที่ออกมาคือความเร็วในการเคลื่อนไหวของร่างกาย

ในปัจจุบันการฝึกพลังของกล้ามเนื้อมีมากมายหลายรูปแบบ ซึ่งการฝึกแบบพลัยโอเมตริกเป็นการฝึกพลังของกล้ามเนื้อรูปแบบหนึ่งที่ได้รับค่านิยมในการนำไปประยุกต์ใช้ฝึกให้กับนักกีฬา เจริญ กระบวนรัตน์ (2561, 336-337) ที่กล่าวว่าพลัยโอเมตริก (Plyometrics) เป็นหนึ่งในวิธีการที่ได้รับการยอมรับว่าดีที่สุดในการ

พัฒนากำลังระเบิด (Explosive Power) ให้กับกีฬาหลายประเภท อาทิเช่น วอลเลย์บอล บาสเกตบอล ฟุตบอล แอสน์บอล เซปักตะกร้อ ฮอกกี้ เทนนิส แบดมินตัน เทเบิลเทนนิส กระโดดน้ำ ว่ายน้ำ ยูโด โบว์ลิ่ง กอล์ฟ ยกน้ำหนัก ดาบสากล มวย มวยปล้ำ เทควันโด วิ่งระยะสั้นและยิมนาสติก เป็นต้น และชู (Chu 1992, 1) กล่าวถึงการฝึกพลังกล้ามเนื้อด้วยการฝึก พลัยโอเมตริก (Plyometrics) ว่าเป็นการฝึกกล้ามเนื้อเพื่อทำการผนวกความแข็งแรง (Strenght) และความเร็ว (Speed) ในเวลาสั้นๆและเป็นหนึ่งในวิธีที่ดีที่สุดในการพัฒนาให้เกิดพลังระเบิด (Explosive power) ในการนำไปประยุกต์ใช้ในการกีฬาต่อไป

จากความสำคัญข้างต้นนี้ให้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญถึงหลักวิทยาศาสตร์การกีฬาและทักษะการใช้เข้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะการกระโดดเข้าลอย แต่ปัญหาที่พบในปัจจุบัน คือ ผู้ฝึกสอนส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นการฝึกซ้อมในเรื่องของทักษะและเทคนิคเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้ขาดโปรแกรมการฝึกซ้อมที่ต้องตามหลักทฤษฎีทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาอย่างมีหลักการและเหตุผล จากปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญในการศึกษาผลการพลัยโอเมตริกที่มีต่อความแข็งแรง ความเร็ว และความสามารถในการกระโดดเข้าลอยของกีฬามวยไทย และโปรแกรมการฝึกซ้อมที่ต้องตามหลักทฤษฎีทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาอย่างมีหลักการและเหตุผล มาใช้ควบคู่กับการฝึกซ้อมทักษะและเทคนิคในกีฬามวยไทย เพื่อนำมาพัฒนารากกล้ามเนื้อให้กับนักกีฬามวยไทย ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จะเป็นแนวทางในการพัฒนาการฝึกซ้อมกีฬามวยไทยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สามารถทดสอบได้และสามารถนำข้อมูลไปต่อยอดในการพัฒนากีฬามวยต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

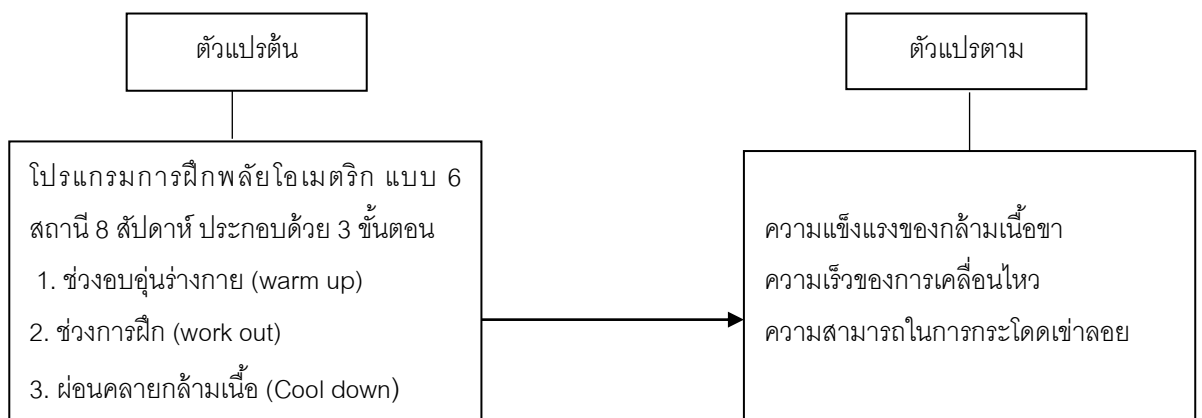
เพื่อศึกษาผลการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อความแข็งแรง ความเร็ว และความสามารถในการกระโดดเข้าลอยของนักศึกษาชายสาขามวยไทยศึกษาและพลศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้โปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อความแข็งแรง ความเร็ว และความสามารถในการกระโดดเข้าลอยของกีฬามวยไทย และเป็นแนวทางในการพัฒนาการฝึกซ้อมกีฬามวยไทยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัย



สมมติฐานการวิจัย

ผลการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อความแข็งแรง ความเร็ว และความสามารถในการกระโดดเข้าลอยของ นักศึกษาชายสาขามวยไทยศึกษาและพลศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ก่อนและหลังการฝึกพลัย โอเมตริกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการเคลื่อนไหว และความสามารถในการกระโดดเข้าลอยที่แตกต่างกัน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร กลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาชายสาขามวยไทยศึกษาและ พลศึกษา ชั้นปีที่ 1-5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง จำนวน 54 คน ที่ผ่านการ เรียนการสอน วิชาทักษะและเทคนิคมวยไทย

กลุ่มตัวอย่างกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาชายสาขามวยไทยศึกษาและ พลศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง จำนวน 15 คน ซึ่งได้กลุ่มตัวอย่างมาจากการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยวิธีการจับสลาก

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรต้น คือ โปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก แบบ 6 สถานี 8 สัปดาห์
2. ตัวแปรตาม คือ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความเร็วของการเคลื่อนไหว และความสามารถในการกระโดดเข้าลอย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. โปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก แบบสถานี 6 สถานี ประกอบด้วย
สัปดาห์ที่ 1 – 2 ฝึกสถานีละ 3 เซต เซตละ 12 ครั้ง พักระหว่างเซต 2 นาที
สถานีที่ 1 คาล์ฟ เรส (Calf Raise)
สถานีที่ 2 สควอท (Squat)
สถานีที่ 3 กู๊ด มอร์นิง (Good morning)
สถานีที่ 4 ลันซ์ (Lunge)
สถานีที่ 5 วอล์คกิ้ง ลันซ์ (Walking lunges)
สถานีที่ 6 รีเวิร์ส ลันซ์ นี อัพ (Reverse Lunge knee up)
สัปดาห์ที่ 2 – 4 ฝึกสถานีละ 3 เซต เซตละ 10 ครั้ง พักระหว่างเซต 2 นาที
สถานีที่ 1 โปโก จัมพ์ (Pogo Jump)
สถานีที่ 2 จัมพ์บิง แจ็ค (Jumping Jack)
สถานีที่ 3 สปลิท จัมพ์ (Split Jump)
สถานีที่ 4 ซิสเซอร์ส จัมพ์ (Scissors Jump)
สถานีที่ 5 สควอท จัมพ์ (Squat Jump)
สถานีที่ 6 ทัก จัมพ์ (Tuck Jump)
สัปดาห์ที่ 5 – 6 ฝึกสถานีละ 3 เซต เซตละ 10 ครั้ง พักระหว่างเซต 3 นาที
สถานีที่ 1 โปโก จัมพ์ ฟอรวอร์ด (Pogo Jump forward)

สถานที่ที่ 2 ฟรอนท์ เฮิร์ดเดิ้ล ฮอป (Front Hurdle Hops)

สถานที่ที่ 3 เลทเทอรอล จัมพ์ โอเวอร์ แบร์ริเออร์ (Lateral Jump Over Barrier)

สถานที่ที่ 4 ไดแอกโกนอล โคน ฮอป (Diagonal Cone Hops)

สถานที่ที่ 5 ฟอว์เวิร์ด แอนด์ เลทเทอรัล เฮิร์ดเดิ้ล จัมพ์ ซีควเอนซ์ (Forward and Lateral Hurdle Jump Sequence)

สถานที่ที่ 6 สแตนดิง บรอด จัมพ์ แอนด์ สควอท จัมพ์ ซีควเอนซ์ (Standing Broad Jump and Squat Jump Sequence)

สัปดาห์ที่ 7 – 8 ผูกสถานที่ละ 3 เซต เซตละ 8 ครั้ง พักระหว่างเซต 3 นาที

สถานที่ที่ 1 ซิงเกิล เลก เวอร์ติคอลล จัมพ์ (Single Leg Vertical Jump)

สถานที่ที่ 2 ซิงเกิล เลก ทัก จัมพ์ (Single Leg Tuck Jump)

สถานที่ที่ 3 ซิงเกิล เลก ไดแอกโกนอล โคน ฮอป

(Single Leg Diagonal Cone Hops)

สถานที่ที่ 4 รีเวิร์ส ฮอป (Reverse Hop)

สถานที่ที่ 5 ซิสเซอร์ส ฮอป (Scissors Hop)

สถานที่ที่ 6 ออลเทอร์เนท-เลก บาวด์ดิ้ง (Alternate-Leg Bouding)

2. แบบทดสอบการกระโดดเข้าลอยของนักศึกษามวยไทยศึกษาและพลศึกษา
3. แบบทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา การกีฬาแห่งประเทศไทย 2545
4. แบบทดสอบความเร็วของการเคลื่อนไหว กรมพลศึกษา 2541

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. โปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก

1.1 ศึกษาหลักการทางทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างโปรแกรม โดยพิจารณาถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.1.1 ระยะเวลาในการฝึก

1.1.2 จำนวนครั้งในการฝึก

1.1.3 จำนวนชุดในการฝึก

- 1.2 โปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก แบบสถานี 6 สถานี

1.2.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก

1.2.2 นำโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก เสนอต่อที่ปรึกษา เพื่อพิจารณา ตรวจสอบ แก้ไข และ

ปรับปรุง

1.2.3 นำโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ จำนวน 3 ท่านเพื่อพิจารณาความสอดคล้องในการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (index of item objective congruence: IOC) ได้ค่า $IOC = 1.00$ ทุกประเด็น

1.2.4 นำโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก ไปทดลองใช้ (Tryout) กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อพิจารณา ตรวจสอบ แก้ไข และปรับปรุง

1.2.5 นำโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก ที่ได้จากการ Tryout เสนอต่อที่ปรึกษา เพื่อพิจารณา ตรวจสอบ แก้ไข ปรับปรุงและนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการศึกษา เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลนำมาวิเคราะห์ ในการวิจัยต่อไป

2. แบบทดสอบการกระโดดเข่าลอยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ชื่อแบบทดสอบ

2.1.2 วิธีการทดสอบ

2.1.3 อุปกรณ์ทดสอบ

2.1.4 เกณฑ์การให้คะแนน

2.2 เสนอแบบทดสอบการกระโดดเข่าลอยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ต่อประธานและกรรมการควบคุม วิทยานิพนธ์นิพนธ์ เพื่อพิจารณา ตรวจสอบ แก้ไข และปรับปรุง

2.3 นำแบบทดสอบ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ จำนวน 3 ท่านเพื่อพิจารณาความสอดคล้องในการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (index of item objective congruence: IOC) ได้ค่า IOC = 1.00 ทุกประเด็น

2.4 นำแบบทดสอบ ไปทดลองใช้ (Tryout) กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อพิจารณา ตรวจสอบ แก้ไข และปรับปรุง

2.5 นำแบบทดสอบ ที่ได้จากการ Tryout เสนอต่อที่ปรึกษา เพื่อพิจารณา ตรวจสอบ แก้ไข ปรับปรุง และนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการศึกษา เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลนำมาวิเคราะห์ในการวิจัยต่อไป

3. แบบทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา วัดแรงเหยียดขา leg dynamometer โดยใช้แบบทดสอบ สมรรถภาพทางกายประชาชนไทย การกีฬาแห่งประเทศไทย 2545

4. แบบทดสอบความเร็วของการเคลื่อนไหว

ทดสอบวิ่งเร็ว Speed 50 เมตร โดยแบบทดสอบสมรรถภาพทางกายมาตรฐาน กรมพลศึกษา 2541

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ขอนหนังสือ เพื่อขอความอนุเคราะห์ถึงค่ายมวย ม.ราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

2. จัดเตรียมอุปกรณ์ และสถานที่ที่ใช้ในการทดลอง

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึก ได้แก่

2.1.1 นาฬิกาจับเวลา

2.1.2 กรวย

2.1.2 กระสอบทราย

2.1.2 รั้ว

2.2 สถานที่ที่ใช้ในการฝึก ได้แก่

โรงยิมสำหรับฝึกมวยไทยของมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

3. ทดลองใช้เครื่องมือ (Tryout) เพื่อทดสอบโปรแกรมการฝึก รวมไปถึงเตรียมการป้องกันและแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในขณะการเก็บข้อมูลจริง กับนักศึกษามวยไทยศึกษาและพลศึกษา

4. ขั้นตอนการทำการทดลอง

4.1 จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ แบบบันทึกผลการทดลอง และเอกสารอธิบายรายละเอียดให้ชัดเจน

4.2 ชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการทดลองรวมถึงความเสี่ยงและประโยชน์ต่างๆ ที่กลุ่มตัวอย่างอาจได้รับการเข้าร่วมการทดลอง

4.3 เมื่อกลุ่มตัวอย่างรับทราบรายละเอียดและยินดียินดีเข้าร่วมการวิจัย จึงให้กลุ่มตัวอย่างลงนามยินยอม

4.4 ทำการทดสอบก่อนการฝึก (Pre-test) โดยให้ผู้เข้ารับการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ทดสอบความเร็วของการเคลื่อนไหว และทำการทดสอบความสามารถในการกระโดดเข้าลอย โดยทำการทดสอบ 2 ครั้ง แล้วเอาค่าที่ดีที่สุด

4.5 ทำการฝึกกลุ่มทดลองตามโปรแกรมเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยกลุ่มทดลองทำการฝึกสัปดาห์ละ 3 วัน ในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ เวลา 15.30 -17.30 น.

4.7 ทำการทดสอบหลังการฝึก (Post-test) โดยให้ผู้เข้ารับการทดสอบทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ทดสอบความเร็วของการเคลื่อนไหว และทดสอบความสามารถในการกระโดดเข้าลอย ในสัปดาห์ที่ 8 ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ในวันอาทิตย์ จากนั้นนำผลมาวิเคราะห์ทางสถิติและนำเสนอในรูปแบบตารางและความเรียง

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเพื่อหาค่าสถิติและใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

1. หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากคะแนนที่ได้จากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความเร็วของการเคลื่อนไหวและความสามารถในการกระโดดเข้าลอย

2. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความเร็วของการเคลื่อนไหวและความสามารถในการกระโดดเข้าลอย ภายในกลุ่ม ก่อนและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 สัปดาห์โดยใช้สถิติ (dependent t-test)

3. การวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ผู้วิจัยทดสอบนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อความแข็งแรง ความเร็ว และความสามารถในการกระโดดเข้าลอยของนักศึกษายาสามวยไทยศึกษาและพลศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ก่อนและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 โดยเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางข้อมูล และความเรียงตามขั้นตอนการวิจัยดังนี้ 1. วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อความแข็งแรง ความเร็ว และ

ความสามารถในการกระโดดเข้าลอยของนักศึกษาชายสาขามวยไทยศึกษาและพลศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง 2. วิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความเร็วของการเคลื่อนไหวและความสามารถในการกระโดดเข้าลอยภายในกลุ่ม ก่อนและหลังการฝึก สัปดาห์ที่ 8

1. วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อความแข็งแรง ความเร็ว และความสามารถในการกระโดดเข้าลอยของนักศึกษาชายสาขามวยไทยศึกษาและพลศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

ช่วงเวลาฝึก	ก่อนการฝึก		หลังการฝึก	
	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา	2.53	0.35	3.04	0.28
ความเร็วของการเคลื่อนไหว	8.59	0.57	7.21	0.48
ความสามารถในการกระโดดเข้าลอย	41.53	9.53	54.93	13.06

จากตารางแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ก่อนการฝึกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.53 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35 หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.04 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.28

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการทดสอบความเร็วของการเคลื่อนไหว ก่อนการฝึกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.59 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57 หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.21 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการทดสอบความสามารถในการกระโดดเข้าลอย ก่อนการฝึกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.53 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 9.53 หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54.93 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 13.06

2. วิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความเร็วของการเคลื่อนไหวและความสามารถในการกระโดดเข้าลอยภายในกลุ่ม ก่อนและหลังการฝึก สัปดาห์ที่ 8

ช่วงเวลาฝึกความแข็งแรง	ก่อนการฝึก		หลังการฝึก		t	Sig
	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.		
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา	2.53	0.35	3.04	0.28	10.06*	.000
ความเร็วของการเคลื่อนไหว	8.59	0.57	7.21	0.48	10.58*	.000
ความสามารถในการกระโดดเข้าลอย	41.53	9.53	54.93	13.06	10.18*	.000

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางแสดงว่า ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ภายในกลุ่ม ก่อนการฝึกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.53 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35 หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.04 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.28 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 10.06$)

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบความเร็วของการเคลื่อนไหว ภายใน ก่อนการฝึกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.59 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57 หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.21 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 10.58$)

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบความสามารถในการกระโดดเข้าลอย ภายในกลุ่ม ก่อนการฝึกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.53 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 9.53 หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54.93 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 13.06 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 10.18$)

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยเรื่องผลการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อความแข็งแรง ความเร็ว และความสามารถในการกระโดดเข้าลอยของนักศึกษาชายสาขามวยไทยศึกษาและพลศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ และทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการเคลื่อนไหว และความสามารถในการกระโดดเข้าลอย ก่อนและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ในภาพรวมพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความเร็วของการเคลื่อนไหวและความสามารถในการกระโดดเข้าลอยมีพัฒนาการที่เพิ่มมากขึ้น แสดงว่าโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริกแบบ 6 สถานี ในระยะเวลาการฝึก 8 สัปดาห์ มีความเหมาะสม และน่าพอใจที่จะทำให้เกิดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความเร็วของการเคลื่อนไหว ความสามารถในการกระโดดเข้าลอยและยังเป็นการพัฒนาพลังของกล้ามเนื้ออีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์ (ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์ 2539, 153 อ้างถึงใน เอกพจน์ คงสมนึก, 2559, 32) ได้กล่าวไว้ว่า ระยะเวลาของการฝึกทั้งโปรแกรม ต้องคำนึงถึงความสามารถของบุคคลซึ่งขึ้นกับธรรมชาติของคน ๆ นั้น ผู้ฝึกสอนไม่ควรจะเร่งรีบ ให้นักกีฬาทำสถิติให้ดีขึ้นเร็วเกินไป และจะต้องคำนึงเสมอว่าความสามารถของการฝึกแต่ละด้านแต่ละคนใช้ระยะเวลาไม่เท่ากัน โดยทั่วไปแล้วการฝึกอย่างน้อยในช่วงระยะเวลา 4 - 6 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน ก็ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาในเรื่องของความแข็งแรงและกำลังเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับหลักการฝึกซ้อมแบบพลัยโอเมตริก ดังที่ ชู และ พลัมเมอร์ (Chu; & Plummer 1984, 30-31 อ้างถึงใน กษิดิเดช เกตุมณี 2553, 12 - 13) ได้กล่าวว่า พลัยโอเมตริกเป็นการออกกำลังกายที่มีจุดมุ่งหมายในการนำเอาความแข็งแรง (Strength) กับความเร็วของการเคลื่อนไหว (Speed) เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วให้มากที่สุด นอกจากนี้แล้วการฝึกแบบพลัยโอเมตริก ยังเป็นการฝึกที่สามารถช่วยให้กล้ามเนื้อเข้าสู่จุดสูงสุดของความแข็งแรงในระยะเวลาอันสั้นเท่าที่จะกระทำได้ และยังเป็นหนึ่งในวิธีที่ดีที่สุดต่อการที่จะพัฒนาให้เกิดพลังระเบิด (Explosive Power)

เมื่อเปรียบเทียบภายในในกลุ่ม ก่อนการฝึกและหลังการฝึก 8 สัปดาห์ พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความเร็วในการเคลื่อนไหวและความสามารถในการกระโดดเข้าล้อย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เป็นเพราะการฝึกแบบพลัยโอเมตริกเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยมีการปรับความหนักของโปรแกรมพลัยโอเมตริกทุก 2 สัปดาห์ ตามหลักการใช้ความหนักมากกว่าปกติ (Principle of Overload) เพื่อให้กล้ามเนื้อให้ทำงานมากกว่าระดับปกติที่กล้ามเนื้อเคยทำงานได้ และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการฝึกกล้ามเนื้อส่วนล่าง ซึ่งเป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการกระโดดเข้าล้อย เพื่อที่จะพัฒนาความสามารถในการกระโดดเข้าล้อยให้มีประสิทธิภาพจากการฝึกพลัยโอเมตริก ซึ่งสอดคล้องกับ เจริญ กระบวนรัตน์ (เจริญ กระบวนรัตน์ 2538, 120 อ้างถึงใน กษิติเดช เกตุมณี 2553, 14) กล่าวว่า การฝึกแบบพลัยโอเมตริกในการเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายให้กับนักกีฬา จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมุ่งพัฒนาเสริมสร้างในส่วนที่เกี่ยวข้อง และมีความจำเป็นต่อชนิดกีฬานั้น เพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้ในการแข่งขัน ซึ่งเป็นการฝึกที่มุ่งพัฒนาเฉพาะมัดกล้ามเนื้อที่มีความจำเป็นต่อการเคลื่อนไหวจึงควรมีการฝึกกล้ามเนื้อเฉพาะส่วน ทั้งนี้โปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริกได้มีการกำหนดองค์ประกอบ ที่ประกอบไปด้วย กิจกรรมการฝึก ความหนัก ระยะเวลาในการฝึก ความถี่ การพักฟื้น จึงทำให้นักศึกษามวยไทยศึกษาและพลศึกษาที่ฝึกโปรแกรมพลัยโอเมตริกแบบ 6 สถานี มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความเร็วของการเคลื่อนไหว และความสามารถในการกระโดดเข้าล้อยดีขึ้น

จากผลการวิจัยครั้งนี้ สรุปได้ว่า ผลการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อความแข็งแรง ความเร็ว และความสามารถในการกระโดดเข้าล้อยของนักศึกษาชายสาขามวยไทยศึกษาและพลศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง มีค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความเร็วของการเคลื่อนไหว และความสามารถในการกระโดดเข้าล้อย ก่อนและหลังการฝึก 8 สัปดาห์ แตกต่างกัน ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ว่า ผลการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อความแข็งแรง ความเร็ว และความสามารถในการกระโดดเข้าล้อยของนักศึกษาชายสาขามวยไทยศึกษาและพลศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ก่อนและหลังการฝึกพลัยโอเมตริกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความเร็วของการเคลื่อนไหวและความสามารถในการกระโดดเข้าล้อยที่แตกต่างกัน ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า การฝึกพลัยโอเมตริก แบบ 6 สถานีที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นนั้นเป็นการฝึกที่มุ่งเน้นในการพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อส่วนล่าง ซึ่งการฝึกรูปแบบของพลัยโอเมตริกนั้น เป็นการฝึกเพื่อเพิ่มพลังของกล้ามเนื้อและเมื่อพลังเพิ่มขึ้นย่อมหมายถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความเร็วของการเคลื่อนไหว และความสามารถในการกระโดดเข้าล้อยเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งพลังของกล้ามเนื้อประกอบด้วยความแข็งแรงและความเร็ว โดยโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริกมีส่วนทำให้การกระโดดเข้าล้อยของกีฬามวยไทยมีประสิทธิภาพมากขึ้น แข็งแรงขึ้น เร็วขึ้น สูงขึ้น เพราะพลังของกล้ามเนื้อเป็นส่วนสำคัญในการกระโดดเข้าล้อย ซึ่งสอดคล้องกับ เจริญ กระบวนรัตน์ (2561, 336) การฝึกพลัยโอเมตริก คือการฝึกที่ซึ่งรวมไว้ซึ่งกำลังความแข็งแรง และความรวดเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ เพื่อก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วจับใจ (Dintimin & Ward 1998 ; Jacoby & Fraley 1995 อ้างถึงใน เจริญ กระบวนรัตน์ 2561, 336) ซึ่งการปฏิบัติทักษะและการเคลื่อนไหวของนักกีฬาหลายประเภท จะสามารถเคลื่อนไหวและปฏิบัติเทคนิคทักษะกีฬาได้สมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น (More Skill fully) ต่อเมื่อนักกีฬาเหล่านั้นต้องได้รับการฝึกกำลัง (Power) ซึ่งมีองค์ประกอบ

คือความแข็งแรง (Strength) และความเร็ว (Speed) ด้วยเหตุนี้พลัยโอเมตริก (Plyometrics) จึงเป็นหนึ่งในวิธีการที่ได้รับการยอมรับว่าดีที่สุดในการพัฒนากำลังระเบิด (Explosive Power) ให้กับกีฬาหลายประเภท อาทิ เช่น วอลเลย์บอล บาสเกตบอล ฟุตบอล แฮนด์บอล เซปักตะกร้อ ฮอกกี้ เทนนิส แบดมินตัน เทเบิลเทนนิส กระโดดน้ำ ว่ายน้ำ ยูโด โบว์ลิ่ง กอล์ฟ ยกน้ำหนัก ดาบสากล มวย มวยปล้ำ เทควันโด วังระยะสั้น และ ยิมนาสติก เป็นต้น และธนากร เสถียรพูนสุข (2560, 49) ได้ศึกษาผลการฝึกพลัยโอเมตริกแบบวงจรด้วยยางรถ ที่มีต่อความเร็วและความคล่องแคล่วในนักกีฬาฟุตบอลโรงเรียน พบว่ากลุ่มทดลองมีเวลาเฉลี่ย ลดลงมากกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการฝึกพลัยโอเมตริกแบบวงจรด้วยยางรถ 3 วันต่อสัปดาห์ เป็น ระยะเวลา 8 สัปดาห์ เข้ารับโปรแกรมการฝึก 6 สถานี ซึ่งการฝึกจะประกอบไปด้วยการกระโดด ท่าทางต่าง ๆ จึงอาจจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังของขาได้ ซึ่งการที่กล้ามเนื้อขา มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้มีความคล่องแคล่วเพิ่มขึ้นไปด้วย

นอกจากนี้ วรเชษฐ์ จันตียะ (2561, 1) ได้กล่าวไว้ว่าพลัยโอเมตริก (Plyometric) เป็นวิธีการฝึกเพื่อพัฒนาพลังระเบิด (Explosive power) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการฝึกซ้อมของนักกีฬากอล์ฟ เขาโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก มาเป็นส่วนหนึ่งของการฝึกซ้อมกีฬา สามารถพัฒนาสมรรถนะด้านความเร็ว ความแข็งแรง การเร่งความเร็วและพลังระเบิดอย่างมีนัยสำคัญ และจัดให้การฝึกรูปแบบนี้ควบคู่ในแผนการพัฒนาการฝึกซ้อมของนักกีฬา ซึ่งพลังระเบิดเป็นส่วนสำคัญกับทักษะการกระโดดเข้าลอยของกีฬามวยไทยเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการฝึกพลังของ กล้ามเนื้อขาในรูปแบบของโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การฝึกพลัยโอเมตริกให้เกิดประสิทธิภาพ ควรฝึกให้ตรงกับมัดกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในกิจกรรมนั้น ๆ และจำเป็นต้องมีทักษะในท่าฝึกที่ถูกต้องเพื่อไม่ให้เกิดการบาดเจ็บ

2. สำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา นักกีฬาหรือผู้ที่สนใจที่จะนำโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก แบบ 6 สถานีนี้ไปใช้ ควรฝึกกับนักกีฬาที่มีร่างกายพร้อมสำหรับการฝึกหนักและต่อเนื่องได้ เพราะโปรแกรมการฝึกนี้จะมีการเพิ่มความหนักและใช้เวลาอย่างน้อย 8 สัปดาห์ จึงจะส่งผลให้นักกีฬามีความแข็งแรง ความเร็ว และความสามารถในการกระโดดเข้าลอย

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษาวิจัย ในลักษณะการติดตามผลของโปรแกรม โดยมีการทดสอบความแข็งแรง ความเร็ว และความสามารถในการกระโดดเข้าลอยทั้งก่อนการฝึก หลังการฝึก และทุก ๆ 2 สัปดาห์ ระหว่างการฝึกคือ สัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ 8 เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงระหว่างการฝึก

2. ควรมีการฝึกพลังของกล้ามเนื้อด้วยวิธีพลัยโอเมตริกในทักษะอื่นของกีฬาประเภทอื่น

เอกสารอ้างอิง

- กษิติเดช เกตุมณี. (2553). ผลการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อความสามารถในการตะเด้งของนักกีฬามวยไทย. [วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- กอบชัย นิธิวัฒนกุล. (2546). ระดับทักษะมวยไทยสมัครเล่นของนักกีฬาที่เข้าร่วมการแข่งขันกีฬาวิทยาลัยพลศึกษาแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28 [วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- เจริญ กระบวนรัตน์. (2561). วิทยาศาสตร์การฝึกสอนกีฬา (พิมพ์ครั้งที่ 2). บริษัท สิ้นธนาโก้ปปี.
- ชาญชัย ยมดิษฐ์. (2559). สมรรถนะक्रमมวยไทย. มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง.
- ถนอม โพธิ์มี. (2552). ผลของการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อความเร็ว และกำลังกล้ามเนื้อขาของนักศึกษาชาย สถาบันการพลศึกษาวิทยาเขตลำปาง. [วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ธนาคาร เสถียรพูนสุข. (2560). ผลการฝึกพลัยโอเมตริกแบบวงจรรด้วยยางรถที่มีต่อความเร็วและความคล่องแคล่วในนักกีฬาฟุตบอลโรงเรียน. [วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- วรเชษฐ์ จันติยะ. (2561). ผลของการฝึกพลัยโอเมตริกแนวพื้นลาดเอียงแนวพื้นราบและแบบผสมผสานที่มีต่อตัวแปรเชิงแอนแอโรบิกการเร่งความเร็วและความสามารถในการกระโดด. [วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สนธยา สีละมาต. (2551). หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา (พิมพ์ครั้งที่ 3 ฉบับปรับปรุง). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ. (2540). ศิลปะมวยไทย. กรุงเทพฯ.
- สำราญ สุขแสวง. (2560). ศาสตร์และศิลปะมวยไทย. มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง.
- เอกพจน์ คงสมนึก. (2559). การสร้างเกณฑ์ทดสอบทักษะกีฬาฟุตบอลสำหรับนักเรียนชายช่วงชั้นที่ 1 โรงเรียนเซนต์โยเซฟนครสวรรค์ จ.นครสวรรค์. [วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- Chu, D. A. (1992). *Jumping into Plyometric*. Leisure Press.

**การศึกษาความสามารถในการทำงานและความพร้อมด้านความปลอดภัยในการขับขี่
ยานพาหนะขนส่งสินค้าอันตราย : กรณีศึกษาคลังน้ำมันในภาคเหนือของประเทศไทย**

**A study of working ability and readiness for safety driving for dangerous goods
transport vehicles: A case study at a petroleum terminal in northern Thailand**

ณพลสิทธิ์ จักรพาณิชย์^{1*} ปภามณูย์ ชีประเสริฐ² อัญชลี คัตรมี³

กลุ่มวิจัยนวัตกรรมเมืองปลอดภัย มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง¹

สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง^{2,3}

*Corresponding author: E-mail: 5631804501@lamduan.mfu.ac.th

บทคัดย่อ

การขนส่งวัตถุอันตรายทางถนนเป็นเรื่องที่ควรให้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะหากเกิดอุบัติเหตุแล้วเกิดการรั่วไหลของวัตถุอันตราย อาจส่งผลร้ายแรงทั้งต่อชีวิต ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการทำงานและความพร้อมด้านความปลอดภัยของผู้ขับขี่รถขนส่งวัตถุอันตราย โดยเป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบตัดขวาง ใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล กลุ่มตัวอย่างในการศึกษา ได้แก่ คนขับรถขนส่งวัตถุอันตราย ณ คลังปิโตรเลียมแห่งหนึ่ง ภาคเหนือของประเทศไทย จำนวน 30 คน ผลการศึกษาด้านพฤติกรรมพบว่า พฤติกรรมก่อนรถออกจากจุดรับและการตรวจสอบสภาพรถ ได้คะแนนระดับดี ในขณะที่พฤติกรรมการดูแลระหว่างขนส่งในกรณีที่ต้องมีการจอดรถขณะที่ยังมีวัตถุอันตรายอยู่ในรถ ได้ระดับคะแนนอยู่ในเกณฑ์ที่ควรปรับปรุง และพฤติกรรมการทำความสะอาดหลังจากการขนถ่ายวัตถุอันตราย ได้ระดับคะแนนอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ทางด้านความรู้ด้านการขับรถขนส่งวัตถุอันตรายพบว่า มีระดับความรู้ดี ระดับความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับรถขนส่งวัตถุอันตรายพบว่ามีอยู่ในเกณฑ์ดี ยกเว้นเครื่องมือซ่อมรถกรณีฉุกเฉินมีระดับคะแนนอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ดังนั้นจากผลการศึกษารูปได้ว่าการส่งเสริมความสามารถของผู้ขับขี่รถขนส่งวัตถุอันตรายโดยเฉพาะ พฤติกรรมการดูแลระหว่างขนส่งในกรณีที่ต้องมีการจอดรถขณะที่ยังมีวัตถุอันตรายอยู่ รวมทั้งการจัดเตรียมความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับรถขนส่งวัตถุอันตรายในกรณีฉุกเฉินให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

คำสำคัญ: ความสามารถในการทำงาน; ความพร้อมด้านความปลอดภัย; ขนส่งสินค้าอันตราย

Abstract

Road-based dangerous goods transportation requires special caution. In the case of an accident, the leakage of hazardous material can have serious consequences for life, property, and the environment. The purposes of this study were to study the working ability and safety readiness of drivers of dangerous goods transport vehicles. This study was a cross-sectional descriptive study conducted at a petroleum terminal in northern Thailand. A questionnaire was used to collect data. The sample consisted of 30 dangerous goods transport drivers who were selected for specific reasons. The results found that the behavior before leaving the pickup point and checking the condition of the vehicle got a good score while vehicle care behavior during transportation especially in the event that it is necessary to park the vehicle while there are dangerous goods still in the vehicle achieved a score that should be improved. Meanwhile, the vehicle cleaning behavior after loading and unloading dangerous goods achieved a sufficient score. In term of knowledge aspect, it was found that there was a good level of knowledge of driving for transporting dangerous goods among the drivers. The level of readiness of the equipment and equipment for the hazardous material transport vehicles was found to be good, with the exception of emergency vehicles repair tools. In conclusion, to develop ability of drivers of dangerous goods transport vehicles should be improved their behaviors during transportation especially in the event that it is necessary to park the vehicle while there are dangerous goods still in the vehicle. The preparedness of tools and safety equipment for emergency case also be prepared with ready-to-use.

Keywords: working ability; readiness for safety; dangerous goods transport

บทนำ

การขนส่งวัตถุอันตรายเป็นการขนส่งสินค้าที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะในภาคเหนือที่มีเส้นทางเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้านในหลายช่องทาง อาทิเช่น แนวระเบียงเศรษฐกิจเหนือใต้ (North-South Economic Corridor) ซึ่งสามารถเชื่อมต่อไปยัง ประเทศจีนตอนใต้ (มณฑลยูนนาน) โดยผ่านทาง สปป.ลาวและประเทศเมียนมาร์ เป็นต้น จากแนวโน้มการเจริญเติบโตด้านเศรษฐกิจทั้งในภาคเหนือของประเทศไทย และในประเทศเพื่อนบ้าน ทำให้เกิดการลงทุนในภาคอุตสาหกรรมมีอัตราการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในการลงทุนในภาคอุตสาหกรรมดังกล่าว ย่อมต้องให้เคมีวัตถุ จึงนับได้ว่าการขนส่งวัตถุอันตรายย่อมมีความสำคัญไปพร้อมกับการขยายตัวในภาคอุตสาหกรรมดังกล่าวตามไปด้วย ซึ่งทั้งภาครัฐ และภาคเอกชนที่อยู่ในอุตสาหกรรมวัตถุอันตราย จึงต้องให้ความสำคัญ ในการจัดระเบียบ การออกกฎหมาย รวมไปถึงกฎระเบียบว่าด้วยการควบคุมวัตถุอันตราย ให้เป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐานหลักสากล ในเรื่องความปลอดภัยในวัตถุอันตรายเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ เริ่มตั้งแต่ การผลิต การเคลื่อนย้าย การจัดเก็บ การขนส่งสินค้า และการมีไว้ครอบครอง เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน ทำให้เกิดความมั่นใจว่าสินค้าวัตถุ

อันตรายจะได้รับการจัดการ ดูแลให้เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดจนกว่าวัตถุอันตรายจะถึงปลายทางอย่างปลอดภัย (Erkut & Ingolfsson, 2005) โดยเฉพาะความเสียหายหรืออันตรายที่จะเกิดจากการขนส่งซึ่งหมายถึงการเคลื่อนย้ายสินค้าวัตถุอันตรายทั้งการขนส่งทางบกที่ใช้รถยนต์ทุกประเภทซึ่ง ได้แก่ รถยนต์ 4 ล้อ รถยนต์ 6 ล้อ รถยนต์ 10 ล้อ และ รถพ่วงแท็งก์ยึดต๊อง เป็นพาหนะในการขนส่งสินค้าวัตถุอันตรายการขนส่งทางรถไฟ การขนส่งทางเรือ การขนส่งทางอากาศ และการขนส่งทางท่อ (Ale, 2005) ย่อมสามารถส่งผลกระทบต่อให้เกิดความเสียหายต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ ยกตัวอย่างกรณีอุบัติเหตุ เมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน 2563 ที่ผ่านมานบนทางหลวงหมายเลข 11 (ฝั่งมุ่งหน้าเข้าเชียงใหม่ ช่วงก่อนถึงตลาดขุนตาล อ.แม่ทา จ.ลำพูน) ได้เกิดเหตุการณ์รถพ่วงบรรทุกน้ำมันพลิกคว่ำและเกิดเพลิงไหม้โดยรอบ และรายงานข่าว พบผู้เสียชีวิตเสียชีวิต 1 ราย (ไทยรัฐออนไลน์, 2020)

การขนส่งวัตถุอันตรายทางถนนเป็นเรื่องที่สำคัญควรได้รับความสนใจ และให้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะหากเกิดอุบัติเหตุแล้วเกิดการรั่วไหลของวัตถุอันตราย อาจส่งผลร้ายแรงทั้งต่อชีวิต ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม การเกิดอุบัติเหตุจากการขนส่งวัตถุอันตรายที่ผ่านมาสามารถจำแนกออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ 1 วัตถุอันตรายกลุ่มเคมีภัณฑ์ และ 2 วัตถุอันตรายกลุ่มเชื้อเพลิง โดยการขนส่งน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ นั้น มีลักษณะพิเศษแตกต่างจากการลำเลียงขนส่งวัตถุอันตรายประเภทอื่น เนื่องจากผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปของทั้งน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ นั้นมีอยู่หลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติที่ต่างกันไป รวมทั้งคุณสมบัติของน้ำมันและก๊าซธรรมชาติเอง ซึ่งบางชนิดระเหยเร็วและไวไฟ ดังนั้นการขนส่งจึงมีความจำเป็นที่จะต้องได้รับการออกแบบและเพิ่มมาตรการเป็นพิเศษ

จากการสำรวจสภาพปัญหาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ด้านโลจิสติกส์ของบุคลากรในระบบโลจิสติกส์มีข้อค้นพบที่น่าสนใจหลายประเด็นคือบุคลากรกลุ่มงานการจัดการขนส่งมีคุณภาพทั้งด้านความรู้และด้านทักษะยังต่ำกว่าความคาดหวังมากเช่นขาดความรู้เกี่ยวกับการจัดตารางเวลาและรูปแบบการขนส่งที่เหมาะสมขาดความรู้เกี่ยวกับถนนและเส้นทางการขนส่งละเลยการขับรถอย่างปลอดภัยขาดความใส่ใจกับสินค้าและบริการขาดความรู้เกี่ยวกับกฎระเบียบด้านความปลอดภัยและกฎหมายการขนส่งสินค้าและขนส่งโดยสารด้านทักษะพบว่ามีความรู้ต่ำกว่าความคาดหวังมากเช่นกันซึ่งส่งผลให้บุคลากรใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ทันสมัยอย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ (นิเวศ ธรรมชัยชูศักดิ์ และ และการุณันท์ รัตนแสนวงษ์, 2559)

จากการศึกษาของนิเวศ ธรรมชัยชูศักดิ์ และ และการุณันท์ รัตนแสนวงษ์ (2559) ในกลุ่มพนักงานขับรถบรรทุกวัตถุอันตราย 193 คน พบว่า “ความรู้ด้านขีดความสามารถ” ของพนักงานขับรถบรรทุกวัตถุอันตรายในภาพรวมมีระดับความรู้อยู่ในระดับสูงโดยตัวชี้วัดที่ได้รับคะแนนมากที่สุดคือ “ความรู้ด้านขีดความสามารถในการปฏิบัติงานด้านความรู้” ในขณะที่ปัญหาและอุปสรรคทางด้านระบบความปลอดภัยในการขนส่งสินค้าอันตรายส่วนใหญ่มาจากพนักงานขับรถเอง เช่น ปัญหาทางด้านทัศนคติด้านพฤติกรรม และวัฒนธรรมที่ดีของพนักงานขับรถ เช่นเดียวกับเมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับความสามารถในการทำงานของพนักงานขับรถบรรทุกสารเคมี กลุ่มตัวอย่างคือ พนักงานขับรถบรรทุกขนส่งสารเคมีทั้งหมดในสถานประกอบการเอกชนแห่งหนึ่ง จำนวนทั้งสิ้น 98 คน พบว่า พนักงานขับรถบรรทุกสารเคมีส่วนใหญ่มีระดับความสามารถในการทำงานในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 54.1 รองลงมาคือ ความสามารถในการทำงานดีเยี่ยมคิดเป็นร้อยละ 32.2 จาก

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลได้แก่ อายุ รายได้ และการออกกำลังกาย มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการทำงานของพนักงานขับรถบรรทุกสารเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับชั่วโมงการทำงานต่อวันมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการทำงานของพนักงานขับรถบรรทุกสารเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (กฤษณสิทธิ์ บังคะตานรา และคณะ, 2555)

ทั้งนี้จากแผนแม่บทด้านความปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนน พ.ศ. 2559-2568 ได้ระบุถึงแผนงานการดำเนินแผนงานตามยุทธศาสตร์ กรมการขนส่งทางบก เพื่อสร้างวัฒนธรรมการขนส่งที่ปลอดภัย (Safety Culture) มุ่งเน้นการพัฒนาวัฒนธรรมความปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนน ผ่านการให้ความรู้ ในการใช้รถใช้ถนน และการส่งเสริมทักษะในการขับขี่ ตลอดจนการสร้างทัศนคติในการใช้รถใช้ถนนอย่างปลอดภัย ซึ่งจะส่งผลต่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านพฤติกรรมของมนุษย์ในการใช้รถใช้ถนนที่ปลอดภัย (Human Behavior to Road Use) โดยเฉพาะพนักงานขับรถโดยสารสาธารณะ รถบรรทุกและรถบรรทุกวัตถุอันตราย ที่เข้ารับการอบรมได้รับความรู้ เพิ่มในระดับมากถึงมากที่สุดและมีพฤติกรรมการใช้รถใช้ถนนที่ปลอดภัย ไม่มีการร้องเรียนจากผู้ใช้บริการและไม่มีอุบัติเหตุ (Zero Accident)

จากการศึกษาที่ผ่านมา และการกำหนดเป้าหมายเพื่อให้บรรลุผลตามแผนแม่บททำให้งานวิจัยครั้งนี้วัตถุประสงค์เพื่อ

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการทำงานของผู้ขับขี่รถขนส่งวัตถุอันตราย
2. เพื่อศึกษาความพร้อมด้านความปลอดภัยของผู้ขับขี่รถขนส่งวัตถุอันตราย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

ผลจากการศึกษาสามารถกำหนดแนวทางและมาตรการในการพัฒนาความสามารถในการทำงานและส่งเสริมความพร้อมในการทำงานด้านความปลอดภัยของผู้ขับขี่รถขนส่งวัตถุอันตราย

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional descriptive study) เพื่ออธิบายความพร้อมและความสามารถในการขับขี่รถขนส่งวัตถุอันตรายของผู้ขับขี่ โดยผู้วิจัยมีขั้นตอนดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการตอบแบบสอบถาม

ประชากรที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ พนักงานขับรถขนส่งน้ำมันทั้งหมดของบริษัทแห่งหนึ่ง จำนวน 40 คน

การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์การคัดเลือก ได้แก่

1. เป็นพนักงานขับรถขนส่งน้ำมันภายในบริษัทมีอายุงานมากกว่า 1 ปี
2. มีอายุตั้งแต่ 20 ขึ้นไป
3. เต็มใจเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดออก ได้แก่

1. ไม่สามารถเข้าร่วมกิจกรรมในช่วงเวลาที่กำหนด
2. ไม่สามารถตอบคำถามได้ครบถ้วน

เมื่อพิจารณาถึงเกณฑ์ในการคัดเลือก-คัดออก ทำให้มีผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ดังกล่าว จำนวน 10 คน ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งเนื้อหาข้อมูลเป็น 5 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลทั่วไป ได้แก่ อายุ การศึกษา โรคประจำตัว จำนวนชั่วโมงการนอนหลับ ประวัติการดื่มสุรา ประวัติการสูบบุหรี่ และสมรรถภาพการมองเห็น ลักษณะแบบสอบถามเป็นลักษณะแบบตรวจสอบรายการ (Check List)

ส่วนที่ 2 ข้อมูลลักษณะการทำงาน ได้แก่ ประสิทธิภาพการทำงาน ประเทปไขข้อ จำนวนผู้ร่วมโดยสาร ความเร็วเฉลี่ยในการขับขี่ ประวัติการประสบอุบัติเหตุ ประเภทวัตถุอันตรายที่ขนส่ง และประเภทบรรจุภัณฑ์ ลักษณะแบบสอบถามเป็นลักษณะแบบตรวจสอบรายการ (Check List)

ส่วนที่ 3 ข้อปฏิบัติในการขนส่งวัตถุอันตราย จำนวน 15 ข้อ โดยข้อความลักษณะแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับข้อความมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ดังนี้

	ข้อความทางบวก	ข้อความทางลบ
มากที่สุด	5	1
มาก	4	2
ปานกลาง	3	3
น้อย	2	4
น้อยที่สุด	1	5

การแปลความหมายของปฏิบัติในการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตรายแบ่งออกเป็น 3 ระดับ โดยใช้เกณฑ์ของ วิเชียร เกตุสิงห์ (2538:10) ดังนี้

ระดับคะแนนน้อยกว่า 19 คะแนน คือ ระดับพฤติกรรมควรปรับปรุง

ระดับคะแนน ระหว่าง 19 – 40 คะแนน คือ ระดับพฤติกรรมปานกลาง

ระดับคะแนนมากกว่า 40 คะแนน คือ ระดับพฤติกรรมดี

ส่วนที่ 4 ความรู้ด้านการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย โดยอ้างอิงตาม ระเบียบการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย อ้างอิงในประกาศกรมขนส่งทางบก (2562) จำนวน 14 ข้อ ลักษณะแบบสอบถามเป็นลักษณะแบบตรวจสอบรายการ (Check List) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

	ข้อความทางบวก	ข้อความทางลบ
ใช่	1	0
ไม่ใช่	0	1

การแปลความหมายของ 4 ความรู้ด้านการขนส่งวัตถุอันตราย ออกเป็น 3 ระดับ โดยใช้เกณฑ์ของ Bloom's Taxonomy, 1987 ดังนี้

ระดับคะแนนน้อยกว่า 5 คะแนน คือ ระดับความรู้ปรับปรุง
ระดับคะแนน ระหว่าง 5 – 9 คะแนน คือ ระดับความรู้ปานกลาง
ระดับคะแนนมากกว่า 9 คะแนน คือ ระดับความรู้ดี

ส่วนที่ 5 เครื่องมือและอุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับรถบรรทุกวัตถุอันตราย จำนวน 8 ข้อ ลักษณะแบบสอบถามเป็นลักษณะแบบตรวจสอบรายการ (Check List) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ มี เท่ากับ 1 และไม่มี 0

การแปลความหมายของการรับรู้ความเสี่ยงที่ส่งผลต่อสุขภาพและความปลอดภัยในสถานที่ทำงาน แบ่งออกเป็น 3 ระดับ โดยใช้เกณฑ์ของวิเชียร เกตุสิงห์ (2538:10) ดังนี้

ระดับคะแนนน้อยกว่า 5 คะแนน คือ ระดับความรู้ปรับปรุง
ระดับคะแนน ระหว่าง 5 – 9 คะแนน คือ ระดับความรู้ปานกลาง
ระดับคะแนนมากกว่า 9 คะแนน คือ ระดับความรู้ดี

การพัฒนาเครื่องมือในการวิจัยได้จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรม

การพัฒนาเครื่องมือในการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมทำการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของเครื่องมือด้วยการทดสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC :Item-Objectives Congruence) จากการประเมิน และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านสาธารณสุขศาสตร์ และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน จำนวน 3 ท่าน โดยผลการทดสอบความตรงเชิงเนื้อหาในแต่ละส่วนซึ่งได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลทั่วไป ค่า :IOC เท่ากับ 0.75 ส่วนที่ 2 ข้อมูลลักษณะการทำงาน ค่า :IOC เท่ากับ 0.86 ส่วนที่ 3 ข้อปฏิบัติในการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย ค่า :IOC เท่ากับ 0.89 ส่วนที่ 4 ความรู้ด้านการขับขี่รถขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย ค่า :IOC เท่ากับ 1.00 และส่วนที่ 5 เครื่องมือและอุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับรถบรรทุกวัตถุอันตรายค่า :IOC เท่ากับ 1.00 โดยมีผลการประเมินเฉลี่ยทั้งหมดของเครื่องมือมีค่า IOC เท่ากับ 0.9 จากนั้นนำเครื่องมือไปทดสอบ (Try Out) เพื่อหาความเชื่อมั่น (Reliability) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันจำนวน 30 คน และได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค Cronbach's Alpha ของข้อปฏิบัติในการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย ความรู้ด้านการขับขี่รถขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย และข้อคำถามเครื่องมือและอุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับรถบรรทุกวัตถุอันตรายเท่ากับ 0.756 , 0.813 และ 0.741 ตามลำดับ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) บรรยายข้อมูลโดยใช้สถิติ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ความถี่ เพื่อบรรยายลักษณะตัวแปรทุกตัวที่ศึกษา

จริยธรรมการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการขออนุมัติจริยธรรมในงานวิจัย ผู้ศึกษาได้ดำเนินการขออนุญาต ทำการศึกษาวิจัยในมนุษย์โดยผ่านคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของสำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงราย เลขที่ CRPPH0 57/2563 โครงการเลขที่ 49/2563

ผลการศึกษวิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลทั่วไป

จากตารางที่ 1 พบว่า กลุ่มตัวอย่างพนักงานขับรถขนส่งน้ำมันส่วนมากเป็นเพศชาย ร้อยละ 96.7 อายุเฉลี่ย 50 ปี การศึกษาส่วนมากจบชั้นประถมศึกษาร้อยละ 40.0 ส่วนมากไม่พบการมีโรคประจำตัว ร้อยละ 66.7 ในขณะที่โรคที่พบมากที่สุด คือ โรคเบาหวานร้อยละ 20.0 ทางด้านพฤติกรรมสุขภาพพบว่าส่วนมากนอนเฉลี่ยวันละ 6-8 ชั่วโมงต่อวัน ร้อยละ 63.3 พฤติกรรมการสูบบุหรี่ที่พบส่วนใหญ่ไม่มีพฤติกรรมการสูบบุหรี่ ร้อยละ 83.3 และพฤติกรรมการดื่มสุราพบว่าร้อยละ 60.0 ดื่มวันละ 1-5 ขวด

ตารางที่ 1 ข้อมูลบุคคลทั่วไป

	ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
เพศ	ชาย	29	96.7
	หญิง	1	3.3
ช่วงอายุ	อายุ 21 ปี – 29 ปี	1	3.3
	อายุ 30 ปี – 39 ปี	5	16.7
	อายุ 40 ปี – 49 ปี	6	20.0
	อายุ 50 ปี – 59 ปี	13	43.3
	อายุตั้งแต่ 60 ปี	5	16.7
	อายุเฉลี่ย	50 ปี	
	อายุ ต่ำสุด - สูงสุด	28 ปี ถึง 73 ปี	
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	± 11.1061	
ระดับการศึกษา	ไม่ได้เรียนหนังสือ	3	71.0
	ประถมศึกษา	12	40.0
	มัธยมศึกษาตอนต้น	11	36.7
	มัธยมศึกษาตอนปลาย	4	13.3
โรคประจำตัว	ไม่มี	20	66.7
	โรคเบาหวาน	6	20.0
	โรคความดันโลหิต	3	10.0
	อื่น ๆ	1	3.3
จำนวนเวลานอนต่อวัน	น้อยกว่า 6 ชั่วโมงต่อวัน	6	20.0
	6-8 ชั่วโมงต่อวัน	19	63.3
	มากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน	5	16.7
ประวัติการสูบบุหรี่	เฉลี่ยต่อวัน 1 – 10 มวน	3	10.0
	เฉลี่ยต่อวัน 11 – 20 มวน	2	6.7

	ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
ประวัติการดื่มสุรา	มากกว่า 20 มวน	0	0.0
	ไม่สูบบุหรี่	25	83.3
	เฉลี่ยต่อวัน 1 – 5 ขวด	18	60.0
	เฉลี่ยต่อวัน 6 – 10 ขวด	0	0.0
	มากกว่า 10 ขวด	0	0.0
	ไม่ดื่มสุรา	12	40.0

ตารางที่ 2 สมรรถภาพด้านการมองเห็น

	ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
สมรรถภาพด้านการมองเห็น	สายตาสปกติ	16	53.3
	สายตาสั้น	1	3.3
	สายตายาว	13	43.3
การแก้ไขกรณีพบความผิดปกติด้านการมองเห็น (n=14)	สวมใส่แว่นตา	9	64.3
	ไม่สวมใส่แว่นตาหรือคอนแทคเลนส์	5	35.7

จากตารางที่ 2 พบว่าสมรรถภาพด้านการมองเห็นของกลุ่มตัวอย่างนั้นร้อยละ 53.3 มีสายตาสปกติ และสายตายาว ร้อยละ 43.3 ซึ่งในกลุ่มผู้ปัญหาทางสายตาโดยมากจะสวมใส่แว่นตาร้อยละ 64.3

ส่วนที่ 2 ข้อมูลลักษณะการทำงาน

จากตารางที่ 3 พบว่า ประสบการณ์ทำงานเฉลี่ย 22 ปี ประเภทใบอนุญาตการขับขี่ที่ได้รับได้แก่ ใบอนุญาตประกอบการขนส่งประจำทางร้อยละ 13.3 ใบอนุญาตประกอบการขนส่งไม่ประจำทาง ร้อยละ 73.3 และใบอนุญาตประกอบการขนส่งส่วนบุคคลร้อยละ 13.3 ผู้ร่วมโดยสารขณะเดินหรือปฏิบัติงานโดยมากไม่มีผู้โดยสารร่วม ความเร็วเฉลี่ยที่ขับขี่รถขนส่ง 51 – 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และโดยมากไม่มีเวลาทำงานที่แน่นขึ้นอยู่คำสั่งซื้อของลูกค้า ระยะเวลาในการทำงานขับขี่ต่อวัน 6-8 ชั่วโมงต่อวัน จำนวนวันต่อสัปดาห์คือ มากกว่าหรือเท่ากับ 6 วันต่อสัปดาห์ ร้อยละ 76.7 ประสบการณ์การเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน ร้อยละ 83.3 ไม่เคยประสบอุบัติเหตุ

ตารางที่ 3 ข้อมูลลักษณะการทำงานของกลุ่มเป้าหมาย

ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ	
ประสบการณ์การทำงาน ด้านการขับขี่ยานพาหนะ เพื่อการขนส่ง	น้อยกว่า 10 ปี	6	20.0
	10 ปี – 19 ปี	3	10.0
	20 ปี – 29 ปี	9	30.0
	มากกว่า 29 ปี	12	40.0
	จำนวนปีเฉลี่ย	22 ปี	
	อายุงาน ต่ำสุด - สูงสุด	1 ปี – 50 ปี	
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	12.8064	
ประเภทใบอนุญาตการขับ ขี่	ใบอนุญาตประกอบการ ขนส่งประจำทาง	4	13.3
	ใบอนุญาตประกอบการ ขนส่งไม่ประจำทาง	22	73.3
	ใบอนุญาตประกอบการ ขนส่งโดยสารขนาดเล็ก	0	0.0
	ใบอนุญาตประกอบการ ขนส่งส่วนบุคคล	4	13.3
ผู้ร่วมโดยสารขณะเดิน หรือปฏิบัติงาน	1 – 2 คน	4	13.3
	มากกว่า 2 คน	3	10.0
	ไม่มี	23	76.7
ผู้ร่วมโดยสารมีหน้าที่ (n=7)	ผู้ร่วมโดยสาร	0	0.0
	ผู้ขับขี่ยานพาหนะ	7	100.0
ความเร็วเฉลี่ยในการขับขี่ยานพาหนะในการขนส่ง	น้อยกว่า 50 กม./ชม.	3	10.0
	51– 60 กม./ชม.	21	70.0
	มากกว่า 60 กม./ชม.	6	20.0
เวลาการทำงาน	มีกำหนดเวลาเริ่มงานและ เลิกงานที่ชัดเจน	9	30.0
	ไม่มีกำหนดเวลาเริ่มงาน และเลิกงานที่ชัดเจน	21	70.0
จำนวนชั่วโมงในการขับขี่ยานพาหนะ	น้อยกว่า 6 ชั่วโมงต่อวัน	9	30.0
	6-8 ชั่วโมงต่อวัน	15	50.0
	มากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน	6	20.0
ความถี่ในการขับรถขนส่ง	น้อยกว่า 3 วัน	4	13.3

ข้อมูล		จำนวน	ร้อยละ
ใน 1 สัปดาห์	3 – 5 วัน	3	10.0
	มากกว่า 5 วัน	23	76.7
ประสบการณ์การเกิดอุบัติเหตุทางท้องถนน	ไม่เคย	25	83.3
	เคย	5	16.7
สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ (n=5)	ฝนตกถนนลื่นเบรกไม่อยู่	1	20.0
	มีรถชนท้าย	2	40.0
	มีรถตัดหน้า	1	20.0
	รถชนท้าย และเบรกไม่อยู่	1	20.0
ประเภทของวัตถุ/วัสดุอันตราย	ก๊าซ (Gases)	7	23.3
	ของเหลวไวไฟ (Flammable liquid)	23	76.7
เลขที่ UN Number	1075	7	23.3
	30-1202,33-1203	22	73.3
	30-1202,33-1203,1088	1	3.3
หนังสือรับรองการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย (n=30)	หลักสูตรพื้นฐาน	28	93.3
	หลักสูตรพิเศษสำหรับการขนส่งวัตถุอันตราย ในรูปแบบแทงค์	28	93.3
	หลักสูตรพิเศษสำหรับการขนส่งวัตถุอันตราย ประเภทที่ 1 วัตถุระเบิด	23	76.7
	หลักสูตรพิเศษสำหรับการขนส่งวัตถุอันตราย ประเภทที่ 7 วัสดุกัมมันตรังสี	8	26.7
	ไม่ได้ผ่านการอบรม และรับรองการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย	3	10.0

ส่วนที่ 3 ข้อปฏิบัติในการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย

ตารางที่ 4 ระดับพฤติกรรมในการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย รายข้อ

(ก่อนเคลื่อนรถออกจากจุดรับวัตถุ/วัสดุอันตราย)

ข้อปฏิบัติ	คะแนน	ระดับพฤติกรรม
1.ตรวจสอบเอกสารรายชื่อสินค้าว่าตรงกับสินค้าที่จะขนส่ง	4.00	ดี
2.ตรวจสอบเครื่องหมาย และฉลากบนบรรจุภัณฑ์ และป้ายบนยานพาหนะว่าถูกต้องตรงกับประเภทของวัตถุที่บรรจุ และบรรจุทุกหรือไม่	3.93	ดี
3.ตรวจสอบเอกสารกำกับขนส่งว่ามีข้อมูลกรอกไว้อย่างครบถ้วน	3.93	ดี
4.ตรวจสอบว่ามีเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของวัตถุที่จะขนส่ง	3.90	ดี
5.ตรวจสอบบรรจุภัณฑ์ที่จะขนส่งว่าอยู่ในสภาพดีเรียบร้อยไม่แตกหรือชำรุดเสียหาย	3.97	ดี
6.ตรวจสอบเครื่องมือและอุปกรณ์ความปลอดภัยประจำรถว่ามีครบถ้วนและอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้	3.87	ดี
7.การกำหนดเส้นทางการเดินทางก่อนออกเดินทาง	3.83	ดี
คะแนนเฉลี่ย	3.24	ดี
คะแนน ต่ำสุด - สูงสุด	3.83 – 4.00 คะแนน	
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0531	

จากตารางที่ 4 พบว่า ระดับพฤติกรรมในการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย รายข้อ ด้านการเตรียมพร้อมก่อนเคลื่อนรถออกจากจุดรับวัตถุ/วัสดุอันตราย มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.24 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับดี

ตารางที่ 5 ระดับพฤติกรรมในการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย รายข้อ (การตรวจสภาพรถ)

ข้อปฏิบัติ	คะแนน	ระดับพฤติกรรม
1.ตรวจสอบความพร้อมของรถและอุปกรณ์ส่วนควบคุม	3.97	ดี
2.ตรวจสภาพรถ เช่น ความดันของลมยาง รอยรั่ว หรือข้อบกพร่องก่อนออกรถ หากพบว่าบกพร่องระหว่างการขนส่งควรจอดรถและแก้ไขทันที	3.93	ดี
3.ตรวจสภาพยาง ทุก ๆ 2 ชั่วโมง หรือประมาณ 150 กม. หากพบว่ามีข้อบกพร่อง เช่น พบว่ายางเส้นใดเส้นหนึ่งร้อนกว่าปกติให้จอดรถในที่ปลอดภัย และเปลี่ยนยางเส้นที่ร้อนออก	2.96	พอใช้
คะแนนเฉลี่ย	3.62	ดี
คะแนน ต่ำสุด - สูงสุด	2.96 - 3.97 คะแนน	
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.4637	

จากตารางที่ 5 พบว่า ระดับพฤติกรรมในการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย รายข้อ ด้านการตรวจสภาพรถ มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.62 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับดี

ตารางที่ 6 ระดับพฤติกรรมในการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย รายข้อ

(การเก็บดูแลรถระหว่างการขนส่ง : หากมีเหตุฉุกเฉินจำเป็นต้องจอดรถที่ยังมีวัตถุอันตรายอยู่ในรถเป็นเวลานาน ควรดำเนินการ)

ข้อปฏิบัติ	คะแนน	ระดับพฤติกรรม
1.จอดรถในสถานที่ที่มีผู้ควบคุมดูแล หรือในคลังสินค้า หรือในโรงงานที่มีหน่วยรักษาความปลอดภัยโดยแจ้งผู้ควบคุมให้ทราบว่าสินค้าที่บรรทุกมีอันตรายอย่างไร ถ้าผู้ขับรถไม่อยู่ที่รถต้องแจ้งให้ผู้ควบคุมทราบที่อยู่ เพื่อให้สามารถติดต่อได้สะดวก รวดเร็ว	3.57	ดี
2.ถ้าไม่สามารถหาที่จอดตามข้อ 1) ได้ ให้จอดรถในที่สำหรับจอดรถโดยทั่วไปได้ แต่ต้องเป็นสถานที่ปลอดภัย และต้องมีผู้ดูแลรถตลอดเวลา	1.27	ควรปรับปรุง
3.ถ้าไม่สามารถหาที่จอดรถตามข้อ 1) หรือ 2) ได้ ให้จอดรถห่างจากทางหลวงและชุมชน โดยต้องมีผู้ดูแลรถตลอดเวลา	0.90	ควรปรับปรุง
คะแนนเฉลี่ย	1.91	ควรปรับปรุง
คะแนน ต่ำสุด - สูงสุด	0.9 – 3.57	คะแนน
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.1802	

จากตารางที่ 6 พบว่า ระดับพฤติกรรมในการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย รายข้อ ด้านการเก็บดูแลรถระหว่างการขนส่ง : หากมีเหตุฉุกเฉินจำเป็นต้องจอดรถที่ยังมีวัตถุอันตรายอยู่ในรถเป็นเวลานานควรดำเนินการ มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 1.91 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับควรปรับปรุง

จากตารางที่ 7 พบว่า ระดับพฤติกรรมในการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย รายข้อ ด้านการทำความสะอาดรถหลังจากการขนถ่ายวัตถุอันตรายมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 2.25 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้

ตารางที่ 7 ระดับพฤติกรรมในการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย รายข้อ

(การทำความสะอาดรถหลังจากการขนถ่ายวัตถุอันตราย)

ข้อปฏิบัติ	คะแนน	ระดับพฤติกรรม
1.กรณีใช้รถบรรทุกหีบห่อ ภาชนะ หรือถังที่ยกขึ้นลงได้เมื่อมีวัตถุอันตรายตกหล่นหลังทำการขนถ่ายเสร็จแล้วต้องทำ ความสะอาดอย่าง ถูกต้อง และระมัดระวังไม่ให้วัสดุดูดซับหรือน้ำที่ชะล้างรถนั้นไหลลงสู่ลำ น้ำสาธารณะ	3.5	ดี
2.กรณีใช้รถบรรทุกวัตถุอันตรายชนิดหนึ่งและจะเปลี่ยนไปบรรทุกอีก ชนิดหนึ่ง ต้องทำความสะอาดถังที่บรรทุกนั้น และระมัดระวังไม่ให้วัตถุ อันตรายปนเปื้อนออกสู่สภาพแวดล้อมข้างนอกได้	1.0	ควรปรับปรุง
คะแนนเฉลี่ย	2.25	พอใช้
คะแนน ต่ำสุด - สูงสุด	1.0 – 3.5 คะแนน	
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.2512	

ตารางที่ 8 ระดับพฤติกรรมในการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย

ระดับพฤติกรรม	จำนวน	ร้อยละ
ระดับคะแนนน้อยกว่า 19 คะแนน คือ ระดับพฤติกรรมควรปรับปรุง	0	0.0
ระดับคะแนน ระหว่าง 19 – 40 คะแนน คือ ระดับพฤติกรรมปานกลาง	0	0.0
ระดับคะแนนมากกว่า 40 คะแนน คือ ระดับพฤติกรรมดี	30	100.0
คะแนนเฉลี่ย	48.5	ดี
คะแนน ต่ำสุด - สูงสุด	43 – 58 คะแนน	
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	± 4.041	

จากตารางที่ 8 พบว่า ระดับพฤติกรรมในการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตรายในภาพรวมนั้น มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 48.5 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับพฤติกรรมที่ดี

ส่วนที่ 3 ความรู้ด้านการข้บรณขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย

ตารางที่ 9 ระดับความรู้ด้านการข้บรณขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย แยกรายชื่อ

ความรู้ด้านการข้บรณขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย	คะแนน	ระดับความรู้
1.ระเบียบวิธีปฏิบัติในการขนส่ง	0.97	ดี
2.ประเภทของวัตถุอันตรายทั้ง 9 ประเภท	0.43	ควรปรับปรุง
3.วิธีการใช้ MSDS ใบกำกับขนส่ง และเอกสารเกี่ยวกับการตอบโต้เหตุฉุกเฉิน	0.76	ดี
4.ความหมายของสัญลักษณ์ ฉลาก ป้าย และเครื่องหมายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวัตถุอันตราย	0.87	ดี
5.ข้อปฏิบัติระหว่การขนส่ง	0.97	ดี
6.การคัดแยกประเภทสินค้าอันตราย	0.80	ดี
7.การตอบโต้เหตุฉุกเฉินเบื้องต้น	0.97	ดี
8.การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล	0.93	ดี
9.อุปกรณ์และขั้นตอนการใช้งาน (Loading/Unloading)	0.93	ดี
10.การตรวจตราอุปกรณ์	0.97	ดี
11.การตรวจสอบความปลอดภัย เมื่อพบกองไฟอยู่ข้างทางเดินรถข้างหน้า ต้องตรวจสอบให้แน่ชัดว่าปลอดภัยจึงข้บรณผ่านไปได้ ไม่ควรจอดรถใกล้กองไฟในระยะน้อยกว่า 50 เมตร	0.90	ดี
12.จุดบนไหล่ทางให้ห่างจากเส้นขอบถนนไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร	0.87	ดี
13.หากจำเป็นต้องจอดรถเนื่องจากเครื่องยนต์ข้ดข้องให้แสดงเครื่องหมายรถข้ดข้อง	1	ดี
14.หลังเกิดเหตุแจ้ง 199 และบุคคลที่เกี่ยวข้องให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้	0.8	ดี

จากตารางที่ 9 พบว่าระดับความรู้ด้านการข้บรณขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย แยกชื่อนั้นอยู่ในระดับที่ดี

ตารางที่ 10 ระดับความรู้ในการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตราย

ระดับความรู้	จำนวน	ร้อยละ
ระดับคะแนนน้อยกว่า 5 คะแนน คือ ระดับความรู้ปรับปรุง	0	0.0
ระดับคะแนน ระหว่าง 5 – 9 คะแนน คือ ระดับความรู้ปานกลาง	1	3.3
ระดับคะแนนมากกว่า 9 คะแนน คือ ระดับความรู้ดี	29	96.7
คะแนนเฉลี่ย	12.1	ดี
คะแนน ต่ำสุด - สูงสุด	8 – 14	
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	± 1.592	

จากตารางที่ 10 พบว่า ระดับความรู้ในการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตรายนั้น มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 12.1 ซึ่งอยู่ในระดับที่ดี

ส่วนที่ 5 เครื่องมือและอุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับรถบรรทุกวัตถุอันตราย

ตารางที่ 11 ระดับความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับรถบรรทุกวัตถุอันตราย แยกรายชื่อ

เครื่องมือและอุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับรถบรรทุกวัตถุอันตราย	คะแนน	ระดับความพร้อม
1. ถังดับเพลิง	1.00	ดี
2. เครื่องมือสำหรับซ่อมรถกรณีฉุกเฉิน	0.67	พอใช้
3. หมอนสำหรับหนุนล้อรถ	0.93	ดี
4. อุปกรณ์ไฟสัญญาณฉุกเฉินแบบเคลื่อนย้ายได้	0.80	ดี
5. เครื่องหมายสะท้อนแสงที่สามารถตั้งกับพื้นได้ เพื่อใช้ในกรณีรถขัดข้อง	0.87	ดี
6. เสื้อสะท้อนแสง	0.63	พอใช้
7. ก่อปรระดมพยาบาลเบื้องต้น	0.17	ควรปรับปรุง
8. อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (Personal Protection Equipment)		
— อุปกรณ์ป้องกันตา	0.77	ดี
— เครื่องช่วยหายใจ	0.17	ควรปรับปรุง
— รองเท้าหุ้มข้อหรือรองเท้านิรภัย	0.80	ดี
— ถุงมือ	1.00	ดี
— ผ้ากันเปื้อน เข็มหรือ ชุดป้องกันสารเคมี	0.33	ควรปรับปรุง
— ค้อนทุบกระจกนิรภัย	0.37	ควรปรับปรุง

จากตารางที่ 11 พบว่ามีบางรายการที่ต้องได้รับการปรับปรุงตามความเหมาะสมเพื่อให้เกิดความปลอดภัยมากขึ้นกรณีฉุกเฉินซึ่งได้แก่ การเพิ่มกล่องประถมพยาบาล เครื่องช่วยหายใจ ผ้ากันเปื้อน เข็มหรือชุดป้องกันสารเคมี และค้อนทุบกระจกนิรภัย

ตารางที่ 12 ระดับความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับรถบรรทุกวัตถุอันตราย

ระดับความพร้อม	จำนวน	ร้อยละ
ระดับคะแนนน้อยกว่า 4 คะแนน คือ ระดับความพร้อมควรปรับปรุง	2	6.7
ระดับคะแนน ระหว่าง 4 – 8 คะแนน คือ ระดับความพร้อมปานกลาง	11	36.7
ระดับคะแนนมากกว่า 8 คะแนน คือ ระดับความพร้อมดี	17	56.7
คะแนนเฉลี่ย	8.5	ดี
คะแนน ต่ำสุด - สูงสุด	4 – 12	
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	± 1.776	

จากตารางที่ 12 พบว่าระดับความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับรถบรรทุกวัตถุอันตรายนั้น มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 8.5 ซึ่งอยู่ในระดับที่ดี

สรุปผลและเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional descriptive study) เพื่อประเมินความสามารถ และศึกษาความพร้อมด้านความปลอดภัยของผู้ขับขี่รถขนส่งวัตถุอันตราย ซึ่งจากการศึกษานี้พบว่ากลุ่มตัวอย่างพนักงานขับรถขนส่งน้ำมันส่วนมากเป็นเพศชาย ร้อยละ 96.7 อายุเฉลี่ย 50 ปี การศึกษาส่วนมากจบชั้นประถมศึกษา ร้อยละ 40.0 ส่วนมากไม่พบการมีโรคประจำตัว ร้อยละ 66.7 ในขณะที่โรคที่พบมากที่สุด คือ โรคเบาหวาน ร้อยละ 20.0 ทางด้านพฤติกรรมสุขภาพพบว่าส่วนมากนอนเฉลี่ยวันละ 6-8 ชั่วโมงต่อวัน ร้อยละ 63.3 พฤติกรรมการสูบบุหรี่พบส่วนใหญ่ไม่มีพฤติกรรมการสูบบุหรี่ ร้อยละ 83.3 และพฤติกรรมการดื่มสุราพบว่า ร้อยละ 60.0 ดื่มวันละ 1-5 ขวด สอดคล้องกับการศึกษา นิพาวรรณ์ แสงพรหม และคณะ (2564) ที่ศึกษาเรื่อง “ความรู้ และพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุจากการทำงานของพนักงาน ขับรถบรรทุกน้ำมัน กรณีศึกษา: บริษัทแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา” พบว่าลักษณะของกลุ่มประชากรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 100 พบมากในช่วงอายุ 50 – 60 ปี และมีประสบการณ์ในการขับรถบรรทุกขนส่งน้ำมัน ส่วนใหญ่ 10 ปีขึ้นไป ร้อยละ 17.80 ส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 75.70 และไม่เคยประสบอุบัติเหตุจากการขับรถบรรทุกในปีที่ผ่านมา ร้อยละ 79.9

ระดับพฤติกรรมในการขนส่งวัตถุ/วัสดุอันตรายในภาพรวมนั้น มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 48.5 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับพฤติกรรมที่ดี เป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาก่อนหน้า โดยนิพาวรรณ์ แสงพรหม และคณะ (2564) ได้แสดงความรู้เรื่องกฎหมาย กฎระเบียบ และมาตรการในการควบคุมการทำงานของพนักงานขับรถบรรทุกน้ำมัน อยู่ในระดับดี ร้อยละ 89.40 และ พฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุของพนักงานขับรถบรรทุกน้ำมัน อยู่ใน

ระดับดีมาก ร้อยละ 98.20 โดยผลการศึกษาด้านพฤติกรรมพบว่า พฤติกรรมก่อนรถออกจากจุดรับและการตรวจสภาพรถ ได้คะแนนระดับดี ในขณะที่พฤติกรรมการดูแลระหว่างขนส่งในกรณีที่ต้องมีการจอดรอขณะที่ยังมีวัตถุอันตรายอยู่ในรถ ได้ระดับคะแนนอยู่ในเกณฑ์ที่ควรปรับปรุง และพฤติกรรมการทำความสะดวกหลังจากการขนถ่ายวัตถุอันตราย ได้ระดับคะแนนอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ทางด้านความรู้ด้านการขับรถขนส่งวัตถุอันตรายพบว่า มีระดับความรู้ดี ระดับความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับรถขนส่งวัตถุอันตรายพบว่ามีอยู่ในเกณฑ์ดี ยกเว้นเครื่องมือซ่อมรถกรณีฉุกเฉินมีระดับคะแนนอยู่ในเกณฑ์พอใช้

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการส่งเสริมความสามารถของผู้ขับขี่รถขนส่งวัตถุอันตรายโดยเฉพาะ พฤติกรรมการดูแลระหว่างขนส่งในกรณีที่ต้องมีการจอดรอขณะที่ยังมีวัตถุอันตรายอยู่ รวมทั้งการจัดเตรียมความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับรถขนส่งวัตถุอันตรายในกรณีฉุกเฉินให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่องการประเมินความเสี่ยง และวางแผนตอบสนองต่ออุบัติเหตุจากการขนส่งวัตถุอันตราย เส้นทางจากเขตพัฒนาเศรษฐกิจพิเศษ ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณด้าน ววน. ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2563 (Re-Submit) ปีงบประมาณ 2563

เอกสารอ้างอิง

- ไทยรัฐออนไลน์. (2020, 11 มกราคม). *thairath*. <https://www.thairath.co.th/news/local/north/1966571>
- กรมขนส่งทางบก. (2563). *ประกาศกรมการขนส่งทางบก เรื่อง การดำเนินการด้านใบอนุญาตขับรถและผู้ประจำรถ ตามประกาศสถานการณ์ฉุกเฉินในทุกเขตท้องที่ทั่วราชอาณาจักร (ฉบับที่2)*. กรมขนส่งทางบก.
- กฤษณสิทธิ์ บังคะดานรา, สรา อภรณ์, อรวรรณ แก้วบุญชู และณัฐกมล ชาญสาธิตพร.(2555). ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับความสามารถในการทำงานของพนักงานขับรถบรรทุกสารเคมี. *วารสารพยาบาลศาสตร์และสุขภาพ*, 35(2), 62-71.
- นิเวศ ธรรมชัยชูศักดิ์ และ และกฤษฎ์นันท์ รัตนแสนวงษ์. (2559). ประสิทธิภาพของการพัฒนาขีดความสามารถทางด้านระบบความปลอดภัยในการขนส่งสินค้าอันตรายของประเทศไทย. *วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต*, 4(1), 45-59.
- นิภาวรรณ แสงพรม, ชายแดน สำนวนกลาง, วีระยุทธ์ คำเขียว, เสถียร พุ่งจันทร์ และกิตติ สิทธิสงวนพันธ์ (2564). ความรู้ และพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุจากการทำงานของพนักงาน ขับรถบรรทุกน้ำมัน กรณีศึกษา: บริษัทหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยบูรพา*, 13(1), 174-185.
- วิเชียร เกตุสิงห์. (2538). สถิติที่ใช้ในการวิจัย. กองการวิจัย, สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain*. David McKay Co Inc.

Erkut, E., & Ingolfsson, A. (2005). Transport risk models for hazardous materials: revisited. *Operations Research Letters*, 33(1), 81–89. <https://doi.org/10.1016/j.orl.2004.02.006>

**ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดจากการทำงาน บรรยากาศความปลอดภัยกับ
พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องจักรใน
อุตสาหกรรมก่อสร้างแห่งหนึ่ง จังหวัดสระบุรี**

**The Association between Work Stress, Safety Climate and Safety Behavior among
Machinery Workers in A Construction Industry, Saraburi Province**

พชรกมล กลั่นบุศย์¹ นิติพร อยู่สบาย²

หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์^{1,2}

*Corresponding author: E-mail: Patcharakamon@vru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาเชิงวิเคราะห์ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานและ
ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดจากการทำงาน บรรยากาศความปลอดภัยกับพฤติกรรมความปลอดภัยในการ
ทำงานของพนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องจักรในอุตสาหกรรมก่อสร้างแห่งหนึ่ง จังหวัดสระบุรี กลุ่มตัวอย่างได้
จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย จำนวน 76 คน เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม ประกอบด้วย 5
ส่วน ดังนี้ 1) ข้อมูลส่วนบุคคล 2) ข้อมูลการทำงาน 3) ความเครียดจากการทำงาน 4) บรรยากาศความปลอดภัย
และ 5) พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน เก็บข้อมูลระหว่างกันยายนถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2563
วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วย ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและ
สถิติทดสอบไคสแควร์ (Chi-square Test) เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับพฤติกรรมความ
ปลอดภัยในการทำงานของพนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องจักร

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 76.32 มีอายุเฉลี่ย 37.80 ปี จบ
การศึกษาในระดับประถมศึกษา ร้อยละ 34.22 มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 60.53 และมีชั่วโมงการนอนหลับ
เฉลี่ย 7.93 ชั่วโมง ด้านปัจจัยการทำงาน กลุ่มตัวอย่างมีอายุการทำงาน เฉลี่ย 11.28 ปี โดยส่วนใหญ่มีการ
ทำงานล่วงเวลา ร้อยละ 67.11 ด้านความเครียดจากการทำงานของกลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปาน
กลาง ร้อยละ 38.15 บรรยากาศความปลอดภัย ส่วนใหญ่อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ร้อยละ 44.74 พฤติกรรมความ
ปลอดภัยในการทำงานส่วนใหญ่ อยู่ในระดับไม่ดี ร้อยละ 77.63 และพบว่าความเครียดจากการทำงาน (p -
value = 0.020) และบรรยากาศความปลอดภัย (p -value = 0.005) มีความสัมพันธ์พฤติกรรมความปลอดภัยใน
การทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นสถานประกอบการส่งเสริมการสื่อสารในด้านการทำงาน
อย่างปลอดภัยมากขึ้นและมีการจัดกิจกรรมเพื่อความเครียดในพนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องจักร

คำสำคัญ: ความเครียดจากการทำงาน; บรรยากาศความปลอดภัย; พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน

Abstract

This analytic study aimed to study safety behavior and the association between job stress, safety climate and safety behavior among machinery workers in a Construction Industry, Saraburi Province. The sample were 76 Machinery Workers, selected by simple random sampling. The research instruments were questionnaires including of 5 parts 1) personal information 2) work information 3) job stress 4) safety climate and 5) safety behavior. Data collection was conducted during September to November 2020. Descriptive statistics, consisting of frequency, percentage, mean, standard deviation and Chi-square test were used to analyze the relationship between study factors and safety behavior among machinery workers.

The results showed that most of samples were male (76.32%) with average age was 37.80 years old. Most of them graduated from primary school (34.22 %). More than half of them were married (60.53 %). For work information, the samples had average work experience was 11.28 years and most of them (67.11%) worked overtime. According to job stress, most of them (38.15%) had job stress at moderate level. With regards to safety climate, more than half of them (44.74 %) indicated that it was in slightly low level. For safety behavior, it revealed that most of them (77.63%) were at low level. In addition, it was found that job stress (p -value = 0.020) and safety behavior (p -value = 0.005) were significantly associated with safety behavior at α = 0.05. Regarding to the result, the industry should support to the safety communication among machinery workers and provide activities to reduce the level of job stress of machinery workers

Keywords: Work Stress; Safety Climate; Safety Behavior

บทนำ

อุตสาหกรรมก่อสร้างถือเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเสี่ยงสูงเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมประเภทอื่น เนื่องจากเป็นภายใต้การดำเนินงานของอุตสาหกรรมก่อสร้าง ประกอบด้วย หลายหน่วยงานย่อย และส่วนใหญ่ มักมีลักษณะงานที่มีความจำเป็นที่ต้องทำงานกับเครื่องจักร อุปกรณ์ รวมทั้งยานพาหนะต่างๆที่มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการทำงาน จึงทำให้ภาครัฐมีการกำหนดกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในงานก่อสร้างของประเทศไทยขึ้น เพื่อคุ้มครองความปลอดภัยของพนักงานก่อสร้าง (วัชรพงศ์ ดีวงศ์, 2564) รวมถึงการให้ความสำคัญของความปลอดภัยของพนักงานในภาคอุตสาหกรรม นายจ้างจึงมีการปฏิบัติตามข้อกำหนดทางกฎหมาย โดยการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงาน รวมทั้งมีการควบคุมพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในขณะทำงาน แต่อย่างไรก็ตามจากสถิติการประสูติอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน ในปี 2562 ของอุตสาหกรรมก่อสร้าง มีจำนวนการประสูติอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน รวมทั้งสิ้น 11,599 กรณี และมีสัดส่วนการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุจากการก่อสร้างเพิ่มขึ้นร้อยละ 16 (วุฒินันท์ ปัทมวิสุทธิ, 2564)

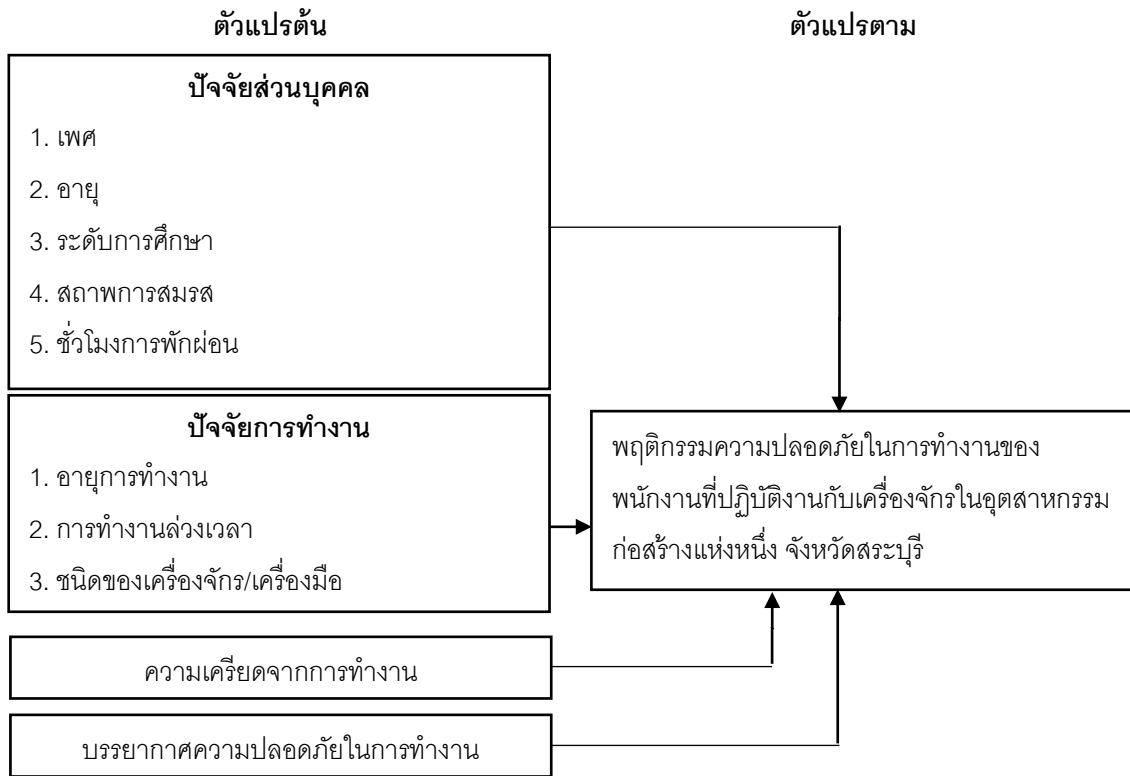
การเกิดอุบัติเหตุจากการทำงานในอุตสาหกรรมก่อสร้าง มักมีสาเหตุมาจาก 2 สาเหตุหลักจากทฤษฎีการเกิดอุบัติเหตุของ Heinrich H.W. (1978) คือ 1) สภาพแวดล้อมในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย เช่น ลักษณะงาน สภาพอากาศ เป็นต้น และ 2) มีพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัยของพนักงาน เช่น การไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัย การขาดความระมัดระวังในขณะที่มีการทำงาน การขาดความรู้ในการปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง เป็นต้น ด้วยสาเหตุดังกล่าวจะนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุจากการทำงานและส่งผลให้เกิดความสูญเสียขึ้นได้ทั้งทางตรง เช่น ค่ารักษาพยาบาล และการสูญเสียทางอ้อม เช่น ค่าใช้จ่ายในการหยุดงาน เป็นต้น ดังนั้น การส่งเสริมพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงาน ซึ่งเป็นแสดงออกของการกระทำของพนักงานที่เป็นไปตามกฎระเบียบและมาตรการความปลอดภัย เพื่อทำให้เกิดความปลอดภัยและลดโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุให้น้อยที่สุด จึงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่ง (นาถ สุขศิลป์และ วรภูมิ เบญจโอฬาร, 2558)

จากเหตุผลในข้างต้นจะเห็นได้ว่าพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยลดการเกิดอุบัติเหตุจากการทำงาน และพนักงานเป็นบุคคลากรที่สำคัญที่มีผลต่อกระบวนการทำงานของสถานประกอบการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานและความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดจากการทำงาน บรรยากาศความปลอดภัยกับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องจักรเพื่อใช้ผลการศึกษาเป็นแนวทางในการส่งเสริมพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงาน และนำไปสู่การทำงานอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องจักรในอุตสาหกรรมก่อสร้างแห่งหนึ่ง จังหวัดสระบุรี
2. เพื่อความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดจากการทำงาน บรรยากาศความปลอดภัยกับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องจักรในอุตสาหกรรมก่อสร้างแห่งหนึ่ง จังหวัดสระบุรี

กรอบแนวคิดงานวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ พนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องจักร จำนวน 76 คน มีการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากสูตรการคำนวณของทาโร่ ยามาเน่ ที่ความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 5 ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการเก็บข้อมูล จึงเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 10 และคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย โดยเก็บข้อมูลระหว่างเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้ 1) แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล จำนวน 5 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส ชั่วโมงการพักผ่อน 2) แบบสอบถามข้อมูลด้านการทำงาน จำนวน 3 ข้อ ได้แก่ อายุการทำงาน การทำงานล่วงเวลา (OT) ชนิดของเครื่องจักร/เครื่องมือที่พนักงานปฏิบัติงานหลัก 3) ความเครียดจากการทำงาน จำนวน 25 ข้อ ประกอบด้วยด้านลักษณะงาน ด้านนโยบายองค์กร ด้านผลตอบแทน ด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน และด้านสัมพันธภาพในการทำงาน 4) บรรยากาศความปลอดภัย ของ Nordic (NOSACQ-50) ฉบับภาษาไทย จำนวน 50 ข้อ ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ คือ ความสามารถและความรับผิดชอบด้านความปลอดภัยของฝ่ายบริหารการจัดการด้านเสริมพลัง การมีส่วนร่วมด้านความปลอดภัยของลูกจ้าง การจัดการด้านความยุติธรรมด้านความปลอดภัย ความรับผิดชอบด้านความปลอดภัยของลูกจ้าง การจัดอันดับความสำคัญและการยอมรับการลดความเสี่ยงของลูกจ้าง การเรียนรู้ การสื่อสาร และความไว้วางใจของเพื่อนร่วมงานและความเชื่อมั่นใน

ประสิทธิภาพของระบบความปลอดภัย 5) พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน จำนวน 20 ข้อ มีการตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective congruence : IOC) เท่ากับ 0.78 และได้้นำคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับแก้ไข ก่อนนำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try out) กับพนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องจักร จำนวน 30 คนและเก็บข้อมูลเพื่อหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) โดยได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบถาม เท่ากับ 0.86 หลังจากเก็บข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล และนำข้อมูลไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ สถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วย ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติทดสอบไคสแควร์ (Chi-square tests) ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วยผลการศึกษาข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลการทำงาน ความเครียดจากการทำงาน บรรยากาศความปลอดภัย พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน ดังต่อไปนี้

ข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลการทำงาน พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 76.32 โดยมีอายุเฉลี่ย 37.80 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา ร้อยละ 34.22 มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 60.53 ส่วนใหญ่ ร้อยละ 51.32 มีชั่วโมงการพักผ่อนมากกว่า 7 ชั่วโมง เฉลี่ย 7.93 ชั่วโมง ในด้านการทำงาน กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 64.47 มีอายุการทำงานน้อยกว่า 12 ปี เฉลี่ย 11.28 ปี ส่วนใหญ่ทำงานล่วงเวลา ร้อยละ 67.11 และทำงานกับเครื่องจักรหรือเครื่องมือ ประเภทเครน ร้อยละ 34.21

ข้อมูลความเครียดจากการทำงาน พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความเครียดอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 38.15 รองลงมาอยู่ในระดับมากและน้อย ร้อยละ 32.90 และร้อยละ 28.95 ตามลำดับ

ข้อมูลบรรยากาศความปลอดภัย พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความคิดเห็นถึงบรรยากาศความปลอดภัยในสถานประกอบการอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ร้อยละ 44.74 รองลงมาอยู่ในระดับต่ำและระดับค่อนข้างดี ร้อยละ 34.21 และร้อยละ 21.05 ตามลำดับ

ข้อมูลพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน อยู่ในระดับไม่ดี ร้อยละ 77.63 รองลงมาอยู่ในระดับดี ร้อยละ 23.68

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน พบว่า ความเครียดจากการทำงาน (p -value = 0.020) และบรรยากาศความปลอดภัย (p -value = 0.005) มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p -value < 0.05) ดังแสดงในตารางที่ 1 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความเครียดในการทำงานในระดับปานกลางและระดับมาก โดยกลุ่มตัวอย่างต้องทำงานกับเครื่องจักรหรือเครื่องมือที่สามารถทำให้เกิดอุบัติเหตุจากการทำงาน และอาจทำให้พนักงานมีความรู้สึกกดดัน ไม่สบายใจ หรือวิตกกังวลกับลักษณะงานที่รวมถึงปริมาณงานที่ได้รับมอบหมาย นอกจากนี้หากงานมีความเร่งด่วน อาจส่งผลต่อพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน

ทำให้พนักงานต้องทำงานอย่างเร่งรีบ และขาดความระมัดระวังในขณะที่ปฏิบัติงานได้ ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Morrow, Stephanie L. McGonagle, Alyssa K. Dove-Steinkamp, Megan L. Walker, Curtis T. Marmet, Matthew Barnes-Farrell, Janet L. (2010) ที่ระบุว่าความตึงเครียดในการทำงานมีความสัมพันธ์พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน งานวิจัยของ Wu et al. (2018) ซึ่งได้ศึกษาการพัฒนามาตรวัดความเครียดของคนงานก่อสร้างเพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดจากการทำงานและพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน โดยผลการศึกษาระบุว่าความเครียดในการทำงานมีความสัมพันธ์เชิงลบกับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน หากความเครียดในการทำงานเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานลดลง

นอกจากนี้จากผลการศึกษา พบว่าบรรยากาศการทำงานมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจอธิบายได้ว่าบรรยากาศความปลอดภัยเป็นความรู้สึกของกลุ่มตัวอย่างมีต่อความปลอดภัยของสภาพแวดล้อมในการทำงาน จากผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ร้อยละ 35.53 มีความเห็นว่าบรรยากาศความปลอดภัย อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ และมีพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานในระดับไม่ดี ซึ่งจากการวิเคราะห์รายชื่อพบว่าพนักงานส่วนใหญ่มีความคิดเห็นในเชิงลบกับการรับรู้ของฝ่ายบริหารในการพิจารณาข้อเสนอแนะด้านความปลอดภัยที่มาจากลูกจ้าง ไม่มีการวางแผนด้านความปลอดภัยไว้ล่วงหน้า เนื่องจากไม่มีประโยชน์ และการมองว่าการความเสี่ยงต่างๆ เป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ส่งผลทำให้ลูกจ้างไม่มีการให้ความสำคัญกับการมีพฤติกรรมการทำงานอย่างปลอดภัย และทำให้บรรยากาศความปลอดภัย มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาของ สุกลทิพย์ สุขขำจรรยาและจุมพฏ บริราช (2559) และการศึกษาของดาจิน วัฒนสิทธิ์และอัศวรณณ์ แสงวิภาค (2564) ที่พบว่าบรรยากาศความปลอดภัยมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน และสอดคล้องกับการศึกษาในต่างประเทศของ Sainan Lyu et al. (2018) ซึ่งได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศความปลอดภัย พฤติกรรมความปลอดภัยและผลลัพธ์ด้านความปลอดภัยในพนักงานก่อสร้าง และระบุว่าบรรยากาศความปลอดภัยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับพฤติกรรมความปลอดภัยของพนักงานก่อสร้าง และอย่างไรก็ตามไม่สอดคล้องกับการศึกษาของทรงศักดิ์ มณฑา (2560) ซึ่งได้ศึกษาพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานสายการผลิต และพบว่า บรรยากาศความปลอดภัยในการทำงาน ไม่มีผลต่อพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานสายการผลิต อย่างไรก็ตามไม่พบความสัมพันธ์ระหว่าง เพศ (p -value = 0.71) อายุ (p -value = 0.55)ระดับการศึกษา (p -value = 0.07) สถานภาพการสมรส (p -value = 0.84) ชั่วโมงการพักผ่อน (p -value = 0.06) อายุการทำงาน (p -value = 0.58) การทำงานล่วงเวลา (p -value = 0.19) ชนิดของเครื่องจักร/อุปกรณ์ (p -value = 0.68) กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน (n=76)

ปัจจัยที่ศึกษา	พฤติกรรมความปลอดภัยในการ ทำงานจำนวน (ร้อยละ)		รวม	p-value
	ดี	ไม่ดี		
ปัจจัยส่วนบุคคล				
เพศ				0.71
ชาย	13 (17.11%)	45 (59.21%)	58 (76.32%)	
หญิง	4 (5.26%)	14 (18.42%)	18 (23.68%)	
อายุ (ปี)				0.55
น้อยกว่า 30	12 (15.79%)	23 (30.26%)	35 (46.05%)	
ระหว่าง 30 ถึง 40	3 (3.95%)	3 (3.95%)	6 (7.90%)	
มากกว่า 40	2 (2.63%)	33 (43.42%)	35 (46.05%)	
$\bar{X} = 37.80, s.d. = 10.89$				
ระดับการศึกษา				0.07
ประถมศึกษา	1 (1.33%)	25 (32.89%)	26 (34.22%)	
มัธยมศึกษาตอนต้น	4 (5.26%)	21 (27.63%)	25 (32.89%)	
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	12 (15.79%)	13 (17.11%)	25 (32.89%)	
สถานภาพสมรส				0.84
โสด	5 (6.58%)	12 (15.79%)	17 (22.37%)	
สมรส	4 (5.26%)	42 (55.26%)	46 (60.53%)	
หม้าย/หย่าร้าง/แยกกันอยู่	8 (10.5%)	5 (6.58%)	13 (17.10%)	
ชั่วโมงการพักผ่อน (ชั่วโมง/วัน)				0.06
น้อยกว่า 7	4 (5.26%)	33 (43.42%)	37 (48.68%)	
มากกว่าหรือเท่ากับ 7	13 (17.11%)	26 (34.21%)	39 (51.32%)	
$\bar{X} = 7.93 ; s.d. = 1.51$				
ปัจจัยด้านการทำงาน				
อายุการทำงาน (ปี)				0.58
น้อยกว่า 12	10 (13.16%)	39 (51.32%)	49 (64.47%)	
มากกว่าหรือเท่ากับ 12	7 (9.21%)	20 (26.31%)	27 (35.53%)	
$\bar{X} = 11.28 ; s.d. = 8.72$				
การทำงานล่วงเวลา				0.19
ทำ	12 (15.79%)	39 (51.32%)	51 (67.11%)	
ไม่ทำ	5 (6.58%)	20 (26.31%)	25 (32.89%)	

ปัจจัยที่ศึกษา	พฤติกรรมความปลอดภัยในการ ทำงานจำนวน (ร้อยละ)		รวม	p-value
	ดี	ไม่ดี		
<i>*p-value < 0.05</i>				
ชนิดของเครื่องจักร/เครื่องมือ				0.68
เครื่องเจียร	6 (7.90%)	10 (13.16%)	16 (21.06%)	
เครื่องเชื่อม	3 (3.95%)	22 (28.85%)	25 (32.89%)	
เครน	2 (2.63%)	24 (31.58%)	26 (34.21%)	
โพลีคลิฟท์	6 (7.90%)	3 (3.94%)	9 (11.84%)	
ความเครียดจากการทำงาน				0.020*
ระดับน้อย (น้อยกว่า 62 คะแนน)	15 (19.74%)	7 (9.21%)	22 (28.95%)	
ระดับปานกลาง (ระหว่าง 62 ถึง 100 คะแนน)	2 (2.63%)	27 (35.52%)	29 (38.15%)	
ระดับมาก (มากกว่า 100 คะแนน)	0 (0.00%)	25 (32.90%)	25 (32.90%)	
บรรยากาศความปลอดภัย				0.005*
ระดับค่อนข้างดี (น้อยกว่า 3.30 คะแนน)	3 (3.95%)	13 (17.10%)	16 (21.05%)	
ระดับค่อนข้างต่ำ (ระหว่าง 2.70 – 2.99 คะแนน)	7 (9.21%)	27 (35.53%)	34 (44.74%)	
ระดับต่ำ (น้อยกว่า 2.70 คะแนน)	7 (9.21%)	19 (25.00%)	26 (34.21%)	

**p-value < 0.05*

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการศึกษา พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 76.32 มีพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน อยู่ระดับไม่ดี ส่วนใหญ่มีความเครียดจากการทำงานในระดับปานกลาง ร้อยละ 38.15 และในด้านบรรยากาศ การความปลอดภัย ส่วนใหญ่มีความเห็นว่าอยู่ระดับค่อนข้างต่ำ ร้อยละ 44.74 นอกจากนี้ยังพบว่าความเครียด จากการทำงาน ($p\text{-value} = 0.020$) และบรรยากาศความปลอดภัย ($p\text{-value} = 0.005$) มีความสัมพันธ์กับ พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นจากผลการศึกษาเพื่อ ส่งเสริมพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องจักร หน่วยงานควรมีการให้

ความสำคัญกับการส่งเสริมพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานก่อสร้าง ดังนี้ 1) ปรับปรุงบรรยากาศความปลอดภัยให้มีความเหมาะสม โดยมีการส่งเสริมให้บุคลากรทุกระดับให้ความสำคัญกับความปลอดภัย การสื่อสารในด้านการทำงานอย่างปลอดภัยมากขึ้น 2) กำหนดมาตรการในการทำงานที่เหมาะสม โดยมีการจัดกิจกรรมหรือพื้นที่สำหรับพนักงานมาทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อช่วยผ่อนคลายความเครียดจากการทำงาน ซึ่งจะส่งเสริมพฤติกรรมในการทำงานของพนักงานให้ดีขึ้น และนำไปสู่การลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุในการทำงาน รวมทั้งการทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้บริหาร เจ้าหน้าที่และพนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องจักรในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ที่อำนวยความสะดวกและร่วมมือตอบแบบสอบถามในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ดาริน วัฒนสิทธิ์ และอัศวรัตน์ แสงวิภาค. (2564). ผลกระทบของความรู้ด้านความปลอดภัยและบรรยากาศความปลอดภัยที่มีต่อพฤติกรรมความปลอดภัยของบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างในนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง. *วิทยาลัยพาณิชศาสตร์บูรพาปริทัศน์*, 16(1), 53-67.
- ทรงศักดิ์ มณฑา. (2560). พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานสายการผลิตในบริษัทบูรณาพากรู๊ป จำกัด. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- นาถ สุขสีลและวชรภูมิ เบญจโอฬาร. (2558). ปัจจัยที่ส่งผลต่อแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง. *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์*, 8(2), 36-47.
- วัชรพงศ์ ดีวงศ์. (2564). การรับรู้มาตรการความปลอดภัย ทักษะคิดและพฤติกรรมความปลอดภัยของแรงงานก่อสร้าง : กรณีศึกษาบริษัทรับเหมาก่อสร้างขนาดกลาง. *วารสารสถาปัตยกรรม การออกแบบและการก่อสร้าง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 3(1), 71-84.
- วุฒินันท์ ปัทมวิสุทธิ. (2564, 12 กรกฎาคม). อันตรายร้ายแรงและสถิติการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง. <https://tosh.or.th/index.php/blog/item/922-2021-07-12-13-03-30>.
- สุคตทิพย์ สุขขำจรรยาและจุมพฏ บริราช. (2559). ผลกระทบของบรรยากาศความปลอดภัย ความรู้ความปลอดภัย การใส่ใจความปลอดภัยที่มีต่อพฤติกรรมความปลอดภัยในอุตสาหกรรมก่อสร้างแทนอุปกรณ์การผลิตปิโตรเลียม. *วารสารบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร*, 11(2), 117-128.
- Heinrich H. W. (1978). *Industrial Accident Perception (2nd ed)*. McGraw-Hill.
- Lyu, S., Hon, C., Chan, A., Wong, F., & Javed, A. A. (2018). Relationships among Safety Climate, Safety Behavior, and Safety Outcomes for Ethnic Minority Construction Workers. *International journal of environmental research and public health*, 15(3), 484.
- Morrow, S. L., McGonagle, A. K., Dove-Steinkamp, M. L., Walker, C. T., Marmet, M., Barnes-Farrell, J. L. (2010). Relationships between psychological safety climate facets and safety behavior in the rail industry: A dominance analysis, *Accident Analysis & Prevention*, 42(5), 1460-1467.

Wu, X., Li, Y., Yao, Y., Luo, X., He, X., & Yin, W. (2018). Development of Construction Workers Job Stress Scale to Study and the Relationship between Job Stress and Safety Behavior: An Empirical Study in Beijing. *International journal of environmental research and public health*, 15(11), 2409.

**ปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศและผลกระทบต่อประชาชน
ในเขตชุมชนเทศบาลเมืองมหาสารคาม**
**Particulate Matter in Atmosphere and Its impact on People
in Urban Area of Maha Sarakham Municipality**

เมตตา เก่งชูวงศ์*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

*Corresponding author: E-mail: metta.k@rmu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน(PM10) และ ฝุ่นละอองรวม (TSP) ในบรรยากาศในเขตชุมชนเทศบาลเมืองมหาสารคาม จำนวน 13 สถานี โดยทำการเก็บตัวอย่างปริมาณ ฝุ่นละอองแบบต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 2 วัน ด้วยเครื่อง High Volume Air Sampler รวมทั้งศึกษาผลกระทบ จากฝุ่นละอองที่มีต่อประชาชน โดยใช้แบบสอบถามจำนวน 384 ชุด ผลการศึกษาพบว่า ฝุ่น PM10 มีปริมาณ เฉลี่ย 20.83-91.54 มคก./ลบ.ม. และฝุ่น TSP มีปริมาณเฉลี่ย 34.91-156.19 มคก./ลบ.ม. ซึ่งปริมาณฝุ่น PM10 และ TSP ทั้ง 13 สถานี มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของประเทศไทย และ ผล การวิเคราะห์แบบสอบถามพบว่า โดยภาพรวมประชาชนได้รับผลกระทบจากฝุ่นละอองอยู่ในระดับปานกลาง (= 3.11)

คำสำคัญ: ฝุ่นละออง; ผลกระทบ

Abstract

The objectives of this study were to measure the amount of suspended particulate matter <math><10\ \mu\text{m}</math> (PM10), and the total suspended particulate matter (TSP) in the atmosphere in community of Maha Sarakham Municipality. There were 13 stations for collecting dust samples continuously for 24 hours; 2 days with High Volume Air Sampler. Including studying the dust impact on people, total of 384 questionnaires were used. The results showed that PM10 quantity had an average 20.83 - 91.54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, and TSP quantity had an average 34.91-156.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; of which the particulate matter content of PM10 and TSP in all 13 stations did not exceed the general atmospheric air quality standard of Thailand. Overall, people affected by dust were at a moderate level (= 3.11).

Keywords: Particulate Matter; Impact

บทนำ

ฝุ่นละอองนับเป็นสารมลพิษทางอากาศที่เป็นปัญหาหลักในปัจจุบันของชุมชนขนาดใหญ่ โดยฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศรอบ ๆ ตัวมนุษย์จะมีขนาดตั้งแต่ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (ขนาดใหญ่กว่า 50 ไมครอน) ไปจนถึงที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็นต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ (ขนาดเล็กกว่า 50 ไมครอน) ซึ่งฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particulate Matter; TSP) เป็นฝุ่นละอองขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอนแต่ไม่เกิน 100 ไมครอนนี้ จะส่งผลทำให้เกิดการระคายเคือง ต่อระบบทางเดินหายใจส่วนต้น ส่งผลต่อทัศนวิสัยในการมองเห็น ก่อให้เกิดความเสียหายต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้าง เช่นเกิดการกัดกร่อนของโลหะ การทำลายผิวหน้าของสิ่งก่อสร้าง การเสื่อมของผลงานทางด้านศิลปะ เป็นต้น สำหรับฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (Suspended Particulate Matter <10-micron; PM₁₀) เป็นสารมลพิษทางอากาศที่ประเทศไทยให้ความสำคัญ เนื่องจากมีขนาดเล็กมาก (กรมควบคุมมลพิษ, 2560) จากผลการวิจัยองค์ประกอบของฝุ่นละอองพบสารเคมีประเภทซัลเฟต ไนเตรท สารประกอบคาร์บอน เขี้ยวโรค โลหะหนักและฝุ่นหินแร่ ที่สามารถปลิวฟุ้งในบรรยากาศได้ง่าย จึงอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ด้วยว่าสามารถผ่านเข้าไปในระบบทางเดินหายใจส่วนกลางและถุงลมปอด ทำให้เกิดโรคทางเดินหายใจและโรคปอด หากเนื้อเยื่อปอดเกิดพังผืดหรือแผลเป็น จะทำให้การทำงานของปอดเสื่อมสมรรถภาพลง หลอดลมอักเสบ มีอาการหอบหืด ถุงลมโป่งพองและมีโอกาสเกิดโรคทางเดินหายใจ เนื่องจากติดเชื้อเพิ่มขึ้น เพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ โรคทางเดินหายใจและโรคมะเร็ง (วิลาวรรณ์ คำหาญ, 2560)

เทศบาลเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม เป็นพื้นที่เขตชุมชนเมืองขนาดใหญ่ในปัจจุบันที่มีประชากรหนาแน่นและมีการพัฒนาในทุกๆ ด้าน โดยส่งผลให้ปริมาณยานพาหนะในเขตเมืองเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ปัญหาที่ตามมาและพบเห็นได้บ่อยคือ ฝุ่นละอองที่กระจายตัวในอากาศตามแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ซึ่งข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองในเขตชุมชนที่ประชาชนอาศัยอยู่นั้นพบว่าหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องของเทศบาลเมืองมหาสารคามและกรมควบคุมมลพิษนั้นยังไม่พบมีผลการตรวจวัดฝุ่นละออง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจทำการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (Suspended Particulate Matter < 10-micron; PM₁₀) และปริมาณฝุ่นละอองรวม ซึ่งเป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอนแต่ไม่เกิน 100 ไมครอน (Total Suspended Particulate Matter; TSP) รวมถึงศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองที่มีต่อประชาชนเพื่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้นำไปใช้ประโยชน์ในการวางมาตรการเฝ้าระวังติดตามคุณภาพอากาศที่จะสามารถส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและคุณภาพของสิ่งแวดล้อมในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคามต่อไป

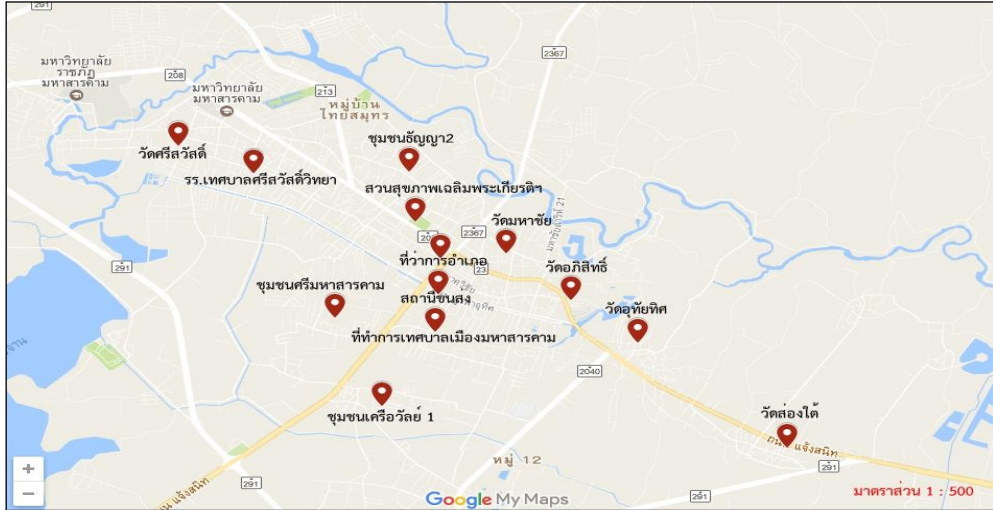
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศ

1.1 การตั้งสถานีตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศ

ผู้วิจัยได้ร่วมกับนักวิชาการสาขาวิชาการสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองมหาสารคาม ในการพิจารณาเลือกสถานีตั้งเครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยเลือกสถานที่ที่สำคัญในชุมชนได้แก่ วัด โรงเรียน สถานที่ออกกำลังกาย สถานที่ราชการ ชุมชนที่มีสถานที่พักอาศัยหนาแน่น โดยให้

ครอบคลุมพื้นที่เขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม จำนวน 13 สถานี ดังภาพที่ 1 โดยทำการตรวจวัดระหว่างวันที่ 5 พฤษภาคม – 8 มิถุนายน พ.ศ. 2559



ภาพที่ 1 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM₁₀) และฝุ่นละอองรวม (TSP)

1.2 การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง

การตรวจวัดฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM₁₀) และฝุ่นละอองรวม (TSP) จะทำการเก็บตัวอย่างปริมาณฝุ่นละอองแบบต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 2 วันในแต่ละพารามิเตอร์ด้วยเครื่อง High Volume Air Sampler (รุ่น 3000 ยี่ห้อ Ecotech) โดยในการติดตั้งเครื่องตรวจวัดฝุ่นละออง High Volume Air Sampler ได้ใช้วิธีการตามคำแนะนำของกรมควบคุมมลพิษ (2546)

1.3 การคำนวณการปริมาณฝุ่นละออง

การคำนวณหาปริมาณฝุ่นละออง สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$W = \frac{(W_f - W_i) \times 10^6}{V_{std}}$$

- โดย
- W = ปริมาณของฝุ่น มีหน่วยเป็นไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร
 - W_f = น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็นกรัม
 - W_i = น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็นกรัม
 - V_{std} = ปริมาตรอากาศมาตรฐานจากสมการที่ (1) มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร (10⁶ เป็นการแปลงหน่วยจากกรัมเป็นไมโครกรัม (μg))

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลจากการคำนวณปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM₁₀) และฝุ่นละอองรวม (TSP) ในบรรยากาศที่ได้จาก 13 สถานี จะนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24 ลงวันที่ 22 กันยายน พ.ศ. 2547 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

2. การศึกษาผลกระทบจากฝุ่นละอองที่มีต่อประชาชน

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ คริวเรือนประชาชนในพื้นที่ 30 ชุมชน ของเขตเทศบาลเมืองมหาสารคามตามทะเบียนราษฎร ซึ่งมีจำนวน 9,639 คริวเรือน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ตัวแทนของคริวเรือนประชาชนในพื้นที่ 30 ชุมชน ของเขตเทศบาลเมืองมหาสารคามตามทะเบียนราษฎร โดยขนาดของกลุ่มตัวอย่างได้ใช้สูตรของ ทาโร ยามาเน่ (Taro Yamane) ซึ่งคำนวณกลุ่มตัวอย่าง ได้จำนวน 384 คริวเรือน

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาผลกระทบจากฝุ่นละอองที่มีต่อประชาชนในเขตชุมชนเทศบาลเมืองมหาสารคาม ได้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลผลกระทบจากฝุ่นละอองที่มีต่อประชาชน โดยเนื้อหาของแบบสอบถามได้แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ผลกระทบจากฝุ่นละอองที่มีต่อประชาชน

ตอนที่ 3 ข้อคิดเห็น/เสนอแนะอื่นๆ

ผลการทดลองและอภิปรายผล

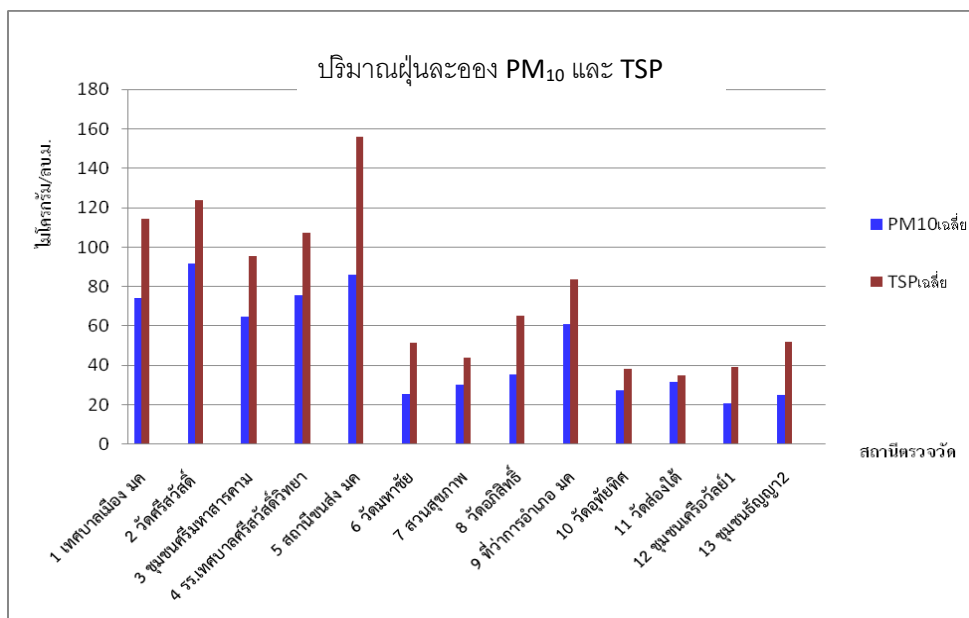
1. ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศ

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) พบว่ามีปริมาณเฉลี่ย 20.83 – 91.54 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และฝุ่นละอองรวม (TSP) พบว่า มีปริมาณเฉลี่ย 34.91-156.19 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งปริมาณฝุ่นละอองในแต่ละสถานีตรวจวัดในเขตชุมชนเทศบาลเมืองมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม แสดงดังตารางที่ 1 และภาพที่ 2

ตารางที่ 1 ปริมาณฝุ่นละออง PM_{10} และ TSP ของแต่ละสถานีตรวจวัด

สถานีที่	ตำแหน่งสถานีตรวจวัด	ปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ย ($\mu g/m^3$)	
		PM_{10}	TSP
1	หน้าที่ทำการเทศบาลเมืองมหาสารคาม	74.33	114.58
2	วัดศรีสวัสดิ์	91.54	123.75
3	ลานสนามในชุมชนศรีมหาสารคาม	64.93	95.65
4	โรงเรียนเทศบาลศรีสวัสดิ์วิทยา	75.47	107.44
5	หน้าสถานีขนส่งจังหวัดมหาสารคาม	86.07	156.19
6	วัดมหาชัยพระอารามหลวง	25.44	51.61
7	สวนสุขภาพเฉลิมพระเกียรติ	30.11	43.87
8	วัดอภิสิทธิ์	35.34	65.33

สถานีที่	ตำแหน่งสถานีตรวจวัด	ปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ย ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
		PM ₁₀	TSP
9	หน้าที่ว่าการอำเภอเมืองมหาสารคาม	60.87	83.51
10	วัดอุทัยทิศ	27.41	38.15
11	วัดสองใต้	31.68	34.91
12	ลานสนามบ้านพักอาศัยในชุมชนเครือข่าย 1	20.83	39.05
13	ลานกีฬาชุมชนธัญญา 2	25.04	51.69
มาตรฐานค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง		<120	<330



ภาพที่ 2 ปริมาณ ฝุ่นละอองขนาดได้เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) และปริมาณฝุ่นละอองรวม (TSP)ในเขตชุมชนเทศบาลเมืองมหาสารคาม

2. ผลกระทบจากฝุ่นละอองที่มีต่อประชาชน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามในเนื้อหาแต่ละตอนเป็นดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นหญิง (คิดเป็นร้อยละ 61.46) มีอายุ 46-55 ปี (คิดเป็นร้อยละ 27.34) เป็นสมาชิกในชุมชน (คิดเป็นร้อยละ 93.75) วุฒิการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา (คิดเป็นร้อยละ 41.67) ประกอบอาชีพรับจ้าง (คิดเป็นร้อยละ 47.65) ทั้งหมดนับถือศาสนาพุทธ มีภูมิลำเนาเกิดในเทศบาลเมืองมหาสารคาม (คิดเป็นร้อยละ 77.60) ส่วนใหญ่เคยได้รับผลกระทบจากฝุ่นละออง/เขม่าควัน(คิดเป็นร้อยละ 84.37) โดยมีแหล่งกำเนิดมาจากการจราจร (คิดเป็นร้อยละ 40.27) และได้รับผลกระทบตลอดปี (คิดเป็น ร้อยละ 29.17)

ตอนที่ 2 ผลกระทบจากฝุ่นละอองที่มีต่อประชาชน พบว่า โดยภาพรวมประชาชนได้รับผลกระทบจากฝุ่นละอองอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.11$) ซึ่งผลกระทบแต่ละประเด็นย่อยแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลกระทบจากฝุ่นละอองที่มีต่อประชาชน

ประเด็นผลกระทบจากฝุ่นละออง	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	ระดับผลกระทบที่ ได้รับโดยรวม
1. ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย		
1.1 ฝุ่นเขม่าควันก่อให้เกิดการระคายเคืองต่ออวัยวะ		
- ตา	3.51	มาก
- ปอด	3.02	ปานกลาง
- หลอดลม	3.05	ปานกลาง
- ผิวหนัง	2.90	ปานกลาง
1.2 การฟุ้งกระจายของฝุ่นเขม่าควันมีผลต่อระบบทางเดิน หายใจ เช่น เป็นหวัด	3.17	ปานกลาง
1.3 ฝุ่นเขม่าควันมีผลต่อสภาพอารมณ์เช่น หงุดหงิดรำคาญ	3.38	ปานกลาง
2. ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทั่วไป		
2.1 ฝุ่นเขม่าควันมีผลกระทบ ต่อสภาพการมองเห็นในขณะ ที่ทำงานกำลังทำงาน	2.99	ปานกลาง
2.2 การฟุ้งกระจายของฝุ่นเขม่าควันมีผลต่อทัศนวิสัยการ มองเห็นขณะขับขี่ยานพาหนะ	3.24	ปานกลาง
2.3 ฝุ่นเขม่าควันมีผลต่อความสกปรก/การสึกกร่อนของ ยานพาหนะ/อุปกรณ์/สิ่งของ / เครื่องใช้ของท่าน	3.42	ปานกลาง
2.4 การฟุ้งกระจายของฝุ่นเขม่าควันมีผลต่อระบบการ ทำงานของยานพาหนะ/อุปกรณ์/สิ่งของ/เครื่องใช้ของท่าน	2.99	ปานกลาง
2.5 การฟุ้งกระจายของฝุ่นเขม่าควันมีผลต่อการปนเปื้อนใน อาหาร/เครื่องดื่ม	3.39	ปานกลาง
2.6 การฟุ้งกระจายของฝุ่นเขม่าควันมีผลต่อสภาพ ความสวยงามของภูมิทัศน์ในชุมชน	3.46	ปานกลาง
3. ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ		
3.1 ฝุ่นเขม่าควันมีผลกระทบต่อสัตว์เลี้ยงของท่าน	2.51	ปานกลาง
3.2 ฝุ่นเขม่าควันมีผลกระทบต่อพืชที่ท่านปลูก	2.61	ปานกลาง
โดยภาพรวม	3.11	ปานกลาง

ตอนที่ 3 ข้อคิดเห็น/เสนอแนะ พบว่า ส่วนใหญ่อยากให้มีเทศบาลเมืองช่วยควบคุม/ลดฝุ่นละอองในช่วงเวลาการก่อสร้างถนนจำนวน 10 คน อยากให้มีการรดน้ำฝุ่นละอองบริเวณถนน/ข้างถนน จำนวน 6 คน อยากให้มีการควบคุมลดฝุ่นละอองในขณะเวลาที่มีการจราจรติดขัด จำนวน 5 คน และอยากให้มีรถดูดฝุ่นละอองจำนวน 1 คน

สรุปผลและเสนอแนะ

จากผลการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) และฝุ่นละอองรวม (TSP) ทั้ง 13 สถานี ภายในเขตชุมชนเทศบาลเมืองมหาสารคาม พบว่ามีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของประเทศไทย และผลการวิเคราะห์แบบสอบถามโดยภาพรวมประชาชนได้รับผลกระทบจากฝุ่นละอองยังอยู่ในระดับปานกลาง อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาสถานีตรวจวัดที่มีปริมาณฝุ่นละออง PM_{10} และ TSP เฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ สถานีที่ 1 หน้าทำการเทศบาลเมืองมหาสารคาม สถานีที่ 2 วัดศรีสวัสดิ์ สถานีที่ 3 ลานสนามบ้านพักอาศัยในชุมชนศรีมหาสารคาม สถานีที่ 4 โรงเรียนเทศบาลศรีสวัสดิ์วิทยา และสถานีที่ 5 หน้าสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดมหาสารคาม จะเห็นว่าเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณการสัญจรของยานพาหนะค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในสถานีที่ 5 หน้าสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดมหาสารคาม ดังนั้น จากผลการศึกษาก็มีข้อเสนอแนะดังนี้

ข้อเสนอแนะต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- 1) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องร่วมกันหารือแนวทางการดำเนินงานร่วมกับและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ควบคู่ไปกับการดำเนินงานร่วมกันของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เทศบาลเมืองมหาสารคาม กองบังคับการตำรวจจราจร กรมการขนส่งทางบก กรุงเทพมหานคร และกรมควบคุมมลพิษ เพื่อบังคับใช้กฎหมาย เช่น ในการตรวจจับรถยนต์ควันดำ การตรวจสอบสภาพยานพาหนะก่อนต่อทะเบียนประจำปีอย่างจริงจัง
- 2) ควรเข้มงวดในการคลุมผ้าใบให้มีมิติชิดเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากรถบรรทุกหิน ดิน ททราย วัสดุก่อสร้าง
- 3) ควรเข้มงวดให้เจ้าของโครงการก่อสร้างอาคารประเภทต่างๆ ต้องป้องกันไม่ให้ฝุ่นปลิวออกมาจากตัวอาคารโดยใช้ผ้าใบคลุม และล้างทำความสะอาดล้อรถที่วิ่งเข้าออกบริเวณก่อสร้างทุกครั้ง
- 4) หากมีการก่อสร้างถนน ควรลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นด้วยการพ่นละอองน้ำให้พื้นเปียกชุ่มอยู่ตลอดเวลา
- 5) ควรมีการประชาสัมพันธ์หรือให้ความรู้เพื่อทราบและตระหนักถึงผลกระทบของฝุ่นละอองที่มาจากกิจกรรมต่างๆ ภายในชุมชน เช่น ให้ความรู้การจัดการเศษใบไม้ ขยะ แทนการเผา
- 6) ควรมีการเพิ่มพื้นที่สีเขียว หากเพิ่มพื้นที่ไม่ได้ควรเพิ่มปริมาณความหนาแน่นของต้นไม้เพื่อให้ต้นไม้ได้ช่วยในการเป็นกำแพงดูดซับฝุ่นละออง

ข้อเสนอแนะต่อชุมชน

- 1) ช่วยกันปลูกต้นไม้ และบำรุงรักษาต้นไม้ เพื่อเพิ่มอากาศบริสุทธิ์
- 2) ช่วยกันเก็บกวาดรักษาหน้าบ้านให้สะอาด ปราศจากฝุ่น และไม่กวาดฝุ่นลงบนถนน
- 3) ไม่เผาขยะ เศษใบไม้ หรือสิ่งต่างๆ ในที่โล่งแจ้ง

4) สอนและปฏิบัติเป็นแบบอย่างให้เด็ก ๆ และเยาวชน รวมถึงการให้เด็ก ๆ และเยาวชน
ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการช่วยให้มีคุณภาพอากาศที่สะอาด ตลอดจนยังช่วยสร้างให้มี
สิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตที่ดีอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณณภาภัช โลมเมือง นักวิชาการสุขาภิบาลชำนาญการ สำนักการสาธารณสุขและ
สิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลชุมชนและร่วมกำหนดสถานีตรวจวัดฝุ่น
ละออง ตลอดจนการประสานการเก็บข้อมูลกับชุมชน

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณ
ในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2560). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2559. หัวใหญ่ จำกัด
_____. (2546). คู่มือการตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศ. สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
วิลาวรรณ์ คำหาญ. (2560). ฝุ่นละอองในบรรยากาศ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

การใช้ประโยชน์ตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปาในการเป็นวัสดุปลูกต้นดาวเรือง Sludge Utilization from Water Treatment Plant for Planting Marigold (*Tagetes erecta* L.)

รติกร แสงห้าว^{1*} อังศุมา ก้านจักร² ชมภู เหนือศรี³

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม^{1,2,3}

*Corresponding author: E-mail: ratikorn.sa@rmu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปา ได้แก่ ค่าพีเอช (pH) การนำไฟฟ้า (EC) ไนโตรเจนทั้งหมด (TN) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) และศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์จากตะกอนประปาร่วมกับวัสดุธรรมชาติสำหรับเป็นวัสดุปลูกต้นดาวเรือง สายพันธุ์วีนิัส (*Tagetes erecta* L.) โดยทำการวัดการเจริญเติบโต (ความสูง และจำนวนก้านใบที่เพิ่มขึ้น) ทุก 5 วัน ตลอดระยะเวลา 20 วัน หลังลงต้นกล้าในวัสดุปลูก จำนวน 4 สูตร ได้แก่ ตะกอนอย่างเดียว ตะกอนร่วมกับแกลบเผา ตะกอนร่วมกับมูลวัว และตะกอนร่วมกับปอเทือง ในอัตราส่วน 1:1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองด้วย One-way ANOVA และ LSD ที่ระดับ $P \leq 0.05$

ผลการศึกษาพบว่าตะกอนประปามีค่าเฉลี่ย pH 6.56 ค่า EC 2.17 μscm^{-1} ปริมาณ TN 0.18 % ปริมาณ available P 1.25 mgkg^{-1} และปริมาณ exchangeable K 134 mgkg^{-1} และผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ตะกอนประปาร่วมกับวัสดุธรรมชาติในการปลูกต้นดาวเรือง พบว่า วัสดุปลูกแต่ละสูตรส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา ต้นดาวเรืองเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในวัสดุปลูกจากตะกอนร่วมกับแกลบเผา โดยทำให้ต้นดาวเรืองมีความสูง และจำนวนก้านใบเพิ่มขึ้น เท่ากับ 16.0 cm. และ 9.0 ก้าน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกด้วยตะกอนอย่างเดียว (มีความสูงเพิ่มขึ้น 14.6 cm. และมีจำนวนก้านใบเพิ่มขึ้น 7.3 ก้าน) แสดงให้เห็นว่าตะกอนอย่างเดียวก็สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองได้

คำสำคัญ: ตะกอนประปา; คุณสมบัติตะกอนประปา; วัสดุปลูก; วัสดุการเกษตร; ต้นดาวเรือง

Abstract

This research aimed to study chemical properties of sludge from water treatment plant consisting of pH, EC, TN, available P, and exchangeable K, and to investigate feasibility of sludge utilization from a water treatment plant as planting material for planting Venus marigold (*Tagetes erecta* L.). There were four treatments of planting materials at 1:1 ratio including only sludge, sludge mixed with rice husk charcoal, sludge with cow dung, and sludge with sunhemp. The increases of

height and number of leaf stalks were indicators of marigold growth influenced by the different treatments measuring every 5 days for 20 days after the sprout of marigold was planted. Data were analyzed by using mean, standard deviation, and mean comparisons of the marigold growth by One-way ANOVA and Least Significant Difference (LSD) at $p \leq 0.05$.

The results showed that the values of sludge properties of pH, EC, TN, available P, and exchangeable K were 6.65, 2.17 usc m^{-1} , 0.18 %, 1.25 mg kg^{-1} P, and 134 mg kg^{-1} K, respectively. As for the feasibility study of sludge utilization from a water treatment plant for planting Venus marigold, there was a statistically significant difference of the marigold growth during 0-20 days in all treatments ($p \leq 0.05$). The best planting material exhibiting increasing of height and stalk number after sprout was showed in sludge with rice husk charcoal treatment with 16.0 cm. height and 9.0 stalks which was not significantly different ($p > 0.05$) when compared to only sludge treatment (14.6 cm. height and 7.3 stalks). This result indicated that sludge only from a water treatment plant could be used as plant material for planting Marigold.

Keywords: Water Treatment Plant Sludge; Sludge Property; Planting materials;
Agricultural Materials; Marigold

บทนำ

การผลิตน้ำประปาเป็นกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบ เพื่อให้ได้น้ำที่มีคุณภาพและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (มันลิน ตันฑุลเวศม์, 2542) แต่อย่างไรก็ตามนอกเหนือจากน้ำประปาที่ผลิตให้ประชาชนได้ใช้ประโยชน์แล้ว ยังมีส่วนเหลือทิ้งที่เกิดจากกระบวนการผลิต โดยเฉพาะตะกอนจากขั้นตอนต่างๆ ของการผลิต เช่น ขั้นตอนของการเติมสารส้ม การล้างบ่อ ตะกอนเหล่านี้จะถูกระบายออกสู่บ่อตกตะกอน และลานตากตะกอนในที่สุด (การประปานครหลวง, 2555) ตะกอนเหล่านี้จะมีปริมาณมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับคุณภาพหรือปริมาณความขุ่นของน้ำดิบที่เข้าสู่กระบวนการผลิต ซึ่งน้ำดิบมักเป็นน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ความขุ่นของน้ำดิบเกิดจากการชะล้างหน้าดินจากพื้นที่ต้นน้ำและพื้นที่ลุ่มน้ำของแม่น้ำซึ่งเมื่อดินละเอียดเหล่านี้จะแขวนลอยปะปนมากับน้ำดิบในคลองส่งน้ำดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำประปา (จิตรกร วงศ์กรเขาวลิต, 2543) นอกจากนั้นปริมาณการผลิตน้ำประปา เพื่อให้ทันต่อความต้องการของผู้ใช้น้ำ จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งของการเพิ่มปริมาณตะกอน ในอดีตตะกอนที่เกิดขึ้นจากการผลิตน้ำประปาจะถูกนำไปกำจัดโดยการจ้างตักและนำไปทิ้งหรือถมที่ ซึ่งการจัดการด้วยวิธีเหล่านี้ต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมนอกเหนือจากค่าใช้จ่ายหรืองบประมาณในการผลิตน้ำประปา แต่ในปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ จากตะกอนประปามากขึ้นทั้งทางด้านอุตสาหกรรม เช่น เป็นวัสดุประสานร่วมกับปูนซีเมนต์ เพื่อใช้ในการก่อสร้าง (สมบุญ คงสมศักดิ์ศิริ, 2549) การผลิตอิฐมวลเบา (สมเกียรติ สอดยั้ง, 2541) และเป็นตัวประสานที่ดีใช้เป็นวัสดุดินเผา เครื่องปั้นดินเผา (รัฐพล สมนา และเกียรติสุตา สมนา, 2557) และได้มีการนำตะกอนประปาไปใช้ประโยชน์ในด้านเกษตรกรรม เช่น การนำ

ตะกอนดินจากระบบประปามาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับวัสดุธรรมชาติชนิดต่างๆ เช่น การนำตะกอนมาใช้ร่วมกับปอเทือง หรือร่วมกับพืชชนิดต่างๆ (ภาสสันต์ ศารทูลทัต, 2559) สำหรับปลูกผักคะน้า (สุทิน ทวยหาญ และคณะ, 2556) ผักกาดเขียววางตุ้ง (สุรศักดิ์ มาติยะ, 2545) เป็นต้น ซึ่งการใช้ประโยชน์เหล่านี้นอกเหนือจากเป็นการนำตะกอนซึ่งเป็นสิ่งเหลือทิ้งจากระบบผลิตน้ำประปามาใช้ให้เกิดประโยชน์แล้ว ยังเป็นการลดต้นทุนการขนทิ้ง และเป็นการเพิ่มมูลค่าตะกอนสร้างรายได้ และสร้างอาชีพได้อีกทางหนึ่งด้วย

ดังนั้นหากได้มีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ของการใช้ประโยชน์จากตะกอนประปา ในด้านอื่น เช่น นำมาใช้เป็นวัสดุปลูกสำหรับปลูกพืช จะทำให้ทราบว่าตะกอนที่เกิดขึ้นจะเป็นประโยชน์ดังกล่าวได้หรือไม่ ด้วยเหตุผลเหล่านี้คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาคูณสมบัติทางเคมีของตะกอนประปา และการใช้ประโยชน์จากตะกอนระบบผลิตน้ำประปา ในการเป็นวัสดุปลูกร่วมกับวัสดุธรรมชาติต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์จากตะกอนให้มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการลดต้นทุนของการประปา ในการจ้างขนไปกำจัดได้อีกด้วย ในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้เลือกต้นดาวเรืองสายพันธุ์วินัส ซึ่งเป็นไม้ประดับที่นิยมปลูกในปัจจุบันมาปลูกในตะกอนประปาและปลูกในตะกอนประปาร่วมกับวัสดุธรรมชาติชนิดต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นดาวเรือง และเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากตะกอนประปาที่เป็นของเสียให้มีคุณค่าในด้านทางเกษตรกรรมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ตะกอนที่ใช้ในการวิจัย

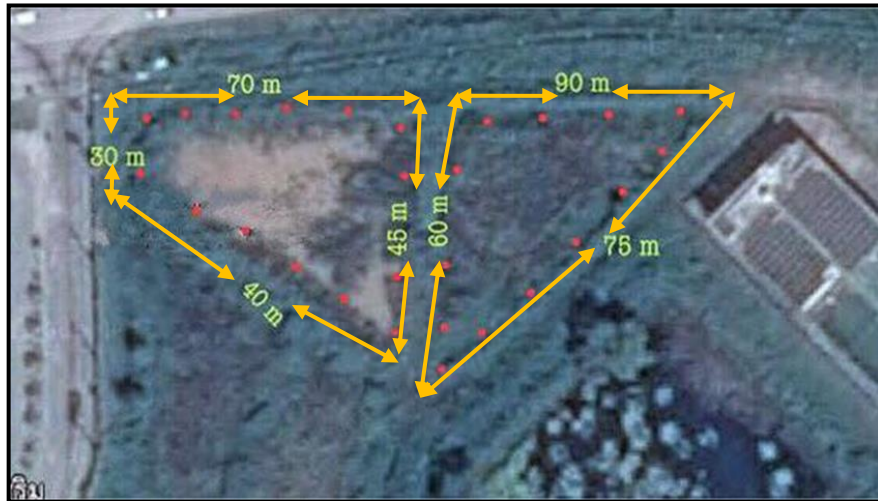
ตะกอนที่ใช้ในการวิจัยได้จากสระพักตะกอนของระบบการผลิตน้ำประปาที่อยู่ภายในการประปาสวนภูมิภาค สาขามหาสารคาม ตั้งอยู่เลขที่ 654 ถนนนครสวรรค์ ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 พื้นที่บ่อพักตะกอนของระบบการผลิตน้ำประปาของการประปาสวนภูมิภาคสาขามหาสารคาม

การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างตะกอนประปา

การเก็บตัวอย่างตะกอน โดยทำการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างตะกอนจากสระพักตะกอน ซึ่งบ่อพักตะกอนประกอบด้วย 2 บ่อ ซึ่งมีขนาดดังแสดงในภาพที่ 2 โดยทั้ง 2 บ่อมีความลึกประมาณ 3 เมตร ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างตะกอนทุกระยะ 15 เมตร และเก็บห่างจากขอบบ่อ 1 เมตร ในทั้ง 2 บ่อ รวมมีจำนวนของจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 27 จุด



ภาพที่ 2 พื้นที่บ่อพักตะกอนและจุดเก็บตัวอย่างตะกอน

การเก็บตัวอย่างตะกอนประปา การเก็บตัวอย่างตะกอนจะทำการเก็บจากบ่อพักตะกอนในพื้นที่การผลิตน้ำประปาสาขามหาสารคาม ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง โดยทำการเก็บตัวอย่างตะกอน จำนวน 1 ครั้ง แต่ละจุดทำการเก็บแบบผสม (Integrated Sampling) จุดละ 2 จั๋ง หรือให้มากกว่าที่ใช้ในการศึกษาคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์เป็นวัสดุปลูก ซึ่งจะนำตัวอย่างตะกอนแต่ละจุดมารวมให้เป็นตัวอย่างเดียวกัน

การเตรียมตัวอย่างตะกอน นำตะกอนไปตากให้แห้ง ทำการบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร และเก็บไว้ในภาชนะแห้งปิดให้สนิท เพื่อที่จะเตรียมไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และใช้เป็นวัสดุปลูกต้นดาวเรืองต่อไป

การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของตะกอนประปา

ตะกอนประปาที่เตรียมได้นำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC) ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen, TN) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus, Available P) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Potassium, Exchangeable K) โดยมีวิธีการและเครื่องมือในการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เครื่องมือและวิธีการในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของตะกอนประปา

พารามิเตอร์	เครื่องมือ/วิธีการ
ความเป็นกรด-ด่าง	pH meter
ค่าการนำไฟฟ้า	EC meter
ไนโตรเจนทั้งหมด	Kjeldahl Method
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	Bray II Method
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้	NH ₄ OAc extraction & Atomic Absorption Spectrophotometry

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปาในการเป็นวัสดุ

ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปาในการเป็นวัสดุปลูกสำหรับปลูกต้นดาวเรืองสายพันธุ์อีเรกต์ (*Tagetes erecta* L.) ร่วมกับวัสดุธรรมชาติอื่นๆ โดยนำเมล็ดดอกดาวเรืองมาเพาะจนได้ต้นกล้าอายุ 15 วัน หลังจากนั้นทำการคัดเลือกต้นกล้าที่มีความสูงและขนาดลำต้นใกล้เคียงกันมาปลูกในวัสดุปลูกจากตะกอนประปามี ซึ่งมีทั้งหมด 4 สูตร ดังนี้

- 1) ตะกอนอย่างเดียว
- 2) ตะกอน + แกลบเผา
- 3) ตะกอน + มูลวัว
- 4) ตะกอน + ปอเทือง

วัสดุธรรมชาติที่นำมาผสมร่วมกับตะกอนประปาได้ทำการเตรียมโดย แกลบเผา แกลบเผาที่ใช้มีลักษณะระ่วนแห้งจึงไม่ได้ทำการตากและบด มูลวัว โดยนำมูลวัวมาตากแดดให้แห้ง จากนั้นบดให้ระ่วน และปอเทือง โดยนำต้นปอเทืองที่โตเต็มที่มาตัดส่วนรากทิ้ง นำลำต้นมาสับให้มีขนาดประมาณ 2 เซนติเมตร แล้วนำไปตากแดดให้แห้ง โดยที่วัสดุที่เตรียมไว้แต่ละชนิดถูกเก็บในถุงซิปล็อคเพื่อรอการผสมร่วมกับตะกอนประปา

การเตรียมกระถางและการปลูกต้นดาวเรือง

กระถางที่ใช้ในการปลูกต้นดาวเรืองมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของปากกระถาง 13.4 เซนติเมตร ก้นกระถาง 10 เซนติเมตร ความสูงกระถาง 10.5 เซนติเมตร โดยสัดส่วนของตะกอนประปาที่ผสมร่วมกับวัสดุธรรมชาติอื่นๆ ในอัตราส่วน 1:1 ทยอยละเอียด ดังนี้

ซึ่งตะกอนประปามา 400 กรัม สำหรับสูตรตะกอนประปาอย่างเดียว เมื่อซึ่งเสร็จแล้วนำไปใส่กระถางและรดน้ำให้ชุ่ม และนำต้นกล้าดาวเรืองลงปลูกในกระถาง

ซึ่งตะกอนประปามา 200 กรัม ผสมร่วมกับวัสดุจากธรรมชาติแต่ละชนิด ชนิดละ 200 กรัม (อัตราส่วน 1:1) ดังนั้นในกระถางที่ผสมระหว่างตะกอนประปากับวัสดุธรรมชาติแต่ละชนิดจะมีน้ำหนักของวัสดุปลูก 400 กรัม รดน้ำให้ชุ่มปริมาณ 300 มิลลิลิตร และนำต้นกล้าดาวเรืองลงปลูกในกระถาง

โดยแต่ละสูตรทำการศึกษา 3 ซ้ำ หรือ 3 กระถาง รวมการทดลองทั้งหมด 12 กระถาง ทุกกระถางทำการรดน้ำด้วยน้ำกลั่น ใน 2 ช่วงเวลาคือ ช่วงเช้าเวลาประมาณ 08.00 น. และช่วงเย็นเวลาประมาณ 17.00 น. โดยแต่ละช่วงรดน้ำในปริมาตร 100 มิลลิลิตรเท่ากันทุกกระถาง และทำการวัดการเจริญเติบโตของต้นดาวเรือง

ที่ได้รับอิทธิพลจากวัสดุปลูกทั้งหมด โดยจะทำการวัดความสูงและจำนวนก้านใบของต้นดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นทุก 5 วัน ตลอดระยะเวลา 20 วัน หลังลงต้นกล้า

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลของผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของตะกอนปุ๋ยและผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ตะกอนปุ๋ยในการเป็นวัสดุปลูก ได้นำมาวิเคราะห์หาค่าทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (พิชัย พิมพ์ทองงาม, 2542) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสูง และจำนวนก้านใบของต้นดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับอิทธิพลจากวัสดุปลูกต่างชนิดที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยสถิติ One-way ANOVA และ Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับ $p \leq 0.05$ ด้วยโปรแกรม Statistic 8

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปา

คุณสมบัติทางเคมีของตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปาพบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 6.55-6.58 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.56 ค่าการนำไฟฟ้า มีค่าอยู่ระหว่าง 2.15-2.19 ไมโครซีเมนส์เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.17 ไมโครซีเมนส์เซนติเมตร ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.18-0.20 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.18 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ระหว่าง 1.19-1.32 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าอยู่ระหว่าง 130-137 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 134 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีของตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปา

ความเป็นกรด-ด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนส์ เซนติเมตร)	ปริมาณไนโตรเจน ทั้งหมด (ร้อยละ)	ปริมาณฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	ปริมาณโพแทสเซียม ที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
6.56±0.01 ^{1/}	2.17±0.02	0.18±0.004	1.25±0.05	134±0.03

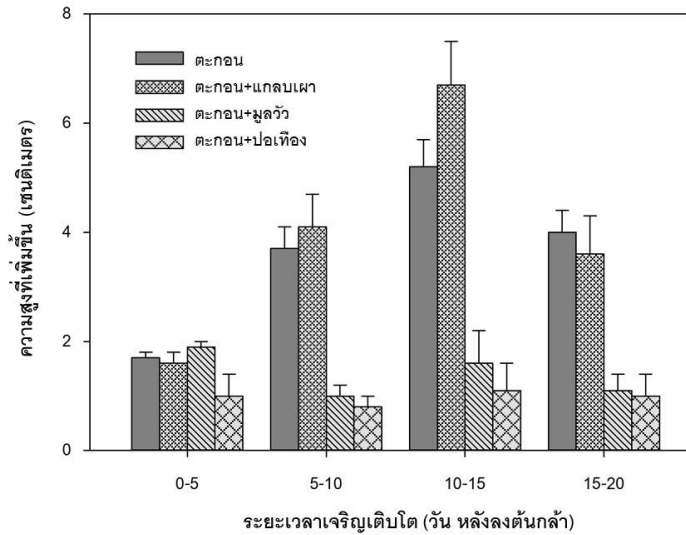
^{1/} ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปาในการเป็นวัสดุปลูกต้นดาวเรือง

1. ความสูงของต้นดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นในระยะเวลาต่าง ๆ หลังลงต้นกล้า

ความสูงของต้นดาวเรืองที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างสูตร ที่ระยะเวลา 0-5, 5-10, 10-15 และ 15-20 วัน พบว่าต้นดาวเรืองที่ปลูกในตะกอนอย่างเดียว มีความสูงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1.7, 3.7, 5.2 และ 0.4 เซนติเมตร ตามลำดับ ปลูกในตะกอนร่วมกับแกลบเผา มีความสูงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1.6, 4.1, 6.7 และ 3.6 เซนติเมตร ตามลำดับ ปลูกในตะกอนร่วมกับมูลวัวมีความสูงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1.9, 1.0, 1.6 และ 1.1 เซนติเมตร ตามลำดับ และปลูกในตะกอน

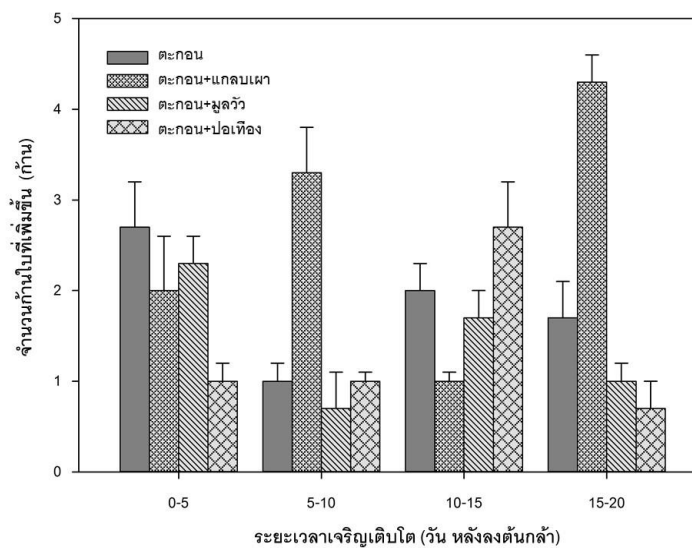
ร่วมกับปอเทือง มีความสูงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1.0, 0.8, 1.1 และ 1.0 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยความสูงของต้นดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นในระยะเวลาต่างๆ หลังลงต้นกล้า แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ความสูงของต้นดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นในระยะเวลาต่างๆ หลังลงต้นกล้า

2. จำนวนก้านใบของต้นดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นในระยะเวลาต่างๆ หลังลงต้นกล้า

จำนวนก้านใบของต้นดาวเรืองที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างสูตร ที่ระยะเวลา 0-5, 5-10, 10-15 และ 15-20 วัน พบว่า ต้นดาวเรืองที่ปลูกในตะกอนอย่างเดียว มีจำนวนก้านใบเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2.7, 1.0, 2.0 และ 1.7 ก้าน ตามลำดับ ปลูกในตะกอนร่วมกับกลีบเผ่า มีจำนวนก้านใบเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2.0, 3.3 และ 4.3 ก้าน ตามลำดับ ปลูกในตะกอนร่วมกับมูลวัว มีจำนวนก้านใบเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2.3, 0.7, 1.7 และ 1.0 ก้าน ตามลำดับ และปลูกในตะกอนร่วมกับปอเทือง มีจำนวนก้านใบเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1.0, 1.0, 2.7 และ 0.7 ก้าน ตามลำดับ โดยจำนวนก้านใบของต้นดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นในระยะเวลาต่างๆ หลังลงต้นกล้า แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 จำนวนก้านใบของต้นดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นในระยะเวลาต่างๆ หลังลงต้นกล้า

ผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองเมื่อปลูกในวัสดุปลูกจากตะกอนประปราร่วมกับวัสดุธรรมชาติ

ผลการศึกษาพบว่า วัสดุปลูกต่างสูตรส่งผลต่อความสูงที่เพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในแต่ละช่วงระยะเวลาหลังลงต้นกล้า วัสดุปลูกจากตะกอนประปราร่วมกับแกลบเผาทำให้ต้นดาวเรืองมีความสูงเพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 16 เซนติเมตร และพบว่าการใช้ตะกอนอย่างเดียวทำให้ดาวเรืองมีความสูงเพิ่มขึ้นเท่ากับ 14.6 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับการปลูกโดยใช้ตะกอนร่วมกับแกลบเผา ในขณะที่วัสดุปลูกระหว่างตะกอนร่วมกับมูลวัว และตะกอนร่วมกับปอเทืองมีผลต่อความสูงที่เพิ่มขึ้นของต้นดาวเรืองน้อยที่สุด โดยวัสดุปลูกร่วมกับมูลวัวส่งผลทำให้ต้นดาวเรืองมีความสูงเพิ่มขึ้น 5.5 เซนติเมตร และตะกอนร่วมกับปอเทืองส่งผลต่อความสูงเพิ่มขึ้น 3.8 เซนติเมตร ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความสูงที่เพิ่มขึ้นของต้นดาวเรืองที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างสูตรที่ระยะเวลาการเจริญเติบโตต่างๆ

ระยะการเจริญเติบโต (วันหลังลงต้นกล้า)	ความสูงที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)				P-value
	ตะกอนอย่างเดียว	ตะกอน+แกลบเผา	ตะกอน+มูลวัว	ตะกอน+ปอเทือง	
0-5	1.7 A	1.6 A	1.9 A	1.0 B	0.0379*
5-10	3.7 A	4.1 A	1.0 B	0.8 B	0.0006***
10-15	5.2 B	6.7 A	1.6 C	1.1 C	0.0000***
15-20	4.0 A	3.6 A	1.1 B	1.0 B	0.0012**

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

*, **, *** ในแนวนอน แสดงถึงระดับความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ และ $P \leq 0.001$ ตามลำดับ

และการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองที่พิจารณาจากจำนวนก้านใบของต้นดาวเรืองที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงระยะเวลาหลังลงต้นกล้า พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่ระยะ 0-5 วัน ต้นดาวเรืองมีจำนวนก้านใบเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อปลูกในวัสดุปลูกจากตะกอนอย่างเดียว (2.7 ก้าน) ตะกอนร่วมกับแกลบเผา (2 ก้าน) และตะกอนร่วมกับมูลวัว (2.3 ก้าน) ที่ระยะเวลา 5-10 วัน ต้นดาวเรืองมีจำนวนก้านใบเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อปลูกในตะกอนร่วมกับแกลบเผา (3.3 ก้าน) ที่ 10-15 วัน ต้นดาวเรืองมีจำนวนก้านใบเพิ่มขึ้นมากที่สุดในทุกสูตร ยกเว้นแกลบเผา และที่ 15-20 วัน ต้นดาวเรืองมีจำนวนก้านใบเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อปลูกในตะกอนร่วมกับแกลบเผา (4.3 ก้าน) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบจำนวนก้านใบที่เพิ่มขึ้นของต้นดาวเรืองที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างสูตรที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ

ระยะการเจริญเติบโต (วัน หลังลงต้นกล้า)	จำนวนก้านใบที่เพิ่มขึ้น (ก้าน)				P-value
	ตะกอนอย่าง เดียว	ตะกอน+แกลบ เผา	ตะกอน+ มูลวัว	ตะกอน+ ปอเทือง	
0-5	2.7 A	2.0 A	2.3 A	1.0 B	0.0192*
5-10	1.0 B	3.3 A	0.7 B	1.0 B	0.0052**
10-15	2.0 A	1.0 B	1.7 A	2.7 A	0.0076**
15-20	1.7 B	4.3 A	1.0 C	0.7 BC	0.0003***

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

*, **, *** ในแนวนอน แสดงถึงระดับความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ และ $P \leq 0.001$ ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความสูง และจำนวนก้านใบที่เพิ่มขึ้นในระยะเวลา 20 วัน หลังลงต้นกล้าพบว่า ต้นดาวเรืองมีความสูงและจำนวนก้านใบที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดในตะกอนร่วมกับแกลบเผา โดยพบว่ามีความสูงจำนวนก้านใบเพิ่มขึ้น 16.0 เซนติเมตร และ 9.0 ก้าน ตามลำดับ ขณะที่ความสูงและจำนวนก้านใบที่เพิ่มขึ้นของต้นดาวเรืองที่ปลูกในตะกอนอย่างเดียว ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับความสูงและจำนวนก้านใบที่เพิ่มขึ้นของต้นดาวเรืองที่ปลูกในตะกอนร่วมกับแกลบเผา โดยความสูงและจำนวนก้านใบที่เพิ่มขึ้น เมื่อปลูกในตะกอนอย่างเดียวเท่ากับ 14.6 เซนติเมตร และ 7.3 ก้าน ตามลำดับ และวัสดุปลูกจากตะกอนร่วมกับมูลวัวและตะกอนร่วมกับปอเทืองส่งผลต่อความสูงและจำนวนก้านใบที่น้อยกว่า ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความสูงและจำนวนก้านใบที่เพิ่มขึ้นของต้นดาวเรืองที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างสูตรที่ระยะเวลา 20 วัน หลังลงต้นกล้า

สูตรของวัสดุปลูก	ความสูงที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	จำนวนก้านใบที่เพิ่มขึ้น (ก้าน)
ตะกอนอย่างเดียว	14.6 a	7.3 a
ตะกอน+แกลบเผา	16.0 a	9.0 a
ตะกอน+มูลวัว	5.5 b	4.0 b
ตะกอน+ปอเทือง	3.8 b	4.0 b
P-value	0.0000***	0.0015**

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

, * ในแนวนอน แสดงถึงระดับความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ $P \leq 0.01$ และ $P \leq 0.001$ ตามลำดับ

อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของตะกอนประปาที่ให้นำตะกอนประปาไปศึกษาการใช้ประโยชน์สำหรับการเป็นวัสดุปลูก ซึ่งตะกอนประปามีค่า pH เท่ากับ 6.56 ซึ่งประเมินได้ว่าตะกอนมีความเป็นกรดอ่อน สภาพนี้ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช เนื่องจาก pH มีผลต่อการของแร่ธาตุในตะกอนดิน ทำให้พืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารได้มากขึ้น (Jones, 2003) สำหรับค่า EC ของตะกอนซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.17 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร ซึ่งประเมินได้ว่ามีค่าปานกลางและมีความเค็มเล็กน้อย (Wolf, 1999) ส่วนปริมาณ T N ของตะกอนประปามีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.18 ซึ่งประเมินได้ว่ามีปริมาณที่ต่ำ (Landon, 1991) และสำหรับปริมาณ available P ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของพืช (มงคล ต๊ะอูน, 2547) ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่า P ในตะกอนประปามีค่าเพียง 1.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งประเมินได้ว่ามีปริมาณที่น้อยมาก (ปิยะ ดวงพัตรา, 2538) ในขณะที่ปริมาณ exchangeable K ในปริมาณตะกอนประปามีค่า 134 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งประเมินได้ว่ามีปริมาณที่สูงมาก (อภิรดี อิมเลิบ, 2542) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าตะกอนประปาจากการประปาส่วนภูมิภาค สาขามหาสารคาม มีปริมาณของธาตุอาหารพืชที่โดดเด่นคือ exchangeable K แต่มีปริมาณของ N และ P น้อยมาก จากปริมาณธาตุอาหารหลักที่วิเคราะห์ได้จากตะกอนประปามีความสัมพันธ์กับข้อมูลของปริมาณธาตุอาหารหลักในดิน กล่าวคือดินทั่วไปมี K เป็นองค์ประกอบมากกว่า N และ P ทั้งนี้เนื่องจากหินและแร่ธาตุหลายชนิดที่เป็นวัตถุดิบกำเนิดดินจะมีธาตุ K เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย (ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, 2546) ดังนั้น K ที่มีอยู่ในน้ำตะกอนประปาอาจมีที่มาจากการชะล้างของฝนผ่านที่ดินและไหลลงสู่แหล่งน้ำดิบที่นำมาผลิตน้ำประปา

ในส่วนของการใช้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปาในการเป็นวัสดุปลูกต้นดาวเรือง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วต้นดาวเรืองสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (โดยพิจารณาจากความสูง และจำนวนก้านใบ) เมื่อปลูกในวัสดุปลูกจากตะกอนร่วมกับแกลบเผา รองลงมาเจริญเติบโตได้ดีในวัสดุปลูกจากตะกอนอย่างเดียว ซึ่งจากการวิเคราะห์ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชได้แก่ N P และ K และพบว่าตะกอนประปามีปริมาณ K ที่สูงมาก ดังนั้นการเจริญเติบโตที่ดีของต้นดาวเรืองในวัสดุปลูกจากตะกอนประปาเป็นผลมาจากธาตุอาหารของ K ในตะกอน ซึ่ง K มีความสำคัญต่อการเคลื่อนย้ายสารอาหารพวกแป้งและน้ำตาล ไปเลี้ยงส่วนที่กำลังเจริญเติบโต เช่น ลำต้น ใบ อีกทั้งวัสดุปลูกจากตะกอนร่วมกับแกลบเผา ซึ่งแกลบเผามีประสิทธิภาพที่จะให้ซิลิกาที่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำและเป็นประโยชน์ต่อพืช นอกจากนั้นแกลบเผายังมี K และฟอสเฟต (ทัศนีย์ อัดตะนันท์, 2551) ดังนั้นจึงทำให้ตะกอนที่ผสมแกลบเผามีปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชมากขึ้น นอกจากนั้นแกลบเผายังทำให้ดินหรือตะกอนประปามีความพรุนมากขึ้น เมื่อรดน้ำทำให้รากพืชสามารถซอนไชไปหาธาตุอาหารได้มากขึ้น (สุทิน ทวยหาญ และคณะ, 2556) ขณะที่มูลวัวมีธาตุอาหารต่ำกว่ามูลสัตว์ชนิดอื่น เพราะเป็นสัตว์กินหญ้า ซึ่งจะมีปริมาณ N P และ K ค่อนข้างต่ำ โดยจะมี N ประมาณร้อยละ 0.5 P ร้อยละ 0.25 และ K ร้อยละ 0.5 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) ในกรณีของปอเทือง โดยธรรมชาติแล้วต้นปอเทืองสามารถที่จะตรึงไนโตรเจนได้ โดยข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินที่มีข้อมูลธาตุอาหารของปอเทือง พบว่ามีปริมาณ N ร้อยละ 3.2 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปอเทืองสามารถที่จะเพิ่ม N ให้กับดินได้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2539) แต่จากการศึกษานี้พบว่า ตะกอนร่วมกับปอเทือง ส่งผลให้ต้นดาวเรืองมีการเจริญเติบโตที่

ซ้ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการย่อยสลายของต้นปอเทืองเกิดขึ้นน้อยในช่วงระยะเวลาเพียง 20 วัน ทำให้มีการปลดปล่อยธาตุ N ระหว่างการย่อยสลายต้นปอเทืองลงสู่ตะกอนประปาได้ไม่มาก ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมานี้จึงทำให้ตะกอนที่ผสมร่วมกับแกลบเผาเป็นวัสดุปลูกที่ส่งเสริมให้ต้นดาวเรืองเจริญเติบโตได้ดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม ตะกอนประปาเพียงอย่างเดียวยังสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองได้อย่างไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการผสมร่วมกับแกลบเผา

สรุปผลและเสนอแนะ

สรุปผล

คุณสมบัติทางเคมีของตะกอนประปา

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของตะกอนประปา สรุปได้ว่า ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.56 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.17 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TN) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.18 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) มีค่าเฉลี่ย 1.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K) มีค่าเฉลี่ย 135 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปาในการเป็นวัสดุปลูกต้นดาวเรือง

ผลการศึกษความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ตะกอนประปาในการเป็นวัสดุปลูกต้นดาวเรือง สรุปได้ว่า วัสดุปลูกต่างชนิดส่งผลต่อการเจริญเติบโต (ความสูง และจำนวนก้านใบที่เพิ่มขึ้น) ของต้นดาวเรืองที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาดาวเรืองสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในวัสดุปลูกจากตะกอนร่วมกับแกลบเผา ทำให้ต้นดาวเรืองมีความสูงเพิ่มขึ้น 16.0 เซนติเมตร มีจำนวนก้านใบเพิ่มขึ้น 9.0 ก้าน ขณะที่ต้นดาวเรืองเจริญเติบโตได้ดีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อปลูกในตะกอนอย่างเดียว ซึ่งทำให้ต้นดาวเรืองมีความสูงเพิ่มขึ้น 14.6 เซนติเมตร มีจำนวนก้านใบเพิ่มขึ้น 7.3 ก้าน ขณะที่วัสดุปลูกจากตะกอนร่วมกับมูลวัว และตะกอนร่วมกับปอเทือง มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองน้อยที่สุด และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งวัสดุปลูกจากตะกอนร่วมกับมูลวัว ส่งผลให้ต้นดาวเรืองมีความสูงเพิ่มขึ้น 5.5 เซนติเมตร มีจำนวนก้านใบเพิ่มขึ้น 4.0 ก้าน และตะกอนร่วมกับปอเทือง ส่งผลให้ต้นดาวเรืองมีความสูงเพิ่มขึ้น 3.8 เซนติเมตร มีจำนวนก้านใบเพิ่มขึ้น 4.0 ก้าน

จากผลการศึกษสรุปได้ว่าตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปามีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ประโยชน์สำหรับเป็นวัสดุปลูกต้นดาวเรือง และต้นดาวเรืองจะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อผสมร่วมกับแกลบเผา

ข้อเสนอแนะ

เนื่องด้วยตะกอนประปามีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณที่น้อย ดังนั้นหากมีการนำตะกอนประปาไปใช้เป็นวัสดุปลูก ควรมีการผสมกับวัสดุธรรมชาติอื่นๆ ร่วมมากขึ้น เพื่อที่จะเป็นการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่ขาดแคลนให้เพิ่มมากขึ้น และหากมีการนำตะกอนประปาหรือตะกอนประปาร่วมกับแกลบเผาไปใช้ในการปลูกพืชชนิดอื่น การเจริญเติบโตของพืชชนิดนั้นอาจจะมีผลแตกต่างกันกับการปลูกต้นดาวเรือง เนื่องจากความต้องการธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ช่วยสนับสนุนอุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือ และสถานที่ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณการประสานงานภูมิภาค สาขามหาสารคาม ที่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์และอนุญาต รวมถึงอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างตะกอนประปาที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2539). *ทรัพยากรดินและการใช้ปุ๋ยพืชสดปรับปรุงดินในไร่นาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*.
- เอกสารวิชาการฝ่ายวิชาการ สำนักพัฒนาที่ดินเขต 5 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
กรมส่งเสริมการเกษตร. (2551). *ข้อมูลที่ใช้เพาะปลูก ศูนย์สารสนเทศ กรมส่งเสริมการเกษตร*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- การประปานครหลวง. (2555). *คู่มือการสำรวจและออกแบบวางท่อประปา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). การประปานครหลวง.
- จิตรกร วงศ์กรชาวลิต. (2543). *คุณสมบัติทางเคมีของตะกอนที่เกิดจากการผลิตน้ำประปาและการนำไปใช้งานเป็นวัสดุปลูกพืชแลนในงานคอนกรีต*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. (2546). *ธาตุอาหารพืชในเอกสารการสอนชุดวิชา ดิน น้ำ และปุ๋ย*. หน่วยที่ 1-7 (ฉบับปรับปรุง).
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์. (2551). *ใช้ถ่านแกลบปรับปรุงดินในยุคน้ำแข็งช่วยลดโลกร้อน เทคโนโลยีจากญี่ปุ่น*. *วารสารเคหะการเกษตร*, 32 (4), 222-225.
- ปิยะ ดวงพัตรา. (2538). *หลักและวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี* (พิมพ์ครั้งที่ 7). สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิชัย พิมพ์ทองงาม. (2542). *สถิติและแบบแผนการทดลอง*. สถาบันราชภัฏเทพสตรีบุรี.
- ภาสันต์ ศารทูลทัต. (2559). *ลดต้นทุนวัสดุปลูกด้วยตะกอนดินจากน้ำประปา*. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม.
- มงคล ต๊ะอุ้น. (2547). *การฟื้นฟู/จัดการ: ดินเค็ม-ดินอุดมสมบูรณ์*. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- มันสิน ตันทุลเวศม์. (2542). *คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รัฐพล สมณา และเกียรติสุดา สมณา. (2557). *วัสดุประสานที่ได้จากกากแคลเซียมคาร์ไบด์และตะกอนประปา*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานนครราชสีมา.
- สมบุญ คงสมศักดิ์ศิริ (2549). *บล็อกประสานผสมตะกอนจากน้ำประปา*. ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา และสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สมเกียรติ สอดยั้ง. (2541) *การพัฒนาคุณภาพอิฐมอญที่ผลิตจากตะกอนน้ำประปา*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- สุทิน ทวยหาญ, เกียรติศักดิ์ ไพรวรรณ, รัชสา จันทาศรี และสำราญ พิมพ์ราช. (2556). *การศึกษาวัสดุปลูกจากดินผสมที่เหมาะสมสำหรับผักคะน้า*. *วารสารเกษตรพระวรุณ*, 10(2), 117-125.

- สุรศักดิ์ มาโต๊ะ. (2545). การปรับปรุงดินตะกอนจากการผลิตน้ำประปาโดยใช้ปุ๋ยคอก และปุ๋ยยูเรียเพื่อใช้ในการปลูกผักกาดเขียวกวาดตุ้ง [ปัญหาพิเศษปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- อภิรดี อิมเอ็บ. (2542). แนวทางปรับปรุงคุณภาพทางเคมีของดินในประเทศไทย. วารสารพัฒนาที่ดิน, 36(372), 24-36.
- Jones, J. B. Jr. (2003). *Agronomic Handbook: Management of Crops, Soils, and Their Fertility*. Boca Raton: CRC Press.
- Landon, J. R. (1991). *Booker Tropical Soil Manual*. Longman Scientific & Technical. Wolf, B. (1999). *The Fertile Triangle: The Interrelationship of Air, Water, and Nutrients in Maximizing Soil Productivity*. The Haworth Press.

การพัฒนาเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยางค์ของภาษาไทยคำ
รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน

The Developing Tai Dam typing Skill Game to Encourage the Recognition of Tai Dam
Characters in Local Culture Courses.

พามิลา เพชรธณิ^{1*} จิรพันธุ์ ศรีสมพันธ์²

สาขา/ภาควิชา คอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ^{1,2}

*Corresponding author: E-mail: s6202042846101@email.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยางค์ของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน 2) เพื่อหาคุณภาพของเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยางค์ของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้านที่พัฒนาขึ้น 3) เพื่อทดสอบทักษะการพิมพ์ภาษาไทยของผู้เรียนจากการเล่นเกมที่พัฒนาขึ้น 4) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนจากการเล่นเกมที่พัฒนาขึ้น 5) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเล่นเกมที่พัฒนาขึ้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย บทเรียนออนไลน์ เกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย แบบประเมินคุณภาพของเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านการจดจำพยางค์ และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย กลุ่มตัวอย่างได้แก่ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนวัดหนองปรอง (บุญมานุสรณ์) ที่เรียนรายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน คัดเลือกแบบเจาะจง 1 ห้องเรียน จำนวน 12 คน

ผลการวิจัยพบว่า 1) เกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยางค์ของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้านที่พัฒนาขึ้นมีค่าคุณภาพ โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.47) สูงกว่าเกณฑ์มากที่กำหนดไว้ 2) ผลการทดสอบทักษะการพิมพ์ของผู้เรียนมีระดับทักษะระดับปานกลางขึ้นไป มีจำนวนร้อยละ 100 ของนักเรียนทั้งหมด 3) ผลสัมฤทธิ์ด้านการจดจำพยางค์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทยที่พัฒนาขึ้น สูงขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 4) ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทยที่พัฒนาขึ้นอยู่ที่ระดับ มากที่สุด ($\bar{X} = 4.70$, S.D. = 0.43)

คำสำคัญ: เกมฝึกทักษะการพิมพ์; ภาษาไทยคำ

Abstract

This research aims to: 1) develop Tai Dam typing skills games to promote memorization of Tai Dam characters in local culture courses. 2) To evaluate the quality of Tai Dam typing skill game developed to encourage the recognition of Tai Dam characters in local culture course 3) To evaluate the quality of the Tai Dam typing skill game. 4) To compare the achievement of learners' consonant memorization before and after learning from the developed games. 5) To study the learners' satisfaction with the use of the developed game. The tools employed in this study included websites and applications for teaching, Tai Dam typing skill game, Tai Dam typing skill game evaluation form, learning result testing form, and learners' satisfaction evaluation form toward applying the developed game in local culture course. The sample is the specific group of 1 classroom consisted of 12 grade 8th students, who took a local culture course, in the second semester of the academic year 2020, Watnongprong School.

The results of the study were as follows: 1) games for Tai Dam typing skill promote learners' consonant memorization in local culture courses with overall at excellent level (\bar{X} = 4.56, S.D. = 0.47), higher than the standard criteria. 2) 100% of all learners' typing skill test result was in the medium level or above 3) The achievement of learners' consonant memorization after studying with Thai Dum Typing games has increased with statistical significance at the 0.05 level. 4) The learners' satisfaction with Tai Dam typing skill game was at the highest level (\bar{X} = 4.70, S.D. = 0.43).

Keywords: Typing skill game; Tai Dam characters

บทนำ

ชนเผ่าไทยดำหรือไทยทรงดำ(ลาวโซ่ง) มีภาษาพูด ภาษาเขียนเป็นของตนเอง โดยภาษาเขียนของไทยทรงดำประกอบด้วยอักษรไทดำ 39 ตัว สระไทดำ 22 ตัว ปัจจุบันกำลังได้รับการสนับสนุนในการเรียนการสอนภาษาไทยดำในอำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งจากกระทรวงศึกษาธิการและกระทรวงพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ โรงเรียนที่เปิดสอนภาษาไทยดำ ได้แก่ โรงเรียนเขาย้อยวิทยาและโรงเรียนวัดหนองปรong(บุญมานุสรณ์) (มูลนิธิชนเผ่าพื้นเมืองเพื่อการศึกษาและสิ่งแวดล้อม, 2563)

โรงเรียนวัดหนองปรong (บุญมานุสรณ์) ตั้งอยู่ในตำบลหนองปรong อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี เป็นโรงเรียนขนาดกลาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเพชรบุรี เขต 1 กระทรวงศึกษาธิการ จัดการเรียนการสอนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลปีที่ 2 ถึง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในชุมชนวัฒนธรรมไทยทรงดำ นักเรียนร้อยละ 98 เป็นชาวไทยทรงดำ โรงเรียนได้มีการบูรณาการจัดกิจกรรมการสอนภาษาไทยดำในรายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน (ไทยดำศึกษา) เพื่อเป็นการปลูกฝังให้นักเรียนได้มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมด้านภาษาไทยดำ จะได้คงอยู่คู่ท้องถิ่นต่อไป ทั้งการอ่าน การพูด การเขียน ทั้งนี้รวมไปถึงการฝึกพิมพ์ภาษาไทยดำด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งรูปแบบตัวอักษรไทดำชื่อ Tai Heritage Pro สามารถดาวน์โหลดมา

ติดตั้งได้ เพื่อเป็นการบูรณาการการสอนภาษาไทยในคอมพิวเตอร์ การฝึกพิมพ์สัมผัสภาษาไทยจึงเป็นกิจกรรมหนึ่งที่ได้กำหนดขึ้น

จากประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้านที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์พบว่า ปัญหาสำคัญซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการสร้างชิ้นงานของผู้เรียน คือการขาดทักษะในการใช้แป้นพิมพ์โดยเฉพาะการพิมพ์สัมผัสภาษาไทย ซึ่งเป็นภาษาที่ไม่ปรากฏบนแป้นพิมพ์ด้วย จึงส่งผลให้การฝึกปฏิบัติชิ้นงานต่าง ๆ ที่ได้รับมอบหมายเกิดการล่าช้า และส่งชิ้นงานไม่ทันเวลาในคาบเรียน เพราะผู้เรียนที่ขาดทักษะการพิมพ์สัมผัส ขาดสมาธิในการเรียนรู้เนื่องจากต้องกังวลอยู่กับการมองหาแป้นอักษร การใช้คอมพิวเตอร์ที่ปราศจากทักษะการพิมพ์ที่ถูกต้อง จะส่งผลให้เคยชินกับการพิมพ์ที่ผิดวิธีไปด้วย โดยทั่วไปนักเรียนจะใช้วิธีพิมพ์แบบจิ้มติด โดยจะมองหาตัวอักษรที่จะพิมพ์และพิมพ์ทีละตัว ซึ่งจะเกิดความล่าช้า ซึ่งปราศจากทักษะการพิมพ์ที่ถูกต้อง จึงกลายเป็นอุปสรรคในการเรียนรู้และการใช้คอมพิวเตอร์ป้อนข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ จะเห็นได้ว่าทักษะการพิมพ์ที่ถูกต้องและรวดเร็วก็จะทำให้ได้ผลงานออกมาทันตามเวลาที่กำหนด จึงจำเป็นต้องการพัฒนาทักษะพื้นฐานที่ควรได้รับการเรียนรู้

ทักษะ เป็นการปฏิบัติที่เกิดจากการเรียนรู้สามารถกระทำ ได้โดยแทบจะไม่ต้องใช้ความคิด ซึ่งเมื่อพิจารณาความหมายและลักษณะของทักษะข้างต้นจะเห็นได้ว่า การปฏิบัติกรอย่างมีทักษะจำเป็นต้องอาศัยพัฒนาการของกระบวนการเรียนรู้และกลไกการทำงานของกล้ามเนื้อในการปฏิบัติการ ซึ่งสามารถสังเกตได้จากเกณฑ์ 4 ประการ คือ ความเร็ว(Speed) ความแม่นยำ (Accuracy) ลักษณะท่าทาง (Form) และความคล่องตัว (Adaptability) กล่าวคือคนที่มีความคล่องตัว สามารถปฏิบัติการอย่างรวดเร็วภายในเวลาอันจำกัด มีความแม่นยำในการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อไม่ขาดเงินผิดพลาดใช้พลังงานหรือความพยายามน้อยที่สุดและสามารถปฏิบัติการได้ในสถานการณ์ที่แตกต่างออกไป ทักษะจึงมีลักษณะสำคัญ 3 ประการ คือ เป็นการตอบสนองทางกลไกที่ต่อเนื่องกัน เป็นลูกโซ่ (Response Chain) เป็นการเกี่ยวข้องและประสานกัน ในการเคลื่อนไหวของอวัยวะ (Movement Coordination) และเป็นการจัดระเบียบต่อเนื่องในการตอบสนองเข้าเป็นรูปแบบการตอบสนองที่ซับซ้อน (Cronbach, 1977)

ทักษะการพิมพ์สัมผัสบนคอมพิวเตอร์จึงเป็นทักษะที่ทุกคนในยุคปัจจุบันนี้ ยากจะปฏิเสธได้ เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ถูกต้องเกี่ยวกับการพิมพ์สัมผัส (Typing Training) ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองด้านการพิมพ์ได้จนเกิดความชำนาญ ก็จะได้ว่าเป็นอีกความสำคัญหนึ่ง (สมบุญณี แซ่เจ็ง, 2553)

การที่นักเรียนจะจดจำสิ่งที่ได้เรียนรู้หรือมีประสบการณ์ได้มากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับ ทักษะและความสนใจ ถ้าผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อสิ่งใดและมีความสนใจจดจ่ออยู่กับสิ่งใด ก็จะทำให้จดจำสิ่งนั้นได้อย่างแม่นยำและเป็นเวลานาน ๆ การฝึกฝนถ้าผู้เรียนฝึกฝนทบทวนในสิ่งที่เรียนอยู่เสมอทำให้สามารถจดจำสิ่งนั้นได้เป็นเวลานาน และระยะเวลา หากทิ้งระยะหลังจากการเรียนรู้ไปเป็นระยะเวลาสั้น ๆ ก็จะทำให้จำในสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปได้สั้นหรือบางครั้งอาจลืมไปเลยก็ได้ (กมลรัตน์ หล้าสูงวงศ์, 2541)

เกมประกอบการเรียนการสอน จัดเป็นสื่อการสอนประเภทหนึ่งที่เราให้ผู้เรียนได้สนุกสนาน เพลิดเพลิน ใช้ฝึกทักษะ เกมแต่ละเกมมีจุดมุ่งหมายแน่นอนว่าจะต้องฝึกเนื้อหาอะไร ฝึกความสามารถด้านใด เกมช่วยย้บรรยากาศในการเรียนมีชีวิตชีวา ก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่คงทน (เกริก ท่วมกลางและคณะ, 2555)

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นโดยมีจุดประสงค์ที่จะสร้างเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อเป็นสื่อการสอนในการฝึกฝนการใช้งานแป้นพิมพ์ ในการพิมพ์ภาษาไทย ในการเรียนวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความจำในคำศัพท์ภาษาไทยบนแป้นพิมพ์มากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทย วิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน
2. เพื่อหาคุณภาพของเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทย วิชาวัฒนธรรมพื้นบ้านที่พัฒนาขึ้น
3. เพื่อทดสอบทักษะการพิมพ์ภาษาไทยของผู้เรียนจากการเล่นเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทย วิชาวัฒนธรรมพื้นบ้านที่พัฒนาขึ้น
4. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านการจดจำพยัญชนะก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนจากการเล่นเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทย วิชาวัฒนธรรมพื้นบ้านที่พัฒนาขึ้น
5. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้เกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทย วิชาวัฒนธรรมพื้นบ้านที่พัฒนาขึ้น

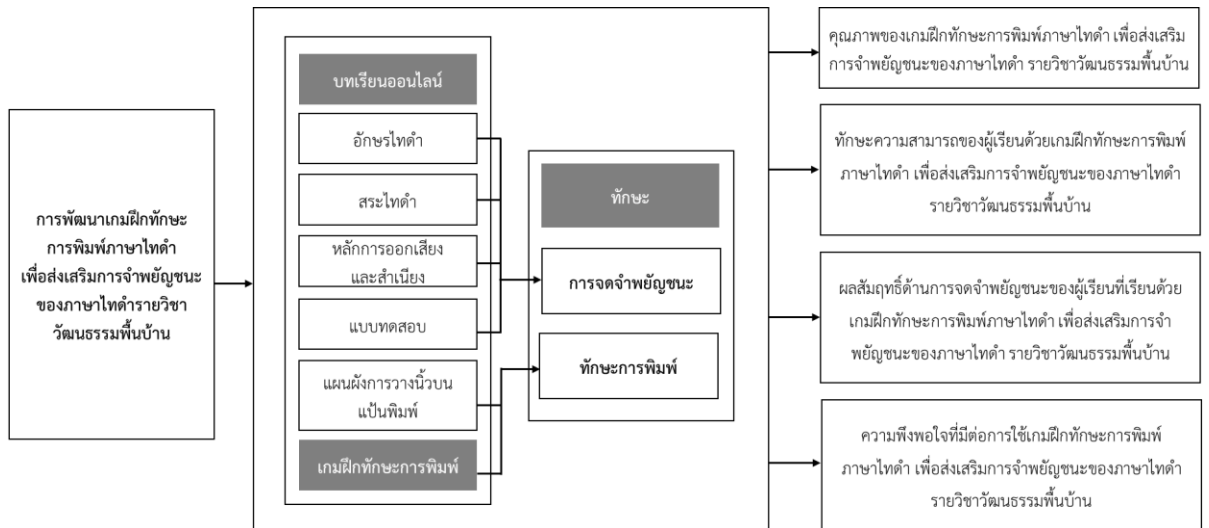
สมมุติฐานการวิจัย

1. คุณภาพของเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทย วิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ระดับดี
2. ทักษะความสามารถของผู้เรียนด้วยเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทย วิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน มีระดับทักษะอยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลางขึ้นไป
3. ผลสัมฤทธิ์ด้านการจดจำพยัญชนะของผู้เรียนที่เรียนด้วยเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทย วิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน ที่พัฒนาขึ้นหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนผู้เรียนมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้เกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทย วิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ระดับมาก

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร / ตัวอย่าง
 - 1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่เรียนวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน (ไทยดำศึกษา) ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนวัดหนองปรัง (บุญมานุสรณ์) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเพชรบุรี เขต 1 กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 3 ห้อง นักเรียนทั้งหมด 31 คน
 - 1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนวัดหนองปรัง (บุญมานุสรณ์) ที่เรียนวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน คัดเลือกแบบเจาะจง 1 ห้องเรียน จำนวน 12 คน

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามรูปแบบการทดลองแบบกลุ่มเดียวมีการวัดก่อนและหลังให้สิ่งทดลอง (One Group Pretest-Posttest Design) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) บทเรียนออนไลน์ (2) เกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย (3) แบบประเมินคุณภาพของเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านเทคนิค (4) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านการจดจำพยัญชนะ เรื่อง ลักษณะของอักษรและสระภาษาไทย (5) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย ที่ถูกพัฒนาตามรูปแบบ ADDIE Model มีขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis) ผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตร โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเนื้อหาของรายวิชา คำอธิบายรายวิชา และวัตถุประสงค์ของหลักสูตรท้องถิ่น “ไทยดำศึกษา” แผนการจัดประสบการณ์เรียนรู้ เรื่องภาษาไทย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนวัดหนองปรัง (บุญมานุสรณ์) วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมซึ่งเป็นการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้สอดคล้องกับเนื้อหา

2) ขั้นการออกแบบ (Design)

2.1 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านการจดจำพยัญชนะ โดยผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบชนิดปรนัย แบบเลือกตอบ (Multiple Choice) 4 ตัวเลือก ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ทำการวิเคราะห์แต่ละข้อ โดยได้สร้างแบบทดสอบทั้งหมดรวม 60 ข้อ

2.2 เสนอแบบประเมินวิเคราะห์หาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ต่อผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาทั้ง 3 ท่าน โดยการหาดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์ (index of item-objective congruence: IOC)

ตารางที่ 1 จำนวนแบบทดสอบของแต่ละหัวข้อเรื่อง

ลำดับ	หัวข้อเรื่อง	รายการวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	จำนวนข้อสอบ
1	อักษรไทดำ	บอกลักษณะของอักษรไทดำได้	1-38
2	สระไทดำ	บอกลักษณะของสระไทดำได้	39-60
รวม		2	60

2.3 สรุปผลจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา โดยรวบรวมผลการประเมินความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ของแบบทดสอบทั้งหมดที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาทั้ง 3 ท่าน มาสรุปรวมว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมสำหรับเป็นแบบทดสอบ

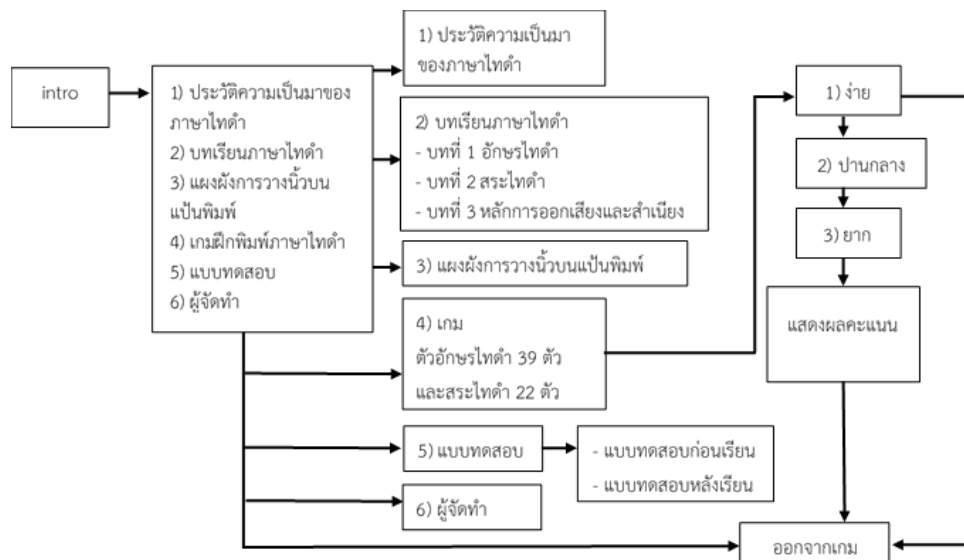
2.4 นำแบบทดสอบทั้งหมดไปหาความยากง่ายของข้อสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดหนองปรุง(บุญมานุสรณ์) จำนวน 8 คน

2.5 นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์รายข้อ หาความยากง่าย (Difficulty) คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) อยู่ในระดับ 0.20 ขึ้นไป

2.6 วิเคราะห์หาความเชื่อมั่น (Reliability) โดยคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ ความเชื่อมั่นตามสูตร คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (KR-20) ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่ดีควรมีค่ามากกว่า 0.6 ขึ้นไป ซึ่งค่าความเชื่อมั่นของทดสอบ มีค่าเท่ากับ 0.95 สามารถที่จะนำไปใช้ได้

2.7 ทำการจำแนกแบบทดสอบเป็น 1 ชุด โดยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนให้เป็นชุดเดียวกัน ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้

2.8 ออกแบบบทเรียนออนไลน์และการดำเนินเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนผังขั้นตอนการทำงานบทเรียนออนไลน์และเกมฝึกทักษะการพิมพ์

จากภาพที่ 2 แผนผังขั้นตอนการทำงานบทเรียนออนไลน์และเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทยนี้แสดงรูปแบบการใช้งานบทเรียนออนไลน์และเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทยได้ การใช้งานเริ่มจากเข้าหน้าแรก หรือ Main menu ในหน้านี้จะแสดงเมนูดังต่อไปนี้ 1) ประวัติความเป็นมาของภาษาไทย 2) บทเรียนภาษาไทย มีบทเรียนทั้งหมด 3 เรื่อง คือ อักษรไทดำ สระไทดำ และหลักการออกเสียงและสำเนียง เป็นการออกแบบบทเรียนภาษาไทย เพื่อให้นักเรียนได้รู้จัก จดจำตัวอักษรไทดำ สระไทดำ และฝึกการออกเสียงและสำเนียงของภาษาไทยได้ 3) แผนผังการวางนิ้วบนแป้นพิมพ์ เป็นการออกแบบแผนผังการวางนิ้วเป็นบนแป้น เพื่อให้นักเรียนได้รู้จักและจดจำการวางนิ้วตรงตำแหน่งบนแป้นพิมพ์ได้ 4) เกมฝึกพิมพ์ภาษาไทย ประกอบด้วย คู่มือการใช้งานโปรแกรม Tai Dam(SIL) Keyboard คู่มือการเล่นเกมฝึกพิมพ์ภาษาไทย และโปรแกรมเกม เป็นการออกแบบเกมฝึกพิมพ์ภาษาไทย เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการพิมพ์และจดจำตำแหน่งของตัวอักษรไทดำ สระไทดำ บนแป้นพิมพ์ได้ 5) แบบทดสอบ มีแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน 6) ผู้จัดทำ

2.9 สร้างเกณฑ์ในการประเมินผลทักษะความสามารถของผู้เรียนเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย โดยผู้วิจัยได้ประเมินผลทักษะเป็นเกณฑ์ 3 ระดับ

2.10 ออกแบบแบบสอบถามที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย แบบสอบถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ แบ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคและผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ซึ่งเป็นแบบประเมินตามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

2.11 สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนซึ่งเป็นแบบประเมินตามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

3) ขั้นการพัฒนา (Development)

3.1 คัดเลือกซอฟต์แวร์ เพื่อใช้ในการสร้างเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย ดังนี้ 1) Wix.com สำหรับสร้างบทเรียนออนไลน์ 2) โปรแกรม Construct 2 สำหรับสร้างระบบเกม 3) Google Form สำหรับสร้างแบบทดสอบ 4) โปรแกรม Microsoft PowerPoint และ Adobe Photoshop CS6 สำหรับตกแต่งภาพ 5) โปรแกรม Format Factory ในการแปลงเสียงจาก MP3 เป็น Wav เพื่อที่จะได้นำเข้าไปใช้ในเกมได้

3.2 สร้างบทเรียนออนไลน์ ด้วย Wix.com, Microsoft PowerPoint, Adobe Photoshop CS6 และ Google Form

3.3 สร้างเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย ด้วยโปรแกรม Construct 2 , Microsoft PowerPoint , Adobe Photoshop CS6 และ Format Factory

3.4 นำบทเรียนออนไลน์ และเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย ที่สร้างขึ้นอย่างเสร็จสมบูรณ์ต่ออาจารย์ที่ปรึกษาได้ตรวจความเหมาะสมและปรับปรุงแก้ไข

3.5 นำเกมและแบบสอบถามเก็บข้อมูลคุณภาพกับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านเทคนิค ด้านละ 3 ท่าน

3.6 ปรับปรุงแก้ไขตามเสนอข้อเสนอนะของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านเทคนิค

3.7 สรุปผลการประเมินการพัฒนาเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย ของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคทั้ง 3 ท่าน

4) ขั้นการนำไปใช้ (Implementation)

4.1 นำเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยานะของภาษาไทย วิทยาวุฒินวัตกรรมพื้นบ้าน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำการเรียน 1 คนต่อ 1 เครื่อง ซึ่งก่อนการเรียนผู้วิจัยได้อธิบายวิธีการเรียน

4.2 ก่อนเข้าสู่การเรียนให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบบอกลักษณะของอักษรและสระภาษาไทยก่อนเรียน และเล่นเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทยก่อนเรียน

4.3 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างศึกษาบทเรียนออนไลน์และเล่นเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย

4.4 หลังจากศึกษาบทเรียนออนไลน์และเล่นเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยานะของภาษาไทย วิทยาวุฒินวัตกรรมพื้นบ้านครบแล้วทำแบบทดสอบบอกลักษณะของอักษรและสระภาษาไทยหลังเรียน และเล่นเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทยหลังเรียน

4.5 ผู้วิจัยวัดความพึงพอใจต่อเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยานะของภาษาไทย วิทยาวุฒินวัตกรรมพื้นบ้าน โดยการแจกแบบสำรวจความพึงพอใจต่อเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำ พยานะของภาษาไทยวิทยาวุฒินวัตกรรมพื้นบ้าน

5) ขั้นตอนการประเมินผล (Evaluation)

5.1 สรุปผลคะแนนแบบทดสอบบอกลักษณะของอักษรและสระภาษาไทยก่อนเรียนของนักเรียน

5.2 สรุปผลคะแนนทักษะก่อนการเล่นเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทยก่อนเรียน

5.3 สรุปผลคะแนนแบบทดสอบบอกลักษณะของอักษรและสระภาษาไทยหลังเรียนของนักเรียน

5.4 สรุปผลคะแนนทักษะหลังการเล่นเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทยก่อนเรียน

5.5 สรุปผลแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนโรงเรียนวัดหนองปรong (บุญมานุสรณ์) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ระหว่างวันที่ 8 - 29 มีนาคม 2564

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดลอง

1. ผลการพัฒนาเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยานะของภาษาไทย วิทยาวุฒินวัตกรรมพื้นบ้าน



ภาพที่ 6 หน้าแรกบทเรียนออนไลน์



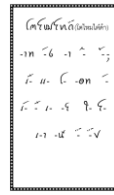
ภาพที่ 7 หน้าประวัติความเป็นมาภาษาไทย



ภาพที่ 8 หน้าบทเรียนภาษาไทย



ภาพที่ 9 หน้าอักษรไทดำ



ภาพที่ 10 หน้าสระไทดำ



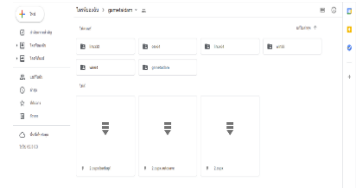
ภาพที่ 11 หน้าหลักการออกเสียง
และสำเนียง



ภาพที่ 12 หน้าแผนผังการวางนิ้ว
เป็นบนแป้น



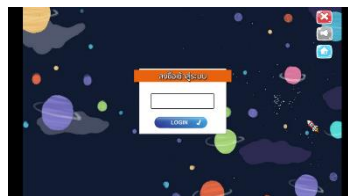
ภาพที่ 13 หน้า Download ตัว
โปรแกรมเกม



ภาพที่ 14 หน้าการเลือก
ระบบปฏิบัติการ



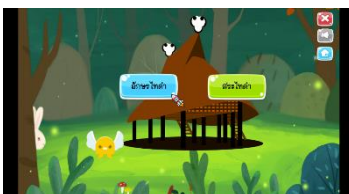
ภาพที่ 15 หน้าบทนำเกม



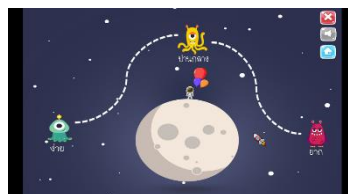
ภาพที่ 16 หน้าลงทะเบียนเล่นเกม



ภาพที่ 17 หน้าแสดงผลการลงชื่อ
เข้าสู่ระบบ



ภาพที่ 18 หน้าผลการเลือกโหมดใน
การเล่น



ภาพที่ 19 หน้าการเลือกระดับความ
ยากง่าย



ภาพที่ 20 หน้าเกมฝึกพิมพ์



ภาพที่ 21 หน้าสรุปผลคะแนน



ภาพที่ 22 หน้าแบบทดสอบ



ภาพที่ 23 หน้าผู้จัดทำ

จากภาพที่ 6-23 บทเรียนออนไลน์และการดำเนินเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย การใช้งานเริ่มจาก
เข้าหน้าแรก ในหน้านี้นี้จะแสดงเมนูดังต่อไปนี้ 1) ประวัติความเป็นมาของภาษาไทย 2) บทเรียนภาษาไทย มี

บทเรียนทั้งหมด 3 เรื่อง คือ อักษรไทดำ สระไทดำ และหลักการออกเสียงและสำเนียง 3) แผนผังการวางนิ้วบนแป้นพิมพ์ 4) เกมฝึกพิมพ์ภาษาไทย 5) แบบทดสอบ มีแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน และ 6) ผู้จัดทำ

2. ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทยดำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพของเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทยดำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน

หัวเรื่อง	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
1. ส่วนนำของเกม	4.00	1.00	ดี
2. ส่วนเนื้อหาของเกม	4.67	0.38	ดีมาก
3. การออกแบบระบบ	4.63	0.39	ดีมาก
รวม	4.56	0.47	ดีมาก

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพของเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทยดำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน พบว่า คุณภาพของเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทยดำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก (\bar{X} = 4.56, S.D. = 0.47)

3. ผลการทดสอบทักษะก่อนเล่นเกมและหลังเล่นเกม โดยใช้เกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทยดำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คะแนนสอบของผู้เรียนทั้งหมด 12 คน คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากการเก็บรวบรวมผลคะแนนจากภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ซึ่งมีคะแนนเต็ม 100 คะแนน จากผลทดสอบหลังเรียน พบว่าผู้เรียนมีคะแนนร้อยละสูงสุดคือ 73.89 และคะแนนร้อยละต่ำสุดคือ 60.00 จากผลการพัฒนา พบว่าผู้เรียนมีคะแนนพัฒนาร้อยละสูงสุดคือ 42.78 และคะแนนพัฒนาร้อยละต่ำสุดคือ 19.44

ตารางที่ 3 คะแนนทักษะก่อนเล่นเกมและหลังเล่นเกม

คนที่	ก่อนเรียน							หลังเรียน							ผล พัฒนา
	อักษรไทดำ (38 คะแนน)			สระไทดำ (22 คะแนน)			ร้อยละ	อักษรไทดำ (38 คะแนน)			สระไทดำ (22 คะแนน)			ร้อยละ	
	ระดับ ง่าย	ระดับ ปาน กลาง	ระดับ ยาก	ระดับ ง่าย	ระดับ ปาน กลาง	ระดับ ยาก		ระดับ ง่าย	ระดับ ปาน กลาง	ระดับ ยาก	ระดับ ง่าย	ระดับ ปาน กลาง	ระดับ ยาก		
1	16	11	7	9	7	4	30.00	29	26	20	19	15	12	67.22	37.22
2	19	14	9	12	8	6	37.78	30	25	23	20	18	15	72.78	35.00
3	15	10	6	8	6	3	26.67	29	24	20	17	14	12	64.44	37.78
4	12	11	8	9	6	4	27.78	33	27	21	18	15	13	70.56	42.78
5	23	20	10	13	9	6	45.00	28	25	20	17	14	12	64.44	19.44
6	20	12	7	10	6	4	32.78	31	25	21	18	15	12	67.78	35.00
7	15	9	6	8	5	3	25.56	28	22	19	15	13	11	60.00	34.44
8	17	11	6	9	4	3	27.78	31	27	22	17	15	13	69.44	41.67
9	19	14	9	10	7	5	35.56	31	28	25	18	14	13	71.67	36.11
10	21	13	10	15	11	7	42.78	32	26	22	19	18	16	73.89	31.11
11	22	16	11	12	9	6	42.22	30	27	21	16	15	12	67.22	25.00
12	15	10	6	8	6	3	26.67	27	24	20	16	14	11	62.22	35.56

ตารางที่ 4 ร้อยละระดับทักษะความสามารถของผู้เรียนเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำ
พยางค์ของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน

ระดับทักษะ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
ต่ำ	0	0
ปานกลาง	4	33.33
สูง	8	66.67
ระดับปานกลางขึ้นไป	12	100

จากตารางที่ 4 ร้อยละระดับทักษะความสามารถของผู้เรียนเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยางค์ของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน ผลการทดสอบทักษะการพิมพ์ของผู้เรียนมีระดับทักษะระดับปานกลางขึ้นไป มีจำนวนร้อยละ 100 ของนักเรียนทั้งหมด

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านการจดจำพยางค์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้เกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยางค์ของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านการจดจำพยัญชนะระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนน	จำนวน ผู้เรียน	คะแนน เต็ม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าจำนวน	ตาราง
ก่อนเรียน	12	60	22.67	4.54	27.12	1.80
หลังเรียน	12	60	47.83	4.84		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 , df = 11

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าค่า 'จำนวน' มีค่ามากกว่า 'ตาราง' จึงยอมรับ คือผลสัมฤทธิ์ด้านการจดจำพยัญชนะของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยโดยเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาผลคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งหมดที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 22.67 (จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน) และค่าเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งหมดที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 47.83 (จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นฐาน ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ด้านการจดจำพยัญชนะสูงขึ้น

4. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้เกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นฐาน

จากตารางที่ 6 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้เกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นฐานในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (\bar{X} = 4.70 , S.D. = 0.43) โดยประเด็นที่ผู้เรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ผู้เล่นเกิดความรู้สึกในการแข่งขันจากระบบการประเมินผลโดยใช้คะแนน (\bar{X} = 4.92 , S.D. = 0.29) และประเด็นที่ผู้เรียนมีความพึงพอใจน้อยที่สุดคือความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ในการเล่นเกมน (\bar{X} = 4.33 , S.D. = 0.49)

ตารางที่ 6 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้เกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยางค์ของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D	ระดับความคิดเห็น
1. การแบ่งหัวข้อของเนื้อหาที่มีความชัดเจนไม่สับสน	4.75	0.45	มากที่สุด
2. ตัวอักษรที่ใช้มีความเหมาะสมและชัดเจน	4.83	0.39	มากที่สุด
3. การจัดวางปุ่มของเมนูต่าง ๆ มีความเหมาะสมและใช้งานง่าย	4.58	0.51	มากที่สุด
4. ภาพ เสียง มัลติมีเดีย ของเกมทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนที่จะเล่นเกม	4.83	0.39	มากที่สุด
5. ความเร็วในการประมวลผลภายในเกม	4.42	0.51	มาก
6. ผู้เล่นเกิดความรู้สึกในการแข่งขัน จากระบบการประเมินผลโดยใช้คะแนน	4.92	0.29	มากที่สุด
7. ตัวเกมมีการแสดงผลหรือบทสรุปการกระทำของผู้เล่นอย่างชัดเจน	4.75	0.45	มากที่สุด
8. ได้รับความรู้เรื่องภาษาไทยอย่างสมเหตุสมผล	4.75	0.45	มากที่สุด
9. ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ในการเล่น	4.33	0.49	มาก
10. ความพึงพอใจโดยรวมต่อเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยางค์ของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน	4.83	0.39	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.70	0.43	มากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

1. การพัฒนาเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยางค์ของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน ซึ่งมีองค์ประกอบ คือบทเรียนภาษาไทยคำ จำนวน 3 เรื่อง คือ อักษรไทยคำ สระไทยคำ และหลักการออกเสียงและสำเนียง แผนผังการวางนิ้วเป็นบนแป้น (การสลับนิ้วแป้นพิมพ์ภาษาไทย) เกมฝึกพิมพ์ภาษาไทย

2. ด้านการวิเคราะห์หาคุณภาพของเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยางค์ของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน พบว่าคุณภาพของเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยางค์ของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก (\bar{x} = 4.56, S.D. = 0.47) สูงกว่าเกณฑ์ที่ ดี ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้เพราะว่าในการเรียนการสอนที่ใช้เกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยางค์ของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน มีส่วนกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น ตื่นเต้น ตั้งใจ และสนใจในการเรียน ในการจัดทำเกมจะเน้นเสนอเนื้อหาในแบบข้อความ รูปภาพ เสียง เพื่อช่วยสร้างความสนใจจนเกิดการเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจแก่นักเรียนมากขึ้น เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเพราะว่า เกมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นได้ผ่านกระบวนการวิจัยอย่างเป็นระบบ กล่าวคือ ผ่านกระบวนการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา การประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ สอดคล้องกับธนสาร รุจิรา (2559) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง เกมส่งเสริมการเรียนรู้แบบผสมผสาน เรื่อง การประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยพบว่า ผลการประเมินคุณภาพเกม

ส่งเสริมการเรียนรู้แบบผสมผสานโดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.44 และนภาร์ตน์ บุตรแดงน้อย, สวียา สุรมณี (2560) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาเกมเพื่อการเรียนรู้ เรื่องตัวกลางการสื่อสารข้อมูล สำหรับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพของเกมเพื่อการเรียนรู้ เรื่องตัวกลางการสื่อสารข้อมูล สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เช่นกัน

3. ทักษะหลังเล่นเกม โดยใช้เกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน ผู้วิจัยจึงได้นำผลคะแนนมาจัดจำแนกระดับทักษะของผู้เรียนออกเป็น 3 กลุ่มคือ ระดับทักษะความสามารถต่ำ ปานกลางและสูง ผลการจัดจำแนกพบว่า ผู้เรียนกลุ่มต่ำมีคะแนนอยู่ในช่วง 0-33 คะแนน จำนวน 0 คน กลุ่มปานกลาง 34-67 คะแนน จำนวน 4 คน และกลุ่มสูง 68-100 คะแนน จำนวน 8 คน โดยรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลางขึ้นไป มีจำนวนร้อยละ 100 ของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะเกมฝึกทักษะการพิมพ์ที่ต้องแข่งกับเวลาจะสร้างสมาธิและการตื่นตัวซึ่งมีส่วนช่วยให้นักเรียนจดจำพยัญชนะได้มาก รวมทั้งผู้เรียนสามารถพัฒนาการพิมพ์ให้รวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้นจากการฝึกปฏิบัติหลังจากได้รับการฝึกปฏิบัติที่ถูกต้องและบ่อยครั้งขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากความสนใจ ตั้งใจปฏิบัติจริงจัง

4. ด้านการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านการจดจำพยัญชนะของนักเรียนหลังเรียนด้วยเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน สูงกว่าก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 22.67 และหลังเรียนเท่ากับ 47.83 กล่าวคือผลสัมฤทธิ์ด้านการจดจำพยัญชนะของนักเรียนที่ได้จากคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนสอบก่อนเรียน เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะผลการใช้วิธีสอนโดยใช้เกมประกอบที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นนั้น สามารถส่งเสริมผลการเรียนรู้ด้านการจดจำพยัญชนะให้สูงขึ้นได้ ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของปิยนุช แดงแสงจันทร์ (2561) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนอินเทอร์เน็ตร่วมกับกิจกรรมเกม เรื่อง เทคโนโลยีอวกาศ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนอินเทอร์เน็ตร่วมกับกิจกรรมเกม เรื่อง เทคโนโลยีอวกาศ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สูงกว่าก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 และศรีสุดา ดั่งไธดีและคณะ (2557) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการสอนวิชาคอมพิวเตอร์บูรณาการคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคอมพิวเตอร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการสอนวิชาคอมพิวเตอร์บูรณาการคณิตศาสตร์กับนักเรียนที่เรียนแบบปกติแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เพิ่มขึ้นมาจากการใช้เกมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีการสอดแทรกลักษณะของการเกมให้ผู้เรียนเปลี่ยนทัศนคติในการเรียนปกติเป็นการเล่นเกมที่ได้ความสนุก และการแข่งขัน ทั้งยังได้ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาเหมือนกับการเรียนปกติอีกด้วย ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น

5. ด้านความพึงพอใจของนักเรียนด้วยเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน จำนวน 12 คน ส่วนมากพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.70$, S.D. =0.43) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (นภาร์ตน์ บุตรแดงน้อย, สวียา สุรมณี, 2560) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาเกมเพื่อการเรียนรู้ เรื่องตัวกลางการสื่อสารข้อมูล สำหรับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อเกมเพื่อการเรียนรู้ เรื่องตัวกลางการสื่อสาร

ข้อมูล สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และ (ทิพรัตน์ สิทธิวงศ์, 2559) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงกลยุทธ์ของนิสิตระดับอุดมศึกษา พบว่า ผลการศึกษาความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการเรียนด้วยเกมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงกลยุทธ์ของนิสิตระดับอุดมศึกษา พบว่า นิสิตมีความพึงพอใจต่อการเรียน ด้วยเกมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงกลยุทธ์อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.07$, S.D. = 0.55) ซึ่งอภิปรายผลได้ว่า ผู้เรียนมีการตอบรับที่ดีในการที่ผู้สอนนำสื่อเกมเพื่อการศึกษาใช้ในการเรียนการสอน ด้วยเหตุนี้การจัดการเรียนการสอนด้วยกิจกรรมเกมที่เหมาะสมจึงทำให้เกิดความพึงพอใจในการเรียนในระดับมาก

สรุปผลและเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. การพัฒนาเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทยคำ รายวิชา วัฒนธรรมพื้นบ้าน ซึ่งมีองค์ประกอบ คือบทเรียนภาษาไทย จำนวน 3 เรื่อง คือ อักษรไทย สระไทย และหลักการออกเสียงและสำเนียง แผนผังการวางนิ้วเป็นบนแป้น (การสืบนิ้วแป้นพิมพ์ภาษาไทย) เกมฝึกพิมพ์ภาษาไทย

2. ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน พบว่า คุณภาพของเกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.47)

3. ผลการทดสอบทักษะหลังเล่นเกม โดยใช้เกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน ผู้วิจัยจึงได้นำผลคะแนนมาจัดจำแนกระดับทักษะของผู้เรียนออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ระดับทักษะความสามารถต่ำ ปานกลางและสูง ผลการจัดจำแนกพบว่า ผู้เรียนกลุ่มต่ำมีคะแนนอยู่ในช่วง 0-33 คะแนน จำนวน 0 คน กลุ่มปานกลาง 34-67 คะแนน จำนวน 4 คน และกลุ่มสูง 68-100 คะแนน จำนวน 8 คน ผู้เรียนมีระดับทักษะระดับปานกลางขึ้นไป มีจำนวนร้อยละ 100 ของนักเรียนทั้งหมด

4. ผลสัมฤทธิ์ด้านการจดจำพยัญชนะของนักเรียน หลัง ใช้เกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน ที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 22.67 และหลังเรียนเท่ากับ 47.83

5. ผลการสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มทดลองที่ใช้เกมฝึกทักษะการพิมพ์ภาษาไทย เพื่อส่งเสริมการจำพยัญชนะของภาษาไทยคำ รายวิชาวัฒนธรรมพื้นบ้าน ที่พัฒนาขึ้นพบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้

1.1 ผู้วิจัยควรตรวจสอบเครื่องคอมพิวเตอร์ คีย์บอร์ด หูฟังและเมาส์ให้พร้อม เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาและอุปสรรค อันอาจส่งผลกระทบต่อกิจกรรมการเรียนของนักเรียน

1.2 ควรมีการแจ้งข้อมูลขั้นตอนการเข้าเกมให้ชัดเจน หรือมีการจัดลำดับการแข่งขัน มอบรางวัล

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

- 2.1 พัฒนาเกมเพื่อส่งเสริมความจำ เล่นเป็นแบบทีมได้
- 2.2 จัดการแข่งขัน มีฐานข้อมูล เก็บสถิติในรูปแบบออนไลน์

เอกสารอ้างอิง

- กมลรัตน์ หล้าสูงวงศ์. (2541). *การศึกษาบุคคลเป็นรายกรณี*. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- เกริก ท่วมกลางและคณะ. (2555). *การพัฒนาสื่อ/นวัตกรรมทางการศึกษาเพื่อเลื่อนวิทยฐานะ*. เยลโล่การพิมพ์.
- ทิพรรัตน์ สิทธิวงศ์ (2560) การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงกลยุทธ์ของนิสิตระดับอุดมศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 19(3), 16-33.
- ธนสาร รุจิรา. (2558). เกมส่งเสริมการเรียนรู้แบบผสมผสาน เรื่อง การประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์. *เอกสารการประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมครั้งที่ 1* (หน้า 206).
- นภารัตน์ บุตรแดงน้อย และสวียา สุรมณี (2560). *การพัฒนาเกมเพื่อการเรียนรู้ เรื่องตัวกลางการสื่อสาร ข้อมูล สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีที่ 3*. คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์.
- ปิยนุช แดงแสงจันทร์ (2561). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนอินเทอร์เน็ตร่วมกับกิจกรรมเกม เรื่อง เทคโนโลยีอวกาศ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. [วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- มูลนิธิชนเผ่าพื้นเมืองเพื่อการศึกษาและสิ่งแวดล้อม. (2559). *ไทยทรงดำ* : <http://ipf.or.th/?p=237>.
- โรงเรียนวัดหนองปรัง(บุญมานุสรณ์). (2563). *หลักสูตรท้องถิ่น "ไทยดำศึกษา" แผนการจัดประสบการณ์เรียนรู้ เรื่อง ภาษาไทดำ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. โรงเรียนวัดหนองปรัง (บุญมานุสรณ์).
- ศรีสุดา ด้วงใต้ดและคณะ. (2557). *การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการสอนวิชาคอมพิวเตอร์บูรณาการ คณิตศาสตร์* [วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สมบุรณ์ แซ่เจ็ง. (2553). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของการใช้ชุดการสอนวิชาการใช้แป้นพิมพ์ระดับประถมศึกษา*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Cronbach, L. J., et al. (1977). *Text Materials in Modern Education*. University of Illinois Press, Urbana, Illinois.

การพัฒนาบทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT
เพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกัน เรื่องกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

The Development of Lessons on Cloud Computing using with Cooperative model
Learning Together Technics on Engineering design process for enhancing
Collaboration skills for grade 8 students.

สุเมศ ชาแทน^{1*} กฤษ สินธนะกุล²

ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ^{1,2}

Corresponding author: E-mail: s6202042846063@email.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) หาประสิทธิภาพของการพัฒนาบทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT เพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกัน เรื่องกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น 3) ประเมินทักษะการทำงานร่วมกันของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 44 คน โรงเรียนราชวินิต มัธยม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่ายโดยวิธีจับสลาก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบไปด้วยบทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยสื่อวิดีโอแบบสาธิต แผนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT แบบประเมินคุณภาพบทเรียน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินทักษะการทำงานร่วมกัน ดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัยตามรูปแบบของ ADDIE Model ผลการวิจัยพบว่า 1) บทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 81.33/81.70 2) ผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t-test เท่ากับ 21.86) 3) ผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนที่พัฒนาขึ้น มีทักษะการทำงานร่วมกันโดยรวมอยู่ในระดับ ดีมาก (ทักษะรวมทั้ง 4 องค์ประกอบ คิดเป็นร้อยละ 90.54)

คำสำคัญ: การพัฒนาบทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์; การจัดการเรียนรู้ร่วมกัน เทคนิค LT;

ทักษะการทำงานร่วมกัน; กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

Abstract

The objectives of this research were as follows: 1) to find the efficiency of the Lessons on Cloud Computing, 2) to compare the students learning achievement before and after learning with Lessons on Cloud Computing, and 3) to evaluate the cooperative skills of students after learning Lessons on Cloud Computing with Cooperative model Learning Together Technics (LT model). The participants of this study were 44 students in grade 8 from Rajavinit Mathayom school selected using Simple Random Sampling methods, studying engineering design in the 2nd semester of academic year 2020. The research instruments consisted of the Lessons on Cloud Computing, Cooperative learning Teacher plan LT technique, lesson quality evaluation form, pre-test/post-test, and cooperative skills evaluation form. The research methodology using the ADDIE model. The results were as follows: 1) The finding indicated that the efficiency of the Lessons on Cloud Computing was 81.33/81.70 2) The study also revealed that after studying with the LT model, the students had more learning achievement than before. The finding was statistical significant at the level of .05 (t-test = 21.86) 3) The students cooperative skills appeared after studying with the LT model were found that at Very good level. (90.54%)

Keywords: Lessons on Cloud Computing; Cooperative model; Learning Together Technics;
Cooperative skills; Engineering design process

บทนำ

ปัจจุบันสังคมโลกมีการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว และในปีการศึกษา 2562 ที่ผ่านมา เกิดสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา Covid-19 ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบการศึกษาเป็นอย่างมาก ในการจัดการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี) มีเป้าหมายของสาระเทคโนโลยี คือ มุ่งพัฒนาผู้เรียน ให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยี ใช้ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหา หรือ พัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม นวัตกรรม การกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ อย่างเหมาะสม เลือกใช้เทคโนโลยีโดยคำนึงถึงผลกระทบ ต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม (สสวท. ,2561) ในสถานการณ์เช่นนี้ ทำให้ครูต้อง มีการจัดการเรียน เปลี่ยนการสอน โดยนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการสนับสนุนการจัดการเรียนการสอน (สำนักงานเลขาธิการสภา ,2563) เพื่อเน้นสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ส่งเสริมทักษะ การแก้ปัญหาและดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นกระบวนการแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างเป็นขั้นตอน เริ่ม จากการการระบุปัญหาหรือความต้องการ นำไปสู่การศึกษารวบรวมข้อมูล ออกแบบวิธีการและดำเนินแก้ปัญหา จนกระทั่งนำมาทดสอบ ประเมินผล และสรุปจนนำเสนอผลการแก้ปัญหา โดยกระบวนการดังกล่าวจะต้องอาศัย การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อให้พัฒนางานออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ

การเรียนรู้แบบร่วมมือ เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการกลุ่ม ซึ่งมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้หลายเทคนิค เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT (Learning Together) เป็นกระบวนการเรียนการสอนโดยมีการจัดกลุ่มผู้เรียน เข้ากลุ่มคละความสามารถ กลุ่มละ 4-6 คน ศึกษาเนื้อหาสาระร่วมกันโดยกำหนดบทบาทให้แต่ละคนมีหน้าที่ช่วยเหลือกลุ่มในการเรียนรู้ แต่ละกลุ่มสรุปคำตอบร่วมกันส่งคำตอบเป็นผลงานของกลุ่ม ผลงานกลุ่มได้คะแนนเท่าไร สมาชิกทุกคนในกลุ่มนั้น จะได้คะแนนเท่ากันทุกคนในการทำกิจกรรมครั้งนี้ ซึ่งวิธีนี้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาที่มีกระบวนการลำดับขั้นตอนที่แน่นอน (ทิสนา แคมณี ,2548)

ในปีการศึกษา 2562 ที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนผู้เรียนจำนวน 6 ห้องเรียน 216 คน ทั้ง 4 ด้าน ด้านละ 5 คะแนน เรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ 1) ด้านความถูกต้องและสอดคล้องของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ค่าเฉลี่ย 3.61 2) ด้านการส่งงานตรงต่อเวลา ค่าเฉลี่ย 3.24 3) ด้านขั้นตอนการทำงาน ค่าเฉลี่ย 3.12 และ 4) ด้านความร่วมมือ ค่าเฉลี่ย 2.97 พบว่า ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยในด้านความร่วมมือทำงานกลุ่มอยู่ในระดับที่ต่ำ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งในองค์ประกอบที่สำคัญในกระบวนการทำงานร่วมกันและส่งผลกระทบต่อผลสำเร็จของผลงานของกลุ่มร่วมกัน ผู้วิจัยจึงนำปัญหาดังกล่าวเข้าประชุมชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ ในที่ประชุมวิชาการกลุ่มสาระ และร่วมกันปรึกษาถึงปัญหาเพื่อหาสาเหตุและแนวทางการเรียนรู้ทางวิชาชีพ ในที่ประชุมวิชาการกลุ่มสาระ และร่วมกันปรึกษาถึงปัญหาเพื่อหาสาเหตุและแนวทางการแก้ปัญหารวมถึงผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร และวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบร่วมมือผ่านการนำเทคโนโลยีบนคลาวด์คอมพิวเตอร์มาช่วยในการสนับสนุนทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ที่ดีและได้ฝึกทำงานร่วมกันเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นสอดคล้องกับ (ศิริพล แสนบุญส่ง ,2560) ศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นฐานผ่านสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนคลาวด์คอมพิวเตอร์ เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์และทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีมของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ผลวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมีทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีม โดยรวมอยู่ในระดับดี

จากการศึกษาสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงพัฒนาการพัฒนาบทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT เพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกัน เรื่องกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม รายวิชาเทคโนโลยี 2 สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการนำเครื่องมือของบริการบนคลาวด์คอมพิวเตอร์มาออกแบบและจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ให้ผู้เรียนเข้าถึงการให้บริการของข้อมูลได้ตลอดเวลาที่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนและช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการทำงานร่วมกัน และการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อหาประสิทธิภาพของการพัฒนาบทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT เพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกัน เรื่องกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วย บทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ดิ่งร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT เพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกัน เรื่องกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

3. เพื่อประเมินทักษะการทำงานร่วมกันของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ดิ่งร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT เพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกัน เรื่องกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

สมมุติฐานงานวิจัย

1. ประสิทธิภาพของการพัฒนาบทเรียนที่พัฒนาขึ้น มีค่าตามเกณฑ์ 80/80
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนที่พัฒนาขึ้น หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. ทักษะการทำงานร่วมกันของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนที่พัฒนาขึ้น อยู่ในระดับดี

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สพม.กท 1 กระทรวงศึกษาธิการ
2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 44 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนราชวินิตมัธยม ได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่ายโดยวิธีการจับสลาก

ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย รายวิชาที่นำมาใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ วิชาเทคโนโลยี 2 รหัสวิชา ว 22105 จำนวน 1.0 หน่วยกิต ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จำนวน 6 หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย ประกอบด้วย 1) การระบุปัญหาและความต้องการ 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) การวางแผนขั้นตอนการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ระหว่างเดือน มกราคม พ.ศ. 2564 - มีนาคม พ.ศ. 2564

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย โดยใช้ขั้นตอนตามวิธีการเชิงระบบ (System Approach) หรือ ADDIE Model ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนทั้งหมด 5 ขั้นตอน 1) การศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ 2) การออกแบบ 3) การพัฒนา 4) การทดลองใช้ และ 5) การประเมินผล (มนต์ชัย เทียนทอง, 2554)

1) การศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ เริ่มต้นจากการศึกษาข้อมูลต่างๆ จากตำรา เอกสารทางวิชาการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมรายวิชา ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมรายวิชา

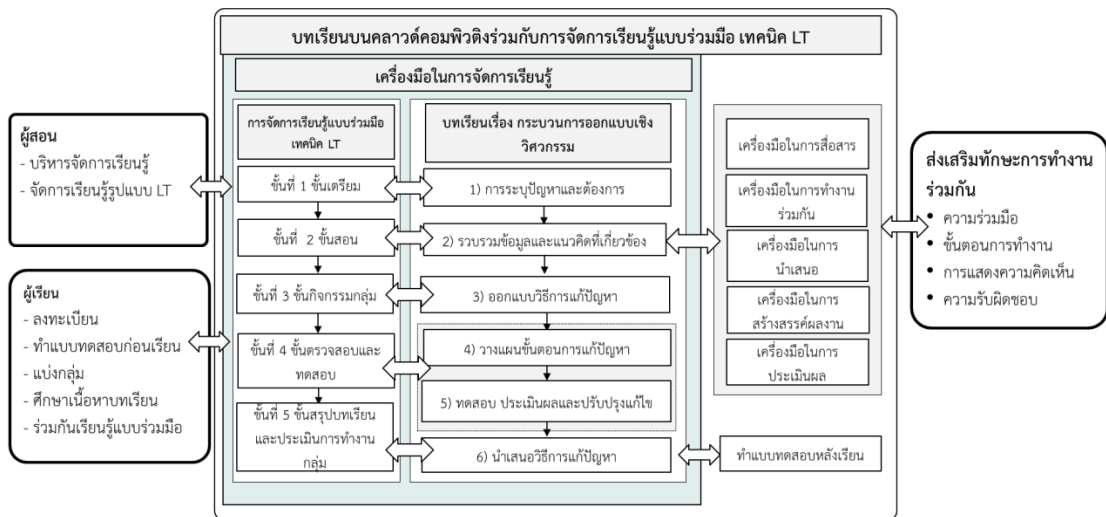
ลำดับ	สมรรถนะที่ต้องการ	งาน
1	กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	ระบุปัญหาและสรุปกรอบปัญหา รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา วางแผนขั้นตอนการแก้ปัญหา ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข นำเสนอผลการแก้ปัญหา

สามารถกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมทฤษฎี ได้จำนวน 14 ข้อ และปฏิบัติ 6 ข้อ การวิเคราะห์ผู้เรียนรวมถึง การวิเคราะห์แอปพลิเคชันที่สนับสนุนเทคโนโลยีช่วยในการสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนประกอบด้วย 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) เครื่องมือในการจัดการเนื้อหาการเรียนรู้ เช่น Google Classroom ใช้ในการจัดการชั้นเรียน และ Wix ใช้สำหรับการจัดการเนื้อหา แหล่งเรียนรู้ 2) เครื่องมือในการทำงานร่วมกัน เช่น Google Docs ใช้สำหรับเป็นการสร้างเอกสารแบบออนไลน์ร่วมกัน 3) เครื่องมือในการสื่อสาร เช่น Padlet, Line, Facebook Messenger ใช้สำหรับติดต่อสื่อสารพูดคุยกันภายในกลุ่ม 4) เครื่องมือในการสร้างสรรค์ผลงาน เช่น Flaticon ใช้เป็นแหล่งหาทรัพยากรด้านการออกแบบกราฟิก 5) เครื่องมือในการนำเสนอ เช่น Google Slides, Canva ใช้สำหรับสร้างสไลด์นำเสนอแบบออนไลน์ร่วมกัน 6) เครื่องมือในการประเมินผล เช่น Google Form ใช้สำหรับสร้าง แบบทดสอบออนไลน์ Google Sheets ใช้สำหรับแปลผลข้อมูล

2) ขั้นตอนการออกแบบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยสามารถกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมทฤษฎีอย่างน้อย จุดประสงค์ละ 3 ข้อ ได้แบบทดสอบจำนวน 62 ข้อ เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก ประเมินความสอดคล้องด้านเนื้อหา (IOC) จำนวน 3 ท่าน มีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 แล้วนำแบบทดสอบข้างต้นไปทดลอง (Try Out) กับนักเรียนที่เคยเรียน จำนวน 30 คน เพื่อหาค่าความยากง่าย (P) ได้ค่าตั้งแต่ 0.2 – 0.8 และค่าอำนาจจำแนก (r) ได้ค่าตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป และนำมาหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับตามสูตร KR-20 พบว่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ คือ 0.93 ได้แบบทดสอบไปใช้งานได้ 54 ข้อ ซึ่งครบทุกจุดประสงค์ ถือว่าคุณภาพของแบบทดสอบอยู่ในเกณฑ์ดี จึงสามารถที่จะนำไปใช้ได้

2.2 แผนการจัดการเรียนการสอน ตามรูปแบบการเรียนรู้ร่วมกัน เทคนิค LT ประกอบด้วย 6 แผนตามวิธีของ Likert 5 ระดับ ได้ทำการศึกษามาตรฐานหลักสูตรการศึกษา มาตรฐานการเรียนรู้ แบบเรียนวิชาเทคโนโลยี 2 การออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ครอบคลุมวัตถุประสงค์ ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้



ภาพที่ 1 แนวคิดการออกแบบบทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

ขั้นที่ 1 ชั้นเตรียมการ (สัปดาห์ที่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นการปฐมนิเทศ โดยครูแนะนำรายละเอียดให้กับผู้เรียนเกี่ยวกับเว็บแอปพลิเคชันในการเรียน และทำการทดสอบก่อนเรียนเพื่อทำการแบ่งกลุ่ม 5 - 6 คน คละความสามารถ เก่ง ปานกลาง อ่อน โดยยึดจากคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเลือกกลุ่ม โดยอาจจะพิจารณาตามความเหมาะสมของผู้สอน

ขั้นที่ 2 ชั้นสอน (สัปดาห์ที่ 2-3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การระบุปัญหาและสรุปกรอบของปัญหา ในขั้นนี้ผู้เรียนจะร่วมกันระบุปัญหาและตั้งเป้าหมายร่วมกันในการแก้ปัญหา ครูจะทบทวนความรู้พื้นฐานที่จำเป็นแก่นักเรียน โดยการนำเข้าสู่บทเรียนผ่านการทำกิจกรรม และ สอนเนื้อหาใหม่ แนะนำเนื้อหาแหล่งข้อมูล และมอบหมายภาระงาน และผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่เรียนมา

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นการเรียนรู้เกี่ยวกับหลักการกำหนดประเด็นในการสืบค้น และลงมือรวบรวมข้อมูล เอกสารที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 3 ชั้นทำกิจกรรมกลุ่ม (สัปดาห์ที่ 4) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งผู้เรียนจะได้ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์แนวทางแก้ปัญหาและได้การออกแบบแนวทางแก้ปัญหา เช่นการร่างภาพชิ้นงาน รวมถึงการวางแผนการลงมือปฏิบัติการสร้างชิ้นงาน

ขั้นที่ 4 ชั้นตรวจสอบและทดสอบ (สัปดาห์ที่ 5) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน ผู้เรียนจะได้กำหนดประเด็นในการทดสอบ และทำทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน และได้เตรียมตัวในการนำเสนอผลการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ชั้นสรุปบทเรียนและประเมินการทำงานกลุ่ม(สัปดาห์ที่ 6) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การนำเสนอผลการแก้ปัญหา ผู้เรียนทุกกลุ่ม ร่วมกันนำเสนอผลงาน ผ่านการใช้เครื่องมือนำเสนอเช่น Canva, Google Slide เป็นต้น และทำแบบทดสอบหลังเรียน

ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินเท่ากับ (\bar{X} =4.56) อยู่ในระดับที่เห็นด้วยมากที่สุด แสดงว่าบทเรียนที่พัฒนาขึ้นมีเนื้อหาเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ได้

2.3 ไปกิจกรรม และเกณฑ์ประเมินคุณภาพ ตามวิธีของ Likert 5 ระดับ ได้ทำการศึกษาการสร้างใบกิจกรรม และเกณฑ์การประเมินคุณภาพ จากหนังสือเรียน จากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้อง โดยใบกิจกรรมประกอบด้วย 6 ใบกิจกรรม ตามขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และมีเกณฑ์ประเมินตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นเกณฑ์ Rubric 4 ระดับ

ซึ่งผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินเท่ากับ (\bar{X} =4.47) อยู่ในระดับที่เห็นด้วยมาก แสดงว่าใบกิจกรรมมีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ได้

2.4 แบบวัดทักษะการทำงานร่วมกัน ตามวิธีของ Likert 5 ระดับ ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบวัดทักษะการทำงานร่วมกัน จากการศึกษา ผู้วิจัยนำมาสรุปเป็นองค์ประกอบได้ 4 องค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

ด้านที่ 1 ด้านความร่วมมือ คือ การทำงานร่วมกันเป็นทีมร่วมกันสมาชิกในกลุ่มจะต้องมีความสมัครใจ และเต็มใจในการทำงาน ควรมีการประสานงานที่ดีเปิดโอกาสให้สมาชิกมีส่วนร่วมในกิจกรรมเพื่อให้ผลของการทำงานเกิดประสิทธิภาพ

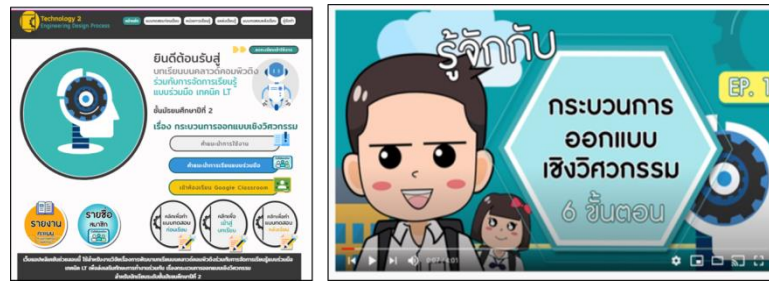
ด้านที่ 2 ด้านขั้นตอนการทำงาน คือ การทำงานร่วมกันเพื่อให้ประสบความสำเร็จควรมีการตั้งเป้าหมายร่วมกัน วางแผนอย่างเป็นระบบ และมอบหมายงานให้ตรงลักษณะงานของคนคนนั้น จะทำให้การทำงานออกมาได้ดี

ด้านที่ 3 ด้านการแสดงความคิดเห็น คือ การมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างสมาชิกในกลุ่ม ควรมีการสื่อสารเพื่อการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และทำความเข้าใจความคิดของผู้อื่นอันจะนำมาซึ่งการทำงานของกลุ่มที่มีประสิทธิภาพ

ด้านที่ 4 ด้านความรับผิดชอบ คือ การมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมร่วมกันภายในกลุ่ม และมีส่วนร่วมในการตัดสินใจของกลุ่ม

ซึ่งผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินเท่ากับ (\bar{X} =4.40) อยู่ในระดับที่เห็นด้วยมาก แสดงว่าแบบวัดทักษะที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ได้

2.5 สื่อบทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ ได้ทำการพัฒนาตามการออกแบบ ADDIE Model ประกอบด้วย
1) สื่อวิดีโอ มีจำนวนทั้งสิ้น 7 ตอน เป็นวิดีโอซีรี่ส์ โดยเริ่มจากการศึกษาตามเนื้อหาบทเรียนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เข้าถึงได้จาก <https://bit.ly/2NjKU98> เป็นวิดีโอสารคดี โดยออกแบบบทดำเนินเรื่องเลือกเครื่องมือที่ใช้สร้างบทเรียน 2) บทเรียนบนเว็บแอปพลิเคชัน เข้าถึงได้จาก <https://s6202042846063.wixsite.com/tech2> มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้ การออกแบบโครงสร้างของบทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ ออกแบบ Storyboard ในหน้าต่างๆ เช่น หน้าเว็บ คำแนะนำการเรียน วิธีการเรียนแบบร่วมมือแบบทดสอบ หน่วยการเรียนรู้ เอกสารประกอบการเรียน แหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติม เป็นต้น



ภาพที่ 2 สื่อบทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

3) ขั้นการพัฒนา ผู้วิจัยได้พัฒนาบทเรียนตามการออกแบบไว้ โดยสื่อบทเรียนดังกล่าว ผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ทั้งด้านเนื้อหา และเทคนิค ตามวิธีของ Likert 5 ระดับ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม และปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง ผลการประเมินด้านเนื้อหาเท่ากับ (\bar{X} =4.51) อยู่ในระดับที่เห็นด้วยมากที่สุด ผลการประเมินด้านเทคนิค เท่ากับ (\bar{X} =4.55) อยู่ในระดับที่เห็นด้วยมากที่สุด แสดงว่าบทเรียนที่พัฒนาขึ้นในภาพรวมมีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ได้

4) ขั้นการนำไปใช้ เป็นการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งทำการทดลอง กับ 1 กลุ่มวัดก่อนและหลัง (One Group Pretest Posttest Design) ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. ปฐมนิเทศผู้เรียน ทำการจัดเตรียมบทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น
2. ทำการทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบทดสอบก่อนเรียน
3. แบ่งกลุ่มผู้เรียน และบทบาทหน้าที่รับผิดชอบ
4. ดำเนินการทดลองด้วยแผนการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยใช้เวลาเรียนทั้งหมด 12 ชั่วโมง
5. ระหว่างการดำเนินการสอน (ในสัปดาห์ที่ 1-5) มีการทำไปกิจกรรมร่วมกัน เพื่อเก็บคะแนนความร่วมมือประเมินทักษะการทำงานร่วมกัน

6. ทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ หลังเรียนจบแต่ละหน่วยการเรียนรู้

7. ทำการทดสอบหลังเรียน เมื่อสิ้นสุดการดำเนินการสอนโดยใช้แบบทดสอบหลังเรียน

5) ขั้นการประเมินผล

5.1 การหาประสิทธิภาพของบทเรียน โดยการหาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ E1 และ E2 ดังต่อไปนี้

E1 ได้จากคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้จากคะแนนรวมของการทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ได้ถูกต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของคะแนนทั้งหมด

E2 ได้จากคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการคะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน โดยทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนที่พัฒนาขึ้น

5.2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่พัฒนาขึ้น โดยรวบรวมคะแนนการทดสอบวัดผลก่อนเรียนและหลังเรียนมาสรุปผลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน โดยใช้การวิเคราะห์หาค่าทางสถิติการทดสอบค่าที่ กำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05

5.3 การประเมินทักษะการทำงานร่วมกัน เป็นการประเมินโดยใช้คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกกลุ่มที่ได้จากแบบวัดทักษะการทำงานร่วมกันแต่ละองค์ประกอบแล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์

เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการทำงานร่วมกัน สามารถแปลความหมาย ดังต่อไปนี้

75 - 100	คะแนน	หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับ ดีมาก
50 - 74	คะแนน	หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับ ดี
25 - 49	คะแนน	หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับ พอใช้
0 - 24	คะแนน	หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับ ปรับปรุง

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการหาประสิทธิภาพของการพัฒนาบทเรียนที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ (E1/E2) 81.33/81.70 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการหาประสิทธิภาพบทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์

คะแนน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ประสิทธิภาพ
คะแนนรวมระหว่างเรียน (E1)	44	คะแนนเต็ม (60)	48.80	81.33
คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (E2)	44	คะแนนเต็ม (20)	16.34	81.70

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนที่พัฒนาขึ้น พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนและก่อนเรียน

แบบทดสอบ	จำนวนผู้เรียน	รวมคะแนน	\bar{X}	S.D.	t คะแนน	t ตาราง
ก่อนเรียน (20 คะแนน)	44	342	7.77	2.23	21.86	1.68
หลังเรียน (20 คะแนน)	44	719	16.34	1.10		

3. ผลการประเมินทักษะการทำงานร่วมกันของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนที่พัฒนาขึ้น พบว่า ผู้เรียนมีทักษะการทำงานร่วมกันเฉลี่ย ทั้ง 4 องค์ประกอบ คิดเป็นร้อยละ 90.54 หมายถึง ผู้เรียนมีระดับความสามารถทักษะการทำงานร่วมกัน อยู่ในระดับดีมาก ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สรุปผลการประเมินทักษะการทำงานร่วมกัน

กลุ่มที่	องค์ประกอบการทำงานร่วมกัน				ผลรวม คะแนน (80 คะแนน)
	ด้านความร่วมมือ	ด้านขั้นตอนการทำงาน	ด้านการแสดงความคิดเห็น	ด้านความรับผิดชอบ	
	20	20	20	20	
1	17	16	17	18	68
2	19	19	19	20	77
3	19	18	19	20	76
4	19	17	18	20	74
5	17	16	18	18	69
6	18	17	18	18	71
7	17	18	18	19	72
รวม	126	121	127	133	507
ค่าเฉลี่ย	18.00	17.29	18.14	19.00	72.43
คิดเป็นร้อยละ	90.00	86.43	90.71	95.00	90.54
แปลผล	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการหาประสิทธิภาพของการพัฒนาบทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น พบว่ามีประสิทธิภาพ (E1/E2) 81.33/81.70 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 เกิดจาก ผู้วิจัยมีการออกแบบและพัฒนาบทเรียนที่พัฒนาขึ้น มีการจัดทำอย่างเป็นระบบตามวิธีการอย่างเหมาะสมตาม ADDIE Model ซึ่งเครื่องมือผ่านขั้นตอนการตรวจสอบประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง ด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคภาพรวมของบทเรียนมีคุณภาพอยู่ในระดับที่เห็นด้วยมากที่สุด สามารถนำไปใช้ได้ ในส่วนของกระบวนการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยีเครื่องมือบนคลาวด์คอมพิวเตอร์มาเชื่อมโยงผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิค LT โดยในแต่ละขั้นตอนผู้สอนพยายามส่งเสริมการพัฒนาการเรียนรู้แบบร่วมมือ และการนำเทคโนโลยีบนคลาวด์คอมพิวเตอร์มาทำให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ซึ่งในระหว่างเรียนแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ผู้เรียนทำแบบทดสอบระหว่างเรียนเพื่อจะได้ตรวจสอบความก้าวหน้าอยู่ตลอดเวลา เพื่อจะได้

ปรับปรุง พัฒนาตนเองได้ ทำให้บทเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพและสามารถนำมาใช้
ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสมกับผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับ (อภิรักษ์ เพชรแสงคำ , 2562) ได้
ศึกษา ผลการใช้ชุดกิจกรรมภาษาอังกฤษเพื่อพัฒนาทักษะการอ่าน โดยการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT
สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้ทำกิจกรรมต่างๆอย่างเป็นขั้นตอน จนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้
พบว่า ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนที่
พัฒนาขึ้น พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียน มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทาง
สถิติที่ระดับ .05 ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และสามารถมีค่าเฉลี่ยสูงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เป็น
เพราะบทเรียนที่พัฒนาขึ้นมีการวางแผนในการเรียนที่ชัดเจน เป็นขั้นตอน และเน้นกระบวนการกลุ่ม โดย
ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียน ใช้เทคนิคเสริมแรงต่างๆ กระตุ้นการเรียนรู้ ผักผ่อนและเน้น
แก้ปัญหาด้วยกระบวนการกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง และสามารถสร้างองค์ความรู้
ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ (ชนันพัฒน์ วรรณวิจิตร, 2561) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาชุดกิจกรรม วิชาหน้าที่พลเมือง โดย
ใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ
ผู้เรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้น สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เพราะเป็น
การจัดการกิจกรรมหลายรูปแบบที่เหมาะสมแก่การทำงานแบบร่วมมือ เน้นให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมจริง ทำให้นักเรียน
เกิดความสนใจ กระตือรือร้นในการค้นหาคำตอบร่วมกัน และทุกคนมีส่วนร่วมในการทำงานอย่างทั่วถึง นักเรียน
มีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน เห็นความสำคัญของการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน เป็นเหตุผลที่ทำให้ผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนหลังเรียนสูงขึ้น

3. ผลการประเมินทักษะการทำงานร่วมกันของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนที่พัฒนาขึ้น พบว่า ผู้เรียนมี
ทักษะการทำงานร่วมกันเฉลี่ย ทั้ง 4 องค์ประกอบ คิดเป็นร้อยละ 90.54 หมายถึง ผู้เรียนมีระดับความสามารถ
ทักษะการทำงานร่วมกัน อยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้เป็นเพราะ ผู้เรียนได้รับการส่งเสริม พัฒนาทักษะการเรียนรู้แบบ
ร่วมมือในระหว่างกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ผ่านการใช้เครื่องมือบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ และผู้เรียนได้
มีโอกาสทำงานร่วมกัน ช่วยเหลือซึ่งกันและกันเพื่อแก้ปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สอดคล้องกับ
(ชนกกานต์ เนตรศรี, 2560) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการ
ออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในเรื่องเคมีสิ่งแวดล้อม ของผู้เรียน
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าการส่งเสริมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้เป็นอย่างดี เนื่องจากในการทำ
กิจกรรม ผู้เรียนได้ร่วมกับสมาชิกในกลุ่มในการแก้ปัญหา วางแผนและออกแบบชิ้นงาน ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการ
เรียนรู้แบบร่วมมือขึ้นและมีกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการประดิษฐ์ชิ้นงานได้อย่างสำเร็จ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1. การจัดการเรียนการสอน ในขั้นเตรียม ผู้สอนควรให้ผู้เรียนได้ทำแบบเสนอโครงร่างชิ้นงาน รวมถึง
แนวคิดในการออกแบบ เพื่อจะได้ประเมินความเป็นไปได้ของการสร้างชิ้นงาน

2. ครูผู้สอนควรมีการจัดทำเล่มคู่มือประกอบการทำไปกิจกรรม เพื่อเป็นแนวทางตัวอย่างให้ผู้เรียนใน
การทำงานชิ้นนี้ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจและปฏิบัติตามได้อย่างถูกต้องและเป็นในแนวทางเดียวกัน

3. ในการปฏิบัติกิจกรรม ผู้เรียนพบปัญหาอุปสรรค ในการวางแผนลงมือปฏิบัติกิจกรรมร่วมกัน เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของ โควิด -19 ทางโรงเรียนจัดให้มีการเรียนรูปแบบผสมผสาน (Blended Learning) แบ่งนักเรียนในห้องเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม แล้วสลับวันมาเรียน ที่โรงเรียน ทำให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มไม่สามารถวางแผนในการมาปฏิบัติกิจกรรมสร้างชิ้นงานพร้อมกันได้ ครูผู้สอนต้องคอยช่วยเหลือ และให้คำแนะนำ ในการเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ในการปฏิบัติสร้างชิ้นงาน และนัดหมายวันเวลาเพื่อจะได้ร่วมกันสร้างชิ้นงานกันได้อย่างรวดเร็ว

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม อาจมีการคลาดเคลื่อนบ้าง ดังนั้นผู้สอนควรมีการยืดหยุ่นให้ผู้เรียนตามสภาพ และสิ่งแวดล้อม

5. เครื่องมือบนคลาวด์คอมพิวเตอร์บางอย่าง อาจไม่เหมาะสมในการใช้ในสถานการณ์ดังกล่าว เช่น Padlet โดยผู้สอนอาจยืดหยุ่นในการใช้เครื่องมือติดต่อสื่อสารอื่นตามความเหมาะสม เช่น Facebook Messenger, Line เป็นต้น แล้วให้อัดภาพหน้าจอเป็นหลักฐานส่ง

6. การทำงานแบบร่วมกันนั้นสมาชิกทุกคนในทีมจะต้องสมัครใจร่วมกันทำงานอย่างเต็มที่ เพื่อให้เป้าหมายของทีมนั้นบรรลุตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยจึงควรสร้างบรรยากาศ อำนวยความสะดวกในการทำกิจกรรมของผู้เรียน นอกจากนั้นยังต้องกระตุ้นให้สมาชิกทุกคนในกลุ่มมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับผู้อื่น เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามที่กลุ่มตั้งเป้าหมายไว้

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการนำบทเรียนไปจัดกับการเรียนรู้ร่วมกับแอปพลิเคชันที่ช่วยในการจัดกิจกรรมแบบร่วมมือที่หลายหลายในการเรียนรู้ จะช่วยเพิ่มความสุขและกระตือรือร้นในการเรียนออนไลน์

2. ควรมีการนำคลาวด์คอมพิวเตอร์ไปใช้ร่วมกับรูปแบบการสอน หรือเทคนิคการสอนแบบอื่น ๆ เช่น โครงงานเป็นฐาน เพื่อให้ส่งเสริมในทักษะต่าง ๆ

3. ควรนำไปประยุกต์ในเนื้อหาอื่น ๆ หรือรายวิชาอื่น ๆ ได้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ชนันพัฒนา วรรณวิจิตร. (2561). *การพัฒนาชุดกิจกรรมวิชาหน้าที่พลเมือง โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

ชนกกันต์ เนตรรัศมี. (2560). *การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ในเรื่องเคมีสิ่งแวดล้อม ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

ทิตนา แชมมณี. (2548). *รูปแบบการเรียนการสอนทางเลือกที่หลากหลาย*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- พิสิษฐ์ ทองงาม. (2556). *บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยเทคนิคเรียนรู้ร่วมกัน (LT) เรื่อง การออกแบบและเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5*. สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- มนต์ชัย เทียนทอง. (2554). *การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ (Design and Development of Computer Instruction)* (พิมพ์ครั้งที่ 3). พี ที เอ เบสท์ ซัพพลาย.
- วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์. (2545). *เอกสารประกอบการสอนวิชาพัฒนาการเรียนการสอน*. มหาวิทยาลัยสารคาม.
- ศิริพล แส่นบุญส่ง. (2560). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นฐานผ่านสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนคลาวด์คอมพิวเตอร์ เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์และทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีมของนักศึกษาระดับปริญญาตรี. คอมพิวเตอร์ศึกษา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.*
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2563). *รายงานเรียนออนไลน์ยุคโควิด-19 : วิกฤติหรือโอกาสการศึกษา* ไทย. สกศ.
- สิทธิชัย ลายเสมา. (2557). *ระบบการเรียนรู้ร่วมกันด้วยทีมเสมือนจริงในสภาพแวดล้อมการเรียนแบบภาควันตภาพโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการทำงานร่วมกัน. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารเพื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.*
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ.
- อาภรณ์ ใจเที่ยง. (2550). *หลักการสอน*. โอเดียนสโตร์.
- อภิวัฒน์ เพชรแสนคำ. (2562). *ผลการใช้ชุดกิจกรรมภาษาอังกฤษ เพื่อพัฒนาทักษะการอ่าน โดยการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค LT สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

บนปฏิสลับที่ AG^* -กรุปพอยด์ On Anti-Commutative AG^* -groupoids

อัฐชัย ชญา^{1*} ชุติศักดิ์ มาณะ² นันทพร ยี่งรัตน์สุข³

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม^{1,2,3}

*Corresponding author: E-mail: atthchaichada@gmail.com

บทคัดย่อ

AG -กรุปพอยด์เป็นโครงสร้างทางพีชคณิตที่น่าสนใจและไม่มีสมบัติเปลี่ยนกลุ่ม เป็นโครงสร้างที่อยู่กึ่งกลางระหว่างกรุปพอยด์และกึ่งกรุปสลับที่ ในบทความนี้เราจะศึกษาความสัมพันธ์ของปฏิสลับที่ AG^* -กรุปพอยด์ (Anti-commutative AG^* -groupoid) กับ คลาสย่อยอื่นๆของ AG -กรุปพอยด์

คำสำคัญ: AG -กรุปพอยด์; AG^* -กรุปพอยด์; ปฏิสลับที่; เสमीอนการตัดออก; AG^{**} -กรุปพอยด์.

Abstract

An AG -groupoid is the most interesting non-associative algebraic structure lying midway between a groupoid and a commutative semigroup. In this paper, we investigate relationship of an anti-commutative AG^* -groupoid with any subclass of AG -groupoids.

Keywords: AG – groupoid; AG^* -groupoid; Anti-commutative; Quasi cancellative AG^{**} -groupoid

บทนำ

แนวคิดกึ่งกรุปเกือบทางซ้าย (Left almost semigroup) กึ่งกรุปเกือบทางขวา (Right almost semigroup) และเกือบกึ่งกรุป (Almost semigroup) ถูกแนะนำครั้งแรกในปี 1977 โดย Kazim และ Naseeruddin ต่อมาในปี 2012 Ahmad และ Rashad ได้ศึกษาโครงสร้างของ AG -กรุปพอยด์ (AG -groupoid) และได้รับสมบัติและความสัมพันธ์บางประการของ AG -กรุปพอยด์ ต่อมาในปี 2016 Ahmad และ Rashad ยังได้ศึกษาสมบัติบางประการของโครงสร้างทางพีชคณิตที่เรียกว่า ปฏิสลับที่ AG^* -กรุปพอยด์ (Anti-commutative AG^* -groupoid) และในปี 2013 Ahmad, Rashad และ Shah ได้ศึกษาสมบัติต่างๆของ AG^* -กรุปพอยด์

ในงานวิจัยนี้เราจะศึกษาสมบัติเพิ่มเติมที่นอกเหนือจากงานวิจัยของ Ahmad, Rashad และ Shah ที่ได้ศึกษามาแล้ว ซึ่งทำให้เราได้รับสมบัติและความสัมพันธ์บางประการของปฏิสลับที่ AG^* -กรุปพอยด์ (Anti-commutative AG^* -groupoid) กับ คลาสย่อยอื่นๆของ AG -กรุปพอยด์

ความรู้พื้นฐาน

บทนิยาม 1 ให้ (S, \cdot) เป็นกรุปพอยด์ จะเรียก (S, \cdot) ว่า AG-กรุปพอยด์ (AG-groupoid) ถ้า $(ab)c = (cb)a$ สำหรับทุก ๆ $a, b, c \in S$

หมายเหตุ เพื่อความสะดวกเราจะเขียน S แทนกรุปพอยด์ (S, \cdot) และเขียน (ab) แทน $\cdot(ab)$ สำหรับทุก ๆ $a, b \in S$

บทนิยาม 2 (Ahmad & Rashad, 2012) ให้ S เป็น AG-กรุปพอยด์ จะเรียก S ว่าเป็น AG*-กรุปพอยด์ (AG*-groupoid) ถ้า $(ab)c = b(ac)$ สำหรับทุก ๆ $a, b, c \in S$

บทนิยาม 3 (Ahmad & Rashad, 2012) ให้ S เป็น AG-กรุปพอยด์ จะเรียก S ว่าเป็น AG**-กรุปพอยด์ (AG**-groupoid) ถ้า $a(bc) = b(ac)$ สำหรับทุก ๆ $a, b, c \in S$

บทนิยาม 4 (Ahmad & Rashad, 2012) ให้ S เป็น AG-กรุปพอยด์ จะเรียก S ว่าเป็น มัธยะ (Medial) ถ้า $(ab)(cd) = (ac)(bd)$ สำหรับทุก ๆ $a, b, c, d \in S$

บทนิยาม 5 (Ahmad & Rashad, 2012) ให้ S เป็น AG-กรุปพอยด์ จะเรียก S ว่าเป็น พาราามีเดียล (Paramedial) ถ้า $(ab)(cd) = (db)(ca)$ สำหรับทุก ๆ $a, b, c, d \in S$

บทนิยาม 6 (Ahmad & Rashad, 2016) ให้ S เป็น AG-กรุปพอยด์ จะเรียก S ว่าเป็น ปฏิสลับที่ (Anti-commutative) ถ้า $ab = ba$ แล้ว $a = b$ สำหรับทุก ๆ $a, b \in S$

บทนิยาม 7 (Ahmad & Rashad, 2012) ให้ S เป็น AG-กรุปพอยด์ จะเรียก S ว่าเป็น เสมือนการตัดออกขวา (Right quasi cancellative) ถ้า $a^2 = ab$ และ $b^2 = ba$ แล้ว $a = b$ สำหรับทุก ๆ $a, b \in S$

บทนิยาม 8 (Ahmad & Rashad, 2012) ให้ S เป็น AG-กรุปพอยด์ จะเรียก S ว่าเป็น เสมือนการตัดออกซ้าย (Left quasi cancellative) ถ้า $a^2 = ba$ และ $b^2 = ab$ แล้ว $a = b$ สำหรับทุก ๆ $a, b \in S$

บทนิยาม 9 (Ahmad & Rashad, 2012) ให้ S เป็น AG-กรุปพอยด์ จะเรียก S ว่าเป็น เสมือนการตัดออก (Quasi cancellative) ถ้า S เป็นทั้ง เสมือนการตัดออกขวา และ เสมือนการตัดออกซ้าย

บทนิยาม 10 (Ahmad & Rashad, 2012) ให้ S เป็น AG-กรุปพอยด์ จะเรียก S ว่าเป็น AG-3-แบนด์ (AG-3-band) ถ้า $(aa)a = a(aa) = a$ สำหรับทุก ๆ $a \in S$

บทนิยาม 11 (Ahmad & Rashad, 2012) ให้ S เป็น AG-กรุปพอยด์ จะเรียก S ว่าเป็น จอร์แดน (Jordan) ถ้า $a(bb \cdot c) = (bb \cdot ac)$ สำหรับทุก ๆ $a, b \in S$

บทนิยาม 12 (Ahmad & Rashad, 2012) ให้ S เป็น AG-กรุปพอยด์ จะเรียก S ว่าเป็น ไบลขวา (Right bol) ถ้า $a((bc)b) = ((ab)c)b$ สำหรับทุก ๆ $a, b, c \in S$

บทตั้ง 2.1 (Kazim & Naseeruddin, 1977) ให้ S เป็น AG-กรุปพอยด์จะได้ว่า S เป็นมัธยะ

ทฤษฎีบท 2.1 (Ahmad & Rashad & Iqbal & Amanulah, 2020) ให้ S เป็น AG*-กรุปพอยด์จะได้ว่า S เป็นพาราามีเดียล

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในหัวข้อนี้เราจะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคลาสย่อยต่างๆของ AG-กรุปพอยด์ ซึ่งได้ผลการศึกษาดังนี้

ตัวอย่าง 3.1 ให้ $S = \{1, 2, 3, 4\}$ นิยามการดำเนินการทวิภาค $*$ ดังตารางต่อไปนี้

*	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	2	1
4	1	1	2	2

จะได้ว่า S เป็น AG*-กรุปพอยด์ แต่ S ไม่เป็น AG-3-แบนด์ เนื่องจาก $(4*4)*4 = 2*4 = 1 \neq 4$
 ทฤษฎีบท 3.1 ให้ S เป็น ปฏิสลับที่ AG*-กรุปพอยด์ จะได้ว่าข้อความต่อไปนี้เป็นจริง

- 1) S เป็น AG-3-แบนด์
- 2) S เป็น AG**-กรุปพอยด์
- 3) S เป็น เสถียรต่อการตัดออก

การพิสูจน์ 1) จะแสดงว่า S เป็น เป็น AG-3-แบนด์ ให้ $a \in S$ พิจารณา

$$\begin{aligned} ((aa)a)a &= (aa)(aa) && ; \text{AG-กรุปพอยด์} \\ &= a(a(aa)) && ; \text{AG*-กรุปพอยด์} \\ &= a((aa)a) && ; \text{AG*-กรุปพอยด์} \end{aligned}$$

เนื่องจาก $((aa)a)a = a((aa)a)$ และ S เป็นปฏิสลับที่ จะได้ว่า $(aa)a = a$

ในทำนองเดียวกันสามารถแสดงได้ว่า $a(aa) = a$ ทำให้ $(aa)a = a(aa) = a$ ดังนั้น S เป็น AG-3-แบนด์

2) ให้ $a, b, c \in S$ พิจารณา

$$\begin{aligned} [a(bc)][b(ac)] &= [(ba)c][(ab)c] && ; \text{AG*-กรุปพอยด์} \\ &= [(ba)(ab)](cc) && ; \text{มัธยะ} \\ &= [(cc)(ab)](ba) && ; \text{AG-กรุปพอยด์} \\ &= [(bc)(ac)](ba) && ; \text{พารามีเดียล} \\ &= [(a(bc))c](ba) && ; \text{AG*-กรุปพอยด์} \\ &= [((ba)c)c](ba) && ; \text{AG*-กรุปพอยด์} \\ &= [((ca)b)c](ba) && ; \text{AG-กรุปพอยด์} \\ &= [(cb)(ca)](ba) && ; \text{AG-กรุปพอยด์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= [(cc)(ba)](ba) && ; \text{ มัชยะ} \\
 &= (ba)[(cc)(ba)] && ; \text{ AG}^* \text{-กรุปพอยด์} \\
 &= (ba)[(ac)(bc)] && ; \text{ พารามิเตอร์เดียว} \\
 &= [b(ac)][a(bc)] && ; \text{ มัชยะ}
 \end{aligned}$$

เนื่องจาก $[a(bc)][b(ac)] = [b(ac)][a(bc)]$ และ S เป็นปฏิสลับที่ จะได้ว่า $a(bc) = b(ac)$
 ดังนั้น S เป็น AG^{**} -กรุปพอยด์

3) ให้ $a, b \in S$

3.1) จะแสดงว่า S เป็น เสมีอนการตัดออกขวา

สมมติว่า $a^2 = ab$ และ $b^2 = ba$ จะแสดงว่า $a = b$ พิจารณา

$$\begin{aligned}
 (ab)(ba) &= (b(ab))a && ; \text{ AG}^* \text{-กรุปพอยด์} \\
 &= ((ab)b)a && ; \text{ AG}^* \text{-กรุปพอยด์} \\
 &= ((bb)a)a && ; \text{ AG-กรุปพอยด์} \\
 &= (aa)(bb) && ; \text{ AG-กรุปพอยด์} \\
 &= (ab)(bb) && ; a^2 = ab \\
 &= (b(ab))b && ; \text{ AG}^* \text{-กรุปพอยด์} \\
 &= ((ab)b)b && ; \text{ AG}^* \text{-กรุปพอยด์} \\
 &= (bb)(ab) && ; \text{ AG-กรุปพอยด์} \\
 &= (ba)(ab) && ; b^2 = ba
 \end{aligned}$$

เนื่องจาก $(ab)(ba) = (ba)(ab)$ และ S เป็น ปฏิสลับที่ จะได้ว่า $ab = ba$ และจาก $ab = ba$ และ S
 เป็น ปฏิสลับที่ จะได้ว่า $a = b$ ดังนั้น S เป็น เสมีอนการตัดออกขวา

3.1) จะแสดงว่า S เป็น เสมีอนการตัดออกซ้าย

สมมติว่า $a^2 = ba$ และ $b^2 = ab$ จะแสดงว่า $a = b$ พิจารณา

$$\begin{aligned}
 (ab)(ba) &= (b(ab))a && ; \text{ AG}^* \text{-กรุปพอยด์} \\
 &= ((ab)b)a && ; \text{ AG}^* \text{-กรุปพอยด์} \\
 &= ((bb)a)a && ; \text{ AG-กรุปพอยด์} \\
 &= (aa)(bb) && ; \text{ AG-กรุปพอยด์} \\
 &= (ba)(bb) && ; a^2 = ba \\
 &= (ba)(ab) && ; b^2 = ab
 \end{aligned}$$

เนื่องจาก $(ab)(ba) = (ba)(ab)$ และ S เป็นปฏิสลับที่

จะได้ว่า $ab = ba$ และเนื่องจาก $ab = ba$ และ S เป็นปฏิสลับที่ จะได้ว่า $a = b$

ดังนั้น S เป็นเสมีอนการตัดออกซ้าย จาก 3.1) และ 3.2) สรุปได้ว่า S เป็นเสมีอนการตัดออก

ทฤษฎีบท 3.2 ให้ S เป็น ปฏิสลับที่ AG -กรุปพอยด์ ถ้า S เป็นพารามิเตอร์เดียว แล้ว S เป็น จอร์แดน
 การพิสูจน์ ให้ $a, b, c \in S$ พิจารณา

$$\begin{aligned}
 [a(bb \cdot c)](bb \cdot ac) &= [(bb \cdot ac)(bb \cdot c)]a && ; \text{AG-กรุปพอยด์} \\
 &= [(bb \cdot bb)(ac \cdot c)]a && ; \text{มัธยะ} \\
 &= [a(ac \cdot c)](bb \cdot bb) && ; \text{AG-กรุปพอยด์} \\
 &= [bb(ac \cdot c)](bb \cdot a) && ; \text{พารามีเดียล} \\
 &= [(b \cdot ac)bc](bb \cdot a) && ; \text{มัธยะ} \\
 &= [(bc \cdot ac)b](bb \cdot a) && ; \text{AG-กรุปพอยด์} \\
 &= [(bc \cdot ac)bb]ba && ; \text{มัธยะ} \\
 &= (ba \cdot bb)(bc \cdot ac) && ; \text{AG-กรุปพอยด์} \\
 &= (ac \cdot bb)(bc \cdot ba) && ; \text{พารามีเดียล} \\
 &= (ab \cdot cb)(bc \cdot ba) && ; \text{มัธยะ} \\
 &= (ab \cdot cb)(ac \cdot bb) && ; \text{พารามีเดียล} \\
 &= [(cb \cdot b)a](ac \cdot bb) && ; \text{AG-กรุปพอยด์} \\
 &= [(bb \cdot c)a](ac \cdot bb) && ; \text{AG-กรุปพอยด์} \\
 &= (bb \cdot a)[ac(bb \cdot c)] && ; \text{พารามีเดียล} \\
 &= (bb \cdot ac)[a(bb \cdot c)] && ; \text{มัธยะ}
 \end{aligned}$$

เนื่องจาก $[a(bb \cdot c)](bb \cdot ac) = (bb \cdot ac)[a(bb \cdot c)]$ และ S เป็นปฏิสลับที่
จะได้ว่า $a(bb \cdot c) = (bb \cdot ac)$ ดังนั้น S เป็น จอร์แดน

ทฤษฎีบท 3.3 ถ้า S เป็น AG^* -กรุปพอยด์ แล้ว S เป็น โบลชวา AG -กรุปพอยด์
การพิสูจน์ ให้ $a, b, c \in S$ สมมติว่า S เป็น AG^* -กรุปพอยด์ พิจารณา

$$\begin{aligned}
 a((bc)b) &= ((bc)a)b && ; \text{AG}^* \text{-กรุปพอยด์} \\
 &= (c(ba))b && ; \text{AG}^* \text{-กรุปพอยด์} \\
 &= (ba)(cb) && ; \text{AG}^* \text{-กรุปพอยด์} \\
 &= (bc)(ab) && ; \text{มัธยะ} \\
 &= ((ab)c)b && ; \text{AG-กรุปพอยด์}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น S เป็นโบลชวา

สรุปผลและเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้ทำให้เราได้รับทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่าง ปฏิสลับที่ AG^* -กรุปพอยด์ กับคลาสย่อย
อื่นๆของ AG -กรุปพอยด์ นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ปฏิสลับที่ AG^* -กรุปพอยด์กับ
คลาสย่อยอื่นๆของ AG -กรุปพอยด์ ได้อีก นอกเหนือจากทฤษฎีความสัมพันธ์ที่เราได้รับในงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Ahmad, I., & Rashad, M. (2012). Constructions of some algebraic structures from each other. *International Mathematical Forum*. 7(56), 2759–2766.
- Ahmad, I., & Rashad, M. (2016). A Study of Anti-Commutativity in AG-Groupoids. *Journal of Mathematics*. 48(1),
- Ahmad, I., Rashad, M., Iqbal, M., & Amanullah. (2020). A note on paramedical AG-Groupoids. *Punjab University Journal of Mathematics*, 52(7), 25-36.
- Kazim, M. A., & Naseeruddin, M. D. (1977). On almost semigroups. *Portugaliae Mathematica*. 36, 41–47.

การแปลง f_q บนพีชคณิต G เทียม
 f_q -Derivation on pseudo G -algebra

บรรณา นันจรัส^{1*} สุภาวดี ประโรม² วีรพงษ์ วงศ์พิณี³

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม^{1,2,3}

*Corresponding author: E-mail: bancha464@gmail.com

บทคัดย่อ

ในบทความนี้ เราแนะนำแนวคิดของพีชคณิต G เทียมซึ่งเป็นส่วนขยายของพีชคณิต G และแนะนำแนวคิดของการแปลง f_q บนพีชคณิต G เทียม นอกจากนี้เราตรวจสอบคุณสมบัติบางประการของการแปลง f_q บนพีชคณิต G เทียม

คำสำคัญ: พีชคณิต G เทียม; การแปลง f_q

Abstract

In this paper, we introduce the notion of pseudo G -algebras as an extension of G -algebras, and the notion of f_q -derivation on pseudo G -algebras. Moreover, we investigate some properties of f_q -derivation on pseudo G -algebra.

Keywords: Pseudo G -algebra; f_q -derivation

บทนำ

ในปี 1966 Imai และ Iseki (White, 1966, p. 19-22) ได้แนะนำพีชคณิต BCI และพีชคณิต BCK ต่อมาได้มีนักคณิตศาสตร์ให้ความสนใจศึกษาพีชคณิตที่มีความสัมพันธ์กันและการวางนัยทั่วไปของสองพีชคณิตที่กล่าวมาข้างต้นเป็นจำนวนมาก ในปี 1999 Ahn และ Kim (Ahn and Kim, 1999, p. 33-41) ได้แนะนำพีชคณิต QS ที่มีความสัมพันธ์กับพีชคณิต BCI และพีชคณิต BCK ในปี 2012 Bandaru และ Rafi (Bandaru and Rafi, 2012, p. 1-7) ได้แนะนำแนวคิดของพีชคณิต G ซึ่งวางนัยทั่วไปของพีชคณิต QS และได้ศึกษาสมบัติบางประการของการแปลง f_q บนพีชคณิต G ในปี 2001 Geordscu และ Iorgulescu (Geordscu and Iorgulescu, 2001, p. 97-114) ได้แนะนำพีชคณิต BCK เทียมซึ่งเป็นการวางนัยทั่วไปของพีชคณิต BCK ต่อมาในปี 2008 Dudek และ Jun (Dudek and Jun, 2008, p. 97-114) ได้แนะนำพีชคณิต BCI เทียมซึ่งวางนัยทั่วไปของพีชคณิต BCI จากแนวคิดดังกล่าว เราจะขยายแนวคิดของพีชคณิต G เป็นพีชคณิต G เทียม และศึกษาสมบัติบางประการของการแปลง f_q บนพีชคณิต G เทียม

ความรู้พื้นฐาน

บทนิยาม 1 (Bandaru and Rafi, 2012, p.1-7) ให้ X เป็นเซตใด ๆ ที่ไม่เป็นเซตว่าง $*$ เป็นการดำเนินการทวิภาคบน X และ 0 เป็นค่าคงตัว จะเรียก $(X, *, 0)$ ว่าเป็น **พีชคณิต G** (G -algebra) ถ้าสอดคล้องกับเงื่อนไขต่อไปนี้ สำหรับทุก ๆ $x, y \in X$

$$(1) x * x = 0$$

$$(2) x * (x * y) = y$$

บทนิยาม 2 ให้ X เป็นเซตใด ๆ ที่ไม่เป็นเซตว่าง $*$ และ \circ เป็นการดำเนินการทวิภาคบน X และ 0 เป็นค่าคงตัว จะเรียก $(X, *, \circ, 0)$ ว่าเป็น **พีชคณิต G เทียม** (pseudo G -algebra) ถ้าสอดคล้องกับเงื่อนไขต่อไปนี้ สำหรับทุก ๆ $x, y \in X$

$$(1) x * x = 0 = x \circ x$$

$$(2) x \circ (x * y) = y = x * (x \circ y)$$

ข้อสังเกต 1 ถ้า $x * y = x \circ y$ แล้ว $(X, *, 0)$ และ $(X, \circ, 0)$ เป็นพีชคณิต G

ตัวอย่าง 1 ให้ $X = \{0, 1, 2\}$ และ $*$, \circ เป็นการดำเนินการทวิภาคบน X ซึ่งกำหนดดังตารางต่อไปนี้ จะได้ว่า $(X, *, \circ, 0)$ เป็นพีชคณิต G เทียม

*	0	1	2
0	0	1	2
1	1	0	2
2	2	1	0

◦	0	1	2
0	0	1	2
1	1	0	2
2	2	1	0

บทนิยาม 3 ให้ $(X, *, \circ, 0)$ เป็นพีชคณิต G เทียม จะเรียก X มีสมบัติ **ตัวกลางเทียม** (pseudo-medial) ถ้าสอดคล้องกับเงื่อนไขต่อไปนี้ สำหรับทุก ๆ $x, y, z, u \in X$

$$(x * y) \circ (z * u) = (x * z) \circ (y * u)$$

บทนิยาม 4 ให้ $(X, *, \circ, 0)$ เป็นพีชคณิต G เทียม จะเรียกฟังก์ชัน $f: X \rightarrow X$ ว่าเป็น **อันตรสัณฐานเทียม** (Pseudo-endomorphism) ถ้า

$$f(x * y) = f(x) \circ f(y)$$

สำหรับทุก ๆ $x, y \in X$

หมายเหตุ 1 จากบทนิยาม 4 เห็นได้ชัดว่า $f(0) = 0$

ต่อไปจะกำหนดให้ $d_q^f: X \rightarrow X$ โดยที่ $d_q^f(x) = f(x) \circ q$ สำหรับทุก ๆ $x, q \in X$

บทนิยาม 5 ให้ $(X, *, \circ, 0)$ เป็นพีชคณิต G เทียม และ f เป็นอันตรสัณฐานเทียมของ X

1) จะเรียก $d_q^f: X \rightarrow X$ ว่าเป็น **การแปลงภายนอก f_q** (outside f_q -derivation) ของ X ถ้าสอดคล้องกับเงื่อนไขต่อไปนี้

$$d_q^f(x * y) = f(x) \circ d_q^f(y) \quad \text{สำหรับทุก } x, y \in X$$

2) จะเรียก $d_q^f: X \rightarrow X$ ว่าเป็น การแปลงภายใน f_q (inside f_q -derivation) ของ X ถ้าสอดคล้องกับเงื่อนไขต่อไปนี้

$$d_q^f(x * y) = d_q^f(x) \circ f(y) \quad \text{สำหรับทุก } x, y \in X$$

3) จะเรียก $d_q^f: X \rightarrow X$ ว่าเป็น การแปลง f_q (f_q -derivation) ของ X ถ้า d_q^f เป็นทั้งการแปลงภายนอก f_q และ การแปลงภายใน f_q ของ X

ตัวอย่าง 2 ให้ $X = \{0, 1, 2\}$ และ $*$, \circ เป็นการดำเนินการทวิภาคบน X ซึ่งกำหนดดังตารางต่อไปนี้
จะได้ว่า $(X, *, \circ, 0)$ เป็นพีชคณิต G เทียม กำหนดฟังก์ชัน $d_q^f: X \rightarrow X$ โดยที่ $q = 0$

*	0	1	2
0	0	1	2
1	1	0	2
2	2	1	0

o	0	1	2
0	0	1	2
1	1	0	2
2	2	1	0

และนิยามฟังก์ชัน $f: X \rightarrow X$ โดยที่

$$f(x) = \begin{cases} 0 & ; x = 0 \\ 1 & ; x = 2 \\ 2 & ; x = 1 \end{cases}$$

จะได้ว่า d_q^f เป็นการแปลง f_q ของ X

ข้อสังเกต 2 ให้ $(X, *, \circ, 0)$ เป็นพีชคณิต G เทียม จะเห็นว่า ถ้า d_q^f เป็นการแปลง f_q แล้ว
 $d_q^f(x * y) = f(x) \circ d_q^f(y) = d_q^f(x) \circ f(y)$ สำหรับทุก $x, y \in X$

บทนิยาม 6 ให้ $(X, *, \circ, 0)$ เป็นพีชคณิต G เทียม และ f เป็นอันตรฐานของ X

จะเรียก d_q^f ว่าเป็นการแปลงปกติเทียม (pseudo regular derivation) ถ้า $d_q^f(0) = 0$

บทนิยาม 7 ให้ $(X, *, \circ, 0)$ เป็นพีชคณิต G เทียม จะเรียก X ว่ามีสมบัติการจับหมู่ (associative)

ภายใต้ \circ ถ้า $(x \circ y) \circ z = x \circ (y \circ z)$ สำหรับทุก $x, y, z \in X$

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในหัวข้อนี้เราจะศึกษาสมบัติบางประการของพีชคณิต G เทียม และการแปลง f_q บนพีชคณิต G เทียม

ทฤษฎีบท 1 ให้ $(X, *, \circ, 0)$ เป็นพีชคณิต G เทียม จะได้ว่าข้อความต่อไปนี้เป็นจริง สำหรับทุก $x \in X$

$$1) \quad x \circ 0 = x * 0 = x$$

$$2) 0 \circ (0 * x) = x = 0 * (0 \circ x)$$

พิสูจน์ 1) ให้ $x \in X$ จากบทนิยาม 2 จะได้ว่า $x \circ 0 = x \circ (x * x) = x$ และ

$$x * 0 = x * (x \circ x) = x \text{ ดังนั้น } x \circ 0 = x * 0 = x$$

2) แทน $x=0$ และ $y=x$ ในบทนิยาม 2 ข้อ 2 จะได้ว่า $0 \circ (0 * x) = x = 0 * (0 \circ x)$

ทฤษฎีบท 2 ให้ $(X, *, \circ, 0)$ เป็นพีชคณิต G เทียม จะได้ว่าข้อความต่อไปนี้เป็นจริง สำหรับทุก ๆ $x, y \in X$

$$1) (x \circ (x * y)) * y = 0$$

$$2) \text{ ถ้า } x * y = 0 \text{ แล้ว } x = y$$

$$3) \text{ ถ้า } 0 * x = 0 * y \text{ แล้ว } x = y$$

พิสูจน์ ให้ X เป็นพีชคณิต G เทียม และ $x, y \in X$

1) จากบทนิยาม 2 จะได้ว่า $(x \circ (x * y)) * y = y * y = 0$

2) สมมติว่า $x * y = 0$ จะแสดงว่า $x = y$

$$\text{เนื่องจาก } y = x \circ (x * y) \quad : \text{บทนิยาม 2 ข้อ 2}$$

$$= x \circ 0$$

$$= x$$

: ทฤษฎีบท 1 ข้อ 1

ดังนั้น $x = y$

3) สมมติว่า $0 * x = 0 * y$ จะแสดงว่า $x = y$

$$\text{เนื่องจาก } x = 0 \circ (0 * x) \quad : \text{ทฤษฎีบท 1 ข้อ 2}$$

$$= 0 \circ (0 * y)$$

$$= y$$

: ทฤษฎีบท 1 ข้อ 2

ดังนั้น $x = y$

บทตั้ง 1 ให้ $(X, *, \circ, 0)$ เป็นพีชคณิต G เทียม ถ้า X มีสมบัติตัวกลางเทียม จะได้ว่าข้อความต่อไปนี้ เป็นจริง สำหรับทุก ๆ $x, y, z \in X$

$$(x * y) \circ z = (x * z) \circ y$$

พิสูจน์ ให้ $x, y, z \in X$ สมมติว่า X มีสมบัติตัวกลางเทียม จะได้ว่า

$$(x * y) \circ z = (x * y) \circ (z * 0) \quad : \text{ทฤษฎีบท 1 ข้อ 1}$$

$$= (x * z) \circ (y * 0) \quad : \text{บทนิยาม 3}$$

$$= (x * z) \circ y \quad : \text{ทฤษฎีบท 1 ข้อ 1}$$

ดังนั้น $(x * y) \circ z = (x * z) \circ y$ สำหรับทุก ๆ $x, y, z \in X$

ทฤษฎีบท 3 ให้ $(X, *, \circ, 0)$ เป็นพีชคณิต G เทียม ที่มีสมบัติการจับหมู่ภายใต้ \circ แล้ว

d_q^f เป็นการแปลงภายนอกของ X สำหรับทุก ๆ $q \in X$

พิสูจน์ ให้ X เป็นพีชคณิต G เทียม ที่มีสมบัติการจับหมู่แล้ว และ $x, y, q \in X$

$$\begin{aligned} \text{เนื่องจาก } d_q^f(x * y) &= f(x * y) \circ q \\ &= (f(x) \circ f(y)) \circ q && \text{: บทนิยาม 4} \\ &= f(x) \circ (f(y) \circ q) && \text{: บทนิยาม 7} \\ &= f(x) \circ d_q^f(y) && \text{: บทนิยาม 5} \end{aligned}$$

จะได้ว่า $d_q^f(x * y) = f(x) \circ d_q^f(y)$ สำหรับทุก ๆ $x, y, q \in X$

ดังนั้น d_q^f เป็นการแปลงภายนอกของ X

ทฤษฎีบท 4 ให้ X เป็นพีชคณิต G เทียม จะได้ว่า

- 1) ถ้า d_q^f เป็นการแปลงภายนอก f_q ของ X แล้ว $d_q^f(0) = f(x) \circ d_q^f(x)$ สำหรับทุก ๆ $x \in X$
- 2) ถ้า d_q^f เป็นการแปลงภายใน f_q ของ X แล้ว $d_q^f(0) = d_q^f(x) \circ f(x)$ สำหรับทุก ๆ $x \in X$

พิสูจน์ 1) ให้ $x \in X$ สมมติว่า d_q^f เป็นการแปลงภายนอก f_q ของ X

$$\begin{aligned} \text{เนื่องจาก } d_q^f(0) * (f(x) \circ d_q^f(x)) &= d_q^f(0) * (d_q^f(x * x)) && \text{: บทนิยาม 5} \\ &= d_q^f(0) * d_q^f(0) && \text{: บทนิยาม 2 ข้อ 1} \\ &= 0 && \text{: บทนิยาม 2 ข้อ 1} \end{aligned}$$

โดยทฤษฎีบท 2 ข้อ 2 จะได้ว่า $d_q^f(0) = f(x) \circ d_q^f(x)$ สำหรับทุก ๆ $x \in X$

ดังนั้น $d_q^f(0) = f(x) \circ d_q^f(x)$

2) ให้ $x \in X$ สมมติว่า d_q^f เป็นการแปลงภายใน f_q ของ X

$$\begin{aligned} \text{เนื่องจาก } d_q^f(0) * (d_q^f(x) \circ f(x)) &= d_q^f(0) * (d_q^f(x * x)) && \text{: บทนิยาม 5} \\ &= d_q^f(0) * d_q^f(0) && \text{: บทนิยาม 2 ข้อ 1} \\ &= 0 && \text{: บทนิยาม 2 ข้อ 1} \end{aligned}$$

โดยทฤษฎีบท 2 ข้อ 2 จะได้ว่า $d_q^f(0) = d_q^f(x) \circ f(x)$ สำหรับทุก ๆ $x \in X$

ดังนั้น $d_q^f(0) = d_q^f(x) \circ f(x)$

ทฤษฎีบท 5 ให้ $(X, *, \circ, 0)$ เป็นพีชคณิต G เทียม และ d_q^f การแปลง f_q ของ X

ถ้า $f(x) \circ d_q^f(y) = 0$ หรือ $d_q^f(x) \circ f(y) = 0$ สำหรับทุก ๆ $x, y \in X$

แล้ว d_q^f เป็นการแปลงปรกติเทียม

พิสูจน์ ให้ $x, y \in X$ สมมติว่า $f(x) \circ d_q^f(y) = 0$ หรือ $d_q^f(x) \circ f(y) = 0$

เนื่องจาก d_q^f เป็นการแปลง f_q ของ X จะได้ว่า

$$d_q^f(x * y) = f(x) \circ d_q^f(y) = d_q^f(x) \circ f(y)$$

ถ้า $f(x) \circ d_q^f(y) = 0$ จะได้ว่า

$$\begin{aligned}d_q^f(0) &= d_q^f(x * x) && : \text{บทนิยาม 2 ข้อ 1} \\ &= f(x) \circ d_q^f(x) && : \text{บทนิยาม 5} \\ &= 0\end{aligned}$$

และถ้า $d_q^f(x) \circ f(y) = 0$ จะได้ว่า

$$\begin{aligned}d_q^f(0) &= d_q^f(x * x) && : \text{บทนิยาม 2 ข้อ 1} \\ &= d_q^f(x) \circ f(x) && : \text{บทนิยาม 5} \\ &= 0\end{aligned}$$

นั่นคือ d_q^f เป็นการแปลงภายใต้การคูณ

สรุปผลและเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้ทำให้เราได้สมบัติบางประการของพีชคณิต G เทียม และยังได้ทฤษฎีของการแปลง f_q บนพีชคณิต G เทียม แต่ยังมีพีชคณิตอื่น ๆ ที่น่าสนใจอีกมากมาย เช่นพีชคณิต Q ที่ยังไม่มีนักคณิตศาสตร์ได้ศึกษาการแปลงในแบบต่าง ๆ บนพีชคณิต G เทียม

เอกสารอ้างอิง

- Imai, Y. & Iséki, K. (1966). On axiom systems of propositional calculi, XIV. *Proc. Japan Acad. Ser. A, Math. Sci.*, 42(1), 19-22.
- Ahn, S. S. & Kim, H. S. (1999). On QS -algebras. *J. Chungcheong Math. Soc.*, 12, 33-41.
- Bandru, R. K., & Rafi, N. (2012). On G -algebras. *SciMagna*. 8(3), 1-7.
- Al-Kadi, D. (2016). f_q -Derivations of G -Algebra. *International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences*, 1-5.
- Georgescu, G., & Iorgulescu, A. (2001). Pseudo- BCK Algebras: An Extension of BCK Algebras. *Combinatorics, computability and logic*, 97-114.
- Dudek, W. A. & Jun, Y. B. (2008). Pseudo- BCI algebras, *East Asian Math. J.*, 24(2), 187-190.

สมบัติบางประการของกึ่งกลุ่ม - KS Some Properties of KS-Semigroup

เชาวน์วัฒน์ มั่นยืน^{1*} สุจิตรา เลิศพุดชา²

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม^{1,2}

*Corresponding author: E-mail: chaowat.ma@rmu.ac.th

บทคัดย่อ

ในบทความวิจัยนี้จะศึกษาสมบัติบางประการของกึ่งกลุ่ม - KS

คำสำคัญ: กึ่งกลุ่ม; พีชคณิต - BCK

Abstract

In this project, we study some properties of KS-semigroup.

Keywords: Semigroup; BCK – algebra

บทนำ

ในปี 1966 Y. Imai และ K. Iséki แนะนำพีชคณิต - BCK และพีชคณิต-BCI [3,4] เป็นที่ทราบกันว่าพีชคณิต - BCK เป็นคลาสย่อยของพีชคณิต - BCI ใน [1,2] ในปี 2006 Kim ได้แนะนำกึ่งกลุ่ม - KS ในบทความนี้จะพิจารณาสมบัติต่าง ๆ ของกึ่งกลุ่ม - KS เพิ่มเติม

ความรู้พื้นฐาน

บทนิยาม 1 ให้ X เป็นเซตใด ๆ ที่ไม่เป็นเซตว่าง และ \cdot เป็นการดำเนินการทวิภาคบน X จะเรียก (X, \cdot) ว่า กึ่งกรุป (Semigroup) ก็ต่อเมื่อ

(1) (X, \cdot) มีสมบัติปิด นั่นคือ $x \cdot y \in X$ สำหรับทุกๆ $x, y \in X$

(2) (X, \cdot) มีสมบัติการเปลี่ยนหมู่ นั่นคือ $(x \cdot y) \cdot z = x \cdot (y \cdot z)$ สำหรับทุกๆ

$x, y, z \in X$

ตัวอย่าง 1 ให้ $X = \{0, 1\}$ และ \cdot เป็นการดำเนินการทวิภาคบน X กำหนดโดย

\cdot	0	1
0	0	1
1	1	0

จะเห็นว่า (X, \cdot) เป็นกึ่งกลุ่ม

บทนิยาม 2 [3] ให้ X เป็นเซตใดๆที่ไม่เป็นเซตว่าง และ $*$ เป็นการดำเนินการทวิภาคบน X และ 0 เป็นค่าคงที่ จะเรียก $(X, *, 0)$ ว่า **พีชคณิต - BCK** (BCK - algebra) ถ้าสอดคล้องกับเงื่อนไขต่อไปนี้ สำหรับทุกๆ

$x, y, z \in X$

$$(1) ((x * y) * (x * z)) * (z * y) = 0$$

$$(2) (x * (x * y)) * y = 0$$

$$(3) x * x = 0$$

$$(4) 0 * x = 0$$

$$(5) \text{ ถ้า } x * y = 0 \text{ และ } y * x = 0 \text{ แล้ว } x = y$$

กำหนดความสัมพันธ์ \leq บน X โดยที่ $x \leq y$ ก็ต่อเมื่อ $x * y = 0$ สำหรับทุก $x, y \in X$

หมายเหตุ 1 ต่อไปจะเขียน $x \vee y$ แทน $(y * x) * x$ สำหรับทุก $x, y \in X$

ตัวอย่าง 2 ให้ $X = \{0, a, b, c\}$ และ $*$ เป็นการดำเนินการทวิภาคบน X กำหนดโดย

*	0	a	b	c
0	0	0	0	0
a	a	0	a	0
b	b	b	0	0
c	c	b	a	0

จะเห็นว่า $(X, *, 0)$ เป็นพีชคณิต - BCK

บทนิยาม 3 ให้ X เป็นเซตใดๆที่ไม่เป็นเซตว่าง และ \cdot กับ $*$ เป็นการดำเนินการทวิภาคบน X และ 0 เป็นค่าคงที่ จะเรียก $(X, \cdot, *, 0)$ ว่า **กึ่งกลุ่ม - KS** (KS - semigroup) ถ้าสอดคล้องกับเงื่อนไขต่อไปนี้ สำหรับทุกๆ

$x, y, z \in X$

$$(1) (X, \cdot) \text{ เป็นกึ่งกลุ่ม}$$

$$(2) (X, *, 0) \text{ เป็นพีชคณิต - BCK}$$

$$(3) x \cdot (y * z) = (x \cdot y) * (x \cdot z) \text{ และ } (x * y) \cdot z = (x \cdot z) * (y \cdot z)$$

ตัวอย่าง 3 ให้ $X = \{0, a, b, c\}$ และ $*$ กับ \cdot เป็นการดำเนินการทวิภาคบน X กำหนดโดย

*	0	a	b	c
0	0	0	0	0
a	a	0	a	0
b	b	b	0	0
c	c	b	a	0

\cdot	0	a	b	c
0	0	0	0	0
a	0	a	0	a
b	0	0	b	b
c	0	a	b	c

จะเห็นว่า $(X, \cdot, *, 0)$ เป็นกึ่งกลุ่ม - KS

บทนิยาม 4 ให้ X เป็นกึ่งกลุ่ม - KS และ A เป็นเซตย่อยที่ไม่เป็นเซตว่างของ X จะเรียก A ว่า **มีเสถียรภาพทางซ้าย** (มีเสถียรภาพทางขวา) บน X ถ้า $x \cdot a \in A$ ($a \cdot x \in A$) เมื่อ $x \in X, a \in A$ และจะกล่าวว่า A **มีเสถียรภาพ** บน X ถ้า A มีเสถียรภาพทางซ้าย และ ทางขวาบน X

บทนิยาม 5 ให้ X เป็นกึ่งกลุ่ม - KS และ A เป็นเซตย่อยที่ไม่เป็นเซตว่างของ X จะเรียก X ว่า

ไอดีลทางซ้าย (ไอดีลทางขวา) ถ้าสอดคล้องกับเงื่อนไขต่อไปนี้ สำหรับทุกๆ $x, y \in X$

(1) A มีเสถียรภาพทางซ้าย (มีเสถียรภาพทางขวา)

(2) ถ้า $x * y \in A$ และ $y \in A$ แล้ว $x \in A$

กำหนดเซต $G(X)$ โดย $G(X) = \{x \in X \mid x * 0 = x\}$

บทนิยาม 6 ให้ X เป็นกึ่งกลุ่ม - KS และ S เป็นเซตย่อยที่ไม่เป็นเซตว่างของ X จะเรียก S ว่าเป็น **พีชคณิตย่อย** (Subalgebra) ของ X ถ้า $x * y \in S$ และ $x \cdot y \in S$ สำหรับทุกๆ $x, y \in S$

กำหนดให้ศูนย์กลางของกึ่งกลุ่ม - KS ซึ่งแทนด้วย $cent(X)$ โดยที่

$$cent(X) = \{x \in X \mid a \cdot x = x \cdot a; \forall a \in X\}$$

บทนิยาม 7 ให้ X เป็นกึ่งกลุ่ม - KS จะกล่าวว่า X เป็นกึ่งกลุ่ม - KS แบบเข้ม ถ้า

$$x * y = x * (x \cdot y) \text{ สำหรับทุกๆ } x, y \in X$$

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในหัวข้อนี้จะพิจารณาสมบัติบางประการของกึ่งกลุ่ม - KS

ทฤษฎีบท 1 ให้ X เป็นกึ่งกลุ่ม - KS แล้วข้อความต่อไปนี้เป็นจริง สำหรับทุกๆ $a, x, y, z \in X$

(1) $x \cdot 0 = 0$ และ $0 \cdot x = 0$

(2) ถ้า $x \leq y$ แล้ว $a \cdot x \leq a \cdot y$ และ $x \cdot a \leq y \cdot a$

(3) $x \cdot (y \vee z) = (x \cdot z) \vee (y \cdot z)$

พิสูจน์ (1) ให้ $x \in X$

พิจารณา $x \cdot 0 = x \cdot (x * x)$; บทนิยาม 2 ข้อ (3)

$= (x \cdot x) * (x \cdot x)$; บทนิยาม 3 ข้อ (3)

$= 0$; บทนิยาม 2 ข้อ (3)

และ พิจารณา $0 \cdot x = (x * x) \cdot x$; บทนิยาม 2 ข้อ (3)

$$= (x \cdot x) * (x \cdot x) \quad ; \text{บทนิยาม 3 ข้อ (3)}$$

$$= 0 \quad ; \text{บทนิยาม 2 ข้อ (3)}$$

ดังนั้น $x \cdot 0 = 0$ และ $0 \cdot x = 0$

(2) ให้ $a, x, y \in X$

สมมติว่า $x \leq y$ จะแสดงว่า $a \cdot x \leq a \cdot y$ และ $x \cdot a \leq y \cdot a$

เนื่องจาก $x \leq y$ จะได้ว่า $x * y = 0$

$$\text{พิจารณา } (a \cdot x) * (a \cdot y) = a \cdot (x * y) \quad ; \text{บทนิยาม 3 ข้อ (3)}$$

$$= a \cdot 0 \quad ; x * y = 0$$

$$= 0 \quad ; \text{ทฤษฎีบท 1 ข้อ (1)}$$

$$\text{และ พิจารณา } (x \cdot a) * (y \cdot a) = (x * y) \cdot a \quad ; \text{บทนิยาม 3 ข้อ (3)}$$

$$= 0 \cdot a \quad ; x * y = 0$$

$$= 0 \quad ; \text{ทฤษฎีบท 1 ข้อ (1)}$$

ดังนั้น $(a \cdot x) * (a \cdot y) = 0$ และ $(x \cdot a) * (y \cdot a) = 0$

นั่นคือ $a \cdot x \leq a \cdot y$ และ $x \cdot a \leq y \cdot a$

(3) ให้ $x, y, z \in X$

จะแสดงว่า $x \cdot (y \vee z) = (x \cdot z) \vee (y \cdot z)$

พิจารณา $x \cdot (y \vee z) = x \cdot ((z * y) * y)$

$$= [x \cdot (z * y)] * (x \cdot y) \quad ; \text{บทนิยาม 3 ข้อ (3)}$$

$$= [(x \cdot z) * (x \cdot y)] * (x \cdot y) \quad ; \text{บทนิยาม 3 ข้อ (3)}$$

$$= (x \cdot y) \vee (x \cdot z)$$

ดังนั้น $x \cdot (y \vee z) = (x \cdot z) \vee (y \cdot z)$

■

ทฤษฎีบท 2 ให้ X เป็นกึ่งกลุ่ม - KS แล้ว $G(X)$ มีเสถียรภาพบน X

พิสูจน์ ให้ $x \in X$ และ $b \in G(X)$

$$\text{จะได้ว่า } (b \cdot x) * 0 = (b \cdot x) * (0 \cdot x) \quad ; \text{ทฤษฎีบท 1 ข้อ (1)}$$

$$= (b * 0) \cdot x \quad ; \text{บทนิยาม 3 ข้อ (3)}$$

$$= b \cdot x \quad ; b \in G(X)$$

$$\text{และ } (x \cdot b) * 0 = (x \cdot b) * (x \cdot 0) \quad ; \text{ทฤษฎีบท 1 ข้อ (1)}$$

$$= x \cdot (b * 0) \quad ; \text{บทนิยาม 3 ข้อ (3)}$$

$$= x \cdot b \quad ; b \in G(X)$$

ดังนั้น $G(X)$ มีเสถียรภาพบน X ■

ทฤษฎีบท 3 ให้ X เป็นกึ่งกลุ่ม - KS แล้ว $\text{cent}(X)$ เป็นพีชคณิตย่อยของ X

พิสูจน์ ให้ $x, y \in \text{cent}(X)$ และ $a \in X$

แล้ว $x \cdot a = a \cdot x$ และ $y \cdot a = a \cdot y$ จะแสดงว่า $x * y \in \text{cent}(X)$ และ $x \cdot y \in \text{cent}(X)$

$$\begin{aligned} \text{พิจารณา } (x * y) \cdot a &= (x \cdot a) * (y \cdot a) && ; \text{บทนิยาม 3 ข้อ (3)} \\ &= (a \cdot x) * (a \cdot y) && ; x, y \in \text{cent}(X) \\ &= a \cdot (x * y) && ; \text{บทนิยาม 3 ข้อ (3)} \end{aligned}$$

นั่นคือ $x * y \in \text{cent}(X)$

$$\begin{aligned} \text{พิจารณา } (x \cdot y) \cdot a &= x \cdot (y \cdot a) && ; (X, \cdot) \text{ เป็นกึ่งกรุป} \\ &= x \cdot (a \cdot y) && ; y \in \text{cent}(X) \\ &= (x \cdot a) \cdot y && ; (X, \cdot) \text{ เป็นกึ่งกรุป} \\ &= (a \cdot x) \cdot y && ; x \in \text{cent}(X) \\ &= a \cdot (x \cdot y) && ; (X, \cdot) \text{ เป็นกึ่งกรุป} \end{aligned}$$

นั่นคือ $x \cdot y \in \text{cent}(X)$

ดังนั้น $\text{cent}(X)$ เป็นพีชคณิตย่อยของ X ■

ทฤษฎีบท 4 ให้ X เป็นกึ่งกลุ่ม - KS แบบเข้ม แล้วข้อความต่อไปนี้จริง

- (1) $y \cdot x \leq x ; \forall x, y \in X$
- (2) $x \leq y$ ก็ต่อเมื่อ $x \leq x \cdot y ; \forall x, y \in X$

พิสูจน์ (1) ให้ $x, y \in X$ จะแสดงว่า $y \cdot x \leq x$ นั่นคือต้องแสดงว่า $(y \cdot x) * x = 0$

$$\begin{aligned} \text{พิจารณา } (y \cdot x) * x &= (y \cdot x) * [(y \cdot x) \cdot x] && ; \text{บทนิยาม 7} \\ &= (y \cdot x) * [y \cdot (x \cdot x)] && ; (X, \cdot) \text{ เป็นกึ่งกลุ่ม} \\ &= y \cdot [x * (x \cdot x)] && ; \text{บทนิยาม 3 ข้อ (3)} \\ &= y \cdot (x * x) && ; \text{บทนิยาม 7} \\ &= y \cdot 0 && ; \text{บทนิยาม 2 ข้อ (3)} \\ &= 0 && ; \text{ทฤษฎีบท 1 ข้อ (1)} \end{aligned}$$

ดังนั้น $y \cdot x \leq x ; \forall x, y \in X$

(2) ให้ $x, y \in X$

(\Rightarrow) สมมติว่า $x \leq y$ นั่นคือ $x * y = 0$ จะแสดงว่า $x \leq x \cdot y$ นั่นคือ $x * (x \cdot y) = 0$

$$\begin{aligned} \text{พิจารณา } x * (x \cdot y) &= x * y && ; \text{บทนิยาม 7} \\ &= 0 && ; \text{สมมติฐาน} \end{aligned}$$

(\Leftarrow) สมมติว่า $x \leq x \cdot y$ นั่นคือ $x * (x \cdot y) = 0$ จะแสดงว่า $x \leq y$ นั่นคือ $x * y = 0$

$$\begin{aligned} \text{พิจารณา } x * y &= x * (x \cdot y) && ; \text{บทนิยาม 7} \\ &= 0 && ; \text{สมมติฐาน} \end{aligned}$$

ดังนั้น $x \leq y$ ก็ต่อเมื่อ $x \leq x \cdot y ; \forall x, y \in X$

■

ทฤษฎีบท 5 ให้ X เป็นกึ่งกลุ่ม - KS แบบเข้ม แล้วข้อความต่อไปนี้จริง

$$(1) \text{ ถ้า } x \leq y \text{ แล้ว } y \cdot x \leq x \cdot y; \forall x, y \in X$$

$$(2) \text{ ถ้า } x \cdot y = x \text{ แล้ว } x * y = 0; \forall x, y \in X$$

พิสูจน์ (1) สมมติว่า $x \leq y$ จะได้ว่า $x * y = 0$

จะแสดงว่า $y \cdot x \leq x \cdot y$ นั่นคือต้องแสดงว่า $(y \cdot x) * (x \cdot y) = 0$

$$\begin{aligned} \text{พิจารณา } (y \cdot x) * (x \cdot y) &= (y \cdot x) * [(y \cdot x) \cdot (x \cdot y)] && ; \text{บทนิยาม 7} \\ &= (y \cdot x) * [y \cdot (x \cdot (x \cdot y))] && ; (X, \cdot) \text{ เป็นกึ่งกลุ่ม} \\ &= y \cdot [x * (x \cdot (x \cdot y))] && ; \text{บทนิยาม 3 ข้อ (3)} \\ &= y \cdot [x * (x \cdot y)] && ; \text{บทนิยาม 7} \\ &= y \cdot (x * y) && ; \text{บทนิยาม 7} \\ &= y \cdot 0 && ; \text{สมมติฐาน} \\ &= 0 && ; \text{ทฤษฎีบท 1 ข้อ (1)} \end{aligned}$$

ดังนั้น $y \cdot x \leq x \cdot y$

(2) สมมติว่า $x \cdot y = x$ จะแสดงว่า $x * y = 0$

$$\begin{aligned} \text{พิจารณา } x * y &= x * (x \cdot y) && ; \text{บทนิยาม 7} \\ &= x * x && ; \text{สมมติฐาน} \\ &= 0 && ; \text{บทนิยาม 2 ข้อ (3)} \end{aligned}$$

ดังนั้น $x * y = 0$

■

สรุปผลและเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้ทำให้เราได้สมบัติบางประการของกึ่งกลุ่ม - KS แต่ยังมีสมบัติอื่น ๆ ที่น่าสนใจอีกมากมาย เช่น การแปลงของกึ่งกลุ่ม - KS

เอกสารอ้างอิง

- Hu, Q. P. & Li, X. (1983). On BCH-algebras, *Math. Seminar Notes*, 11, 313-320.
- Hu, Q. P. & Li, X. (1985). On proper BCH-algebras, *Math Japonicae*, 30, 659-661.
- Iséki, K. & Tanaka, S. (1978) An introduction to theory of BCK-algebras. *Math Japonicae*, 23, 1-20.
- Iséki, K. (1980). On BCI-algebras, *Math. Seminar Notes* 8,125-130.
- Biao, L. M. (2009). CI-algebras. *Sci. Math Japo*. Online, e-2009, 695-701.
- Chaudry, M. A. & Fakhar-Ud-Din, H. (2001). On Some Classes of BCH Algebras. *IJJMS*, 25, 205-211.
- Hungerford, T. W. (1974). *Algebra*, Springer-Verlag New York Inc.
- Imai, Y. & Iséki, K. (1966). On Axioms Systems of Propositional Calculi XI *Proc. Japan Academy*, 42, 19-22.
- Iséki, K. (1966). An Algebra Related with a Propositional Calculi XI, *Proc. Japan Academy*, 42, 19-22.

- Kim, K. H. (2006). On Structure of KS-semigroup. *International Mathematical Forum*, 1, 67-76.
- Williams, D. R. & Shamshad, H. (2007). On Fuzzy K semigroup. *International Mathematical Forum*, 2(32), 1577-1588.

การพัฒนาระบบจองห้องพักออนไลน์ กรณีศึกษาหอพักกุลศรี Online Booking Dormitory System Development Case Study of Kulsri

ธนภุต สุขราษฎร์^{1*} อธิเมธ จันทน์จิตร² พรศิลป์ บัวงาม³

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช^{1,2,3}

*Corresponding author: E-mail: 6111317013@nstru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบจองห้องพักออนไลน์ กรณีศึกษาหอพักกุลศรี โดยใช้โปรแกรม WordPress เพื่อออกแบบ พัฒนา และจัดการการจองออนไลน์ หอพักกุลศรีให้บริการแก่นักศึกษาใกล้มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช และบุคคลทั่วไป โดยระบบนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน 1) ผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการข้อมูลในการจองห้องพักออนไลน์ ข้อมูลผู้เช่า รวมไปถึงการจองอนุมัติ แก้ไขและยกเลิกการจองห้องพักออนไลน์ ซึ่งทำให้เกิดความสะดวกในการทำงานของเว็บไซต์การจองห้องพักออนไลน์ การจัดเก็บข้อมูล ทำให้ระบบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ 2) ผู้ใช้บริการ สามารถจองห้องพักออนไลน์ ตรวจสอบรายละเอียดข้อมูลห้องพัก สถิติที่ใช้ในการ วิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบที่พัฒนาขึ้นโดยผู้ใช้งานเว็บไซต์ จำนวน 50 คน การประเมินคุณภาพระบบภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.65$, S.D. = 0.61)

คำสำคัญ: โปรแกรมเวิร์ดเพรส; เว็บไซต์; จองห้องพักออนไลน์; หอพักกุลศรี

Abstract

The study's objective was to design and develop an online booking system in the Kulsri dormitory using the WordPress program to design, develop, and manage online booking. The Kulsri dormitory, which is near Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, service to students and people. This system to divide into two parts: 1) admin; management to online booking, management to renter, submit, edit and cancel to booking, which increases work efficiency by data storage, convenience, and information are correct 2) user; online booking and check to room detail. The statistics used in the research were percent, mean and standard deviation. The result of the research found that the online booking quality by data user 50 people was a high level

($\bar{X} = 4.65$, S.D. = 0.61)

Keywords: WordPress program; Website; Online booking; Kulsri dormitory

บทนำ

ปัจจุบันอินเทอร์เน็ตได้กลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวันและมีบทบาทสำคัญ ในการซื้อขายสินค้า ธุรกิจหอพักเป็นหนึ่งในธุรกิจบริการที่นำอินเทอร์เน็ตมาใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจองห้องพักผ่านอินเทอร์เน็ต การจองห้องพักออนไลน์เป็นการขยายกลุ่มเป้าหมายของธุรกิจหอพักเพิ่มมากขึ้น ทั้งยังสามารถช่วย ประชาสัมพันธ์ห้องพักและบริการได้อย่างรวดเร็ว

หอพักกุลศรี สร้างเมื่อประมาณ 20 ปี ตั้งอยู่ซอยนายจ๋า ต.ท่าจิว อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช เป็นหอพัก ห้องแถวที่อยู่ติดกันมี 3 แถว 16 ห้อง โดยมีนายสมรักษ์ กุลศรี เป็นเจ้าของหอพัก ซึ่งได้สร้างหอพักไว้สำหรับ นักศึกษาและบุคคลทั่วไป หอพักนี้มีเจ้าของหอเป็นผู้ดูแลอยู่คนเดียวและไม่มีป้ายชื่อหอและไม่มีป้ายโฆษณา ทำให้ไม่สามารถเจาะกลุ่มนักศึกษาที่ต้องการหอพักได้ การประชาสัมพันธ์หอพักยังเป็นเรื่องที่ยุ่งยากที่จะทำให้ เป็นที่รู้จักแก่นักศึกษาหรือบุคคลทั่วไป และเจ้าของหอพักก็ต้องการให้มีการจัดทำเว็บไซต์ประชาสัมพันธ์ ที่เพิ่ม ช่องทางการประชาสัมพันธ์และการใช้บริการหอพักผ่านทางเว็บไซต์ ให้เป็นที่รู้จักในวงกว้างมากขึ้น

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบจองห้องพักขึ้นมาเพื่อช่วยประชาสัมพันธ์ จัดทำระบบห้องพักให้ ง่ายในการใช้งาน และความสะดวกรวดเร็วในการเข้ามาติดต่อห้องพัก สามารถใช้งานได้ตามความต้องการแก่ ผู้ใช้งาน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบการจองที่พัก
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจการใช้ระบบการจองห้องพัก

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐชนก เอี่ยมครองและคณะ(2561) ระบบการจัดการห้องพักรายเดือน หอพักราชพฤกษ์ ระบบนี้ จัดทำขึ้นเพื่อลดปัญหาความซ้ำซ้อนในการจัดเก็บข้อมูล และเพิ่มความสะดวกรวดเร็ว ในการทำงาน โดยระบบ จะมีการทำงานในส่วนของการเพิ่มข้อมูล ลบข้อมูล แก้ไขข้อมูล และค้นหา ข้อมูล และให้ลูกค้าได้รับบริการที่ สะดวกรวดเร็ว โดยการใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic 2010 ระบบจัดการฐานข้อมูล Microsoft SQL Server 2008 ในการพัฒนาระบบ ผลที่ได้รับ ระบบการ จัดการห้องพักรายเดือน หอพักราชพฤกษ์สามารถ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดปัญหาความ ซ้ำซ้อนในการจัดเก็บข้อมูลต่างๆ บอกถึงสถานะและ รายละเอียดค่าใช้จ่ายต่างๆ ของห้องพักแก่ลูกค้า และลูกค้าได้รับบริการที่ดีสะดวก และรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

ธีรพล ด่านวิริยะกุล(2549) ได้พัฒนาระบบการจองห้องพักผ่านเว็บเซอวิส กรณีศึกษาโลดิต้าบังกะโล เกาะสมุย โดยการประยุกต์ใช้เว็บเซอวิส ซึ่งพัฒนาโดยภาษา PHP และภาษา HTML ร่วมกับระบบฐานข้อมูล MySQL และออกแบบระบบโดยใช้ภาษา UML เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับนักท่องเที่ยวและเอเยนซ์ที่มา ติดต่อกับทาง บังกะโล ระบบดังกล่าวสามารถให้บริการกับนักท่องเที่ยวและเอเยนซ์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต โดย ระบบสามารถนำมา ช่วยบริหารจัดการ การจองห้องพักได้ดียิ่งขึ้น และระบบที่พัฒนามีประสิทธิภาพโดยรวม อยู่ในระดับดี สามารถนำไป ประยุกต์ใช้ได้เป็นอย่างดี

สุธีรา พึ่งสวัสดิ์และคณะ(2552) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง “ระบบจองห้องพัก กรณีศึกษา สมุยเมอร์เมด รี สอร์ท”งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการพัฒนาระบบจองห้องพัก กรณีศึกษาสมุยเมอร์เมด รี สอร์ท โดยอาศัยหลักการของ พาณิชยอิเล็กทรอนิกส์ในการให้บริการตลาดกลางสำหรับการจองห้องพักเพื่อ

อำนวยความสะดวกให้กับลูกค้าได้สามารถ เลือกใช้บริการของห้องพักได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มช่องทาง การจองห้องพักให้สามารถเข้าถึงลูกค้าได้มากขึ้นผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.86 (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.60) แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับดี และผลการประเมินจากผู้ใช้ระบบจำนวน 20 คน ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.75) แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับดี

วิธีการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

- 1.1 ศึกษาความเป็นไปได้ และกำหนดปัญหาของระบบจัดการห้องพักกุลศรี
- 1.2 จากการศึกษา โดยวิเคราะห์โดยแผนภาพกระแสข้อมูลระดับภาพ (Context Diagram) แผนภาพการไหลของ ข้อมูล (Data flow Diagram)
- 1.3 การออกแบบระบบ การออกหน้าเว็บไซต์ เพื่อนำไปเป็นตัวอย่างในการทำเว็บไซต์ ซึ่งหน้าเว็บไซต์จะประกอบไปด้วย เมนูต่าง ๆ ได้แก่ หน้าแรก ขั้นตอนการสั่งจองห้องพัก ห้องพัก จองห้องพัก แจ้งการชำระเงิน และ ติดต่อเรา
- 1.4 การพัฒนาระบบ ผู้พัฒนาได้ใช้โปรแกรม WordPress เป็นโปรแกรมที่ใช้สร้างหรือจัดการเนื้อหาบนอินเทอร์เน็ต โดย ไม่ต้องเขียนภาษา PHP หรือ HTML ซึ่งจะช่วยให้การทำเว็บไซต์นั้นง่าย รวดเร็ว มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
- 1.5 การทดสอบระบบจองห้องพักออนไลน์ เช่น ทดสอบการเพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูล เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้งาน หากระบบผิดพลาด ก็จะมีการแก้ไขระบบโดยดำเนินการแก้ไขข้อผิดพลาด ที่ตรวจพบเพื่อให้ระบบสามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ
- 1.6 ติดตั้งระบบ หลังจากได้ทำการแก้ไขข้อผิดพลาดในระบบแล้ว ก็จะทำติดตั้งระบบ โดยผ่านการขึ้นโฮสต์ เพื่อให้เจ้าของห้องพักหรือผู้ที่ต้องการใช้งานเข้าไปใช้งานหรือเยี่ยมชมเว็บไซต์

2. เครื่องมือการวิจัย

- 2.1 การพัฒนาเว็บไซต์จองห้องพักออนไลน์ กรณีศึกษาห้องพักกุลศรี
- 2.2 แบบสอบถามความพึงพอใจระบบระบบจองห้องพักออนไลน์

3. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

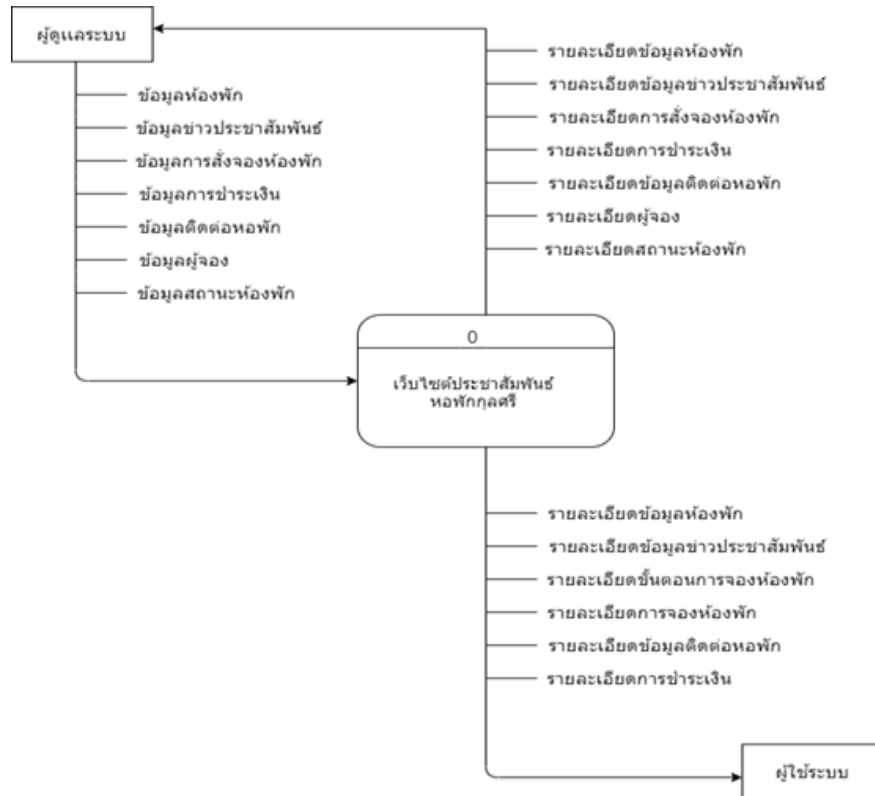
ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่า โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน (Likert, 1932) ดังนี้

- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 – 4.49 หมายความว่า ระดับมาก
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 – 3.49 หมายความว่า ระดับปานกลาง
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 – 2.49 หมายความว่า ระดับน้อย
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.49 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบจัดการข้อมูลห้องพัก

จากการวิเคราะห์และออกแบบระบบจัดการข้อมูลห้องพัก ด้วยแผนภาพ Context Diagram สามารถแสดงการ ออกแบบระบบตามภาพที่ 1 ได้ดังนี้



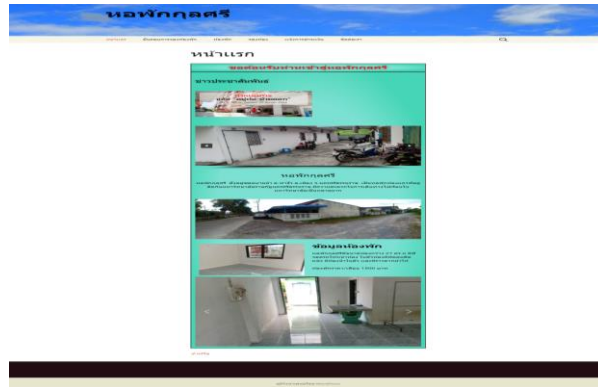
ภาพที่ 1 แผนภาพ Context Diagram

จากภาพที่ 1 แสดงแผนภาพบริบทของระบบงานใหม่ ซึ่งผู้ดูแลระบบมีสิทธิในการเข้าใช้ งานระบบ โดยสามารถจัดการข้อมูลห้องพัก ชาวประชาสัมพันธ์ การจองห้องพัก การชำระเงิน

2. ผลการพัฒนาระบบจองห้องพักออนไลน์ห้องพักกุลศรี

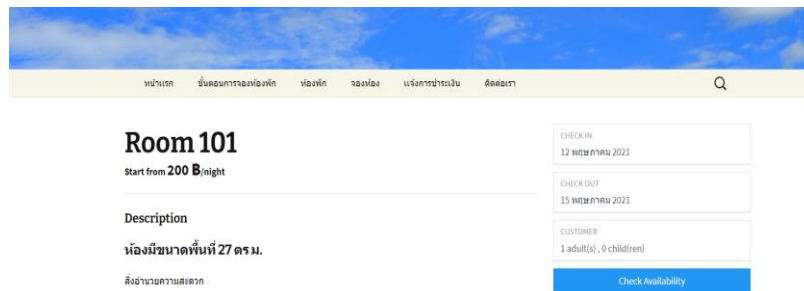
จากการศึกษาการพัฒนาเว็บไซต์จองห้องพักออนไลน์ กรณีศึกษาห้องพักกุลศรี ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ โดยได้ จัดทำเป็น Context Diagram, E-R Diagram การออกแบบและพัฒนาระบบจัดการห้องพัก แสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยในระบบจะแบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่

1. ผู้ดูแลระบบ (เจ้าของห้องพัก) สามารถเพิ่ม/ลบ/แก้ไขข้อมูลรายละเอียดห้องพัก และสามารถแก้ไขเมนูต่างๆภายในเว็บไซต์ โดยในการเข้าไปในเว็บไซต์ ผู้ดูแลต้องทำการ Login ก่อน เพื่อเข้าสู่การแก้ไข และผู้ดูแลระบบ



ภาพที่ 2 แสดงหน้าแรกของผู้ดูแลระบบ

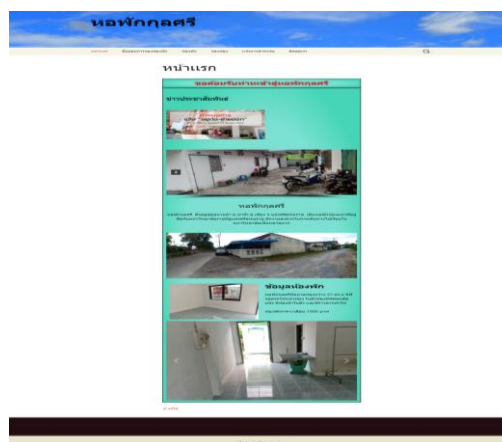
จากภาพที่ 2 แสดงหน้าผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่ม/ลบ/แก้ไข ข้อมูลรายละเอียดในแต่ละหน้าได้



ภาพที่ 3 แสดงรายละเอียดห้องพัก

จากภาพที่ 3 แสดงหน้าผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่ม/ลบ/แก้ไข ข้อมูลรายละเอียดห้องพักได้

2. ผู้ใช้ระบบ สามารถดูเมนูในเว็บไซต์ ประกอบด้วย หน้าแรก ขั้นตอนการจองห้องพัก ห้องพัก จอง ห้องพัก แจ้งการชำระเงิน ติดต่อเรา



ภาพที่ 4 แสดงหน้าแรกของผู้ใช้งาน

จากภาพที่ 4 แสดงหน้าแรกของผู้ใช้งาน สามารถใช้งานเมนูในเว็บไซต์ รวมถึงการเลือกจองห้องพัก

3. ประสิทธิภาพด้านความพึงพอใจผู้ใช้ระบบ

ผู้วิจัยดำเนินการสอบถามการพัฒนาระบบจองห้องพักออนไลน์ห้องพักกุลศรีของผู้ใช้บริการ จากนั้นนำผลการสอบถามมาวิเคราะห์ด้วย ค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล แสดงค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของผู้ใช้งานระบบที่มีความพึงพอใจใน การใช้งานระบบ ด้านความรวดเร็ว ด้านคุณภาพของเนื้อหา ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์ ของผู้ใช้งานระบบจำนวน 50 คน

ตารางที่ 1 ตารางแสดงความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ

รายการ	\bar{x}	S.D.	ระดับ
1.ด้านความรวดเร็ว	4.43	0.58	มาก
2.ด้านคุณภาพของเนื้อหา	4.50	0.60	มากที่สุด
3.ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์	4.55	0.59	มากที่สุด
โดยรวม	4.65	0.61	มากที่สุด

จากตารางที่1 ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการพัฒนาระบบจองห้องพักออนไลน์ห้องพักกุลศรี พบว่าค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาพบว่า ตัวเว็บไซต์มีความสวยงาม การทำงานมีความรวดเร็ว ไม่ยุ่งยาก ระบบมีความถูกต้อง มีผลการประเมินอยู่ในระดับมากทุก ๆ รายการ

สรุปผลและเสนอแนะ

สรุปผล

จากทางผู้วิจัยได้จัดทำการพัฒนาระบบจองห้องพักออนไลน์ห้องพักกุลศรีขึ้นมานั้น ทางผู้วิจัยได้มีการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับห้องพัก เพื่อทำการเก็บข้อมูล ในการนำมาใช้เพื่อพัฒนาระบบ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลห้องพัก ข้อมูลการจอง จึงได้นำมาทำการวิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบ และโปรแกรมที่ทางผู้วิจัยจัดทำได้นำมาพัฒนาระบบในครั้งนี้ ได้แก่ โปรแกรม WordPress ใช้สำหรับทำให้ออกแบบเว็บไซต์ได้ง่าย และมีประสิทธิภาพ

เมื่อทำการศึกษาข้อมูลของการพัฒนาระบบจองห้องพักออนไลน์ห้องพักกุลศรีอย่างละเอียดแล้ว ทางผู้วิจัยจัดทำได้ทำการออกแบบหน้าจอของแต่ละเมนูขึ้น โดยการออกแบบหน้าจอนี้จะคำนึงถึงการใช้งานของผู้ใช้ระบบเป็นหลัก

ข้อเสนอแนะ

- 1.ควรมีระบบประเมินระบบออนไลน์เพื่อจะได้ทราบถึงความพึงพอใจต่อการใช้บริการ
- 2.การออกแบบหน้าตาโปรแกรม ควรออกแบบหน้าตาโปรแกรมให้ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน

3. สำหรับในการพัฒนาระบบนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่นักวิเคราะห์และออกแบบระบบควรมีการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้ระบบที่ใช้งานได้สอดคล้องกับการทำงานจริง

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเพราะได้รับความอนุเคราะห์จากนายสมรักษ์ กุลศรี เจ้าของหอพักกุลศรี ที่ได้ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐชนก เขี่ยมครอง, และวพัชรินทร์ คำแพว.(2561). ระบบการจัดการห้องพักรายเดือน หอพักราชพฤกษ์. มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์.
- พัชรินทร์ สมบุญ. (2560). พัฒนาระบบจัดการห้องพักนฤมลแมนชั่น. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- ธีรพล ด่านวิริยะกุล. (2549). ระบบการจองห้องพักผ่านเว็บไซต์ กรณีศึกษา โลลิต้าบังกะโลเกาะสมุย. [สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สุธีรา พึ่งสวัสดิ์ และทองพูล ทีบไธสง.(2552). ระบบจองห้องพัก กรณีศึกษาสมุยเมอร์เมดรีสอร์ท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- อรยา ปรีชาพานิช. (2557). คู่มือเรียนการวิเคราะห์และออกแบบระบบ. ไร่ดีซี พรีเมียร์.
- Likert, R. (1932). Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 1-55.

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน
เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ รายวิชาเทคโนโลยี 3 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชัน

The development of online computer lessons with Project-based model to the creative
product with technology three courses in Application development

ธัญญธร ฉลวยศรีเมือง^{1*} กฤษ สิ้นธนะกุล²

ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะ ศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ^{1,2}

*Corresponding author: E-mail: s6202042846039@email.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ 4) เพื่อประเมินผลงานสร้างสรรค์ของผู้เรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 39 คน โรงเรียนราชวินิต มัธยม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย โดยการจับฉลากเป็นห้องเรียน จำนวน 1 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ แบบประเมินคุณภาพบทเรียนแบบทดสอบ ก่อนเรียนและหลังเรียน แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ ดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัยตามรูปแบบของ ADDIE Model ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 84.25/88.07 ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคุณภาพของผลงานสร้างสรรค์ โดยรวมอยู่ในระดับดี (\bar{X} = 3.95, S.D. = 0.69) สรุปได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้ในวิชาเทคโนโลยี 3 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันได้

คำสำคัญ: การพัฒนาบทเรียนบนคอมพิวเตอร์ออนไลน์; โครงงานเป็นฐาน; ผลงานสร้างสรรค์

Abstract

The objectives of this research were as follows: 1) to development of online computer lesson with Project-based model to creative product, 2) to find the efficiency of the Online Computer lesson, 3) to compare the students learning achievement before and after learning with Online Computer lesson, and 4) to evaluate the creative products of students after learning with Project-based model. The Sample group, selected using Simple Random Sampling by drawing out one classroom, was 39 students of Rajavinit Mathayom school, studying Technology three in the second semester of academic year 2020. The research instruments consisted of Online Computer lesson, lesson quality

evaluation form, pre-test/post-test, creative products of students evaluation form, The research methodology using the ADDIE model. The results were as follows: the finding indicated that the efficiency of the online computer lesson was 84.25/88.07, the study also revealed that the students had more learning achievement after studying with the PjBL model than before. The finding was statistically significant at the level of .05, and the quality of students' creative products produced after studying with the PjBL model was at the good level (\bar{X} = 3.95, S.D. = 0.69). In conclusion, the Online computer lesson can used in Technology 3 course in Application development.

Keywords: Online Computer lesson; Project-Based Learning; Creative product

บทนำ

ประเทศไทยเข้าสู่ยุค 4.0 โลกในศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม สภาพแวดล้อม ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ทำให้คนในชาติต้องได้รับการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพ ด้วยการยกระดับคุณภาพการศึกษาและการเรียนรู้ให้ทัดเทียมมาตรฐานสากล ซึ่งทางกระทรวงศึกษาธิการเห็นความสำคัญถึงการเปลี่ยนแปลงของศตวรรษที่ 21 ได้ทบทวนมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดให้สอดคล้องกับสภาพปัจจุบัน และทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จึงเข้ามามีบทบาทให้แนวทางการจัดการเรียนการสอนในสาระที่ 4 เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ให้การเรียนการสอนส่งเสริมทักษะขั้นพื้นฐานในการนาเทคโนโลยีไปสร้างนวัตกรรมอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พัฒนาแอปพลิเคชันหรือโครงงานด้านคอมพิวเตอร์ที่สนับสนุนงานในกลุ่มอุตสาหกรรมของประเทศ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) โดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนได้สร้างผลงาน ไม่ว่าจะป็นชิ้นงาน ผลงานหรือโครงงานเป็นกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมให้บรรลุเป้าหมายของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ในด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมที่สอดคล้องกับทักษะความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งความคิดสร้างสรรค์จะนำไปสู่การสร้างผลงานสร้างสรรค์เป็นประโยชน์ต่อประเทศ

การจัดทำหลักสูตรโรงเรียนราชวินิต มัธยม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขตที่ 1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กำหนดให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้ได้เรียนวิชาเทคโนโลยี 3 ในปีการศึกษา 2563 ตามมาตรฐานกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาตรฐานการเรียนรู้ ว 4.2 วิทยาการคำนวณจากการจัดการเรียนการสอนในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชัน เป็นหน่วยการเรียนรู้ที่สำคัญที่ผู้เรียนต้องใช้สื่อการเรียนการสอนที่มีคุณภาพ ต้องมุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างชิ้นงานและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พัฒนาแอปพลิเคชันบูรณาการร่วมกับวิชาอื่น ๆ ที่จะนำไปสู่การต่อยอดสร้างสรรค์ผลงานในอนาคตได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ กระทรวงศึกษาธิการ, 2561) ผู้วิจัยจัดการเรียนการสอนวิชาเทคโนโลยี 3 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชัน พบว่าผู้เรียนจำนวน 156 คน มีค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินผลงานทั้ง 5 ด้าน ๆ ละ 4 คะแนน คือ 1) การเรียกใช้เครื่องมือ มีค่าเฉลี่ย 3.91 2) การสร้าง Block คำสั่ง มีค่าเฉลี่ย 3.56 3) มีความเรียบร้อย มีค่าเฉลี่ย 2.73 4) ความคิดสร้างสรรค์ มีค่าเฉลี่ย 1.50 และ 5) ความตรงต่อเวลา มีค่าเฉลี่ย 3.20 จากคะแนนค่าเฉลี่ยดังกล่าวพบว่า

ความคิดสร้างสรรค์มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ อันเนื่องมาจากสภาพการเรียนเป็นปฏิบัติตามงานที่ได้รับมอบหมาย
จบเป็นเรื่องๆ ผู้เรียนจึงสามารถปฏิบัติได้เพียงตามที่คุณสอนสาธิตเท่านั้น รูปแบบงานจึงเป็นการลอกเลียนแบบ
ผู้สอน ผลงานจึงไม่มีความแตกต่างหรือแปลกใหม่

ผู้วิจัยปัญหาดังกล่าวที่พบในชั้นเรียนประชุมชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (Professional Learning
Community : PLC) ของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และร่วมกันปรึกษาปัญหาเพื่อหาสาเหตุและ
แนวทางแก้ปัญหาร่วมกัน โดยเน้นการเรียนการสอนกระบวนการเชิงรุก (Active Learning) ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้าง
ชิ้นงานหรือผลงานผ่านรูปแบบเรียนรู้ คือ การจัดการเรียนรู้รูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-
Based Learning) ซึ่งเป็นการเรียนการสอน โดยให้ผู้เรียนได้ร่วมกันเลือกทำโครงการที่ตนเองสนใจ โดยร่วมกัน
สำรวจ สังเกต และกำหนดเรื่องที่น่าสนใจ วางแผนในการทำโครงการร่วมกัน ศึกษาหาข้อมูลความรู้ที่จำเป็น
และลงมือปฏิบัติตามแผน (ทีศนา, 2561)

การที่คุณผู้สอนจะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ ครูควรมีสื่อการเรียนรู้หรือ สิ่งสนับสนุน
เข้ามาช่วยจัดการเรียนการสอนอย่างการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดกิจกรรม การเรียนการสอนที่
หลากหลาย เช่น การเรียนรู้ผ่านวิดีโอ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
เพราะปัจจุบันผู้เรียนสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว และการที่ครูนำสื่อเทคโนโลยีมาช่วย
จัดกระบวนการเรียนรู้ จัดเป็นห้องเรียนให้กับผู้เรียนสามารถเข้าถึงบทเรียนได้ทุกที่ ทุกเวลาที่มีการเชื่อมต่อ
อินเทอร์เน็ต จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ได้ และการเรียนรู้การจัดการเรียนการสอนผ่านเครือข่าย
อินเทอร์เน็ต (Web base Instruction) เป็นกระบวนการการออกแบบการเรียนการสอนโดยการจัดห้องเรียน
เสมือนจริงที่จำลองสภาพชั้นเรียนปกติ เป็นช่องทางในการสื่อสารระหว่างผู้เรียน ผู้สอนจะออกแบบการเรียนรู้ให้
ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลความรู้จากเครือข่ายต่าง ๆ ในคอมพิวเตอร์ที่สำคัญได้แก่ World Wild Web โดยอาศัย
โปรแกรมไฮเปอร์มีเดีย โดยการจัดการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผู้สอนจะต้องมีการออกแบบการ
เรียนโดยมีการวิเคราะห์ และกำหนดเนื้อหาสาระ แนวคิด วัสดุ อุปกรณ์ กิจกรรมการเรียนการสอน รวมทั้ง
จัดระบบระเบียบการใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนให้ได้ประสิทธิภาพมาก
ขึ้น (ทีศนา, 2561)

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงจัดทำพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้
โครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ รายวิชาเทคโนโลยี 3 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชัน ส่งเสริมการ
ทำงานเป็นกลุ่ม เปิดโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันช่วยให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ระหว่างการลงมือปฏิบัติ
จาก สถานการณ์จริง นักเรียนสามารถร่วมกันสร้างสรรค์ผลงานและนำเสนอผลงานที่ร่วมกันจัดทำขึ้น ซึ่งจะ
ส่งเสริมให้เกิดผลงานสร้างสรรค์

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เพื่อ
ส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ รายวิชาเทคโนโลยี 3 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชัน
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็น
ฐาน เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ รายวิชาเทคโนโลยี 3 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชัน

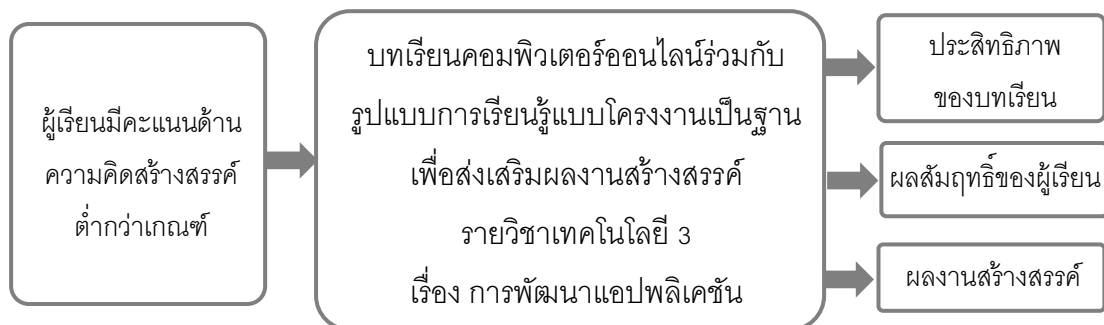
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์

4. เพื่อประเมินผลงานสร้างสรรค์ของผู้เรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ รายวิชาเทคโนโลยี 3 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชัน

สมมติฐานงานวิจัย

1. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นมีค่าตามเกณฑ์ 80/80
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. ผลงานสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับดี

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ห้อง 7 ถึง 12 จำนวน 6 ห้องเรียน จำนวน 240 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนราชวินิต มัธยม

2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ห้อง 7 จำนวน 1 ห้อง 39 คน ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเทคโนโลยี 3 ภาคเรียนที่ 3 ปีการศึกษา 2563 ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย โดยการจับสลากเป็นห้องเรียน จำนวน 1 ห้องเรียน

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวแปรต้น คือ บทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ รายวิชาเทคโนโลยี 3 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชัน

2. ตัวแปรตาม ได้แก่ 1) ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น 3) ผลงานสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

ด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ผู้วิจัยนำมาใช้สำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้ คือ เนื้อหาในรายวิชาเทคโนโลยี 3 รหัสวิชา ว 23105 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชัน มีดังต่อไปนี้

- 1) ขั้นตอนการพัฒนาแอปพลิเคชัน
- 2) สร้างโปรเจ็คแอปพลิเคชันด้วยโปรแกรม Kodular
- 3) สร้างแอปพลิเคชัน “Hello Kodular”
- 4) สร้างแอปพลิเคชัน “Learning App”
- 5) สร้างแอปพลิเคชัน “BMI Calculator”

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย โดยใช้ขั้นตอนตามวิธีการเชิงระบบ (System Approach) หรือ ADDIE Model ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) การวิเคราะห์ 2) การออกแบบ 3) การพัฒนา 4) การทดลองใช้ และ 5) การประเมินผล (มนต์ชัย เทียนทอง, 2554)

1. ขั้นวิเคราะห์ (Analysis)

1.1 เริ่มต้นจากการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ จากตำรา เอกสารทางวิชาการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์เนื้อหา แล้วนำมาประกอบการกำหนดสมรรถนะที่ต้องการเพื่อนำไปวิเคราะห์งาน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วิเคราะห์งาน รายวิชาเทคโนโลยี 3 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชัน

ลำดับ	สมรรถนะที่ต้องการ	งาน
1	การพัฒนาแอปพลิเคชัน	อธิบายขั้นตอนการพัฒนาแอปพลิเคชัน
		สร้างโปรเจ็คแอปพลิเคชันด้วยโปรแกรม Kodular
		สร้างแอปพลิเคชัน “Hello Kodular”
		สร้างแอปพลิเคชัน “Learning App”
		สร้างแอปพลิเคชัน “BMI Calculator”

หลังจากวิเคราะห์งานแล้วนำไปวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ได้แก่ ภาคทฤษฎีจำนวน 23 วัตถุประสงค์ และภาคปฏิบัติจำนวน 4 งาน จากนั้นวิเคราะห์ให้ผู้เรียน และวิเคราะห์เทคโนโลยีที่นำมาสนับสนุน การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ให้เหมาะสมกับผู้เรียน และวิธีการจัดการเรียนการสอน

1.2 วิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยนำวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ภาคทฤษฎีจำนวน 23 ข้อ ที่วิเคราะห์มาสร้างแบบทดสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก โดยสร้างแบบทดสอบ วัตถุประสงค์ละ 3 ข้อ รวมทั้งหมด 69 ข้อ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประเมินความสอดคล้องด้านเนื้อหา (IOC) มีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 แล้วนำไปแบบทดสอบทดลอง (Try Out) กับผู้เรียนที่เคย เรียนเรื่องนี้มาแล้ว จำนวน 30 คน เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ ประกอบด้วย ค่าความ ยากง่าย (Difficulty) พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และอำนาจจำแนก (Discrimination) พบว่ามีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป แล้วนำแบบทดสอบไปหาความเชื่อมั่น (Reliability) ตามสูตรของ KR-20 พบว่าความเชื่อมั่นของ แบบทดสอบ คือ 0.95 ซึ่งมีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูงมาก จึงสามารถที่จะนำแบบทดสอบไปใช้งานได้

2. ขั้นตอนการออกแบบ เป็นขั้นตอนในการออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ ออกแบบหน้าจอของบทเรียนคอมพิวเตอร์ ออนไลน์ ออกแบบบทดำเนินเรื่อง (Story Board) และออกแบบใบประเมินผลต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการ พัฒนาเครื่องมือ

3. ขั้นพัฒนา เป็นขั้นตอนในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

3.1 พัฒนาเอกสารที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยการจัดทำเอกสารประกอบการเรียน โดยให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้วิเคราะห์และออกแบบ ซึ่งรายละเอียดดังนี้

3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้สอนได้ดำเนินการ จัดการเรียนการสอนให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยแผนการจัดการเรียนการสอนประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 แผนการจัดการเรียนการสอนเนื้อหาการพัฒนาแอปพลิเคชัน ทั้ง 5 หน่วยการเรียนรู้ และส่วนที่ 2 การ พัฒนาโครงงาน มีรูปแบบการจัดการเรียนการสอน 6 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นคัดเลือกหัวข้อโครงงาน 2) ขั้นศึกษาค้น เอกสาร 3) ขั้นเสนอเค้าโครงของโครงงาน 4) การพัฒนาโครงงาน 5) การเขียนรายงาน และ 6) การนำเสนอและ เผยแพร่ข้อมูล

3.1.2 ใบเนื้อหา สร้างให้มีเนื้อหาสาระแต่ละเรื่องสอดคล้องกับบทเรียน และ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สำหรับให้ผู้เรียนทบทวนหรือศึกษาเพิ่มเติม

3.1.3 ใบสั่งงาน ใช้สำหรับวัดทักษะทางด้านปฏิบัติหลังจากที่ผู้เรียนได้ศึกษา บทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ทั้งทฤษฎีและปฏิบัติ เพื่อใช้สำหรับฝึกผู้เรียนทักษะตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

3.1.4 ใบแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน ใช้สำหรับวัดผลการปฏิบัติงาน โดยกำหนด คุณลักษณะบ่งชี้คุณภาพของผลงานด้วยการประเมินผลแบบรูบิค 4 ระดับ (ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง) โดย ประเด็นการประเมินตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ของแต่ละหน่วยการเรียนรู้

3.1.5 ใบประเมินผลงานสร้างสรรค์ ใช้สำหรับประเมินหลังจากเรียนด้วยรูปแบบ โครงงานเป็นฐาน ประกอบด้วย 3 ด้าน อ้างอิงมาจากแบบประเมิน ผลงานสร้างสรรค์ของ ศิริพล แสนบุญส่ง (2560) มาปรับประยุกต์เหมาะสมกับเนื้อหา

ด้านที่ 1 นวภาพ เป็นการพิจารณากระบวนการใหม่ วิธีการใหม่

ด้านที่ 2 การแก้ปัญหา เป็นการพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหา ตามสถานการณ์

ด้านที่ 3 การต่อเติมเสริมแต่งและการสังเคราะห์ เป็นการพิจารณาจากคุณสมบัติความประณีตสวยงามของผลงาน

3.2 พัฒนาคอมพิวเตอร์ออนไลน์ ด้วยโปรแกรมออกแบบหน้าเว็บเพจ ซึ่งในบทเรียนประกอบไปด้วย 1) คู่มือการใช้บทเรียน 2) วัตถุประสงค์ของบทเรียน 3) แบบทดสอบก่อนเรียน 3) เนื้อหาบทเรียน การพัฒนาแอปพลิเคชัน 5 หน่วย ซึ่งมีสื่อวิดีโอโมชันกราฟิก และ วิดีโอสาธิตประกอบบทเรียน ใบเนื้อหา ใบสั่งงาน แบบทดสอบท้ายหน่วยเรียน 4) การจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน 6 ขั้นตอน 5) แบบทดสอบหลังเรียน

โดยบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นนี้ผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ทั้งด้านเนื้อหาและด้านเทคนิค ตามวิธีการของ Likert 5 ระดับ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม และทำการปรับปรุงก่อนนำไปใช้

4. ขั้นทดลองใช้ เป็นการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งการวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงทดลอง ตามรูปแบบการทดลองแบบกลุ่มเดียว วัดก่อนหลัง (One Group Pretest Posttest Design) โดยมีวิธีการดังนี้

4.1 ประเมินเทคโนโลยีผู้เรียน และแนะนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ เพื่อเตรียมพร้อมและรับทราบวิธีการจัดการเรียนการสอน

4.2 ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อนำคะแนนไปแบ่งกลุ่มผู้เรียนและกำหนดบทบาทหน้าที่รับชอบภายในกลุ่ม

4.3 ดำเนินการจัดการเรียนการสอน จำนวน 18 ชั่วโมง ผ่านบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ที่เว็บไซต์ <https://s6202042846039.wixsite.com/mysite> โดยผู้เรียนศึกษาเนื้อหาจำนวน 5 หน่วย แล้วทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน และ ใบสั่งงาน สำหรับฝึกปฏิบัติ และศึกษาการพัฒนาโครงงาน โดยครูจัดสภาพแวดล้อมให้ส่งเสริมต่อการผลงานสร้างสรรค์

4.4 ประเมินผลงานสร้างสรรค์ และ ทำแบบทดสอบหลังเรียน

5. ขั้นประเมินผล เป็นการรวบรวมคะแนนและผลการประเมินจากการดำเนินการ ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างตามบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นและนำผลการเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าทางสถิติตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

ผลการของการวิจัย

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ รายวิชาเทคโนโลยี 3 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชัน ซึ่งการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นประเมิน 2 ด้าน คือ 1) ด้านเนื้อหาที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นด้านเนื้อหาคุณภาพระดับ มาก และ 2) ด้านเทคนิคผลการประเมินด้าน

เทคนิคมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นด้านเทคนิคมีคุณภาพระดับมากที่สุด ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิค

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D	ระดับ
1. ด้านเนื้อหา			
1.1 ด้านเนื้อหา	4.57	0.25	มากที่สุด
1.2 ด้านใบงานและการปฏิบัติ	4.53	0.35	มากที่สุด
1.3 ด้านของการประเมินผล	4.33	0.23	มาก
1.4 การจัดการบทเรียน (การเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐาน)	4.33	0.29	มาก
ภาพรวมด้านเนื้อหา	4.44	0.28	มาก
2. ด้านเทคนิค			
2.1 ด้านการออกแบบ	4.52	0.16	มากที่สุด
2.2 ด้านการเข้าใช้งานบทเรียน	4.60	0.35	มากที่สุด
ภาพรวมด้านเทคนิค	4.56	0.26	มากที่สุด

2. ผลการหาประสิทธิภาพของการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ รายวิชาเทคโนโลยี 3 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชัน มีประสิทธิภาพ (E1/E2) 84.25/88.07 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์

รายการคะแนน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ประสิทธิภาพ
คะแนนระหว่างเรียน (E1)	39	63	54.08	84.25
คะแนนหลังเรียน (E2)	39	23	20.26	88.07

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ รายวิชาเทคโนโลยี 3 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชัน พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนสูงกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนสอบทั้งสองครั้ง ด้วยการทดสอบสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนสอบทั้งสองครั้งด้วยการทดสอบสถิติค่าที่ (t-dependent) สถิติทดสอบ t-test เท่ากับ 32.46 และจากการเปิดตารางค่า t ที่ df = 38 มีค่า 1.68 ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 จึงสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนและก่อนเรียน

แบบทดสอบ	จำนวน ผู้เรียน	รวมคะแนน	\bar{X}	S.D	t คะแนน	t ตาราง
ก่อนเรียน (23 คะแนน)	39	334	8.56	2.02	32.46	1.68
หลังเรียน (23 คะแนน)	39	23	20.26	1.14		

4. ผลการประเมินผลงานสร้างสรรค์ของผู้เรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ รายวิชาเทคโนโลยี 3 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชัน ด้วยการประเมินผลงานสร้างสรรค์ 3 ด้าน พบว่าผลงานมีคุณภาพการสร้างสรรค์ในภาพรวมอยู่ในระดับดี เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.95 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69 และเมื่อพิจารณาคุณภาพเป็นรายด้านโดยพิจารณาจากลำดับของค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย พบว่า ด้านการต่อเติมเสริมแต่งและการสังเคราะห์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.03 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69 ด้านการแก้ปัญหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.92 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.72 และด้านนภาพ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.88 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.64 ตามลำดับ ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 :ผลการประเมินผลงานสร้างสรรค์

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D	ระดับความคิด สร้างสรรค์
1. ด้านนภาพ	3.88	0.68	ดี
2. ด้านการแก้ปัญหา	3.92	0.72	ดี
3. ด้านการต่อเติมเสริมแต่งและการสังเคราะห์	4.03	0.69	ดี
คุณภาพผลงานสร้างสรรค์ในภาพรวม	3.95	0.69	ดี

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ที่พัฒนา มีผลการประเมินมีค่าเฉลี่ย 4.50 มีคุณภาพอยู่ในระดับ มาก
2. ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น (E1/E2) 84.25/88.07 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

4. ผลการประเมินผลงานสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนที่พัฒนาขึ้น พบว่า ผลงานสร้างสรรค์ ทั้ง 3 ด้าน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.95 แสดงว่ามีคุณภาพผลงานสร้างสรรค์ในภาพรวมอยู่ในระดับดี เป็นไปตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ที่พัฒนา มีผลการประเมินบทเรียน 2 ด้าน คือ 1) ด้าน เนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 มีคุณภาพอยู่ในระดับ มาก เนื่องจากผู้วิจัยได้สร้างเนื้อหาให้มีความถูกต้อง สอดคล้องและครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมและแบบฝึกปฏิบัติ แบบทดสอบและการประเมินผล และการจัดการบทเรียน ซึ่งได้ผ่านการตรวจสอบและคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ นำไปปรับปรุงแก้ไข และ 2) ด้านเทคนิค มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 มีคุณภาพอยู่ในระดับ มากที่สุด ที่ใช้กระบวนการออกแบบการเรียนการสอน ADDIE Model ซึ่งเป็นที่ยอมรับในระดับสากลมาเป็นแนวทางในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ โดย บทเรียนมีคำแนะนำในการใช้บทเรียนเพื่อเตรียมความพร้อมของผู้เรียน การนำเสนอเนื้อหาเรียงลำดับชัดเจน และการจัดวางออกแบบหน้าจอบทเรียนที่มีปริมาณเหมาะสม ซึ่งได้ผ่านการตรวจสอบและคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไข สอดคล้องกับวิจัย สุธิดา (2562) เรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์เพื่อ ส่งเสริมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในเขตอำเภอจอมบึง จังหวัด ราชบุรี พบว่า ผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนมีคุณภาพตามเกณฑ์ของผู้เชี่ยวชาญ (ด้านเนื้อหา มีคุณภาพ อยู่ในระดับ ดีมาก และ ด้านเทคนิคมีคุณภาพอยู่ในระดับ ดีมาก)

2. ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ (E1/E2) 84.25/88.07 ซึ่งสูงกว่า เกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาอย่างเป็นระบบ ด้วยการพัฒนาบทเรียนตาม กระบวนการ ADDIE Model 5 ขั้นตอน โดยมีผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ให้คำแนะนำและปรับปรุง แล้วจึงนำไปใช้กับ กลุ่มตัวอย่างในการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ส่งผลให้ผลการหา ประสิทธิภาพของการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ซึ่งสอดคล้องกับวิจัยของชุดิมา ลัดนอก (2562) เรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ร่วมกับการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง การออกแบบ ผลิตภัณฑ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า บทเรียนออนไลน์ที่ พัฒนาขึ้นตามกระบวนการออกแบบการเรียนการสอนด้วย ADDIE Model มีประสิทธิภาพของบทเรียนสูงกว่า เกณฑ์ที่ตั้งไว้

2. ด้านการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่พัฒนาขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากผู้วิจัยได้วิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาบทเรียน คอมพิวเตอร์ออนไลน์ประกอบจัดการเรียนการสอนที่ผ่านการประเมินคุณภาพและความเหมาะสมของ ผู้เชี่ยวชาญ โดยจัดรูปแบบการศึกษาเนื้อหาทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองผ่าน เครือข่ายอินเทอร์เน็ต สนับสนุนการสอนด้วยวิดีโอโมชันกราฟิกสำหรับนำเสนอเนื้อหาภาคทฤษฎี และวิดีโอ สาริตสำหรับนำเสนอเนื้อหาภาคปฏิบัติ ผู้เรียนฝึกปฏิบัติจากใบสั่งงานที่กำหนด แล้วประเมินผลการปฏิบัติงาน ตามจริง และจัดรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน โดยหน้าที่ของผู้สอนจัดสภาพแวดล้อม

ทางการเรียนที่สนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และเสริมแรง ผู้เรียนสามารถกลับมาทบทวนความรู้ได้ทุกที่ ทุกเวลา ตามความพร้อมของผู้เรียน ทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับนิยามของถนอมพร เลาจรัสแสง (2544) กล่าวว่า การจัดบทเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นการผสมผสานกันระหว่างเทคโนโลยีปัจจุบันกับกระบวนการออกแบบการเรียน การจัดการเรียนรู้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียนรู้และแก้ปัญหาในเรื่องข้อจำกัดทางด้านสถานที่และเวลา โดยการสอนบนเว็บจะใช้คุณสมบัติและทรัพยากรของ เวิลด์ไวด์เว็บ ในการจัดสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนการสอน

3. ด้านการประเมินผลงานสร้างสรรค์ของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนที่พัฒนาขึ้น พบว่า ผลงานของผู้เรียนโดยรวมอยู่ในระดับดี มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.95 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยผู้วิจัยเริ่มต้นการศึกษากิจกรรมที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์จนนำไปสู่การประดิษฐ์ คิดค้น จนเกิดผลงานสร้างสรรค์ นั่นคือ การให้ความสำคัญกับการสร้างผลงานที่เกิดจากการสนใจของผู้เรียนที่เลือกอย่างอิสระ และส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างผลงานสร้างสรรค์ให้สำเร็จได้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับ Torrance (1963 อ้างถึงใน อารี, 2547) ที่กล่าวเกี่ยวกับการส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ว่า กระตุ้นและส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง ควรให้โอกาสและเตรียมการให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง และยกย่องผู้เรียนที่มีการเรียนรู้ด้วยตนเอง ควรจะเปลี่ยนแปลงบทบาทเป็นผู้ชี้แนะ กระตุ้นความคิด ลดการอธิบายและการบรรยายลงบ้าง แต่เพิ่มการให้นักเรียนมีส่วนร่วมริเริ่มกิจกรรมด้วยตนเองมากขึ้น และสอดคล้องกับวิจัย ศิริพล แสนบุญส่ง (2560) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นฐานผ่านสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนคลาวด์คอมพิวเตอร์ เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ และทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีม ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี พบว่า นักศึกษาที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นฐานผ่านสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนคลาวด์คอมพิวเตอร์ มีคุณภาพผลงานสร้างสรรค์อยู่ในระดับดีมาก และสอดคล้องกับวิจัยคำสิง (2562) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสาธิตร่วมกับการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน วิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก เพื่อส่งเสริมการสร้างผลงานสร้างสรรค์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สปป.ลาว พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นฐานมีคุณภาพผลงานสร้างสรรค์อยู่ในระดับดี

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในครั้งนี้

1. สื่อประกอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้อย่างเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ รายวิชาเทคโนโลยี 3 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชัน มีเนื้อหาในภาคปฏิบัติ ควรเพิ่มวิธีการวัดผลของแบบทดสอบให้มีความหลากหลาย น่าสนใจและกระตุ้นผู้เรียนมากขึ้น
2. สื่อประกอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้อย่างเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ รายวิชาเทคโนโลยี 3 เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชัน มีเนื้อหาในภาคปฏิบัติ ควรจัดทำสื่อวิดีโอสาธิตแสดงลำดับขั้นตอนให้ชัดเจน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติตามได้ง่าย
3. ควรเพิ่มเนื้อหาในภาคทฤษฎี เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในบทเรียนมากขึ้น
4. ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ให้เข้าใจในบทเรียนอย่างเต็มที่ เนื่องจากการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการวัดระดับความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนก่อนเรียน เพื่อนำผลที่ได้ไปประกอบการจัดกลุ่มผู้เรียน เพื่อให้แต่ละระดับความคิดสร้างสรรค์ เพราะแม้ว่ามีความสามารถในการใช้โปรแกรมพัฒนาแอปพลิเคชัน หากมีระดับความคิดสร้างสรรค์ที่ส่งผลต่อการสร้างสรรค์ผลงานสร้างสรรค์
2. ควรนำรูปแบบการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ ไปใช้กับเนื้อหาและผู้เรียนกลุ่มอื่น ๆ ที่ต้องมีการสร้างสรรค์ผลงาน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างผลงาน สิ่งประดิษฐ์ หรือ สร้างนวัตกรรม

เอกสารอ้างอิง

- คำสิง นันทะวง. (2562). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสาธิตร่วมกับ การเรียนรู้แบบโครงงาน เป็นฐานวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก เพื่อส่งเสริมการสร้างผลงานสร้างสรรค์สำหรับหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สปป.ลาว [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร.
- ชุตินา ลัดนอก. (2562). การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ร่วมกับการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน เรื่อง การออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- ถนอมพร เลาจรัสแสง. (2544). การสอนบนเว็บ (Web-Based Instruction) นวัตกรรมเพื่อคุณภาพการเรียนการสอน. *วารสารศึกษาศาสตร์สาร*, (1), 87-94.
- ทศินา เขมมณี. (2561). ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มนต์ชัย เทียนทอง. (2554). การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ (*Design and Development of Computer Instruction*) (พิมพ์ครั้งที่ 3). พี ที เอ เบสท์ซัพพลาย.
- ศิริพล แสนบุญส่ง. (2560). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นฐานผ่านสิ่งแวดล้อมทำการเรียนรู้บนคลาวด์คอมพิวเตอร์ เพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ และทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีมของนักศึกษาระดับปริญญาตรี. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชา พื้นฐานวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ.
- สุริดา ปรีชานนท์. (2562). การพัฒนาบทเรียนออนไลน์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ที่เน้นโครงงานเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในเขตอำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี. [รายงานวิจัย]. มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระกมุติศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา*

ศาสนาและวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน
พุทธศักราช 2551. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.
อารี พันธุ์ณี. (2557). *ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

การศึกษาความเป็นฉนวนกันความร้อนของอิฐบล็อกและปูนฉาบ โดยการผสมอิฐโฟมที่ใช้แล้ว

The Study for The Thermal Insulation of Block Concrete and Cement Plaster
by Mixing of Recycled EPS Foam

จรัล รัตนโชตินันท์^{1*} กฤษ คำคุณธรรม² ไชยนันท์ รัตนโชตินันท์³ มนพัทธ์ สาสิงห์⁴ เสาวรส หะสิทธิ์⁵
ขวัญจิรา สอนระวัตร⁶

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและบริหารงานก่อสร้าง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม^{1,2,3,4,5,6}

*Corresponding author: E-mail : jaran.r@chandra.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นฉนวนกันความร้อนของอิฐบล็อกและปูนฉาบที่ผสมอิฐโฟมที่ใช้แล้วโดยเป็นความสามารถการกันความร้อนของอิฐบล็อกและปูนฉาบผนังที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร ความนิยมการใช้อิฐโฟมสำหรับบรรจุภัณฑ์ในปัจจุบันส่งผลต่อขยะที่มาจากโฟมและโฟมยังมีอายุในการย่อยสลายที่ใช้เวลานาน ดังนั้นการวิจัยนี้จึงได้นำอิฐโฟมมาทดลองผสมในอิฐบล็อกและปูนฉาบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกันความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร การทดลองในงานวิจัยนี้ได้แบ่งตัวอย่างการทดสอบออกเป็น 3 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างอิฐบล็อกธรรมดา ตัวอย่างอิฐบล็อกที่ใส่อิฐโฟมในช่องว่างของอิฐบล็อกและตัวอย่างปูนฉาบที่ผสมอิฐโฟม การเก็บข้อมูลอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในห้องตัวอย่างจำลองทั้ง 3 ตัวอย่างโดยใช้เครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ ผลการทดลองพบว่า ปูนฉาบที่ผสมอิฐโฟมสามารถลดอุณหภูมิภายในห้องทดสอบจำลองได้สูงสุดประมาณ 9.6 องศาเซลเซียส อิฐบล็อกที่ผสมอิฐโฟมในช่องว่างตรงกลางสามารถลดอุณหภูมิภายในห้องทดสอบจำลองได้สูงสุดประมาณ 8.3 องศาเซลเซียส และอิฐบล็อกแบบปกติทั่วไปสามารถลดอุณหภูมิภายในห้องทดสอบจำลองได้สูงสุดประมาณ 6.7 องศาเซลเซียส การนำอิฐโฟมผสมในปูนฉาบมีประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีที่สุดและอิฐบล็อกที่ใส่อิฐโฟมในช่องว่างตรงกลางยังมีประสิทธิภาพกันความร้อนที่ดีกว่าอิฐบล็อกแบบปกติทั่วไป การผสมอิฐโฟมในอิฐบล็อกและปูนฉาบสำหรับก่อสร้างอาคารทั่วไปจะช่วยลดความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็น การช่วยกำจัดขยะอิฐโฟมที่ใช้แล้วโดยช่วยลดปัญหาโลกร้อนจากขั้นตอนการกำจัดขยะอิฐโฟม

คำสำคัญ : อิฐบล็อกผสมอิฐโฟมที่ใช้แล้ว; ปูนฉาบผสมอิฐโฟมที่ใช้แล้ว; อิฐโฟมที่ใช้แล้ว

Abstract

This research is to study the insulation of block concrete and plaster by mixed with used EPS foam which has the ability of heat transfer protection to indoor of building. The famous of EPS foam for packaging affect to foam waste and its degradation which has a long time. This research is the ESP foam mixed with block concrete and cement plaster which increase performance of heat transfer protection. The experiments in this research were divided into 3 samples as follows: A sample of a typical block concrete, samples of block concrete with EPS foam added to the gaps of block concrete and samples of cement plaster mixed with EPS foam. Temperature data was collected in the simulated chamber for all three samples using an automated data collector or data logger. The results showed that the cement plaster mixed with EPS foam can reduce the temperature inside the simulated test chamber by a maximum of about 9.6 degrees Celsius. EPS foam block concrete in the middle gap can reduce the temperature inside the simulated test chamber by a maximum of about 8.3 degrees Celsius. and typical block concrete can reduce the temperature inside the simulated test chamber by a maximum of about 6.7 degrees Celsius. The use of EPS foam mixed in mortar has the best thermal insulation performance, and the EPS foam block concrete in the middle gap also has better thermal insulation performance than typical block concrete. The mixing EPS foam in block concrete and mortar for general building construction effectively reduces heat transfer into the building and helps to eliminate used EPS foam waste while reducing problems for global warming from EPS foam waste disposal process.

Keywords: block concrete by mixing of recycled EPS foam; cement plaster by mixing of recycled EPS foam; mixing of recycled EPS foam

บทนำ

การก่อสร้างอาคารที่พักอาศัยแนวประหยัดพลังงานเป็นที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน กลุ่มที่พักอาศัยถือว่าเป็นกลุ่มบริโภคพลังงานอันดับต้นของประเทศ การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่ช่วยประหยัดพลังงานภายในอาคาร โดยเฉพาะวัสดุก่อผนังจะสามารถลดต้นทุนการใช้ไฟฟ้าในภาพรวมของประเทศได้ อิฐบล็อกและปูนฉาบผนังเป็นวัสดุสำคัญสำหรับก่อสร้างผนังอาคารที่ช่วยป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ความสามารถในการกันความร้อนหรือความเป็นฉนวนกันความร้อนของอิฐบล็อกและปูนฉาบจะช่วยลดความร้อนภายในอาคารและส่งผลต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า อีพีเอสโฟม หรือ EXPANDABLE POLYSTYRENE เป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกชนิดหนึ่งที่เกิดจากผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตปิโตรเลียมและได้รับความนิยมใช้อีพีเอสโฟมสำหรับบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ส่งผลให้เกิดปัญหาการกำจัดอีพีเอสโฟมที่ใช้แล้วสร้างมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและการย่อยสลายของอีพีเอสโฟมมีระยะเวลายาวนาน

ดังนั้นการเลือกวิธีกำจัดอีพีเอสโฟมที่ใช้แล้วที่เหมาะสมโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการทำลายสิ่งแวดล้อมจะช่วยแก้ปัญหาโลกร้อน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและการนำวัสดุเหลือใช้มาพัฒนาเพื่อการประหยัดพลังงานในงานก่อสร้าง การศึกษาอิฐมวลเบาที่มีรูกลวงเพื่อการลดความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคาร (Ratanachotinun & Pairojn, 2020) เป็นการวิจัยอิฐมวลเบาที่มีการเจาะรูกลมกลวงบริเวณกึ่งกลางอิฐเพื่อช่วยเพิ่มความเย็นจนจนกันความร้อนส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานภายในอาคารที่พักอาศัย การศึกษาคอมโพสิตซีเมนต์และคอนกรีต ผลของพารามิเตอร์การบ่มต่อการบ่ม CO₂ ของบล็อกคอนกรีตที่มีมวลรวมรีไซเคิลรวดเร็ว (Zhan et al., 2016) ทำการศึกษาบล็อกคอนกรีตที่มีมวลรวมรีไซเคิลสำหรับงานก่อสร้าง การศึกษาวิศวกรรมความร้อนประยุกต์ การประเมินทางความร้อนและเศรษฐกิจของวัสดุที่นำมาใช้ใหม่สำหรับการสร้างขอบอาคารบนพื้นฐานของขยะสิ่งทอ (Kheir et al., 2019) ทำการพัฒนาวัสดุฉนวนกันความร้อนใหม่ที่ทำจากเศษสิ่งทอที่ทำจากอะคริลิกและขนสัตว์ วิธีการเจาะเข็ม การศึกษาสมบัติเชิงกลความทนทานและการประเมินวัฏจักรชีวิตของบล็อกอาคารคอนกรีตที่รวมมวลรวมคอนกรีตรีไซเคิล (Tu et al., 2018) ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้คอนกรีตมวลรวมรีไซเคิล (RCAs) เพื่อผลิตคอนกรีตสำหรับงานการก่อสร้างอาคาร การวิเคราะห์วัสดุก่อสร้างและอาคารการวิจัยเชิงทดลองของบล็อกคอนกรีตปูพื้นด้วยอิฐบดและกระเบื้องรวม (Bjegovic et al., 2015) ศึกษาความเป็นไปได้ที่จะสร้างแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปด้วยวัสดุทดแทนธรรมชาติมากกว่า 50% ด้วยวัสดุรีไซเคิลที่ทำจากดินเหนียวและกระเบื้องหลังคา การศึกษาพลังงานทดแทนการใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรใหม่เป็นฉนวนกันความร้อนสำหรับตัวเก็บพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้ก่อสร้างอาคาร (Bechki et al., 2019) การศึกษาประสิทธิภาพความร้อนในระยะยาวของแผงฉนวนกันความร้อนสูญญากาศที่ติดตั้งในการสร้างฉนวนกันความร้อน (Batard et al., 2018) การศึกษาการรีไซเคิลของเสียสำหรับการใช้งานที่มีมูลค่าเพิ่มในบล็อกคอนกรีต (Ling et al., 2018) การใช้ของเสียประเภทต่างๆ เช่น คอนกรีตรีไซเคิล อิฐบด อิฐโซดาไลม์ แก้วหลอด แก้วคาโทเดอเรีย ยางคริม เศษเซรามิกและกระเบื้องเป็นต้น มาเพิ่มความเย็นฉนวนกันความร้อนของบล็อกคอนกรีต จากงานวิจัยที่ผ่านมา ยังไม่มีการศึกษาอิฐบล็อกและปูนฉาบที่ผสมอีพีเอสโฟมที่แล้วเพื่อความสามารถป้องกันความร้อนถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารโดยมีห้องจำลองตัวอย่างทั้งหมด 3 ห้องตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบการป้องกันความร้อนระหว่างอิฐบล็อกแบบปกติ อิฐบล็อกที่ผสมอีพีเอสโฟมและปูนฉาบที่ผสมอีพีเอสโฟม การออกแบบและทดสอบส่วนผสมปูนฉาบกับอีพีเอสโฟมที่แล้วให้มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานจริง ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 1-3

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การสร้างตัวอย่างอิฐบล็อกและปูนฉาบที่ผสมอีพีเอสโฟมที่แล้วเพื่อทดสอบความสามารถป้องกันความร้อนถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารโดยมีห้องจำลองตัวอย่างทั้งหมด 3 ห้องตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบการป้องกันความร้อนระหว่างอิฐบล็อกแบบปกติ อิฐบล็อกที่ผสมอีพีเอสโฟมและปูนฉาบที่ผสมอีพีเอสโฟม การออกแบบและทดสอบส่วนผสมปูนฉาบกับอีพีเอสโฟมที่แล้วให้มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานจริง ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 1-3



ภาพที่ 1 อีพีเอสโฟมที่ใช้แล้วและการย่อยให้ละเอียด



ภาพที่ 2 อีรูบล็อกที่ใส่อีพีเอสโฟมในช่องว่างตรงกลาง



ภาพที่ 3 ปูนฉาบที่ผสมอีพีเอสโฟม

การสร้างห้องตัวอย่างจำลองโดยที่มีการก่ออิฐบล็อกและปูนฉาบตัวอย่างสำหรับการทดสอบได้อย่างอิงงานวิจัยของ จรัล รัตนโชตินันท์ และ พิธาน ไพโรจน์ (Ratanachotinun & Pairojn, 2020) ห้องตัวอย่างจำลองมีขนาด 1x1x1 เมตร ผนังทั้ง 5 ด้านโดยรอบใช้วัสดุแผ่นซีเมนต์กรุด้วยฉนวนกันความร้อนเพื่อป้องกันความร้อนที่จะเข้ามาด้านข้างและไม่ให้มีผลกับข้อมูลที่สำคัญ และผนังด้านบนห้องตัวอย่างจำลองจะเป็นผนังตัวอย่างอิฐบล็อกและปูนฉาบที่ผสมอีพีเอสโฟมซึ่งจะรับแสงอาทิตย์โดยตรงตลอดระยะเวลาที่สำรวจข้อมูล ห้องตัวอย่างจำลองทั้ง 3 ห้องจะมีผนังด้านบนที่ก่อสร้างโดย ห้องตัวอย่างที่ 1 เป็นอิฐบล็อกและฉาบปูนแบบปกติ ห้องตัวอย่างที่ 2 เป็นอิฐบล็อกที่ใส่อีพีเอสโฟมในช่องว่างพร้อมฉาบปูนแบบปกติ และห้องตัวอย่างที่ 3 เป็นอิฐบล็อกแบบปกติและฉาบปูนที่ผสมอีพีเอสโฟม ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การสร้างห้องตัวอย่างจำลองสำหรับทดสอบอิฐบล็อกและปูนฉาบที่ผสมอีพีเอสโฟมที่ใช้แล้ว

การสำรวจข้อมูลอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับห้องจำลองตัวอย่างทั้ง 3 ห้องตัวอย่างจะสำรวจในสภาพอากาศเดียวกัน เวลาเดียวกันและสถานที่บริเวณเดียวกันภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏจันเกษม โดยใช้เครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (Data Logger) พร้อมติดตั้งสายวัดอุณหภูมิที่บริเวณผิวผนังภายใน ผิวผนังภายนอก อุณหภูมิภายในห้อง

และความเข้มของแสงอาทิตย์ การสำรวจข้อมูลใช้ระยะเวลา 7 วันแบบต่อเนื่องเพื่อความน่าเชื่อถือของค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้ ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การติดตั้งเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ สายวัดอุณหภูมิและความเข้มของแสงอาทิตย์

การวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิที่สำรวจได้จากห้องตัวอย่างจำลองทั้ง 3 ห้องตัวอย่าง เป็นข้อมูลที่สำรวจในระยะเวลา 7 วันแบบต่อเนื่องซึ่งมีค่าเท่ากับ 10,080 ชั่วโมง การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องตัวอย่างจำลองระหว่าง อิฐบล็อกแบบปกติ อิฐบล็อกที่ใส่อีพีเอสโฟมและปูนฉาบที่ผสมอีพีเอสโฟม การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของอิฐบล็อกที่ใส่อีพีเอสโฟมและปูนฉาบที่ผสมอีพีเอสโฟม และสรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองและอภิปราย

การทดสอบหาสัดส่วนผสมปูนฉาบกับอีพีเอสโฟมที่เหมาะสมสามารถใช้งานได้จริง โดยกำหนดสัดส่วนทั้งหมด 4 ตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบสัดส่วนการผสมปูนฉาบกับอีพีเอสโฟมสำหรับทดสอบการใช้งานจริง

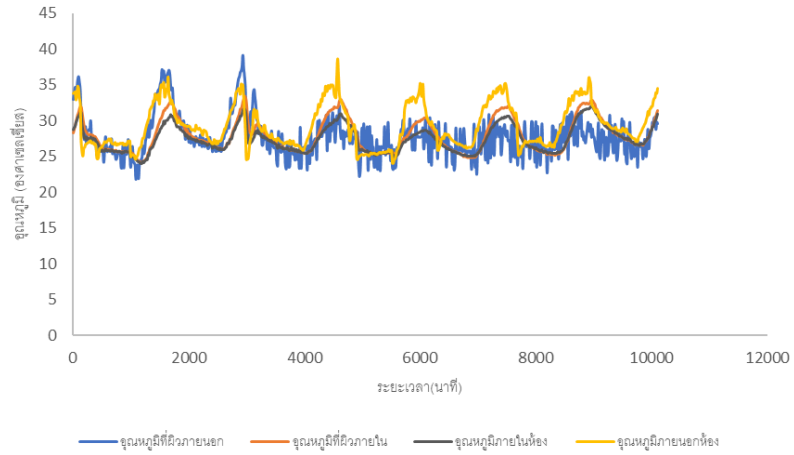
	ปูนซีเมนต์ (กรัม)	น้ำ (กรัม)	ทราย (กรัม)	อีพีเอสโฟม(กรัม)
ตัวอย่างที่ 1	400	200	600	5
ตัวอย่างที่ 2	600	300	200	9.7
ตัวอย่างที่ 3	600	310	0	11
ตัวอย่างที่ 4	200	195	450	8

จากการทดลองพบว่า สัดส่วนตัวอย่างที่ 4 ที่มีสัดส่วนปูนซีเมนต์ต่อน้ำต่อทรายต่ออีพีเอสโฟม คือ 1ต่อ 0.975 ต่อ 2.25 ต่อ 0.04 โดยน้ำหนักมีความเหมาะสมและประหยัดต้นทุนที่สุด และสะดวกต่อการทำงานมากกว่า ตัวอย่างที่ 1 2 และ 3 เนื่องจากตัวอย่างที่ 1 พบว่าปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมจะมากกว่าสัดส่วนผสมการฉาบแบบปกติ จากสัดส่วนปูนซีเมนต์จาก 1 ส่วนเป็น 2 ส่วน ซึ่งจึงเห็นได้ชัดเจนว่ามีต้นทุนเพิ่มขึ้นมาเท่าตัว และตัวอย่างที่ 2 นั้น สัดส่วนก็จะเห็นได้ว่า ปูนซีเมนต์มีการเพิ่มขึ้นมาอีก 1 ส่วน แต่ข้อดีนั้นสามารถลดปริมาณทรายลงได้ จากนั้นใช้อีพีเอสโฟมแทนที่ปริมาณทรายที่ลดลง และตัวอย่างที่ 3 ได้ลดปริมาณทรายเป็นศูนย์และเพิ่มอีพีเอสโฟมมากขึ้น แต่สิ่งที่พบคือสัดส่วนปูนซีเมนต์ที่ใส่ลงไป 1 ส่วนนั้นจะไม่สามารถจับตัวเนื้อปูนฉาบได้ จึงต้องใส่ปริมาณปูนซีเมนต์เพิ่มขึ้น ดังนั้นสัดส่วนของปูนนั้นเพิ่มมากขึ้นนี้ เนื้อปูนฉาบจึงสามารถฉาบติดใช้งานได้จริง แต่มีข้อเสียที่ยังไม่สามารถขัดให้ผิวเรียบได้เนื่องจากอีพีเอสโฟมหลุดออกจากผิวได้เพราะโฟมมีขนาดใหญ่ไม่ละเอียดดังนั้นจึงนำอีพีเอสโฟมมาร่อนผ่านตระแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 เพื่อให้ได้อีพีเอสโฟมที่มีมวลละเอียดขึ้นเพื่อสามารถนำไปฉาบได้ และตัวอย่างที่ 4 จึงนำอีพีเอสโฟมที่ร่อนแล้วมาผสมและลดปริมาณอีพีเอสโฟมลงและกำหนดสัดส่วน คือ ปูน 1 ส่วน ทราย 2.25 ส่วน น้ำ 0.975 ส่วน เมื่อผสมเนื้อปูนฉาบก็สามารถที่จะใช้งานได้จริง ข้อควรระวังขณะใส่อีพีเอสโฟมในการผสมปูนฉาบควรค่อย ๆ ใส่อัตราส่วนอีพีเอสโฟมจากน้อยไปมากเพื่อประสิทธิภาพในการยึดเกาะของปูนฉาบที่ดีมากขึ้น

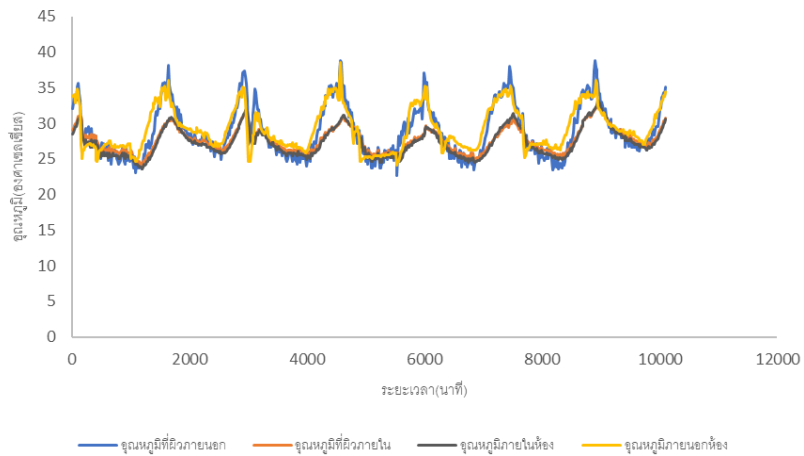


ภาพที่ 6 ตัวอย่างลักษณะปูนฉาบผสมอีพีเอสโฟมที่สร้างขึ้นในงานวิจัย

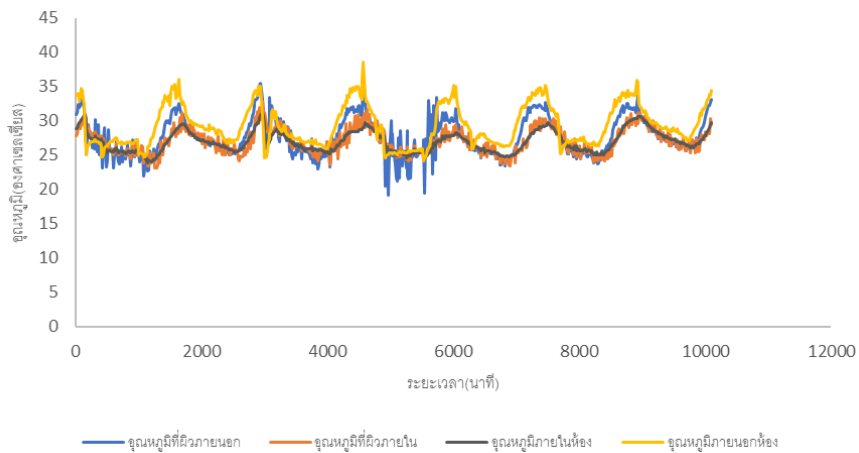
การเปรียบเทียบความสามารถกันความร้อนของอิฐบล็อกและปูนฉาบที่ผสมอีพีเอสโฟมที่ใช้แล้ว จากผลการทดลอง สามารถแสดงข้อมูลการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับห้องตัวอย่างจำลองและค่าความเข้มแสงอาทิตย์ ดังแสดงในภาพที่ 7-11 และตารางที่ 2



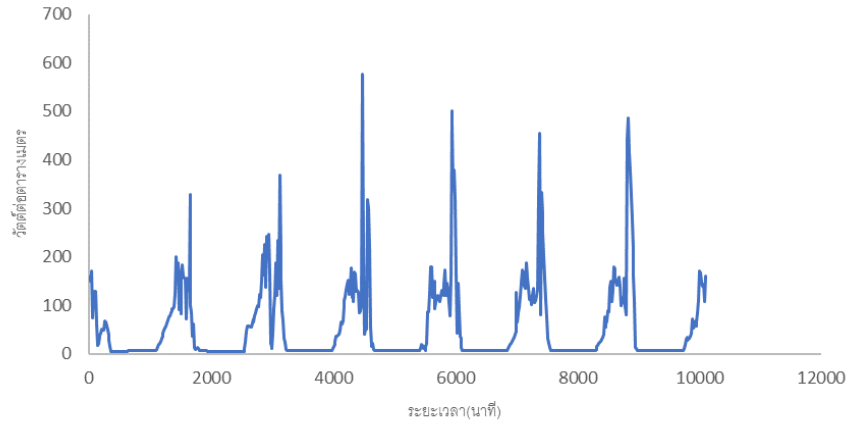
ภาพที่ 7 เปรียบเทียบอุณหภูมิห้องตัวอย่าง โดยอิฐบล็อกแบบปกติกับปูนฉาบแบบปกติ



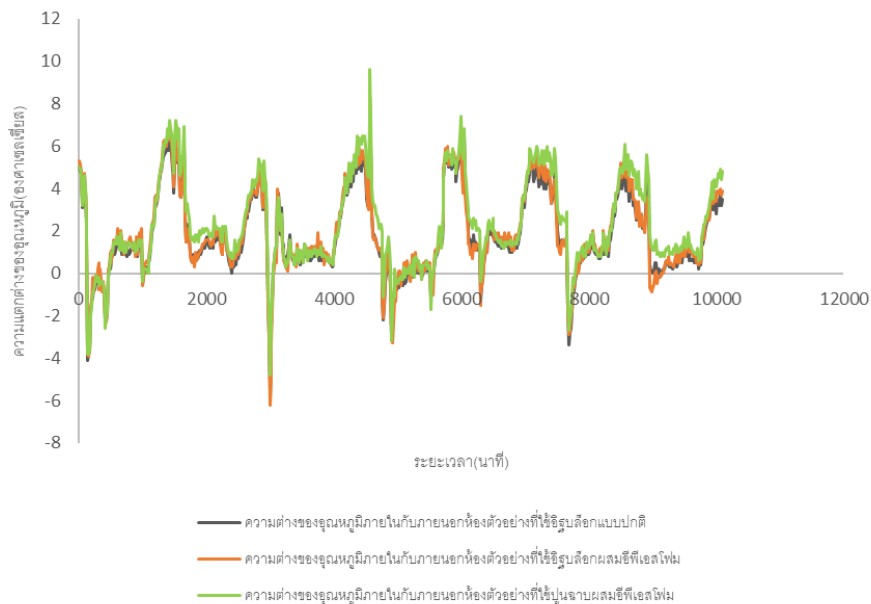
ภาพที่ 8 เปรียบเทียบอุณหภูมิห้องตัวอย่าง โดยอิฐบล็อกผสมซีพีเอสโฟมกับปูนฉาบแบบปกติ



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบอุณหภูมิห้องตัวอย่าง โดยอิฐบล็อกแบบปกติกับปูนฉาบผสมซีพีเอสโฟม



ภาพที่ 10 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ตลอดระยะเวลาที่สำรวจข้อมูล



ภาพที่ 11 เปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกับภายนอกห้องตัวอย่างทั้ง 3 ห้องตัวอย่าง

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าความแตกต่างอุณหภูมิภายในกับภายนอกห้องตัวอย่างสูงสุดและเฉลี่ยของ 3 ห้องตัวอย่าง

	อีรูบลีอก แบบปกติ	อีรูบลีอกผสม อีพีเอสไฟม	ปูนฉาบผสม อีพีเอสไฟม
ค่าเฉลี่ย(องศาเซลเซียส)	1.77	1.93	2.28
ค่าสูงสุด(องศาเซลเซียส)	6.70	8.30	9.60

จากการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิที่เกิดภายในห้องตัวอย่าง พบว่า ห้องตัวอย่างที่ใช้วัสดุบล็อกแบบปกติและปูนฉาบแบบปกติ มีอุณหภูมิภายในห้องตัวอย่างตลอดระยะเวลาการสำรวจข้อมูลสูงที่สุด รองลงมา คือ ห้องตัวอย่างที่ใช้วัสดุบล็อกที่ผสมอีพีเอสโฟมกับปูนฉาบแบบปกติ และห้องตัวอย่างที่ใช้วัสดุบล็อกแบบปกติกับปูนฉาบที่ผสมอีพีเอสโฟมมีอุณหภูมิภายในห้องตัวอย่างต่ำที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกับภายนอกห้องตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ห้องตัวอย่างที่ใช้ปูนฉาบผสมอีพีเอสโฟมมีค่าความแตกต่างสูงสุดเท่ากับ 9.6 องศาเซลเซียส และมีค่าเฉลี่ยของค่าความแตกต่างเท่ากับ 2.28 องศาเซลเซียส นั้นแสดงให้เห็นว่าการผสมอีพีเอสโฟมในปูนฉาบสามารถช่วยลดอุณหภูมิภายในห้องตัวอย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด และห้องตัวอย่างที่ใช้วัสดุบล็อกผสมอีพีเอสโฟมมีค่าความแตกต่างสูงสุดเท่ากับ 8.30 องศาเซลเซียส และมีค่าเฉลี่ยของค่าความแตกต่างเท่ากับ 1.93 องศาเซลเซียส ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิภายในห้องตัวอย่างได้ดีเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 ตัวอย่างกับห้องตัวอย่างที่ใช้วัสดุบล็อกแบบปกติก็แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนถ่ายเทเข้าสู่ภายในห้องตัวอย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลและเสนอแนะ

สรุปผลการทดลองในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าอีพีเอสโฟมมีประสิทธิภาพที่สามารถนำไปใช้ในการทำเป็นฉนวนกันความร้อนโดยผสมกับวัสดุบล็อกและปูนฉาบเพื่องานก่อสร้างอาคาร โดยเฉพาะในช่วงเวลากลางวันที่มีแสงอาทิตย์ การเลือกใช้ปูนฉาบผสมอีพีเอสโฟมจะต้องมีสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อการใช้งานได้จริงและมีต้นทุนที่เหมาะสม โดยสัดส่วนที่เหมาะสมกับปูนฉาบผสมอีพีเอสโฟม คือ 1 ต่อ 0.975 ต่อ 2.25 ต่อ 0.04 โดยน้ำหนัก ห้องตัวอย่างจำลองที่ใช้วัสดุบล็อกผสมอีพีเอสโฟมและปูนฉาบผสมอีพีเอสโฟม มีอุณหภูมิภายในห้องตัวอย่างที่ต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกห้องตัวอย่างและเมื่อเทียบกับห้องตัวอย่างที่ใช้วัสดุบล็อกแบบปกติก็มีอุณหภูมิภายในห้องก็ยังมีประสิทธิภาพที่ลดความร้อนภายในห้องที่ดีกว่า จากการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิที่สำรวจได้ตลอดระยะเวลา 7 วันแบบต่อเนื่องให้ผลที่เป็นในทิศทางเดียวกัน ค่าความแตกต่างสูงสุดของอุณหภูมิภายในกับภายนอกห้องตัวอย่างสูงสุด คือ 9.6 องศาเซลเซียส 8.3 องศาเซลเซียส และ 6.70 องศาเซลเซียส โดยห้องตัวอย่างที่ใช้ปูนฉาบผสมอีพีเอสโฟม ห้องตัวอย่างที่ใช้วัสดุบล็อกผสมอีพีเอสโฟมและห้องตัวอย่างที่ใช้วัสดุบล็อกแบบปกติ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกับภายนอกห้องตัวอย่างซึ่งเป็นการประเมินภาพโดยรวมตลอด 24 ชั่วโมง มีค่าที่วิเคราะห์เท่ากับ 2.28 องศาเซลเซียส 1.93 องศาเซลเซียสและ 1.77 องศาเซลเซียส โดยห้องตัวอย่างที่ใช้ปูนฉาบผสมอีพีเอสโฟม ห้องตัวอย่างที่ใช้วัสดุบล็อกผสมอีพีเอสโฟมและห้องตัวอย่างที่ใช้วัสดุบล็อกแบบปกติ ตามลำดับ การเลือกใช้อีพีเอสโฟมผสมในวัสดุบล็อกและปูนฉาบเพื่อก่อสร้างอาคารจะสามารถช่วยลดความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและเป็นการช่วยกำจัดขยะอีพีเอสโฟมที่ใช้แล้วที่เป็นวิธีการกำจัดที่ต้นทุนต่ำและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การพัฒนาวัสดุบล็อกและปูนฉาบในอนาคตสามารถต่อยอดในเชิงพาณิชย์เพื่อการผลิตวัสดุก่อสร้างอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม รวมทั้งยังสามารถนำไปใช้ในชุมชนโดยคนในพื้นที่ชุมชนสามารถที่จะผลิตได้ด้วยตัวเอง

เอกสารอ้างอิง

- Batard, A., Yrieix, B., Flandin, L., & Duforestel, T. (2018). Prediction method of the long-term thermal performance of Vacuum Insulation Panels installed in building thermal insulation applications. *Energy & Buildings*, 178, 1-10.
- Bechki, D., Bouguettaia, H., Nadir, N., & Boughali, S. (2019). Use of a new agricultural product as thermal insulation for solar Collector. *Renewable Energy*, 134, 569-578.
- Bjegovic, D., Milicevic, I., & Siddique, R. (2015). Experimental research of concrete floor blocks with crushed bricksand tiles aggregate. *Construction and Building Materials*, 94, 775-778.
- Kheir, A., Bouari, A. E., Gounni, A., Wazna, M. E., Mabrouk, M. T., Alami, M. E., & Cherkaoui, O. (2019). Thermal and economic evaluation of new insulation materials for buildingenvelope based on textile waste. *Applied Thermal Engineering*, 149, 475-483.
- Ling, T. C., Mo, K. H., & Meng, Y. (2018). Recycling of wastes for value-added applications in concrete blocks: An Overview. *Resources Conservation & Recycling*, 138, 298-312.
- Ratanachotinun, J., & Pairojn, P. (2020). Assessment of the Feasibility of Autoclaved Aerated Concrete with Perforation in Thailand. *Journal of Applied Science and Engineering*, 23(2), 249-259.
- Tu, A., Chen, C., Lehman, D. E., & Guo, Z. (2018). Mechanical properties, durability, and life-cycle assessment of concrete building blocks incorporating recycled concrete aggregates. *Journal of Cleaner Production*, 139, 136-149.
- Zhan, B. J., Shi, C. J., Poon, C. S., & Xuan, D. X. (2016). Effect of curing parameters on CO₂ curing of concrete blocks containing recycled aggregates. *Cement and Concrete Composites*, 71,122-130.

การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเหลือทิ้ง Study of Biogas Production from Waste Banana Peel

นเรศ ใหญ่วงศ์^{1*}, จรัญ คนแรง², วิลาสินี ศรีสุวรรณ³, ปราณต์ เมฆอากาศ⁴

สาขาวิศวกรรมพลังงานและเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่^{1,2,3,4}

*Corresponding author: E-mail: naret.yai@crru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเหลือทิ้ง โดยกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ในถังหมัก ขนาด 100 ลิตร จำนวน 2 ถัง และศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างเปลือกกล้วยน้ำว้าและมูลวัวที่ 1:1 2:1 และ 3:1 จะใช้เวลาในการหมักระยะเวลา 15 วัน โดยทำการกวนหลังจากเก็บผลการทดลองทุกวัน ใช้เวลา 2 นาที จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนผสมระหว่างเปลือกกล้วยน้ำว้าและมูลวัวเหมาะสมในการหมักก๊าซชีวภาพ และได้ปริมาณก๊าซชีวภาพสูงสุด คือ อัตราส่วนที่ 3:1 ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 89.78 ลิตร มีปริมาณก๊าซ มีเทน เท่ากับ 15 (Lower Explosive limit, LEL) รองลงมาอัตราส่วนที่ 2:1 ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 62.80 ลิตร มีปริมาณก๊าซมีเทน เท่ากับ 12 LEL และอัตราส่วนที่ได้ก๊าซชีวภาพน้อยสุดคืออัตราส่วนที่ 1:1 ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 49.55 ลิตร มีปริมาณก๊าซมีเทน เท่ากับ 8 LEL ตามลำดับ ปริมาตรก๊าซชีวภาพสามารถเกิดขึ้นได้สูงสุดในช่วง 5 วันแรกของการหมัก หลังจากนั้นจะลดลงตามระยะเวลา เมื่อทำการทดสอบจุดไฟ จะเห็นเปลวไฟสีฟ้า ทำให้สามารถพัฒนาต่อยอดโดยนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการปิ้งกล้วย ทำให้ลดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงได้

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ; เปลือกกล้วยน้ำว้าเหลือทิ้ง

Abstract

This research studied the biogas production from cultivated banana by anaerobic digestion process with 2 tanks of 100 litres size, and mass ratio 1:1, 2:1 and 3:1 of cultivated banana: cattle dung. Fermentation condition time of this process are 15 days and 2 mins stirring every day. The experimental results found that maximum volume of biogas and methane were 89.78 liter and 15 (Lower Explosive limit, LEL), respectively at ratio of 3:1. Secondly, 62.80 litres of biogas and 12 LEL of methane were obtained at mass ratio 2:1. Finally, 49.55 litres of biogas and 8 LEL of methane were obtained at mass ratio 1:1. The maximum volume of biogas was obtained on the 5 day and it was decreased on the 6 day. In addition, the color of biogas flame was blue, therefore it can apply to use as gas fuel for grilling banana which can reduce cost of gas fuel.

Keywords: Biogas; Cultivated Banana Waste

บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิต ประชากรมีจำนวนมากขึ้นความต้องการพลังงานก็เพิ่มขึ้น ภาครัฐได้มีนโยบายในการลดการใช้พลังงานในทุกภาคส่วน เพื่อลดการพึ่งพาด้านพลังงานจากต่างประเทศ และ สนับสนุนการผลิตพลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะพลังงาน หมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ไบโอดีเซล ก๊าซโซฮอลล์ และก๊าซชีวภาพ เป็นต้น สำหรับก๊าซชีวภาพสามารถผลิตได้จากของเสียที่เป็น อินทรีย์สารต่างๆ ซึ่งเป็นวิธีการที่นอกจากได้พลังงานมาใช้แล้วยังเป็นการจัดการของเสีย เพื่อช่วยลดผลกระทบ ดังกล่าว

ธุรกิจการจำหน่ายกล้วยปิ้งกำลังเป็นที่นิยมในฤดูหนาวของจังหวัดเชียงรายเพื่อรองรับนักท่องเที่ยว ทำให้เกิดเปลือกกล้วยน้ำว้าเหลือทิ้งจำนวนมาก ส่งกลิ่นเหม็น และสร้างปัญหาให้กับผู้ประกอบการเพื่อแก้ไข ปัญหาดังกล่าว ควรมีการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม และลดปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น โดยนำเปลือกกล้วยน้ำว้ามา ใช้ผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ เพื่อลดต้นทุนในการการผลิต ซึ่งปัจจุบันมีการจัดการเศษผลไม้ เศษผัก (Rene & Gunnar, 2007) และเปลือกสับปะรด (ชลิตา แก้วบุตรดี, 2548) ร่วมกับมูลวัวมาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพในถัง ปฏิกรณ์แบบไม่ใช้อากาศ (ชินพงศ์ วงศ์ใน และ ภาวินี ชัยประเสริฐ, 2549)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษากการผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเหลือทิ้ง โดย กระบวนการหมักแบบไร้อากาศในถังหมักขนาด 100 ลิตร จำนวน 2 ถัง จากนั้นทำการหมัก เปลือกกล้วยน้ำว้า และมูลวัว ในอัตราส่วนผสม 1:1 2:1 และ 3:1 โดยใช้เวลาในการหมักระยะเวลา 15 วัน เพื่อหาความเป็นไปได้ใน การนำก๊าซชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเหลือทิ้งเพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง (อัญชณา อุประกุล และจรัญ คนแรง , 2559) ในการปิ้งกล้วย สามารถจัดการปัญหาการจัดการของเสีย และลดต้นทุนในการจำหน่ายกล้วยปิ้งได้

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

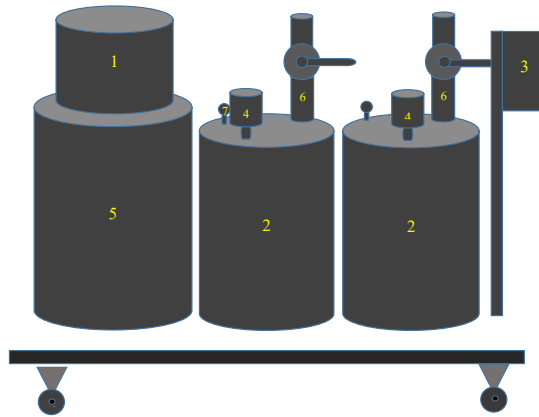
อุปกรณ์

1. เครื่องวัดปริมาณก๊าซมีเทน Triple Plus + สำหรับการวัดก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในหน่วย Lower Lower Explosive Limit (LEL) ซึ่ง LEL คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของสารไวไฟ (Flammable Gas or Material) หรือส่วนที่เป็นไอระเหยชั้นต่ำผสมอยู่ในอากาศ จนมีส่วนผสมที่เหมาะสมทำให้เกิดสภาพจุดติดไฟหรือระเบิดได้ (Explosive mixture) หากมีปริมาณเปอร์เซ็นต์ของสารไวไฟหรือส่วนที่เป็นไอระเหยเจือปนในอากาศเข้มข้นหรือ ปริมาณต่ำกว่าค่านี้ ก็จะไม่ก่อให้เกิดการจุดติดไฟหรือระเบิดสำหรับมีเทนในภาวะอุณหภูมิห้องปกติก๊าซมีเทนที่มี ส่วนผสมในอากาศ 5% โดยปริมาตร (Lower Explosive limit, LEL) ถึง 15% (Upper Explosive Limit, UEL) จะสามารถติดไฟและระเบิดได้ถ้ามีประกายไฟ
2. ตลับเมตร สำหรับวัดความสูงของถังเก็บก๊าซชีวภาพ เพื่อนำค่าความสูงของก๊าซที่เกิดขึ้นมาคำนวณหา ปริมาณก๊าซชีวภาพ จากสมการ

$$V = \pi r^2 h \quad (1)$$

เมื่อ	V	คือ	ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ (m ³)
	R	คือ	รัศมีของถังครอบลอย (m)
	H	คือ	ความสูงของถังเก็บก๊าซชีวภาพที่อยู่เหนือน้ำ

3. เครื่องชั่งน้ำหนัก สำหรับการชั่งน้ำหนักของเปลือกกล้วย และมูลวัว
4. ชุดถังหมักก๊าซชีวภาพ



ภาพที่ 1 แสดงชุดถังหมักก๊าซชีวภาพ

จากภาพที่ 1 แสดงส่วนประกอบของถังหมักก๊าซชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วยดังนี้

- 1) ถังเก็บก๊าซชีวภาพ ขนาด 150 ลิตร จำนวน 1 ถัง
- 2) ถังหมักก๊าซชีวภาพขนาด 100 ลิตร จำนวน 2 ถัง
- 3) ตู้ควบคุมชุดมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับการกวนถังหมัก
- 4) มอเตอร์
- 5) ถังเก็บน้ำ จำนวน 1 ถัง
- 6) ท่อเติมวัตถุดิบแบบวาล์วเปิด/ปิด
- 7) เกจวัดแรงดันก๊าซชีวภาพ

วิธีการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว่าเหลือทิ้ง
2. การสร้างชุดผลิตก๊าซชีวภาพจากสิ่งของเหลือทิ้งจากการผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว่า โดยใช้ถังหมักขนาด 100 ลิตร จำนวน 2 ถัง และถังเก็บแก๊สชีวภาพ ขนาด 150 ลิตร จำนวน 1 ถัง พร้อมติดตั้งมอเตอร์สำหรับการกวนในถังหมัก
3. ทำการทดลองการผลิตก๊าซชีวภาพจะเปลือกกล้วยน้ำว่า โดยชั่งน้ำหนักเปลือกกล้วยและมูลวัว ตามอัตราส่วนที่หมัก 1:1, 2:1 และ 3:1 จะใช้เวลาในการหมักระยะเวลา 15 วัน ทำการกวนหลังจากเก็บผลการทดลองทุกวันใช้เวลา 2 นาที งานวิจัยได้ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ จำนวน 9 การทดลอง
4. ทำการวัดความสูงของถังเก็บก๊าซชีวภาพเพื่อคำนวณปริมาณก๊าซชีวภาพ และวัดปริมาณก๊าซมีเทน
5. ทำการทดสอบการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพ
6. ทำการวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการศึกษารายงาน

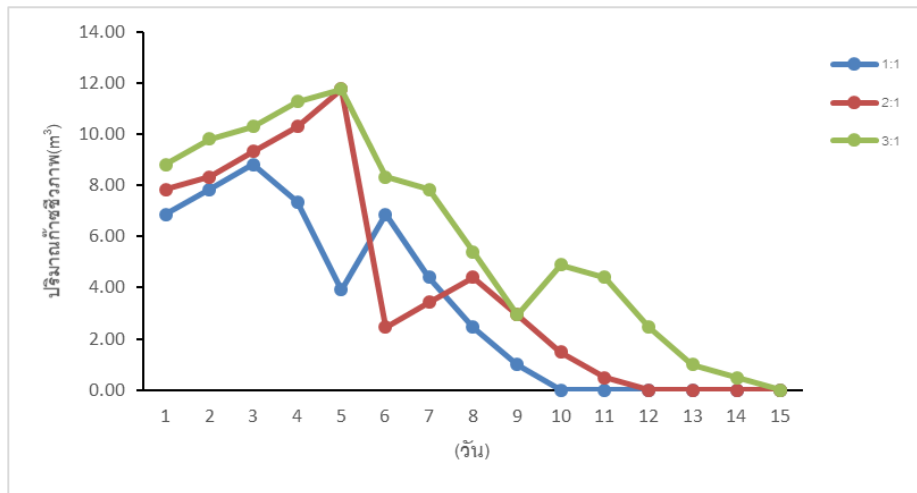
ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้า และการเปรียบเทียบผลการทดลองอัตราส่วนการหมักระหว่างเปลือกกล้วย และมูลวัว ซึ่งผลการศึกษานี้สามารถแสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพ และปริมาณก๊าซมีเทนจากการหมักเปลือกกล้วยน้ำว้า และมูลวัวที่อัตราส่วนต่าง ๆ

วัน	ปริมาณก๊าซชีวภาพ (ลิตร)			ปริมาตรก๊าซมีเทน (LEL)		
	1:1	2:1	3:1	1:1	2:1	3:1
1	6.87	7.85	8.83	0	0	2
2	7.85	8.34	9.81	1	1	2
3	8.83	9.32	10.30	1	1	4
4	7.36	10.30	11.28	2	3	4
5	3.93	11.78	11.78	4	4	4
6	6.87	2.45	8.34	4	6	6
7	4.42	3.43	7.85	6	8	7
8	2.45	4.42	5.40	8	8	9
9	0.98	2.94	2.94	8	10	9
10	0.00	1.47	4.91	0	12	11
11	0.00	0.49	4.42	0	12	12
12	0.00	0.00	2.45	0	0	14
13	0.00	0.00	0.98	0	0	14
14	0.00	0.00	0.49	0	0	15
15	0.00	0.00	0.00	0	0	0
รวมทั้งหมด	49.55	62.80	89.78	-	-	-

จากตารางที่ 1 พบว่า การเกิดปริมาณก๊าซชีวภาพในอัตราส่วน 3:1 มากที่สุด เท่ากับ 89.78 ลิตร รองลงมาอัตราส่วน 2:1 เท่ากับ 62.80 ลิตร และอัตราส่วน 1:1 เท่ากับ 49.55 ลิตร ตามลำดับ



ภาพที่ 2 แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละอัตราส่วน

จากภาพที่ 2 พบว่า แนวโน้มของปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จะเกิดขึ้นมาก เมื่อใช้เปลือกกล้วยน้ำว้าในอัตราส่วนที่มากกว่ามูลวัว ดังนั้น การหมักก๊าซชีวภาพในระยะเวลา 15 วัน โดยการผสมเปลือกกล้วยน้ำว้าในอัตราส่วนที่มากกว่ามูลวัว จะส่งผลให้เกิดปริมาณก๊าซชีวภาพมากกว่าการหมักเฉพาะมูลวัว ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาเปลือกกล้วยเหลือทิ้ง มาใช้เป็นเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพได้

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากสิ่งของเหลือทิ้งจากการผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้า โดยใช้ถังหมักขนาด 100 ลิตร จำนวน 2 ถัง และถังเก็บแก๊สชีวภาพขนาด 150 ลิตร จำนวน 1 ถัง และทำการกวนวันละ 1 ครั้งประมาณ 2 นาที โดยศึกษาอัตราการผลิตของเปลือกกล้วยน้ำว้าร่วมกับมูลวัวที่อัตราส่วน 1:1 2:1 และ 3:1 พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการหมักก๊าซชีวภาพ และได้ปริมาณก๊าซชีวภาพสูงสุด คืออัตราส่วนเปลือกกล้วยน้ำว้าต่อมูลวัวที่ 3:1 ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 89.78 ลิตร มีปริมาณก๊าซมีเทน เท่ากับ 15 LEL รองลงมาอัตราส่วนเปลือกกล้วยน้ำว้าต่อมูลวัวที่ 2:1 ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 62.80 ลิตร มีปริมาณก๊าซ มีเทน เท่ากับ 12 LEL และอัตราส่วนที่ได้ก๊าซชีวภาพน้อยสุดคืออัตราส่วนเปลือกกล้วยน้ำว้าต่อมูลวัวที่ 1:1 ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 49.55 ลิตร มีปริมาณก๊าซ มีเทน เท่ากับ 8 LEL ตามลำดับ ปริมาณก๊าซชีวภาพจะเกิดมากที่สุดในช่วง 5 วันแรกของการหมัก หลังจากนั้นจะลดลงตามระยะเวลาจนหมด ก๊าซชีวภาพที่ได้สามารถจุดไฟได้มีเปลวไฟสีฟ้า

จากการนำเปลือกกล้วยน้ำว้าเหลือทิ้งจากการแปรรูปกล้วยน้ำว้าของผู้ประกอบการกล้วยบั้งในจังหวัดเชียงราย มาหมักร่วมกับมูลวัว สามารถทำให้เกิดก๊าซชีวภาพได้ เนื่องจากมูลวัวเป็นสารตั้งต้นในการเกิดก๊าซชีวภาพ ก๊าซมีเทนจะมีปริมาณมากขึ้นหลังจากเกิดก๊าซประมาณ 5-10 วัน และหลังจากนั้นจะค่อยๆลดลง ควรทำการเปลี่ยนถ่ายวัตถุดิบทุก 10 วัน สามารถนำก๊าซชีวภาพที่ได้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในบั้งกล้วยได้ ทำให้ลดต้นทุนการจำหน่ายกล้วยบั้งได้

การพัฒนาปรับปรุงรูปแบบถังให้มีการเติมวัตถุดิบให้ต่อเนื่อง และเพิ่มขนาดถังให้เพียงพอกับการใช้งานก๊าซชีวภาพในแต่ละวัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และเครื่องวัดในการดำเนินงานวิจัย และร้านกล้วยปิ้งถึงสำราญ ที่ให้ความอนุเคราะห์เปลือกกล้วยน้ำว่าในการศึกษาวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. (2552). *การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการเลี้ยงโค-กระบือ*.
- จักรพันธ์ เหมือนใจ. (2553). *การผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยการย่อยสลายร่วมกับหญ้าเนเปียร์ และเศษอาหารโดยถังปฏิกรณ์เอเอสบีอาร์*. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชินพงศ์ วังใน และภาวิณี ชัยประเสริฐ. (2549). *การประยุกต์ใช้ถังปฏิกรณ์ไม่ใช้อากาศแบบลูกผสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพและการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสก๊อตปาล์ม*. หน่วยปฏิบัติการวิจัยและพัฒนาวิศวกรรมชีวเคมีและโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ชลิตา แก้วบุตรดี. (2548). *การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักเปลือกสับปะรด*. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุธีรา สุนทรารักษ์. (2553). *การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร*. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48* (หน้า 173-180). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อัษฎณา อุประกุล และ จริญญา คนแรง. (2559). *การผลิตก๊าซชีวภาพจากสิ่งของเหลือทิ้งจากการผลิตสับปะรดอบแห้ง ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย*. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.
- Thongburuang, P. (2005). *Solid Waste Management of Tourist Resorts Case Study: Romfa Thai Village, Tubtao Subdistrict, Changrai Province* [Master's thesis]. Mahidol University.
- Rene, A., & Gunnar, L. (2007). Semi-continuous co-digestion of solid slaughterhouse waste, manure, and fruit and vegetable waste. *Renewable Energy*, 33(4), 726-734
- Wang, M., Sun, X., Li, P., Yin, L., Liu, D., Zhang, Y., Li, W., & Zheng, G. (2014). A novel alternate feeding mode for semi-continuous anaerobic co-digestion of food waste with chickenmanure. *Bioresource Technology*, 164, 309-314.

การจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder : กรณีศึกษาอาคาร
ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

Fire Evacuation Simulation Using Pathfinder Program: Case Study the Automotive
Manufacturing Building.

บุญธรรม ไกรเทพ¹ สุภัทร พัฒน์วิชัยชาติ 2

สาขาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม¹

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์²

199 หมู่ที่ 6 ถนน สุขุมวิท ตำบลทุ่งสุขลา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230

*Corresponding author: E-mail : puncharad.k@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการจำลองการอพยพหนีไฟในอาคารผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ด้วยโปรแกรม Pathfinder มีจำนวนผู้ใช้อาคารทั้งหมดจำนวน 1,304 คน แบ่งเป็นเพศชายคิดเป็นร้อยละ 84.74 เพอร์เซ็นต์ และเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 15.26 เพอร์เซ็นต์ มีประตูทางออกหลักทั้งหมดจำนวน 12 ประตู การตั้งค่าโปรแกรม Pathfinder จะใช้พารามิเตอร์ของพฤติกรรมเป็นแบบโหมด Steering ในทุกกรณีศึกษา จากนั้นได้กำหนดให้ผู้ใช้อาคารอพยพไปยังจุดรวมพลของบริษัท ซึ่งมีอยู่ 1 จุด โดยการจำลองสถานการณ์มีทั้งหมด 3 กรณี ดังนี้ กรณีศึกษาที่ 1 จำลองให้เกิดเพลิงไหม้เครื่องจักรบริเวณ Line Spot yaris/camry ผู้ใช้อาคารอพยพออกจากอาคารพร้อมกัน และประตูทางออกภายในอาคารสามารถใช้งานได้ปกติ กรณีศึกษาที่ 2 จำลองให้เกิดเพลิงไหม้สารเคมีในห้อง Chemical room ผู้ใช้อาคารอพยพออกจากอาคารพร้อมกัน และประตูทางออกภายในอาคารประตูที่ 12 ไม่สามารถใช้งานได้ และกรณีศึกษาที่ 3 จำลองให้เกิดเพลิงไหม้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรภายในห้อง MDB 2 และประตูทางออกภายในอาคารประตูที่ 10 ไม่สามารถใช้งานได้ ผลการจำลองพบว่า กรณีที่ 1 ใช้เวลา 289.7 วินาที กรณีที่ 2 ใช้เวลา 327.7 วินาที และกรณีที่ 3 ใช้เวลา 301.3 วินาที ในกรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 ใช้ระยะเวลาเกิน 300 วินาที ไม่สอดคล้องตามที่กฎหมายกำหนด จึงได้มีการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่พบ กำหนดจุดรวมพลเพิ่มอีก 1 จุด บริเวณลานถนนพื้นที่ด้านข้างอาคารกระบวนการผลิต ผลการจำลองพบว่า การปรับปรุงดังกล่าวสามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพได้ ผู้ใช้อาคารอพยพออกจากอาคารกระบวนการผลิตไปยังจุดรวมพลอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด (น้อยกว่า 300 วินาที) ทั้ง 3 กรณี

คำสำคัญ : การจำลองอพยพหนีไฟ; จุดรวมพล; โปรแกรม Pathfinder

Abstract

This research was established to simulate the fire evacuation in the building of automotive manufacturing by using Pathfinder program. There are 1,304 occupants in the building, 84.74 percent male and 15.26 percent female. All 12 main exit doors. Pathfinder program settings use steering-mode behavior parameters in all case studies. Then, the occupants of the building were evacuated to the company's assembly point, which has 1 point by simulating a total of 3 cases as follows: Case 1 simulates a machine fire in the Line Spot yaris/camry area where the building occupants are evacuated from the building at the same time. and exit doors inside the building can be used normally. Case 2 simulates a chemical fire in the chemical room. Building occupants evacuated from the building at the same time. and the exit door inside No.12 building cannot be used. And Case Study 3 simulates a fire that caused a short circuit in MDB 2 room that resulted in a fire in MDB 2 room near Line RG01. There are many employees working in the building and the exit door inside No. 10 building cannot be used. The simulation results showed that in Case 1 by making time 289.7 seconds, Case 2 by making time 327.7 seconds, and Case 3 by making time 301.3 seconds. In Case 2 and Case 3 takes more than 300 seconds, over specified by law. Therefore, improvements have been made to fix the problems found. An additional assembly point 1 point at the road yard, the area beside the production process building. The simulation results showed that such improvements could reduce the time it takes to evacuate, the evacuation times were within the law's regulation time (less than 300 seconds). In all 3 cases.

Keywords: Fire Evacuation; Assembly point; Pathfinder program

บทนำ

อาคารผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ มีความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยทั้งการทำงานของระบบเครื่องจักรขัดข้อง ระบบไฟฟ้าขัดข้อง การจัดเก็บของสารเคมี ความประมาทของพนักงานและเหตุการณ์ที่เกิดจากภัยธรรมชาติ เป็นต้น ซึ่งนำไปสู่การเกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน โดยในกรณีเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้นั้น ขั้นตอนการอพยพหนีไฟเป็นสิ่งสำคัญ และมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการที่จะนำพาผู้อพยพออกจากตัวอาคารไปสู่พื้นที่รวมพลหรือพื้นที่ปลอดภัยจำเป็นต้องมีขั้นตอนการปฏิบัติที่ชัดเจนและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ (พันธุ์วิสุกานต์ พิธีรัตน์, 2558, น. 1) และการอพยพหนีไฟออกจากอาคาร ได้อย่างถูกต้องปลอดภัย จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและสำคัญในการที่จะนำพาผู้อพยพออกจากตัวอาคารไปสู่พื้นที่รวมพลหรือพื้นที่ปลอดภัยให้เร็วที่สุด และใช้เวลาไม่เกิน 5 นาทีตามที่กำหนดในกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2555 (กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย, 2555, น. 26)

อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคาร 2 ชั้น ชั้นที่ 1 เป็นอาคารสำหรับฝ่ายผลิต และชั้นที่ 2 ลักษณะเป็นชั้นลอยสำหรับเป็นสำนักงานฝ่ายผลิต มีลักษณะการใช้สอยพื้นที่ภายในอาคารเป็นสถานที่ผลิตสินค้า และงานสำนักงานโดยอาคารมีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทั้งหมด 18,317 ตารางเมตร ซึ่งจัดเป็นอาคารขนาดใหญ่พิเศษตามกฎหมายกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 (กระทรวงฉบับที่ 33, 2535, น. 1) โดยพื้นที่บริเวณภายในอาคารมีการเพิ่มจำนวนเครื่องจักร โยกย้ายปรับปรุงเปลี่ยนแปลงไลน์การผลิตและพื้นที่ใช้สอยต่างๆ บางพื้นที่ทำให้แบบแปลนของอาคารมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จึงอาจส่งผลให้การอพยพในบางเส้นทางเกิดการแออัด และอาจเป็นสาเหตุทำให้มีผลต่อเส้นทางการอพยพ และเวลาในการอพยพออกจากอาคารเกินเวลาที่กำหนด

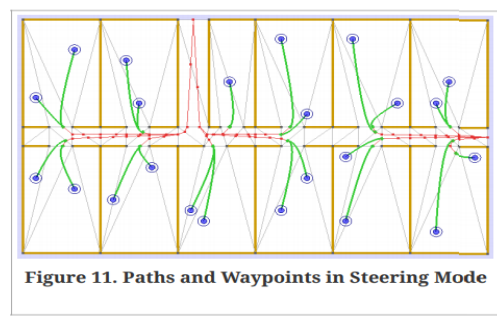
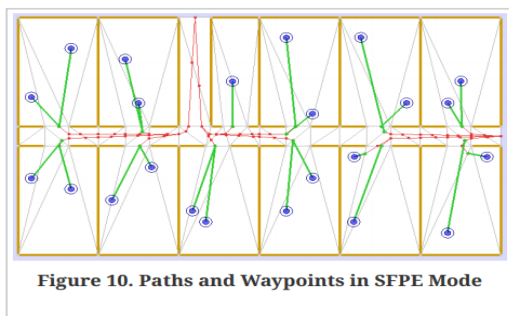
ดังนั้นเพื่อให้การอพยพหนีไฟของอาคารโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการศึกษาพฤติกรรมการอพยพไปยังทางออกของผู้ใช้อาคาร และการตัดสินใจเลือกทางออกของผู้ใช้อาคารด้วย ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการจำลองการอพยพคนออกจากอาคารโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้โดยใช้โปรแกรม Pathfinder ทำให้เห็นภาพรวมการอพยพไปยังทางออกของผู้ใช้อาคาร การตัดสินใจเลือกทางออกของผู้ใช้อาคาร และสามารถวิเคราะห์ระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟเทียบกับกฎหมาย ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเตรียมความพร้อม และเพื่อเสนอแนวทางสำหรับการออกแบบเส้นทางอพยพหนีไฟ ให้สอดคล้องกับกฎหมาย และเกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้อาคารในการอพยพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

เพื่อจำลองการอพยพคนออกจากอาคาร รวมถึงศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากการจำลองการอพยพกรณีเกิดเพลิงไหม้ไปยังจุดรวมพลในหลายกรณีของอาคารโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยใช้โปรแกรมจำลองการอพยพหนีไฟ และให้ข้อเสนอแนะแนวทางสำหรับการออกแบบเส้นทางอพยพหนีไฟให้เป็นไปตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการอพยพหนีไฟ

ทฤษฎี

โปรแกรม Pathfinder เป็นโปรแกรมพื้นฐานของการอพยพหนีไฟ จำลองการเคลื่อนที่ในการหาทางออกของมนุษย์ โปรแกรมมีส่วนของกราฟิกเพื่อให้ผู้ใช้สำหรับการออกแบบและจำลองการสร้างภาพแบบสองมิติและสามมิติเพื่อใช้วิเคราะห์ผล โดยแบบจำลองของโปรแกรม Pathfinder สามารถจำแนกพฤติกรรมในแบบจำลองการเคลื่อนที่อพยพหนีไฟของผู้อาศัย 2 โหมด คือ แบบ SFPE Mode และ แบบ Steering โดย SFPE Mode เป็นรูปแบบของการไหลซึ่งผู้ที่อยู่อาศัยจะไม่พยายามหลีกเลี่ยงกับบุคคลอื่นๆ และจะยอมให้มีการแทรกผ่านเข้าไปได้ ความเร็วในการเคลื่อนที่พิจารณาจากความหนาแน่นของผู้ที่อาศัยภายในแต่ละห้อง และความเร็วของการเคลื่อนที่ผ่านประตูจะถูกควบคุมโดยความกว้างประตู ดังแสดงในภาพที่ 1 และ Steering Mode ใช้กลไกการบังคับเลี้ยวทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้นคือการเคลื่อนที่ที่มีความโค้ง ซึ่งมาจากสมการการเว้นระยะห่างของมนุษย์กับมนุษย์ และมนุษย์กับสิ่งของกีดขวาง (สุรพงษ์ สุประดิษฐ์อาภรณ์, 2556, น. 7) ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ซ้าย: แสดงการเคลื่อนที่ในโหมด SFPE ขวา: แสดงการเคลื่อนที่ในโหมด Steering

ที่มา: Pathfinder Technical Reference Manual (2020)

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

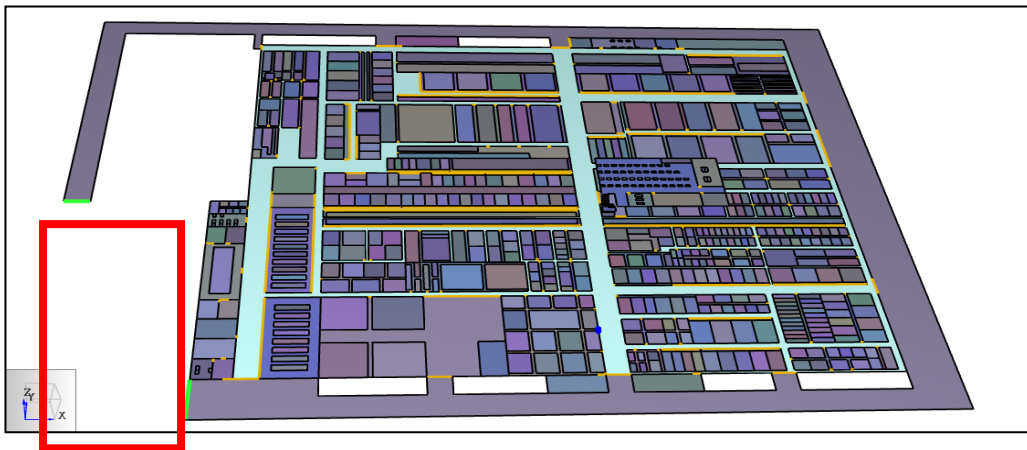
อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook) DELL Intel® Core™ i5-6200U CPU @ 2.30GHz 2.40 GHz หน่วยความจำ (RAM) 4 GB. ความจุ Hard Disk 1 TB.
2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Window 10, Type 64-bit Operating system
3. โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับจำลองการอพยพ Pathfinder 2020
4. กล้องถ่ายรูป

วิธีการวิจัย

1. การสร้างแบบจำลองการอพยพคนออกอาคารโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยโปรแกรม Pathfinder สร้างแบบจำลองภาพเสมือนจริงของอาคารโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เริ่มต้นด้วยการนำไฟล์ JPG. Lay Out อาคารโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ลงในโปรแกรม Pathfinder เพื่อนำมาใช้ในการสร้าง

แบบจำลองห้อง ประดู พื้นที่ทางเดิน เครื่องจักร โดยลักษณะรูปแบบของอาคารโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ประกอบไปด้วยอาคาร 2 ชั้น ชั้นที่ 1 เป็นอาคารสำหรับฝ่ายผลิต มีประตูทางออกหลักจำนวน 12 ประตู และชั้นที่ 2 (ลักษณะเป็นชั้นลอยอาคารสำนักงานของกระบวนการผลิต) มีประตูประตูทางออกจำนวน 1 ประตู ซึ่งอาคารโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์มีลักษณะการใช้สอยพื้นที่ภายในอาคารเป็นสถานที่ผลิตสินค้า และงานสำนักงานมีพื้นที่อาคารมีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทั้งหมด 18,317 ตารางเมตร จุดรวมพลมีทั้งหมด 1 จุด โดยพนักงานที่ปฏิบัติงานอาคารโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จะอพยพไปยังจุดรวมพล ซึ่งมีลักษณะ ดังแสดงในภาพที่ 2



จุดรวมพลบริษัทมี 1 จุด
บริเวณสนามหญ้าด้านหน้าบริษัท

ภาพที่ 2 แสดงโมเดลอาคารโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่สร้างด้วยโปรแกรม Pathfinder

2. การวิเคราะห์คำนวณจำนวนผู้ใช้อาคาร ตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code Handbook, 14th Edition. 2018. โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาจำนวนผู้ใช้อาคารขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่อาคาร (Area) มีหน่วยเป็นตารางเมตร และปัจจัยความจุของผู้ใช้อาคาร (Occupancy Load Factor) เป็นค่าที่กำหนดขนาดพื้นที่ต่อจำนวนผู้ใช้อาคารตามกิจกรรมของพื้นที่ในแต่ละส่วนเป็นตัวแปรในการหาความจุของอาคารที่สามารถรองรับผู้ใช้อาคาร (ตารางเมตรต่อคน) ซึ่งจะดูจากกิจกรรมการใช้อาคารโดยในตารางที่ 1 จะแสดงให้เห็นกิจกรรมการใช้อาคารและลักษณะห้องของอาคาร (National Fire Protection Association, 2018, p. 80-81)

$$\text{จำนวนผู้ใช้อาคาร} = \frac{\text{ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)}}{\text{ค่าปัจจัยความจุของผู้ใช้อาคาร (ตารางเมตรต่อคน)}} \quad (1)$$

ตารางที่ 1 แสดงค่าปัจจัยความจุของผู้ใช้อาคาร ตามกิจกรรมของพื้นที่ในแต่ละส่วนภายในอาคาร

กิจกรรมการใช้	ค่าปัจจัยความจุของผู้ใช้อาคาร (ตารางเมตรต่อคน)
การใช้ประเภทอุตสาหกรรม	
อุตสาหกรรมทั่วไปและอันตรายสูง	9.3
อุตสาหกรรมวัตถุประสงค์พิเศษ	ใช้จำนวนผู้ใช้อาคารที่สูงสุดที่เป็นไปได้
การใช้ประเภทอุตสาหกรรมจัดเก็บ	
ในกิจกรรมการใช้ประเภทจัดเก็บ	ใช้จำนวนผู้ใช้อาคารที่สูงสุดที่เป็นไปได้
ในกิจกรรมการใช้พื้นที่ที่ไม่ใช่ประเภทจัดเก็บและประเภท ค้าขาย	46.5
การใช้งานประเภทธุรกิจ	
สำนักงาน	14
พื้นที่ห้องทำงานชั่วคราว พื้นที่ ≤ 41.8 ตารางเมตร	2.8
พื้นที่ห้องทำงานชั่วคราว พื้นที่ >41.8 ตารางเมตร	1.4

นำสมการที่ 1 มาคำนวณหาจำนวนผู้ใช้อาคารทั้งหมด เท่ากับ 1,034 คน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนผู้ใช้อาคารในแต่ละชั้น

จำนวนผู้ใช้อาคาร	ชั้น 1 อาคารกระบวนการผลิต	ชั้น 2 พื้นที่ชั้นลอย (อาคารสำนักงาน ของฝ่ายผลิต)	ทั้งหมด (คน)
	1,235	69	1,304

3. กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรม Pathfinder โดยค่าพารามิเตอร์ ประกอบด้วย พฤติกรรมการ
อพยพ, ความสูง, ความกว้างของไหล่ และความเร็วในการเคลื่อนที่ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ค่าความสูง และความกว้าง
ของไหล่ เป็นข้อมูลของพนักงานที่บริษัทที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงพฤติกรรมการอพยพ ขนาดร่างกาย และความเร็วในการเคลื่อนที่ จำแนกตามเพศ

ค่าพารามิเตอร์	เพศชาย	เพศหญิง
พฤติกรรมการอพยพ	Steering	Steering
ความสูง (เซนติเมตร)	167.43	160.75
ความกว้างของไหล่ (เซนติเมตร)	48.83	47.81
ความเร็วในการเคลื่อนที่ (เมตรต่อวินาที)	1.359	1.294

ที่มา: พฤติกรรมการอพยพแบบ Steering (นรินทร์ บุญประเสริฐ, 2559)

ความเร็วในการเคลื่อนที่ (Waters et al., 1988)

4. การจำลองสถานการณ์ในกรณีต่างๆ ที่ใช้ในการจำลองการอพยพหนีไฟ ด้วยโปรแกรม Pathfinder การจำลองสถานการณ์ในกรณีต่างๆ ที่ใช้ในการจำลองการอพยพ อ้างอิงการพิจารณาห้องต้นเพลิงตามหลักเกณฑ์ NFPA 101, Life Safety Code Handbook, 14th Edition. 2018. (National Fire Protection Association, 2018, p. 46-47) ซึ่งแยกเป็น 3 กรณีศึกษา การตั้งค่าโปรแกรม Pathfinder จะใช้พารามิเตอร์ของพฤติกรรมเป็นแบบโหมด Steering ในทุกกรณีศึกษา โดยการจำลองสถานการณ์ในกรณีต่างๆ ที่ใช้ในการจำลองการอพยพมีรายละเอียดดังนี้

กรณีศึกษาที่ 1 จำลองให้เกิดเพลิงไหม้เครื่องจักร บริเวณ Line Spot yaris/camry ทำให้เกิดเพลิงไหม้ลุกลามไปที่กล่องพลาสติกบรรจุชิ้นงานสำหรับเตรียมประกอบการผลิตที่วางอยู่ด้านข้างเครื่องจักร ผู้ใช้อาคารอพยพออกจากอาคารพร้อมกัน (Full Evacuation) และประตูทางออกภายในอาคารสามารถใช้งานได้ปกติ

กรณีศึกษาที่ 2 จำลองให้เกิดเพลิงไหม้สารเคมีในห้อง Chemical room เกิดไฟลุกลามอย่างรวดเร็ว ผู้ใช้อาคารอพยพออกจากอาคารพร้อมกัน (Full Evacuation) และประตูทางออกภายในอาคารประตูที่ 12 ซึ่งเป็นประตูที่อยู่ใกล้ที่สุดไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจากประตูห้องต้นเพลิงเปิดค้างไว้ไฟลุกลามออกมา ทำให้เกิดขวางเส้นทางหนีไฟ ทำให้มีควันไฟแพร่กระจายปิดเส้นทางหนีไฟประตูที่ 12 จนไม่สามารถอพยพออกทางประตู 12 ได้

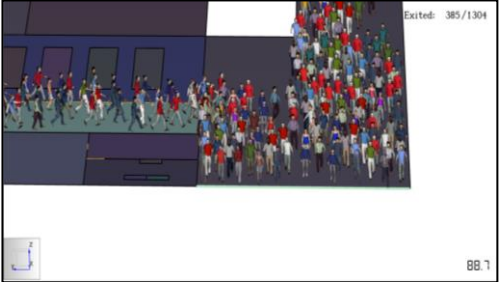
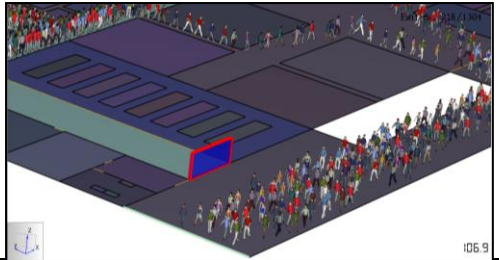
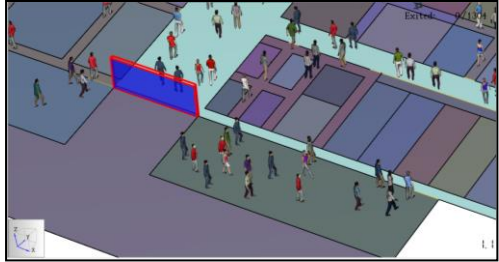
กรณีศึกษาที่ 3 จำลองให้เกิดเพลิงไหม้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรภายในห้อง MDB 2 ที่ ส่งผลให้เกิดเพลิงไหม้ห้อง MDB 2 ซึ่งอยู่ใกล้กับ Line RG01 ที่มีพนักงานทำงานอยู่เป็นจำนวนมากในอาคารและประตูทางออกภายในอาคารประตูที่ 10 ซึ่งเป็นประตูที่อยู่ใกล้ที่สุดไม่สามารถใช้งานได้ ผู้ใช้อาคารอพยพออกจากอาคารพร้อมกัน (Full Evacuation) เนื่องจากประตูห้องต้นเพลิงเปิดค้างไว้ไฟลุกลามออกมา ทำให้เกิดขวางเส้นทางหนีไฟ ทำให้มีควันไฟแพร่กระจายปิดเส้นทางหนีไฟประตูที่ 10 จนไม่สามารถอพยพออกทางประตู 10 ได้

ผลการทดลองและอภิปรายผล

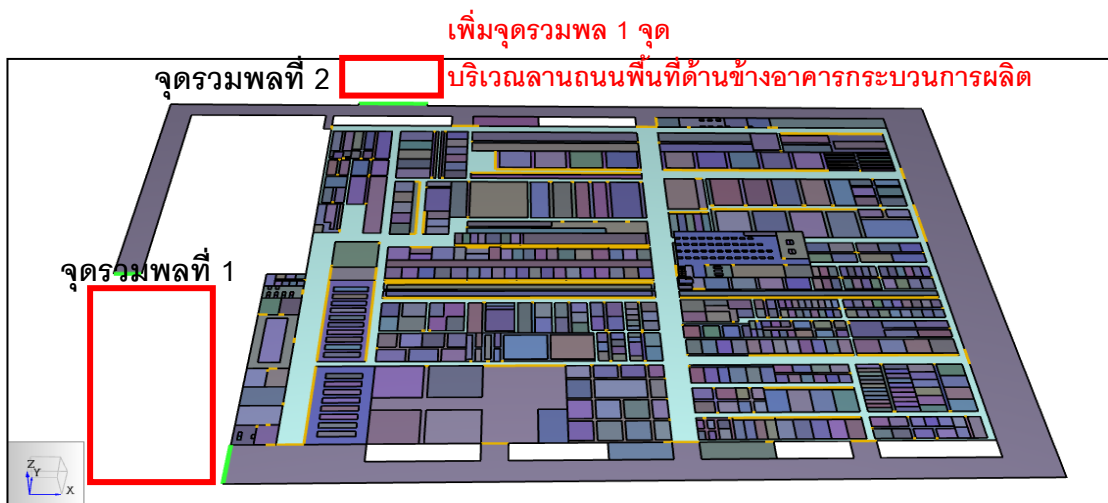
จากการทดลองประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Pathfinder ในการจำลองการอพยพผู้ใช้อาคารออกจากอาคารกระบวนการผลิตไปยังจุดรวมพล มีจำนวนผู้ใช้อาคารทั้งหมดจำนวน 1,304 คน โดยบริเวณชั้น 1 อาคารกระบวนการผลิตมีผู้ใช้อาคารจำนวน 1,235 คน มีพื้นที่ใช้สอย 17,749 ตารางเมตร และชั้น 2 พื้นที่ชั้นลอย (อาคารสำนักงานของกระบวนการผลิต) มีผู้ใช้อาคารจำนวน 69 คน มีพื้นที่ใช้สอย 568 ตารางเมตร อาคารมีพื้นที่ใช้สอยรวมทั้งหมด 18,317 ตารางเมตร และมีจำนวนผู้ใช้อาคารอยู่ในอาคารรวม 1,304 คน แบ่งเป็นเพศชายคิดเป็นค่าร้อยละ 84.74 เปอร์เซ็นต์ และเพศหญิงคิดเป็นค่าร้อยละ 15.26 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใช้โปรแกรม Pathfinder สร้างแบบจำลองพื้นที่ต่างๆตามสัดส่วนจริง และกำหนดจำนวนคนในพื้นที่ต่างๆ จากนั้นได้กำหนดให้ผู้ใช้อาคารอพยพไปยังจุดรวมพลของบริษัท ซึ่งมีอยู่ 1 จุด และจากการศึกษาทั้ง 3 กรณีศึกษานั้นพบว่า กรณีที่ 1 ใช้เวลา 289.7 วินาที กรณีที่ 2 ใช้เวลา 327.7 วินาที และกรณีที่ 3 ใช้เวลา 301.3 วินาที ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพผู้ใช้อาคารออกจากอาคารกระบวนการผลิตไปยังจุดรวมพล ในกรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 ใช้ระยะเวลาเกิน 300 วินาที ไม่สอดคล้องตามที่กฎหมายกำหนดแสดงในตารางที่ 2

จากการใช้โปรแกรม Pathfinder ในการจำลองการอพยพผู้ใช้อาคารออกจากอาคารกระบวนการผลิตไปยังจุดรวมพล พบประเด็นปัญหาคือ ในบางพื้นที่ที่มีผู้ใช้อาคารจำนวนมากทำให้เกิดความหนาแน่นของผู้อพยพและพื้นที่จุดรวมพลมีเพียง 1 จุด ทำให้ขีดความสามารถในการอพยพออกจากตัวอาคารกระบวนการผลิตไปไปยังจุดรวมพลได้ล่าช้า จากการใช้โปรแกรม Pathfinder ในการจำลองการอพยพผู้ใช้อาคารออกจากอาคารกระบวนการผลิตไปยังจุดรวมพล กรณีที่ 1 ใช้เวลา 289.7 วินาที กรณีที่ 2 ใช้เวลา 327.7 วินาที และกรณีที่ 3 ใช้เวลา 301.3 วินาที ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพผู้ใช้อาคารออกจากอาคารกระบวนการผลิตไปยังจุดรวมพลในกรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 ใช้ระยะเวลาเกิน 300 วินาที ไม่สอดคล้องตามที่กฎหมายกำหนดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลเวลาที่ใช้ในการจำลองอพยพหนีไฟจากโปรแกรม Pathfinder ทั้ง 3 กรณี

กรณีที่	จุดรวมพล 1 จุด		ภาพจากโปรแกรม Pathfinder
	ผู้ใช้อาคารคนแรกที่อพยพมาถึงจุดรวมพล (วินาที)	ผู้ใช้อาคารคนสุดท้ายที่อพยพมาถึงจุดรวมพล (วินาที)	
1	8.5	289.7	
2	12.6	327.7	
3	8.5	301.3	

ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้โปรแกรม Pathfinder ในการปรับปรุงการอพยพโดยได้มีการกำหนดจุดรวมพลเพิ่มอีก 1 จุด บริเวณลานถนนพื้นที่ด้านข้างอาคารกระบวนการผลิต ทำให้มีจุดรวมพลทั้งหมด 2 จุด เพื่อให้ผู้ใช้อาคารอพยพไปยังจุดรวมพลที่ใกล้ที่สุด ผลปรากฏว่า กรณีที่ 1 ใช้เวลา 222.9 วินาที กรณีที่ 2 ใช้เวลา 254.5 วินาที และกรณีที่ 3 ใช้เวลา 230.5 วินาที จากผลการจำลองพบว่าการปรับปรุงดังกล่าวสามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพได้ ผู้ใช้อาคารอพยพออกจากอาคารกระบวนการผลิตไปยังจุดรวมพลอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด (น้อยกว่า 300 วินาที) ทั้ง 3 กรณี



สรุปผลและเสนอแนะ

การทดลองจำลองสถานการณ์การอพยพผู้ใช้อาคารออกจากอาคารผลิตชั้นส่วนยานยนต์ โดยใช้โปรแกรม Pathfinder นำผลที่ได้จากการจำลองการอพยพมาพิจารณาเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขในการออกแบบเส้นทางหนีไฟ และมาตรการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการอพยพให้เป็นไปอย่างปลอดภัยได้และให้สอดคล้องกับกฎหมายกำหนด ซึ่งได้จำลองอาคารผลิตชั้นส่วนยานยนต์ โดยใช้โปรแกรม Pathfinder ในการสร้างแบบจำลองกำหนดให้มีผู้ใช้อาคารทั้งหมดจำนวน 1,304 คน มีประตูทางออกหลักทั้งหมดจำนวน 12 ประตูจากการใช้โปรแกรม Pathfinder พบประเด็นปัญหาคือ ในบางพื้นที่ที่มีผู้ใช้อาคารจำนวนมากทำให้เกิดความหนาแน่นของผู้อพยพและพื้นที่จุดรวมพลมีเพียง 1 จุด ทำให้ขีดความสามารถในการอพยพออกจากตัวอาคารกระบวนการผลิตไปไปยังจุดรวมพลได้ล่าช้า จึงได้มีการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่พบ โดยใช้โปรแกรม Pathfinder ในการจำลองการอพยพ โดยได้มีการกำหนดจุดรวมพลเพิ่มอีก 1 จุด บริเวณลานถนนพื้นที่ด้านข้างอาคารกระบวนการผลิตทำให้มีจุดรวมพลทั้งหมด 2 จุด เพื่อให้ผู้ใช้อาคารอพยพไปยังจุดรวมพลที่ใกล้ที่สุด ผลปรากฏว่าผู้ใช้อาคารสามารถอพยพออกจากอาคารกระบวนการผลิตไปยังจุดรวมพลภายในเวลาไม่เกิน 300 วินาทีตามที่กฎหมายกำหนด ทั้ง 3 กรณี ทั้งนี้เพื่อให้การอพยพหนีไฟมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นควรมีการกำหนดมาตรการเพิ่มเติมในการปรับปรุงแก้ไขจัดการในด้านความปลอดภัย ดังนี้

1. ในกรณีที่มีการปรับปรุงแบบแปลนในอาคารกระบวนการผลิต หรือเพิ่มเครื่องจักร อุปกรณ์ต่างๆ ควรมีการพิจารณามาตรการในเรื่องของการอพยพผู้ใช้อาคารออกจากอาคารให้สอดคล้องตามที่กฎหมายกำหนดด้วย
2. มีการแนะนำอบรม ขั้นตอนการปฏิบัติกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน และเส้นทางในการอพยพไปยังจุดรวมพลให้กับผู้ใช้อาคาร และผู้ที่เกี่ยวข้องให้รับทราบ

เอกสารอ้างอิง

- นรินทร์ บุญประเสริฐ. (2559). การเปรียบเทียบเวลาอพยพในอาคารสูงระหว่างวิธีคือ SFPE และ Steering ด้วยโปรแกรม Pathfinder. ใน รายงานการประชุมวิชาการ ระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา: การวิจัยเพื่อพัฒนาอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 1 (น. 430-435). ชลบุรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พระราชบัญญัติ ความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554. (2554). กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2555 ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 133 ตอนที่ 2ก.
- พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522, กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (2535). ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 109 ตอนที่ 11.
- วสุกานต์ พิธรัตน์. (2558). ศึกษาการประยุกต์ใช้โปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัยเพื่อศึกษาการอพยพหนีไฟ กรณีศึกษา: ศูนย์กระจายสินค้า บริษัทโฮมโปรดักส์ เซ็นเตอร์ จำกัด (มหาชน) [วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุรพงษ์ สุประดิษฐ์อาภรณ์. (2556). การจำลองการอพยพหนีไฟของอาคารวิศวกรรมเครื่องกลด้วยแบบจำลอง PyroSim และ Pathfinder. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- National Fire Protection Association. (2018). *Life Safety Code, NFPA 101*.
<https://www.bloomsburgpa.org/wp-content/uploads/2018-NFPA-101.pdf>
- Thunderhead Engineering. (2020). *Pathfinder Technical Reference Manual*.
<https://support.thunderheadeng.com/docs/pathfinder/2020-1/technical-reference-manual/>
- Waters, R. L., Lunsford, B. R., Perry, J., & Byrd, R. (1988). Energy-speed relationship of walking: standard tables. *J Orthop Res.*, 6(2), 215-222. DOI: 10.1002/jor. 1100060208

การพัฒนารูปแบบการทดสอบแม่พิมพ์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการฉีดใน กระบวนการฉีดพลาสติก

The Development of Mold Testing Patterns by Using Simulation Software of Plastic Injection Process.

วนัฐพงษ์ มากทองดี^{1*} สิทธิชัย แก้วเกื้อกุล²

ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี^{1,2}

*Corresponding author: E-mail: vanatapong.mak@gmail.com

บทคัดย่อ

กระบวนการฉีดขึ้นรูปด้วยพลาสติก เป็นกระบวนการผลิตชิ้นส่วนโดยการฉีดพลาสติกเหลวลงไปในแม่พิมพ์ ในการผลิตชิ้นงานใหม่จำเป็นต้องมีขั้นตอนการทดสอบแม่พิมพ์ ดังนั้นผู้ผลิตจำเป็นต้องตั้งค่าเครื่องฉีดแม่พิมพ์ให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพและสามารถผลิตชิ้นงานได้จำนวนมาก ตรงตามความต้องการของผู้ผลิต งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการทดสอบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ที่ใช้เวลาในการทดสอบลดลงและลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการทดสอบแม่พิมพ์ โดยการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการจำลองการฉีดพลาสติก (Moldex3D) เข้ามาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การจำลองรูปแบบการฉีดพลาสติก เพื่อช่วยสนับสนุนให้ผู้ผลิตสามารถตั้งค่าการฉีดที่เหมาะสมในกระบวนการทดสอบแม่พิมพ์ และลดความสูญเสียเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการทดสอบแม่พิมพ์ ผลของการวิจัยพบว่า ก่อนการปรับปรุงเวลาที่ใช้ในการทดสอบแม่พิมพ์เท่ากับ 7 ชั่วโมง หลังการปรับปรุง ใช้เวลาในการทดสอบแม่พิมพ์ 2 ชั่วโมง สามารถลดเวลาในการทดสอบแม่พิมพ์ลง 4 ชั่วโมง 45 นาที หรือคิดเป็นร้อยละ 67.86 และก่อนการดำเนินการปรับปรุงมีจำนวนของเสียที่เกิดจากกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก 190 ชิ้น และหลังการปรับปรุงเกิดของเสียทั้งสิ้น 40 ชิ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหลังการดำเนินการปรับปรุงสามารถลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกได้ทั้งสิ้น 150 ชิ้น หรือคิดเป็นร้อยละ 78.95

คำสำคัญ: กระบวนการฉีดพลาสติก; โปรแกรมจำลองการทำงานแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก; ทดสอบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

Abstract

Plastic Injection molding is the manufacturing process by inject molten plastic into a mold. Before a new production process be necessary to have a mold testing process, a manufacturer must set the molding for a workpiece quality and the accuracy of the workpiece. The objective of this thesis are decreased a mold testing process time and reducing any waste of a mold testing process. By applied a computer program was named Moldex3D for analyze the plastic injection model for support a manufacturer to set the molding appropriately for mold testing process and reducing any waste of a mold testing process. The result of a mold testing process time before the improvement was 7 hours and after the improvement was 2 hours 15 minutes, therefore a mold testing process time was decrease 4 hours 45 minutes or decrease 67.86 %. The amount of waste after the improvement was reduced from 190 pieces to 40 pieces that decrease 150 pieces or 78.95 %

Keywords: Plastic Injection Process; Simulation Software; Mold Testing

บทนำ

แม่พิมพ์เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่มีรูปร่างเหมือนกัน ได้ครั้งละจำนวนมาก ๆ ทำให้สินค้ามีคุณภาพและมาตรฐานเดียวกัน ดังนั้นหากแม่พิมพ์มีปัญหา ก็จะส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตทั้งกระบวนการ ในขั้นตอนการทดสอบแม่พิมพ์ การปรับค่าการฉีดให้เหมาะสมมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีความสมบูรณ์ ได้รูปร่างที่ถูกต้องและพร้อมที่จะผลิตชิ้นงานจำนวนมาก

บริษัท บีบีบี จำกัด ประกอบกิจการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ด้วยกระบวนการฉีดขึ้นรูป โดยผลิตชิ้นส่วนส่งให้กับผู้ผลิตรถยนต์รายใหญ่ ซึ่งดำเนินกิจการตามมาตรฐานของระบบการบริหารจัดการคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์ บริษัท ฯ ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์มากกว่า 50 ประเภท ใช้แม่พิมพ์จำนวนมาก โดยมีการสั่งผลิตและนำเข้าจากต่างประเทศ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูง โดยเฉพาะช่วงระยะเวลาในการทดสอบแม่พิมพ์ หากมีการทดสอบแม่พิมพ์ไม่ผ่านต้องมีการทดสอบหลายครั้ง รวมทั้งการที่แม่พิมพ์ที่ส่งมาถึงบริษัท ฯ แล้วใช้การไม่ได้ทำให้บริษัทปรับแก้ไขแม่พิมพ์ด้วยตนเองหรือทำการส่งกลับไปแก้ไข อีกทั้งในขั้นตอนการทดสอบแม่พิมพ์สำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ใช้เวลานานเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งไม่มีค่าการฉีดที่เหมาะสม ดังนั้นพนักงานจึงต้องปรับตั้งค่าการฉีดขึ้นรูปหลายครั้งจนกว่าจะได้ค่าที่เหมาะสม ส่งผลให้ใช้เวลาในการทดสอบที่มากกว่าการทดสอบแม่พิมพ์ที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่เคยมีการผลิตแล้ว โดยสาเหตุมาจากการใช้วิธีที่ใช้ในการปรับตั้งค่าการฉีดหรือหาค่าการฉีดขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ไม่ถูกต้อง วิธีการไม่เหมาะสม เนื่องจากพนักงานไม่มีมาตรฐานในการทำงาน ใช้การคาดเดาหรือประมาณจากประสบการณ์การทำงานมาใช้ในการปรับตั้งค่าการฉีดขึ้นรูป ปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิตที่สูงขึ้น มีการทดสอบแม่พิมพ์หลายครั้ง เกิดการสูญเสียทรัพยากรจำนวนมากและยังสูญเสียโอกาสในการผลิต ทำให้ขีดความสามารถในการแข่งขันทางการค้าลดลง จากการศึกษาพบว่ามีการนำเทคโนโลยี เข้ามาช่วยในการจำลองการฉีดโดย จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร (2561) ได้ใช้ Solid work plastic ในการจำลองค่าการหดตัวคลาดเคลื่อน ทำการวิเคราะห์การหดตัวของผลิตภัณฑ์ชิ้นงานฉีด

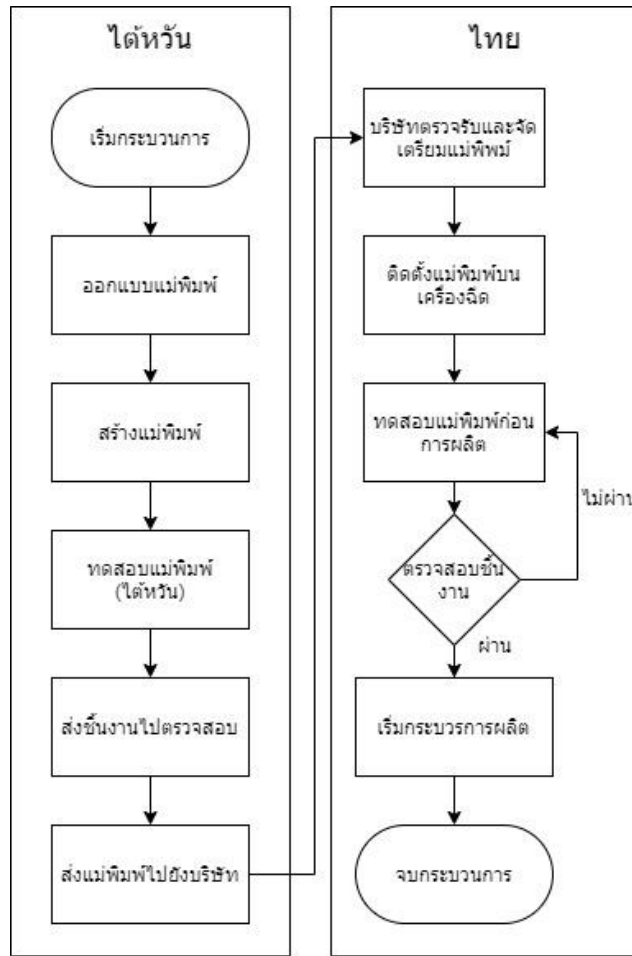
ขึ้นรูปพลาสติกโดยหาพารามิเตอร์ที่ทำให้ได้ค่าการหดตัวที่น้อยที่สุด โดยมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องได้แก่ แรงดันในการฉีดน้ำ เวลาในการฉีดน้ำ เวลาในการหล่อเย็น อุณหภูมิในการฉีด และอุณหภูมิแม่พิมพ์ วัชร ลานลักษณะ และคณะ (2557) ได้ทำบทความวิจัย การศึกษาการใช้ CAE เพื่อลดน้ำหนักชิ้นงานในการฉีดพลาสติกรูปทรง 3 มิติ โดยใช้ก๊าซช่วยฉีด ทำการศึกษาขั้นตอนและวิธีการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกขึ้นงานรูปทรง 3 มิติ ด้วยการใช้ระบบ CAD/CAM/CAE ซาลี ตระการกุล และคณะ (2557) นำเอาเทคโนโลยีด้านการจำลองทางวิศวกรรม CAE เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์การไหลตัวของพลาสติกเหลวในแม่พิมพ์ เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการฉีดแบบใช้ก๊าซช่วยฉีด ต่อมาได้การศึกษารูปแบบการปรับปรุงการทำงานและการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยจากการศึกษา จิรวัดณ์ วรวิชัย และคณะ (2563) ได้ทำการปรับปรุงวิธีการทำงานการบรรจุชิ้นงานขึ้นรูปพลาสติกของชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ โดยวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยการใช้ผังก้างปลา และได้ทำการปรับปรุงวิธีการใหม่โดยการใช้แผนภูมิกระบวนการไหล ใช้หลักการปรับปรุงงานด้วยการทำให้ง่ายขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะทำการลดเวลาในการทดสอบแม่พิมพ์ และลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิต โดยการพัฒนาวิธีการทดสอบแม่พิมพ์ ที่มีการนำเทคโนโลยีจำลองการไหลด้วยโปรแกรม Moldex3D โดยจุดเด่นของซอฟต์แวร์นี้ คือ การจำลองของชิ้นส่วนพลาสติก สามารถตรวจสอบการออกแบบชิ้นส่วน สมดุลการไหล การฉีดที่ถูกต้อง ตรวจสอบรูปแบบในการหล่อเย็นและคาดการณ์การบิดตัวของชิ้นงาน ซึ่งซอฟต์แวร์นี้จะมาช่วยเสริมการทำงานในขั้นตอนการทดสอบแม่พิมพ์ ในส่วนของการหาค่าการฉีดที่เหมาะสมจำลองการไหล เพื่อที่จะช่วยให้พนักงานสามารถปรับตั้งค่าการฉีดขึ้นรูปได้เหมาะสม ลดเวลาในการทดสอบแม่พิมพ์ ลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. การศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหาในปัจจุบัน

จากการศึกษารวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลในปัจจุบันพบว่า ข้อมูลการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตลอดจนการทดสอบแม่พิมพ์ ในปัจจุบัน บริษัทฯ ไม่ได้เป็นผู้ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ แต่ทางบริษัทได้สั่งทำแม่พิมพ์จากประเทศไต้หวัน ซึ่งเมื่อทำการสร้างแม่พิมพ์เสร็จ ผู้ผลิตแม่พิมพ์จะทำการทดสอบแม่พิมพ์ที่ประเทศไต้หวันและส่งชิ้นงานมาที่บริษัทฯ เพื่อตรวจเช็คคุณภาพผิว รูปร่างและขนาดของชิ้นงาน จากนั้นผู้ผลิตแม่พิมพ์จะส่งแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกมาที่บริษัทฯ ต่อมาบริษัทได้ทำการตรวจรับแม่พิมพ์และจัดเตรียมแม่พิมพ์ เพื่อทำการทดสอบแม่พิมพ์ก่อนดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์ (Mass Production) โดยแผนผังการดำเนินการ (Flowchart) กระบวนการทดสอบแม่พิมพ์ในปัจจุบันจะแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังการดำเนินการกระบวนการทดสอบแม่พิมพ์ในปัจจุบัน

หลังจากได้ทำการตรวจรับและทำการติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องฉีดเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการทดสอบแม่พิมพ์ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลการทดสอบแม่พิมพ์ในปัจจุบัน โดยชิ้นงานที่จะเก็บข้อมูลการทดสอบแม่พิมพ์ คือ ชิ้นงานบังโคลนหลังของรถจักรยานยนต์ (Rear Fender) และมีชื่อเรียกชิ้นงานภายในบริษัทว่า PHD452 ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลักษณะตัวอย่างของชิ้นงานบังโคลนหลังของรถจักรยานยนต์ PHD452

จากการเก็บข้อมูลพบว่า PHD452 ใช้เวลาในการทดสอบแม่พิมพ์ทั้งหมด 2 รอบ โดยรอบที่ 1 ใช้เวลาในการทดสอบ 3 ชั่วโมง เกิดของเสียในระหว่างการทดสอบ 80 ชิ้น รอบที่ 2 ใช้เวลาในการทดสอบ 7 ชั่วโมง เกิดของเสียในระหว่างการทดสอบ 110 ชิ้น รวมผลการทดสอบ 7 ชั่วโมง และเกิดของเสียในระหว่างการทดสอบแม่พิมพ์ทั้งหมด 190 ชิ้น โดยรายละเอียดแสดงดังภาพที่ 3

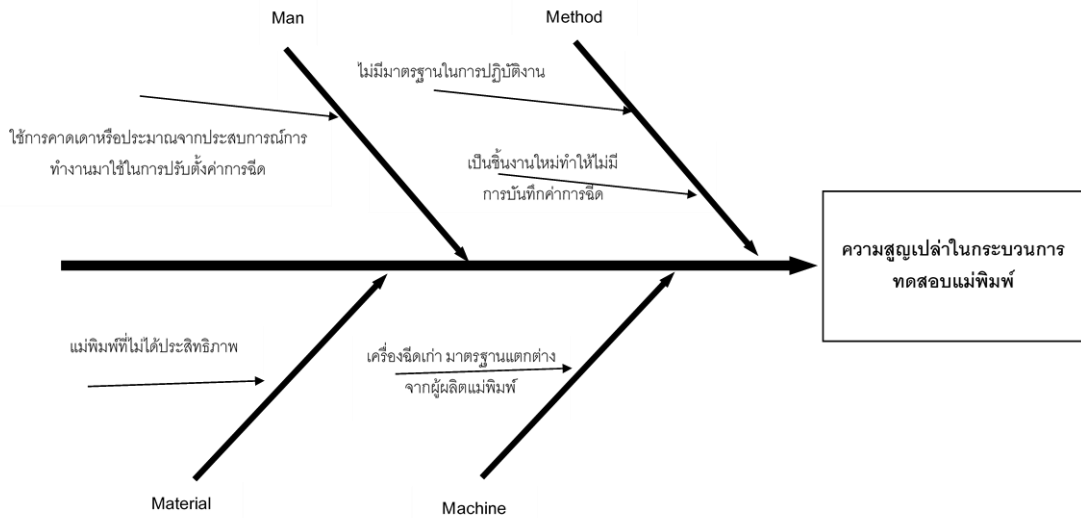


ภาพที่ 3 ระยะเวลาที่ใช้และของเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบแม่พิมพ์

เพื่อหาสาเหตุของปัญหาได้ดำเนินการประชุมระดมความคิด (Brainstorm) ร่วมกันกับทางบริษัท และได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาร่วมกัน ซึ่งพบว่าสาเหตุสำคัญที่ส่งผลทำให้เวลาในการทดสอบแม่พิมพ์มากขึ้น มีอยู่ 2 สาเหตุดังนี้

1. การออกแบบแม่พิมพ์ที่ไม่ได้ประสิทธิภาพ เนื่องจากทางบริษัทไม่ได้ทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ ทำให้ไม่สามารถคาดการณ์หรือหลีกเลี่ยงปัญหาด้านคุณภาพของชิ้นงานที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ซึ่งปัญหานี้นอกจากจะส่งผลต่อเวลาในการทดสอบแม่พิมพ์แล้ว ยังส่งผลทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตอีกด้วย

2. การทดสอบแม่พิมพ์โดยใช้ประสบการณ์ของช่างเทคนิค ซึ่งอาจจะต้องใช้เวลาในการทดสอบแม่พิมพ์ที่นานมากยิ่งขึ้น เนื่องจากไม่มีการเตรียมค่าการฉีดที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบแม่พิมพ์นี้ แต่อาศัยประสบการณ์ในการทำงานหรือนำเอาค่าการฉีดของชิ้นงานที่มีลักษณะคล้ายกันมาใช้ เป็นต้น ผู้วิจัยได้ทำการสรุปปัญหาที่เกิดขึ้น โดยได้ทำการสรุปด้วยแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) และจัดแยกประเภทของปัญหาออกโดยใช้ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิต 4 ด้าน (4M in Production Process) ดังภาพที่ 4



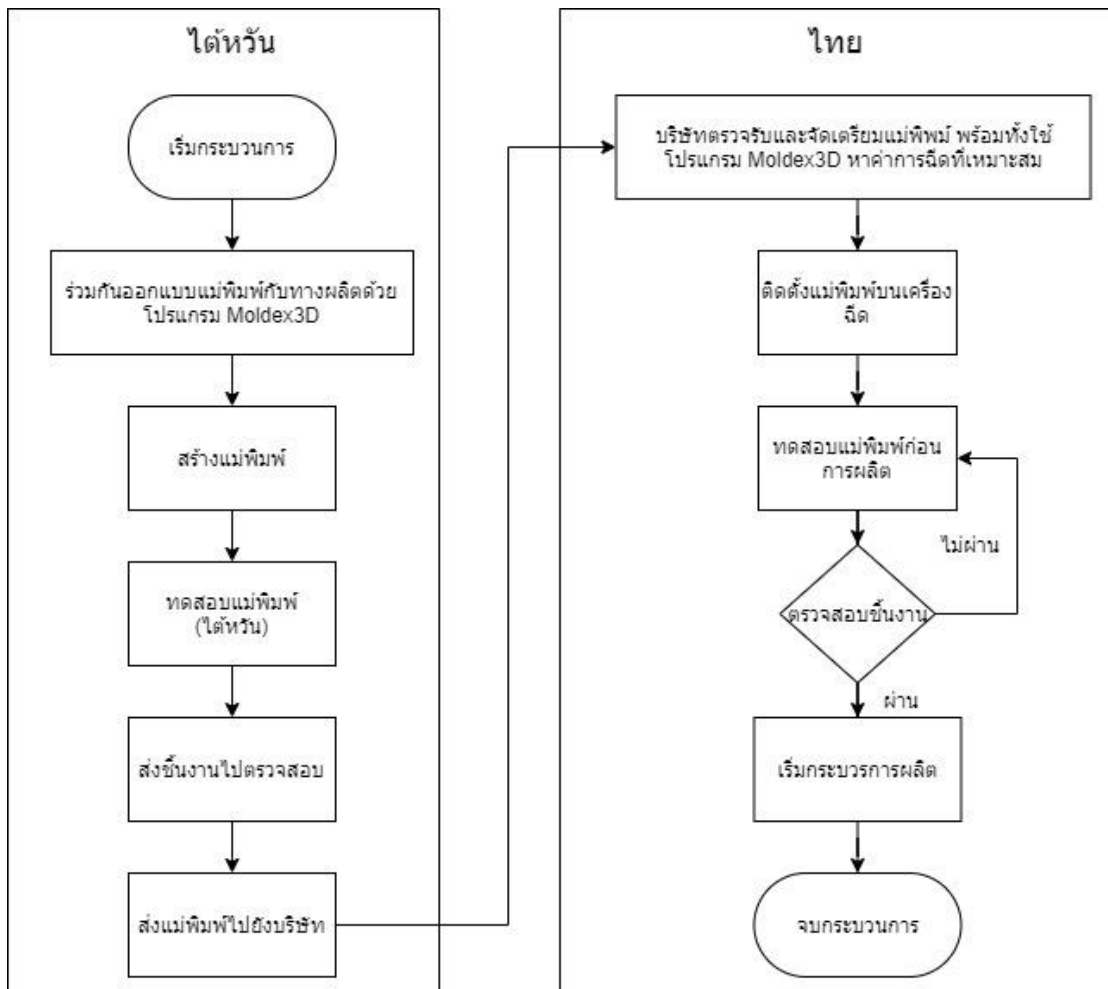
ภาพที่ 4 สาเหตุที่ทำให้เกิดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการทดสอบแม่พิมพ์

2. การหาแนวทางในการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการ

จากการศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดความสูญเสียในกระบวนการทดสอบแม่พิมพ์ สามารถหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีการนำทฤษฎีการลดความสูญเสียเปล่าด้วยหลัก ECRS โดย การทำให้ง่ายขึ้นด้วยการนำโปรแกรมจำลองการไหล Moldex3D เข้ามาช่วยในการทำงาน ทั้งในส่วนของการ ร่วมกันช่วยออกแบบแม่พิมพ์ร่วมกับทางผู้ผลิตเพื่อลดปัญหาที่ไม่สามารถคาดการณ์หรือปัญหาของชิ้นงานใน ด้านคุณภาพ และลดความสูญเสียเปล่าที่จะเกิดขึ้นในขั้นตอนการทดสอบแม่พิมพ์ รวมถึงการนำหลัก ECRS โดย การใช้โปรแกรม Moldex3D เพื่อวิเคราะห์ค่าการฉีดที่เหมาะสมร่วมกับขั้นตอนการตั้งค่าการฉีดของเครื่องจักร เพื่อช่วยให้พนักงานสามารถกำหนดค่าการฉีดที่เหมาะสม ลดเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งค่าเครื่องฉีด

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดลองหลังจากทำการปรับปรุงกระบวนการทำงานโดยมีการนำโปรแกรม Moldex3D เข้ามา ช่วยในการทำงานโดยมีการนำโปรแกรมจำลองการไหล Moldex3D เข้ามาช่วยในการทำงานทั้งในส่วนของการ ร่วมกันช่วยออกแบบแม่พิมพ์ร่วมกับทางผู้ผลิตและการใช้โปรแกรม Moldex3D เพื่อวิเคราะห์ค่าการฉีดที่ เหมาะสมร่วมกับขั้นตอนการตั้งค่าการฉีดของเครื่องจักร โดยแผนผังการดำเนินการ (Flowchart) กระบวนการ ทดสอบแม่พิมพ์หลังการปรับปรุงจะแสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แผนผังการดำเนินการกระบวนการทดสอบแม่พิมพ์หลังการปรับปรุง

จากการทดลองเนื่องจากการทดลองเป็นชิ้นงานผลิตภัณฑ์ใหม่จึงทำการเก็บข้อมูลผลการทดลองด้วยผลิตภัณฑ์ใหม่เช่นเดียวกัน โดนทำการทดลองกับผลิตภัณฑ์ชิ้นงานบังโคลนหลังของรถจักรยานยนต์ PHD453 ที่มีลักษณะคล้ายกัน ดังภาพที่ 6 ซึ่งผลหลังจากการปรับปรุงโดยการนำโปรแกรมจำลองการไหล Moldex3D เข้ามาช่วยในการดำเนินการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ ตลอดจนถึงการทดสอบแม่พิมพ์ พบว่าใช้เวลาในการทดสอบของแม่พิมพ์ PHD453 ทั้งหมด 2 ชั่วโมง 15 นาที และมีของเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบแม่พิมพ์ทั้งสิ้น 40 ชิ้น ซึ่งสามารถแสดงผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 6 ชิ้นงานบังโคลนหลังของรถจักรยานยนต์ PHD453

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบแม่พิมพ์ PHD453 หลังการปรับปรุงกระบวนการทดสอบแม่พิมพ์

	เวลาที่ใช้ในการทดสอบ	จำนวนของเสีย (ชิ้น)
รอบที่ 1	1 ชม. 30 นาที	30
รอบที่ 2	45 นาที	10
รวม	2 ชม. 15 นาที	40

เมื่อนำผลการทดสอบในตารางที่ 1 เปรียบเทียบกับผลการทดสอบแม่พิมพ์ PHD452 (รูปแบบการทดสอบแม่พิมพ์เดิม ซึ่งข้อมูลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 3 พบว่าสามารถลดเวลาในการทดสอบแม่พิมพ์ลง 67.86% และลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบแม่พิมพ์ลงได้ 78.95% โดยแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบระหว่างการทดสอบแม่พิมพ์รูปแบบเดิม (PHD452) และการทดสอบแม่พิมพ์รูปแบบใหม่ (PHD453)

	รูปแบบเดิม (PHD452)	รูปแบบใหม่ (PHD453)	ค่าความแตกต่าง	ร้อยละของการ ปรับปรุง (%)
เวลาที่ใช้ในการทดสอบ	7 ชม.	2 ชม. 15 นาที	4 ชม. 45 นาที	67.86
จำนวนของเสีย (ชิ้น)	190	40	150	78.95

จากผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ ซาลี ตระการกุล, สถาพร ซาตาคม และ ไพบุลย์ สิ้นพระยากุล ซึ่งได้มีการนำเทคโนโลยีด้านการจำลองทางวิศวกรรม (CAE) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์การไหลของพลาสติกเหลวในแม่พิมพ์ ซึ่งแตกต่างจากผู้วิจัยที่ใช้โปรแกรม Moldex3D แต่งานวิจัยมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาแก้ไขปัญหาเช่นเดียวกัน เพื่อช่วยในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับชิ้นงาน โดยผลการทดลองสามารถแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นในชิ้นงานได้ และยังสามารถลดปริมาณพลาสติกหลงได้ร้อยละ 20-30 ของน้ำหนักชิ้นงานทั้งหมด (ซาลี ตระการกุล, 2557, น. 33) จากวิธีในการวิเคราะห์ปัญหาได้มีความสอดคล้องกับ งานวิจัยของ จิรวัดณ์ วร

วิจัย และคณะ ที่ได้ทำการปรับปรุงวิธีการทำงานการบรรจุชิ้นงานขึ้นรูปพลาสติกของชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ โดยวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยการใช้ผังก้างปลา และได้ทำการปรับปรุงวิธีการใหม่โดยการใช้แผนภูมิกระบวนการไหล ใช้หลักการปรับปรุงงานด้วยการทำให้่ง่ายขึ้น (จิรวัดมน์ วรวิชัย, 2563, น. 148)

สรุปผลและเสนอแนะ

สรุปผล

จากการเก็บข้อมูลกระบวนการทดสอบแม่พิมพ์ พบความสูญเสียเปล่าในกระบวนการซึ่งมีการใช้เวลาในการทดสอบแม่พิมพ์ของชิ้นงานใหม่ บังโคลนหลังของรถจักรยานยนต์ PHD452 ใช้เวลา 7 ชั่วโมง ในการทดสอบและเกิดของเสียในขณะทดสอบ 190 ชิ้น จากปัญหาที่เกิดขึ้นจึงได้ทำการหาสาเหตุของปัญหาด้วยวิธีการ ระดมสมอง (Brainstorm) ร่วมกันกับทางบริษัท และได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาร่วมกัน จากนั้นสรุปปัญหาออกเป็น 4 ด้านตามปัจจัยที่มีผลต่อการผลิต 4 ด้าน (4M in Production Process) โดยสาเหตุของปัญหาเกิดจาก แม่พิมพ์ ไม่มีประสิทธิภาพ เกิดปัญหาที่ไม่สามารถควบคุมได้ขณะผลิต อีกทั้งกระบวนการทดสอบแม่พิมพ์ใช้เวลานาน เนื่องจากไม่มีการบันทึกค่าการฉีดที่เหมาะสม พนักงานอาศัยประสบการณ์ในการทำงานหรือนำเอาค่าการฉีดของชิ้นงานที่มีลักษณะคล้ายกันมาใช้ ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขปัญหาค่าการฉีดโดยใช้หลัก ECRS มีการนำโปรแกรมจำลองการไหล Moldex3D เข้ามาช่วยในการทำงาน ทั้งในส่วนของการช่วยออกแบบแม่พิมพ์ร่วมกับทางผู้ผลิตแม่พิมพ์ และการใช้โปรแกรมจำลองในการหาค่าการฉีดที่เหมาะสมก่อนการทดสอบแม่พิมพ์ ผลจากการทดสอบ ได้ทำการเก็บข้อมูลกระบวนการด้วยชิ้นงานใหม่บังโคลนหลังของรถจักรยานยนต์ PHD453 ที่มีลักษณะคล้ายกัน ผลการทดสอบแม่พิมพ์ใช้เวลาในการทดสอบ 2 ชั่วโมง 15 นาที ลดลงไป 4 ชั่วโมง 45 นาที คิดเป็นร้อยละ 67.86 และมีเสียที่เกิดขึ้น 40 ชิ้น ลดลง 150 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 78.95

ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้ทำการจับเวลาในส่วนของการทดสอบแม่พิมพ์ที่เครื่องฉีด ผู้ศึกษาควรทำการจับเวลาตั้งแต่ได้รับแม่พิมพ์จากผู้ผลิตไปจนทดสอบแม่พิมพ์เสร็จสิ้น เพื่อจับเวลาในส่วนของการคิดหาค่าการฉีดที่เหมาะสมและขั้นตอนการติดตั้งแม่พิมพ์ เพื่อให้ได้เวลาทั้งหมดของกระบวนการทดสอบแม่พิมพ์
2. งานวิจัยนี้ใช้กับชิ้นงานที่เป็นชิ้นงานใหม่ที่ไม่มีการบันทึกค่าการฉีดที่เหมาะสม ผู้ศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับชิ้นงานที่มีการบันทึกข้อมูลการฉีดแล้ว เพื่อตรวจสอบว่าค่าการฉีดของชิ้นงานที่มีการบันทึกไว้มีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับชิ้นงานหรือไม่

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้ เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและข้อเสนอแนะต่าง ๆ จาก รศ.ดร. สิทธิชัย แก้วเกื้อกุล อาจารย์ที่ปรึกษาในการจัดทำงานวิจัยที่ช่วยกรุณาให้คำปรึกษา ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการดำเนินการจัดทำงานวิจัยตั้งแต่เริ่มจนสำเร็จตามวัตถุประสงค์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนในด้านต่าง ๆ จากฝ่ายต่าง ๆ ของ บริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ และนางสาวพิมพ์พร เทศแก้ว ที่ช่วยเหลือในการประสานงาน รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และหาทางแก้ไข จึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร, วัชระ สุขเรืองกุล และนพพรวิษฐ์ วสันต์บั้งมี. (2561). การวิเคราะห์การหดตัวของผลิตภัณฑ์ชิ้นงานฉีดขึ้นรูปพลาสติกกรีไซเคิลด้วยการจำลองแบบและวิธีการทาคูชิ, *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.*, 12(2), 123-134.

จิรวัดมน์ วรวิชัย, ภาคภูมิ ใจชมพู, ธวัชชัย ไชยลังการ และ ณัฐภัทร กาญจนเรืองรอง. (2563). การปรับปรุงวิธีการทำงานในการบรรจุชิ้นงานขึ้นรูปพลาสติก: กรณีศึกษา บริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์, *วิศวกรรมศาสตร์เกษมบัณฑิต*, 10(2), 148.

วัชระ ลายลักษณ์, ชาลี ตระการกุล และ อุเทน คณະวาปี. (2557). การศึกษาการใช้ CAE เพื่อลดน้ำหนักชิ้นงานในการฉีดพลาสติกทรง 3 มิติ โดยใช้ก๊าซช่วยฉีด. *วารสารศรีประทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 6(1), 100-108.

ชาลี ตระการกุล, สถาพร ชาดาคม และ ไพบุลย์ สิ้นพระยากุล, (2557). การใช้โปรแกรม CAE ช่วยออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแบบใช้ก๊าซช่วยฉีด. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 2(พิเศษ), 33-37.

การเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานผลิตเครื่องดื่มสมุนไพร Business Process Improvement of The Herbal Beverage Factory

กฤษณชัย ศรีประเสริฐศักดิ์^{*1} มณิสรา บารมีชัย²

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย¹

หัวหน้าสาขาวิศวกรรมโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย²

*Corresponding author: E-mail : kritsana.chs@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำกำไรของโรงงานผลิตเครื่องดื่มสมุนไพร โดยปรับปรุงกระบวนการผลิตและการจัดการทรัพยากรบุคคล เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับภาระงานและลดรายจ่ายของโรงงาน รวมถึงการเพิ่มผลกำไรด้วยการสร้างช่องทางในการทำธุรกิจออนไลน์ผ่าน Application เพื่อเพิ่มรายได้ของโรงงานอีกทางหนึ่งด้วย

ผลการศึกษาระบบการขนส่งของโรงงานใหม่ เนื่องจากปัจจุบันทางโรงงานมีรถกระบะ สำหรับใช้งานทั่วไปอยู่แล้ว ซึ่งรถกระบะดังกล่าวหากมีการติดตั้งตู้ที่เพิ่มเติมสามารถนำมาวิ่งส่งของและรับวัตถุดิบกลับโรงงานด้วย หากเราวิ่งเองเราจะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 36,222 บาทต่อเดือน โดยมีค่าใช้จ่ายต่อรอบในกรณีวิ่งเองคิดเป็นเงิน 3,623.95 บาท การจัดระบบการทำงานใหม่และการเข้าทำงานแบบเหลื่อมช่วงเวลาช่วยลดชั่วโมงทำงานลงได้ 180 นาที (3 ชั่วโมง) ทำให้ไม่เกิดการ รอคอย การปรับจำนวนคนให้สอดคล้องกับเนื้องาน การลดกระบวนการซ้ำซ้อนรวมถึงการปรับวิธีการทำงานให้ทำงานไปพร้อมกันได้ จัดหาอุปกรณ์ช่วยทำงาน จึงทำให้สามารถปรับจำนวนพนักงานจากทั้งหมด 10 คน ลดจำนวนพนักงานได้ 2 คน เหลือ 8 คน คิดเป็นค่าจ้างวันละ 400 บาท/คน/วัน จะประหยัดได้ 800 บาท ต่อวัน และการทำตลาดออนไลน์ผ่าน Application Shopee ทำให้มีรายได้จากการขาย 1 ลัง (12 ขวด) = 7,410 บาท จากเดิมขายส่งปกติถึงละ 3,600 บาท เราสามารถทำกำไรเพิ่มมากกว่าการขายส่ง 3,810 บาทต่อลัง

คำสำคัญ : การเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน; เครื่องดื่มสมุนไพร; แนวคิดแบบลีน

Abstract

The purpose of this research study is to increase the profitability of the herbal beverage factory by improving production and distribution processes and human resource management in order to adjust the workload and reduce the expenditure of the factory. In addition, this research also explore the opportunity to increase profits by creating an online business channel to increase the factory's income.

The results of this study show that the factory can reduce the cost by improving their transportation system. By adding the additional solid cabinets, the factory's pickup truck can be utilized to deliver goods and receive raw materials back to the factory instead of renting the trucks from outsourcing company. Based on this improvement, the factory will be able to reduce the cost of 36,222 baht per month. In addition, by applying the ECRS techniques, the current production processes are rearranged and the redundant processes are eliminated so that the factory can reduce the number of employee from 10 to 8 persons, which result in 800 baht savings per day. Also, to increase the revenue, the feasibility of selling the product direct to customers through online platform also provided in this study. By selling the product online directly to customer, this factory can make more profit than selling product to wholesale customer approximately 3,810 baht per box.

Keywords: Business Process Improvement; Herbal Beverage; Lean Thinking

บทนำ

เครื่องดื่มสมุนไพรเป็นทางเลือกของผู้ที่สนใจดูแลสุขภาพ ที่ผ่านมากะแสความนิยมของเครื่องดื่มสมุนไพร เพื่อสุขภาพนั้นได้รับการตอบรับเป็นอย่างดีมายาวนาน ผู้คนในยุคปัจจุบันสนใจการบริโภคผักผลไม้ปลอดสารพิษ มีการทำการเกษตรกรรมแบบออแกนิกเพื่อหลีกเลี่ยงสารเคมีอันก่อให้เกิดโรคร้ายไข้เจ็บ เช่น โรคมะเร็งชนิดต่างๆ โรคภูมิแพ้อันเกิดจากสารเคมีที่เป็นอันตราย เป็นต้น รวมถึงการเข้ารักษาโรคแผนปัจจุบันสำหรับการรักษาโรคเรื้อรัง ซึ่งอาจมีการสะสมในร่างกายหากใช้เป็นเวลาานาน ดังนั้นแนวโน้มการใช้สมุนไพรทั้งแบบสดและแปรรูป จึงเป็นที่นิยมมากขึ้น การทำการตลาดของเครื่องดื่มสมุนไพรมีการแข่งขันที่สูงขึ้นในทุกปี แต่หลังจากกลางปี 2563 เป็นต้นมา ด้วยสภาพทางเศรษฐกิจที่ถดถอยจากวิกฤติการณ์โรคระบาด COVID-19 ทำให้ปริมาณการสั่งซื้อจากผู้จัดจำหน่ายที่เป็นคู่ค้านั้นลดลงอย่างต่อเนื่อง ในปัจจุบันเมื่อยอดการสั่งซื้อลดลง ระบบงานเดิมก่อให้เกิดปัญหาการใช้เวลาการผลิตนานและไม่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เกิดต้นทุนที่มากขึ้น ได้แก่ ค่าล่วงเวลาของพนักงาน ค่าขนส่ง ค่าไฟฟ้า เป็นต้น และส่งผลให้ลูกค้าต้องการรอการส่งมอบนานขึ้น และปริมาณการสั่งซื้อที่ลดลง ทำให้พนักงานมีเวลาร่างมากขึ้น การจัดกลุ่มงานในปัจจุบันไม่สอดคล้องกับภาระงานที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้นผู้ศึกษาสนใจศึกษาถึงเรื่องการเพิ่ม

ประสิทธิภาพการดำเนินธุรกิจของโรงงานผลิตเครื่องตีผสมปูนไฟร เพื่อให้ทราบถึงการจัดการระบบงานภายในโรงงานผลิตเครื่องตีผสมปูนไฟร การสร้างแนวทางการปรับปรุงเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการบริหารจัดการภายในโรงงาน รวมถึงวิธีการทำการตลาดในแนวทางใหม่ เช่น การตลาดออนไลน์ซึ่งในปัจจุบันเป็นที่นิยมอย่างมาก ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการจัดจำหน่ายในช่องทางออนไลน์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำกำไรของโรงงานผลิตเครื่องตีผสมปูนไฟร

การศึกษางานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำกำไรของโรงงานผลิตเครื่องตีผสมปูนไฟร โดยปรับปรุงกระบวนการผลิตและการจัดการทรัพยากรบุคคล เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับภาระงานและลดรายจ่ายของโรงงาน รวมถึงการเพิ่มผลกำไรด้วยการสร้างช่องทางการทำธุรกิจออนไลน์ผ่าน Application เพื่อเพิ่มรายได้ของโรงงานอีกทางหนึ่งด้วย โดยมีขอบเขตการศึกษาเฉพาะภายในโรงงานผลิตเครื่องตีผสมปูนไฟรดังกล่าว และมุ่งเน้นที่การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงาน และลดต้นทุนการบริหารงาน

แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินธุรกิจของโรงงานผลิตเครื่องตีผสมปูนไฟร ได้นำแนวคิดเกี่ยวกับการลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการด้วยหลักการ ECRS และแนวคิดระบบลีน โดยผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. หลักการ ECRS

กระบวนการดำเนินงานในส่วนหนึ่งของโรงงานนั้นจะทำหน้าที่ในส่วนของการผลิตสินค้า การลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นภายในส่วนหนึ่งของโรงงานนั้นจึงมีความจำเป็นและสำคัญอย่างมาก เนื่องจากความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นภายในส่วนงานนี้ส่งผลถึงต้นทุนที่เพิ่มขึ้น หากสามารถลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการหรือขั้นตอนต่างๆ ได้ จะทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลงด้วย การลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นภายในโรงงานสามารถใช้หลักการ ECRS ได้แก่

1.1 การกำจัด (Eliminate)

เริ่มต้นจากการพิจารณางานหรือกระบวนการที่เกิดขึ้นทั้งหมดของกระบวนการทำงาน เพื่อพิจารณากำจัดความสูญเปล่าออกไป เช่น การผลิตที่มากเกินไป การรอคอย การเคลื่อนที่หรือการเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น การทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ การเก็บสินค้ามากเกินไปเนื่องจากการผลิตที่มากเกินไปความต้องการ เป็นต้น

1.2 การรวมกัน (Combine)

กระบวนการทำงานบางขั้นตอนมีการทำงานทับซ้อนกัน สามารถนำมารวมกันได้โดยพิจารณางานที่ไม่จำเป็นออกเพื่อลดขั้นตอนการทำงานให้น้อยลง ทำให้การผลิตรวดเร็วมากขึ้น ขั้นตอนการทำงานลดลง เป็นต้น

1.3 การจัดใหม่ (Rearrange)

กระบวนการหรือขั้นตอนการทำงานในบางขั้นตอนอาจสลับกันไปมาได้ โดยพิจารณาจัดรูปแบบใหม่ก็เพื่อให้ง่ายต่อการทำงานและลดขั้นตอนการทำงานให้น้อยลง

1.4 การทำให้ง่าย (Simplify)

การปรับปรุงการทำงานให้ง่ายและสะดวกขึ้น อาจทำได้โดยการสร้างอุปกรณ์ช่วยในการทำงาน (Jig Tool) เพื่อให้การทำงานสะดวก รวดเร็ว และแม่นยำ และยังช่วยลดความผิดพลาด ลดความสูญเสียที่เกิดจากกระบวนการทำงาน

2. แนวคิดแบบลีน (Lean Thinking)

แนวคิดแบบลีน ถือเป็นแนวคิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อใช้พัฒนากระบวนการต่างๆ เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ลีน (Lean) แปลตามศัพท์หมายถึง ผอม เปรี้ยว บาง การนำมาใช้ในกระบวนการผลิตมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดการกระบวนการต่างๆ โดยมุ่งเน้นการขจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการเพื่อให้กระบวนการมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดต้นทุนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าในธุรกิจ กระบวนการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) เป็นกระบวนการที่ให้ความสำคัญในเรื่องการผลิตผลิตภัณฑ์หรือบริการตามความต้องการของลูกค้า โดยการทำความเข้าใจในกระบวนการทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง เพื่อบ่งชี้ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการ และกำจัดกระบวนการที่สูญเปล่าเหล่านั้นออกไป โดยสามารถแบ่งความสูญเปล่าออกเป็น 7 ชนิด คือ

2.1 การผลิตที่มากเกินไปเกินความต้องการของลูกค้า (Overproduction) วัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการผลิตมากเกินไป การทำงานระหว่างกระบวนการที่มากเกินไป หรือสินค้าคงคลังมากเกินไป สิ่งที่เกิดขึ้นเหล่านี้ไม่ว่าจะเป็นทรัพยากรทางด้านแรงงานหรือวัตถุดิบที่ถูกใช้ออกไปไม่ได้ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า เช่น เสียเวลา ทรัพยากร และแรงงานโดยไม่จำเป็น เสียพื้นที่ในการจัดเก็บและสินค้าคงคลังมีมากเกินไป เป็นต้น

2.2 การรอคอย (Waiting) การรอคอยที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เช่น การรอคอยวัตถุดิบ การวางแผนการผลิตที่ไม่สมดุล หรืออาจเกิดจากเครื่องจักรขัดข้อง โดยหากเกิดการรอคอยมากเกินไปย่อมส่งผลเสียต่อการผลิต เช่น เกิดต้นทุนที่สูญเปล่าจากเครื่องจักร แรงงาน และค่าดำเนินการต่างๆ เกิดต้นทุนค่าเสียเวลารอคอย หรือผลเสียจากการผลิตที่ล่าช้าและส่งมอบไม่ทันกำหนด เป็นต้น

2.3 การขนส่ง (Transportation) การขนส่งหรือการเคลื่อนที่ที่มากเกินไปโดยไม่ก่อให้เกิดมูลค่า ย่อมส่งผลเสียต่อการผลิต เช่น สูญเสียเวลาในการผลิต ต้นทุนในการขนย้ายมากขึ้นจากค่าเชื้อเพลิง ค่าแรงงานค่าอุปกรณ์ขนย้าย รวมทั้งค่าบำรุงรักษา โดยกระบวนการขนย้ายที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเหล่านี้ย่อมส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพของการผลิต

2.4 กระบวนการทำงานซ้ำซ้อน (Over Processing) กระบวนการทำงานที่มีความซ้ำซ้อนมากเกินไป เช่น การทำงานเดิมซ้ำๆ หลายครั้ง กระบวนการที่เกิดขึ้นนั้นย่อมส่งผลเสียต่อการผลิต เช่น ในขั้นตอนการตรวจสอบหากมีการแยกย่อยการทำงานมากเกินไปจนเกิดเป็นการรอคอยมากเกินไปย่อมส่งผลกระทบต่อ การผลิต โดยที่งานบางประเภทสามารถรวมเป็นงานเดียวกันได้ เป็นต้น

2.5 สินค้าคงคลังที่มากเกินไป (Over Inventory) การเก็บสินค้าที่มากเกินไป อาจเกิดมาจากการผลิตมากเกินไปเกินความต้องการของลูกค้า การสั่งซื้อวัตถุดิบจำนวนมากเนื่องจากต้องการส่วนลด กระบวนการจัดเก็บ

วัตถุประสงค์ระหว่างรอการผลิต เหล่านี้ล้วนทำให้เกิดปริมาณสินค้าคงคลังมากเกินไปและจะส่งผลเสีย คือ ต้นทุนในการผลิตเพิ่มมากขึ้น ต้นทุนในการจัดเก็บสินค้า เสียพื้นที่ในการจัดเก็บ เป็นต้น

2.6 ของเสีย (Defects) ของเสียเกิดขึ้นจากการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ผิดพลาด อาจเกิดจากกระบวนการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพ วัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน หรือกระบวนการผลิตที่ไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนดของเสียที่เกิดขึ้นเหล่านี้ ส่งผลเสียต่อการผลิต เช่น การส่งมอบล่าช้ากว่ากำหนดเสียเวลาและแรงงานในการแก้ไขปัญหา อีกทั้งยังเพิ่มต้นทุนที่ไม่จำเป็นต่อกระบวนการอีกด้วย

2.7 การเคลื่อนไหวที่มากเกินไป (Over Motion) การเคลื่อนไหวที่มากเกินไปจนเกิดความจำเป็นในกระบวนการทำงานต่างๆ ย่อมส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าจากการทำงาน เกิดความล่าช้าในการทำงาน โดยผลเสียต่อการดำเนินงาน เช่น เกิดปัญหาการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นจากการจัดวางอุปกรณ์และการวางผังโรงงานที่ไม่เหมาะสมหรือขาดมาตรฐานการทำงานที่ไม่เหมาะสม เป็นต้น

วิธีดำเนินการวิจัย

วิเคราะห์ SWOT เพื่อเข้าใจในระบบงาน

การวิเคราะห์ SWOT เพื่อหาจุดแข็ง จุดอ่อนในธุรกิจ ซึ่งเป็นปัจจัยภายในที่เราสามารถควบคุมได้ เราสามารถแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้ ส่วนปัจจัยภายนอกได้แก่ โอกาส และอุปสรรคนั้น เราต้องปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมเพราะเป็นสิ่งที่อยู่เหนือการควบคุม และคู่แข่งในธุรกิจเดียวกันก็ต้องประสบกับปัญหาเดียวกันกับเรา ผลการวิเคราะห์มีดังนี้

จุดแข็ง- น้ำผลไม้ผสมโปรไบโอติก เป็นนวัตกรรมใหม่มีคู่แข่งชั้นน้อยราย มีสูตรการผลิตที่ลอกเลียนแบบได้ยาก กระบวนการผลิตหลายขั้นตอน มีผู้เชี่ยวชาญด้านโปรไบโอติก (Specialist) เป็นของตนเอง มีพื้นที่โรงงานเป็นของตนเอง ไม่ต้องเสียค่าเช่า ที่ตั้งโรงงานอยู่ใกล้ถนนสายหลักของภาค สามารถเดินทางได้สะดวก

จุดอ่อน - โรงงานมีขนาดเล็ก มีพื้นที่จำกัด มีแรงงานไม่มาก กำลังการผลิตน้อย อยู่ต่างจังหวัดไกลจากแหล่งทรัพยากร (บรรจุภัณฑ์/สมุนไพรจากต่างถิ่น) ใช้เวลาผลิตค่อนข้างนาน

โอกาส - ตลาดคนรักสุขภาพมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง การค้าเสรีอาเซียนทำให้เปิดตลาดกับประเทศเพื่อนบ้านได้สะดวก การเกิดโรคระบาดทำให้คนต้องการสมุนไพรเพื่อบำรุงร่างกาย

อุปสรรค - สภาพเศรษฐกิจถดถอยค้าขายลำบาก ราคาน้ำมันสูงขึ้น ทำให้ค่าขนส่งแพงขึ้น ราคาค่าวัตถุดิบสูงขึ้น

ศึกษากระบวนการทำงานในแต่ละกิจกรรมของโรงงาน และวาดแผนผังการไหลของกระบวนการปัจจุบัน

กิจกรรมของโรงงานประกอบด้วยงานดัดสกรูไฟเบอร์ ลงเชื้อและหมักทิ้งไว้ 7 วัน ต้มปรุงรส สี กลิ่น และบรรจุลงขวด กล่อง และล้างตามลำดับ โดยกระบวนการในปัจจุบันเราใช้เวลาทั้งสิ้น 9 วัน ซึ่งเป็นส่วนของกระบวนการผลิต 3 วัน และเป็นการหมักบ่มผลิตภัณฑ์เป็นเวลาประมาณ 7 วัน ซึ่งทำให้เกิดการรอคอยในช่วงวันที่ 8-9

วิเคราะห์แผนผังสาเหตุและผล (แผนผังก้างปลา)

การค้นหาค้นหาต้นเหตุของปัญหาโดยใช้แผนภูมิก้างปลา โดยวิเคราะห์จาก 4 ปัจจัยได้แก่

Process - กระบวนการทำงานไม่เหมาะสม มีการทำงานบางอย่างซ้ำซ้อน เช่น การต้มน้ำอีกครั้งในวันรุ่งขึ้นเพื่อปรุงสี และกลิ่น ซึ่งสามารถปรับกระบวนการแล้วทำให้สามารถจบได้ในวันเดียว

Man – ใช้คนไม่เหมาะสมกับภาระงาน จัดสรรคนได้ไม่เหมาะสมกับงาน ทำให้ทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ มีการรอคอยงาน

Material - ต้นทุนวัตถุดิบบางประเภทเพิ่มขึ้น ทำให้มีต้นทุนสูงขึ้น

Machine - อุปกรณ์การทำงานไม่เหมาะสมกับงาน ทำให้ใช้เวลาการทำงานนาน ควรมีการสร้างอุปกรณ์ที่ช่วยอำนวยความสะดวก (Jig Tool)

พัฒนากระบวนการผลิตโดยใช้เทคนิค ECRS

1. การขจัดออก (Eliminate) ลดได้ 1 ขั้นตอน คือ ใช้อุปกรณ์ช่วยให้ขวดเย็นเร็วขึ้น จะลดเวลาการรอคอยได้ 1-2 ชั่วโมง

2. การรวมกัน (Combine) ลดได้ 1 ขั้นตอน คือ การจัดทีมงานสำหรับเตรียมบรรจุภัณฑ์ (ล้างขวด หนึ่งขวด พับกล่อง) ให้ทำไปพร้อมๆ กับการต้มปรุง ทำให้ประหยัดเวลาได้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง

3. (การจัดใหม่) Rearrange ลดได้ 1 ขั้นตอน คือ เปลี่ยนระบบทีมงานใหม่ เดิมให้เข้างานเวลา 8.30น. พร้อมกันหมด ทำให้เกิด OT ดังนั้นจึงให้พนักงานต้มปรุงจำนวน 2 คน ให้มาเข้างานเร็วขึ้น เป็น 5.00น. เพื่อป้องกันให้กับฝ่ายบรรจุได้ในเวลา 9.00 น. ทำให้ลดการเปิด OT หากเกินเวลา และสามารถทำงานได้จบภายในวันเดียว

วาดแผนผังการไหลของกระบวนการที่ปรับปรุงใหม่

เมื่อเราได้ปรับปรุงแผนการปฏิบัติงานแล้ว เราสามารถประหยัดวันทำงานลงได้ 1 วัน คือ สามารถทำ Finished Goods ได้ภายในวันที่ 8 ของการผลิต โดยให้แม่ครัวมาทำงานต้มปรุงและใส่สีกลิ่นในช่วงเข้ามีดก่อนที่พนักงานบรรจุจะมาเข้างานในเวลาทำงานปกติ จะช่วยให้การบรรจุเริ่มได้เร็วขึ้น ลดเวลาการรอคอยลงได้ 1 วัน

นำกระบวนการที่ออกแบบใหม่ไปปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้แนะนำกระบวนการปรับปรุงการดำเนินงานไว้ดังนี้

1. รวมขั้นตอนการต้มปรุงในวันที่ 8 และการเติมสี/กลิ่น ในวันที่ 9 ทำให้สามารถประหยัดเวลาและเชื้อเพลิงในการตั้งไฟให้น้ำเดือด จัดสรรกำลังคนใหม่ให้สอดคล้องกับเวลาในการทำงานให้เหมาะสม

2. งานจัดเตรียมบรรจุภัณฑ์ (ล้างขวด หนึ่งขวด พับกล่อง) ให้มีพนักงานอีกที่รับผิดชอบ เพื่อไม่ให้เวลาดานเพิ่ม สามารถทำพร้อมกับการต้มปรุง และสามารถใช้ได้ทันทีเมื่อต้มปรุงเสร็จ

3. การรอให้ขวดเย็นตัวลง ใช้เวลา 3 ชม. อาจหาวิธีทำให้ขวดเย็นเร็วขึ้น เช่น ลดอุณหภูมิในพื้นที่เก็บสินค้าจะช่วยลดเวลารอคอยเหลือ 1 ชม. เป็นต้น เนื่องจากขวดที่บรรจุแล้ว มีอุณหภูมิสูงเกินกว่าที่จะติดสติกได้ จึงต้องลดอุณหภูมิก่อน โดยใช้ถังน้ำแข็งขนาด 200 ลิตร แล้วนำขวดที่บรรจุแล้ว ลงแช่ในถัง เพื่อลดอุณหภูมิ โดยมีราคาจัดซื้อ ประมาณ 3,000 บาท ต่อถัง อายุการใช้งาน 5-10 ปี และมีค่าใช้จ่ายสำหรับน้ำแข็ง ประมาณ 50 บาทต่อครั้ง

สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินธุรกิจของโรงงานผลิตเครื่องต้มสมุนไพร ผู้วิจัยได้ดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงใน 3 หัวข้อคือ การลดต้นทุนดำเนินการขนส่งโดยการ พัฒนาระบบการขนส่งของโรงงาน การปรับระบบการทำงานและการจัดการบุคลากร และการพัฒนาระบบการตลาดโดยใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีในปัจจุบันผ่านช่องทางการทำธุรกิจออนไลน์ด้วย Application

การลดต้นทุนดำเนินการขนส่งโดยการพัฒนาระบบการขนส่งของโรงงาน

ปัจจุบันทางโรงงานมีรถกระบะ สำหรับวิ่งใช้งานทั่วไปอยู่ ซึ่งรถกระบะดังกล่าว หากมีการติดตั้งตู้ที่บเพิ่มเติมนำมาวิ่งส่งของและรับวัตถุดิบกลับด้วย หากเราใช้รถขนส่งเอง (กรณีมีรถอยู่แล้ว) มีการลงทุนเบื้องต้นคือ ติดตู้ที่บสำหรับใส่สินค้า 15,000 บาท ทำช่วงล่างรถกระบะสำหรับบรรทุก 9,000 บาท และอาจมีค่าใช้จ่ายอื่นๆ เช่น ค่าเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง ค่าซ่อมบำรุง ค่าเปลี่ยนยาง ค่าจ้างคนขับและคนประจำรถ ค่าน้ำมันไปกลับ ค่าเสื่อมราคารถ ค่าประกันรถ เป็นต้น หากเราวิ่งรถเอง ตามข้อมูลเดือนสิงหาคม - ธันวาคมปี 2563 เราจะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 108,688 บาทจากการส่งสินค้าสำเร็จรูป บวกค่าขนส่งขวดเปล่า 36,200 บาท รวมเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมด 144,888 บาท ต่อ 4 เดือนโดยค่าใช้จ่ายต่อรอบในกรณีวิ่งรถเอง คือ 3,623.95 บาท

การลดต้นทุนการผลิตจากการปรับระบบการทำงานและบริหารทรัพยากรบุคคล

ระบบงานเดิม ใช้แรงงานทั้งหมด 10 คน จากการสำรวจแล้วพบว่า เมื่อภาระงานน้อยลง สามารถจัดการคนให้น้อยลงได้ 2 คน คือ งานจัดเตรียมวัตถุดิบจาก 3 คน เหลือ 2 คน และงานพับกล่องติดสติก จาก 3 คน เหลือ 2 คน และเมื่อแก้ไขแล้ว ทำให้ลดวันทำงานลงไปได้ 1 วัน และแรงงานได้ 2 คน โดยวันที่ 1 เวลาทำงานทั้งหมด 340 นาที (5 ชม. 40 นาที) วันที่ 8 เวลาทำงานทั้งหมด 670 นาที (11 ชม. 10 นาที) รวมเวลาดานทั้งหมด 1,010 นาที (16 ชม. 50 นาที) จากเดิม 1,190 นาที (19 ชม. 50 นาที) ลดลงได้ 180 นาที (3 ชม) จำนวนพนักงาน 10 คน ค่าจ้างวันละ 400 บาท หากลดจำนวนพนักงาน 2 คนสามารถประหยัดได้ $400 \times 2 = 800$ บาท/วัน ระบบการทำงานใหม่ และการเข้าทำงานแบบหลั่มช่วงเวลา ทำให้ลดวันทำงาน และลดชั่วโมงทำงานลงได้ ทำให้ไม่เกิดการรอคอย และประหยัดต้นทุนการดำเนินงานได้มาก มีพนักงานทั้งหมด 10 คน ลดเหลือ 8 คน คิดเป็นค่าจ้างวันละ 400 บาท/คน/วัน $\times 2$ วัน = 8,000 บาท ต่อ การผลิต 1 Batch = 120 ขวด หรือ คิดเป็นต้นทุนค่าแรง ต่อขวด ขวดละ 300 บาท $\times 120$ ขวด =

36,000 บาท การปรับวิธีการทำงาน ให้ทำงานไปพร้อมกัน รวมถึงจัดหาอุปกรณ์มาช่วยทำงาน การลดจำนวนคนให้สอดคล้องกับเนื้องาน จะประหยัดได้อีก $400 \text{ บาท} \times 2 \text{ คน} = 800 \text{ บาทต่อวัน}$

พัฒนาระบบการตลาดโดยใช้ประโยชน์จาก เทคโนโลยีในปัจจุบัน ด้วยการสร้างช่องทางการทำธุรกิจออนไลน์ผ่าน Application

ผู้วิจัยได้เลือกเว็บไซต์ Shopee ในการทำการตลาดออนไลน์และอาจขยายไปยัง Application อื่นในอนาคต โดยหลักการในการทำตลาดออนไลน์ผ่าน Application คือ มีการออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้สวยงาม และห่อกันกระแทกอย่างแน่นหนาמידชิด ตั้งราคาอยู่ในกลุ่มสินค้าเดียวกัน และมีกำไรไม่น้อยกว่า ร้อยละ 50 จากต้นทุน มีการจัดโปรโมชั่นเพื่อกระตุ้นยอดขาย ลงจำหน่ายผ่านแอปพลิเคชัน Shopee และค่าจัดส่งลูกค้าเป็นผู้รับผิดชอบ

การคำนวณต้นทุน และการทำโปรโมชั่น มีต้นทุนต่อขวด 300 บาท ขายผ่านช่องทางออนไลน์ ตั้งราคาไว้ที่ 990 บาท มีการจัดโปรโมชั่น สองขวด 1,900 บาท เพื่อส่งเสริมการขาย ถ้าขายปลีกจะได้กำไรต่อขวด เท่ากับ $990 - 300 = 690$ บาท (หักลบ 5 เปอร์เซ็นต์จากค่าธรรมเนียมออนไลน์ รับสุทธิ $690 - 34.50 = 655.50$ บาทต่อขวด) จัดโปรโมชั่นสองขวด 1,900 บาทจะได้กำไร $1,900 - 600 = 1,300$ บาท (650บาทต่อขวด โดยหักลบ 5 เปอร์เซ็นต์จากค่าธรรมเนียมออนไลน์ รับสุทธิ $650 - 32.50 = 617.50$ บาทต่อขวด = 7,410 ต่อลัง (12 ขวด) ถ้าขายส่งปกติลังละ 3,600 บาท เราสามารถทำกำไรเพิ่มเติมเทียบกับการขายส่ง = $7,410 - 3,600 = 3,810$ บาทต่อลัง

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินธุรกิจของโรงงานผลิตเครื่องดื่มสมุนไพร สามารถอภิปรายได้ดังนี้

การลดต้นทุนดำเนินการขนส่งโดยการพัฒนาระบบการขนส่งของโรงงาน

เดิมการขนส่งสินค้าสำเร็จรูป จะใช้บริการรถขนส่งเอกชน (นิ่มซีเส็ง) ซึ่งจะคิดตามน้ำหนัก ขนาด และจำนวนสินค้า มีค่าจัดส่งอยู่ที่ 200 บาทต่อลัง และการสั่งซื้อสินค้าเข้าโรงงานใช้การส่งโดยรถของ Supplier และเก็บค่าจัดส่งปลายทาง มีค่าจัดส่ง 20 บาทต่อลัง รวมเป็นค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 102,350 บาทต่อเดือน แต่เนื่องจากปัจจุบันทางโรงงานมีรถกระบะ สำหรับวิ่งใช้งานทั่วไปอยู่ ซึ่งรถกระบะดังกล่าว หากมีการติดตั้งตู้เพิ่มเติมนำมาวิ่งส่งของและรับวัตถุดิบกลับด้วย จะช่วยลดค่าใช้จ่ายได้เฉลี่ย 36,222 บาทต่อเดือน โดยคิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อรอบ 3,623.95 บาท

การลดต้นทุนการผลิตจากการปรับระบบการทำงานและบริหารทรัพยากรบุคคล

ปัจจุบันสภาพเศรษฐกิจทำให้ปริมาณการสั่งซื้อลดลง และพนักงานมีเวลาว่างมากขึ้น ทำให้เกิดชั่วโมงสูญเปล่า กระบวนการผลิตและการจัดระบบงานในปัจจุบันไม่สอดคล้องกับภาระงาน ดังนั้นจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตและรูปแบบการทำงานให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง โดยปรับระบบการทำงานใหม่ เข้าทำงานแบบเหลื่อมช่วงเวลา ทำให้ลดชั่วโมงทำงานลงได้ ลดการรอคอย และประหยัดต้นทุนการดำเนินงานได้มาก

ลดพนักงานจาก 10 เหลือ 8 คน ช่วยประหยัดค่าจ้างได้ 8,000 บาท ต่อการผลิต 1 Batch หรือ 120 ขวด คิดเป็น ต้นทุนค่าแรงขวดละ 300 บาท x 120 ขวด = 36,000 บาท การปรับวิธีการทำงาน ให้ทำงานไปพร้อมกันและจัดหา อุปกรณ์ช่วยทำงาน การลดจำนวนคนให้สอดคล้องกับเนื้องาน จะประหยัดได้อีก 800 บาทต่อวัน

พัฒนาระบบการตลาดโดยใช้ประโยชน์จาก เทคโนโลยีในปัจจุบัน ด้วยการสร้างช่องทางการทำธุรกิจออนไลน์ผ่าน Application

การตลาดออนไลน์ในปัจจุบันเป็นที่นิยมแพร่หลายอย่างมาก เพราะสะดวกสบาย และประหยัดเวลาในการเดินทางออกไปซื้อของเนื่องจากสั่งแล้วมีบริการจัดส่งถึงบ้าน และช่องทางตลาดออนไลน์ยังสามารถเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้สินค้าเป็นที่รู้จักอย่างรวดเร็ว ช่วยเพิ่มโอกาสในการทำกำไรมากขึ้น เพราะมีต้นทุนการประชาสัมพันธ์ที่ต่ำ ลูกค้าสามารถค้นหาและศึกษาข้อมูลได้ก่อนซื้อ การทำธุรกิจผ่านระบบออนไลน์ ค่าขนส่งต้นทุน และการทำโปรโมชั่น มีต้นทุนต่อขวด 300 บาท ขายผ่านช่องทางออนไลน์ ตั้งราคาไว้ที่ 990 บาท มีการจัดโปรโมชั่น สองขวด 1,900 บาท เพื่อส่งเสริมการขาย ซึ่งโดยปกติลูกค้าจะซื้อยกถัง ทำให้เราสามารถทำกำไรได้มากขึ้นกว่าการจำหน่ายผ่านตัวแทน ถ้าขายส่งปกติได้ถังละ 3,600 บาท เราสามารถทำกำไรเพิ่มเทียบกับการขายส่ง คือ 3,810 บาทต่อถัง

ข้อเสนอแนะ

1. ในอนาคตอาจมีการปรับปรุงระบบการจัดการภายในโรงงาน จัดการกระบวนการผลิต หรืออาจลดจำนวนพนักงาน เพื่อให้สอดคล้องกับภาระงานในปัจจุบัน เนื่องจากสถานการณ์โรคระบาด COVID-19 ส่งผลกระทบให้โรงงานยังมีจำนวนการสั่งซื้อที่น้อยลง
2. ลูกค้าเดิมยังมีข้อจำกัดในการทำตลาดค้าปลีก และการทำตลาดต่างประเทศเป็นไปอย่างยากลำบาก ด้วยกฎระเบียบข้อบังคับทางการค้าในปัจจุบัน
3. ในการทำวิจัยครั้งต่อไปอาจเสนอการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อช่วยในการผลิต จะทำให้ประหยัดต้นทุนต่อหน่วยและลดค่าจ้างพนักงานลงได้อีก

กิตติกรรมประกาศ

งานค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร.มณิสรา บารมีชัย อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาใช้เวลาและให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัย ตลอดจนตรวจสอบข้อบกพร่องในการทำวิจัย อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณคณะกรรมการพิจารณาการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา กาญจนสุนทร รองศาสตราจารย์ ดร.สถาพร อมรสวัสดิ์วัฒนา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชรวิ จันทระ ปรภายกุล ซึ่งได้ให้ข้อเสนอแนะและแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้จัดการโรงงานผลิตเครื่องดื่มสมุนไพร และพนักงานทุกท่าน ที่ได้ให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์เพื่อการศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อนำไปปรับปรุงระบบการทำงานภายในโรงงานให้เกิดประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และสร้างผลกำไรอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- แท้ปั้ง ดอน และคณะ. (ม.ป.ป.). *มุ่งสู่สินด้วยการจัดการสายธารคุณค่า (Value Stream Management)*.
วิทยา สุหฤตดำรง, युพา กลอนกลาง และสุนทร ศรีลังกา. (2550). *อี.ไอ.สแควร์*.
เจฟฟรีย์ เค. โลเคอร์. (2548). *วิธีแห่งโตโยต้า ต้นกำเนิดการผลิตแบบลีน*. *อี.ไอ.สแควร์ สำนักพิมพ์*.
ศิวาลัย ไวยานิกรณ์. (2556). *การปรับปรุงกระบวนการคลังสินค้าของบริษัทเครื่องดื่ม* [วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
ปิยะพร บุปผาชาติ. (2559) การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมประเภท
อิเล็กทรอนิกส์. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยบูรพา.
สุภรัตน์ พูลสวัสดิ์. (2559). การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแผนกเอกสารขาออก กรณีศึกษาสายเรือแห่งหนึ่งใน
เขตพื้นที่แหลมฉบัง. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยบูรพา
นภัสรพี ปัญญาธนาณิช. (2560). การประยุกต์ใช้แนวคิดแบบลีนในการปรับปรุงกระบวนการจัดซื้อ : กรณีศึกษา
อุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking*. Simon & Schuster.
Wajanawichakon, K. & Srimitee, C. (2011). ECRS's Principles for a Drinking Water Product Plant. *IOSR
Journal of Engineering*, 2(5), 956-960.

การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมของถังให้ความชื้นด้านแคโทดสำหรับรีดอกซ์โฟลว์
แบตเตอรี่ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นสารตั้งต้น

Study of optimum temperature of the humidification tank Cathode side for redox flow
batteries using hydrochloric acid as a substrate

อดิศร ถมยา^{1*} ยศธนา คุณาทร²

สาขาวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ¹

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ²

*Corresponding author: E-mail: adisorn2@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีการพัฒนารีดอกซ์โฟลว์แบตเตอรี่ เพื่อทดแทนแบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ ซึ่งมีการทำงานเป็นแบบระบบปิด สารทำงานสามารถทำงานได้ตลอดอายุการใช้งานและสารทำงานวนอยู่ในเซลล์ ด้วยความสามารถในการเพิ่มกำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของความต่างศักย์ โดยรีดอกซ์โฟลว์แบตเตอรี่ ที่เลือกในการดำเนินงานวิจัยเป็นชนิดที่มีสารทำงานเป็นกรดไฮโดรคลอริก (HCL) เนื่องจาก กรดไฮโดรคลอริก มีสถานะอยู่ในรูปของสารละลายของเหลว ซึ่งสามารถขนย้ายได้ง่าย หาได้ง่าย และมีราคาถูก วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมของถังให้ความชื้นด้านแคโทดต่อสมรรถนะของรีดอกซ์โฟลว์แบตเตอรี่ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นสารตั้งต้นสำหรับทำการทดสอบอุณหภูมิถึงให้ความชื้นที่มีอุณหภูมิ 55,65 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ทำการสร้างกราฟโพลาร์ไรเซชันและหาค่าสมรรถนะรีดอกซ์โฟลว์แบตเตอรี่ ภายใต้อุณหภูมิการทำงานที่เหมาะสมของถังให้ความชื้น ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิของอุณหภูมิถึงให้ความชื้นเท่ากับ 65 องศาเซลเซียสจะมีสมรรถนะการทำงานของเซลล์รีดอกซ์โฟลว์แบตเตอรี่ดีที่สุด มีกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 0.86 วัตต์ และกระแสไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 1.35 แอมแปร์ ที่ประสิทธิภาพของศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 47.06 % และที่ค่าความต่างศักย์มาตรฐานใช้งานที่ 0.6 โวลต์พบว่า ที่อุณหภูมิของถังให้ความชื้นเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส ให้ค่ากำลังไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้ามากกว่า ที่อุณหภูมิของถังให้ความชื้นเท่ากับ 55 และ อุณหภูมิห้องดังนี้ 0.48, 0.46 วัตต์ และ 0.75, 0.7 แอมแปร์ ตามลำดับ

คำสำคัญ : รีดอกซ์โฟลว์แบตเตอรี่; กรดไฮโดรคลอริก; ประสิทธิภาพของศักย์ไฟฟ้า; สมรรถนะ

Abstract

This research is the development of redox flow batteries to replace other types of batteries which works as a close system, The active substance is able to work for a lifetime and the active substance is circulated inside the cell. Due to our ability to increase the power and performance of the potential difference, liquid substance, removable, easy to find, and low price, hydrochloric acid (HCL) was selected to use as a reactant for the redox flow batteries in this study. The objective of this study was to study the effect of the optimum temperature of the cathode humidification tank on the performance of the redox flow battery. Hydrochloric acid was used as a substrate for testing the temperature of the humidification tank at 55,65 °C and room temperature. The polarization curve was created and the battery redox flow capacity was determined under optimum operating temperature of the humidification tank. The results showed that temperature of the humidified tank temperature was at 65°C, the performance of the redox flow battery cells was highest when It has an electric power of 0.86 watts and a maximum current of 1.35 amperes at voltage efficiency of 47.06%. When standard voltage was at 0.6 volts, it was found that at the temperature of the humidification tank to 65 °C, provided more power and current at the humidification of the tank was 55 and the room temperature were as follows: 0.48, 0.46 watts and 0.75, 0.7 amperes, respectively.

Keywords: redox flow batteries; hydrochloric acid; efficiency; performance

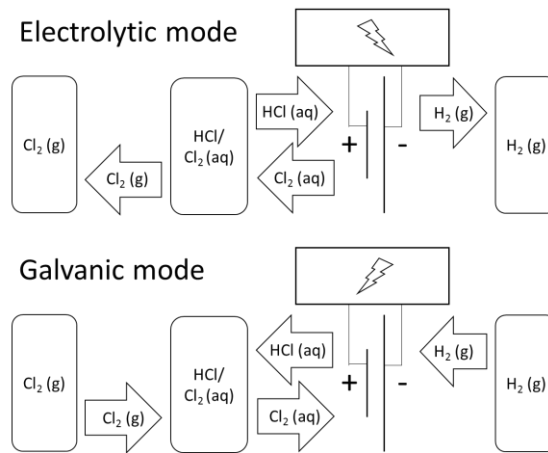
บทนำ

แบตเตอรี่แบบกรดตะกั่ว เป็นที่นิยมในการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ แต่มีข้อเสียในเรื่องของอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ที่ประมาณ 5 ปี และเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อหมดอายุการใช้งานจากกรดตะกั่ว ทำให้มีการศึกษา วิจัยหาแหล่งกักเก็บพลังงานไฟฟ้ารูปแบบใหม่เพื่อทดแทนแบตเตอรี่แบบกรดตะกั่ว ซึ่งจากการศึกษามีหลากหลายเทคโนโลยี โดยเทคโนโลยีที่เหมาะสมใน งานวิจัยจะทำการการศึกษาและพัฒนาต้นแบบเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานรีดอกซ์แบตเตอรี่ที่ใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นสารทำงานจากพลังงานไฟฟ้า โดยมุ่งเน้นศึกษาการใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นสารทำงานในระบบกักเก็บพลังงานรีดอกซ์แบตเตอรี่ ซึ่งเป็นการลดการนำเข้าและลดต้นทุนของระบบรีดอกซ์แบตเตอรี่โดยจะนำเสนอในส่วนผลของอุณหภูมิจนถึงให้ความชื้นด้านแคโทดสำหรับรีดอกซ์โพลีเมอร์แบตเตอรี่ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นสารตั้งต้นที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของศักย์ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าสูงสุด และ กระแสไฟฟ้าสูงสุด (Carvela et al., 2020)

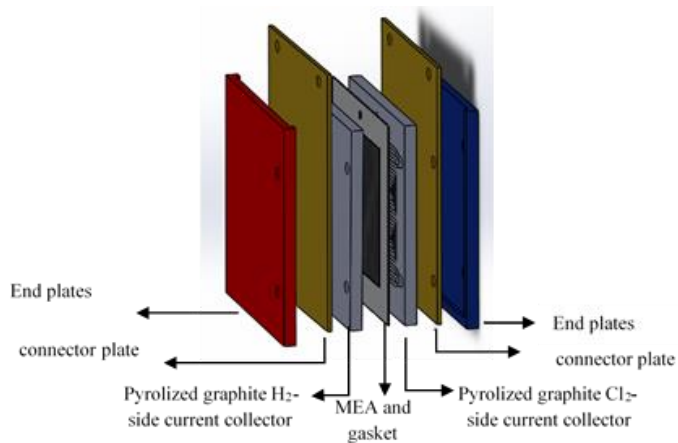
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องรีดอกซ์โฟลว์แบตเตอรี่

รีดอกซ์โฟลว์แบตเตอรี่ที่มีสารทำงานเป็นกรดไฮโดรคลอริก

การทำงานของ Redox Flow battery ที่ใช้สารทำงานเป็น ไฮโดรเจนที่มีสถานะเป็นแก๊สที่อุณหภูมิห้อง และ คลอรีนที่มีสถานะเป็นแก๊สที่อุณหภูมิห้อง ทำงานโดยใช้ปั๊มสารทำงานผ่านช่อง Flow field ในขณะที่ทำการเก็บประจุ (Charged) และทำการถ่ายประจุ (Discharged) ดังแสดงในภาพที่ 1

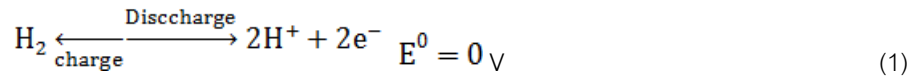


ภาพที่ 1 แผนผังการทำงานของรีดอกซ์แบตเตอรี่ที่ใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นสารทำงาน(Thomya & Khunatom, 2020)

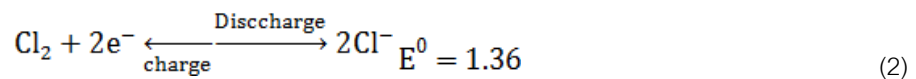


ภาพที่ 2 แสดงส่วนประกอบในเซลล์เดียว (Thomya & Khunatom, 2020)

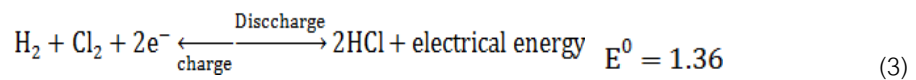
ในขณะที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้า จะมีการถ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังโหลด โดยที่ขั้วแอโนด (Anode) จะมีแก๊สไฮโดรเจนไหลผ่านช่อง Flow field สัมผัสกับสารเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิด ไฮโดรเจนไอออน และ อิเล็กตรอนตามสมการที่ 1 (Huskinson et al., 2012)



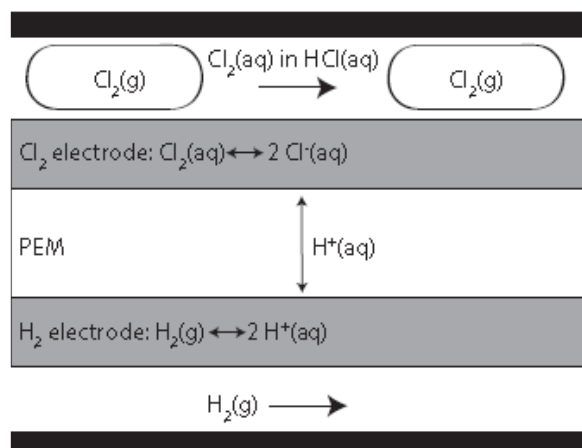
ไฮโดรเจนไอออนจะเคลื่อนที่ผ่าน Membrane ไปรวมกับคลอรีนไอออน ส่วนอิเล็กตรอนจะไหลไปยัง Current collector ไปยังวงจรภายนอก ทำให้เกิดกำลังทางไฟฟ้า แล้วกลับมายัง Current collector ทางฝั่งคลอรีน โดยฝั่งคลอรีนมีกระบวนการดังสมการที่ 2



การรวมกันของคลอรีนและอิเล็กตรอนทำให้เกิด คลอรีนไอออน เมื่อ ไฮโดรเจนไอออนไหลผ่าน Membrane ไปรวมกับคลอรีนไอออน ทำให้เกิด ไฮโดรเจนคลอไรด์หรือ กรดไฮโดรคลอริก และพลังงานไฟฟ้าดังสมการที่ 3



ในระหว่างการคายพลังงานไฟฟ้า แรงดันที่ต่อเข้ากับขั้วแบตเตอรี่จะน้อยกว่าศักย์ไฟฟ้าของแบตเตอรี่เมื่อเปิดวงจร (Open Circuit potential : E0) ไฮโดรเจนและคลอรีนจะทำให้เกิดกรดไฮโดรคลอริกและพลังงานไฟฟ้า ส่วนในระหว่างการเก็บประจุ แรงดันที่ต่อเข้ากับขั้วแบตเตอรี่จะมากกว่าศักย์ไฟฟ้าของแบตเตอรี่เมื่อเปิดวงจร ทำให้พลังงานไฟฟ้าไหลเข้าสู่แบตเตอรี่ ทำให้กรดไฮโดรคลอริกแตกตัวเป็นไฮโดรเจนและคลอรีน แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 รีดอกซ์แบตเตอรี่ที่มีสารทำงานเป็นกรดไฮโดรคลอริก (Huskinson et al., 2012)

ส่วนประกอบที่สำคัญของรีด็อกซ์แบตเตอรี่ที่มีสารทำงานเป็นกรดไฮโดรคลอริก

การหาประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง

โดยทั่วไปการวัดประสิทธิภาพของรีด็อกซ์โพลีเมอร์แบตเตอรี่ นิยมวัดจากประสิทธิภาพของศักย์ไฟฟ้า (Voltage Efficiency, η_v) แสดงถึงการลดลงของพลังงานศักย์เมื่อเทียบกับพลังงานศักย์ทางทฤษฎี ดังนั้นประสิทธิภาพของศักย์ไฟฟ้า ดังสมการที่ 4

$$\eta_v = \frac{V}{E} \quad (4)$$

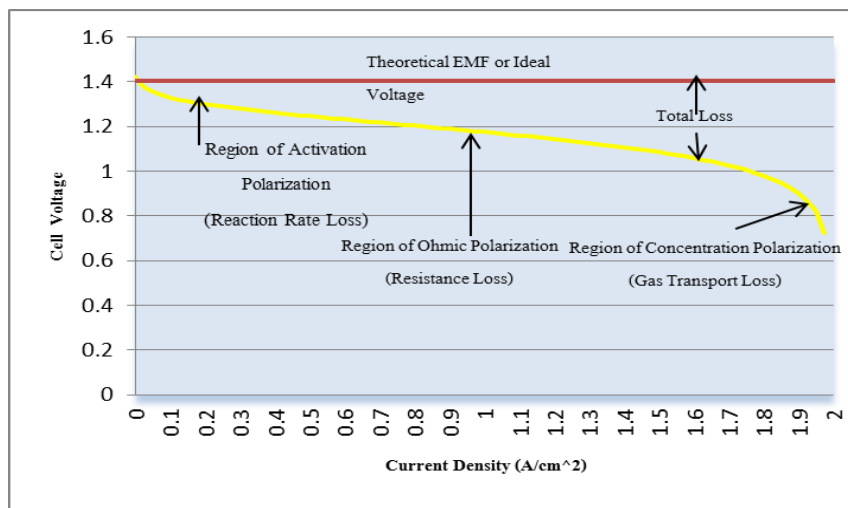
η_v คือประสิทธิภาพของศักย์ไฟฟ้า

V คือความค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้จริง

E คือความค่าศักย์ไฟฟ้าตามทฤษฎี ($E = 1.36$ โวลต์)

การวิเคราะห์สมรรถนะของรีด็อกซ์โพลีเมอร์แบตเตอรี่

การทำงานของรีด็อกซ์โพลีเมอร์แบตเตอรี่ จะมีการวัดค่าออกมาอยู่ในรูปของความหนาแน่นกระแสคือ ปริมาณกระแสที่ได้ต่อหน่วยพื้นที่ที่เกิดปฏิกิริยาภายในรีด็อกซ์โพลีเมอร์แบตเตอรี่ ในหน่วย milli amperes per square centimeter (mA/cm²) จากการทำงานของรีด็อกซ์โพลีเมอร์แบตเตอรี่ สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานได้จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและความหนาแน่นกระแส (I-V Characteristic Curve) ดังแสดงในภาพที่ 4 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (Linden & Reddy, 2002)



ภาพที่ 4 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์กับความหนาแน่นกระแส

จากกราฟความต่างศักย์ที่เซลล์ให้ออกมาจะลดลงเมื่อมีกระแสไหลมากขึ้นซึ่งตามทฤษฎีแล้ว ความสัมพันธ์ของความต่างศักย์และความหนาแน่นกระแสควรจะเป็นเส้นตรงขนานกับแกนนอน แต่เนื่องจากข้อจำกัดในการทำงานของ รีดอกซ์โพลาร์แบตเตอรี่ ทำให้ความสามารถในการทำงานลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุสำคัญ ดังนี้ คือ

ความสามารถของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ให้ออกมาขณะอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูง ๆ ไม่เพียงพอ เรียกว่า reaction rate loss

ความต้านทานของ proton exchange membrane ทำให้ความสามารถในนำโปรตอนต่ำลง เรียกว่า resistance loss

ความต้านทานของชั้นการแพร่ และตัวสะสมกระแส ทำให้ความสามารถในการนำอิเล็กตรอนต่ำลง เรียกว่า resistance loss

ผลเนื่องจากอัตราการแพร่ ในกรณีที่ก๊าซออกซิเจนไหลผ่านชั้นการแพร่ไปสู่ชั้นของตัวเร่งปฏิกิริยา ขณะเดียวกันกับน้ำกำลังไหลสวนทางออกมาทำให้พื้นที่ในการเกิดปฏิกิริยาน้อยลง เรียกว่า gas transport loss

รีดอกซ์โพลาร์แบตเตอรี่ ชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนได้ถูกพัฒนาขึ้น ภายใต้สมการกฏอนุรักษ์พลังงาน สมการอนุรักษ์มวล และสมการทางเทอร์โมไดนามิกส์ พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์เชื้อเพลิงนั้นเกิดจากปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีดังแสดงไว้ในภาพที่ 1 และจากความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าสามารถนำมาแสดงดังสมการที่ 5 - 8

$$V = E_{thermo} - \Delta E_{act} - \Delta E_{ohmic} - \Delta E_{conc} \quad (5)$$

V คือ แรงดันไฟฟ้าที่แท้จริงของรีดอกซ์โพลาร์แบตเตอรี่

E_{thermo} คือ แรงดันไฟฟ้าทางเทอร์โมไดนามิกส์ของรีดอกซ์โพลาร์แบตเตอรี่

ΔE_{act} คือ แรงดันไฟฟ้าที่เกิดการสูญเสียเนื่องจากการทำปฏิกิริยาเคมี

ΔE_{ohmic} คือ แรงดันไฟฟ้าที่เกิดการสูญเสียเนื่องจากการนำไฟฟ้าของวัสดุ

ΔE_{conc} คือ แรงดันไฟฟ้าที่เกิดการสูญเสียเนื่องจากการไหลของสารทำงาน

ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่เกิดการสูญเสียสามารถหาได้จากสมการที่ดังนี้

$$E_{thermo} = E_{thermo}^0 - \left[\left(\frac{RT}{n_e F} \right) \ln \left(\frac{p_{HCl}}{p_{H_2} \times \sqrt{p_{Cl_2}}} \right) \right] \quad (6)$$

$$\Delta E_{act} = - \left(\frac{RT}{\alpha n_e F} \right) \ln(i_o) + \left(\frac{RT}{\alpha n_e F} \right) \ln(i) \quad (7)$$

$$\Delta E_{ohmic} = i(ASR_{ohmic}) \Delta E_{conc} = \left(\frac{RT}{n_e F} \right) \ln \left(\frac{i_L}{i_L - i} \right) \quad (8)$$

E_{thermo}^0	คือ แรงดันไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์มีค่าเท่ากับ 1.36 V
R	คือ ค่าคงที่ของแก๊ส (8.3144 J/mol K)
T	คือ อุณหภูมิมีหน่วยเป็นเคลวิน K
n_e	คือ จำนวนของอิเล็กตรอนต่อการทำปฏิกิริยาไอออนหรือโมเลกุล
F	คือ ค่าคงที่ของ Faraday (96,500 C/mol)
P_{HCl}	คือ ความดันย่อยของกรดไฮโดรคลอริก
P_{H_2}	คือ ความดันย่อยของไฮโดรเจน
P_{Cl_2}	คือ ความดันย่อยของคลอรีน

วิธีการทดลอง

ต้นแบบรีดออกซิฟิวล์แบตเตอรี่ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นสารตั้งต้น ในบทความนี้แสดงในรูปแบบที่ 1-3 endplates ทำจากแผ่น อะลูมิเนียม ตัวเก็บกระแสทำจากทองเหลือง ช่องการไหลทำจากกราฟไฟต์ที่มีพื้นที่ทำปฏิกิริยา 50 cm² และใช้ Nafion® 117 ที่มีเงื่อนไขการไหลลดตัวเร่งปฏิกิริยาต่ำกว่า 0.03 mg/cm² ของ Ru ที่ด้านแอโนดที่ด้านแอโนดเคลือบบน GDL (gas diffusion electrode) ด้วยเทคนิคอัลตราโซนิคสเปร์รี่ ส่วนของ Pt/C 20% ไหลลดตัวเร่งปฏิกิริยา 0.3 mg/cm² ของ Pt ผสม Nafion 210 ไมโครลิตร ที่ด้านแคโทดเคลือบบนเมมเบรนด้วยเทคนิคอัลตราโซนิคสเปร์รี่ endplates มีขนาด 11 cm x 11 cm พร้อมช่องไหลแบบ single-serpentine (ความกว้างของช่อง x ความลึก = 2 cm. X 2cm. ระยะห่างระหว่างช่อง = 0.4 ใช้เมมเบรน Nafion® 117 (หนา 0.178 mm.) และใช้ปะเก็นแบบ poly-tetrafluoroethylene (PTFE) เพื่อปิดผนึกการประกอบเซลล์ ขนาดเกลียวแปดตัว (3/8 นิ้ว) แรงบิดในการขันน็อต 60 lbf-in เมื่อการประกอบเซลล์เสร็จสมบูรณ์ทำการต่อท่อ PTFE ถูกใช้เพื่อขนส่งสารตั้งต้นเข้าและออกจากเซลล์ (Thomassen et al., n.d., p. 2)

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดประสิทธิภาพการคายประจุพลังงานสูงสุดของรีดออกซิฟิวล์แบตเตอรี่ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นสารตั้งต้น เพื่อตอบสนองความต้องการ การวิจัยมุ่งเน้นไปที่ประสิทธิภาพของอุณหภูมิที่เหมาะสมของถังให้ความร้อนด้านแคโทดสำหรับรีดออกซิฟิวล์แบตเตอรี่ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นสารตั้งต้น

การทดสอบประสิทธิภาพของอุณหภูมิที่เหมาะสมของถังให้ความร้อนด้านแคโทดสำหรับรีดออกซิฟิวล์แบตเตอรี่ ที่อุณหภูมิแตกต่างกันจะควบคุมอุณหภูมิความชื้นคือ ปิดการให้ความร้อน ตั้งอุณหภูมิที่ 55 และ 65 องศาเซลเซียสทำการทดสอบหากราฟโพล่าไรเซชันโดยการเปลี่ยนค่าภาวะไฟฟ้าที่อิเล็กโทรดทุก 5 นาที แล้วบันทึกค่าความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้าในการทดสอบในตามกรณีที่ศึกษา แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สภาวะการทดสอบประสิทธิภาพของอุณหภูมิที่เหมาะสมของถังให้ความชื้นด้านแคโทด

Number of stack	Temperature Cell (°C)	Humidifier H ₂ : Cl ₂ Temp (°C)
1 cell	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิห้อง
1 cell	55	55 : อุณหภูมิห้อง
1 cell	65	65 : อุณหภูมิห้อง

ระบบทดสอบประสิทธิภาพของอุณหภูมิที่เหมาะสมของถังให้ความชื้นด้านแคโทด ประกอบด้วย อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการควบคุมตัวแปรที่มีผลต่อการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง เช่น อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ความดัน อัตราการไหลและกระแสไฟฟ้า แสดงดังภาพที่ 3 และ 4 ซึ่งผลการทดลองและข้อมูลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์สมรรถภาพเซลล์เชื้อเพลิง

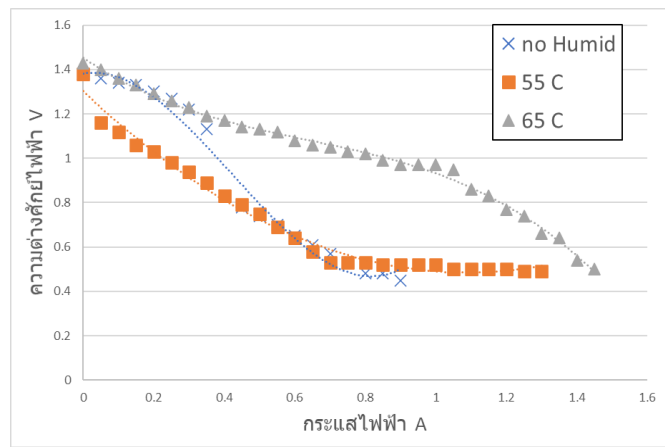


ภาพที่4: ชุดทดสอบสมรรถนะการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง

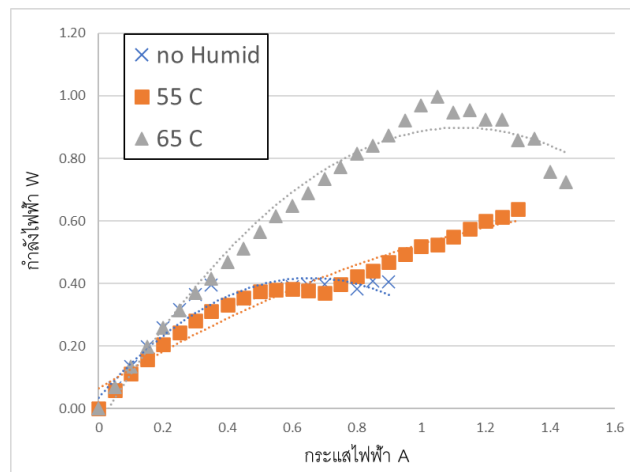
ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมของถังให้ความชื้นด้านแคโทดสำหรับรีดออกซิฟิวล์แบตเตอรี่ โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นสารตั้งต้น ต่อสมรรถนะเซลล์เชื้อเพลิงแบบ PEM จากการทดสอบรีดออกซิฟิวล์แบตเตอรี่ ที่มีอุณหภูมิถังให้ความชื้นด้านแคโทดอยู่ในช่วง 55 และ 65 องศาเซลเซียส โดยใช้กราฟโพลาริเซชันและสมการสมรรถนะเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อศึกษา และหาอุณหภูมิการทำงานของเซลล์ ผลการทดลองดังนี้

ผลการทดสอบการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง



ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และ กระแสไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและ กระแสไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆ

จากภาพที่ 5 - 6 แสดงถึง ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และ กำลังไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิของถังให้ความร้อนด้านแคโทดเท่ากับ 65 องศาเซลเซียสจะมีสมรรถนะของเซลล์รีดออกซิฟิวล์แบตเตอรี่ ดีที่สุด เพราะว่ามีค่ากำลังไฟฟ้าได้สูงที่สุด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าสูงสุดในการทำงานของรีดออกซิฟิวล์แบตเตอรี่

องศาเซลเซียส	อุณหภูมิห้อง	55	65
กำลังไฟฟ้าสูงสุด (W)	0.4	0.64	0.86
ความต่างศักย์ไฟฟ้า(V)	0.61	0.49	0.64
กระแส (A)	0.65	1.3	1.35
ประสิทธิภาพของศักย์ไฟฟ้า	44.85 %	36.03%	47.06%

ตารางที่ 3 แสดงค่าสูงสุดในการทำงานของรีดคอกซ์ไฟลว์แบตเตอรี่ ค่าความต่างศักย์มาตรฐานใช้งานที่ 0.6 โวลต์

องศาเซลเซียส	อุณหภูมิห้อง	55	65
กำลังไฟฟ้าสูงสุด (W)	0.4	0.38	0.86
ความต่างศักย์ไฟฟ้า(V)	0.61	0.64	0.64
กระแส (A)	0.65	0.6	1.35
ประสิทธิภาพของศักย์ไฟฟ้า	44.85 %	47.06%	47.06%

สรุปผลและเสนอแนะ

ผลของการทดสอบพบว่าที่อุณหภูมิของอุณหภูมิถึงให้ความร้อนเท่ากับ 65 องศาเซลเซียสจะมีสมรรถนะการทำงานของเซลล์รีดคอกซ์ไฟลว์แบตเตอรี่ที่ดีที่สุด มีกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 0.86 วัตต์ และกระแสไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 1.35 แอมแปร์ ที่ประสิทธิภาพของศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 47.06 % และที่ค่าความต่างศักย์มาตรฐานใช้งานที่ 0.6 โวลต์พบว่า ที่อุณหภูมิของถึงให้ความร้อนเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส ให้ค่ากำลังไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้ามากกว่า ที่อุณหภูมิของถึงให้ความร้อนเท่ากับ 55 และ อุณหภูมิห้องดังนี้ 0.48, 0.46 วัตต์ และ 0.75, 0.7 แอมแปร์ ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณหน่วยงานดังต่อไปนี้ที่ให้เงินสนับสนุนในงานวิจัยนี้จนเป็นผลสำเร็จ

- 1.สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ (สวพ.) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- 2.กระทรวงพลังงาน
- 3.สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

เอกสารอ้างอิง

- Carvela, M., Raschitor, A., Rodrigo, M. A., & Lobato, J. (2020). Recent Progress in Catalysts for Hydrogen-Chlorine Regenerative Fuel Cells. *Catalysts*, 10(11), 1263.
<https://doi.org/10.3390/catal10111263>
- Huskinson, B., Rugolo, J., Mondal, S. K., & Aziz, M. J. (2012). *A High Power Density, High Efficiency Hydrogen-Chlorine Regenerative Fuel Cell with a Low Precious Metal Content Catalyst*. *ArXiv:1206.2883 [Cond-Mat]*. <http://arxiv.org/abs/1206.2883>
- Linden, D., & Reddy, T. B. (Eds.). (2002). *Handbook of batteries* (3rd ed). McGraw-Hill. Thomassen, M., Børresen, B., Hagen, G., & Tunold, R. (n.d.). *H₂/Cl₂ fuel cell for co-generation of electricity and HCl*. 5.
- Thomya, A., & Khunatorn, Y. (2020). Analyzing Discharge Characteristics of Redox Flow Battery using Hydrochloric Acid as a Reaactant. *2020 International Conference and Utility*

Exhibition on Energy, Environment and Climate Change (ICUE), 1–7.

<https://doi.org/10.1109/ICUE49301.2020.9306982>

สมการค่าความร้อนสูงจากการวิเคราะห์ขั้นต้น High heating value equation by proximate analysis

อนุพนธ์ พิมพ์ช่วย^{1*} รัชณี ศรีพวงมาลัย² อัจจิมา อุดมศักดิ์³ กิตติคุณ แสงเรือง⁴

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา^{1,2,3,4}

*Corresponding author: E-mail: anuphon@eng.buu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะใช้หลักการ Multiple Linear Regression ร่วมกับการใช้โปรแกรมช่วยวิเคราะห์ทางสถิติศาสตร์ มาช่วยในการสร้างสมการคำนวณค่าความร้อนสูงของเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งหากทราบผลการวิเคราะห์เบื้องต้น (Proximate analysis) ของเชื้อเพลิงก็สามารถนำมาแทนค่าในสมการเพื่อหาค่าความร้อนได้ทันที สำหรับการสร้างสมการเริ่มจากการนำเชื้อเพลิงชีวมวลประกอบด้วย แกลบ ชี้เลี้ยง เปลือกถั่ว ชานอ้อย ฯลฯ มาหาองค์ประกอบพื้นฐาน ประกอบด้วย ความชื้น สารระเหย เถ้าและคาร์บอนคงตัว รวมถึงใช้ Bomb Calorimeter หาค่าความร้อนของชีวมวล จากนั้นใช้หลักการ Multiple Linear Regression มาวิเคราะห์จนได้สมการค่าความร้อน พบว่า ค่าคงตัว, สัมประสิทธิ์การถดถอยของร้อยละความชื้น, สารระเหย, เถ้าและคาร์บอนคงตัวเท่ากับ 20.650, -0.24, -0.059, - 0.123 และ 0.156 ตามลำดับ สมการที่ได้จะตรวจสอบความน่าเชื่อถือโดยนำมาหาค่าความร้อนสูงของกะลามะพร้าว ฟางข้าว ไม้ยูคา และซังข้าวโพด โดยเปรียบเทียบกับผลของ Bomb Calorimeter พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลการคำนวณค่าความร้อนของสมการที่ได้กับสมการของงานวิจัยอื่นๆ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า สมการที่ได้มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเป็น 0.925 และร้อยละของความคลาดเคลื่อนเมื่อคำนวณค่าความร้อนของกะลามะพร้าว, ฟางข้าว, ไม้ยูคา และซังข้าวโพด มีค่า 4.15, 10.19, 2.78 และ 4.47 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าสมการที่ได้ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าสมการของงานวิจัยก่อนหน้า

คำสำคัญ : ชีวมวล; การวิเคราะห์เบื้องต้น; ค่าความร้อนของชีวมวล

Abstract

The research wishes to apply the principle of Multiple Linear Regression and statistics analysis program for creating a biomass high heating value equation. Above equation will result the heating value when Proximate analysis data have substituting. Creating an equation starting from collect the Proximate analysis data of rice husk, sawdust, bean husks, bagasse, etc. including Moisture (M), Volatile Matter (VM), Ash (A) and Fixed Carbon (Fc). In addition, Bomb Calorimeter will be used to collect the heating value of such fuels. Both data lead to analyze biomass high heating value equation based on Multiple Linear Regression theory, it was found that the constant, regression coefficient of Moisture, Volatile Matter, Ash and Fixed Carbon were 20.650, -0.24, -0.059, - 0.123 and

0.156, respectively. An equation credibility will be tested to determining the heating value of coconut shells, rice straw, eucalyptus wood and corncobs compared with Bomb Calorimeter result. In addition, the comparison between obtained equation and other research equations found that the coefficient of determination of obtained equation is 0.925 and error percentage of heating value for coconut shell, rice straw, eucalyptus wood and corncob were 4.15, 10.19, 2.78 and 4.47, respectively. Moreover, it was found that obtained equation yielded less error than previous research equation.

Keywords: biomass; high heating value; proximate analysis

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ส่งผลให้มีเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass) เหลือทิ้งเช่น แกลบ ฟาง ข้าว ชานอ้อย เศษไม้ต่างๆ ซึ่งพลังงานชีวมวลในแต่ละปีนั้นเทียบเท่าถ่านหินลิกไนต์ 54 ล้านตัน (ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2550) งานวิจัยนี้จึงเห็นความสำคัญของเชื้อเพลิงชีวมวลจึงได้เกิดแนวคิดที่จะสร้างสมการสำเร็จรูปเพื่อใช้ในการคำนวณค่าความร้อนสูงของชีวมวล ทั้งนี้การหาค่าความร้อนสูงของชีวมวลสามารถหาได้จาก Bomb Calorimeter หรือทำการวิเคราะห์ขั้นสูง (Ultimate analysis) แล้วนำผลที่ได้มาแทนค่าลงใน Dulong formula (Dutta, 2006) ซึ่งทั้งสองวิธีจะมีค่าใช้จ่ายประมาณ 500-1500 บาทต่อตัวอย่าง (ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2550) ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดที่จะหาค่าความร้อนสูงของชีวมวลด้วยวิธีที่ประหยัดมากยิ่งขึ้น โดยได้ทำการศึกษาพบว่าการวิเคราะห์เบื้องต้น (Proximate analysis) ที่จะศึกษาองค์ประกอบของเชื้อชีวมวลได้แก่ ความชื้น (Moisture, M) สารระเหย (Volatile Matter, VM) เถ้า (Ash, A) และคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon, Fc) จะสามารถนำไปสู่ค่าความร้อนของชีวมวลได้หากมีสมการสำเร็จรูป ทางผู้วิจัยจึงจะทำการศึกษาค้นคว้าสัมพันธดังกล่าวเพื่อสร้างสมการสำเร็จรูปเพื่อใช้สำหรับหาค่าความร้อนสูงของชีวมวลต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

สร้างสมการหาค่าความร้อนสูงของชีวมวลโดยใช้ข้อมูลที่ได้จาก Proximate Analysis

ขอบเขตงานวิจัย

1. วิเคราะห์องค์ประกอบเบื้องต้นของชีวมวล (Proximate analysis) และวิเคราะห์ค่าความร้อนของชีวมวลด้วย Bomb Calorimeter จากนั้นนำมาหาความสัมพันธ์สร้างสมการสำเร็จรูป
2. ทดสอบความถูกต้องของสมการที่ได้โดยใช้หาค่าความร้อนของกะลามะพร้าว ฟางข้าว ไม้ยูคา และ ชังข้าวโพด เปรียบเทียบกับ Bomb Calorimeter
3. เปรียบเทียบค่าความร้อนสูงจากสมการที่ได้กับสมการงานวิจัยก่อนหน้า

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกิดขึ้นก่อนหน้าจำนวนหลายงานวิจัย โดยพบงานวิจัยที่น่าสนใจจำนวน 4 งานวิจัยโดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดงานวิจัยการสร้างสมการค่าความร้อนสูงที่น่าสนใจ

ลำดับ	งานวิจัยของ	รายละเอียด	สมการที่ได้	% error	หมายเหตุ
1	Demirbas, 1997	หาค่าความร้อนจากชีวมวล 16 ชนิดจากแหล่งที่มาในตุรกี	HHV = 0.196(FC) + 14.119	Absolute error = 2.2	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เป็น 0.9997
2	Thipkhunthod et al., 2006	นำชีวมวลแข็ง จำพวก ถ่านชีวมวล ขยะเหลือทิ้ง มาสร้างสมการ	HHV = 255.75VM+283.88FC- 2386.38	Absolute error = 9.08 Bias error = 2.07	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เป็น 0.8993
3	Erol et al., 2010	นำตัวอย่างชีวมวล จำนวน 20 ชนิด มาสร้างสมการ	NHV = -116 - 1.33(A) - 0.005(VM) + 1.92(VM+A) - 0.0227(VM)(A) - 0.0122(VM) ² + 0.0299(A) ² + 6133(OM) ⁻¹ - 0.82(A) ⁻¹	Absolute error = 1.709	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เป็น 0.8980
4	Cordero et al., 2001	สร้างสมการค่าความร้อนของวัสดุ จำพวกลิกโนเซลลูโลสและคาร์บอน โดยวิธีการวิเคราะห์แบบประมาณ	HHV = 354.3FC + 170.8VM	Absolute error น้อยกว่า 2	

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้สมการที่นำไปใช้ในการคำนวณค่าความร้อนสูงของเชื้อเพลิงชีวมวล

วิธีการและอุปกรณ์วิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การสร้างสมการค่าความร้อนต้องทราบข้อมูล 2 ส่วนคือ ข้อมูลพื้นฐานของชีวมวลประกอบด้วย ความชื้น สารระเหย เถ้าและคาร์บอนคงตัวที่ได้จากการศึกษาที่เรียกว่า Proximate Analysis และข้อมูลค่าความร้อนสูงที่ได้จากเครื่อง Bomb Calorimeter โดยทำการทดลองหาข้อมูลทั้ง 2 ส่วนของ แกลบ ชี้เลี้ยง เปลือกถั่ว ชานอ้อย ต้นไม้ กาบมะพร้าว กระถิน เปลือกเมล็ดทานตะวัน ผักตบชวา และใบตะไคร้ นำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยหลักการถดถอยเส้นตรงเชิงซ้อน (Multiple linear regression) (ธีรศักดิ์ ฤกษ์สมบุญ, 2533) เพื่อสร้างสมการที่ใช้ในการหาค่าความร้อนสูงของชีวมวลที่ผ่านการศึกษาค่าข้อมูลพื้นฐาน

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และวิธีการจะเริ่มจากการนำตัวอย่างของชีวมวลดังแสดงในภาพที่ 1 ชนิดละ 3 ตัวอย่างมาทำการศึกษาค่าข้อมูลพื้นฐานด้วยกระบวนการ Proximate Analysis ตามขั้นตอนมาตรฐาน (Pimchuai, 2007) โดยใช้อุปกรณ์ที่แสดงดังภาพที่ 2 และนอกจากนี้ยังต้องนำเชื้อเพลิงไปหาค่าความร้อนสูงตามขั้นตอนที่เป็นมาตรฐาน (Pimchuai, 2007) ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter ที่มีลักษณะแสดงดังภาพที่ 3 โดยทำการทดสอบชนิดละ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย หลังจากที่ได้ข้อมูลครบแล้วจึงนำไปวิเคราะห์หาค่าข้อมูลต่อไป



ชี้เลี้ยง

แกลบ

เปลือกถั่วลิสง

ชานอ้อย

ภาพที่ 1 ตัวอย่างบางส่วนของเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ทำการศึกษา



เตาอบเชื้อเพลิงชีวมวล

เตาเผาเชื้อเพลิงชีวมวล

Crucible

ภาพที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบพื้นฐานของเชื้อเพลิง Proximate Analysis



ภาพที่ 3 เครื่อง Bomb Calorimeter ที่ใช้หาค่าความร้อนสูงของชีวมวล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ภายหลังจากที่ทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานด้วยกระบวนการ Proximate Analysis และหาค่าความร้อนสูงด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter ของแกลบ ชี้เลี้ยง เปลือกถั่ว ชานอ้อย ต้นไม้ กาบมะพร้าว กระถิน เปลือกเมล็ดทานตะวัน ผักตบชวา และใบตะไคร้ เป็นที่เรียบร้อยแล้ว พบว่ามีข้อมูลจำนวนมากที่ต้องนำมาวิเคราะห์ ซึ่งในที่นี้ไม่สามารถนำเสนอข้อมูลได้ทั้งหมดจึงจะนำเสนอเพียงตัวอย่างของข้อมูลบางส่วนเท่านั้นดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างผลการทดสอบ Proximate Analysis และการหาค่าความร้อนสูงด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter

ชีวมวล	เวลาอบ (ชั่วโมง)	ค่าเฉลี่ย				
		%Moisture	%Volatile	%Ash	%Fixed carbon	HHV. (MJ/kg)
แกลบอบที่ 250 °C	1	3.95	54.76	23.99	17.45	15.89
	1.5	3.18	49.99	24.57	19.58	16.07
	2	3.10	30.04	31.32	20.16	16.55
แกลบอบที่ 270 °C	1	3.69	52.91	24.43	21.88	16.07
	1.5	2.82	50.11	24.49	22.66	16.30
	2	2.78	30.03	34.29	23.26	17.13
แกลบอบที่ 300 °C	1	2.67	53.81	23.03	36.03	17.59
	1.5	2.57	48.55	25.49	33.17	17.77
	2	2.05	30.44	34.08	33.48	17.81
แกลบอบที่ 100 °C	2	7.80	52.17	24.98	15.05	13.35
ชี้เลี้ยงอบที่ 100 °C	2	5.77	44.23	15.75	34.25	20.82
เปลือกถั่วอบที่ 100 °C	2	7.02	62.48	20.35	10.15	13.51
ชานอ้อยอบที่ 100 °C	2	6.11	64.48	15.48	13.93	15.77
ไม้ฝอยอบที่ 100 °C	2	6.45	58.04	17.88	17.63	15.87

การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลผลการทดสอบ Proximate Analysis และการหาค่าความร้อนสูงด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter ตามตัวอย่างดังตารางที่ 2 แล้ว จากนั้นได้นำผลการศึกษาเชื้อเพลิงทุกประเภทไปสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับความชื้น สารระเหย ไขมัน และคาร์บอนคงตัว ได้ดังภาพที่ 4-7 ตามลำดับ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อสร้างสมการคำนวณค่าความร้อนสูง โดยพิจารณาพบว่าตัวแปรต่างๆ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกัน โดยค่าความร้อนขึ้นอยู่กับตัวแปรทั้งหมด 4 ตัวแปรได้แก่ ร้อยละความชื้น ร้อยละไขมัน ร้อยละสารระเหยและร้อยละคาร์บอนคงตัว โดยร้อยละของคาร์บอนคงตัวสูงจะส่งผลให้ค่าความร้อนมีค่ามากขึ้น ในทางกลับกันค่าความร้อนจะมีค่าลดลงหากร้อยละของความชื้นและร้อยละของไขมันมีค่าสูง เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ตามปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น จะพบว่า หากใช้หลักการของ Multiple Linear Regression รูปแบบความสัมพันธ์ทั่วไปดังกล่าวจะเขียนได้ดังสมการที่ 1

$$HHV_d = a_0 + a_1M_d + a_2VM_d - a_3A_d + a_4FC_d \quad (1)$$

เมื่อ	HHV _d	คือ ค่าความร้อน มีหน่วยเป็นเมกะจูลต่อกิโลกรัม
	M _d	คือ ร้อยละของความชื้น
	A _d	คือ ร้อยละของไขมัน
	VM _d	คือ ร้อยละของสารระเหย
	FC _d	คือ ร้อยละของคาร์บอนคงตัว
	a ₀	คือ ค่าคงที่ของสมการ มีหน่วยเป็นเมกะจูลต่อกิโลกรัมต่อค่าร้อยละ
	a ₁ , a ₂ , a ₃	คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของเทอมร้อยละความชื้น, ไขมัน, สารระเหยและคาร์บอนคงตัว ตามลำดับ มีหน่วยเป็นเมกะจูลต่อกิโลกรัมต่อค่าร้อยละ

เมื่อนำผลข้อมูลค่าความร้อนและองค์ประกอบของชีวมวลมาวิเคราะห์กับหลักการของ Multiple Linear Regression โดยใช้โปรแกรมช่วยวิเคราะห์ทางสถิติศาสตร์ จะได้ค่าคงตัว, สัมประสิทธิ์การถดถอยของร้อยละความชื้น, สารระเหย, ไขมันและคาร์บอนคงตัวเท่ากับ 20.650, -0.24, -0.059, -0.123 และ 0.156 ตามลำดับ ซึ่งสามารถนำข้อมูลมาสร้างสมการคำนวณค่าความร้อนสูงจากการวิเคราะห์ขั้นต้นได้ดังสมการที่ 2

$$HHV_d = 20.650 - 0.249M_d - 0.059VM_d - 0.123A_d + 0.156FC_d \quad (2)$$

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. ทดสอบความถูกต้องของสมการ

หลังจากได้สมการแล้วจะทำการทดสอบสมการโดยใช้หาค่าความร้อนของกะลามะพร้าว ฟางข้าว ไม้ยูคา และซังข้าวโพด เปรียบเทียบกับผลที่ได้จาก Bomb Calorimeter โดยผลการทดสอบพบว่าสมการมีความคลาดเคลื่อนดังแสดงในตารางที่ 3 จากตารางวิเคราะห์ได้ว่าสมการจะเหมาะสมกับเชื้อเพลิงที่มีเนื้อแข็ง โดยจะไม่เหมาะสมกับฟางข้าวและผักตบชวาที่จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนเกิน 10%

จากตารางที่ 3 และสมการที่ได้พบว่าสมการที่ได้มีความน่าเชื่อถือและเกิดค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ โดยผลการหาค่าที่แสดงถึงระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีผลต่อค่าความร้อน (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.925 ซึ่งอยู่ในระดับที่สูง จึงกล่าวได้ว่าสมการดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 3 ความคลาดเคลื่อนของค่าความร้อนที่คำนวณด้วยสมการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จาก Bomb Calorimeter

	กะลามะพร้าว	ฟางข้าว	ไม้ยูคา	ซังข้าวโพด
%Moisture _{avg}	7.3	9.7	9.98	8.78
%Volatile _{avg}	60.45	60.08	63.87	67.31
%Ash _{avg}	17.18	21.41	21.37	12.34
%Fixed carbon _{avg}	15.07	8.81	4.78	11.57
Bomb Calorimeter: HHV _{avg} (MJ/kg)	16.17	12.19	12.18	14.15
Equation: HHV(MJ/kg)	15.50	13.43	12.51	14.78
% Error	-4.15	10.19	2.78	4.47

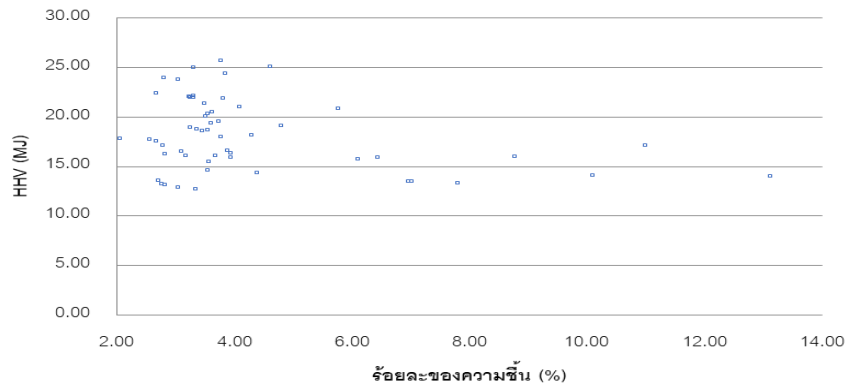
2. เปรียบเทียบสมการค่าความร้อนสูงกับสมการของงานวิจัยก่อนหน้า

จากการศึกษาพบว่า ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่าความร้อนของชีวมวลระหว่างสมการที่ได้กับสมการของงานวิจัยอื่นๆ แสดงในตารางที่ 4

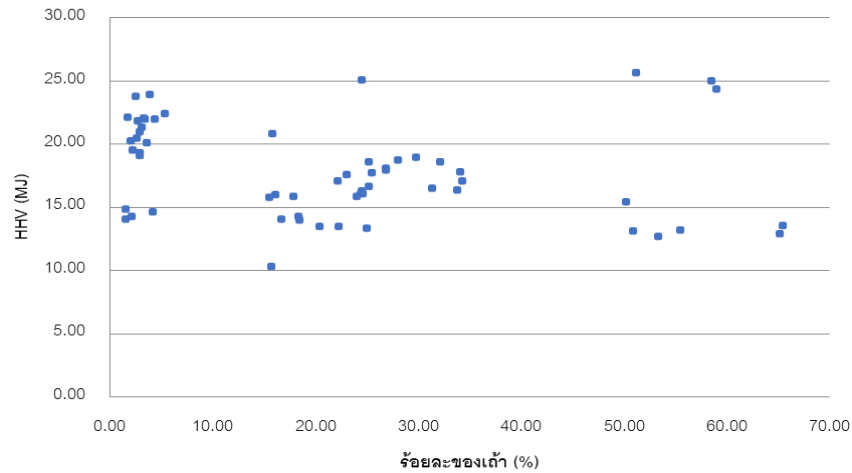
ตารางที่ 4 พบว่าสมการที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผลการคำนวณด้วยสมการของงานวิจัยก่อนหน้า ทั้งนี้อาจเกิดจากความแตกต่างของคุณลักษณะจำเพาะของเชื้อเพลิงชีวมวลในแต่ละท้องถิ่น หรือชนิดของเชื้อเพลิงที่ศึกษา โดยสมการที่ได้นั้นจะเหมาะสมสำหรับเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีเนื้อแข็งทั่วไปของประเทศไทย

ตารางที่ 4 ความคลาดเคลื่อนของค่าความร้อนที่คำนวณด้วยสมการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จาก Bomb Calorimeter

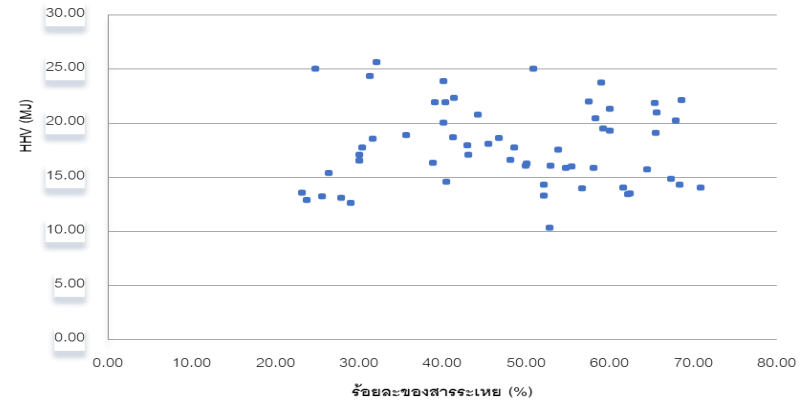
ชีวมวล	Bomb: HHV _{avg}	HHV จากการแทนค่าในสมการ									
		Ayhan		Sewage Sludge		Kucukbayrak		Cordero		สมการ	
		HHV	error	HHV	error	HHV	error	HHV	error	HHV	error
(MJ/kg)	(MJ/kg)	(%)	(MJ/kg)	(%)	(MJ/kg)	(%)	(MJ/kg)	(%)	(MJ/kg)	(%)	
กะลามะพร้าว	16.17	17.07	5.56	17.35	7.28	31.73	96.23	15.66	-3.15	15.50	-4.15
ฟางข้าว	12.19	15.85	30.00	15.48	27.00	41.14	237.49	13.38	9.76	13.43	10.19
ไม้ยูคา	12.18	15.06	23.66	15.30	25.71	41.12	237.60	12.60	3.45	12.51	2.78
ซังข้าวโพด	14.15	16.39	15.83	18.11	28.03	28.29	99.93	15.60	10.25	14.78	4.47



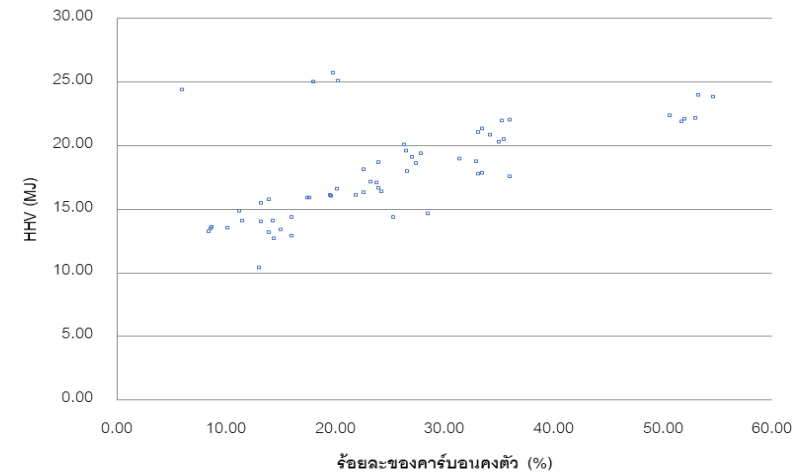
ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับร้อยละความชื้น



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับร้อยละเถ้า



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับร้อยละสารระเหย



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับร้อยละคาร์บอนคงตัว

สรุปผล

สิ่งที่ได้จากการวิเคราะห์เบื้องต้น ประกอบด้วย ความชื้น, สารระเหย, เถ้าและคาร์บอนคงตัวต่างก็มีบทบาทอยู่ในสมการคำนวณค่าความร้อนสูงที่ได้ ประกอบกับค่าที่แสดงถึงระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีผลต่อค่าความร้อน (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.925 ซึ่งมีค่าที่สูง อีกทั้งผลการทดสอบก็ยืนยันว่าผลการคำนวณค่าความร้อนด้วยสมการที่ได้มีความคลาดเคลื่อนต่ำ ทำให้กล่าวได้ว่าสมการที่ได้มีความน่าเชื่อถือ โดยเน้นได้ว่าสมการดังกล่าวจะเหมาะกับเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีเนื้อแข็งทั่วไปของประเทศไทย แต่จะไม่เหมาะกับฟางข้าวและผักตบชวาที่จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนเกิน 10% และพบว่าสมการที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสมการของงานวิจัยก่อนหน้า ทั้งนี้อาจเกิดจากความแตกต่างของคุณลักษณะจำเพาะของเชื้อเพลิงชีวมวลในแต่ละท้องถิ่น หรือชนิดของเชื้อเพลิงที่ศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่เอื้อเฟื้อทุนในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ธีรศักดิ์ ฤกษ์สมบุญ. (2533). สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับผลวิเคราะห์แบบประมาณของถ่านหินแหล่งต่างๆ ในประเทศไทย [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. (2550). *ชีวมวล*. คิวพรีนซ์ แมเนจเม้นท์.
- Cordero, T., Marquez, F., Rodriguez-Mirasol, J., & Rodriguez, J. J. (2001). Predicting heating values of lignocellulosics and carbonaceous materials from proximate analysis. *Fuel*, 80(11), 1567-1571.
- Demirbas, A. (1997). Calculation of higher values of biomass fuels. *Fuel*, 76(5), 431-434.
- Dutta, A. (2006). *Physical and Chemical Properties of Coal and Biomass*. Asian Institute of Technology.
- Erol, M., Haykiri-Acma, H., & Kucukbayrak, S. (2010). Calorific value estimation of biomass from their proximate analyses data, *Renewable Energy*, 35(1), 170-173.
- Pimchuai, A. (2007). *A study of torrefication process for agriculture residues*. School of Environment, Resources and Development: Asian Institute of Technology.
- Thiphunthod, P., Meeyoo, V., Rangsunvigit, P., Kitiyanan, B., Siemanond, K., & Rirksomboon, T. (2006). Sewage Sludge Heating Value Prediction through Proximate and Ultimate Analyses, *As. J. Energy Env*, 7(2), 324-335.

ระบบแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่ผ่าน LINE Notify Smoking Alert System in Smoking Prohibited Area via LINE Notify

รัชพล แซ่เล่า¹ เจนภพ ดำเนินผล² ธนกฤษ จันท์แสง³ ณสิทธิ์ เหล่าเส็น⁴ พิธา จารุพูนผล⁵

สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต^{1,2,3,4,5}

*Corresponding author: E-mail: s6011423128@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่ของสถานศึกษา เพื่ออำนวยความสะดวกในการดูแลและจัดระเบียบสถานศึกษาให้ปลอดบุหรี่ตามนโยบายของรัฐบาล องค์ประกอบหลักของระบบประกอบด้วย เซ็นเซอร์ MQ2 Smoke Gas และกล้องวงจรปิด (IP Camera) เพื่อใช้ในการตรวจจับและส่งข้อมูลไปยัง LINE Notify เพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ รูปภาพ และชื่อสถานที่ โดยระบบจะทำการบันทึกข้อมูลภาพและค่าควันบุหรี่ที่กำหนดไว้ ซึ่งข้อมูลที่ถูกบันทึกสามารถนำมาใช้เป็นหลักฐานเพื่อดำเนินการลงโทษตามกฎหมาย ระบบได้ถูกทดสอบกับควันบุหรี่ในระยะห่าง 3 ระดับ คือ 20 เซนติเมตร 50 เซนติเมตร และ 100 เซนติเมตร ผลสรุปพบว่าระบบสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย แต่ประสิทธิภาพในการทำงานของระบบจะขึ้นอยู่กับระยะห่างของตัวระบบและควันบุหรี่ โดยระบบไม่สามารถส่งภาพและข้อความมาที่แอปพลิเคชันไลน์ในการทดลองที่ระยะห่าง 100 เซนติเมตร

คำสำคัญ: ระบบแจ้งเตือนการสูบบุหรี่; MQ2 Smoke Gas Sensor; IP Camera

Abstract

This research aims to develop a smoking alert system in a non-smoking area of an academic institution to facilitate the supervision of smoke-free educational institutions in accordance with related policies enforced by government. The main components of the system include the MQ2 Smoke Gas Sensor and an IP Camera that can be used to detect the smoking incident and transmit the information via LINE Notify, including smoke alert text, picture and place name. The system will record the image data and the specified smoke values. The recorded information can be used as an evidence for the execution of penalties in accordance with the law. The system was tested against tobacco smoke at three distances, including 20 cm, 50 cm, and 100 cm. The results indicated that the system could be used in accordance with the research purposes, but the performance was still dependent upon the distance and smoke. The system was unable to send images and messages to the LINE application in the experiment at 100 centimeters.

Keywords: MQ2 Smoke Gas Sensor; Smoking Alert System; IP Camera

บทนำ

ในปัจจุบัน การลงโทษการสูบบุหรี่ในที่ห้ามสูบทางกฎหมายมีการบังคับใช้โดยกฎกระทรวงสาธารณสุข หากฝ่าฝืนมีโทษปรับไม่เกิน 5,000 บาท ตามมาตรา 42 และหากผู้รับผิดชอบดูแลสถานศึกษาไม่ดำเนินการจัดให้สถานที่เป็นเขตปลอดบุหรี่ ต้องระวางโทษปรับไม่เกิน 50,000 บาท ตามที่กำหนดในพระราชบัญญัติควบคุมผลิตภัณฑ์ยาสูบ พ.ศ.2560 หมวด 5 การคุ้มครองสุขภาพของผู้ไม่สูบบุหรี่ (สุจิตรา เปรมจิตต์ และคณะ, 2561) ในการนี้ สถานศึกษาทั้งหมดรวมถึงมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตได้ดำเนินการตามพระราชบัญญัติควบคุมผลิตภัณฑ์ยาสูบ พ.ศ. 2560 ที่กำหนดให้อาคารและหรือสิ่งปลูกสร้างทั้งหมดของสถานศึกษาระดับอุดมศึกษาเป็นเขตปลอดบุหรี่ และจัดให้มีเครื่องหมายแสดงเขตปลอดบุหรี่ให้ชัดเจน ภาพที่ 1 แสดงสติ๊กเกอร์ห้ามสูบบุหรี่พร้อมบทลงโทษตามพระราชบัญญัติควบคุมผลิตภัณฑ์ยาสูบ พ.ศ. 2560 ภายในห้องนำชายชั้น 7 สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล อคาครวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต



ภาพที่ 1 สติ๊กเกอร์ห้ามสูบบุหรี่พร้อมบทลงโทษตามพระราชบัญญัติ
ควบคุมผลิตภัณฑ์ยาสูบ พ.ศ. 2560

อย่างไรก็ตาม กฎหมายยังไม่สามารถนำมาใช้ป้องกันการสูบบุหรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพในหลายหน่วยงาน เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านจำนวนบุคลากรและทรัพยากรในการตรวจจับและจัดเก็บหลักฐานการสูบบุหรี่ รวมถึงจิตสำนึกของบุคลากรและนักศึกษาที่ยังมีความเคยชินต่อพฤติกรรมกรรมการสูบบุหรี่ การเฝ้าระวังต่อกฎหมายห้ามสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบ และการขาดความตระหนักต่อภัยคุกคามจากการสูบบุหรี่และบทลงโทษ จึงทำให้เกิดการฝ่าฝืนกฎหมายเป็นวงกว้าง และไม่สามารถหาผู้กระทำความผิดหรือหลักฐานที่จะมาดำเนินการตามกฎหมายเพื่อมารับโทษได้ (กองงานคณะกรรมการควบคุมผลิตภัณฑ์ยาสูบ กรมควบคุมโรค, 2563)

อ้างอิงบทความของจักรพันธ์ เพ็ชรภูมิ และคณะ (จักรพันธ์ เพ็ชรภูมิ และคณะ, 2561) ที่ทำการสำรวจการได้รับควันบุหรี่มือสองและพฤติกรรมหลีกเลี่ยงการได้รับควันบุหรี่มือสองของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งของประเทศไทย โดยทำการสำรวจ นักศึกษาชั้นปีที่ 4 จำนวน 351 คน จากทั้งหมด 3,987 คน ห้องนำบนอาคารเรียน อาคารจอดรถและทางเข้าในมหาวิทยาลัยคือบริเวณที่พบเห็นการสูบบุหรี่มากที่สุด โดย 73.8% ของนักศึกษาที่ทำการเก็บข้อมูลไม่มีความรู้เกี่ยวกับกฎหมายการควบคุมยาสูบของไทย และยิ่งไปกว่านั้นคือ 40.7% ไม่ทราบว่าพื้นที่ภายในอาคารทั้งหมดของสถาบันอุดมศึกษาเป็นเขตปลอดบุหรี่

เนื่องจากสาเหตุดังกล่าว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่ของสถานศึกษาที่สามารถอำนวยความสะดวกในการดูแลและจัดระเบียบสถานศึกษาให้ปลอดภัยตามนโยบายของรัฐบาล คณะผู้วิจัยจึงมีการจัดทำระบบแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่ผ่าน LINE Notify โดยมีการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและหาข้อเปรียบเทียบ ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องคือการตรวจจับผู้สูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่โดยใช้ระบบกล้องวงจรปิดที่ชาญฉลาด จากการวิจัยงานก็พบข้อแตกต่างหลายจุด เช่น ระบบงานจะเป็นการตรวจจับ การส่งข้อมูลที่แตกต่างกัน และการใช้งานสำหรับบุคคลทั่วไป เป็นต้น (กรณัฐ วรรณจริภาคย์ และคณะ, 2562) (เสฏฐสุตม์ เตี้ยเนตร และ วิมาน ใจดี, 2561) ในการทำงานของระบบในงานวิจัยนี้ ภาพจากกล้องวงจรปิดจะส่งภาพไปยังแอปพลิเคชันไลน์ โดยผู้ที่ได้รับการแจ้งเตือนจาก LINE Notify คือ ผู้ที่รับผิดชอบในการดูแลสถานศึกษาให้เป็นพื้นที่ปลอดบุหรี่ ซึ่งข้อมูลที่ได้รับสามารถนำมาใช้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อดำเนินการกับผู้กระทำผิด งานวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับ 7 มาตรการเพื่อสถานศึกษาปลอดบุหรี่ จากสำนักควบคุมการบริโภคยาสูบ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ข้อ 5 การมีส่วนร่วมของนักเรียน นักศึกษาในการขับเคลื่อนสถานศึกษาปลอดบุหรี่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในข้อ 5.1 ว่าด้วยการส่งเสริมให้นักเรียน นักศึกษามีส่วนร่วมในการเฝ้าระวัง ป้องกันเพื่อควบคุมยาสูบทั้งบริเวณในและนอกสถานศึกษา (สำนักควบคุมการบริโภคยาสูบ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2560)

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ระบบแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่ผ่าน LINE Notify ประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

กำหนดขอบเขตของงานวิจัย

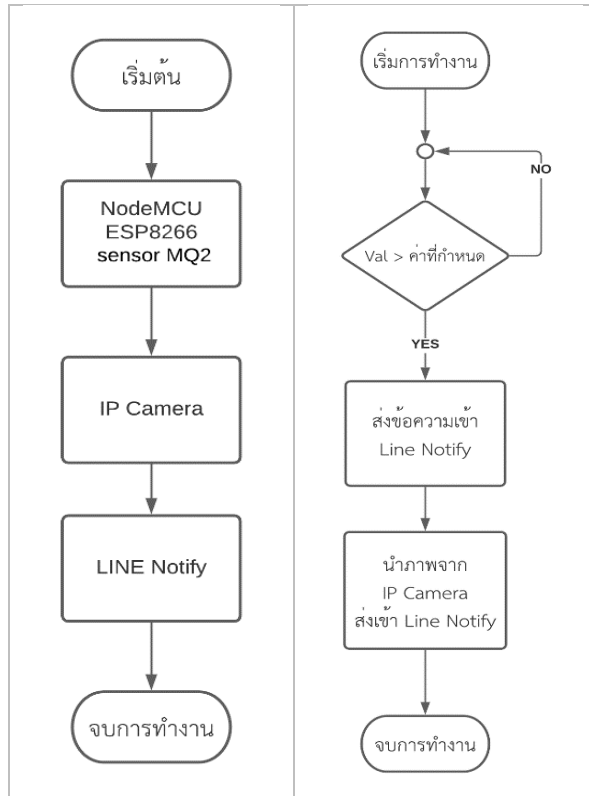
งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองในช่วงเวลาที่ไม่มีการเรียนการสอนในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2564 บริเวณห้องน้ำชายชั้น 7 สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตที่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ตและระบบไฟฟ้าเข้าถึง

กำหนดเครื่องมือในการพัฒนาระบบ

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ประกอบด้วยอุปกรณ์ MQ2 Smoke Gas Sensor, IP Camera, บอร์ดขยายขา NodeMCU v3 และ ESP8266 WIFI development board base expansion board และกล่องครอบเบรคเกอร์ ควบคุมโดยซอฟต์แวร์ Arduino IDE ถูกนำมาใช้เพื่อสื่อสารกับอุปกรณ์ที่กล่าวมาข้างต้น ในขณะที่ LINE Notify ถูกนำมาใช้เพื่อเป็นช่องทางการแจ้งเตือนโดยส่งข้อความและภาพแบบอัตโนมัติเมื่อมีการตรวจจับควันบุหรี่เกิดขึ้น

ออกแบบและพัฒนาระบบ

ระบบถูกออกแบบให้เริ่มการทำงานจากการตรวจจับควันโดยอุปกรณ์ MQ2 Smoke Gas Sensor ว่าควันที่เข้ามาในเซ็นเซอร์ถึงค่าที่กำหนดหรือไม่ ถ้าหากค่าควันไม่ถึงระดับค่าที่กำหนดก็จะทำการตรวจสอบซ้ำ และเมื่อค่าควันถึงระดับที่กำหนด อุปกรณ์ NodeMCU ESP8266 จะทำการดึงภาพจาก IP Camera และทำการส่งข้อความและรูปภาพจากกล้องไปยัง LINE Notify ภาพที่ 2 แสดงให้เห็นถึงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของระบบ



ภาพที่ 2 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของระบบ (ซ้าย) และการทำงานของเซนเซอร์ของตัวอุปกรณ์ (ขวา)

ในการพัฒนาระบบ อุปกรณ์ทั้งหมดที่ประกอบด้วย MQ2 Smoke Gas Sensor บอร์ดขยายขา NodeMCU v3 และ ESP8266 WIFI development board base expansion board ถูกนำมาประกอบรวมกันในกล่องครอบเบรคเกอร์ เพื่อความพร้อมในการติดตั้งใช้งานได้ทันที ซึ่งตัวกล้องที่นำมาบันทึกภาพเหตุการณ์ได้จะต้องเป็น IP Camera ที่สามารถรับสัญญาณอินเทอร์เน็ตไร้สายและทำงานก็ร่วมกับ ESP8266 WIFI ภาพที่ 3 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ ซึ่งประกอบด้วย 3 ภาพ โดยภาพแรกจากทางซ้ายคือภาพอุปกรณ์กล่องครอบเบรคเกอร์จากภายนอก ภาพกลางคือภาพอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในกล่องครอบเบรคเกอร์ และภาพทางขวามือคือภาพ IP Camera ที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแจ้งเตือนการสูบบุหรี่

นอกจากอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ โปรแกรม Arduino IDE ได้ถูกนำมาใช้เพื่อเขียนชุดคำสั่งในการสื่อสารกับอุปกรณ์และส่งค่าจากการตรวจจับที่ได้ผ่าน LINE Notify ซึ่งภาพที่ 4 แสดงการทำงานของระบบแจ้งเตือนด้วยโปรแกรม Arduino IDE โดยคำสั่ง const char* ssid และ const char* password จะถูกใช้สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ต ซึ่งคำสั่ง String IPCAM_IP จะทำหน้าที่เชื่อมต่อสัญญาณไปยังที่อยู่อินเทอร์เน็ตของ IP Camera ทั้งนี้ ในการขอ Token จาก LINE Notify เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อการแจ้งเตือนไปยัง LINE Notify จะใช้คำสั่ง TOKENCOUNT และ String tokens[TOKENCOUNT] เมื่อมีการตรวจจับควันบุหรี่เกิดขึ้น LINE.setToken(tokens[i]) จะทำการนับเหตุการณ์จากการตั้งค่า for (int i = 0; i < TOKENCOUNT; i++) โดย LINE.Notify("มีคนสูบบุหรี่") และ LINE.NotifyPicture("Camera snapshot", SPIFFS, "/shot.jpg") คือชุดคำสั่งที่จะส่งข้อความแจ้งเตือนและภาพการสูบบุหรี่ผ่าน LINE Notify.

```
#include <ESP8266HTTPClient.h>
#include <TridentID_LineNotify.h>
#include <ESP8266WiFi.h>

WiFiClient client;

String SMOKE;
String response;
const char* ssid = "Jame";
const char* password = "l1l1l1l1l1";

String IPCAM_IP = "192.168.1.18:81/snapshot.htm";
String IPCAM_USERNAME = "admin";
String IPCAM_PASSWORD = "l1l1l1";

#define TOKENCOUNT 1 //จำนวนTOKENของไลน์
String tokens[TOKENCOUNT] = {"7Lc9WXqc8iqKMxoc6aoHFuwqR2laU7WejkdWQj1WHIs"};

int ledPin = D0;
int analogPin = A0; //ประกาศตัวแปร ให้ analogPin
int val = 0;
bool ipCameraEnabled = true;

void downloadAndSaveFile(String fileName, String url){

  HTTPClient http;

  Serial.println("[HTTP] begin...\n");
  Serial.println(fileName);
  Serial.println(url);
  http.begin(url);

  Serial.printf("[HTTP] GET...\n", url.c_str());
  // start connection and send HTTP header
  int httpCode = http.GET();
```

ภาพที่ 4 ตัวอย่างขั้นตอนการทำงานของระบบแจ้งเตือนด้วยโปรแกรม Arduino IDE

ทดสอบระบบ

ระบบมีการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานในระยะเวลา 20 เซนติเมตร 50 เซนติเมตร และ 1 เมตร ซึ่งในแต่ละระยะจะมีการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง โดยวัดจากความสามารถในการตรวจจับควันบุหรี่ว่าได้หรือไม่ หลังจากนั้นจึงตรวจสอบว่าข้อความแจ้งเตือนการสูบบุหรี่และภาพได้ถูกส่งไปยังแอปพลิเคชันไลน์หรือไม่ ซึ่งผลการทำงานของระบบจะอยู่ในสถานะ 'ปกติ' ก็ต่อเมื่อข้อความและภาพสามารถส่งไปยังแอปพลิเคชันไลน์ได้ทั้งคู่ ในขณะเดียวกัน ผลการทำงานของระบบ 'ไม่ปกติ' ก็ต่อเมื่อข้อความหรือภาพอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งคู่ไม่สามารถส่งไปแสดงผลผ่าน LINE Notify ได้

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ในการทดลองงานวิจัยชิ้นนี้เบื้องต้นสามารถใช้งานได้ โดยมีการส่งข้อความแจ้งเตือนการตรวจพบการสูบบุหรี่และภาพถ่ายจากสถานที่ผ่าน LINE Notify เพื่อใช้เป็นหลักฐานยืนยันการกระทำผิดของผู้สูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบได้ ภาพที่ 5 แสดงข้อมูลที่ถูกส่งไปยังแอปพลิเคชันไลน์ ซึ่งจะเห็นว่าข้อความและภาพถ่ายของเหตุการณ์การสูบบุหรี่จะถูกส่งแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify เมื่อค่าเซ็นเซอร์ยังคงถึงค่าที่กำหนด และข้อมูลดังกล่าวนี้จะถูกส่งแจ้งเตือนเป็นระยะจนกว่าค่าควันจะลดลงสู่ค่าปกติ



ภาพที่ 5: ข้อมูลที่ถูกส่งไปยังแอปพลิเคชันไลน์

โดยการแจ้งเตือนเมื่ออุปกรณ์สามารถตรวจพบควันบุหรี่ การแจ้งเตือนจะถูกส่งไปเรื่อยๆ และเมื่อควันบุหรี่มีค่าน้อยกว่าที่กำหนด ก็จะหยุดการแจ้งเตือน หากทำการติดตั้งดีเลย์การทำงานใหม่จะทำให้การทำงานช้าลง เช่น หากทำการติดตั้งดีเลย์ไว้ที่ 1 นาที เมื่อระบบทำการส่งการแจ้งเตือนครั้งแรก การทำงานครั้งต่อไปก็จะชะลอ 1 นาที เป็นต้น

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการทำงานของระบบแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่ผ่าน LINE Notify ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านระยะห่างจากการทดสอบทั้ง 3 ระยะ คือ 20 เซนติเมตร 50 เซนติเมตร และ 1 เมตร จากการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้งในแต่ละระยะพบว่าระบบสามารถตรวจจับและส่งข้อมูลได้ทั้งหมด 5 ครั้งในระยะ 20 เซนติเมตร และทั้งหมด 5 ครั้งนี้ได้ผลการทำงานปกติ ทั้งนี้ เมื่อมีการทดสอบระบบในระยะ 50 เซนติเมตร พบว่าระบบแสดงผลการทำงานปกติทั้งหมด 2 ครั้ง และไม่ปกติทั้งหมด 3 ครั้ง โดยสถานะไม่ปกติทั้งหมด 3 ครั้งเกิดจากการที่ระบบไม่ส่งรูปภาพไปยัง LINE Notify อย่างไรก็ตาม เมื่อระบบถูกนำไปทดสอบในระยะ 1 เมตร ผลปรากฏว่าระบบไม่สามารถตรวจจับควันบุหรี่ได้แม้แต่ครั้งเดียว ส่งผลให้การส่งข้อความและภาพผ่าน LINE Notify ไม่เกิดขึ้นและทำให้สถานะการทำงานของระบบไม่ปกติทั้งหมด 5 ครั้ง

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการตรวจจับควันของอุปกรณ์ระบบแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่แอปพลิเคชันไลน์

การทำงานของอุปกรณ์ระบบแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่ผ่าน LINE Notify					
ระยะห่าง จากตัว อุปกรณ์	การ ทดสอบ ครั้งที่	การ ตรวจจับ	ข้อมูลที่ส่งมายังไลน์		ผลการ ทำงานของ อุปกรณ์
			ข้อความ	รูปภาพ	
20 เซนติเมตร	1	1	1	1	ปกติ
	2	1	1	1	ปกติ
	3	1	1	1	ปกติ
	4	1	1	1	ปกติ
	5	1	1	1	ปกติ
50 เซนติเมตร	1	1	1	0	ไม่ปกติ
	2	1	1	1	ปกติ
	3	1	1	0	ไม่ปกติ
	4	1	1	1	ปกติ
	5	1	1	0	ไม่ปกติ
1 เมตร	1	0	0	0	ไม่ปกติ
	2	0	0	0	ไม่ปกติ
	3	0	0	0	ไม่ปกติ
	4	0	0	0	ไม่ปกติ
	5	0	0	0	ไม่ปกติ

อภิปรายผลการวิจัย

การทดลองระบบแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่ผ่าน LINE Notify พบว่าระบบสามารถใช้เพื่อแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบและเป็นส่วนช่วยเฝ้าระวังผู้กระทำความผิดได้อีกช่องทางหนึ่ง โดยข้อมูลที่ได้สามารถนำมาใช้เป็นหลักฐานยืนยันการกระทำความผิด จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์กับสถานที่ราชการ สวนสาธารณะ หรือพื้นที่ที่ห้ามสูบบุหรี่ได้ อย่างไรก็ตาม ปัญหาและอุปสรรคที่พบจากการทดลองที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ คือ ถึงแม้ว่าอุปกรณ์จะมีการตรวจจับและส่งข้อมูลไปยัง LINE Notify เมื่อมีควันในบริเวณที่ติดตั้งอุปกรณ์ แต่เมื่อมีการออกห่างจากตัวอุปกรณ์ก็จะไม่สามารถตรวจจับและส่งข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากระบบถูกติดตั้งในห้องน้ำและอยู่ห่างจากอุปกรณ์จะจ่ายสัญญาณอินเทอร์เน็ต ถ้าอุปกรณ์อยู่ในพื้นที่ที่สัญญาณ WIFI ไม่เสถียร การทำงานอาจเกิดการขัดข้องหรือไม่เปิดการทำงาน และอุปกรณ์ไม่สามารถจับควันในระยะไกลได้ ดังนั้นควรจะติดตั้งในพื้นที่ปิดหรือพัฒนาอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น และอีกหนึ่งข้อจำกัดคือ เมื่อค่าเซนเซอร์ยังคงถึงค่าที่กำหนด ข้อมูลก็จะถูกส่งไปจนกว่าค่าควันจะลดลงสู่ค่าปกติ และอีกปัญหาและอุปสรรค คือ เรื่องอุณหภูมิและสภาพอากาศ ทำให้ค่าของเซนเซอร์เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

นอกเหนือจากนี้ การใช้อุปกรณ์ตรวจจับที่มีราคาถูกอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ดังนั้น ถ้าหากนำไปใช้จริงอาจจะต้องติดตั้งเซนเซอร์จำนวนหลายตัว หรือการใช้อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่มีคุณภาพดีและราคาสูงอาจส่งผลให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การใช้ Sharp GP2Y1010AU0F Dust Sensor ที่เป็นตัวเซนเซอร์สำหรับตรวจจับควันและฝุ่นละออง โดยส่งแสงเลเซอร์ไปกระทบกับตัวรับและให้อากาศผ่านในช่อง ซึ่งถ้าหากการรับแสงมีน้อยแสดงว่าฝุ่นละอองมากและถ้าหากมีการรับแสงได้มากแสดงว่าฝุ่นละอองน้อย หรือการใช้ระบบตรวจจับควัน FreshAir1 ที่มีประสิทธิภาพสูงของบริษัท FreshAir ที่เป็นบริษัทชั้นนำในการพัฒนาเซนเซอร์เพื่อตรวจจับและแจ้งเตือนสารเคมีอันตราย ซึ่งระบบตรวจจับควัน FreshAir1 สามารถตรวจสอบ ตรวจจับ พิสูจน์การสูบบุหรี่และการสูบกัญชาได้ทันที ซึ่งในพื้นที่เปิดโล่งสามารถตรวจจับได้ถึง 500 ตารางฟุต โดยใช้แสงหรือรังสีในการตรวจจับอนุภาคทั่วไป เช่น ฝุ่น ควัน ไอน้ำ ฯลฯ เป็นต้น โดยตัวอุปกรณ์จำเป็นต้องเชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ตเพื่อการส่งข้อมูลผ่านแพลตฟอร์มการตรวจสอบของ FreshAir แบบเรียลไทม์ และทำการบันทึกข้อมูลการแจ้งเตือนทุกครั้ง อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ดังกล่าวยังมีราคาสูงซึ่งสถานศึกษาต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมด้านประโยชน์และความคุ้มค่าก่อนนำมาใช้

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการทดลองและเปรียบเทียบระบบแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบผ่าน LINE Notify ในการทดลองจะเห็นว่าค่าที่ถูกส่งไป จะถูกส่งแบบเรียลไทม์และข้อมูลถูกต้องตามที่บันทึกไว้ ตัวระบบทำงานได้ตามวัตถุประสงค์สามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปลงโทษผู้กระทำความผิดทางวินัย และยกระดับการเฝ้าระวังได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยงานวิจัยใกล้เคียงจะเป็นการตรวจจับและบันทึกภาพไปยัง Google Drive เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นการแจ้งเตือนโดยใช้ LINE Notify และการได้รับข้อมูลจะรวดเร็วกว่า ระบบมีการทำงานไม่ซับซ้อนมาก ผู้ใช้ทั่วไปสามารถทำความเข้าใจและใช้งานตัวอุปกรณ์นี้ได้อย่างง่ายดาย (จักรพันธ์ เพ็ชรภูมิ และคณะ, 2561)

อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่การทำงานอุปกรณ์ปกติแต่ไม่มีการส่งข้อมูลอาจมาจากหลายสาเหตุ เช่น ด้านประสิทธิภาพของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ส่งผลให้ไม่สามารถตรวจจับควันบุหรี่ในระยะที่ห่างมากได้ ดังนั้น การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับควันบุหรี่ในอนาคตควรมีการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างเต็มประสิทธิภาพในพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่ นอกเหนือจากนี้ ประโยชน์ทางอ้อมของงานวิจัยนี้ยังสามารถช่วยลดการเกิดเหตุอัคคีภัย ที่เป็นภัยใกล้ตัวที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งและก่อให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สิน (กรณัญญ์ วรวัชรจิรภาคย์ และคณะ, 2562)

เอกสารอ้างอิง

- กรณัญญ์ วรวัชรจิรภาคย์ และคณะ. (2562). การตรวจจับผู้สูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่ โดยใช้ระบบกล้องวงจรปิดที่ชาญฉลาด. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ: สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์.
- กองงานคณะกรรมการควบคุมผลิตภัณฑ์ยาสูบ กรมควบคุมโรค. (2563). กรมควบคุมโรค เตือนห้าข้อขับเคลื่อนวัดปลอดบุหรี่ตามกฎหมาย หวังลดผลกระทบจากการได้รับควันบุหรี่มือสองในพื้นที่ศาสนสถาน.
<https://ddc.moph.go.th/brc/news.php?news=13221&deptcode=brc>
- จักรพันธ์ เพ็ชรภูมิ และคณะ. (2561). รายงานการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมหลีกเลี่ยงการได้รับควันบุหรี่มือสองของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง. วารสารสาธารณสุข มหาวิทยาลัยบูรพา, 13(2), 89-101.
- สุจิตรา เปรมจิตต์ และคณะ. (2561). วิเคราะห์อัตราโทษที่เหมาะสมของการสูบบุหรี่ในเขตปลอดบุหรี่. รายงานการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัย ระดับชาติ และนานาชาติครั้งที่ 9 “Local & Global Sustainability: Meeting the Challenges & Sharing the Solutions” (หน้า 1323-1329). มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- เสฏฐวุฒิ เตี้ยเนตร และ วิมาน ใจดี. (2561). การพัฒนาระบบแจ้งเตือนการเกิดอัคคีภัยผ่านแอปพลิเคชันไลน์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. งานประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 10 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม (หน้า 310-319). จังหวัดนครปฐม.
- สำนักควบคุมการบริโภคยาสูบ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2560). 7 มาตรการเพื่อสถานศึกษาปลอดบุหรี่. http://www.thaischool.in.th/_files_school/49101055/document/49101055_0_20180329-213434.pdf.

ราวตากผ้าอัตโนมัติเพื่อการดำรงชีวิตอัจฉริยะ Automatic Clothes Drying Rack for Smart Living

อนุกุล ดุมลักษ์ณ์^{1*} จีรพล คุ่มสมบัติ² วิภาวรรณ บัวทอง³ ธนกฤษ จันทร์แสง⁴ พิธา จารุพูนผล⁵

สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต^{1,2,3,4,5}

*Corresponding author: E-mail: s6011423155@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาราวตากผ้าอัตโนมัติที่มีการประยุกต์การใช้งานเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) เพื่อลดปัญหาที่เกิดจากมนุษย์ เช่น การลืมเก็บผ้าที่ตากในช่วงฝนตก โดยราวตากผ้าอัตโนมัติถูกออกแบบเพื่อช่วยให้การตากผ้าในช่วงฝนตกไม่เปียกฝนและประหยัดเวลาในการดูแลผ้าที่ตาก การพัฒนาระบบ อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เซ็นเซอร์ตรวจจับน้ำฝน เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิความชื้น แผงโซลาร์เซลล์ บอร์ด NodeMcu V2 ESP8266 และ L298N ไมโครขับเคลื่อนมอเตอร์ ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับราวตากผ้า ที่มีม่านราวเลื่อนเปิด-ปิด ดังนั้น เมื่อมีการตรวจจับน้ำฝน ค่าน้ำฝนที่ตรวจจับได้จากเซ็นเซอร์จะส่งไปที่ราวตากผ้า โดยม่านบนราวเลื่อนจะปิด โดยทันทีเพื่อป้องกันไม่ให้ผ้าเปียกฝน หลังจากนั้นจะส่งค่าจากการตรวจจับน้ำฝนไปจัดเก็บข้อมูลที่ Firebase ซึ่งผลจากการทดลองพบว่าราวตากผ้าอัตโนมัติสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพร้อยละ 60 % ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ในทางพัฒนา

คำสำคัญ: เซ็นเซอร์ตรวจจับน้ำฝน; ราวตากผ้า; อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง; การดำรงชีวิตอัจฉริยะ

Abstract

This research aims to develop automatic clothes drying rack with application of Internet of Things technology to reduce issues caused by human factors such as forgetting to store clothes that were dried during the rain. The automatic clothes drying rack is designed to help dry clothes in the rain, not get wet in the rain and save time to look after the drying clothes. In the development phase, various devices such as rain sensors, temperature humidity sensor, solar panel, NodeMcu V2 Board ESP8266, and L298N Motor Driver Module were applied to the clothes drying rack with sliding curtains. When the rain is detected by the sensor, the data is transmitted to the clothes drying rack and the curtain on the sliding rail immediately shuts to prevent the clothes from getting wet. After that, the rain detection values will be stored in Firebase. The experimental results showed that the automatic clothes drying rack could reach 60% efficiency according to the intended purpose.

Keywords: Rain Sensor; Clothes Drying Rack; Internet of Things; Smart Living

บทนำ

การดำรงชีวิตอัจฉริยะ (Smart Living) คือหนึ่งในประเภทหลักของแนวความคิดเมืองอัจฉริยะ (Smart City) ที่ได้ถูกออกแบบและพัฒนามาให้ตอบโจทย์การใช้ชีวิตของคนเมือง ที่มีความเร่งรีบและต้องการความสะดวกสบาย ด้วยการนำเทคโนโลยีมาผสมผสานกับโครงสร้างปัจจัยพื้นฐาน เพื่อพัฒนาระบบบริหารจัดการให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยการดำรงชีวิตอัจฉริยะมุ่งเน้นการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกให้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดี มีความสุขและปลอดภัยในการดำรงชีวิต

ในปัจจุบัน ผู้คนส่วนใหญ่ต้องออกไปทำงานนอกบ้านในช่วงเช้าและกลับจากที่ทำงานในช่วงเย็นหรือค่ำ ปัญหาหนึ่งที่พบนั้นเกี่ยวข้องกับการสัมผัสกับผ้าที่ซักและตากไว้ข้างนอก ในหลายกรณีไม่สามารถคาดเดาสภาพอากาศข้างนอก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจังหวัดภูเก็ตที่อยู่ในพื้นที่มรสุม อาจมีฝนเกิดขึ้นได้ในทุกฤดูกาล ซึ่งปัญหาดังกล่าวอาจไม่ใช่เรื่องใหญ่ แต่ส่งผลกระทบต่อความรู้สึกและความสะดวกในการดำรงชีวิต เช่น การที่ต้องซักผ้าที่ตากและเปียกใหม่อีกครั้ง การไม่สามารถใส่ชุดที่วางแผนใช้งานในวันที่ต้องการ

จากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้น แนวความคิดเกี่ยวกับการพัฒนาระบบราวตากผ้าอัตโนมัติจึงเกิดขึ้น เพื่อให้การทำงานของราวตากผ้าเป็นไปอย่างอัตโนมัติผ่านระบบเซ็นเซอร์และแขนกลในการเปิด-ปิดม่าน (จาซันย์ ภูระหงษ์, 2547; ศิริพงษ์ วงษ์คาร, 2554) ในงานวิจัยของ ณัฐวัฒน์ ธงยี่สิบ (2562) มีการนำเซ็นเซอร์ตรวจจับน้ำฝนและตรวจวัดแสง เซ็นเซอร์แสงใช้ในการตรวจจับปริมาณแสงแดดว่ายังมีหรือไม่ ถ้าไม่มีแสง แสงน้อยหรือฝนตก เมื่อเซ็นเซอร์ ตรวจจับน้ำฝนและแสงแดด อย่างใดอย่างหนึ่งได้ จะสั่งการให้เก็บผ้าหรือตากผ้าโดยอัตโนมัตินี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้กับคนทำงาน โดยผู้ใช้งานสามารถนำออกไปใช้งานได้ ในที่กลางแจ้งได้จากนั้น ปลดปล่อยให้ระบบทำงานแบบอัตโนมัติหรือควบคุมในการเก็บหรือตากผ้าได้ และแนวความคิดเกี่ยวกับการพัฒนาระบบราวตากผ้าอัจฉริยะในงานวิจัยของ ประเมศร์ ไชยวงศ์ (2556) จึงพัฒนาราวตากผ้าอัจฉริยะเข้ามาช่วยคนวัยทำงานให้ไม่ต้องระแวงเรื่องของสภาพอากาศ ไม่ว่าเวลาใด หรือผู้ใช้งานอยู่ที่ไหน เมื่อทำการเปิดสวิทช์ระบบไว้ก่อนออกไปข้างนอก ผู้ใช้งานไม่ต้องกังวลเรื่องการเปียกฝนของเสื้อผ้า ซึ่งราวตากผ้าอัจฉริยะจะทำหน้าที่เกี่ยวกับการตรวจจับเวลาฝนตกจะมีเซ็นเซอร์คอยรับอุณหภูมิความชื้นของอากาศเพื่อส่งไปยังแผงวงจรการปิดของม่านกันฝนเพื่อให้เลื่อนปิดผ้าไม่ให้เปียกฝน ระบบจะเลื่อนม่านเพื่อมาปิดอัตโนมัติผ่านการตรวจจับของเซ็นเซอร์การพัฒนาจะใช้ต้นทุนในการทำราวตากผ้าที่ไม่สูงมากและคุ้มค่าในการทำ เนื่องจากสามารถใช้ได้ในระยะยาวหากผู้ใช้งานดูแลรักษาความสะอาด

ดังนั้นจากที่กล่าวแนวความคิดเกี่ยวกับกลไกระบบตากผ้าอัจฉริยะในงานวิจัยของ บัณฑิต ลียุทธานนท์ (2558) เมื่อทำการเปิดเครื่องกลไกระบบราวตากผ้าอัจฉริยะเรียบร้อยแล้ว เครื่องจะอยู่ในสถานะพร้อมใช้งาน โดยสามารถใช้งานได้ 2 ระบบ คือ ระบบอัตโนมัติและระบบควบคุมด้วยมือ โดยสามารถให้ระบบควบคุมด้วยมือผ่านทางเว็บแอปพลิเคชันและทางหน้าจอแสดงผลที่ตัวราวตากผ้า ซึ่งในระบบควบคุมด้วยมือจะมีการทำงานที่สามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนเพื่อที่จะนำราวตากผ้าออกไปตาก และสามารถควบคุมการทำงานให้มอเตอร์หมุนเพื่อที่จะนำราวตากผ้าเข้ามาเก็บได้ ส่วนทางด้านของระบบอัตโนมัติ ราวตากผ้าจะมีการประมวลผลเพื่อดึงราวตากผ้าเข้าหรือออกเพื่อทำการตากผ้าและเก็บผ้า เมื่อทำการเปิดใช้งานในโหมดนี้ เซ็นเซอร์ตรวจวัดแสง เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ และตรวจจับน้ำจะเริ่มทำงาน โดยการทำงานในโหมดนี้จะ

วิเคราะห์ว่าฝนตกหรือไม่ ถ้าหากเซ็นเซอร์ตรวจพบว่าไม่มีน้ำก็จะทำการเก็บรวดตากผ้าเข้าด้านในทันที แต่หากเซ็นเซอร์ตรวจได้ว่าไม่มีน้ำก็จะมาตรวจสอบอุณหภูมิว่าสภาพอากาศถึง 30 องศาหรือไม่ ถ้าอุณหภูมิมีค่ามากกว่า 30 องศาซึ่งเพียงพอที่จะทำให้ผ้าแห้งได้ ระบบจะทำการดึงม่านรวดตากผ้าออกเพื่อตากผ้า ซึ่งรวดตากผ้าอัตโนมัติเพื่อการดำรงชีวิตอัจฉริยะในงานวิจัยนี้จะผสมผสานกับการใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับน้ำฝนเพื่อตรวจสอบว่ามีฝนตกหรือไม่ ถ้าหากมีการตรวจจับน้ำฝนถึงเกณฑ์ที่กำหนด ตัวเซ็นเซอร์จะทำงานผ่านการเขียนโปรแกรมควบคุมการหมุนของมอเตอร์ที่แสดงการหมุนไปและหมุนกลับเพื่อควบคุมการเปิด-ปิดของผ้าม่านพลาสติก ซึ่งการหมุนของมอเตอร์จะถูกควบคุมโดยรีเลย์และมีเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิความชื้นของเส้นผ้าว่าแห้งหรือไม่และส่งข้อมูลไปยังแอปพลิเคชัน

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อพัฒนารวดตากผ้าที่สามารถตากและเก็บผ้าโดยอัตโนมัติ
2. สำหรับเพิ่มความสะดวกรสบายให้แก่ผู้ที่ต้องการใช้งานและตอบสนองแนวความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

ขอบเขตงานวิจัย

ระบบจะถูกทดลองในสภาพอากาศเวลาฝนตก โดยจะใช้เวลาในการพัฒนาประมาณ 3 เดือน ระหว่างวันที่ 10 มีนาคม 2563 ถึง 31 พฤษภาคม 2563 จนมั่นใจว่าระบบสามารถทำงานได้จริงในสภาพอากาศที่กำหนด โดยระบบจะต้องมีสัญญาณอินเทอร์เน็ทเข้าถึง และสามารถใช้งานได้โดยบุคคลทั่วไป ระบบจะต้องสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ คือ ผ้าม่านบนรวดตากผ้าจะต้องทำการคลุมผ้าไม่ให้เปียกฝนเมื่อมีฝนตกในเงื่อนไขที่แบตเตอรี่สามารถใช้งานได้ตามปกติ

กำหนดขอบเขตงานวิจัย

1. ออกแบบและพัฒนาระบบรวดตากผ้าอัตโนมัติ
2. ระบบรวดตากผ้าอัตโนมัติ สามารถเปิด-ปิด รวดม่านได้เมื่อฝนตก
3. ระบบรวดตากผ้าอัตโนมัติสามารถทำงานได้จริงในสภาพอากาศฝนตกหรือแดดออก

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

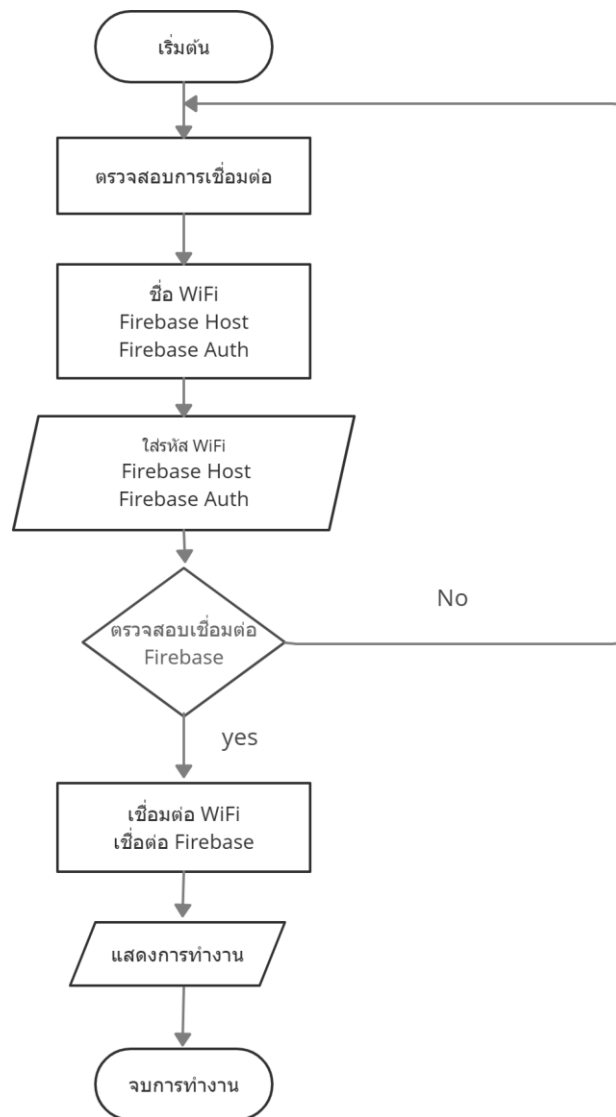
ระบบรวดตากผ้าอัตโนมัติประกอบด้วย 1) เครื่องคอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ๊ก 2) รวดเลื่อนพร้อมผ้าม่านพลาสติก 3) โทรศัพท์ android 4) บอร์ด NodeMcu V2 ESP8266 5) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิความชื้น 6) Module L298N มอเตอร์ควบคุม 7) เซ็นเซอร์ตรวจจับน้ำฝน และแผงโซลาร์เซลล์ โดยใช้ซอฟต์แวร์ (Software) 1) MIT App Inventor 2, 2) โปรแกรม Arduino IDE, และ 3) Firebase

วิเคราะห์และออกแบบ

การวิเคราะห์และสร้างอุปกรณ์ราวตากผ้าอัจฉริยะ ตามเครื่องมือและอุปกรณ์ตามที่ได้เลือกไว้ นั้นจากการวิเคราะห์และออกแบบความสัมพันธ์ของระบบพบได้ว่าระบบมีขั้นตอนการทำงานโดยเริ่มต้นจากผู้ใช้งานเข้าสู่สถานะการทำงานของราวตากผ้าอัจฉริยะผ่านแอปพลิเคชันที่ส่งและรับข้อมูลจาก Firebase มาแสดงผลและส่งการกดใช้งานฟังก์ชันเปิด-ปิด ให้กับ Firebase ผ่านไปยัง NodeMcu ที่รับค่าจากเซ็นเซอร์ความชื้นและอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิรับค่าความชื้นและอุณหภูมิจากเสื้อผ้าที่ตากและส่งให้กับ NodeMcu ถ้าเซ็นเซอร์ตรวจจับความชื้นได้ กระทั่งเซ็นเซอร์จะส่งข้อมูลให้กับ NodeMcu ผ่านไปยัง Firebase เพื่อไปแสดงผลบนแอปพลิเคชัน เซ็นเซอร์ตรวจจับน้ำฝน หรือมีการสั่งใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน จะสั่งเลื่อนปิดผ้ามาทันทีและเลื่อนเปิดอัตโนมัติเมื่อไม่มีฝนตกและมีอุณหภูมิถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หรือมีการสั่งใช้งานผ่านแอปพลิเคชันเช่นกัน ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดแอปพลิเคชันราวตากผ้าอัตโนมัติ

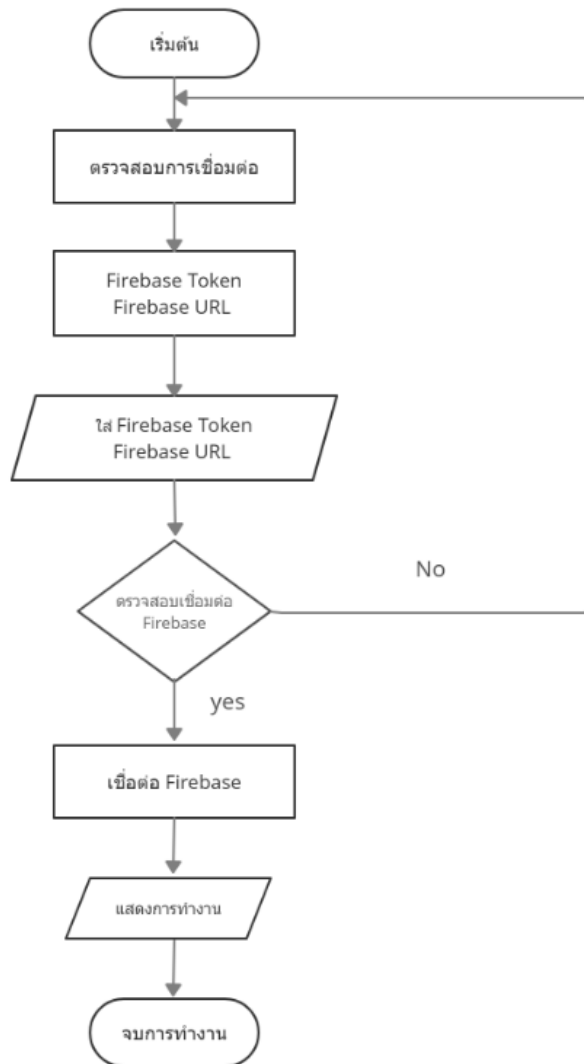


ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดแอปพลิเคชันราวตากผ้าอัตโนมัติ



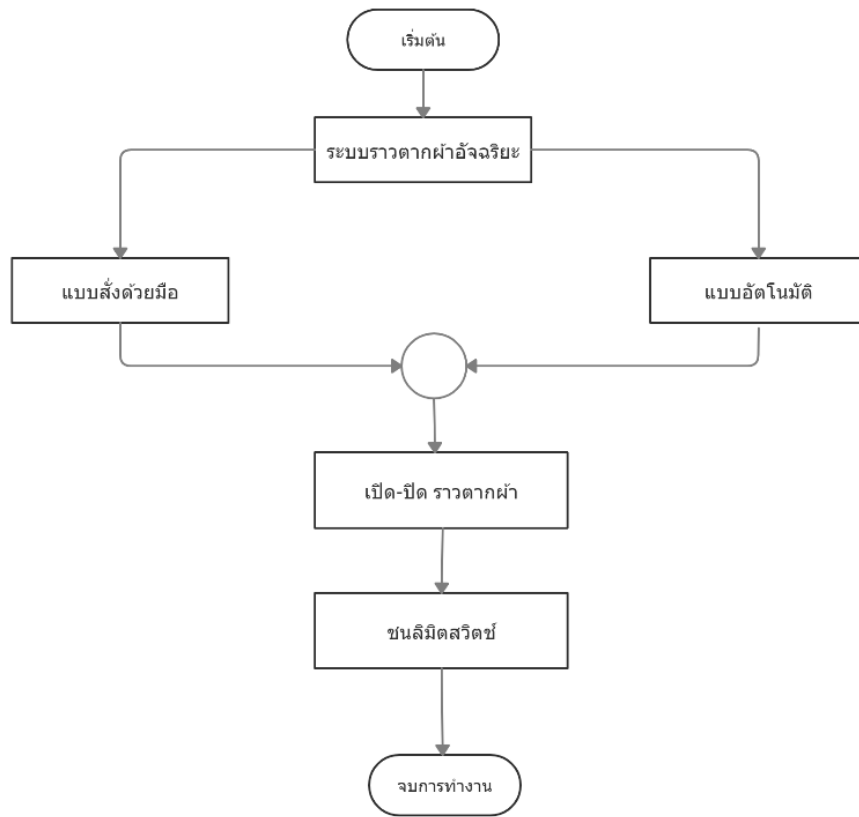
ภาพที่ 2 การเชื่อมต่อราวตากผ้าอัจฉริยะให้ออนไลน์

ภาพที่ 2 แสดงการเชื่อมต่อราวตากผ้าอัตโนมัติให้สามารถทำงานออนไลน์ โดยผู้ใช้เชื่อมต่อโดยใช้สาย USB เชื่อมต่อกับอุปกรณ์แล้วทำการเชื่อมต่อกับ WiFi และ Firebase ให้กับอุปกรณ์แล้วจึงจะออนไลน์ หลังจากนั้น จึงทำการเชื่อมต่อด้วยชื่อ WiFi และ FirebaseHost ให้ตรงกับ WiFi และ FirebaseHost ที่ใช้ ซึ่งถ้าไม่ตรงกัน จะให้กลับไปใส่ข้อมูลชื่อ WiFi และ FirebaseHost อีกรอบ เมื่อทำการเชื่อมต่อ WiFi และ FirebaseHost อย่างถูกต้อง อุปกรณ์จะสู่สถานะออนไลน์และสามารถใช้งานได้



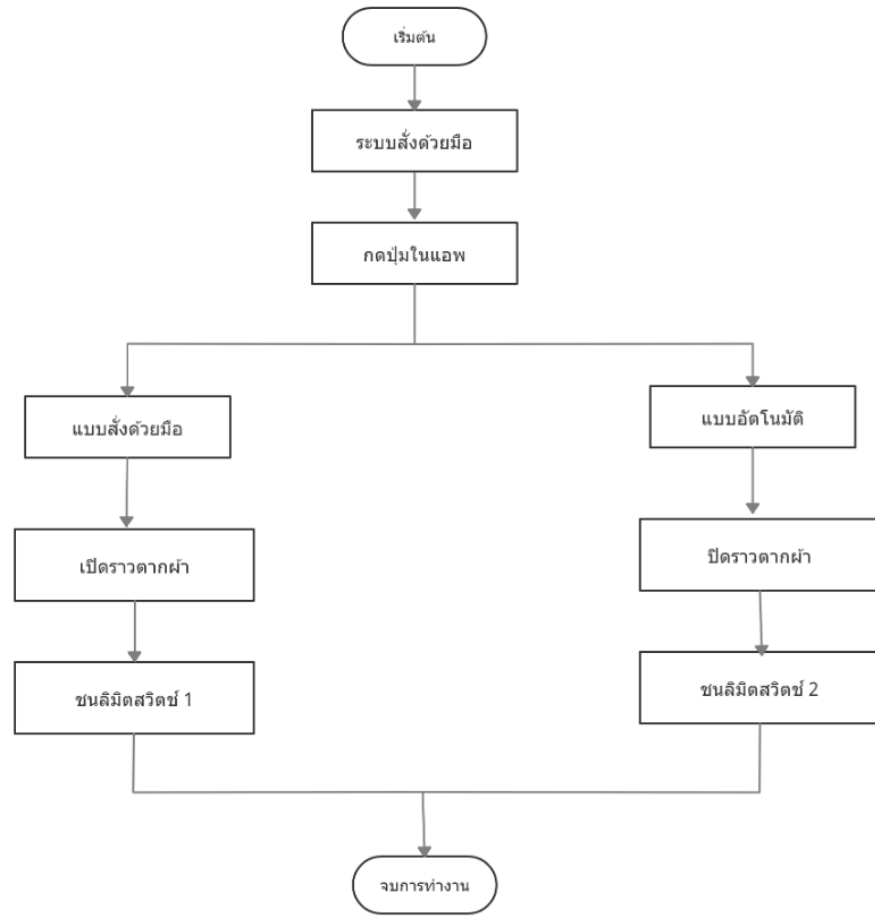
ภาพที่ 3 การเชื่อมต่อราวตากผ้าอัจฉริยะกับ MIT App Inventor

ภาพที่ 3 แสดงการเชื่อมต่อราวตากผ้าอัจฉริยะกับ MIT App Inventor โดยเริ่มจากการไปที่เว็บ MIT App เพื่อตั้งค่าแอปพลิเคชัน แล้วใส่ Firebase Token และ URL ใน MIT App ให้ตรงกับใน Firebase เนื่องจากแอปพลิเคชันจะไม่ทำงานถ้าใส่ข้อมูลไม่ตรงกัน เมื่อข้อมูลตรงกับข้อมูลใน Firebase ก็จะสามารถทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ให้รับและส่งข้อมูลไปยัง Firebase ได้ แล้วจึงดูผลการทำงานแบบออนไลน์



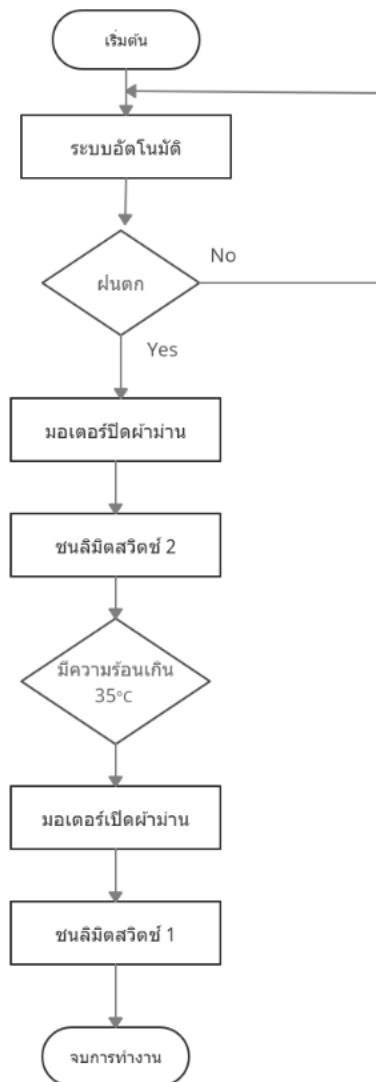
ภาพที่ 4 การทำงานราวตากผ้าอัจฉริยะ

ภาพที่ 4 แสดงการทำงานของราวตากผ้าอัจฉริยะ โดยมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์กับแอปพลิเคชันโดยใช้ Firebase Token และ URL ใน MIT App Inventor เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์แล้วจึงสามารถดูผลการทำงานได้แบบออนไลน์ โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกที่จะสั่งเปิดหรือปิดผ้าม่านได้เองผ่านแอปพลิเคชันหรือจะใช้เซ็นเซอร์น้ำฝนเป็นตัววัดถ้ามีน้ำมาโดนเซ็นเซอร์ ซึ่งเซ็นเซอร์จะส่งการทำงานไป NodeMcu แล้วจะสั่งให้เลื่อนผ้าม่านปิดและจะเปิดเองเมื่อไม่มีฝนตกและมีอุณหภูมิถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้ การเปิดและปิดแต่ละครั้งจะหยุดเมื่อชนกับลิ้มิตสวิตช์



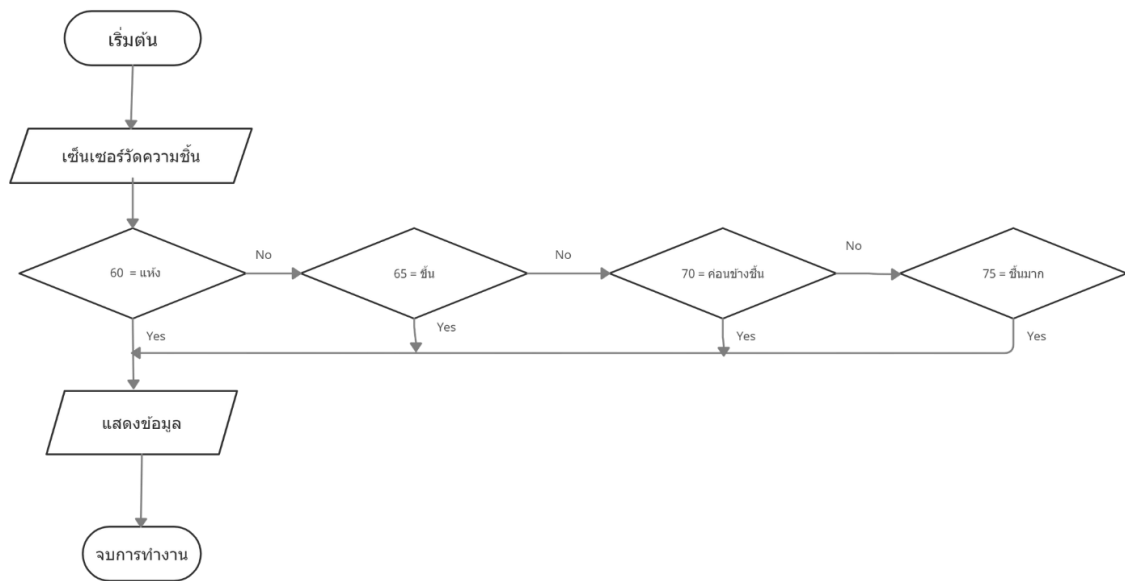
ภาพที่ 5 การทำงานราวตากผ้าผ่านมือถือ

ภาพที่ 5 แสดงผังภาพการสั่งการราวตากผ้าด้วยมือถือ โดยเริ่มต้นจากการที่เซ็นเซอร์ตรวจจับน้ำฝนส่งข้อมูลไป Arduino แล้วส่งข้อมูลให้ app ถ้ามีฝนตกเซ็นเซอร์จะสั่งให้ราวตากผ้าอัจฉริยะทำงาน โดยผู้ใช้กดปุ่มเปิดผ้ามาทำงานผ่านแอปพลิเคชันจนผ้ามาเลื่อนเปิดจนชนกับลิมิตสวิตช์ 1 แล้วหยุดเลื่อน หรือผู้ใช้กดปุ่มปิดผ้ามาทำงานผ่านแอปพลิเคชันจนผ้ามาเลื่อนปิดจนชนกับลิมิตสวิตช์ 2 แล้วหยุดเลื่อน



ภาพที่ 6 การทำงานระบบอัตโนมัติ

ภาพที่ 6 แสดงการทำงานของราวตากผ้าอัตโนมัติ ดังนี้ เมื่อมีฝนตกราวเลื่อนจะทำการปิดอัตโนมัติและจะเลื่อนเปิดเมื่อมีอุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 35 องศา และส่งงานผ่านแอปพลิเคชันเพื่อเปิดม่านบนราวเลื่อนได้ โดยมีหลักการคือ เมื่อมีฝนตกฝามานจะเลื่อนปิดจนชนกับลิมิตสวิตช์ 2 แล้วหยุดเลื่อน และจะเลื่อนเปิดเมื่อมีอุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 35 องศา ถ้ายังมีฝนตกอยู่การเปิดฝามานจะไม่มีการทำงาน เมื่ออุณหภูมิเกินหรือเท่ากับ 35 องศาและไม่มีฝนตกฝามานจะเลื่อนเปิดจนชนกับลิมิตสวิตช์ 1



ภาพที่ 7 การทำงานเซ็นเซอร์ตรวจอุณหภูมิและความชื้นจากผ้า

การพัฒนาและสร้างระบบราวตากผ้าอัจฉริยะ จากเครื่องมือและอุปกรณ์ตามที่ได้เลือกไว้และทำให้ อุปกรณ์ สามารถวัดความชื้นเสื้อผ้าและจับน้ำฝนได้และเริ่มทำงานของระบบราวตากผ้าได้แล้วจะออกแบบ เพื่อให้ราวตากผ้าอัจฉริยะใช้กับผู้ใช้งานทั่วไปใช้งานได้ ภาพที่ 7 แสดงผังภาพการทำงานของเซ็นเซอร์วัดค่า อุณหภูมิและความชื้นจากผ้าแล้วส่งข้อมูลให้แอปพลิเคชันว่ามีระดับความแห้งของผ้าอยู่ระดับที่เท่าไร โดย เซ็นเซอร์ทำการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นจากผ้าที่ตาก ตามเงื่อนไข 1) ถ้าค่าความชื้นเท่ากับ 60 จะเท่ากับ แห้ง 2) ถ้าค่าความชื้นเท่ากับ 65 จะเท่ากับชื้น 3) ถ้าค่าความชื้นเท่ากับ 70 จะเท่ากับค่อนข้างชื้นและ 4) ถ้าค่า ความชื้นเท่ากับ 75 จะเท่ากับชื้นมาก แล้วจึงทำการส่งข้อมูลที่อ่านได้ให้แอปพลิเคชันว่ามีระดับความชื้นของผ้า อยู่ระดับใด

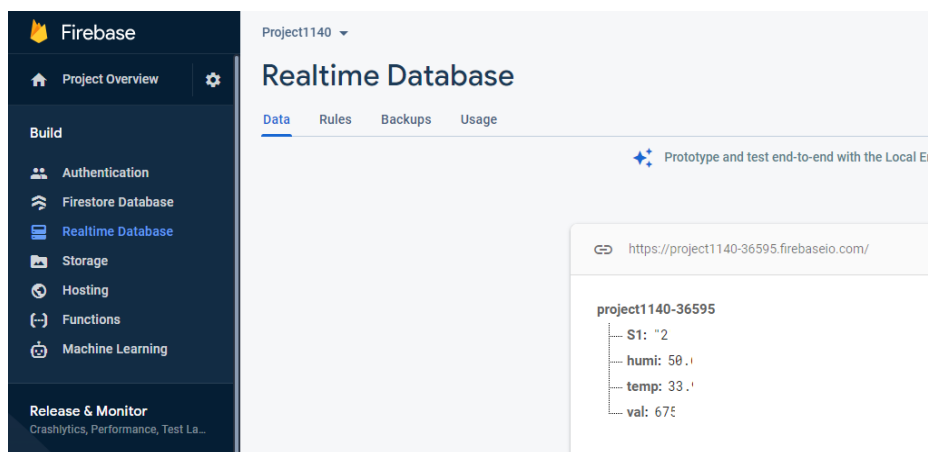
การทำงานของระบบ

การทำงานของระบบและแสดงการทำงานของอุปกรณ์ตรวจอุณหภูมิและความชื้นจะมีค่าอุณหภูมิและ ความชื้นที่ทำการอ่านข้อมูลล่าสุดจาก Arduino ESP8266 มาแสดงแบบเรียลไทม์ ซึ่งแอปพลิเคชันจะแสดง ข้อมูลสถานะอุณหภูมิและความชื้นของผ้าที่ตากและสถานะว่ามีฝนตกหรือไม่ตกในจุดที่ราวตากผ้าอัจฉริยะอยู่ และมีสถานะผ้าที่ตากว่ามีความชื้นหรือแห้ง โดยมีปุ่มให้กด 3 ปุ่ม คือ ปุ่มเลื่อนเปิด ปุ่มหยุด และปุ่มเลื่อนเปิด ภาพที่ 8 แสดงหน้าจอการทำงานของแอปพลิเคชันตรวจอุณหภูมิและความชื้นจากราวตากผ้าอัจฉริยะ



ภาพที่ 8 การทำงานของแอปพลิเคชันตรวจอุณหภูมิและความชื้นจากราวตากผ้าอัจฉริยะ

ในการรับส่งข้อมูลผ่าน Firebase เริ่มต้นจาก Firebase รับข้อมูลจาก NodeMcu และแอปพลิเคชันมาดึงข้อมูลที่ NodeMcu ส่งให้กับ Firebase ไปแสดง และ แอปพลิเคชันสามารถส่งข้อมูลการกดปุ่มมาใน Firebase ได้เพื่อส่งคำสั่งใช้งานเลื่อนผ้ามาทำให้ NodeMcu โดยใช้ S1 เป็นตัวแปรการกดปุ่มแต่ละครั้ง ซึ่ง S1 จะแทนค่าการกดปุ่มในแอปพลิเคชัน ดังนี้ 1 คือ เลื่อนเปิดผ้ามา และ 2 คือ เลื่อนปิดผ้ามา โดยที่ ค่า humi คือ ค่าความชื้นของเสื้อผ้าที่ตาก และ temp คือค่าความชื้นของอากาศ val คือ ค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์น้ำฝน และ 1020 คือค่ามาตรฐานค่าที่ต่ำ 1020 คือมีน้ำโดนเซ็นเซอร์อยู่ ภาพที่ 8 แสดงสถานะการรับส่งข้อมูลผ่าน Firebase



ภาพที่ 9 สถานะการรับส่งข้อมูลผ่าน Firebase

การทดสอบระบบ

วิธีการทดสอบของระบบราวตากผ้าอัจฉริยะจะมีวิธีการทดสอบโดย แขนงเสื้อผ้าวัดค่าความชื้นจากผ้าพร้อมกับบันทึกค่าความชื้นเสื้อผ้าที่ได้ และทดสอบการทำงานของราวเลื่อนเปิดปิด ถ้าไม่มีฝนตกผ้ามาจะเปิด

ตลอดหรือมีการสั่งปิดผ้าผ่านผ่านแอปพลิเคชันหรือถ้ามีฝนตกโดนเซ็นเซอร์ NodeMcu จะสั่งให้มอเตอร์เลื่อนเปิดผ้าผ่านและจะเปิดเองเมื่อฝนไม่ตกและมีอุณหภูมิถึงเกณฑ์ที่ตั้ง ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 การวัดค่าความชื้นจากผ้าที่ตากและแสดงสถานะที่แอปพลิเคชัน

ในภาพที่ 11 ผู้ใช้งานสามารถสั่งเลื่อนเปิดหรือปิดผ้าผ่านได้เองผ่านแอปพลิเคชัน หรือใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับน้ำฝนเป็นตัววัดถ้ามีน้ำมาโดนเซ็นเซอร์ เซ็นเซอร์จะส่งการทำงานไป NodeMcu แล้วจะสั่งให้เลื่อนผ้าผ่านปิดและจะเปิดเองเมื่อฝนไม่ตกและมีอุณหภูมิถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ซึ่งในการเปิดและปิดแต่ละครั้งจะหยุดเมื่อชนกับลิมิตสวิตช์



ภาพที่ 11 การทดลองเปิด-ปิดราวตากผ้าด้วยมือถือ

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดลองในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าราวตากผ้าอัตโนมัติสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์จากการทดลองติดตั้งราวตากผ้าไว้ที่บ้าน เป็นเวลา 1 วัน เริ่มต้นตั้งแต่วันที่ 8.00 น. จะเห็นได้ว่าการทำของเซ็นเซอร์ตรวจจับน้ำฝน การส่งข้อมูลปกติ สั่งเปิด - ปิด อยู่ในสถานะปกติจนถึงเวลา 21.00 น. อย่างไรก็ตาม

สถานะการทำงานของแบตเตอรี่ของราวตากผ้าเริ่มอ่อนลง เมื่อถึงเวลาเวลา 23.00 น. และ 00.00 น. การทำงานของเซ็นเซอร์การส่งข้อมูลปกติ แต่สั่งการปิด - เปิดเริ่มมีอาการช้าลงและสถานะการทำงานของแบตเตอรี่อ่อน ดังนั้น เมื่อถึงเวลา 01.00 น. การทำงานของเซ็นเซอร์การส่งข้อมูลปกติ แต่สั่งการปิด - เปิดไม่มีการทำงาน สถานะการทำงานของแบตเตอรี่อ่อน จนกระทั่งเวลา 02.00 น. ที่การทำงานของเซ็นเซอร์ การส่งข้อมูล และการปิด - เปิดไม่มีการทำงาน โดยแบตเตอรี่แสดงสถานะไม่เพียงพอ ซึ่งสรุปได้คือแบตเตอรี่อ่อนช่วงเวลาระหว่าง 23.00 น. ถึง 02.00 น. ทำให้แบตเตอรี่ไม่เพียงพอต่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพของราวตากผ้าได้ อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าราวตากผ้าสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพประมาณ 12 ชั่วโมง ซึ่งเพียงพอต่อการตากผ้าในแต่ละวัน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการวิจัยระบบราวตากผ้าอัตโนมัติด้วยเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น และทำการแสดงผ่านแอปพลิเคชันสามารถทำงานได้ถูกต้อง เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสามารถรับค่าได้หลายระดับตามที่กำหนดไว้ และทำการแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันได้ตามที่ต้องการ อีกทั้งยังแสดงผลได้ตามที่ผู้จัดทำคาดหวังไว้

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการใช้งานราวตากผ้าอัจฉริยะ

ทดสอบครั้งที่	เวลา	การทำงานของเซ็นเซอร์	การส่งข้อมูล	สั่ง เปิด-ปิด	สถานะ	ความถูกต้อง
1	8.00 น.	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ปกติ	ถูก
2	13.00 น.	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ปกติ	ถูก
3	16.00 น.	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ปกติ	ถูก
4	19.00 น.	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ปกติ	ถูก
5	21.00 น.	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ปกติ	ถูก
6	23.00 น.	ทำงาน	ทำงาน	มีอาการช้า	แบตเตอรี่อ่อน	ผิด
7	00.00 น.	ทำงาน	ทำงาน	มีอาการช้า	แบตเตอรี่อ่อน	ผิด
8	01.00 น.	ทำงาน	ทำงาน	ไม่มีการทำงาน	แบตเตอรี่อ่อน	ผิด
9	02.00 น.	ไม่มีการทำงาน	ไม่มีการทำงาน	ไม่มีการทำงาน	แบตเตอรี่ไม่พอ	ผิด
รวม						60%

สรุปผลและเสนอแนะ

ผลการดำเนินงานเป็นตามวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถทราบข้อมูลสภาพอากาศที่ทดสอบผ่านราวตากผ้าอัจฉริยะผ่านแอปพลิเคชัน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถทดสอบและเพื่อให้ราวตากผ้าอัจฉริยะใช้งานกับบุคคลทั่วไป ระบบสามารถใช้งานได้จริง และโดยมีการแสดงผลบนสมาร์ตโฟน ผ่านทางแอปพลิเคชัน ในการพัฒนาระบบราวตากผ้าอัจฉริยะด้วยแอปพลิเคชันสามารถสรุปผลของการทำงานและปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงานวิจัยรวมถึงการแก้ไขและข้อเสนอแนะ เพื่อที่จะเป็นแนวทางในการนำไปพัฒนาสำหรับผู้ที่สนใจในอนาคต เช่น การเปลี่ยนเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นที่มีคุณภาพดีมากกว่านี้เพื่อความแม่นยำของการวัดอุณหภูมิและความชื้นของเสื้อผ้า การเพิ่มปริมาณแบตเตอรี่ให้มีประสิทธิภาพมากกว่านี้เพื่อระยะเวลาในการใช้งานที่ยาวนานขึ้น การเปลี่ยนแผงโซลาร์เซลล์ให้ใหญ่ขึ้นเพื่อการชาร์จแบตเตอรี่ให้มีประสิทธิภาพ รวมถึงการเพิ่มเซ็นเซอร์วัดแสงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานกลางวันและกลางคืน

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐวัฒน์ ธงยี่สิบ. (2562). *ราวตากผ้าอัตโนมัติ*. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. http://digital_collect.lib.buu.ac.th/project/b00254400.pdf.
- บัณฑิต ลียุทธานนท์. (2558). *กลไกระบบตากผ้าอัจฉริยะ* (วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี). ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ปรเมศร์ ไชยวงศ์. (2556). *ราวตากผ้าอัจฉริยะ* (ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง). ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครูศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต วิทยาลัยเทคโนโลยีโปลิเทคนิคลานนา, เชียงใหม่.
- ราชนันท์ ภูระหงษ์. (2547). *การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองการควบคุมแขนกลไฟฟ้าด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์* [ปัญหาพิเศษปริญาหมาบัณฑิต]. ภาควิชาวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ศิริพงษ์ วงษ์คาร. (2554). *การประยุกต์ใช้งานระบบ PLC เบื้องต้น (Mitsubishi PLC) รุ่นที่ 7*. กรุงเทพมหานคร: ฝึกอบรมและพัฒนาทรัพยากรบุคคล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
<http://www.compomax.co.th/product/working-principle-inductive-sensors/>.
- Smart City คืออะไร? ต้องมีองค์ประกอบอะไรบ้าง*. (ม.ป.ป.). <https://www.scb.co.th/th/personal-banking/stories/life-style/smart-city.html>.

ระบบให้ออกซิเจนในตู้ปลาแบบอัตโนมัติเพื่อการดำรงชีวิตอัจฉริยะ Automatic Aquarium Oxygenation System for Smart Living

เอกชัย วิมลเมือง^{1*} พรเทพ อนันตภูมิ² ณสิทธิ์ เหล่าเส็น³ ธนฤกษ์ จันทรแสง⁴ พิธา จารุพูนผล⁵

สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต^{1,2,3,4,5}

*Corresponding author: E-mail: s6011423122@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจวัดค่าออกซิเจนและเพิ่มออกซิเจนในน้ำแบบอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) ระบบนี้สามารถช่วยลดปัญหาน้ำในตู้ปลาเสื่อมสภาพและลดการใช้ไฟฟ้าที่เครื่องปั๊มอากาศตู้ปลา และอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ในการตรวจสอบค่าออกซิเจนในน้ำ โดยตัวระบบจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (NodeMCU) เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เชื่อมต่อเข้ากับตัวเซนเซอร์วัดออกซิเจนละลายน้ำแบบแอนะล็อก (Analog Dissolved Oxygen Sensor) ซึ่งระบบจะทำการวัดปริมาณออกซิเจนแบบอัตโนมัติและใช้เครื่องปั๊มอากาศ เพื่อทำการปั๊มออกซิเจนในตู้ปลา หลังจากนั้นจะทำการส่งข้อมูลไปยัง Blynk Server โดยระบบจะส่งการและแสดงผลผ่าน Blynk Application ที่ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าระดับการทำงานและตรวจสอบรายงานค่าปริมาณออกซิเจนย้อนหลังได้ จากผลการทดลองพบว่า ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุณภาพน้ำมีปริมาณออกซิเจนมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

คำสำคัญ: การให้ออกซิเจน; การดำรงชีวิตอัจฉริยะ; ออกซิเจนละลายน้ำ; อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

This research aims to develop a system for measuring oxygen and adding oxygen in water automatically with Internet of Things technology. This system can help reduce the problem of deterioration of the water in the aquarium and reduce the electricity. The system also facilitates users to check the oxygen in water. The system uses a microcontroller (NodeMCU) to control the operation of electrical devices connected to an analog dissolved oxygen. The oxygen in the aquarium will be automatically measured and increased using an air pump. After that, the detected data will be sent to Blynk Server that can be requested and display the results through Blynk Application. The user can configure and trace the history of measured oxygen values. The experimental results showed that the system was able to operate efficiently, and the water quality was significantly more oxygenated.

Keywords: Oxygenation; Smart Living; Dissolved Oxygen; Internet of Things

บทนำ

ปัจจุบันมีคนเลี้ยงปลาสวยงามหรือปลาดู่มากขึ้น การเลี้ยงปลาจึงเป็นงานอดิเรกของครอบครัวหรือบุคคลทั่วไปก่อให้เกิดความเพลิดเพลินและคลายเครียด เพราะปลาดูสามารถดึงดูดความสนใจได้ทั้งเด็กและผู้ใหญ่ นอกจากนี้ การเลี้ยงปลาในตู้ปลาจะไม่ส่งเสียงและกลิ่นรบกวนบริเวณใกล้เคียง การเลี้ยงปลาสวยงามสามารถใช้เป็นเครื่องประดับตกแต่งสถานที่ได้เป็นอย่างดี อีกทั้งปลายังมีส่วนช่วยในการกำจัดแมลง เนื่องจากปลาสวยงามส่วนใหญ่ชอบกินตัวอ่อนของแมลงเป็นอาหาร เช่น ปลากัด ปลาเทวดา ปลาปอมปาดัวร์ ปลาสด และปลาหางนกยูง เป็นต้น ปลาดูที่นิยมเลี้ยงสามารถถูกจำแนกได้หลายประเภทคล้ายกับการจำแนกประเภทปลาทั่วไป เช่น การจำแนกตามถิ่นกำเนิดว่าเป็นปลาไทยหรือปลาที่มีถิ่นกำเนิดจากต่างประเทศ การจำแนกกลุ่มตามลักษณะการแพร่พันธุ์ว่าออกลูกเป็นตัวหรือวางไข่ (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดราชบุรี, 2563) ซึ่งการเลี้ยงปลาสวยงามเหล่านี้ต้องคำนึงถึงค่ามาตรฐานระดับออกซิเจนในน้ำซึ่งปลาสวยงามส่วนใหญ่สามารถอาศัยได้ในค่าระดับที่ 6 – 9 mg/L ยกตัวอย่างเช่น ปลาแฟนซีคาร์พ สามารถอาศัยอยู่ในระดับออกซิเจนประมาณไม่เกิน 7 mg/L การเลี้ยงปลาสวยงามก่อให้เกิดรายได้เป็นอาชีพเสริม หรืออาชีพหลักได้ และผลที่ตามมา มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่สูง และทำให้เสียค่าใช้จ่ายมากขึ้น เพราะการทำงานของอุปกรณ์ปั๊มออกซิเจนที่ทำงานตลอดเวลา และมีพื้นที่จำกัด เช่น หอพัก บ้านพัก เป็นต้น (นิติพงษ์ สมไชยวงศ์ และคณะ, 2560)

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์มีความก้าวหน้ามากขึ้นทำให้มีการนำเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์การใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมากมายทั้งคอมพิวเตอร์และ สมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตจนกระทั่งอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoTs) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันและกลายเป็นองค์ประกอบหลักสำหรับการพัฒนาอุปกรณ์ให้มีความสะดวกและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ (เดชฤทธิ์ มณีธรรม, 2560)

จากสาเหตุข้างต้นดังกล่าวจึงทำให้เกิดความคิดในการพัฒนาระบบที่สามารถให้ออกซิเจนในตู้ปลาแบบอัตโนมัติด้วยอุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและสามารถเข้าใช้งานผ่านทาง Blynk Application ที่มีการเชื่อมต่อกับตัวอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ (เกวลิน คุ้มรักษ์, 2555) งานวิจัยนี้ยังสนับสนุนแนวความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ (Smart Living) ที่เป็นหนึ่งในองค์ประกอบหลักที่สำคัญของเมืองอัจฉริยะ (Smart City) ที่เน้นให้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดี โดยมีการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมารวมเข้ากับการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกโดยคำนึงถึงหลักการยสถาปัตยกรรม (Universal Design) เพื่อตอบสนองการใช้งานกับคนในสังคม (ภาสกร ประถมบุตร, 2564)

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาระบบการให้ออกซิเจนอัตโนมัติในน้ำมีระดับออกซิเจนในน้ำที่เหมาะสมสำหรับปลาดูและลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปั๊มออกซิเจน

วิธีดำเนินการวิจัย

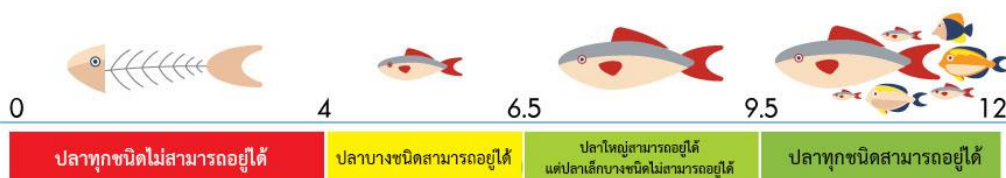
กำหนดปัญหาและความต้องการของระบบ

อินเทอร์เน็ตและไฟฟ้ามีบทบาทสำคัญในการดำเนินชีวิตจึงได้แนวคิดในการพัฒนาระบบโดยนำระบบอินเทอร์เน็ตมาประยุกต์การทำงานร่วมกับระบบไฟฟ้าเพื่อช่วยในการพัฒนาระบบช่วยในการอำนวยความสะดวกในการใช้งานแก่ผู้ใช้ โดยที่ผู้ใช้สามารถกำหนดการทำงานผ่าน Blynk Application ซึ่งใช้อุปกรณ์และโปรแกรมในการพัฒนา ดังนี้

1. Laptop
2. โปรแกรม Arduino IDE
3. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (NodeMCU)
4. LCD Blue Screen
5. Solid State Relay
6. Air pump (เครื่องปั๊ม)
7. Analog Dissolved Oxygen Sensor
8. Blynk Platform
9. Smartphone

ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis)

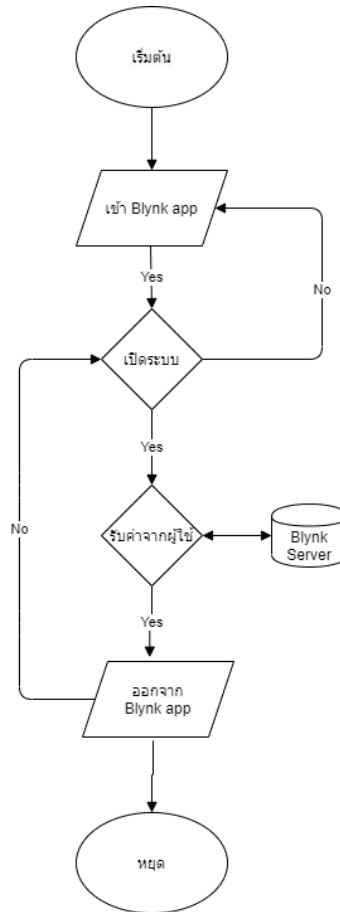
ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระบบการทำงานและ Blynk Application มีการทำงานและมีความสัมพันธ์กัน จากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์ในรูปแบบของผังงาน และโมเดลในการออกแบบโปรแกรมผู้ศึกษาได้ใช้ draw.io ในการออกแบบ Flowchart โดยโปรแกรมมีรูปแบบการใช้งานที่หลากหลายและมีฟังก์ชันช่วยในการออกแบบ โดยเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ระบบงานจากการทำงานของเครื่องปั๊มออกซิเจนที่วัดได้จากเซนเซอร์ โดยผู้ใช้ตั้งค่าการทำงานผ่าน Blynk Application ระดับออกซิเจนที่วัดได้จากเซนเซอร์ อ้างอิงจากมาตรฐานระดับออกซิเจนในน้ำ น้ำในธรรมชาติทั่วไปปกติจะมีค่าออกซิเจนในน้ำหรือออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ระหว่าง 5 ถึง 7 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L) ซึ่งมาตรฐานน้ำที่มีคุณภาพดีจะมีค่าออกซิเจนในน้ำประมาณ 5–8 mg/L และน้ำเสียจะมีค่าออกซิเจนต่ำกว่า 3 mg/L โดยทั่วไปถ้าปริมาณออกซิเจนในน้ำต่ำกว่า 4 mg/L จะทำให้ปลาตาย แต่ถ้าอยู่ระหว่าง 4 ถึง 6 mg/L อาจมีปลาจำนวนน้อยมากเพียงไม่กี่ชนิดที่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ ในขณะที่ปลาตัวใหญ่สามารถมีชีวิตในปริมาณออกซิเจนในน้ำระหว่าง 6.5–9.5 mg/L แต่ปลาตัวเล็กไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ ทั้งนี้ ถ้าปริมาณออกซิเจนในน้ำอยู่ระหว่าง 9.5 ถึง 12 mg/L จะทำให้ปลาทุกชนิดสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ (ยุพิน พุนดี และคณะ, 2560)



ภาพที่ 1 ระดับออกซิเจนในน้ำที่มีผลสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

ที่มา : <https://legatool.com>

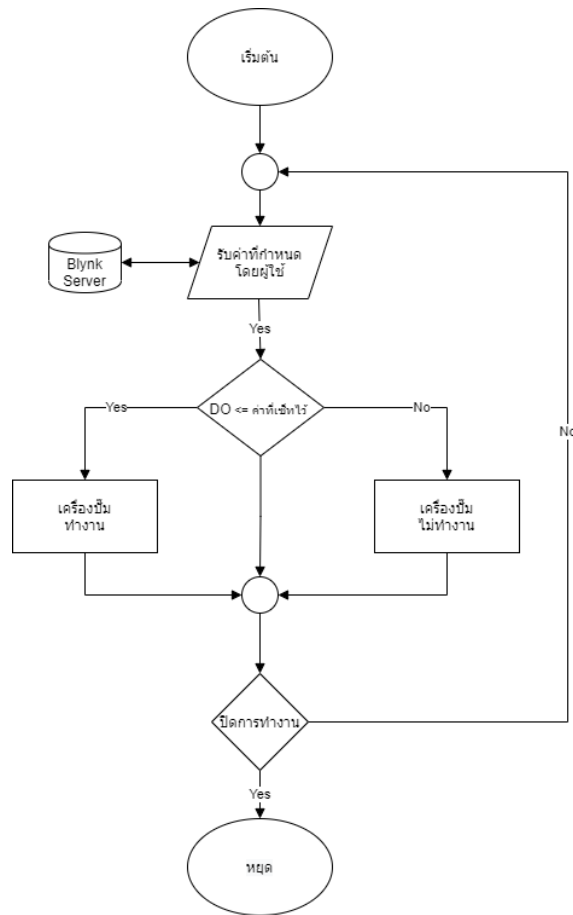
หลักจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบที่นำมาใช้กับระบบให้ออกซิเจนในตู้ปลาแบบอัตโนมัติ โดยควบคุมอุปกรณ์ผ่าน Blynk Application มีการออกแบบในรูปแบบของผังงานแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานของระบบควบคุมอุปกรณ์ผ่าน Blynk Application ดังนี้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการทำงานของ Blynk Application

จากภาพที่ 2 ขั้นตอนการทำงานของระบบ ผู้ใช้งานต้องเข้าสู่ Blynk Application จากนั้นระบบจะทำการเชื่อมต่อไปยัง Blynk Server แล้วจะนำเข้าสู่หน้า Main ที่ต้องทำการกำหนดค่าออกซิเจนในน้ำระดับที่ต้องการ เมื่อค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์มีระดับที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับค่าที่ตั้งไว้ระบบก็จะทำงาน

จากภาพที่ 3 เมื่อระบบเริ่มทำงาน อุปกรณ์จะต้องมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต เพื่อเชื่อม Blynk Server เมื่อเชื่อมต่อสำเร็จระบบจะมีการรับข้อมูลจาก Server และรับค่าที่ผู้ใช้ทำการตั้งค่าไว้จากนั้นก็จะมีตรวจสอบเงื่อนไขข้อมูลที่ได้รับ ถ้าข้อมูลมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าที่ตั้งไว้ ก็จะทำการสั่งเปิดการทำงาน แต่ถ้าหากมากกว่าค่าที่ตั้งก็จะทำการสั่งปิดการทำงาน ระบบก็จะทำงานวนลูปจนกว่าจะมีการปิดการทำงาน

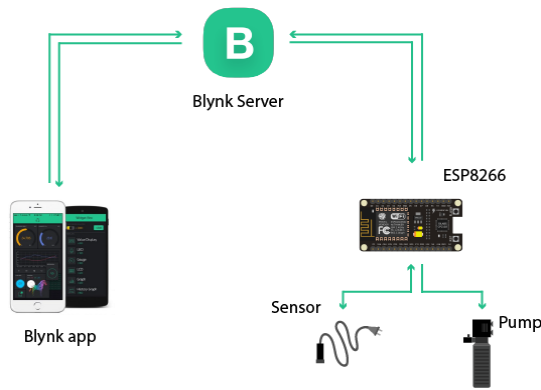


ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทำงานรับค่าจาก Blynk Server ควบคุมผ่าน Blynk Application

พัฒนาระบบ (Development)

จากการวิเคราะห์ระบบ ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาระบบให้ออกซิเจนในตู้ปลาแบบอัตโนมัติ Blynk Application โดยจะทำการพัฒนาตามผังงานที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อให้อุปกรณ์สามารถรับ-ส่งค่าข้อมูลกับฐานข้อมูลได้ การออกแบบระบบปรับออกซิเจนตู้ปลาผ่าน Blynk Application โดยใช้ Blynk Application เป็นตัวควบคุมหรือแสดงผลค่าจากอุปกรณ์ และมี Blynk Server ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารระหว่าง Blynk Application กับอุปกรณ์

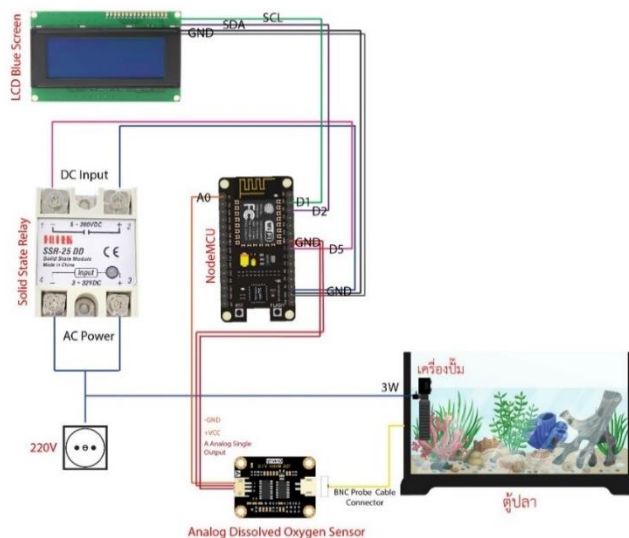
จากภาพที่ 4 หลักการทำงานของระบบ NodeMCU จะรับค่าข้อมูลจากตัวเซนเซอร์ แล้วส่งข้อมูลไปยัง Blynk Server เพื่อนำไปแสดงผลผ่านหน้าจอ Blynk Application และกำหนดค่าการทำงานผ่าน Blynk Application จากนั้น NodeMCU จะสั่งการไปยังเครื่องปั๊มออกซิเจนให้ทำงานอัตโนมัติ เมื่อถึงค่าที่กำหนดไว้



ภาพที่ 4 หลักการทำงานของระบบผ่าน Blynk Application
 ที่มา : <https://blynk.io>

หลังจากนั้น จึงทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ซึ่งการทำงานจะเริ่มต้นเมื่ออุปกรณ์ NodeMCU เชื่อมต่อกับ Blynk Server สำเร็จโดยจะแสดงข้อความบนหน้าจอ LCD Blue Screen หลังจากนั้นเมื่อผู้ใช้งานกำหนดค่าการทำงานบน Blynk Application เพื่อส่งค่าข้อมูลมายังอุปกรณ์ NodeMCU และมี Analog Dissolved Oxygen Sensor เป็นเซนเซอร์วัดระดับค่าออกซิเจนภายในตู้ปลา เมื่อค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่าเท่ากับค่าที่ผู้ใช้งานตั้งค่าไว้ในอุปกรณ์ NodeMCU จะสั่งให้เครื่องปั๊มออกซิเจนทำงานอัตโนมัติ โดยเครื่องปั๊มจะใช้ไฟเลี้ยงปกติที่ 220V และมีอุปกรณ์ Solid State Relay ที่ใช้เป็นสวิตซ์การทำงานของเครื่องปั๊ม ดังภาพที่ 5

ในการประกอบชุดควบคุม จะนำเครื่องมือและอุปกรณ์หลัก ดังนี้ NodeMCU, Analog Dissolved Oxygen, เครื่องปั๊มขนาด 3 W, Solid State Relay โดยเขียนชุดคำสั่งการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง Blynk Server กับชุดควบคุมซึ่งจำเป็นต้องเขียนชุดคำสั่งเพื่อจะสั่งการทำงานระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Blynk Server ประกอบชุดควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งจะให้บอร์ดควบคุมรับค่าเงื่อนไขจาก Blynk Server แล้วนำค่าที่ได้มาเป็นตัวกำหนดสั่งการทำงานให้กับ Solid State Module เพื่อทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 5 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ



ภาพที่ 6 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์

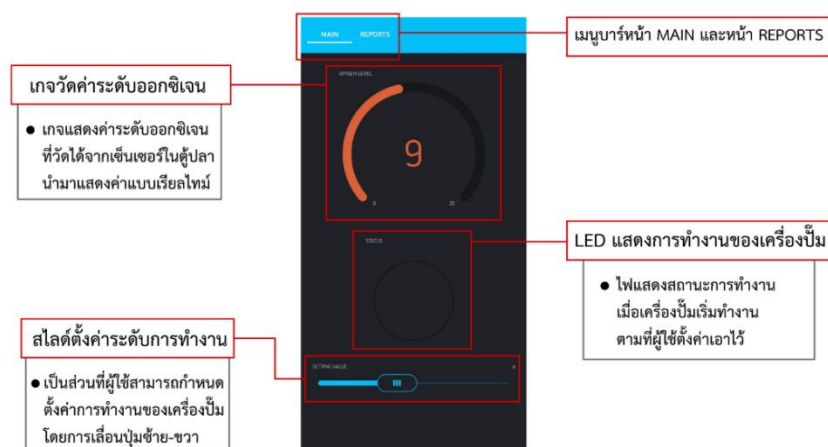
ทดสอบระบบ

การทดสอบระบบคือขั้นตอนที่ยืนยันว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งระบบให้ออกซิเจนในตู้ปลาแบบอัตโนมัติจะมีการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง โดยวัดสถานะการทำงานของ NodeMCU และเซนเซอร์ตรวจจับออกซิเจนในน้ำ หลังจากนั้นจึงตรวจสอบค่าออกซิเจนก่อนและหลังการทำงานเพื่อตรวจสอบการเพิ่มขึ้นของค่าออกซิเจน ในกรณีที่ค่าออกซิเจนถึงเกณฑ์ที่กำหนดสำหรับการเลี้ยงปลาผู้จะถือว่าผลลัพธ์การทำงานของระบบผ่านและเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดลอง

ในการแสดงผลลัพธ์จากการทดลองบน Blynk Application ประกอบด้วยหน้าจอหลัก 2 ส่วน คือส่วนหน้าหลักและหน้ารายงานผล ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบประกอบในภาพที่ 7 และ 8 ตามลำดับ



ภาพที่ 7 หน้าจอหลักของ Blynk Application



ภาพที่ 8 หน้าจอแสดงผลรายงานของ Blynk Application

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าค่าออกซิเจนในน้ำเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับปลาตู้ทั้ง 10 ครั้ง หลังจากที่มีการทดลองใช้ระบบให้ออกซิเจนในตู้ปลาแบบอัตโนมัติในช่วงเวลาหนึ่ง โดยไม่มีครั้งใดที่ระบบไม่มีการทำงานหรือทำงานผิดพลาด อย่างไรก็ตามค่าระดับน้ำที่วัดได้จากการทดลองในแต่ละครั้งจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ ด้าน เช่น อุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นออกซิเจนจะละลายได้น้อยลงค่าระดับออกซิเจนก็จะต่ำลงไปด้วย ความดันอากาศ ค่าระดับออกซิเจนจะต่ำลงถ้าความดันอากาศในน้ำสูงขึ้น

ตารางที่ 1 ตารางผลการทดลองโปรแกรมผ่าน Blynk Application

ผลการทดลอง	NodeMCU & Sensor	ค่าออกซิเจนก่อนทำงาน (mg/L)	ค่าออกซิเจนหลังทำงาน (mg/L)	ผลลัพธ์การทำงาน
ครั้งที่ 1	ทำงาน	9	11	ผ่าน
ครั้งที่ 2	ทำงาน	5	9	ผ่าน
ครั้งที่ 3	ทำงาน	3	6	ผ่าน
ครั้งที่ 4	ทำงาน	5	10	ผ่าน
ครั้งที่ 5	ทำงาน	4	8	ผ่าน
ครั้งที่ 6	ทำงาน	7	12	ผ่าน
ครั้งที่ 7	ทำงาน	9	13	ผ่าน
ครั้งที่ 8	ทำงาน	5	10	ผ่าน
ครั้งที่ 9	ทำงาน	7	11	ผ่าน
ครั้งที่ 10	ทำงาน	3	7	ผ่าน

อภิปรายผล

จากการศึกษาและทำการวิจัยการทำงานของระบบ Blynk Application และการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานได้

ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานโดยปัญหาหลักๆ จะเกิดจากฮาร์ดแวร์ เมื่อมีการใช้งานไปนานๆ จะเกิดความร้อนสูงและทำให้การเชื่อมต่อขั้วของ ไม่สามารถเชื่อมต่อกับ Server ได้จึงไม่สามารถดำเนินการทำงานของระบบต่อไปได้ และปัญหาสำหรับผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานต้องรู้ระดับค่าดีไอ Dissolved Oxygen หรือค่ามาตรฐานระดับออกซิเจนในน้ำในการใช้งาน

สรุปผลการวิจัย

ระบบให้ออกซิเจนในตู้ปลาแบบอัตโนมัติเพื่อการดำรงชีวิตอัจฉริยะถูกพัฒนาเพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้งานกำหนดปริมาณการทำงานได้ผ่าน Blynk Application สามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้า และสามารถกำหนดระดับคุณภาพออกซิเจนในน้ำของตู้ปลาที่ปลาสามารถอาศัยอยู่ได้ มีการออกแบบโมเดลทดลองขึ้นมาเพื่อทดสอบการใช้งาน และสรุปผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- เกวณิน คุ่มรักษา. (2555). ระบบติดตามสภาพน้ำบ่อปลาเพื่อธุรกิจปลาสวยงาม [วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน .
- เดชฤทธิ์ มณีธรรม. (2560). คัมภีร์การใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino. ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- นิติพงษ์ สมไชยวงศ์ และคณะ. (2560). การออกแบบและสร้างระบบควบคุมความเป็นกรด-ด่าง และออกซิเจน
ละลายน้ำในบ่อเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์พ, 11(3), 328-329.
- ภาสกร ประถมบุตร. (2564, 9 เมษายน). Smart City เมืองอัจฉริยะน่าอยู่คืออะไร เกี่ยวอะไรกับคนในวงการ
ออกแบบ. สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. <http://www.depa.or.th/th/article-view/smart-city-design>.
- ยุพิน พูนดี และคณะ. (2560). การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์คลองโพธิ์ของประชาชน ตำบลสามเรือน อำเภอบาง
ปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา [รายงานการวิจัย].
- สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดราชบุรี. (2563). ข้อมูลเพื่อการวางแผนพัฒนาการเกษตรและสหกรณ์
จังหวัดราชบุรี ปี 2563 ปลาสวยงาม. ศูนย์ข้อมูลด้านการเกษตรและสหกรณ์จังหวัดราชบุรี.

**การพัฒนาชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET บูรณาการรายวิชา
สำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช.**

**Development an Active Learning Activity Set on STEM for TVET Principle Integration
for Vocational Construction Branch**

อินทร์ธิรา คำภีระ¹ ณัฐกมล โสภากันต์² อินทิรา อิ่มสว่าง³

ภาควิชาครุศาสตร์โยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี^{1,2,3}

*Corresponding author: E-mail: inthira.kam@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET บูรณาการรายวิชาสำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช. 2) หาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม 3) วัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังการเรียนรู้ผ่านชุดกิจกรรม 4) ประเมินความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมกลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ นักเรียนอาชีวศึกษา ระดับ ปวช. ที่มีการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการบูรณาการหลักการ STEM for TVET จำนวน 25 คน และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) ชุดกิจกรรม 2) แบบประเมินประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม 3)แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้หลังทำกิจกรรม 4) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรม สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าประสิทธิภาพ E1/E2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมบูรณาการกับ 4 รายวิชาตามหลักการ STEM for TVET ได้แก่ รายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม(S),วัสดุและวิธีการก่อสร้างงานโครงสร้าง(T), กลศาสตร์โครงสร้าง 1(E), ประมาณราคาโครงสร้าง(M) 2) ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมศึกษาจากกลุ่มทดลอง ตามเกณฑ์ E1/E2 เท่ากับ 42.67/51.51 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ 70/70 3) กลุ่มประชากรที่ใช้ศึกษามีผลการเรียนรู้หลังการเรียนรู้ผ่านชุดกิจกรรม ผ่านเกณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 56.4) กลุ่มประชากรที่ใช้ศึกษามีความพึงพอใจต่อกิจกรรมโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.25$, S.D. = 0.67)

คำสำคัญ : STEM for TVET; การเรียนรู้เชิงรุก; ผลลัพธ์การเรียนรู้

Abstract

The objective research is to study of 1) developed active learning activity set on STEM for TVET course integration for vocational construction branch 2) found out the efficiency of the activity set 3) measurement of learning outcomes after learning from activity set 4) assessed satisfaction with the activity set. The target group was 25 vocation students that has been taught in courses involves the integration of STEM for TVET and instruments used in the study were 1) activity set 2) efficiency assessment of activity set 3) assessment after learning test 4) satisfaction questionnaire of activity set. Static for data analysis were frequency, percentage, E1 /E2 efficiency, mean and standard deviation. The result were showed that 1) integration activity set with 4 courses according to STEM for TVET principle such as science for industry (s), materials and construction(T), structural mechanics 1 (E) and structure cost estimate (M) 2) the efficiency of the activity set from the experimental group based on E1/E2 criteria was 42.67/51.51 which is lower than the specified efficiency of 70/70 3) the target group has a learning outcomes after learning from the activity set, passing the criteria of 56% 4) the target group has overall satisfaction with the activity were 4.25 of x and 0.67 of S.D. at a high level

Keywords: STEM for TVET; Active learning; Learning outcomes

บทนำ

ปัจจุบันการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ของนักเรียนอาชีวศึกษานั้นยังไม่ประสบผลสัมฤทธิ์ที่ดีนัก เนื่องจากครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบบรรยายและให้นักเรียนทำกิจกรรมผ่านหนังสือเรียน โดยนักเรียนไม่ได้ปฏิบัติจริงด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ แยกแยะ ว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กันอย่างไร ประกอบกับผู้เรียนขาดการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในห้องเรียนทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายและขาดแรงกระตุ้นในการเรียนรู้ จากศึกษาพบว่าการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning นั้นจะมีส่วนช่วยให้ผู้เรียนอาชีวศึกษามีความสนใจในการเรียนมากขึ้น เมื่อได้เรียนผ่านชุดกิจกรรม (อัญญา คนสูงดี และคณะ 2560) และการจัดการเรียนการสอนผ่านการลงมือปฏิบัติทางด้านการทดลองร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนและโครงการสิ่งประดิษฐ์ทาง วิศวกรรม พบว่าผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้นและผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหามากยิ่งขึ้น (สุกัลยา ตันติวิศรุจิและ คณะ 2559) ซึ่งสอดคล้องกับกลุ่มประชากรที่ศึกษาครั้งนี้ จากการสัมภาษณ์ นักศึกษาฝึกสอนวิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง นายศรัณย์ ศรีแสนดี, เมื่อวันที่ 24 มกราคม 2562 เนื่องจากนักศึกษาฝึกสอนได้สังเกตบรรยายภาควิชาในหอเรียนของอาชีววะและสังเกตเห็นว่า ผู้เรียนไม่สนใจเรียน ไม่ตั้งใจเรียน ไม่อยากเข้าเรียน เพราะคิดว่าวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์คงเต็มไปด้วยการคำนวณ ต้องจำสูตรมากมาย พวกเขาไม่คิดว่าวิทยาศาสตร์จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ที่สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาผู้เรียนขาดแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์สถานศึกษาระดับอาชีวศึกษา ซึ่งผู้เรียนส่วนใหญ่เลือกมาเรียนเพราะ ขาดการเรียนทฤษฎี และการท่องจำสูตรคำนวณต่าง ๆ ซึ่งเปรียบเสมือนยาขมสำหรับพวกเขา จากการศึกษาแนวคิด

STEM for TVET เป็นการนำหลักสูตรสะเต็มศึกษา (STEM) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) สำหรับการพัฒนาทักษะอาชีพ มาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับบริบทในประเทศไทยเพื่อช่วยพัฒนาการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ในวิทยาลัยสังกัดอาชีวศึกษาภายใต้ ภายใต้ โครงการ “Chevron Enjoy Science ได้ร่วมกับหน่วยงานภาครัฐอย่าง สวอช., สอศ. และภาคเอกชน ในการจัดตั้งคณะกรรมการคัดเลือกหลักสูตรสะเต็มระดับสากลเพื่อนำมาปรับใช้กับการศึกษาในระดับอาชีวศึกษาของไทย เพื่อนำมาช่วยพัฒนาการจัดการเรียนการสอนในสถานศึกษาสังกัดอาชีวศึกษา (บริษัท เชฟรอนประเทศไทยสำรวจและผลิต จำกัด, 2562) โดย STEM for TVET มีการประเมินผลจะใช้การวิเคราะห์พฤติกรรมกรรมการเปลี่ยนแปลงของโรงเรียนที่มีลักษณะเทียบเคียงกัน ในภาพรวม พบว่าหลักจากการประเมินผลระยะข้อมูลพื้นฐาน แสดงให้เห็นว่าโรงเรียนที่เข้าร่วมโครงการฯ มีผลการประเมินในระดับที่ดีกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ สำหรับโรงเรียนในกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมโครงการฯ ในส่วนของสะเต็มนั้น พบว่าผู้เรียนมีความกระตือรือร้น มีความสนใจในบทเรียนมากขึ้น และสามารถประยุกต์สิ่งที่ได้เรียนรู้ในห้องเรียนสู่ชีวิตประจำวันได้มากขึ้น ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถทำกิจกรรมเป็นกลุ่มและอภิปรายกับเพื่อนร่วมชั้นได้ และจากการประเมินในส่วนของ STEM for TVET นั้น พบว่าผู้เรียนจากวิทยาลัยที่เข้าร่วมโครงการฯ มีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และอีกร้อยละ 95 รู้สึกสนุกไปกับการเรียนวิทยาศาสตร์ จากสภาพปัญหาดังกล่าวจึงทำให้ผู้วิจัยสนใจพัฒนาชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET บูรณาการรายวิชาสำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช. และประเมินความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรม เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูและผู้เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน สามารถนำชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET บูรณาการรายวิชาสำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช. ไปประยุกต์ในการพัฒนาการเรียนการสอนให้มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องแรงลอยตัว, การเลือกใช้วัสดุ รู้จักคุณสมบัติของวัสดุและเทคโนโลยีการก่อสร้างวัสดุสมัยใหม่, การออกแบบโครงสร้างให้แข็งแรง โมเมนต์ของแรง และการสมดุล และ การคำนวณราคาค่าก่อสร้าง เพิ่มมากขึ้น และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนหรือการประกอบอาชีพได้

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษารายวิชาในหลักสูตร สาขาวิชาช่างก่อสร้าง ระดับ ปวช. ที่นำมาบูรณาการบนหลักการ STEM for TVET (วิทยา พิชยาปรีชาพล, 2560) โดยในการวิจัยครั้งนี้ใช้เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแพ บนหลักการ STEM for TVET โดยการบูรณาการรายวิชาสำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาก่อสร้าง ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2562) จำนวน 4 รายวิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่

1. S “Science” บูรณาการในรายวิชา 20000-1302 ชื่อวิชา วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม เรื่องแรงลอยตัว
2. T “Technology” บูรณาการในรายวิชา 20106-1004 ชื่อวิชา วัสดุและวิธีการก่อสร้างงานโครงสร้าง เรื่องการเลือกใช้วัสดุ คุณสมบัติของวัสดุและเทคโนโลยีการก่อสร้างวัสดุสมัยใหม่

3. E “Engineering” บูรณาการในรายวิชา 20106-1006 ชื่อวิชา กลศาสตร์โครงสร้าง 1 เรื่องการออกแบบโครงสร้าง โมเมนต์ของแรงและการสมดุล
4. M “Mathematics” บูรณาการในรายวิชา 20106-2004 ชื่อวิชา ประมาณราคาโครงสร้าง เรื่องการคำนวณราคาค่าก่อสร้าง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายวิชาในหลักสูตร สาขาวิชาช่างก่อสร้าง ระดับ ปวช. ที่นำมาบูรณาการบนหลักการ STEM for TVET

STEM	บูรณาการในรายวิชา	หัวข้อเรื่อง	วัตถุประสงค์รายวิชา
S “Science”	20000-1302 วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม	แรงและชนิดของแรง	1.อธิบายความหมายของแรง 2.อธิบายความหมายลักษณะและชนิดของแรงพร้อมยกตัวอย่าง 3.ยกตัวอย่างการนำความรู้เรื่องแรงไปใช้ในชีวิตประจำวัน
T “Technology”	20106-1004 วัสดุและวิธีการก่อสร้างงานอาคารโครงสร้าง	วัสดุและโครงสร้างอาคาร	1.เข้าใจในหลักการจำแนกประเภท ชนิด คุณสมบัติของ วัสดุ และวิธีการก่อสร้าง 2.สามารถเลือกวัสดุและวิธีการก่อสร้าง นำไปใช้ในการออกแบบสถาปัตยกรรมอาคารและสิ่งก่อสร้าง 3.มีเจตคติ และกิจนิสัยที่ดีในการเรียนรู้ ค้นคว้าเพิ่มเติมเห็นความสำคัญต่อการเรียนวิชาวัสดุและวิธีการก่อสร้าง
E “Engineering”	20106-1006 กลศาสตร์โครงสร้าง 1	แรง	1. อธิบายความหมายของแรง ระบบของแรง 2มิติ ผลลัพธ์ของระบบแรง การรวมแรงตามชนิดของแรง ระบบของแรง หลักและวิธีในการรวมแรง 2. สามารถคำนวณหาแรงลัพธ์โดยวิธีการแยกแรงได้
E “Engineering”	20106-1006 กลศาสตร์โครงสร้าง 1	โมเมนต์ของแรงและการสมดุล	1. อธิบายความหมายของโมเมนต์ของแรงและการสมดุลของแรง 2. แสดงวิธีการคำนวณโมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อวัตถุและแสดงการคำนวณหาการสมดุลของแรงได้ 3. เขียนสมการผลรวมของแรงตามแนวแกน x,y ได้
M “Mathematics”	20106-2004 ประมาณราคาโครงสร้าง	ความรู้เบื้องต้นการประมาณราคา	เข้าใจหลักการ วิธีการ และขั้นตอนการคำนวณหาพื้นที่ ปริมาตร การสำรวจหาปริมาณการแยกรายการวัสดุงานก่อสร้าง

วิธีการวิจัย

การทำกรวิจัย ครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเนื้อหาฟิสิกส์ที่ใช้ในการสอนอาชีวศึกษาสาขาก่อสร้างจากนักศึกษาฝึกสอน และวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม จากนั้นทำการศึกษาลักษณะของวิชา สาขาก่อสร้าง ปีการศึกษา 2562 ศึกษาทฤษฎี STEM for TVET และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เมื่อศึกษาเสร็จแล้ว จึงนำเนื้อหาที่ศึกษาและวิเคราะห์มาสร้างชุดกิจกรรมและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเพื่อจะนำชุดกิจกรรมมาทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้เป็นชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET จากนั้นจึงนำชุดกิจกรรมที่ได้ส่งให้ที่ปรึกษาเพื่อดูความถูกต้องและแก้ไขเบื้องต้น จากนั้นจึงนำส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ซึ่งมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านหลังจากที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแล้วนำชุดกิจกรรมมาแก้ไขตามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำ จากนั้นจึงทำการนำชุดกิจกรรมไปใช้กับกลุ่มทดลอง หลังจากนั้นจึงทำการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมแล้วจึงทำการแก้ไขชุดกิจกรรมและนำชุดกิจกรรมไปใช้กับกลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาแล้วจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาและทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติดังนี้ ร้อยละ, ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวิเคราะห์ เมื่อได้ผลการวิเคราะห์ นำผลที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนหลังเรียน และการบันทึกลงในสมุดกิจกรรมของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำมาสรุปและอภิปรายผล

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น : ชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET บูรณาการรายวิชาสำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช.

ตัวแปรตาม :

- ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET บูรณาการรายวิชาสำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช.
- ผลการเรียนรู้เรื่องแรง แรงพยางหรือแรงลอยตัว การเลือกวัสดุ การประมาณราคา ไม้เมนต์และสมดุลของผู้เรียนผ่านชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET บูรณาการรายวิชาสำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช.
- ความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET บูรณาการรายวิชาสำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช.

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET บูรณาการรายวิชาสำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช.
2. แบบประเมินประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET บูรณาการรายวิชาสำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช.
3. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้เรื่องแรง แรงพยางหรือแรงลอยตัว การเลือกวัสดุ การประมาณราคา ไม้เมนต์และสมดุล

3. แบบสอบถามความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET บูรณาการรายวิชาสำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช.

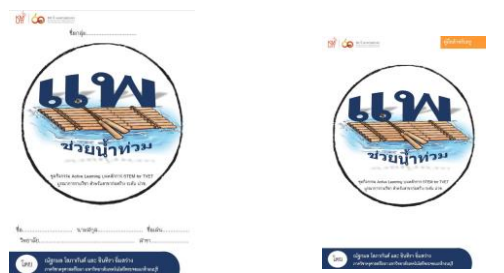
การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

1. ทดลองใช้ชุดกิจกรรมกับกลุ่มทดลอง (try-out) จำนวน 11 คน
2. จัดการเรียนรู้กับกลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 25 คน
 - 2.1. ให้กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาทำแบบวัดผลการเรียนรู้ก่อนเรียน
 - 2.2. ให้กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาเรียนรู้ผ่านชุดกิจกรรม Active Learning บน หลักการ STEM for TVET บูรณาการรายวิชาสำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช.
 - 2.3 ให้กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้หลังเรียน
 - 2.4 ให้กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาประเมินความพึงพอใจต่อกิจกรรม

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการพัฒนาชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET บูรณาการรายวิชา สำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช. ซึ่งผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมของชุดกิจกรรมโดยการพิจารณาตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างชุดกิจกรรมโดยมีองค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย หลักการ วัตถุประสงค์ สาระการเรียนรู้กระบวนการเรียนรู้และการวัดประเมินผลการเรียนรู้ (สมควร โพธิ์ทอง ,2560.)



ภาพที่ 1 สมุดกิจกรรมแพรวช่วยนำพรมและคู่มือครู

ที่มา : URL: <http://online.anyflip.com/pfiw/nxsa/mobile/index.html>

ส่วนประกอบของชุดกิจกรรมประกอบด้วย

1. คู่มือการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับผู้สอน ประกอบด้วย คำชี้แจง ระยะเวลาในการทำกิจกรรม ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรม สาระการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล และสำหรับผู้เรียน ประกอบด้วย คำชี้แจง และ ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรม

2. ชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET บูรณาการรายวิชาสำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช. เรื่อง แพชช่วยน้ำท่วม มีกิจกรรมจำนวน 3 กิจกรรมหลัก รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET บูรณาการรายวิชา สำหรับสาขา
ก่อสร้าง ระดับ ปวช.

กิจกรรม	วัตถุประสงค์	อุปกรณ์	ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน	ระยะเวลา
ตอนที่ 1				
ปฐมบท -ให้ผู้เรียนดูวิดีโอเกี่ยวกับ สิ่งประดิษฐ์ฝ่าวกฏิอุทกภัย และอภิปรายร่วมกัน -ให้ผู้เรียนแบ่งกลุ่ม -แจ้งโจทย์กับผู้เรียน -ทีมของเราไม่มีใครกันบ้างนะ -กติกากาการเรียนรู้ร่วมกัน	เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็น ว่ามีสิ่งประดิษฐ์ที่ ช่วยน้ำท่วมได้	โทรศัพท์	-ผู้เรียนได้เห็นว่ามีสิ่งประดิษฐ์ หลายอย่างที่สามารถช่วยให้ สิ่งของลอยอยู่บนน้ำได้ -ผู้เรียนมีกติกากาการเรียนรู้ ร่วมกัน	20 นาที
กิจกรรมที่ 1 สร้างแพ				
กิจกรรมแรงผลักดันที่คาดไม่ถึง	เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจ เรื่องแรงภายในของ โครงสร้าง	-	ผู้เรียนมีความเข้าใจเรื่องแรง ภายในของโครงสร้างมากขึ้น	30 นาที
กิจกรรมแรงลอยตัว	เพื่อให้ผู้เรียนมีความ เข้าใจหลักการของ แรงลอยตัว	-ดิน น้ำมัน 2 ก้อน -กล่อง พลาสติก	ผู้เรียนมีความเข้าใจว่าวัตถุ เดียวกันมวลเท่ากันแต่รูปทรง แตกต่างกันจะมีผลกับการ ลอยตัวของวัตถุ	20 นาที
เลือกวัสดุ -ให้ผู้เรียนศึกษาว่าวัสดุแต่ ละอันนั้นมีข้อดีข้อเสีย อย่างไร -แล้วให้ผู้เรียนเลือกวัสดุที่จะ นำมาใช้และให้ผู้เรียนศึกษา เทคโนโลยีการก่อสร้างวัสดุ สมัยใหม่	เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจ การเลือกวัสดุ	-ขวด พลาสติก -โฟม -ไม้ ไอศกรีม -กระดาษ ลัง -ตะเกียบ	ผู้เรียนมีความเข้าใจเรื่องการ เลือกวัสดุให้เหมาะสมกับงาน และมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี การก่อสร้างวัสดุสมัยใหม่เพิ่ม มากขึ้น	10 นาที

กิจกรรม	วัตถุประสงค์	อุปกรณ์	ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน	ระยะเวลา
การออกแบบแพ -ออกแบบแพจากวัสดุที่ทาง กลุ่มได้เลือกไว้	เพื่อให้ผู้เรียนนำ ความรู้ที่เรียนมา ประยุกต์ใช้ได้	-กระดาษ A0 -ปากกา เมจิก	ผู้เรียนสามารถนำหลักการจาก กิจกรรมแรงผลักดันที่คาดไม่ถึง และกิจกรรมแรงลอยตัวมา ประยุกต์ใช้ในการออกแบบแพ ได้	20 นาที
การออกแบบแพ -เงื่อนไขในการสร้างแพ -การประมาณการวัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการ ก่อสร้างแพ (BOQ) -การประมาณราคา ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างแพ -บันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้	เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ ประมาณการวัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องต้องใช้ ในการก่อสร้างแพได้	-กระดาษ A0 -ปากกา เมจิก	- ผู้เรียนสามารถประมาณการ วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการ ก่อสร้างแพได้ -ผู้เรียนมีความเข้าใจการ ประมาณราคามากขึ้น	10 นาที
การประกอบแพ	เพื่อให้ผู้เรียน สามารถสร้างชิ้นงาน ตามที่ออกแบบไว้ได้	อุปกรณ์ ที่ผู้เรียน เลือกมา ประกอบ แพ	ผู้เรียนสามารถประกอบชิ้นงาน ตามที่ออกแบบไว้ได้ และ สามารถนำหลักการต่าง ๆ มา ประยุกต์ในการประกอบชิ้นงาน ได้	30 นาที
กิจกรรมที่ 2 ไม้กระดกอยู่ในสมดุลง				
-ให้ผู้เรียนหาสมดุลงของ ไม้กระดกจากการนำดิน น้ำมันมาวางไว้ที่ระยะ ต่าง ๆ -ให้ผู้เรียนตอบเพราะเหตุ ใดไม้กระดกจึงอยู่ใน สมดุลง -โจทย์เกี่ยวกับสมดุลง	เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจ หลักการโมเมนต์ ของแรงและสมดุลง แรง	-ไม้กระดก -ดินน้ำมัน -กระดาษ A0	ผู้เรียนมีความเข้าใจเรื่อง โมเมนต์ของแรงและสมดุลงมาก ขึ้น และผู้เรียนสามารถนำเรื่อง โมเมนต์และสมดุลงไป ประยุกต์ใช้กับการทดสอบแพ ได้ เช่น สามารถวางดินน้ำมันไว้ บนแพได้โดยไม่ทำให้แพพลิก คว่ำ	10 นาที
ตอนที่ 2 การทดสอบแพ				
เงื่อนไขในการทดสอบ	-	-	ผู้เรียนสามารถนำหลักการจาก กิจกรรมมาออกแบบและสร้าง ชิ้นงานได้ตรงตามเงื่อนไข	5 นาที
ผู้เรียนทำการทดสอบแพ	-	-แพที่ผู้เรียน	ผู้เรียนสามารถนำหลักการจาก	10 นาที

กิจกรรม	วัตถุประสงค์	อุปกรณ์	ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน	ระยะเวลา
และบันทึกผลน้ำหนักที่ แพสามารถบรรจุทุกได้		สร้างขึ้น -กล่อง พลาสติก	กิจกรรมมาออกแบบและสร้าง ชิ้นงานได้ตรงตามเงื่อนไข	
ให้ผู้เรียนนำเสนอแนวคิด การทดสอบแพและ ค่าใช้จ่ายว่าเป็นไปตาม การประมาณราคาใน ขั้นตอนออกแบบหรือไม่	-	-	ผู้เรียนเห็นความสำคัญว่าแพที่ ทางกลุ่มได้สร้างนั้นคุ้มค่า หรือไม่	
ตอนที่ 3 ระดมสมอง				
ให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปราย แพที่สร้างสามารถบรรจุทุก สิ่งของได้คุ้มค่าก่อสร้าง หรือไม่	เพื่อให้ผู้เรียน สามารถวิเคราะห์ ความคุ้มค่าในการ ก่อสร้างแพได้	-	ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ ความคุ้มค่าในการก่อสร้าง แพได้	5 นาที
ลักษณะของแพที่สามารถ บรรจุทุกสิ่งของได้มาก ๆ	เพื่อให้ผู้เรียนได้รู้จัก แพที่บรรจุทุกสิ่งของได้ มาก ๆ	-	ผู้เรียนได้รู้จักลักษณะของแพ ที่บรรจุทุกสิ่งของได้มาก ๆ	5 นาที
รวมระยะเวลาในการทำกิจกรรม				3 ชั่วโมง
แนวทางในการวัดประเมินผล				
1. การจดบันทึก				
2. การบันทึกการทดสอบแพ				
3. การประเมินชิ้นงาน				

ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม

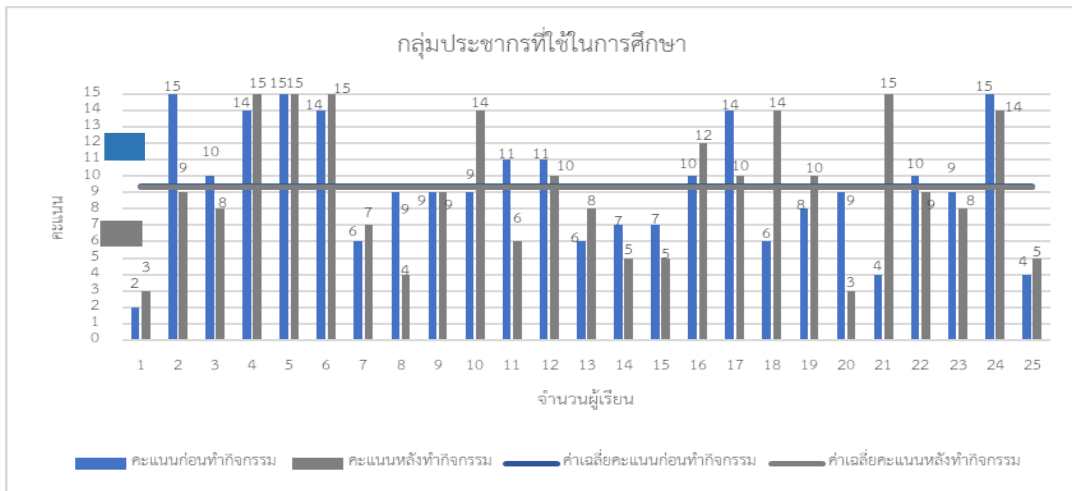
ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากกลุ่มทดลอง จำนวน 11 คน ตามเกณฑ์ E1/E2 นั้นเท่ากับ 42.67/51.51 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ 70/70 ซึ่งสมมติฐาน กล่าวว่า ประสิทธิภาพนั้นจะต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 70/70 หมายความว่า จำนวนนักเรียนร้อยละ 70 ขึ้นไปมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ผู้วิจัยจึงต้องปรับปรุง ซึ่งผู้วิจัยก็ได้นำชุดกิจกรรมมาปรับปรุงก่อนที่จะนำไปใช้จริง (วิชัย จันทรส่อง, 2551)

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพ E_1/E_2

คะแนนระหว่างทำกิจกรรม	คะแนนหลังทำกิจกรรม
$E_{1.1} = 64.39$	$E_2 = 51.51$
$E_{1.2} = 45.45$	
$E_{1.3} = 18.18$	
$E_1 = (E_{1.1} + E_{1.2} + E_{1.3})/3 = 42.67$	
$E_1/E_2 = 42.67/51.51$	

ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนผ่านชุดกิจกรรม

ค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนทำกิจกรรมของผู้เรียนมีค่าเท่ากับ 9.36 คะแนน และหลังทำกิจกรรมของผู้เรียนเท่ากับ 9.32 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน พบว่าจากการทดลองครั้งนี้ผู้เรียนมีผลการทดสอบความรู้เฉลี่ยผ่านชุดกิจกรรมลดลง 0.04 คะแนน อย่างไรก็ตามเนื่องจากการทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองในสถานการณ์จริงมีตัวแปรแทรกซ้อนเป็นจำนวนมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายบุคคลพบว่าผู้เรียนที่ได้คะแนนหลังทำกิจกรรมมากกว่าก่อนทำกิจกรรมมีจำนวน 12 คน มีผู้เรียนที่ได้คะแนนเท่าเดิมมีจำนวน 2 คน และมีผู้เรียนที่ได้คะแนนหลังทำกิจกรรมน้อยกว่าก่อนทำกิจกรรมมีจำนวน 12 คน



ภาพที่ 2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษา คะแนนแบบทดสอบก่อน – หลังทำกิจกรรมรายบุคคล



ภาพที่ 3 บรรยากาศกิจกรรมการเรียนรู้ของกลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษา

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET นูรณาการรายวิชา สำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช.

ตารางที่ 4 แสดงผลค่าเฉลี่ยประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนรู้ผ่านชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET นูรณาการรายวิชา สำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช.

ข้อ	ข้อความคำถามความพึงพอใจ	กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษา		แปล ผล
		N=25 ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน (S.D)	
1. ด้านการเรียนรู้เชิงรุก Active Learning				
1.1	ท่านได้เรียนรู้ผ่านการวิเคราะห์ปัญหาอยู่ในระดับใด	4.42	0.58	มาก
1.2	ท่านได้เรียนรู้ผ่านการลงมือทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกอยู่ในระดับใด	4.23	0.51	มาก
1.3	ท่านมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกอยู่ในระดับใด	4.19	0.69	มาก

ข้อ	ข้อความความพึงพอใจ	กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษา		แปล ผล
		N=25		
		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน (S.D)	
1.4	การเรียนรู้เชิงรุกทำให้ท่านมีความเข้าใจในบทเรียนเพิ่มมากขึ้นอยู่ในระดับใด	4.35	0.75	มาก
ภาพรวมด้านการเรียนรู้เชิงรุก		4.30	0.63	มาก
2. ด้านแนวคิด STEM for TVET				
2.1	ท่านมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมแรงผลักดันที่คาดไม่ถึงอยู่ในระดับใด	4.27	0.67	มาก
2.2	ท่านมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมแรงลှอยตัวอยู่ในระดับใด	4.15	0.61	มาก
2.3	ท่านมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมเลือกวัสดุอยู่ในระดับใด	4.15	0.78	มาก
2.4	ท่านมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมออกแบบแพออยู่ในระดับใด	4.23	0.82	มาก
2.5	ท่านมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมไม้กระดกอยู่ในสมดุลอยู่ในระดับใด	4.23	0.71	มาก
ภาพรวมด้าน STEM for TVET		4.21	0.71	มาก
3. ผลที่ท่านได้รับจากการทำกิจกรรม				
3.1	ท่านมีความรู้เรื่องแรงภายในโครงสร้างหลังจากทำกิจกรรมเพิ่มมากขึ้นอยู่ในระดับใด	4.12	0.65	มาก
3.2	ท่านมีความรู้เรื่องแรงลှอยตัวหลังจากทำกิจกรรมเพิ่มมากขึ้นอยู่ในระดับใด	4.23	0.65	มาก
3.3	ท่านมีความรู้เรื่องประมาณราคาโครงสร้างหลังจากทำกิจกรรมเพิ่มมากขึ้นอยู่ในระดับใด	4.35	0.69	มาก
3.4	ท่านมีความรู้เรื่องการเลือกวัสดุหลังจากทำกิจกรรมเพิ่มมากขึ้นอยู่ในระดับใด	4.42	0.58	มาก
3.5	ท่านมีความรู้เรื่องการเลือกวัสดุหลังจากทำกิจกรรมเพิ่มมากขึ้นอยู่ในระดับใด	4.27	0.72	มาก
3.6	ท่านมีความรู้ด้านวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้นอยู่ในระดับใด	4.35	0.63	มาก
3.7	ท่านมีความรู้ด้านเทคโนโลยีเพิ่มมากขึ้นอยู่ในระดับใด	4.12	0.59	มาก
3.8	ท่านมีความรู้ด้านวิศวกรรมเพิ่มมากขึ้นอยู่ในระดับใด	4.19	0.69	มาก
3.9	ท่านมีความรู้ด้านคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้นอยู่ในระดับใด	4.15	0.73	มาก
ภาพรวมด้านผลที่ท่านได้รับจากการทำกิจกรรม		4.24	0.68	มาก
รวมทุกด้าน		4.25	0.67	มาก

สรุปผลและเสนอแนะ

ชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET บูรณาการรายวิชาสำหรับสาขาก่อสร้าง ระดับ ปวช. 4 รายวิชา คือรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม วิชาวัสดุและวิธีการก่อสร้าง งานโครงสร้าง วิชากลศาสตร์โครงสร้าง 1 และวิชาประมาณราคาโครงสร้าง ซึ่งชุดกิจกรรมประกอบไปด้วย คู่มือ การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับผู้สอน ภายในเล่มคู่มือระบุเรื่อง คำชี้แจง ระยะเวลาในการทำกิจกรรม ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรม สาระการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล ในส่วนของสมุดกิจกรรมสำหรับผู้เรียน ภายในสมุดกิจกรรมระบุเรื่อง คำชี้แจง ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรม และที่ว่างสำหรับจดบันทึกความรู้ในแต่ละกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับ STEM for TVET โดยกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ คือ กิจกรรมเรื่องแรงลอยตัว กิจกรรมออกแบบแพ กิจกรรมประกอบแพ กิจกรรมทดสอบแพ และกิจกรรมระดมสมอง ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้จะช่วยให้ผู้เรียน มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎ และทฤษฎีต่าง ๆ และกิจกรรมยังช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดที่เป็นระบบตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลาย และตรวจสอบได้ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี คือ กิจกรรมเลือกวัสดุ ซึ่งกิจกรรมนี้จะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ และสามารถใช้งานเทคโนโลยีจัดการและเข้าถึงเทคโนโลยี เพื่อสืบค้นได้ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรม คือ กิจกรรมแรงผลักที่คาดไม่ถึง กิจกรรมออกแบบแพ กิจกรรมประกอบแพ กิจกรรมไม้กระดกอยู่ในสมดุล และกิจกรรมระดมสมอง ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้จะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถออกแบบ สร้างนวัตกรรม โดยการประยุกต์ใช้ทักษะทาง คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ และกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ คือ กิจกรรมการออกแบบแพ กิจกรรมไม้กระดกอยู่ในสมดุล กิจกรรมทดสอบแพ และกิจกรรมระดมสมองซึ่งกิจกรรมเหล่านี้จะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถให้เหตุผลและประยุกต์แนวความคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้

การพัฒนาชุดกิจกรรม Active Learning บนหลักการ STEM for TVET บูรณาการรายวิชาสำหรับสาขา ก่อสร้าง ระดับ ปวช. มีลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning คือ ให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ เช่น กิจกรรมปฐมบทและกิจกรรมระดมสมองนั้นเป็นการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ การสร้างองค์ความรู้ การสร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน กิจกรรมการเลือกวัสดุ กิจกรรมสร้างแพ กิจกรรมทดสอบแพและกิจกรรมไม้กระดกอยู่ในสมดุล นั้นเป็นการเรียนการสอนที่พัฒนาศักยภาพทางสมอง ได้แก่ การคิด การแก้ปัญหา การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ กิจกรรมเลือกวัสดุนั้นเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนบูรณาการข้อมูล, ข่าวสาร, สารสนเทศ และทุกกิจกรรมนั้นได้ให้ผู้เรียนเรียนรู้ความรับผิดชอบร่วมกัน การมีวินัยในการทำงาน และการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ ซึ่งสอดคล้องกับมโนอักษร โอบอ้อม และคณะ (2559)

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ในการใช้ชุดกิจกรรมกับกลุ่มผู้เรียนจริงควรจะปรับรายละเอียดของกิจกรรมหรือเวลาที่ใช้ให้เหมาะสมกับระดับและความสามารถของผู้ใช้กิจกรรมตามความเหมาะสม
2. การใช้ชุดกิจกรรมผู้สอนควรศึกษาชุดกิจกรรมให้เข้าใจในเนื้อหาส่วนต่าง ๆ ของกิจกรรมให้ละเอียดก่อนนำชุดกิจกรรมไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้เกี่ยวข้องชาวทุก ๆ ท่าน ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่ามาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยและให้คำแนะนำต่างๆในครั้งนี้นั้นประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ ครู อาจารย์ และ กลุ่มนักเรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 แผนกวิชาช่างก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง และ วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บรวมข้อมูล และให้ความช่วยเหลือ รวมถึงคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2562). *หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างก่อสร้าง*. หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม, 1(1), หน้า 2.

คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2558) *การเรียนรู้แบบ Activity-Based Learning*.

<https://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.php?NewsID=16207&Key=news15>

บริษัท เชฟรอนประเทศไทยสำรวจและผลิต จำกัด. (2562). *โครงการ Chevron Enjoy Science สนุกวิทยาศาสตร์ พลังคิด เพื่ออนาคต*. แหล่งข้อมูลเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (STEM). <https://www.chevronenjoyscience.com/th/stem-resources>

มนอักษร โอบอ้อม และคณะ. (2559). *การรวบรวมรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุก (Active Learning) ของนักศึกษาฝึกสอนสายอาชีพ (มจร.)* [รายงานวิจัยปริญาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วิชัย จันทร์ส่อง. (2551). *การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม (ชุดการสอน)*.

<https://www.gotoknow.org/posts/210779>

วิทยา พิทยาปริชาพล. (2560). *แผนการจัดการเรียนรู้ STEM for TVET*.

<http://branch.phraetc.itbaseth.com/6/public/post/11>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา*. คู่มือหลักสูตรอบรมครูสะเต็มศึกษา, 1(1), หน้า 2-4.

สุกัลยา ตันติวิตรูจิและ คณะ. (2559). *ผลสะท้อนของนักเรียนเกี่ยวกับประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านห้องเรียนฟิสิกส์*, หน้า 1.

สมควร โพธิ์ทอง. (2560). *การจัดการเรียนการสอนแบบใช้กิจกรรมเป็นฐาน (Activity Based Learning)*.

<http://www.academic.hcu.ac.th>

อัญญา คนสูงดี และคณะ. (2560). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกในรายวิชาด้านวิศวกรรมพื้นฐาน* [รายงานวิจัยปริญาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ระบบระบุรถยนต์ 4 ล้อด้วยการเรียนรู้เชิงลึกบนคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์แบบสมองกลฝังตัว 4-Wheel Vehicle Identification System with Deep Learning on Embedded Cluster

มานใหม่ วิฑิตยากร^{1*} ญาณกร ผลเจริญ² คามิน แสงศรี³ ขวัญเรือน รัศมี⁴ เศรษฐกุล โปร่งนุช⁵
วิ อุตตมธนิทร์⁶

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา^{1,2,3,4,5,6}

*Corresponding author: E-mail : s60122519016@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้นำเสนอระบบคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์แบบสมองกลฝังตัวประยุกต์ใช้งานร่วมกับการเรียนรู้เชิงลึกในการระบุรถยนต์ 4 ล้อ จากภาพถ่าย ในปัจจุบันเทคโนโลยีในด้านการรักษาความปลอดภัยและการตรวจสอบข้อมูลมีความจำเป็นต่อชีวิตและทรัพย์สินในชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น ด้วยการนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพมาใช้งานร่วมกับการเรียนรู้เชิงลึก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำในการตรวจสอบข้อมูลส่งผลให้จำเป็นต้องใช้ระบบที่มีประสิทธิภาพสูงและมีปริมาณการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ ได้แก่ การเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้พลังงานด้วยบอร์ดสมองกลฝังตัวที่มีตัวประมวลผลหลายชนิด มีแกนประมวลผล จำนวน 18 แกน และใช้พลังงานต่ำ จำนวน 5 บอร์ด เชื่อมต่อกันเป็นคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์ รองรับการประมวลผลจากระยะทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ต และในด้านความปลอดภัยและการตรวจสอบข้อมูล ตัวระบบได้มีการพัฒนาอัลกอริทึมจัดสรรงานและประมวลผลด้วยเรียนรู้เชิงลึกที่มีความสามารถในการระบุประเภทของรถยนต์ 4 ล้อ ยี่ห้อของรถยนต์ และสีของรถยนต์จากการตรวจสอบภาพถ่ายของรถยนต์ ผลการทดลองบรรลุตามวัตถุประสงค์ ได้แก่ สามารถลดการใช้พลังงานลง 44 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และสามารถระบุประเภทของรถยนต์ได้ มีความแม่นยำไม่ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ในอนาคตระบบต้นแบบของงานวิจัยนี้ สามารถรองรับการเพิ่มจำนวนบอร์ดสมองกลฝังตัวในระบบคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์เพื่อให้รองรับการทำงานที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น หรือสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับงานที่เกี่ยวข้องได้

คำสำคัญ: ระบบระบุรถยนต์ 4 ล้อ; การเรียนรู้เชิงลึก; คลัสเตอร์คอมพิวเตอร์แบบสมองกลฝังตัว; การประมวลผลภาพ

Abstract

This paper presents embedded cluster computer system that applied in conjunction with deep learning to identify 4-wheel vehicles from image, because now technology in the field of security and data verification is becoming more and more essential to everyday life and property. By combining image processing technology with deep learning to increase efficiency and accuracy in data validation, a high-performance system with increased power consumption is required. Therefore the objectives of this research are to increase efficiency and reduce energy consumption by using embedded boards with multiple processors that have 18 processor cores and low power consumption of 5 boards connected to form a computer cluster with the system that supports processing from long distances over the internet, and in terms of security and data verification the system has developed a deep learning allocation and processing algorithm that is capable of identifying the type of 4-wheel vehicle type, the brand of the vehicle, and the color of the vehicle from the vehicle photo. This experiment achieved its objectives of a 44 percent reduction in power consumption compared to a personal computer, and this system can identify the type of vehicle more than 75 percent accuracy. In the future, the prototype of a 4-wheel vehicle identification system with deep learning on embedded clusters in this research is support for an increase of embedded boards into the cluster system that will support more complex tasks or for applied other related work.

Keywords: 4-wheel vehicle identification system; deep learning; embedded computer cluster; image processing

บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบัน เทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและก้าวกระโดด วิวัฒนาการของเทคโนโลยีในด้านการรักษาความปลอดภัยและตรวจสอบข้อมูล มีการเติบโตอย่างต่อเนื่องโดยเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างยิ่งในขณะนี้คือเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพในการประมวลผล โดยสามารถนำมาใช้งานในด้านความปลอดภัย เช่น ตรวจสอบใบหน้าบุคคล ตรวจสอบการเกิดอุบัติเหตุ และตรวจจับกิจกรรมอันเป็นการขัดต่อกฎหมาย เป็นต้น แต่ด้วยการประมวลผลข้อมูลที่มีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรที่สูงตามไปด้วย คณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นถึงปัญหาสำคัญในจุดนี้ และมีความสนใจที่จะนำเทคโนโลยีคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์มาใช้ให้เป็นระบบสำหรับประมวลผลภาพแทนการใช้คอมพิวเตอร์ทั่วไป

โดยมีวัตถุประสงค์คือศึกษาการทำงานของอัลกอริทึมสำหรับการเรียนรู้เชิงลึกและคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และเพื่อลดการใช้พลังงานด้วยบอร์ดสมองกลฝังตัวที่มีตัว

ประมวลผลหลายชนิด มีแกนประมวลผล จำนวน 18 แกน และใช้พลังงานต่ำ จำนวน 5 วัตต์ เชื่อมต่อกันเป็นคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์ รองรับการประมวลผลจากระยะทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ต โดยที่สามารถระบุสีของรถยนต์ ยี่ห้อของรถยนต์ และประเภทของรถยนต์ได้ถูกต้องไม่ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ทฤษฎีที่ใช้และเครื่องมือในการวิจัย

1. การประมวลผลภาพ คือวิธีการนำภาพมาประมวลผลหรือคำนวณผ่านคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพที่เหมาะสม สามารถนำผลลัพธ์มาใช้ในการวิเคราะห์ต่อไปได้

2. การเรียนรู้เชิงลึก คือการจำลองรูปแบบการประมวลผลของสมองมนุษย์ โดยใช้โครงข่ายคล้ายเซลล์ประสาทในการประมวลผล เมื่อมีการรับข้อมูลเข้าสู่ระบบ ระบบการเรียนรู้เชิงลึกจะทำการแบ่งข้อมูลและรายละเอียดที่ได้รับมาทั้งหมด จากนั้นนำมาประมวลผลหาจุดเด่นและจุดแตกต่างของข้อมูลในเชิงลึก คล้ายการกรองข้อมูลเป็นชั้นๆ แล้วสรุปผลข้อมูลออกมาเป็นผลลัพธ์ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างการเรียนรู้เชิงลึกประกอบด้วย

2.1 เทนเซอร์โฟลว์ไลต์ (Tensorflow lite) คือเครื่องมือที่ช่วยให้นักพัฒนาสามารถใช้งานแบบจำลองเทนเซอร์โฟลว์ (Tensorflow) บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) หรือไอโอเอส (IOS) บนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry pi) บนบอร์ดนาโนเจ็ตสัน (Jetson nano) หรือบอร์ดสมองกลฝังตัวชนิดอื่น และด้วยแบบจำลองที่มีขนาดเล็กลงทำให้ทำงานได้เร็วขึ้น โดยอาจจะลดความแม่นยำลงไปบ้าง

2.2 ภาษาไพธอน (Python) คือชื่อภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นเพื่อการทำงานในแพลตฟอร์มหลายชนิด กล่าวคือสามารถใช้งานภาษาไพธอน ได้บนระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ (Unix) ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) และระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Window)

3. ระบบคลัสเตอร์ คือการเชื่อมต่อระบบการทำงานของกลุ่มคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกันภายใต้ระบบเครือข่ายความเร็วสูง อาศัยหลักการของการประมวลผลจำนวนหลายหน่วยประมวลผล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ลดระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผลและมีประสิทธิภาพที่ดี มีลักษณะดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระบบคลัสเตอร์

4. การออกแบบระบบสมองกลฝังตัว ระบบฝังตัวหรือสมองกลฝังตัวเป็นระบบที่ผสมการทำงานระหว่างซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ เพื่อควบคุมการทำงานของระบบอัตโนมัติ มีการประมวลผลโดยใช้ชิป (Chip) หรือไมโครโปรเซสเซอร์ที่ถูกออกแบบมาเฉพาะ เปรียบเสมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ใช้งานระบบปฏิบัติการเป็นแกนหลักในการพัฒนา และมีชุดคำสั่งควบคุมการทำงานซึ่งมีหลักการทำงานเป็นลำดับขั้น

5. ฮาร์ดแวร์สำหรับระบบคลัสเตอร์แบบสมองกลฝังตัว จากทฤษฎีหลักการทำงานของระบบคลัสเตอร์แบบฮาร์ดสมองกลฝังตัว จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับบอร์ดสมองกลฝังตัว และอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์อื่นๆ ที่จำเป็นต่อการนำมาสร้างเป็นระบบคลัสเตอร์ได้ มีรายละเอียดดังนี้

5.1 บอร์ดสมองกลฝังตัวที่มีตัวประมวลผลหลายชนิด มีแกนประมวลผลหลายแกน ใช้พลังงานต่ำ มีขนาดเล็ก ราคาต่ำ และมีหน่วยประมวลผลขั้นสูง โดยการประมวลผลของบอร์ดจะเป็นการประมวลแบบขนาน มีลักษณะดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 บอร์ดสมองกลฝังตัว

ที่มา : <https://www.parallella.org/>

5.2 อุปกรณ์กระจายเส้นทางการสื่อสาร คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เชื่อมอุปกรณ์เครือข่ายเข้าด้วยกันโดยอาศัยสายเคเบิลเชื่อมต่อกับพอร์ต (Port) ของแต่ละอุปกรณ์ มีความสามารถในการจัดการการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่าย โดยอุปกรณ์แต่ละชิ้นที่เชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์กระจายเส้นทางการสื่อสารจะได้รับเลขที่อยู่ไอพี (IP address) เป็นสิ่งบ่งบอกตัวตนของแต่ละอุปกรณ์ เพื่อให้ส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้อง เจาะจง และเพิ่มความปลอดภัยภายในเครือข่าย มีลักษณะดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 อุปกรณ์กระจายเส้นทางการสื่อสาร

ที่มา : <https://th-test-11.slatic.net/>

5.3 อูปรกรณ์ค้นหาเส้นทางแบบไดนามิก (Dynamic host configuration protocol) คืออูปรกรณ์เครือข่ายที่ทำหน้าที่รับส่งข้อมูล โดยข้อมูลปกติจะถูกส่งต่อระหว่างอูปรกรณ์ค้นหาเส้นทางผ่านระบบเครือข่ายเป็นระยะเวลาหนึ่ง จนกว่าข้อมูลจะส่งถึงปลายทาง ซึ่งอูปรกรณ์ค้นหาเส้นทางสามารถต่อเข้ากับเครือข่ายได้หลายเครือข่ายและจะมีการเก็บข้อมูลที่เรียกว่าตารางเส้นทาง (Routing table) หรือนโยบายการกำหนดเส้นทาง (Routing policy) เพื่อใช้ในการเลือกเส้นทางที่จะส่งข้อมูลข้ามเครือข่าย ในส่วนอูปรกรณ์ค้นหาเส้นทางแบบไดนามิกที่พีจะเป็นมาตรฐานของโพรโทคอลเครือข่าย (Network protocol) ที่ใช้บนอินเทอร์เน็ตโปรโตคอล (Internet protocol) โดยควบคุมผ่านไดนามิกโฮสต์เซิร์ฟเวอร์ (DHCP server) เพื่อกำหนดการตั้งค่าเครือข่ายให้กับลูกข่ายที่อยู่ภายใต้เครือข่ายเดียวกัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่องต้นแบบอัลกอริทึมตรวจสอบตัวเลขกับตัวอักษรบนป้ายทะเบียนรถยนต์ สีรถยนต์ และยี่ห้อรถยนต์ (อุดมศักดิ์ พุทธิปัญญา และคณะผู้จัดทำ, 2560) ทำการวิจัยต้นแบบอัลกอริทึม (Algorithm) ตรวจสอบตัวเลขตัวอักษรบนป้ายทะเบียนรถ สีรถยนต์ และยี่ห้อรถยนต์ ผลการวิจัยพบว่าการทำงานของอัลกอริทึมมีความแม่นยำในการตรวจสอบตัวเลข ตัวอักษรบนป้ายทะเบียนรถ สีรถยนต์ และยี่ห้อรถยนต์ ขึ้นอยู่กับแม่แบบ ถ้ามีแม่แบบจำนวนมากและหลากหลาย ความสำเร็จในการตรวจสอบจะเพิ่มมากขึ้น ข้อดีของงานวิจัยดังกล่าวคือมีลำดับการทำงานของอัลกอริทึมที่ชัดเจน เหมาะแก่การศึกษาและนำไปพัฒนาลำดับการทำงานต่อไป

งานวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างระบบคลัสเตอร์แบบสมองกลฝังตัวเพื่อประมวลผลข้อมูลดาวเทียม (จิรายุส อ้อมเขต และคณะผู้จัดทำ, 2560) ศึกษารูปแบบการสร้างระบบคลัสเตอร์ด้วยบอร์ดสมองกลฝังตัวโดยใช้บอร์ดพาราเลลลา (Parallella board) ซึ่งสามารถออกแบบและประยุกต์ใช้ในการประมวลผลข้อมูลดาวเทียมได้ผลการวิจัยพบว่าบอร์ดสมองกลฝังตัวจำเป็นที่ต้องมีระบบระบายความร้อนที่ดี เนื่องจากชิปประมวลผลไม่มีการถ่ายเทความร้อน ถ้าอุณหภูมิเกิน 70 องศาเซลเซียส จะทำให้บอร์ดหยุดทำงาน ข้อดีของงานวิจัยดังกล่าวคือส่วนการทำงานของบอร์ดสมองกลฝังตัวในการแบ่งงานระบบคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์

งานวิจัยเรื่องระบบคัดแยกเกรดปลาหมึกแห้งสำหรับกลุ่มชาวประมงกลุ่มแม่น้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์ ด้วยหลักการการเรียนรู้เชิงลึก (ศิริเรือง พัฒน์ช่วย และคณะผู้จัดทำ, 2562) พัฒนาระบบต้นแบบการคัดแยกเกรดปลาหมึก เพื่อช่วยเพิ่มมูลค่าการขายปลาหมึกแห้งให้แก่ชาวประมงกลุ่มแม่น้ำฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์ โดยลักษณะการทำงานได้แนวคิดจากอัลกอริทึมของการประมวลผลภาพแบบการเรียนรู้เชิงลึก ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นจะทำการคัดแยกเกรดของปลาหมึกและประเภทของปลาหมึกที่มีค่าความแม่นยำคิดเป็นร้อยละ 85 โดยข้อดีของงานวิจัยดังกล่าวคือวิธีรวบรวมข้อมูลสำหรับสร้างแม่แบบที่มีความแม่นยำสูงในการตรวจสอบด้วยการเรียนรู้เชิงลึก

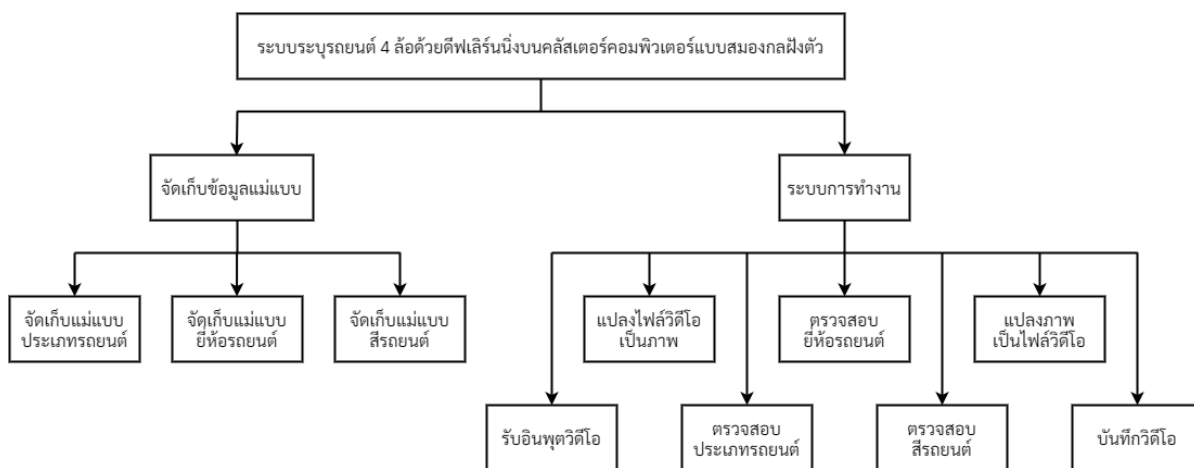
งานวิจัยเรื่องการตรวจหาต้นไม้เป็นโรคโดยอัตโนมัติด้วยภาพถ่ายมุมสูงจากโดรนและวิธีการเรียนรู้เชิงลึก (รัตนชาติ พันธุ์ไฉ, 2562) นำเทคนิคทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์มาช่วยตรวจจับต้นไม้ที่เป็นโรคโดยอัตโนมัติด้วยการเรียนรู้เชิงลึกกับภาพถ่ายจากมุมสูงภายในสวนของเกษตรกร โดยเสนอแบบจำลองลำดับขั้นในการตรวจจับต้นไม้ที่เป็น

โรคใน 2 ชั้นตอน ผลการทดลองแสดงว่าแบบจำลองมีความแม่นยำสูง ข้อดีของงานวิจัยดังกล่าวคือวิธีการรวบรวมภาพที่กำหนดรูปแบบชัดเจนสำหรับสร้างแม่แบบที่มีความแม่นยำสูงสำหรับการเรียนรู้เชิงลึก

งานวิจัยเรื่องการประมวลผลภาพสำหรับการจำแนกคุณภาพมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ โดยการจำลองการมองเห็นของมนุษย์ด้วยวิธีการเรียนรู้เชิงลึก (นพรุจ พัฒนสาร และ ณัฐวุฒิ ศิริวิบูลย์, 2563) นำการประมวลผลภาพด้วยการเรียนรู้เชิงลึกมาพัฒนาแบบจำลองตรวจสอบและจำแนกคุณภาพมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ ผลการวิจัยพบว่าการเรียนรู้เชิงลึกด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการในการประมวลผลภาพเพื่อสร้างแบบจำลองแสดงความแม่นยำสูงสุด 99.79% พัฒนาเป็นต้นแบบจำแนกคุณภาพมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์พบอัตราความสำเร็จ 100% ข้อดีของงานวิจัยดังกล่าวคือกระบวนการออกแบบลำดับการทำงานที่มีความแม่นยำสูงในการตรวจสอบด้วยการเรียนรู้เชิงลึก

ภาพรวมของระบบ

ภาพรวมของระบบจะแสดงลำดับการทำงานทั้งหมดของระบบ เริ่มจากจัดเก็บข้อมูลแม่แบบ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ แม่แบบประเภทรถยนต์ แม่แบบยี่ห้อรถยนต์ และแม่แบบสีรถยนต์ จากนั้นในส่วนระบบการทำงาน จะเริ่มต้นโดยการรับอินพุตวิดีโอที่ต้องการทดสอบเข้าสู่ระบบ จากนั้นทำการแปลงไฟล์วิดีโอที่รับเข้ามาให้เป็นภาพ เมื่อแปลงเสร็จจึงจะทำการตรวจสอบประเภทของรถยนต์โดยนำไปเทียบกับแม่แบบประเภทรถยนต์ ตรวจสอบยี่ห้อของรถยนต์โดยนำไปเทียบกับแม่แบบยี่ห้อรถยนต์ แล้วตรวจสอบสีรถยนต์โดยนำไปเทียบกับแม่แบบสีรถยนต์ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบครบทุกแม่แบบ จึงแปลงไฟล์ภาพกลับเป็นวิดีโอ และบันทึกวิดีโอผลลัพธ์ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ภาพรวมของระบบ

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ในการสร้างระบบระบุรถยนต์ 4 ล้อด้วยการเรียนรู้เชิงลึก ขั้นตอนแรกที่ต้องทำคือการรวบรวมรูปภาพสำหรับสร้างแม่แบบต่างๆ โดยจะแบ่งแม่แบบออกเป็น 3 แม่แบบ ได้แก่ แม่แบบประเภทรถยนต์ซึ่งแบ่งประเภทรถยนต์ย่อยได้ 4 ประเภท แม่แบบยี่ห้อรถยนต์ซึ่งแบ่งยี่ห้อรถยนต์ย่อยได้ 10 ยี่ห้อ และแม่แบบสีรถยนต์ซึ่งแบ่งสีรถยนต์ย่อยได้ 10 สี

หลังจากรวบรวมรูปภาพได้เพียงพอ จึงนำไปสร้างเป็นแม่แบบชนิดจำแนกภาพสำหรับเทนเซอร์โฟลว์ไลต์ เพื่อให้สามารถทำงานบนบอร์ดสมองกลฝังตัวได้ จากนั้นเริ่มต้นการทำงานด้วยการส่งข้อมูลระบบทั้งหมดเข้าสู่มาสเตอร์บอร์ดของบอร์ดสมองกลฝังตัว เพื่อแจกแจงการทำงานไปยังแต่ละเซลล์บอร์ด โดยขั้นตอนแรกคือการแปลงวิดีโอเป็นรูปภาพ ขั้นตอนที่สองทำการตรวจสอบรูปภาพทั้งหมดกับแม่แบบประเภทรถยนต์และระบุประเภทรถยนต์ ขั้นตอนที่สามทำการตรวจสอบรูปภาพทั้งหมดกับแม่แบบยี่ห้อรถยนต์และระบุยี่ห้อรถยนต์ ขั้นตอนที่สุดทำการตรวจสอบรูปภาพทั้งหมดกับแม่แบบสีรถยนต์และระบุสีรถยนต์ จากนั้นในขั้นตอนสุดท้ายจึงจะทำการแปลงรูปภาพทั้งหมดที่ได้รับการตรวจสอบกลับเป็นวิดีโอดังเดิม มีผลการตรวจสอบดังภาพที่ 5 ภาพที่ 6 และภาพที่ 7



ภาพที่ 5 ผลการตรวจสอบประเภทรถยนต์ของรถตู้ที่ถูกต้อง



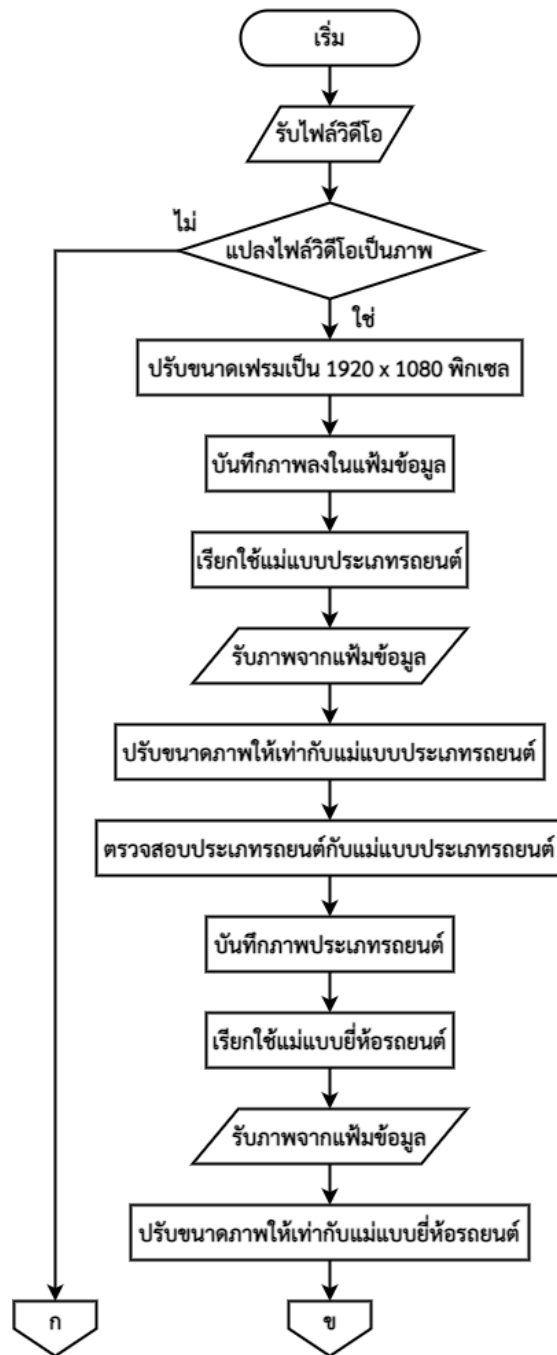
ภาพที่ 6 ผลการตรวจสอบยี่ห้อรถยนต์ของยี่ห้อเบนซ์ (Benz) ที่ถูกต้อง



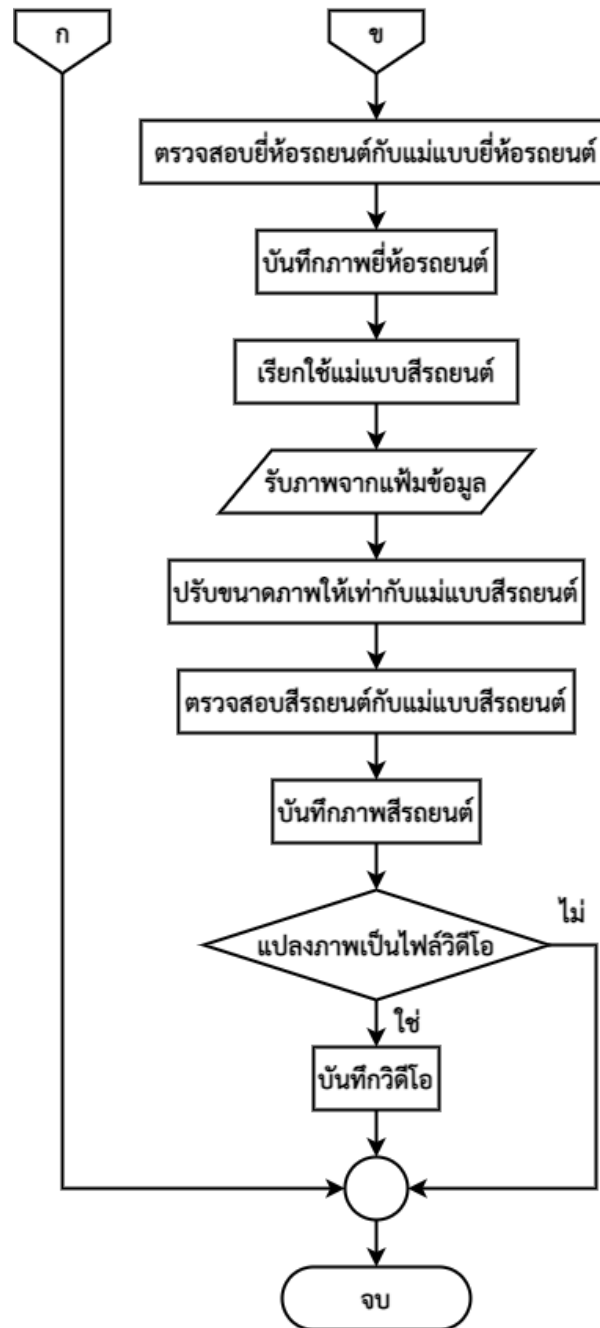
ภาพที่ 7 ผลการตรวจสอบสีรถยนต์ของสีดำที่ถูกต้อง

ขั้นตอนการทำงานของระบบ

เริ่มต้นจากการรับไฟล์วิดีโอเข้าสู่ระบบ แปลงไฟล์วิดีโอเป็นภาพ เมื่อแปลงเสร็จระบบจะทำการปรับขนาดเฟรมภาพให้มีขนาด 1920x1080 พิกเซล จากนั้นบันทึกภาพทั้งหมดลงในแฟ้มข้อมูล ระบบจึงจะเริ่มกระบวนการตรวจสอบ โดยในกระบวนการตรวจสอบนั้น จะนำส่วนของการเรียนรู้เชิงลึกมาใช้งาน ซึ่งถูกสร้างขึ้นด้วยภาษาไพธอน มีลำดับการทำงานของระบบเริ่มที่รับไฟล์ภาพที่ถูกระบุบันทึกไว้เข้ามาประมวลผล นำไฟล์ภาพไปตรวจสอบกับแม่แบบแต่ละชนิดที่ถูกระบุไว้ เพื่อตรวจสอบว่าเป็นวัตถุชนิดเดียวกับแม่แบบหรือไม่ เช่น ใสภาพรถยนต์เข้าสู่ระบบ ระบบจะทำการตรวจสอบว่าภาพที่รับเข้ามานั้น เป็นภาพรถยนต์ประเภทใด โดยนำไปตรวจสอบกับแม่แบบประเภทรถยนต์ และตรวจสอบยี่ห้อรถยนต์ โดยนำไปตรวจสอบกับแม่แบบยี่ห้อรถยนต์ ซึ่งหลังจากทำการตรวจสอบยี่ห้อรถยนต์ในภาพเสร็จ จะทำการตรวจสอบสีรถยนต์ โดยนำไปตรวจสอบกับแม่แบบสีรถยนต์ แล้วจึงบันทึกภาพทั้งหมดหลังตรวจสอบครบทุกแม่แบบลงในแฟ้มข้อมูล สุดท้ายจึงบันทึกวิดีโอผลลัพธ์ที่ได้ออกมาดังภาพที่ 8 และภาพที่ 9

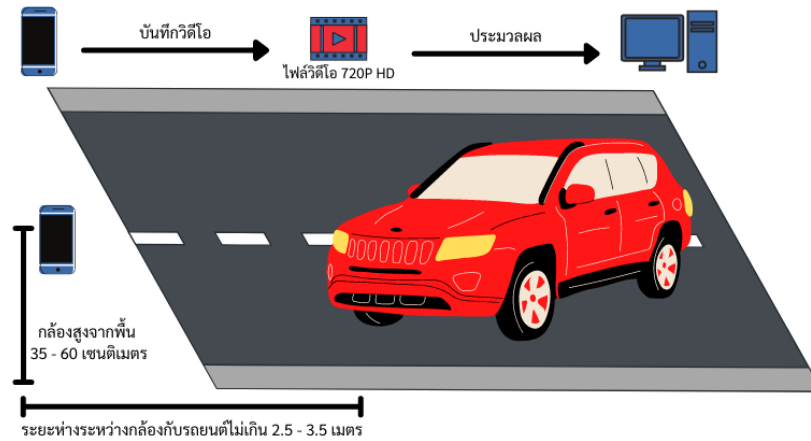


ภาพที่ 8 ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึม



ภาพที่ 9 ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึม (ต่อ)

ในการเตรียมวิดีโอสำหรับนำมาทำการทดสอบ จะใช้วิดีโอที่ถูกบันทึกจากกล้องโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่มีความละเอียดของพิกเซลขั้นต่ำ 1280×720 ความสูงของกล้องโทรศัพท์สูงจากพื้น 35-60 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างกล้องโทรศัพท์กับรถยนต์ห่างกันไม่เกิน 3.5 เมตร มีรายละเอียดดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 รูปแบบการบันทึกวิดีโอสำหรับทดสอบ

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบของระบบระบุรถยนต์ 4 ล้อด้วยการเรียนรู้เชิงลึกบนคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์แบบสมองกลฝังตัวนั้น จะมีการแสดงผลการตรวจจับที่ตำแหน่งล่างซ้ายของรูปภาพ โดยจะแสดงชื่อและตามด้วยค่าความแม่นยำของการตรวจสอบ ซึ่งค่าความแม่นยำนั้นค่าที่สูงที่สุดนับเป็น 1 เช่น กรณีถูกต้อง 0.75 จะเทียบได้กับ 75 เปอร์เซ็นต์ กรณีถูกต้อง 0.85 จะเทียบได้กับ 85 เปอร์เซ็นต์ และกรณีถูกต้อง 1 จะเทียบได้กับ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

ตารางที่ 1 ตรวจสอบประเภทรถยนต์แบ่งตามประเภทรถยนต์

ประเภทที่ทดสอบ	การตรวจสอบประเภทรถยนต์			
	จำนวนทั้งหมด (คัน)	สำเร็จ (คัน)	ไม่สำเร็จ (คัน)	เปอร์เซ็นต์สำเร็จ
รถเก๋ง	22	17	5	77%
รถกระบะ	18	15	3	83%
รถตู้	4	4	0	100%
รถยนต์ 7 ที่นั่ง	6	5	1	83%
รวม	50	41	9	82%

การทดสอบการตรวจสอบประเภทรถยนต์ ตรวจสอบรถยนต์ทั้งสิ้น 50 คัน จากวิดีโอ พบว่าระบบสามารถตรวจสอบประเภทของรถยนต์ได้สำเร็จ 41 คัน ตรวจสอบประเภทของรถยนต์ไม่สำเร็จ 9 คัน ปัญหาที่พบเกิดจากความชัดเจนของมุมมองภาพประเภทของรถยนต์บางคันไม่ชัดเจนเพียงพอ ประเภทรถยนต์ที่ผิดพลาดเป็นรถยนต์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน เช่น รถยนต์ 7 ที่นั่ง และ รถเก๋ง ที่บางคันมีความคล้ายคลึงสูงจึงส่งผลต่อการตรวจสอบของระบบ ทำให้การตรวจสอบประเภทของรถยนต์บางคันเกิดข้อผิดพลาดขึ้น

ตารางที่ 2 ตรวจสอบยี่ห้อรถยนต์แบ่งตามยี่ห้อรถยนต์

ตรวจสอบยี่ห้อรถยนต์				
ยี่ห้อที่ตรวจสอบ	จำนวนทั้งหมด(คัน)	สำเร็จ (คัน)	ไม่สำเร็จ (คัน)	เปอร์เซ็นต์สำเร็จ
โตโยต้า	27	26	1	96%
ฮอนด้า	10	8	2	80%
ฟอร์ด	3	3	0	100%
เมอร์เซเดสเบนซ์	1	1	0	100%
มาสด้า	1	1	0	100%
บีเอ็มดับเบิลยู	2	2	0	100%
รวม	44	41	3	93%

จากตารางที่ 2 การตรวจสอบยี่ห้อรถยนต์ทั้งหมด 44 คัน พบว่าปัญหาที่ทำให้การทดสอบยี่ห้อของรถยนต์ไม่สำเร็จเกิดจากภาพยี่ห้อรถยนต์นั้นไม่ชัดเจนเพียงพอ มุมของภาพไม่สามารถเห็นภาพยี่ห้อของรถยนต์ได้ชัดเจนเพียงพอ ยี่ห้อรถยนต์บางยี่ห้อที่ใช้ทดสอบ เช่น ชูบารู ชูซูกิ นิสสัน และฮุนได ไม่พบเห็นบนท้องถนนจึงไม่สามารถตรวจสอบได้ โดยยี่ห้อรถยนต์ที่พบเห็นมากบนท้องถนนและมีความแม่นยำในการตรวจสอบสูงได้แก่ ฟอร์ด เมอร์เซเดสเบนซ์ บีเอ็มดับเบิลยู มาสด้า โตโยต้า และฮอนด้า ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ตรวจสอบสีบริเวณด้านข้างรถยนต์โดยแบ่งตามสีรถยนต์

การตรวจสอบสีรถยนต์				
สีที่ทดสอบ	จำนวน (คัน)	สำเร็จ (คัน)	ไม่สำเร็จ (คัน)	เปอร์เซ็นต์สำเร็จ
ดำ	9	4	5	44%
น้ำเงิน	1	0	1	0%
น้ำตาล	4	2	2	50%
เขียว	4	4	0	100%
เทา	14	14	0	100%
ส้ม	1	1	0	100%
แดง	1	1	0	100%
ขาว	14	13	1	93%
รวม	48	39	9	81%

จากตารางที่ 3 การตรวจสอบสปีบริเวณด้านข้างรถยนต์แบ่งตามสีของรถยนต์ พบว่ารถยนต์ที่มีโอกาสตรวจสอบสำเร็จมากที่สุดคือสีเทา สีเขียว สีส้มและสีแดง รถยนต์ที่มีโอกาสตรวจสอบสำเร็จมากลำดับถัดมาคือสีขาว สีน้ำตาล และสีดำ สีรถยนต์ที่ตรวจสอบไม่สำเร็จเลยคือรถยนต์สีน้ำเงินเนื่องจากระบบเข้าใจผิดเป็นสีน้ำตาล สีรถยนต์ที่ไม่สามารถพบตามท้องถนนได้เลยคือสีม่วงและสีเหลือง

ปัญหาที่พบในส่วนการทดสอบที่ทำให้ไม่สำเร็จเกิดจากเงาของรถยนต์ทำให้สีของรถยนต์คลาดเคลื่อนไปจากสีเดิม อีกทั้งยังมีความคล้ายคลึงของโทนสี เช่น รถยนต์สีเทาเข้มเกือบดำ ส่งผลต่อระบบทำให้การตรวจสอบรถยนต์สีดำมีข้อผิดพลาด

อภิปรายผล

พบว่าระบบสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์บนบอร์ดสมองกลฝังตัว และระบบสามารถตรวจสอบประเภทรถยนต์แม่นยำไม่ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ตรวจสอบยี่ห้อรถยนต์แม่นยำไม่ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ และสามารถตรวจสอบสีรถยนต์แม่นยำไม่ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ โดยในการทำงานบนบอร์ดสมองกลฝังตัวนั้น ต้องระมัดระวังเรื่องอุณหภูมิของบอร์ดเนื่องจากหากมีอุณหภูมิที่สูงเกินกว่า 70 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้บอร์ดหยุดการทำงาน กระทั่งกัน ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีฮีตซิงค์สำหรับระบายความร้อนให้กับบอร์ดทุกบอร์ด ซึ่งการทำงานของระบบรถยนต์ 4 ล้อด้วยการเรียนรู้เชิงลึกบนบอร์ดสมองกลฝังตัวนั้น สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ถึง 44 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และหลังทำการทดลองเสร็จสิ้นแล้วจึงได้นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ปัญหาที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการตรวจสอบของตัวระบบแบ่งได้ 2 ประการคือ

1. มุมกล้องในการถ่ายวิดีโอ หากถ่ายจากมุมสูงหรือมุมที่ไม่สามารถมองเห็นรถยนต์ได้ทั้งคัน เห็นได้เฉพาะบางส่วน จะส่งผลให้การระบุประเภทรถยนต์มีความคลาดเคลื่อน และหากมีแสงตกกระทบมากเกินไปหรือแสงสะท้อนมากเกินไป จะส่งผลต่อการตรวจสอบสีของรถยนต์ให้มีความคลาดเคลื่อนเช่นกัน
2. สีของรถยนต์ที่มีความคล้ายคลึงกัน เช่น สีส้มกับสีเหลือง สีดำกับสีน้ำเงินเข้ม และสีดำกับสีเทาเข้ม จะส่งผลต่อการตรวจสอบสีของรถยนต์ให้มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น

สรุปผลและเสนอแนะ

สรุปผลการดำเนินงาน

โครงการนี้นำเสนอระบบระบุรถยนต์ 4 ล้อด้วยการเรียนรู้เชิงลึกบนคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์แบบสมองกลฝังตัวที่มีความสามารถในการระบุประเภทรถยนต์ ยี่ห้อรถยนต์ และสีรถยนต์ ซึ่งตัวระบบมีการทำงานบนระบบคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์แบบสมองกลฝังตัว โดยสรุปผลการดำเนินงานได้ 2 ประการ คือ สามารถนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาเรื่องการทำงานของการทำงานของประมวลผลภาพพร้อมกับการเรียนรู้เชิงลึกมาต่อยอดจนสำเร็จเป็นระบบระบุรถยนต์ 4 ล้อด้วยการเรียนรู้เชิงลึก และระบบสามารถตรวจสอบประเภทของรถยนต์ ได้แม่นยำไม่ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ตรวจสอบยี่ห้อ

รถยนต์ได้แม่นยำไม่ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ และตรวจสอบสีรถยนต์ได้แม่นยำไม่ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีการเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้พลังงานลงด้วยบอร์ดสมองกลฝังตัวที่มีตัวประมวลผลหลายชนิดได้สำเร็จ

แนวทางการพัฒนา

1. สามารถพัฒนาต่อยอดหรือนำไปประยุกต์ใช้ในการประมวลผลด้านความปลอดภัย
2. สามารถพัฒนาต่อยอดหรือนำไปประยุกต์ใช้ในการรวบรวมข้อมูลสถิติทางการตลาด
3. ระบบสามารถตรวจสอบรถยนต์ได้จากวิดีโอโดยตรง ไม่จำเป็นต้องแปลงวิดีโอเป็นรูป

เอกสารอ้างอิง

- จิรายุ อ๋อมเขต และคณะผู้จัดทำ. (2560). การออกแบบและสร้างระบบคลัสเตอร์แบบสมองกลฝังตัวเพื่อประมวลผลข้อมูลดาวเทียม. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- นพรุจ พัฒนสาร และ ณัฐภูมิ ศรีวิบูลย์. (2563). การประมวลผลภาพสำหรับการจำแนกคุณภาพมะม่วงพันธุ์โชคนันต์ โดยการจำลองการมองเห็นของมนุษย์ด้วยวิธีการเรียนรู้เชิงลึก. มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์.
- รัตนโชติ พันธุ์วิไล. (2562). การตรวจหาต้นไม้เป็นโรคโดยอัตโนมัติด้วยภาพถ่ายมุมสูงจากโดรนและวิธีการเรียนรู้เชิงลึก. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.
- ศิริเรือง พัฒนช่วย และคณะผู้จัดทำ. (2562). ระบบคัดแยกเกรดปลาหมึกแห้งสำหรับกลุ่มชาวประมงลุ่มแม่น้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์ด้วยหลักการการเรียนรู้เชิงลึก. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.
- อุดมศักดิ์ พุทธิปัญญา และคณะผู้จัดทำ. (2560). ต้นแบบอัลกอริทึมตรวจสอบตัวเลขกับตัวอักษรบนป้ายทะเบียนรถยนต์ สีรถยนต์ และยี่ห้อรถยนต์. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

การพัฒนาหุ่นยนต์ตัวแทนทางไกล Development of a Telepresence Robot

จิตติ พัทธวณิช^{1*}, อติรุจ สุพรหม²

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา^{1,2}

*Corresponding author: E-mail : jitti@eng.buu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ตัวแทนทางไกล โดยหุ่นยนต์ถูกออกแบบมาเพื่อควบคุมและสื่อสารด้วยภาพและเสียงจากระยะไกลผ่านเครือข่ายการสื่อสารแบบ 4G โดยได้พัฒนาโปรแกรมควบคุมหลักซึ่งทำงานด้วยเว็บเบราว์เซอร์ซึ่งโดยใช้ Flask framework ร่วมกับระบบ WebRTC เพื่อใช้เป็นโมดูลถ่ายทอดสัญญาณภาพและเสียงในการควบคุมหุ่นยนต์ ในการประเมินประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ได้มีการทดสอบการเคลื่อนที่และสัญญาณเครือข่ายแบบ 4G ในการทดสอบการเคลื่อนที่ โดยผลการทดสอบพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนการเคลื่อนที่แปรผันตรงกับความเร็วและระยะทางการเคลื่อนที่ จากการทดสอบควบคุมจากระยะไกล ผ่านเครือข่ายแบบ 4G ผลการทดสอบพบว่ามีความล่าช้าเล็กน้อยในการตอบสนองต่อคำสั่งควบคุม

คำสำคัญ: หุ่นยนต์ Telepresence; ระบบ WebRTC; การควบคุมผ่านเครือข่าย

Abstract

This research is to develop a telepresence robot. The robot was designed to control and to communicate with video and voice from a long distance via 4G communication network. The main control program was web browser based which was written using flask framework and WebRTC system was used as video conference module in the control program. The robot has been tested to evaluate the accuracy of movement and delay time for 4G network signal. In motion tests the robot was moved in forwards, backwards, turn left and right direction. The experimental results revealed that the error of movement was directly varied to the speed and distance of movement and when controlled from various far distances via 4G network, there was slightly delay in response of the robot.

Keywords: Telepresence robot; WebRTC system; Network control

บทนำ

หุ่นยนต์ตัวแทนทางไกลเป็นการประยุกต์ใช้ระบบการควบคุมหุ่นยนต์ผ่านการสื่อสารทั้งทางภาพและเสียงจากระยะไกล จึงทำให้ผู้ควบคุมหุ่นยนต์ไม่จำเป็นต้องอยู่ใกล้กับบริเวณที่หุ่นยนต์กำลังปฏิบัติงานอยู่แต่ผู้ควบคุมยังสามารถเห็นและได้ยินเสียงของสภาพแวดล้อมรอบหุ่นยนต์ได้ ดังนั้นหุ่นยนต์ตัวแทนทางไกลจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่เกี่ยวข้องกับสารสื่อสารระหว่างผู้ควบคุมหุ่นยนต์กับผู้ที่อยู่ใกล้หุ่นยนต์ เช่น การใช้หุ่นยนต์เพื่อการติดต่อสื่อสารภายในสำนักงาน (Rana & Benjamin, 2020) งานสำรวจและเฝ้าระวัง (Gerald, 2011) การเรียนการสอน (Konijin & Hoorn, 2020) และการแพทย์ (Vermeersch et al., 2015) เป็นต้น อย่างไรก็ตามเพื่อให้ผู้ควบคุมหุ่นยนต์สามารถใช้หุ่นยนต์อย่างสะดวกและเป็นธรรมชาติในการควบคุมจำเป็นต้องมีการใช้ซอฟต์แวร์ควบคุมเพื่อควบคุมและประสานงานการทำงานระหว่างผู้ควบคุมกับกลไกการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ ซึ่งส่งผลให้หุ่นยนต์ตัวแทนทางไกลมีราคาสูง

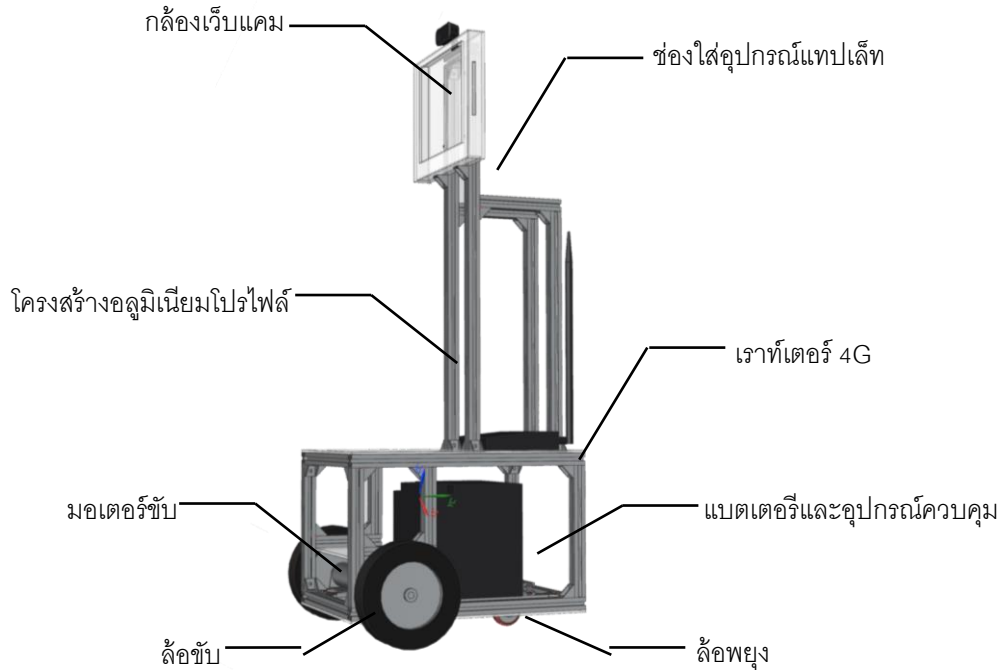
ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาหุ่นยนต์ตัวแทนทางไกลที่มีราคาถูกเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร โดยหุ่นยนต์สามารถควบคุมได้จากระยะไกลผ่านเครือข่ายการสื่อสารแบบ 4G ทำให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ตามคำสั่งได้และยังสามารถสื่อสารทั้งทางภาพและเสียงกับบุคคลที่อยู่ใกล้เคียงหุ่นยนต์ได้ โดยคณะผู้วิจัยได้พัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์รวมถึงการสื่อสารทางภาพและเสียง ซึ่งซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้โดยใช้เว็บเบราว์เซอร์ทั่วไปเพื่อทำงานผ่านระบบเครือข่ายสื่อสาร

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การออกแบบ

หุ่นยนต์ที่ได้พัฒนาขึ้นมีขนาดความกว้าง 400 mm ยาว 500 mm และสูง 1200 mm ใช้น้ำหนักได้ 50 kg ใช้ลูมิเนียมเป็นโครงสร้างหลักของหุ่นยนต์ ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงขนาด 50 W จำนวนสองตัวสามารถทำความเร็วสูงสุดได้ 0.5 m/s ใช้กล้องเว็บแคม 1 ตัวในการแสดงภาพด้านหน้าของหุ่นยนต์ ใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Raspberry Pi4) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์และทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์รองรับการเรียกใช้โปรแกรมควบคุมจากเครือข่ายผ่านทางโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ ลักษณะของหุ่นยนต์แสดงได้ดังภาพที่ 1

สำหรับการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะให้ระบบบังคับเลี้ยวแบบการใช้ความเร็วที่แตกต่างกัน (Differential Drive System) ซึ่งจะใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนสองตัวโดยควบคุมมอเตอร์ความเร็วรอบของล้อด้านหนึ่งให้มีความเร็วในการหมุนมากกว่าหรือน้อยกว่าล้ออีกด้านหนึ่งเพื่อทำให้เกิดการเลี้ยวโค้ง แต่ถ้าหากมอเตอร์ของล้อทั้งสองด้านมีความเร็วเท่ากันหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยผลของทิศทางการหมุนของมอเตอร์ขับเคลื่อนทั้งสองตัวต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แสดงได้ดังตารางที่ 1

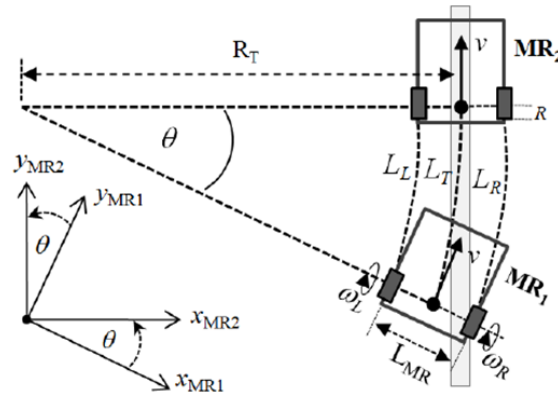


ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ตัวแทนทางไกลที่ได้พัฒนาขึ้น

ตารางที่ 1 ขนาดและทิศทางการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ขับเคลื่อนต่อทิศทางการเคลื่อนที่หุ่นยนต์

ทิศทางการเคลื่อนที่	ทิศทางของล้อ	ทิศทางการเคลื่อนที่	ทิศทางของล้อ
เดินหน้า		เลี้ยวขวา	
ถอยหลัง		หมุนซ้าย	
เลี้ยวซ้าย		หมุนขวา	

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนของมอเตอร์ขับเคลื่อนแต่ละตัวกับองศาการเลี้ยวแสดงได้ดัง
 สมการ (1) ถึง (2)



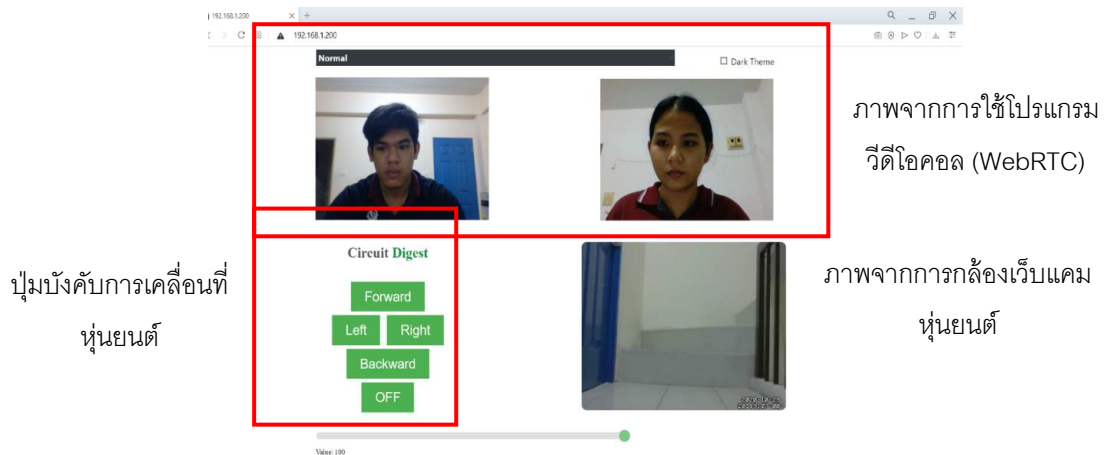
ภาพที่ 2 การเคลื่อนที่ของระบบขับเคลื่อนแบบแยกการควบคุม (Gregor et al., 2017)

$$\text{เมื่อ } \theta = \frac{L_T}{R_T}$$

$$\text{ดังนั้น } L_L = (R_T - \frac{L_{MR}}{2})\theta \quad \text{และ} \quad L_R = (R_T + \frac{L_{MR}}{2})\theta \quad (1)$$

$$\omega_L = (\frac{R_T - \frac{L_{MR}}{2}}{R})\theta^\circ \quad \text{และ} \quad \omega_R = (\frac{R_T + \frac{L_{MR}}{2}}{R})\theta^\circ \quad (2)$$

โปรแกรมสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะเป็นโปรแกรมที่ทำงานร่วมกับโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ดังนั้นโปรแกรมจึงถูกสร้างขึ้นจากการใช้ HTML ในการสร้างกราฟฟิกติดต่อกับผู้ใช้งาน และใช้เฟรมเวิร์ค Flask ซึ่งทำงานร่วมกับ HTML และภาษาไพธอน เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานหุ่นยนต์ ลักษณะของโปรแกรมควบคุมแสดงดังภาพที่ 3



ปุ่มบังคับการเคลื่อนที่
หุ่นยนต์

ภาพที่ 3 หน้าจอโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

โดยปุ่มบังคับจะสร้างจากการใช้ HTML Form ในรูปแบบของปุ่มกด เมื่อทำการกดปุ่มจะมีการส่งข้อมูลไปที่ตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ซึ่งทำงานร่วมกับเฟรมเวิร์ค Flask ทำให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่หุ่นยนต์ด้วยภาษาไพธอนได้ ภาพจากเว็บแคมของหุ่นยนต์ได้มาจากการใช้ซอฟต์แวร์ fswebcam ที่

ติดตั้งที่อุปกรณ์ควบคุมซึ่งจะสามารถนำภาพจากเว็บแคมไปแสดงร่วมกับ HTML ได้ สำหรับในหน้าต่างการสื่อสารผ่านการวิดีโอคอลนั้นจะใช้ระบบ WebRTC ซึ่งทางผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นซึ่งเป็นระบบการสื่อสารข้อมูลแบบเรียลไทม์ ซึ่งสามารถนำมาแสดงการทำงานร่วมกันกับหน้าจอโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

ในการควบคุมการทำงานหุ่นยนต์เริ่มจากการใช้คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์แท็บเล็ตที่ต่ออยู่กับระบบอินเทอร์เน็ตเรียกหน้าเว็บไซต์ของโปรแกรมควบคุมจากอุปกรณ์ควบคุมหุ่นยนต์ซึ่งได้เชื่อมต่อกับ router 4G และมีหมายเลข ip ไว้แล้ว ผ่านทางโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ เมื่ออุปกรณ์ควบคุมส่งหน้าเว็บไปยังอุปกรณ์ ผู้ใช้งานจึงสามารถควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ได้

ผลการทดสอบและอภิปรายผล

การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์จะแบ่งการทดสอบเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ไปยังเส้นทางที่กำหนด และส่วนที่สองเป็นการทดสอบความล่าช้าของการควบคุมหุ่นยนต์ในระยะไกลผ่านเครือข่าย 4G

ในการทดสอบการเคลื่อนที่ที่จะทดสอบโดยกำหนดให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.2, 0.3 และ 0.4 m/s ไปที่ระยะทาง 2.0, 2.5 และ 3.0 m ในทิศทางเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและข้างหลังโดยจะทำการทดสอบกรณีละ 10 ครั้ง ในการทดสอบแต่ละครั้งจะวัดระยะคลาดเคลื่อนของหุ่นยนต์ที่จุดปลายของการเคลื่อนที่ดังภาพที่ 4 ค่าเฉลี่ยของการทดสอบในแต่ละความเร็ว ระยะทาง และทิศทางเคลื่อนที่แสดงได้ดังตารางที่ 2



ภาพที่ 4 การวัดระยะคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

ตารางที่ 2 ระยะคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในแต่ละการทดสอบ

ความเร็ว ระยะทาง	เคลื่อนที่ไปข้างหน้า			เคลื่อนที่ไปข้างหลัง		
	0.2 m/s	0.3 m/s	0.4 m/s	0.2 m/s	0.3 m/s	0.4 m/s
2.0 m	7.4 cm	10.6 cm	19.4 cm	8.7cm	12.2 cm	18.4 cm
2.5 m	17.7 cm	23.2 cm	28.9 cm	14.4 cm	21.8 cm	27.3 cm
3.0 m	18.4 cm	30.1 cm	36.2 cm	21.1 cm	32.7 cm	34.1 cm

จากผลการทดสอบพบว่าทั้งการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและถอยหลัง เมื่อความเร็วในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ระยะคลาดเคลื่อนมีค่าเพิ่มขึ้นยกตัวอย่างเช่นที่ระยะการเคลื่อนที่ 2.5m เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.2 m/s ไปข้างหน้าจะมีค่าระยะคลาดเคลื่อน 17.7 cm และ 14.4 cm ในการเคลื่อนที่ไปข้างหลัง และค่าคลาดเคลื่อนจะเพิ่มเป็น 28.9 cm และ 27.3 cm สำหรับการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและข้างหลังตามลำดับ เมื่อความเร็วในการเคลื่อนที่เพิ่มเป็น 0.4 m/s

เมื่อระยะทางเคลื่อนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ระยะคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นยกตัวอย่างเช่นที่ความเร็วการเคลื่อนที่ 0.3 m/s เมื่อเคลื่อนที่ไปที่ระยะทาง 2.0 m ไปข้างหน้าจะมีค่าระยะคลาดเคลื่อน 10.6 cm และ 12.2 cm ในการเคลื่อนที่ไปข้างหลัง และค่าคลาดเคลื่อนจะเพิ่มเป็น 30.1 cm และ 32.7 cm สำหรับการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและข้างหลังตามลำดับ เมื่อเคลื่อนที่ไปที่ระยะทาง 3m และความแตกต่างเฉลี่ยของระยะคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและข้างหลังมีค่าเท่ากับ 1.9 cm

สาเหตุที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่นั้นทางผู้วิจัยได้พบว่าเนื่องจากระบบการขับเคลื่อนและบังคับเลี้ยวของหุ่นยนต์ใช้วิธีความเร็วที่แตกต่างกัน (Differential Drive System) ซึ่งต้องใช้มอเตอร์สองตัวในการเคลื่อนที่ ดังนั้นในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและข้างหลังมอเตอร์ทั้งสองตัวต้องมีความเร็วรอบเท่ากันพอดีจึงจะทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงซึ่งจะไม่เกิดความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่ แต่ในทางปฏิบัติแล้วประสิทธิภาพของมอเตอร์แต่ละตัวมีค่าไม่เท่ากันถึงแม้ว่าจะถูกผลิตในเวลาใกล้เคียงกันก็ตาม ส่งผลให้มอเตอร์แต่ละตัวมีความเร็วรอบที่ต่างกันเล็กน้อยเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่เท่ากัน ส่งผลให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เฉียงออกจากแนวการเคลื่อนที่ที่กำหนดไว้ และอีกสาเหตุหนึ่งเกิดจากการที่มอเตอร์เกิดการกระตุกเมื่อเริ่มการหมุนซึ่งเป็นผลให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์มีการเปลี่ยนแปลง

สำหรับการทดสอบความล่าช้าของของการควบคุมหุ่นยนต์จากระยะไกลผ่านระบบเครือข่ายสัญญาณแบบ 4G จะทำการทดสอบจากผู้ใช้งานใน 5 จังหวัดให้ทดสอบควบคุมหุ่นยนต์และทดสอบความล่าช้าของสัญญาณภาพและเสียงผ่านทาง WebRTC ที่ได้พัฒนาขึ้นมา โดยทั้ง 5 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ประจวบคีรีขันธ์ ตราด และ ลำปาง ซึ่งมีระยะห่างจากหุ่นยนต์ประมาณ 15, 45, 185, 209 และ 576 km ตามลำดับ โดยผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลทดสอบความล่าช้าของการควบคุมหุ่นยนต์จากระยะไกล

ลำดับ	จังหวัดผู้ทดสอบเครือข่าย	ค่าเฉลี่ยความล่าช้าของสัญญาณ (วินาที)		
		วิดีโอคอล	เสียง	ควบคุมหุ่นยนต์
1	ชลบุรี (15 km.)	0.1	0.1	0.3
2	ฉะเชิงเทรา (45 km.)	0.2	0.2	1.5
3	ประจวบคีรีขันธ์ (185 km)	0.5	0.5	0.6
4	ตราด (209 km)	0.6	0.6	0.3
5	ลำปาง (576 km)	0.8	0.8	0.5

ผลทดสอบความล่าช้าของการควบคุมหุ่นยนต์จากระยะไกลพบว่าความหน่วงของสัญญาณมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยพบว่าสัญญาณมีค่าความหน่วงสูงสุดเมื่อทดสอบจากจังหวัดยะเชิงเทรา ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากในช่วงเวลาการทดสอบได้มีการใช้งานเครือข่ายการสื่อสารอยู่มากส่งผลให้เกิดความล่าช้าของสัญญาณการสื่อสาร

สรุปผลและเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาหุ่นยนต์ตัวแทนทางไกลโดยการใช้อุปกรณ์ควบคุมแบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก และได้มีการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับควบคุมหุ่นยนต์และสามารถสื่อสารทั้งภาพและเสียงโดยการใช้ WebRTC ซึ่งซอฟต์แวร์ทำงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ทำให้สามารถเรียกใช้งานผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยซอฟต์แวร์ควบคุมได้พัฒนาจากซอฟต์แวร์ที่ไม่คิดค่าใช้จ่าย ดังนั้นต้นทุนของการทำหุ่นยนต์จึงลดลง จากการทดสอบหุ่นยนต์พบว่า หุ่นยนต์สามารถถูกควบคุมจากระยะไกลได้ และการสื่อสารโดยการใช้ WebRTC สามารถส่งข้อมูลภาพและเสียงจากระยะไกลได้ อย่างไรก็ตามหุ่นยนต์ยังมีความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่โดยความคลาดเคลื่อนแปรผันตรงกับความเร็วจากระยะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

เอกสารอ้างอิง

- Gerald, C. (2011). *Mobile Robots: Navigation, Control and Remote sensing*. John Wiley & Sons.
- Gregor, K., Andrej, Z., Sašo, B., & Igor, S. (2017). *Wheeled Mobile Robotics: From Fundamentals Towards Autonomous Systems*. Butterworth-Heinemann.
- Konijin, E. A., & Hoom, J. F. (2020). Robot tutor and pupils' educational ability: Teaching the times tables. *Computer & Education*, 157, 1-9.
- Rana, P., & Benjamin, L. W. (2020). *Living with Robots*. (91-118). Academic Press.
- Vermeersch, P., Sampsel, D. D., & Kleman, C. (2015). Acceptability and usability of a telepresence robot for geriatric primary care: A pilot. *Geriatric Nursing*, 36(3), 234-238.

การประยุกต์ใช้แบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทานของบริษัทตัวอย่าง An Application of Supply Chain Operations Reference Model for A Sample Company

สุภาวดี เชียงฉิน¹ นพคุณ แสงเขียว²

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร^{1,2}

*Corresponding author: E-mail: Supawadee3553@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ประเมินประสิทธิภาพและเพิ่มประสิทธิภาพในโซ่อุปทานของบริษัทตัวอย่าง โดยการประยุกต์ใช้มาตรวัดของแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทาน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของบริษัทตัวอย่าง ผลที่ได้คือ ประสิทธิภาพด้านความน่าเชื่อถือ 96.77 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพด้านการตอบสนอง 1.95 วัน ประสิทธิภาพด้านความยืดหยุ่น 100 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพด้านต้นทุน มาตรวัดต้นทุนรวมทั้งหมดในโซ่อุปทาน 75.33 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพด้านทรัพย์สิน มาตรการรอบเวลาของการแปลงเป็นเงินสด 8.49 วัน มาตรวัดอัตราผลตอบแทนจากทรัพย์สินถาวรของโซ่อุปทาน 53.87 เปอร์เซ็นต์และมาตรวัดอัตราผลตอบแทนของเงินทุนหมุนเวียน 100 เปอร์เซ็นต์ ผู้วิจัยได้เลือกการปฏิบัติงานตามแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทาน คือ BP.183 Integrated Business Planning (IBP) มาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในห่วงโซ่อุปทานมีดังนี้ 1.วางแผนการดำเนินงานในโซ่อุปทาน 2.จัดลำดับความสำคัญของความต้องการในโซ่อุปทานโดยรวม 3.จัดลำดับความสำคัญของทรัพยากรในโซ่อุปทาน 4.จัดการความต้องการสินค้าและทรัพยากรที่มีให้สอดคล้องกัน 5.สร้างระบบการสื่อสารในโซ่อุปทานที่ดี จากการประเมินประสิทธิภาพหลังปรับปรุง พบว่า ประสิทธิภาพด้านความน่าเชื่อถือ 100 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพด้านการตอบสนอง 1.41 วัน ประสิทธิภาพด้านความยืดหยุ่น 100 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพด้านต้นทุน มาตรวัดต้นทุนรวมทั้งหมดในโซ่อุปทาน 69.99 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพด้านทรัพย์สิน มาตรการรอบเวลาของการแปลงเป็นเงินสด 6.24 วัน มาตรวัดอัตราผลตอบแทนจากทรัพย์สินถาวรของโซ่อุปทาน 86.81 เปอร์เซ็นต์ มาตรวัดอัตราผลตอบแทนของเงินทุนหมุนเวียน 177.98 เปอร์เซ็นต์ การปฏิบัติงานตามแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทาน ทำให้คุณลักษณะทั้ง 5 ด้านของบริษัทตัวอย่าง มีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: แบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทาน; ประสิทธิภาพในโซ่อุปทาน

Abstract

This research aims to study for evaluate the performance and increase the performance of the company supply chain. The method is applying the gauge of the Supply Chain Operations Reference Model to the operations in the company supply chain. The result is an interpretation of reliable result had been 96.77 percent, the responsiveness result had been 1.95 days. Therefore, the agility performance result had been 100 percent, the performance of cost and the total supply chain management costs result had been 75.33 percent. However, the asset cash to cash cycle time result had been 8.49 days. The return on supply chain fixed assets had been 53.87 percent. The return on working capital had been 100 percent. Thus, the researcher decides to the operating better performance there is BP. 183 Integrated Business Planning (IBP) to make practical use for increasing supply chain efficiency are as follows: 1. Plan Supply Chain. 2. Identify, Prioritize and Aggregate Supply Chain Requirements. 3. Identify, Prioritize and Aggregate Supply Chain Resources. 4. Balance Supply Chain Requirements with Supply Chain Resources. 5. Establish and Communicate Supply Chains. After considering operations found the reliable performance result had been 100 percent. The performance of responsiveness result had been 1.41 days, the agility performance result had been 100 percent. To continue, the cost and the total supply chain management costs performance result had been 69.99 percentage. The asset cash to cash cycle time result had been 6.24 days. The return on supply chain fixed assets was 86.81 percentage and the return on working capital had been 177.98 percent. Following the working operations of Supply Chain Operations Reference Model, the company's supply chain of these five manners of reference company increased efficiency.

Keywords: Supply Chain Operations Reference Model; The performance of supply chain

บทนำ

บริษัทตัวอย่างเป็นบริษัทขนส่งพร้อมจำหน่ายหิน ดิน ทรายทุกชนิด ซึ่งเป็นวัสดุพื้นฐานที่มีความจำเป็นต่องานก่อสร้าง เนื่องจากรูปแบบธุรกิจไม่ซับซ้อน บริษัทจึงเติบโตโดยที่ไม่มีกระบวนการดำเนินงานที่เป็นระบบ เช่น ระบบการสื่อสารภายในโซ่อุปทานที่ไม่ดี ทำให้เกิดความผิดพลาดในการส่งสินค้าให้กับลูกค้า ในปัจจุบันผู้ประกอบการหน้าใหม่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้บริษัทตัวอย่างเจอสภาวะการแข่งขันที่สูง ปัจจัยสำคัญในการพัฒนาบริษัทต้องมีความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพภายในบริษัทเพื่อให้สามารถนำข้อมูลไปพัฒนาต่อให้การดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะวัดประสิทธิภาพและเพิ่มประสิทธิภาพในห่วงโซ่อุปทานของบริษัทตัวอย่างเพื่อให้สามารถนำข้อมูลไปพัฒนาและก้าวหน้าไปอีกระดับ จึงได้นำแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทาน (Apics, 2017, p.25-137) (ธนาภรณ์ สมานทอง, 2561, น.11-14)

มาประยุกต์ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของบริษัทตัวอย่างแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทานมีการกำหนดตัวชี้วัดสำหรับวัดประสิทธิภาพการดำเนินการในห่วงโซ่อุปทาน มุ่งความสนใจไปที่การวัดผลของการดำเนินงานและเพื่อใช้ในการกำหนดทิศทางการยุทธ์ของบริษัท มีวิธีการอย่างครบถ้วนเพื่อทำความเข้าใจให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน สามารถพัฒนามาตรฐานการทำงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (วัชรพจน์ ทรัพย์สงวนบุญและคณะ, 2562, น.91)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวัดประสิทธิภาพในห่วงโซ่อุปทานของบริษัทตัวอย่างโดยการประยุกต์ใช้มาตรวัดของแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทาน
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในห่วงโซ่อุปทานของบริษัทตัวอย่างโดยการประยุกต์ใช้มาตรวัดของแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทาน

ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยนำแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทานที่มาประยุกต์ใช้คือ SCOR Model version 12.0 และข้อมูลของบริษัทตัวอย่างในช่วงระยะเวลาเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2563 และช่วงระยะเวลาเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน ปี พ.ศ.2564

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(พัชรินทร์ สุภาพันท์และคณะ, 2560) การศึกษาการจัดการห่วงโซ่อุปทานผักสดที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน GAP ในจังหวัดเชียงใหม่ด้วยแบบจำลอง SCOR Model แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงกระบวนการวางแผน การจัดหาปัจจัยการผลิตการผลิต การจัดส่ง และการส่งคืนตั้งแต่ระดับต้นน้ำ กลางน้ำและปลายน้ำ การเชื่อมโยงการจัดการห่วงโซ่อุปทานดังกล่าว ทำให้เห็นถึงความแตกต่างในแต่ละกระบวนการ จึงเสนอแนะให้มีการวิเคราะห์หาข้อปฏิบัติงานหรือข้อตกลงระหว่างแต่ละกระบวนการในโซ่อุปทานและให้สอดคล้องกับมาตรฐาน GAP สามารถดำเนินงานได้โดยไม่เกิดความยุ่งยากในการจัดการ

(ต้องใจ ศรีทิวาผล , 2561) ศึกษาการลดต้นทุนในกระบวนการผลิตผ้าดิษฐ์เบรก โดยแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานโซ่อุปทาน เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการหาต้นทุนในกระบวนการผลิต ต้นทุนในงานวิจัยนี้คือ ต้นทุนแรงงานทางตรง ต้นทุนผลิตอัตโนมัติ ต้นทุนที่ดินอาคารอุปกรณ์ ต้นทุนค่าวัสดุ ต้นทุนการผลิตที่ทำให้เกิดต้นทุนสูงคือ ต้นทุนอุปกรณ์ เช่น ต้นทุนของใบเจียรไนเพชรและต้นทุนสีฝุ่น อัตราการใช้ใบเจียรไนเพชร ลดลงจากเดิม 180 ใบต่อปี เป็น 48 ใบต่อปี และสีฝุ่นลดลงจากเดิม 12,384 กิโลกรัมต่อปีเป็น 11,712 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นมูลค่าต้นทุนลดลง 1,539,372 บาทต่อปี

วิธีการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลของบริษัทตัวอย่างเพื่อวัดประสิทธิภาพ ก่อนปรับปรุงในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2563 และหลังปรับปรุงช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน ปี พ.ศ.2564
2. ประยุกต์ใช้มาตรวัดประสิทธิภาพทั้ง 5 คุณลักษณะ (กฤติกา จินาชาญและคณะ, 2562, น.3-4) (อดิศักดิ์ ธีรานุพัฒนาและคณะ, 2554, น.6) ของแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทาน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 คุณลักษณะด้านความน่าเชื่อถือ

มาตรวัดในระดับที่1 คือ RL.1.1 การเติมเต็มคำสั่งซื้ออย่างสมบูรณ์

มาตรวัดในระดับที่2 คือ RL.2.1 ร้อยละของคำสั่งซื้อที่จัดส่งได้

RL.2.2 ประสิทธิภาพการจัดส่งเมื่อเทียบกับวันที่ตกลงให้กับลูกค้า RL.2.3 ความถูกต้องแม่นยำของเอกสาร

RL.2.4 สภาพผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์แบบ

2.2 คุณลักษณะด้านการตอบสนอง

มาตรวัดในระดับที่1 คือ RS.1.1 รอบเวลาในการเติมเต็มคำสั่งซื้อ

มาตรวัดในระดับที่2 คือ RS.2.1 รอบเวลาในการจัดหา RS.2.3 รอบเวลาในการจัดส่ง

2.3 คุณลักษณะด้านความยืดหยุ่น

มาตรวัดในระดับที่1 คือ AG.1.1 ความสามารถในการปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้นของโซ่อุปทาน AG.1.2
ความสามารถในการปรับเปลี่ยนลดลงของโซ่อุปทาน

2.4 คุณลักษณะด้านต้นทุน

มาตรวัดในระดับที่1 คือ CO.1.1 ต้นทุนรวมทั้งหมดในโซ่อุปทาน

มาตรวัดในระดับที่2 คือ CO.2.1 ต้นทุนของการวางแผน CO.2.2 ต้นทุนของการจัดหา CO.2.4
ต้นทุนของการจัดส่ง CO.2.6 ต้นทุนเพื่อลดความเสี่ยงความเสี่ยงในโซ่อุปทาน

2.5 คุณลักษณะด้านทรัพย์สิน

มาตรวัดในระดับที่1 คือ AM.1.1 รอบเวลาของการแปลงเป็นเงินสด

มาตรวัดในระดับที่2 คือ AM.2.1 จำนวนวันของลูกหนี้การค้า AM.2.2 จำนวนวันของสินค้าคง
คลัง AM.2.3 จำนวนวันของเจ้าหนี้การค้า

มาตรวัดในระดับที่1 คือ AM.1.2 อัตราผลตอบแทนจากทรัพย์สินถาวร

มาตรวัดในระดับที่2 คือ AM.2.4 รายได้ในโซ่อุปทาน AM.2.5 ทรัพย์สินถาวร

มาตรวัดในระดับที่1 คือ AM.1.3 อัตราผลตอบแทนของเงินทุนหมุนเวียน

มาตรวัดในระดับที่2 คือ AM.2.6 บัญชีเจ้าหนี้ AM.2.7 บัญชีลูกหนี้ AM.2.8 สินค้าคงคลัง

3. วิธีการวัดประสิทธิภาพของแต่ละมาตรวัดระดับที่ 1 มีดังนี้ (ธัญญา แก้วเกษ, 2554, น.27-34)

3.1 การเติมเต็มคำสั่งซื้ออย่างสมบูรณ์

วิธีคำนวณคือ ร้อยละความสมบูรณ์การเติมเต็มคำสั่งซื้อ = (ผลรวมความสมบูรณ์การเติมเต็มคำสั่งซื้อ / ผลรวมจำนวนคำสั่งซื้อ) x 100

3.2 รอบเวลาในการเติมเต็มคำสั่งซื้อ

วิธีคำนวณคือ รอบเวลาในการเติมเต็มคำสั่งซื้อ = ผลรวมรอบเวลาการเติมเต็มคำสั่งซื้อ / ผลรวมจำนวนคำสั่งซื้อ

3.3 ความสามารถในการปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้น/ลดลงของโซ่อุปทาน

วิธีคำนวณคือ ความสามารถในการปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้น/ลดลงของโซ่อุปทาน = (จำนวนสินค้า / จำนวนคำสั่งซื้อ) x 100

3.4 ต้นทุนรวมทั้งหมดในโซ่อุปทาน

วิธีคำนวณคือ ต้นทุนรวมทั้งหมดในโซ่อุปทาน = ต้นทุนการวางแผน + ต้นทุนการจัดหา + ต้นทุน
สินค้า + ต้นทุนการจัดส่ง + ต้นทุนเพื่อลดความเสี่ยงในโซ่อุปทาน

3.5 รอบเวลาของการแปลงเป็นเงินสด

วิธีคำนวณ รอบเวลาของการแปลงเป็นเงินสด = จำนวนวันของลูกหนี้การค้า + จำนวนวันของ
สินค้าคงคลัง + จำนวนวันของเจ้าหนี้การค้า โดยจำนวนวันของแต่ละมาตรวัดหาได้จาก 1.จำนวนวันของลูกหนี้
การค้า = จำนวนเงินของลูกหนี้การค้า / (จำนวนเงินยอดขายรวม / 183 วัน) 2.จำนวนวันของสินค้าคงคลัง =
จำนวนเงินของสินค้าคงคลัง / (ต้นทุนรวม / 183 วัน)

3.จำนวนวันของเจ้าหนี้การค้า = จำนวนเงินของเจ้าหนี้การค้า / (จำนวนเงินยอดซื้อรวม / 183 วัน)

3.6 อัตราผลตอบแทนจากทรัพย์สินถาวรของโซ่อุปทาน

วิธีคำนวณคือ อัตราผลตอบแทนของทรัพย์สินถาวรของโซ่อุปทาน = [(จำนวนเงินยอดขาย
ทั้งหมด - ต้นทุนทั้งหมด) / ทรัพย์สินถาวรของโซ่อุปทาน] x 100

3.7 อัตราผลตอบแทนของเงินทุนหมุนเวียน

วิธีคำนวณคือ อัตราผลตอบแทนของเงินทุนหมุนเวียน = [(จำนวนเงินยอดขายทั้งหมด - ต้นทุน
ทั้งหมด) / (เงินสดหรือเงินลงทุน + บัญชีลูกหนี้ - บัญชีเจ้าหนี้) x 100

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. ผู้วิจัยได้วัดประสิทธิภาพโดยประยุกต์ใช้แบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทานก่อนปรับปรุง โดยผลที่
ได้วัดประสิทธิภาพทั้ง 7 มาตรวัดในระดับที่ 1 ในช่วงระยะเวลาเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2563 มี
ดังนี้

1.1 ประสิทธิภาพการเติมเต็มคำสั่งซื้ออย่างสมบูรณ์ พิจารณาจากจำนวนคำสั่งซื้อทั้งหมด 93 รายการ
โดยเป็นเกณฑ์การให้ 1=ไม่ผิดพลาดและ 0=ผิดพลาด เป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการเติมเต็มคำสั่งซื้ออย่างสมบูรณ์ก่อนปรับปรุง

ลำดับ คำสั่ง ซื้อ	จัดส่งเต็มจำนวน		ผล	จัดส่งตรงเวลา		ผล	เอกสาร จัดส่ง ถูกต้อง	สินค้า จัดส่ง สมบูรณ์	ความ สมบูรณ์ การเติม เต็มคำ สั่งซื้อ
	จำนวน สั่ง	จำนวน ส่ง		วันที่ต้องการ สินค้า	วันที่ได้รับ สินค้า				
1	2	2	1	2/07/2563	2/07/2563	1	1	1	1
...
93	85	85	1	28/12/2563	28/12/2563	1	1	1	1
ร้อยละความสมบูรณ์การเติมเต็มคำสั่งซื้อ									96.77

ประสิทธิภาพการเติมเต็มคำสั่งซื้ออย่างสมบูรณ์ = $\frac{90}{93} \times 100$ ผลที่ได้คือ 96.77 เปอร์เซ็นต์

1.2 ประสิทธิภาพรอบเวลาในการเติมเต็มคำสั่งซื้อ พิจารณาจากจำนวนคำสั่งซื้อทั้งหมด 93 รายการ เป็นการนับรอบเวลา ในแต่ละรายการคำสั่งซื้อ เป็นดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพรอบเวลาในการเติมเต็มคำสั่งซื้อก่อนปรับปรุง

ลำดับคำสั่งซื้อ	วันที่รับคำสั่งซื้อ	วันที่จัดหาวัสดุได้	วันที่ลูกค้าได้รับสินค้า	รอบเวลาการเติมเต็มคำสั่งซื้อ
1	1/07/2563	2/07/2563	2/07/2563	1
...
93	21/12/2563	22/12/2563	28/12/2563	7
ค่าเฉลี่ยรอบเวลาการเติมเต็มคำสั่งซื้อ (วัน)				1.95

ประสิทธิภาพรอบเวลาในการเติมเต็มคำสั่งซื้อ = $\frac{181}{93} \times 100$ โดยผลที่ได้คือ 1.95 วัน

1.3 ประสิทธิภาพความสามารถในการปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้น/ลดลงของโซ่อุปทาน โดยพิจารณาจากจำนวนสั่งซื้อของแต่ละเดือนและความสามารถที่จัดส่งได้ มีข้อมูลดังนี้

1.เดือนกรกฎาคม 63	= 363 เทียวก	สามารถจัดส่งได้ = 363 เทียวก
2.เดือนสิงหาคม 63	= 416 เทียวก	สามารถจัดส่งได้ = 416 เทียวก
3.เดือนกันยายน 63	= 147 เทียวก	สามารถจัดส่งได้ = 147 เทียวก
4.เดือนตุลาคม 63	= 201 เทียวก	สามารถจัดส่งได้ = 201 เทียวก
5.เดือนพฤศจิกายน 63	= 233 เทียวก	สามารถจัดส่งได้ = 233 เทียวก
6.เดือนธันวาคม 63	= 271 เทียวก	สามารถจัดส่งได้ = 271 เทียวก

ประสิทธิภาพความสามารถในการปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้น/ลดลงของโซ่อุปทาน = $\frac{1,631}{1,631} \times 100$

ผลที่ได้คือ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีคำสั่งซื้อในแต่ละเดือน บริษัทตัวอย่างสามารถส่งสินค้าได้ครบจำนวนคำสั่งซื้อ ไม่ว่าจะเดือนนั้นจะมีคำสั่งซื้อที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง

1.4 ประสิทธิภาพต้นทุนรวมทั้งหมดในโซ่อุปทาน โดยใช้ข้อมูลในการคำนวณดังนี้

1.ต้นทุนการวางแผน	169,194.00 บาท
2.ต้นทุนการจัดหา	27,900.00 บาท
3.ต้นทุนสินค้า	4,461,640.00 บาท
4.ต้นทุนการจัดส่ง	2,609,600.00 บาท
5.ต้นทุนเพื่อลดความเสี่ยง	502,411.31 บาท
6.รายได้รวม	10,469,172.50 บาท

$$\text{ประสิทธิภาพต้นทุนรวมทั้งหมดในโซ่อุปทาน} = \frac{7,770,745.31}{10,469,172.50} \times 100 \quad \text{ผลที่ได้คือ 74.23 เปอร์เซ็นต์}$$

1.5 ประสิทธิภาพรอบเวลาของการแปลงเป็นเงินสด ใช้ข้อมูลในการคำนวณดังนี้

1. ยอดขายรวม	55,993.12	บาทต่อวัน
2. ต้นทุนรวม	42,232.31	บาทต่อวัน
3. ยอดซื้อรวม	36,919.84	บาทต่อวัน
4. สินค้าคงคลัง	0.00	บาทต่อวัน
5. ลูกหนี้	385,076.74	บาท
6. เจ้าหนี้	686,646.70	บาท

$$\text{ประสิทธิภาพรอบเวลาของการแปลงเป็นเงินสด} = \frac{6.88 + 0.00 + 18.60}{3} \quad \text{ผลที่ได้คือ 8.49 วัน}$$

1.6 ประสิทธิภาพอัตราผลตอบแทนจากทรัพย์สินถาวรของโซ่อุปทาน โดยใช้ข้อมูลในการคำนวณดังนี้

1. ยอดขายรวม	10,469,172.50	บาท
2. ต้นทุนรวม	7,770,745.31	บาท
3. ทรัพย์สินถาวรรวม	10,017,890.37	บาท

$$\text{ประสิทธิภาพอัตราผลตอบแทนจากทรัพย์สินถาวรของโซ่อุปทาน} = \frac{10,469,172.50 - 7,770,745.31}{10,017,890.37} \times 100$$

ผลที่ได้คือ 26.94 เปอร์เซ็นต์

1.7 ประสิทธิภาพอัตราผลตอบแทนของเงินทุนหมุนเวียน โดยใช้ข้อมูลในการคำนวณดังนี้

1. ยอดขายรวม	10,469,172.50	บาท
2. ต้นทุนรวม	7,770,745.31	บาท
3. เงินสดหรือเงินลงทุน	2,698,427.19	บาท
4. ลูกหนี้	385,076.74	บาท
5. เจ้าหนี้	686,646.70	บาท

$$\text{ประสิทธิภาพอัตราผลตอบแทนของเงินทุนหมุนเวียน} = \frac{10,469,172.50 - 7,770,745.31}{(2,698,427.19 + 385,076.74) - 686,646.70} \times 100$$

ผลที่ได้จากการคำนวณคือ 112.58 เปอร์เซ็นต์

2. แนวทางการปฏิบัติงานที่ดี

จากการศึกษาแนวทางการปฏิบัติงานของแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทาน (Apics, 2017, p.485) ผู้วิจัยได้เลือกแนวทางการปฏิบัติงานที่มีอยู่ในคำแนะนำทั้ง 5 คุณลักษณะ คือ BP.183 Integrated Business Planning (IBP) โดยมีแนวทางการปฏิบัติงานดังนี้

1. วางแผนการดำเนินงานในโซ่อุปทาน
 - จัดการส่งสินค้าเร็วและสินค้าถูกต้อง
2. จัดลำดับความสำคัญของความต้องการในโซ่อุปทานโดยรวม

- ลำดับที่1 ทราบถึงลักษณะสินค้าของแต่ละบริษัทจำหน่ายสินค้าเพื่อจัดหาสินค้าให้ตรงตามคำสั่งซื้อของลูกค้า
- ลำดับที่2 หาเส้นทางสถานที่ส่งสินค้าและปั้มแก๊ส ให้มีระยะน้อยที่สุด เพื่อความเร็วในการจัดส่งและประหยัดค่าจัดส่ง
- ลำดับที่3 เอกสารจัดส่งและใบวางบิลถูกต้องเพื่อความเร็วในการรับชำระเงิน

3. จัดลำดับความสำคัญของทรัพยากรในโซ่อุปทาน

- ลำดับที่1 เงินทุน
- ลำดับที่2 พนักงานเอกสาร พนักงานขับรถ ช่างซ่อมรถ
- ลำดับที่3 สินค้าแต่ละชนิด
- ลำดับที่4 ปั้มแก๊ส

4. จัดการความต้องการสินค้าและทรัพยากรที่มีให้สอดคล้องกัน

- ตรวจสอบลักษณะสินค้าในแต่ละบริษัทจำหน่ายสินค้าว่ามีสินค้าตามที่ลูกค้าต้องการและจำนวนเพียงพอต่อคำสั่งซื้อ

5. สร้างระบบการสื่อสารในโซ่อุปทานที่ดี

- มีเบอร์ติดต่อและแอปพลิเคชันไลน์พนักงานขับทุกคน
- มีเบอร์ติดต่อและแอปพลิเคชันไลน์ของแต่ละบริษัทจำหน่ายสินค้าและปั้มแก๊ส
- ติดตั้งGPS เพื่อรับรู้การเดินทางของรถส่งสินค้า

3. หลังจากมีการปรับปรุงการดำเนินงานในบริษัทตัวอย่าง โดยผลที่ได้วัดประสิทธิภาพทั้ง 7 มาตราวัดในระดับที่ 1 ช่วงระยะเวลาเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน ปี พ.ศ.2564 สอดคล้องกับผลการวิจัยของ (ธัญญา แก้วเกษ, 2554, น.75-87) มีดังนี้

3.1 ประสิทธิภาพการเติมเต็มคำสั่งซื้ออย่างสมบูรณ์ พิจารณาจากจำนวนคำสั่งซื้อทั้งหมด 22 รายการ โดยเป็นเกณฑ์การให้ 1=ไม่ผิดพลาดและ 0=ผิดพลาด เป็นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการเติมเต็มคำสั่งซื้ออย่างสมบูรณ์หลังการปรับปรุง

ลำดับ คำสั่ง ซื้อ	จัดส่งเต็มจำนวน		ผล	จัดส่งตรงเวลา		ผล	เอกสาร จัดส่ง ถูกต้อง	สินค้า จัดส่ง สมบูรณ์	ความ สมบูรณ์การ เติมเต็มคำ สั่งซื้อ
	จำนวน สั่ง	จำนวน ส่ง		วันที่ ต้องการ สินค้า	วันที่ได้รับ สินค้า				
1	150	150	1	2/03/2564	2/03/2564	1	1	1	1
...
22	118	118	1	30/04/2564	30/04/2564	1	1	1	1
ร้อยละความสมบูรณ์การเติมเต็มคำสั่งซื้อ									100.00

ประสิทธิภาพการเติมเต็มคำสั่งซื้ออย่างสมบูรณ์ $= \frac{22}{22} \times 100$ ผลที่ได้คือ 100 เปอร์เซ็นต์

3.2 ประสิทธิภาพรอบเวลาในการเติมเต็มคำสั่งซื้อ พิจารณาจากจำนวนคำสั่งซื้อทั้งหมด 22 รายการ เป็นการนับรอบเวลา ในแต่ละรายการคำสั่งซื้อ เป็นดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพรอบเวลาในการเติมเต็มคำสั่งซื้อหลังการปรับปรุง

ลำดับคำสั่งซื้อ	วันที่รับคำสั่งซื้อ	วันที่จัดหาวัสดุได้	วันที่ลูกค้าได้รับสินค้า	รอบเวลาการเติมเต็มคำสั่งซื้อ
1	1/03/2564	1/03/2564	6/03/2564	5
...
22	29/04/2564	29/04/2564	30/04/2564	1
ค่าเฉลี่ยรอบเวลาการเติมเต็มคำสั่งซื้อ (วัน)				1.41

ประสิทธิภาพรอบเวลาในการเติมเต็มคำสั่งซื้อ $= \frac{31}{22} \times 100$ โดยผลที่ได้คือ 1.41 วัน

3.3 ประสิทธิภาพความสามารถในการปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้น/ลดลงของโซ่อุปทาน โดยพิจารณาจากจำนวนสั่งซื้อของแต่ละเดือนและความสามารถที่จัดส่งได้ มีข้อมูลดังนี้

- 1.เดือนมีนาคม 64 = 198 เทียวก สามารถจัดส่งได้ = 198 เทียวก
- 2.เดือนเมษายน 64 = 507 เทียวก สามารถจัดส่งได้ = 507 เทียวก

ประสิทธิภาพความสามารถในการปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้น/ลดลงของโซ่อุปทาน $= \frac{705}{705} \times 100$ ผลที่ได้คือ 100 เปอร์เซ็นต์

3.4 ประสิทธิภาพต้นทุนรวมทั้งหมดในโซ่อุปทาน โดยใช้ข้อมูลในการคำนวณดังนี้

- 1.ต้นทุนการวางแผน 56,000.00 บาท
- 2.ต้นทุนการจัดหา 15,900.00 บาท
- 3.ต้นทุนสินค้า 1,937,720.00 บาท
- 4.ต้นทุนการจัดส่ง 1,123,100.00 บาท
- 5.ต้นทุนเพื่อลดความเสี่ยง 92,309.00 บาท
- 6.รายได้รวม 4,607,681.82 บาท

ประสิทธิภาพต้นทุนรวมทั้งหมดในโซ่อุปทาน $= \frac{3,225,029}{4,607,681.82} \times 100$ ผลที่ได้คือ 69.99 เปอร์เซ็นต์

3.5 ประสิทธิภาพรอบเวลาของการแปลงเป็นเงินสด ใช้ข้อมูลในการคำนวณดังนี้

- 1.ยอดขายรวม 46,451.30 บาทต่อวัน
- 2.ต้นทุนรวม 52,869.33 บาทต่อวัน

3.ยอดซื้อรวม	75,535.77 บาทต่อวัน
4.สินค้าคงคลัง	0.00 บาทต่อวัน
5.ลูกหนี้	421,566.25 บาท
6.เจ้าหนี้	610,830.00 บาท

ประสิทธิภาพรอบเวลาของการแปลงเงินสด = $\frac{5.58 + 0.00 + 13.15}{3}$ ผลที่ได้คือ 6.24 วัน

3.6 ประสิทธิภาพอัตราผลตอบแทนจากทรัพย์สินถาวรของโซ่อุปทาน โดยใช้ข้อมูลในการคำนวณดังนี้

1.ยอดขายรวม	4,607,681.82 บาท
2.ต้นทุนรวม	3,242,727.00 บาท
3.ทรัพย์สินถาวรรวม	1,572,296.79 บาท

ประสิทธิภาพอัตราผลตอบแทนจากทรัพย์สินถาวรของโซ่อุปทาน = $\frac{4,607,681.82 - 3,242,727.00}{1,572,296.79} \times 100$

ผลที่ได้คือ 26.94 เปอร์เซ็นต์

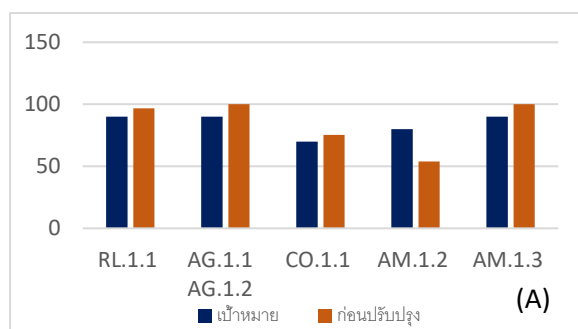
3.7 ประสิทธิภาพอัตราผลตอบแทนของเงินทุนหมุนเวียน โดยใช้ข้อมูลในการคำนวณดังนี้

1.ยอดขายรวม	4,607,681.82 บาท
2.ต้นทุนรวม	3,242,727.00 บาท
3.เงินสดหรือเงินลงทุน	1,000,000.00 บาท
4.ลูกหนี้	421,566.25 บาท
5.เจ้าหนี้	654,650.00 บาท

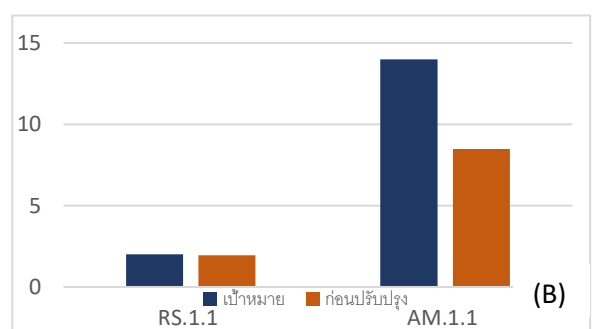
ประสิทธิภาพอัตราผลตอบแทนของเงินทุนหมุนเวียน = $\frac{4,607,681.82 - 3,242,727.00}{(1,000,000.00 + 421,566.25) - 654,650.00} \times 100$

ผลที่ได้จากการคำนวณคือ 177.98 เปอร์เซ็นต์

4.เปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนปรับปรุงและประสิทธิภาพหลังปรับปรุง



(A) มาตรฐานประสิทธิภาพที่มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์



(B) มาตรฐานประสิทธิภาพที่มีหน่วยเป็นวัน

ภาพที่ 1 เปรียบเทียบเป้าหมายของบริษัทกับผลการประเมินประสิทธิภาพก่อนปรับปรุง

จากภาพที่ 1 ผลจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนปรับปรุงและประสิทธิภาพหลังปรับปรุงคือ

1. ประสิทธิภาพมาตรการเติมเต็มคำสั่งซื้ออย่างสมบูรณ์ เพิ่มขึ้น 3.23%
2. ประสิทธิภาพมาตรการรอบเวลาในการเติมเต็มคำสั่งซื้อ เร็วขึ้น 0.54 วัน
3. ประสิทธิภาพมาตรการในการปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้น/ลดลงของโซ่อุปทาน 100%
4. ประสิทธิภาพมาตรการต้นทุนรวมทั้งหมดในโซ่ น้อยกว่า 5.34%
5. ประสิทธิภาพของบริษัทตัวอย่างด้านทรัพย์สิน
 - 5.1 ประสิทธิภาพมาตรการรอบเวลาของการแปลงเป็นเงินสด เร็วขึ้น 2.21 วัน
 - 5.2 ประสิทธิภาพมาตรการอัตราผลตอบแทนจากทรัพย์สินถาวรเพิ่มขึ้น 26.13%
 - 5.3 ประสิทธิภาพมาตรการอัตราผลตอบแทนเงินทุนหมุนเวียน เพิ่มขึ้น 77.98%

สรุปผลและเสนอแนะ

ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทาน เพื่อวัดประสิทธิภาพและเพิ่มประสิทธิภาพในโซ่อุปทานของบริษัทตัวอย่าง จากการประเมินประสิทธิภาพก่อนปรับปรุง ผลที่ได้คือ ประสิทธิภาพด้านความน่าเชื่อถือ 96.77 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพด้านการตอบสนอง 1.95 วัน ประสิทธิภาพด้านความยืดหยุ่น 100 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพด้านต้นทุน มาตรการต้นทุนรวมทั้งหมดในโซ่อุปทาน 75.33 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพด้านทรัพย์สิน มาตรการรอบเวลาของการแปลงเป็นเงินสด 8.49 วัน มาตรการอัตราผลตอบแทนจากทรัพย์สินถาวรของโซ่อุปทาน 53.87 เปอร์เซ็นต์และมาตรการอัตราผลตอบแทนของเงินทุนหมุนเวียน 100 เปอร์เซ็นต์ ผู้วิจัยได้เลือกการปฏิบัติงานตามแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพได้ทั้ง 5 คุณลักษณะ คือ BP.183 Integrated Business Planning (IBP) โดยมีการปฏิบัติงาน ดังนี้ 1.วางแผนการดำเนินงานในโซ่อุปทาน 2.จัดลำดับความสำคัญของความต้องการในโซ่อุปทานโดยรวม 3.จัดลำดับความสำคัญของทรัพยากรในโซ่อุปทาน 4.จัดการความต้องการสินค้าและทรัพยากรที่มีให้สอดคล้องกัน 5.สร้างระบบการสื่อสารในโซ่อุปทานที่ดี มาประยุกต์ใช้กับบริษัทตัวอย่าง เมื่อบริษัทตัวอย่าง นำการปฏิบัติงาน BP.183 Integrated Business Planning (IBP) มาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในห่วงโซ่อุปทาน ในช่วงเดือนมีนาคม 2564 - เดือนเมษายน 2564 จากการวัดประสิทธิภาพหลังปรับปรุง พบว่า ประสิทธิภาพด้านความน่าเชื่อถือ 100 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพด้านการตอบสนอง 1.41 วัน ประสิทธิภาพด้านความยืดหยุ่น 100 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพด้านต้นทุน มาตรการต้นทุนรวมทั้งหมดในโซ่อุปทาน 69.99 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพด้านทรัพย์สิน มาตรการรอบเวลาของการแปลงเป็นเงินสด 6.24 วัน มาตรการอัตราผลตอบแทนจากทรัพย์สินถาวรของโซ่อุปทาน 86.81 เปอร์เซ็นต์ มาตรการอัตราผลตอบแทนของเงินทุนหมุนเวียน 177.98 เปอร์เซ็นต์ การปฏิบัติงานตามแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทาน ทำให้คุณลักษณะทั้ง 5 ด้านของบริษัทตัวอย่าง มีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น

การประยุกต์ใช้แบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานในโซ่อุปทานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของบริษัทนั้น มีแนวทางการปฏิบัติงานที่หลากหลาย ควรพิจารณาเลือกตามแนวทางกลยุทธ์ของบริษัท และรูปแบบของบริษัท

เอกสารอ้างอิง

- กฤติกา จินาชาญ และคณะ. (2562). *ประสิทธิภาพการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์การเลี้ยงเป็ดไข่ในจังหวัดนครศรีธรรมราช*.
- ต้องใจ ศรีธนาผล. (2561). *การประยุกต์แบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานโซ่อุปทานเพื่อการลด ต้นทุน การผลิตกรณีศึกษาโรงงานผลิตผ้าดิษฐ์เบรค*.
- ธนาภรณ์ สมานทอง. (2561). *การจัดการโซ่อุปทานผ้าไหมทอมือในจังหวัดสุรินทร์เพื่อยกระดับให้เป็นสินค้า OTOP PREMIUM*.
- ธัญญา แก้วเกษ. (2554). *การประยุกต์ใช้แบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานโซ่อุปทานใน อุตสาหกรรมวัสดุ ก่อสร้าง*.
- พัชรินทร์ สุภาพันธ์. (2560). *การจัดการห่วงโซ่อุปทานด้วยตัวแบบ SCOR ของผักสดที่ผ่านมาตรฐานการรับรองตามการผลิตทางการเกษตรที่เหมาะสมในจังหวัดเชียงใหม่*.
- วัชรพจน์ ทรัพย์สงวนบุญ และคณะ. (2562). *แนวทางการประยุกต์ใช้กระบวนการซัพพลายเชนตามแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานซัพพลายเชน กรณีศึกษาบริษัทมหาชนแห่งหนึ่งในประเทศไทย*.
- อดิศักดิ์ ธีรานุกพัฒนา และคณะ. (2554). *การจัดลำดับความสำคัญของมาตรวัดและกระบวนการ หลักของโซ่อุปทาน โดยวิธีแบบจำลองกระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับขั้น*
- Apics. (2017). *Supply Chain Operations Reference Model Version 12.0*.
<http://www.apics.org/docs/default-source/scor-training/scor-v12-0-framework-introduction.pdf?sfvrsn=2>

การเพิ่มประสิทธิภาพระบบขนส่งสาธารณะและลดต้นทุนของการเกิดอุบัติเหตุ
กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 2 : องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ
IMPROVEMENT EFFICIENCY OF PUBLIC TRANSPORT SYSTEMS AND REDUCING THE COST OF
ACCIDENTS, CASE STUDY OF BUS AREA 2: BMTA

มนัส ครุฑชั่งทอง^{1*} วันชัย รัตนวงษ์²

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย¹

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย²

*Corresponding author: E-mail: Manud963mj@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอกรณีศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพระบบขนส่งสาธารณะและลดต้นทุนของการเกิดอุบัติเหตุ กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 2 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสาเหตุที่แท้จริงของการเกิดอุบัติเหตุ วิธีการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อสร้างความมั่นใจเรื่องความปลอดภัยในระบบขนส่งสาธารณะ โดยการใช้ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ (Casue & Effect Diagram) ที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาหนึ่งปัญหา และระบุสาเหตุย่อยที่ส่งผลกระทบให้เกิดปัญหาหลักของสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นพนักงานขับรถโดยสารสาธารณะของเขตการเดินรถที่ 2 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ และใช้ในการศึกษา คือ ข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุของพนักงานขับรถโดยสารสาธารณะ ของเขตการเดินรถที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึง เดือน ตุลาคม พ.ศ.2563 จำนวน 10 เดือน

จากผลการวิจัย การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพระบบขนส่งสาธารณะและลดต้นทุนของการเกิดอุบัติเหตุ กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบขนส่งสาธารณะและลดต้นทุนการเกิดอุบัติเหตุ ผู้วิจัยพบว่าสามารถลดการเกิดอุบัติเหตุได้ จากปี พ.ศ.2563 จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ 331 ครั้ง ในระยะเวลา 10 เดือน เฉลี่ย 33 ครั้งต่อเดือน และปี พ.ศ.2564 (ลดลง)จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ 41 ครั้ง ระยะเวลา 2 เดือนเท่านั้นหรือ เฉลี่ย 20.5 ครั้งต่อเดือน หรือลดลง คิดเป็น 37.88 % และพบว่า อุบัติเหตุส่วนใหญ่เกิดจาก“ความประมาท”ของ“คน”ที่อยู่ใน“ระดับ C”ความรุนแรงเล็กน้อยของจำนวน(ครั้ง)ของการเกิดอุบัติเหตุ

คำสำคัญ : องค์การ; เขตการเดินรถ; พนักงานขับรถ; รถโดยสารสาธารณะ; ระบบขนส่งสาธารณะ

Abstract

This paper presents a case study on improvement efficiency of public transport and reducing the cost of accidents case study in the bus operation zone 2 with the objectives; to find out the real cause of the accident, to find the way to prevent accidents to ensure safety of public transportation by using Fish Bone Diagram, to analyze of problems and causes (Cause & Effect Diagram) that affect one problem, and to identify the sub-causes that affect the main problem of accident causing. In the research, using the studies of the public bus drivers in the bus operation zone 2, Bangkok Mass Transit Authority and also, the number of the public bus drivers in the bus operation zone 2 accidents statistics for 10 months, from January 2020 to October 2020.

As the research results, the study of Improvement efficiency of Public Transport System and Reducing the Cost of Accidents Case Study in the bus operation zone 2, the researcher found that the number of accidents can be reduced. In 2020, there were 331 accidents in a 10-month period, an average was 33 accidents per month meanwhile in 2021, the number of accidents was decreased to 41 times in only 2 months, an average was 20.5 times per month. As a percentage of decreasing was 37.88%. Moreover, it found that most accidents were caused by the "negligence" of "people" in the "level C" minor severity of the number (incidents) of accidents.

Keywords: organization; operation zone; driver; public bus; public transport

บทนำ

กรุงเทพมหานครเป็นเมืองหลวงของประเทศไทยที่มีการเจริญรุ่งเรืองอย่างรวดเร็วและเจริญเติบโตอย่างไม่หยุดยั้ง ไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจด้านการอุตสาหกรรมท่องเที่ยวและคมนาคม จึงทำให้กรุงเทพมหานครเป็นเมืองที่หนาแน่นทั้งด้านประชากร เพราะคนไทยส่วนใหญ่อพยพเข้าเพื่อประกอบอาชีพเลี้ยงครอบครัว ดังนั้น ด้านการคมนาคม การจราจรที่หนาแน่นต่อการสัญจรไปมา ระบบขนส่งสาธารณะ รถโดยสารสาธารณะ จึงมีบทบาทในการดูแลให้บริการประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 5 จังหวัด องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ จึงมีการขยายกิจการ จำนวนรถโดยสารอย่างรวดเร็วจำนวนเยอะขึ้นเพื่อรองรับให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บริการ จำนวนรถในการให้บริการต่อวัน ต่อเที่ยวรถ ทุกสายในกรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑลให้ครอบคลุมปัจจุบัน ที่รองรับบริการประชาชน จำนวน 2,708 คัน โดยประมาณ ที่ไว้รองรับการให้บริการ แต่ถ้ามองถึงรายได้ที่ได้รับจากบริการ แนนอนที่สำคัญเมื่อมีจำนวนรถมาก ย่อมมีค่าใช้จ่ายตามมาเรื่องของต้นทุน(Cost) ตามมา เช่น ค่าเงินเดือนพนักงาน ค่าเชื้อเพลิง ค่าซ่อมบำรุง รวมถึงค่าประกันอุบัติเหตุของรถแต่ละคัน ซึ่งถือเป็นจำนวนมาก ต่อค่าใช้จ่ายต่อคัน โดยเพราะค่าใช้จ่ายในการเกิดอุบัติเหตุเกิดขึ้นจำนวนมาก และรายจ่ายที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนรถก็มากขึ้น อย่างเช่น จำนวน

รถขององค์การที่มีอยู่จำนวน 2,708 คัน ค่าเบี้ยประกันภัยที่ องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ที่ต้องจ่ายถึงราคา 48,148,754 บาทต่อปี ในปี พ.ศ.2563 ที่ลงนามคู่สัญญากับบริษัท เมืองไทยประกันภัย จำกัด มหาชน ซึ่งถือเป็นรายจ่ายที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับรายได้ที่ได้รับ และสิ่งที่ตามมาคือ อุบัติเหตุแต่ละครั้งย่อมเกิดความเสียหายตามมา ยกตัวอย่าง ปีงบประมาณ พ.ศ.2559 สถิติการเกิดอุบัติเหตุในองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ เกิดขึ้น 1,796 ครั้ง ต่อมา ปีงบประมาณ พ.ศ.2560 อุบัติเหตุเกิดขึ้นจริง 1,949 ครั้ง ปีงบประมาณ พ.ศ.2561 อุบัติเหตุเกิดขึ้นจริง 2,020 ครั้ง ปีงบประมาณ พ.ศ.2562 อุบัติเหตุเกิดขึ้นจริง 1,893 ครั้ง และปีงบประมาณ พ.ศ.2563 อุบัติเหตุที่เกิดขึ้น(ทั้งนี้ยังไม่รวมอุบัติเหตุที่กำลังเกิดขึ้นและยังไม่เกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายน และเดือนธันวาคม พ.ศ.2563)อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นแล้ว 1,910 ครั้ง จากข้อมูลเบื้องต้นทำให้เห็นว่าการเกิดอุบัติเหตุในองค์กร ถือว่าค่อนข้างสูง

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทำให้ผู้ศึกษามีความสนใจในการศึกษา การเพิ่มประสิทธิภาพระบบขนส่งสาธารณะและลดต้นทุนของการเกิดอุบัติเหตุ กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 2 ที่เป็นปัจจัยสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุที่แท้จริงของการเกิด เพราะการเกิดอุบัติเหตุแต่ละครั้งที่เกิดขึ้นหลายๆ ลักษณะ แต่ลักษณะก็แตกต่างกันออกไป รวมถึงเรื่องของเวลาการเกิดเหตุ และจำนวนรถโดยสารสาธารณะที่เกิดอุบัติเหตุและค่าเสียหายประเมิน(ความเสียหายที่เกิดขึ้นกรณีฝ่ายผิด + รอพิจารณา ไม่รวมกรณีฝ่ายถูก) ขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ เขตการเดินรถที่ 1-8 ปีงบประมาณ 2561 เป็นจำนวนเงิน 23,849,920 บาท ปีงบประมาณ 2562 เป็นจำนวนเงิน 28,360,981 บาท และปีงบประมาณ 2563 เป็นจำนวนเงิน 38,262,120 บาท ทั้งนี้คือความเสียหายที่เกิดขึ้นอันไม่พึงประสงค์รวมทั้งยังไม่รวมความเสียหายที่เกิดขึ้นในทางอ้อมเช่น การขาดดุลยภาพ ขาดค่าเสียโอกาสในการหารายได้ รวมถึงภาพลักษณ์ที่ไม่ควรเกิดแก่องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ

จากข้อมูลดังกล่าวมานั้น จึงทำให้ผู้ศึกษาสนใจที่จะศึกษาหาสาเหตุที่แท้จริงของการเกิดอุบัติเหตุแต่ละ สาเหตุที่แท้จริงเกิดจากสาเหตุจากการปฏิบัติงานที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe Act) เป็นการกระทำที่ไม่ปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน(คน)ในขณะที่ทำงาน หรือซึ่งอาจจะก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้สภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe Condition) คือสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัยโดยรอบตัวของผู้ปฏิบัติงานขณะทำงาน ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุได้ หากไม่มีการสร้างคู่มือเครื่องมือแฉะแนวหรือแนวทางการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุอย่างแท้จริง เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพระบบขนส่งสาธารณะ ควบคุม ให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุดทั้ง คน และ เครื่องจักร(รถโดยสารสาธารณะ)ทั้งเรื่องของต้นทุน ลดต้นทุนของการเกิดอุบัติเหตุ โดยการสร้างขั้นตอนการทำงาน ของพนักงานให้ยึดถือปฏิบัติและออกแบบคู่มือเส้นทางการเดินรถขั้นตอนการตรวจเช็คครรถต่างๆให้เป็นไปตามแผนปฏิบัติงาน

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อศึกษาหาสาเหตุที่แท้จริงของการเกิดอุบัติเหตุ กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 2 ว่าสาเหตุที่แท้จริงเกิดจากสาเหตุจากการปฏิบัติงานที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe Act) เป็นการกระทำที่ไม่ปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน(คน)ในขณะที่ทำงาน หรือซึ่งอาจจะก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้สภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe Condition) คือสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัยโดยรอบตัวของผู้ปฏิบัติงานขณะทำงาน

2. เพื่อศึกษาหาวิธีการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 2 วิเคราะห์เป็นเครื่องมือวิเคราะห์หาสาเหตุทฤษฎีเก้าปลา 4M (man, machine, method, material)

3. เพื่อศึกษาให้เกิดความมั่นใจเรื่องความปลอดภัยในการบริการระบบขนส่งสาธารณะ กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 2 สร้างขั้นตอนการปฏิบัติงานและคู่มือต่างๆให้สอดคล้องครอบคลุมลดปัญหาความเสี่ยงระหว่างทางและลดอุบัติเหตุให้ลดน้อยลงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพแก่องค์กร

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีการเกิดอุบัติเหตุจากหลายสาเหตุ(Multiple Causation Theory) ใน ค.ศ.1971 แดนนีเตอร์เซนได้เสนอแนวคิดที่อุบัติเหตุแต่ละครั้งไม่ได้มีสาเหตุมาจากสาเหตุเดียวแต่เกิดจากสาเหตุร่วมกัน เมื่อสืบค้นลงไปจะพบว่าอุบัติเหตุมีผลมาจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัยและขาดประสิทธิภาพของระบบการบริหารจัดการด้านความปลอดภัย ทฤษฎีนี้จะเห็นว่าถ้ามีระบบการบริหารจัดการที่ดีโอกาสเกิดอุบัติเหตุ ก็จะลดลงหรือไม่เกิดขึ้นเลย ถ้าเกิดขึ้นก็จะลดความสูญเสียให้เกิดขึ้นน้อยลง จึงใช้เก้าปลา ผังเก้าปลา (Fish Bone Diagram) โดยมุ่งเน้นวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ (Casuse & Effect Diagram) เป็นแสดงสมมติฐานของความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบระหว่างสาเหตุหลายๆสาเหตุที่ส่งผลต่อปัญหาหนึ่งปัญหา และระบุสาเหตุย่อยที่เป็นไปได้ที่ส่งผลกระทบต่อให้เกิดปัญหาหลักได้อย่างเป็นระบบและเป็นเหตุเป็นผล (พัชรา กาญจนารัตน์,2533:7) ได้ให้ความหมายของอุบัติเหตุว่า เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยมิได้ตั้งใจและเหตุการณ์นั้นต้องทำให้บุคคลถึงแก่ความตาย บาดเจ็บ หรือทรัพย์สินเสียหาย (จเรย์ พูลผล ,2558) ความปลอดภัยในการให้บริการรถตู้โดยสารระหว่างเมืองในภาคใต้ถูกดัดแปลงเพื่อใช้งานบริการขนส่งแต่ยังขาดระบบที่มีประสิทธิผลสำหรับจัดการความปลอดภัย และไม่มีประเมินความพร้อมของผู้ขับขี่และรถตู้โดยสารก่อนการออกให้บริการและคนขับส่วนใหญ่ขับรถเร็วเกินกว่าอัตราที่กฎหมายกำหนด อุปกรณ์ส่วนควบคุมไม่มีความแข็งแรงไม่ถูกต้อง การตรวจสภาพรถ พบว่า มีการเสริมเบาะที่นั่งเพื่อบรรทุกผู้โดยสารให้มากขึ้นกว่าที่กำหนด(14-15ที่นั่ง) ร้อยละ 67.23 และไม่จัดให้เข็มขัดนิรภัยร้อยละ 72.97 จึงมีข้อเสนอแนะแนวทางเพื่อยกระดับมาตรฐานของผู้ขับขี่และยานพาหนะตลอดจนระบบการจัดการความปลอดภัยในการให้บริการรถตู้โดยสารให้มีความปลอดภัยมากขึ้น (วันชัย บัวกิตติ,2550) ความพึงพอใจต่อการบริการรถโดยสารประจำทางปรับอากาศในด้านความเป็นรูปธรรมของกองสารบริการ ด้านความเชื่อมั่นไว้วางใจ ควรรักษาระดับการให้บริการไว้และปรับปรุงสภาพรถโดยสารทั้งภายในและภายนอกให้สะอาดความปลอดภัยของรถ การรักษาสิ่งแวดล้อม ควันดำ มลพิษและการให้ความช่วยเหลือและการให้ความสะดวกรวดเร็วแก่ผู้ใช้บริการและการมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีต่อผู้ใช้บริการซึ่งสำคัญต่องานบริการ (วีรยา อุตยารัตน์ , 2556) ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถตู้โดยสารประจำทางสายภาคตะวันออก พบว่าด้านราคาและด้านสะดวกสบายมีความพึงพอใจในระดับมาก ด้านสภาพรถ ด้านบริการ ด้านบุคลากร ด้านการส่งเสริมการตลาดมีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

จากงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องข้างต้นนั้น สาเหตุหรือปัจจัยต่างๆ อาจเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับบริบทของปัญหา ผู้วิจัยจึงใช้กำหนด 4M(Man,Machine,Method,Material) ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริง

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

วิธีการดำเนินวิจัย

การวิจัยเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพระบบขนส่งสาธารณะและลดต้นทุนของการเกิดอุบัติเหตุ กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 2 เป็นการวิจัยแบบเชิงคุณภาพ โดยใช้การเก็บสถิติข้อมูลของการเกิดอุบัติเหตุของเขตการเดินรถที่ 2 แผนกอุบัติเหตุ ในการทำวิจัย อีกทั้งมีการทดสอบสมมติฐานการวิจัย

การกำหนดประชากรเป้าหมายและหน่วยวิเคราะห์

ประชากรตัวอย่างเป้าหมายสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) คือพนักงานขับรถโดยสารสาธารณะ ที่อยู่ในเขตการเดินรถที่ 2 เท่านั้น

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างในเขตการเดินรถที่ 2 (สวนสยาม) ทั้งหมด 3 กลุ่มปฏิบัติการงานเดินรถ และแหล่งข้อมูลงานอุบัติเหตุ 2

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

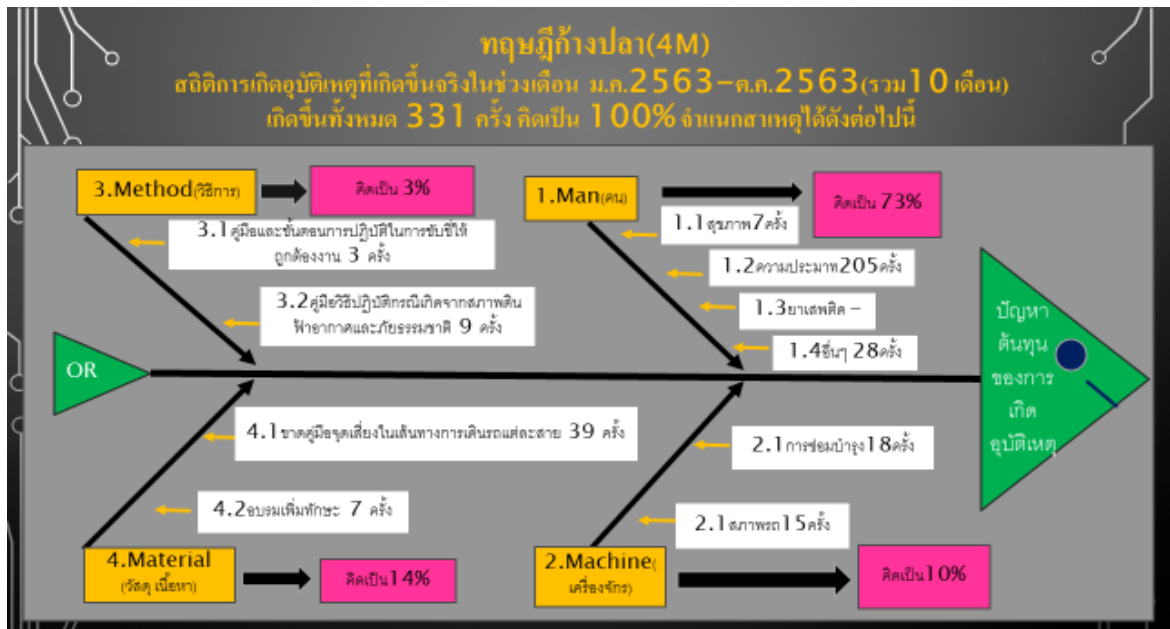
จากการวิจัย ผู้ที่ทำวิจัยใช้การเก็บข้อมูลวิเคราะห์เป็นเครื่องมือวิเคราะห์สาเหตุทฤษฎี 4 M (man, machine, method, material) ในการวิจัยเพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัยและการเพิ่มประสิทธิภาพระบบขนส่งสาธารณะและลดต้นทุนของการเกิดอุบัติเหตุ กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 2 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จากการศึกษาค้นคว้า จากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และเว็บไซต์ www.google.com นำมาดัดแปลง ผสมผสาน ปรับปรุง รวมกันเพิ่มเติมให้สอดคล้องกับงานวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยในครั้งนี้ เป็นกลุ่มประชากรเจาะจงที่นับได้ ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลจาก สำนักงานใหญ่ องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ งานเขตการเดินรถที่ 2 (สวนสยาม) และแผนกอุบัติเหตุ 2

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการศึกษาปัญหาของการเพิ่มประสิทธิภาพระบบขนส่งสาธารณะและลดต้นทุนของการเกิดอุบัติเหตุ กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 2 เพื่อเก็บข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมดของปี พ.ศ. 2563 เพื่อทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ ในแต่กรณีการเกิดอุบัติเหตุแบ่งออก 2 กรณี คือ 1. สาเหตุจากการปฏิบัติงานที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe Action) เป็นการกระทำที่ไม่ปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน(คน)ในขณะที่ทำงานซึ่งอาจจะก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ 2. สภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe Condition) คือสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัยโดยรอบตัวของ ผู้ปฏิบัติงานขณะทำงาน ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุได้ ผลวิจัยพบว่า สาเหตุหลักและมีสาเหตุย่อยรอง มาเพื่อให้สอดคล้องกับปัญหาอุบัติเหตุดัง ภาพที่ 1



ภาพที่ 1 จำแนกสาเหตุของ 4M

ผลการวิเคราะห์สาเหตุที่มีส่วนในการเกิดอุบัติเหตุของระบบขนส่งสาธารณะและลดต้นทุนของการเกิดอุบัติเหตุ กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงค่าความถี่และร้อยละ จำแนกตามสาเหตุหลักในการเกิดอุบัติเหตุของ 4M

สาเหตุ	ความถี่ (ครั้ง)	ร้อยละ
Man	241	72.81
Material	46	13.90
Machine	33	9.97
Method	11	3.32
รวม	331	100.00%

จากตารางที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า สาเหตุหลักในการเกิดอุบัติเหตุส่วนใหญ่จะเป็น Man การเกิดอุบัติเหตุ มีจำนวน 241 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 72.81 อันดับที่ 2 Material การเกิดอุบัติเหตุ มีจำนวน 46 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 13.90 รองลงมา Machine การเกิดอุบัติเหตุ มีจำนวน 33 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 9.97 และลำดับสุดท้าย Method การเกิดอุบัติเหตุ มีจำนวน 11 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 3.32

ตารางที่ 2 ตารางแสดงค่าความถี่และร้อยละจำแนกตามสาเหตุสำคัญที่เกิดแท้จริงว่าการเกิดอุบัติเหตุใน 2 กรณี

สาเหตุที่เกิด	4M	ความถี่(ครั้ง)	ร้อยละ
Unsafe Action(คน)	Man	241	72.81
Unsafe Condition (สภาพแวดล้อม)	Material Machine Method	90	27.19
รวม	-	331	100.00%

จากตารางที่ 2 ผลการศึกษาพบว่า สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ ส่วนใหญ่เป็น Unsafe Action (คน)มากกว่า Unsafe Condition(สภาพแวดล้อม) คือ กลุ่มสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุข้อมูลที่เป็น Unsafe Action(คน) มีจำนวน 241 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 72.81 และกลุ่มสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุที่เป็น Unsafe Condition(สภาพแวดล้อม) มีจำนวน 90 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 27.19

ตารางที่ 3 จำนวนมูลค่าความเสียหายของแต่ละระดับความรุนแรงอุบัติเหตุ

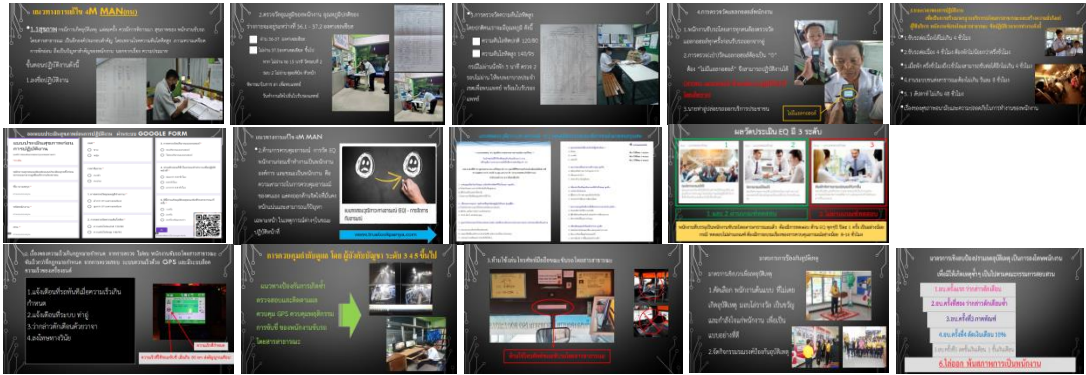
ระดับความรุนแรง	ราคาความเสียหาย ของระดับความรุนแรง	อุบัติเหตุจำนวนครั้ง	ร้อยละ
A	1,000,000	6	40.22
B	568,000	19	22.85
C	918,184	306	36.93
รวม	2,486,184	331	100.00%

จากตารางที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า ระดับความรุนแรงที่สะท้อนในรูปแบบตัวเงินที่ต้องจ่ายออกไปกับค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นจริงจากอุบัติเหตุ ราคา 2,486,184 บาท ส่วนใหญ่จะอยู่ในเป็น ระดับ A ความรุนแรงมาก มีราคาจำนวนเงิน 1,000,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 40.22 รองลงมา ระดับ C ความรุนแรงเล็กน้อย มีราคาเงิน 918,184 บาท คิดเป็นร้อยละ 36.93 และน้อยที่สุด ระดับ B มีราคาจำนวน 568,000บาท คิดเป็นร้อยละ 22.85

การแก้ไขปัญหา

1.Man การเกิดอุบัติเหตุแต่ละครั้งมีหลายองค์ประกอบในการเกิดเหตุ โดยเฉพาะ ด้านสุขภาพ จึงมีขั้นตอนปฏิบัติดังนี้ 1.1 ลงชื่อปฏิบัติงาน วัตถุประสงค์ ทราบวัดความดัน ตรวจวัดแอลกอฮอล์ กำหนดเวลาการทำงานตามกฎหมายแรงงานกำหนด ประเมินเบื้องต้น 1.2 นอกจากมีการทดสอบวัด EQ การควบคุมทางอารมณ์เพื่อคัดเลือกพนักงานที่มีคุณภาพก่อนเข้าทำงาน 1.3 ควบคุมความเร็วด้วยระบบGPS แจ้งเตือน ควบคุมกำกับดูแล ดูกำลังปิด

ปิดป้ายเตือนห้ามขณะขับที่ 1.4 การจัดโครงการรณรงค์อุบัติเหตุ เพื่อลดอุบัติเหตุมาตรการเชิงบวก รวมถึง 1.5 มาตรการเชิงลบ ตามคณะกรรมการสอบสวนลงโทษต่อไป เพื่อมิให้เกิดเหตุซ้ำ ดังแสดงในภาพที่ 2



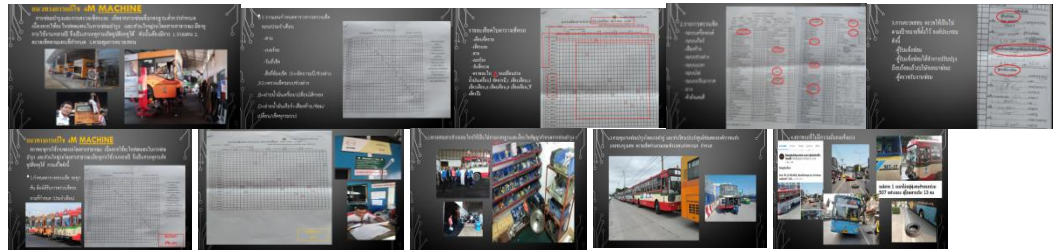
ภาพที่ 2 ขั้นตอนการแก้ไขของ Man

2. Material ออกแบบคู่มือการเดินรถแต่ละเส้นทาง ประกอบด้วย 2.1 สายการเดินรถ 2.2 รายละเอียดเส้นทางบอกชื่อถนนต่างๆ 2.3 เส้นแผนที่ map 2.4 บริเวณจุดเสี่ยง (Risk point) 2.5 สาเหตุของจุดเสี่ยง(งานก่อสร้าง เขตชุมชน วงเวียน เป็นต้น) 2.6 ภาพประกอบ 2.7 ภาพจุดเสี่ยง และจัดกิจกรรมฝึกอบรมพนักงานอย่างน้อยปีละ 1-2 ครั้ง เพื่อลดอุบัติเหตุ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการแก้ไขของ Material

3. Machine การซ่อมบำรุงและการตรวจเช็คระยะ เกิดจากการซ่อมที่มาตรฐานต่ำกว่ากำหนดเนื่องจากใช้อะไหล่ทดแทนในการซ่อมบำรุง และส่วนใหญ่รถโดยสารสาธารณะมีอายุการใช้งานหลายปี จึงเป็นสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุได้ ดังนั้นต้องมี 1.วางแผน 2.ตรวจเช็คตามแผนที่กำหนด 3.ควบคุมการตรวจสอบ ดังแสดงในแผนภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการแก้ไขของ Machine

4. Method กำหนดคู่มือการเช็คข้อมูลรถเบื้องต้นก่อนนำรถออกให้บริการรับ-ส่งประชาชน เพื่อเตรียมความพร้อม ลดการเกิดอุบัติเหตุ ดังแสดงในแผนภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการแก้ไขของ Method

จากผลการศึกษาวิจัยปรับปรุงแก้ไข การเพิ่มประสิทธิภาพระบบขนส่งสาธารณะและลดต้นทุนของการเกิดอุบัติเหตุ กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 2 การเกิดอุบัติเหตุ ผู้วิจัยตั้งเป้าหมายการการเกิดอุบัติเหตุต้องลดลงจากเดิม เพื่อเป็นการลดต้นทุนความสูญเสียขององค์กรทั้งทางตรงและทางอ้อม การศึกษาเก็บข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุในระยะเวลา 10 เดือน (มกราคม-ตุลาคม พ.ศ.2563) การเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น 331 การเกิดอุบัติเหตุ 331 ครั้ง เฉลี่ยต่อ 1 เดือน 33.1 ครั้งโดยประมาณ จำนวนเฉลี่ยการเกิดอุบัติเหตุฝ่ายผิดของปี พ.ศ.2564 อัตราเฉลี่ย 17 ครั้งต่อเดือน ผลลัพธ์การแก้ไขอุบัติเหตุที่เกิดประสิทธิภาพขึ้น คิดเป็น 48.64% ดังแสดงในแผนภาพที่ 6

ลำดับ	สาเหตุ	ปัญหา	ความถี่	ร้อยละ	จำนวนอุบัติเหตุ		ผลต่าง 2563-2564	ประสิทธิภาพ
					(เฉลี่ยต่อเดือน) 2563	(เฉลี่ยต่อเดือน) 2564		
1.	Man	-สุขภาพ	241	72.81	0.7	0.5	0.2	28.57%
		-ความประมาท			20.6	15	5.6	27.18%
		-ยาเสพติด			0	0	0	100%
		-อื่นๆ			2.8	1	1.8	64.28%
2.	Material	-การฝึกอบรมทักษะ	46	13.90	0.7	0	0.7	100%
		-ขาดคู่มือเส้นทางเดินรถ			3.9	0	3.9	100%
3.	Machine	-การซ่อมบำรุง	33	9.97	1.8	0	1.8	100%
		-สภาพรถ			1.5	0.5	1	66.67%
4.	Method	-คู่มือปฏิบัติงาน	11	3.32	0.2	0	0.2	100%
		-คู่มือสภาพแวดล้อม			0.9	0	0.9	100%
รวม			331	100%	33.1	17	16.1	48.64%

ภาพที่ 6 ผลลัพธ์การแก้ไขอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นปี พ.ศ.2563 เปรียบเทียบกับ ปี พ.ศ.2564

สรุปผลและเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

การเพิ่มประสิทธิภาพระบบขนส่งสาธารณะและลดต้นทุนของการเกิดอุบัติเหตุ กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 2 ข้อมูลด้าน 4 M ในการศึกษาข้อมูลเกี่ยวสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจะเห็นได้ว่า

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบการเกิดอุบัติเหตุ ปี พ.ศ.2563 กับ ปี พ.ศ.2564

ลำดับ	สาเหตุ	จำนวนอุบัติเหตุ		ผลต่าง 2563-2564	ประสิทธิภาพ 2563-2564 x100
		เฉลี่ยต่อเดือน 2563	เฉลี่ยต่อเดือน 2564		
1	Man	24.1	16.5	7.6	31.54%
2	Material	4.6	0	4.6	100%
3	Machine	3.3	0.5	2.8	85.85%
4	Method	1.1	0	1.1	100%
รวม		33.1	17	16.1	48.64

จากตารางที่ 4 ผลการศึกษาพบว่า ดังนี้

- 1.อุบัติเหตุส่วนใหญ่ร้อยละ 72.81% (241 ครั้ง จาก 331 ครั้ง) สาเหตุที่เกิดจาก Man ปี พ.ศ.2563 จำนวน 24.1 ครั้งต่อเดือน ปี พ.ศ.2564 อุบัติเหตุลดลง เกิดขึ้น 16.5 ครั้งต่อเดือน ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นคิดเป็น 31.54%

2. รองลงมาเกิดจาก Material 13.90% (46 ครั้ง จาก 331 ครั้ง) สาเหตุที่เกิดจาก Material ปี พ.ศ.2563 จำนวน 4.6 ครั้งต่อเดือน ปี พ.ศ.2564 อุบัติเหตุลดลงเป็น 0 ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นคิดเป็น 100%

3. Machine 9.97% (33 ครั้ง จาก 331 ครั้ง) อุบัติเหตุเกิดจาก Machine ปี พ.ศ.2563 จำนวน 3.3 ครั้งต่อเดือน ปี พ.ศ.2564 อุบัติเหตุลดลง เกิดขึ้น 0.5 ครั้งต่อเดือน ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นคิดเป็น 85.85%

4. สุดท้ายที่เกิดอุบัติเหตุน้อยที่สุดคือ Method 3.32% (11 ครั้ง จาก 331 ครั้ง) อุบัติเหตุเกิด ปี พ.ศ.2563 จำนวน 1.1 ครั้งต่อเดือน ปี พ.ศ.2564 อุบัติเหตุลดลงเป็น 0 ครั้งต่อเดือน ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นคิดเป็น 100%

ตารางที่ 5 ตารางเปรียบเทียบสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ ปี พ.ศ.2563 กับ ปี พ.ศ.2564

สาเหตุที่เกิด	4M	จำนวนอุบัติเหตุ		ผลต่าง	ประสิทธิภาพ
		เฉลี่ยต่อเดือน 2563	เฉลี่ยต่อเดือน 2563		
Unsafe Action(คน)	Man	24.1	16.5	7.6	31.54%
Unsafe Condition (สภาพแวดล้อม)	Material Machine Method	9	0.5	8.5	94.44%
รวม		33.1	17	16.1	48.64

จากตารางที่ 5 ผลการศึกษาพบว่า สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุที่แท้จริง ดังนี้

1. การเกิดอุบัติเหตุ ส่วนใหญ่เป็น Unsafe Act(คน) มีจำนวน 241 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 72.81 ปี พ.ศ.2563 เฉลี่ยต่อเดือน 24.1 ครั้ง ปี พ.ศ.2564 อุบัติเหตุลดลง 16.5 ครั้งต่อเดือน ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นคิดเป็น 31.54%

2. Unsafe Condition(สภาพแวดล้อม) มีจำนวน 90 ครั้ง คิดเป็น 27.19 พ.ศ.2563 เฉลี่ยต่อเดือน 9 ครั้ง ปี พ.ศ.2564 อุบัติเหตุลดลง 0.5 ครั้งต่อเดือน ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นคิดเป็น 94.44%

3. ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ 3 ระดับ ของราคาค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นการเกิดอุบัติเหตุ ส่วนใหญ่จะอยู่ในเป็น ระดับ A ความรุนแรงมาก มีราคาจำนวนเงิน 1,000,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 40.22 รองลงมา ระดับ C ความรุนแรงเล็กน้อย มีราคาเงิน 918,184 บาท คิดเป็นร้อยละ 36.93 และน้อยที่สุด คือ ระดับ B มีราคาจำนวน 568,000บาท คิดเป็นร้อยละ 22.85

4. ข้อมูลเกี่ยวกับราคาค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นกับราคาทุนประกันความเสียหายเบี้ยประกันภัยรถโดยสารสาธารณะ จำนวนเงิน 6,898,713 บาท มีจำนวนรถทั้งหมดจำนวน 388 คัน ตกเฉลี่ยราคาค่าประกันต่อคัน 17,780 บาท ต้นทุนประกันความเสียหายที่เกิดจากอุบัติเหตุขึ้นจริง(2,986,184 / จำนวนรถ 388 คัน) ต่อคัน 7,696.35 บาท ค่า Operation+Profit (1.45) ที่เกิดขึ้น 11,159 บาท ต่อคันรวม 4,329,692 บาท ผลต่างต่อคัน 6,621 บาท ผลต่างรวมต่อคัน จำนวนทั้งหมด 388x6,621 = 2,568,948.- ความเสียหายที่เกิดขึ้นการเกิดอุบัติเหตุของเขตการเดินรถที่ 2

จำนวนเงิน 4,329,692 บาท คิดเป็น ร้อยละ(%) เท่ากับ 62.76 ของ ราคาค่าเบี่ยประกันภัยของเขตการเดินรถที่ 2 ที่มีจำนวนเงิน 6,898,713 บาท คิดเป็น ร้อยละ(%) เท่ากับ 100.00 จะเห็นได้ว่าจำนวนการเกิดอุบัติเหตุของรถโดยสารสาธารณะ ลดลงในปี พ.ศ.2564 (จากการเก็บข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้ ปี พ.ศ.2563 จำนวนอุบัติเหตุเกิดขึ้น 33 ครั้งต่อเดือน และปี พ.ศ.2564 จำนวนอุบัติเหตุลดลงเหลือ 17 ครั้งต่อเดือนฝ่ายผิด) อาจมีผลมาจากภาวะวิกฤตโรคติดต่อที่เกิดจากไวรัสโคโรนา โรคโควิด19 ส่งผลให้มีการใช้บริการของผู้โดยสารลดลงจำนวนมาก

ข้อเสนอแนะ

จากการเก็บข้อมูลวิเคราะห์การเกิดอุบัติเหตุ ใช้หลักการเหตุและผล ทฤษฎีกำงปลา ทำให้เห็นชัดเจนว่าสาเหตุสำคัญที่แท้จริงการเกิดอุบัติเหตุแบ่งออก 2 กรณี คืออะไร

1.สาเหตุจากการปฏิบัติงานที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe Action) เป็นการกระทำที่ไม่ปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน (คน)ในขณะที่ทำงาน ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ คือ “ความประมาท” ที่เกิดจาก Man คน พนักงานขับรถโดยสารสาธารณะจึงควรมีการจัดฝึกอบรมพนักงานขับรถโดยสารสาธารณะ อย่างต่อเนื่อง อย่างน้อย 1-2 ครั้งต่อปีควรจัดการทดสอบอบรมให้เรื่องของความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกฎจราจรทางบก พระราชบัญญัติการจราจรทางบก ทดสอบด้านจิตวิทยา การควบคุมอารมณ์ของพนักงานขับรถโดยสารสาธารณะที่ในสภาวะความตึงเครียดกรณีรถติดนานๆบนท้องถนน เป็นต้น

2.สภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัย(Unsafe Condition) คือสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัยโดยรอบตัวของผู้ปฏิบัติงานขณะทำงาน(รถ) ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุได้ คือ “การขาดคู่มือเส้นทางการเดินรถแต่ละสาย” ที่เกิดจาก Material จึงควรมีคู่มือเส้นทางการเดินรถแต่ละเส้นทาง ทุกเส้นทาง รายละเอียดต่างๆ บอกจุดเสี่ยงที่อันอาจเกิดอุบัติเหตุ ที่ควรระมัดระวังเป็นพิเศษ เพื่อลดการเกิดป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ

3.ราคาทุนประกัน(Cost ต้นทุน) ในปีถัดไป ควรมีการนำข้อมูลที่ได้จากการทำงานวิจัยและผลกระทบจากภาวะวิกฤตโรคติดต่อที่เกิดจากไวรัสโคโรนา โรคโควิด19 ส่งผลให้มีการใช้บริการของผู้โดยสารลดลงจำนวนมาก จึงต้องมีการปรับเปลี่ยนอัตราค่าจ้างการเดินรถออกให้บริการประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลปรับลดลงให้เหมาะสมจากปกติ 100% ลดกำลังเดินรถ เหลือเพียง 70% ไปพิจารณาต่อลงในการทำประกันภัยให้มีราคาที่ลดลงจากเดิมการวิเคราะห์ค่าเบี่ยประกันในปีถัดไป ราคาเบี่ยของปี พ.ศ.2563 ราคา 6.9 ล้านบาท หัก (ความเสียหายที่เกิดขึ้น 2,986,184 บาท ค่า Operation+Profit (1.45) ที่เกิดขึ้น 11,159 บาท ต่อคันรวม 388 คัน 4,329,692 บาท โดยประมาณ) ราคา 4.3 ล้านบาท = 2.6 ล้านบาท ค่าเบี่ยประกันในปีถัดไป(ปี พ.ศ.2564) ราคาที่ควรจะต่ำกว่า ปี พ.ศ.2563 นำข้อมูลการวิจัยนี้ไปเจรจาต่อลงกับบริษัทประกันภัยเพื่อจ่ายราคาประกันภัยราคา 4.3 ล้านบาท ของเขตการเดินรถที่ 2 ของราคาประกันภัยในปีถัดไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมขนส่งทางบก. (2563). *ข่าวสารกรมขนส่งทางบก*. วันที่ค้นหาข้อมูล 10 พฤศจิกายน 2563, เข้าถึงข้อมูลได้จาก <http://www.dlt.go.th>
- จเรย์ พูลผล. (2558). *การศึกษาความปลอดภัยในการให้บริการรถตู้โดยสารระหว่างเมืองในภาคใต้*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- วันชัย บัวกิตติ. (2550). *ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางปรับอากาศขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- วีรยา อุทยานรัตน์. (2556). *การวิเคราะห์ความปลอดภัยรถตู้โดยสารสาธารณะ*, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา
- สมาคมส่งเสริมความปลอดภัย. (2563). *ความหมายของงานอาชีพอนามัยและความปลอดภัย*. วันที่ค้นหาข้อมูล 1 พฤศจิกายน 2563, เข้าถึงข้อมูลได้จาก www.shawpat.or.th

**การพัฒนากลยุทธ์ในการบริหารจัดการระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด
ขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.)**
Developing strategies for managing cashless fare payment systems
of the Bangkok Mass Transit Authority (BMTA)

วิชาญ เทวพิทักษ์^{1*} วรินทร์ วงษ์มณี²

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย¹

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย²

*Corresponding author: E-mail: wichan2513@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนากลยุทธ์ในการบริหารจัดการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) เพื่อศึกษาปัญหา-อุปสรรคของการใช้ระบบและสร้างกลยุทธ์ สำหรับการบริหารจัดการ ให้ผู้ใช้บริการเกิดความพึงพอใจมาใช้บริการเพิ่มมากขึ้น ส่งผลต่อดัชนีต้นทุนค่าบริหารจัดการตัวม้วนลดลง โดยศึกษาตามกรอบแนวคิด 3 ขั้นตอน ดังนี้ (1)เก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากแบบสอบถามและการสัมภาษณ์เชิงลึกถึงพฤติกรรมความร่วมมือและการใช้บริการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (2)วิเคราะห์ ปัญหา-อุปสรรค และนำมาวิเคราะห์ SWOT, Model Canvas, PESTEL, 7P และTOWS Matrix เพื่อพัฒนากลยุทธ์(3)สร้างกลยุทธ์ในการบริหารจัดการทุกระดับเพื่อให้มีจำนวนผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นและลดต้นทุนในการบริหารจัดการตัวม้วน

ผลการศึกษาพบว่า จากการวิเคราะห์ปัญหา-อุปสรรค สอดคล้องกับผลประเมินจากข้อมูลทุติยภูมิ โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งผู้ใช้บริการและพนักงานผู้ปฏิบัติ มีความพึงพอใจกับระบบ อยู่ในระดับน้อย-น้อยที่สุด ผู้ศึกษาจึงได้นำผลดังกล่าวมาวิเคราะห์เพื่อพัฒนากลยุทธ์ โดยได้กลยุทธ์ 3 ระดับ (1) กลยุทธ์ระดับองค์กร คือ จัดทำแผนปรับปรุงและพัฒนาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบให้มีประสิทธิภาพ (2) กลยุทธ์ระดับธุรกิจ คือ จัดทำแผนส่งเสริมการใช้งานและแผนประชาสัมพันธ์ (3) กลยุทธ์ระดับหน้าที่ คือ จัดผลประโยชน์ตอบแทนให้กับพนักงานผู้เกี่ยวข้องกับระบบ ซึ่งประโยชน์ที่ ขสมก. จะได้รับหลังจากการดำเนินการพัฒนากลยุทธ์ดังกล่าว โดยมีผู้ใช้บริการระบบเพิ่ม 10% ต้นทุนในการบริหารจัดการตัวม้วนลดลง 5 ล้านบาท/ปี และลดต้นทุนด้านพนักงานเก็บค่าโดยสารลดลง 24 ล้านบาท/ปี ทั้งนี้คาดว่าจะมีต้นทุนการจัดการลดลงรวม 29 ล้านบาท/ปี

คำสำคัญ: การชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด; การบริหารจัดการตัวม้วน

Abstract

This paper presents the development of strategy for managing cashless payments of the Bangkok Mass Transit Authority (BMTA), which is study the problem obstacle of the system using and then creating strategies for customer satisfied service resulting to passenger increase and cost of ticket management decrease the according to conceptual framework consist of 3 step as follows (1) Information frame and interview behavior in depth participate and customer service equity. (2) Analysis problem-obstacles and bring to analysis SWOT, Model Canvas, PESTEL, 7 Ps and TOWS Matrix for development of strategy. (3) Create strategy in all level

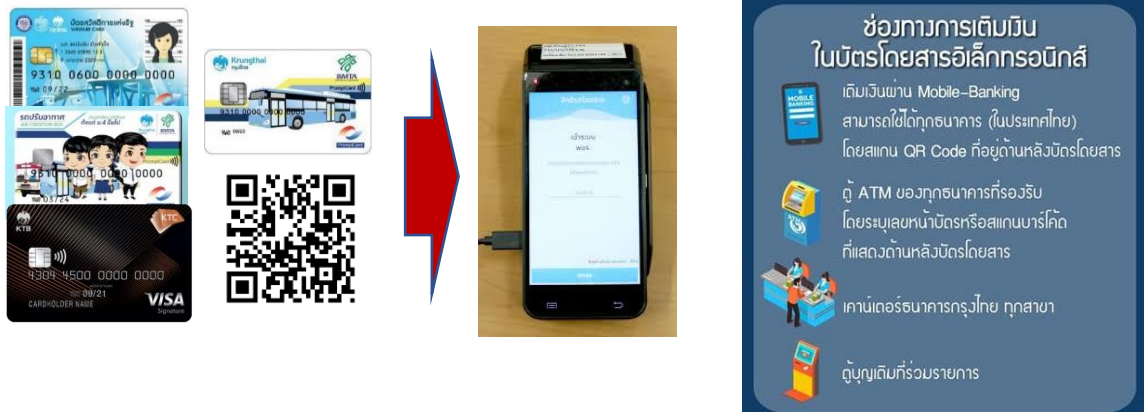
Study results found analysis problem-obstacles accord with to assessment, question by example group including customer and performance employee The satisfaction result is in low level This result bring to analysis and development of strategy in 3 steps (1) Strategy of organization degree is to improve and develop to efficacy system. (2) Strategy of business degree to market promotion planning (3) Strategy of duty degree is manage profit sharing for employee and benefit of BMTA will receive after performance develop strategy, as a mention with customer was an increase of 10% The cost of managing conventional tickets was reduced around 5 million baht / year and reduce labor cost about 24 million bath / year, totally will have cost managing reduce about 29 million / year.

Keywords: Cashless payments; management ticket

บทนำ

องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) เป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจประเภทกิจการสาธารณูปโภค สังกัดกระทรวงคมนาคม มีภารกิจรับผิดชอบให้บริการรถโดยสารประจำทางรับ-ส่งผู้โดยสารในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล การดำเนินกิจการที่ผ่านมา 44 ปี ประสบปัญหาการขาดทุนสะสมกว่า 120,000 ล้านบาท และมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มมากขึ้นทุกปีๆละประมาณ 7,000 ล้านบาท จำเป็นต้องดำเนินการปรับปรุงพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน โดยการจัดทำแผนฟื้นฟูกิจการ ขสมก. ที่มีประเด็นสำคัญอยู่ 3 ประเด็น คือ การลดค่าใช้จ่าย การเพิ่มรายได้ และการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

ขสมก. จึงร่วมกับธนาคารกรุงไทย ทำ MOU เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศในโครงการนำร่องการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด ในสาย 510 (ธรรมศาสตร์ รังสิต -อนุเสาวรีย์ชัยฯ) ผ่านเครื่อง EDC (Electronic Data Capture) ได้แก่ บัตรสวัสดิการแห่งรัฐ บัตรอิเล็กทรอนิกส์ของ ขสมก. บัตรเดบิต และเครดิต แบบ Contactless ของทุกธนาคาร QR Code ของทุกธนาคาร เมื่อวันที่ 9 เมษายน 2562 และต่อมาเดือนตุลาคม 2562 ได้มีการขยายการดำเนินการชำระค่าโดยสารด้วยบัตรอิเล็กทรอนิกส์ เพิ่มบัตรโดยสารล่วงหน้าอิเล็กทรอนิกส์ รายเดือน /สัปดาห์ และบัตรโดยสารนักเรียน นักศึกษาอิเล็กทรอนิกส์ ผ่านเครื่อง EDC กับรถโดยสาร ทุกสาย ทุกคัน รวมประมาณ 3,000 คัน



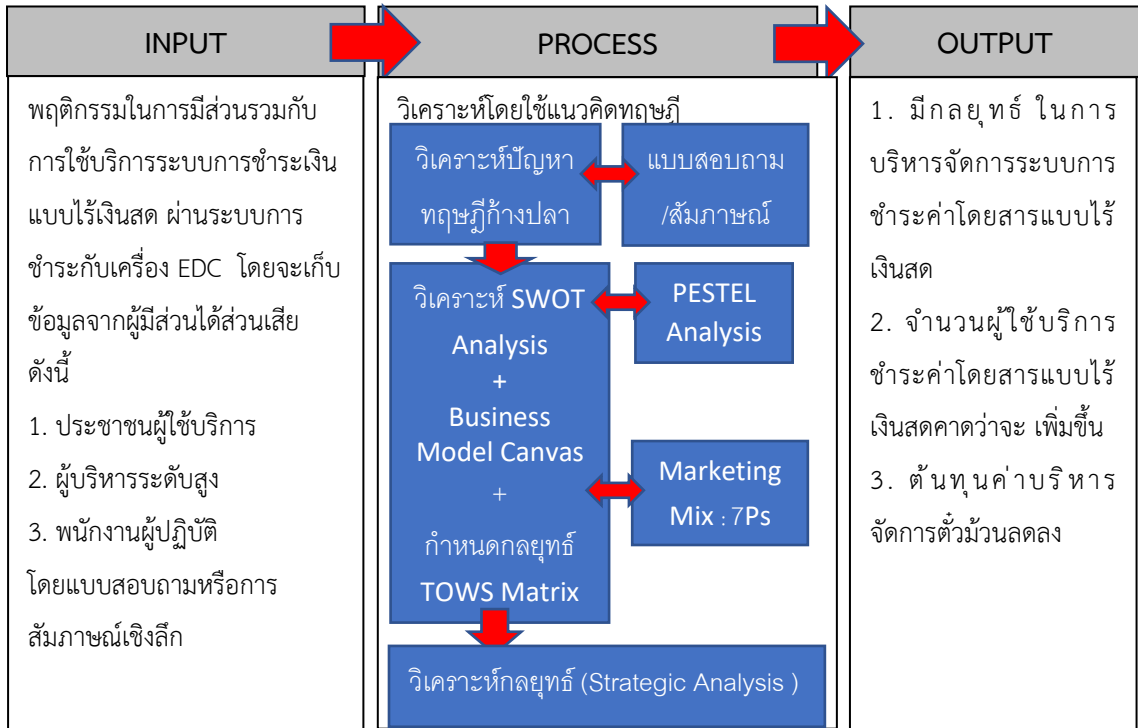
ภาพที่ 1 บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์ และช่องทางเพิ่มเติมเงิน สำหรับชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด

จากการดำเนินการที่ผ่านมาประมาณกว่า 1 ปี พบปัญหาว่าผลการตอบรับการใช้งานของประชาชน ผู้ใช้บริการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดผ่านบัตรต่าง ๆ ดังกล่าว มีปริมาณน้อยมาก เฉลี่ย 10.65% เมื่อเทียบกับผู้ใช้บริการที่ยังชำระด้วยเงินสด 89.35% ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ที่น่าระบบชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดมาให้บริการ รวมทั้งอาจส่งผลกับการเชื่อมต่อบริบบตั่วร่วมที่เป็นบัตรอิเล็กทรอนิกส์เหมือนกัน ซึ่งจากการวิเคราะห์ปัจจัยเบื้องต้นพบว่าผู้ใช้บริการและพนักงานประจำรถที่เป็นผู้ให้บริการที่ไม่ให้ความสนใจระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด อาจเกิดจากขาดความรู้ ความเข้าใจ และแรงจูงใจที่จะใช้บริการการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดผ่านบัตรอิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงพนักงานประจำรถ ขสมก. ไม่ให้ความสำคัญกับระบบนี้เท่าที่ควร จนทำให้ผู้ใช้บริการไม่เข้าใจระบบและไม่รู้ว่าการใช้บัตรอิเล็กทรอนิกส์ชำระค่าโดยสาร มีความสะดวก รวดเร็ว ง่าย เพียงใด หรืออีกกรณีอาจไม่ได้รับความสะดวกในเรื่องของการเติมเงินเข้าในบัตร เพราะขณะนี้ยังมีช่องทางเติมเงินไม่มาก ซึ่งถ้าสามารถสร้างกลยุทธ์และรูปแบบกิจกรรมใหม่ๆ สำหรับส่งเสริมการใช้บัตรชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด ก็อาจจะทำให้ผู้ใช้บริการ ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมให้ความร่วมมือหันมาชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดมากขึ้น และสามารถส่งผลกับการลดต้นทุนการบริหารจัดการด้านตั๋วโดยสารได้

ดังนั้น การศึกษาการพัฒนากลยุทธ์ในการบริหารจัดการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) นั้น เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา และกำหนดสร้างกลยุทธ์ในการดำเนินงานด้วยเครื่องมือ SWOT, Model Canvas, PESTEL, 7Ps และ TOWS Matrix เพื่อเพิ่มความพึงพอใจของผู้ใช้บริการซึ่งจะส่งผลทำให้มีผู้ใช้บริการเพิ่มมากขึ้นในอนาคต นอกจากนั้นหากมีการใช้บัตรระบบชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดมากขึ้นจะส่งผลดีต่อกิจการ ขสมก. ทำให้ต้นทุนการบริหารจัดการตั๋วมีจำนวนลดลง

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

กรอบแนวคิดในการศึกษา



สมมุติฐานการศึกษา

1. ประชาชนผู้ใช้บริการ มีความหลากหลายในด้านอาชีพ การศึกษา ฐานะทางการเงิน
2. พนักงานประจำรถ ขสมก. ไม่มีแรงจูงใจในการให้ความร่วมมือกับระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด

วิธีการวิจัย

การศึกษาวิจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดบนรถโดยสาร ขสมก. เพื่อให้ทราบถึงความต้องการของกลุ่มลูกค้า ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และศึกษาวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาเพื่อนำมากำหนดและสร้างกลยุทธ์ โดยมุ่งเน้นที่จะให้ประชาชนผู้ใช้บริการ ปรับเปลี่ยนพฤติกรรม มาใช้บริการการชำระเงินแบบไร้เงินสด มากขึ้น โดยมีวิธีการวิจัย ดังนี้

- 1) ศึกษาข้อมูลและเก็บสถิติจากการชำระเงินกับเครื่อง EDC กับ ชำระแบบเงินสด ของผู้โดยสาร พร้อมการเปรียบเทียบต้นทุนความคุ้มค่าของการปรับมาใช้ระบบการชำระเงินแบบไร้เงินสด กับ การชำระเงินสด (ตัวมัน) และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ปัญหา อุปสรรคของการชำระเงินแบบไร้เงินสดเพื่อสร้างกลยุทธ์การบริหารจัดการระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด
- 2) วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยใช้ทฤษฎีก้างปลา (Cause and Effect Diagram) โดยมี 4 ปัจจัย ได้แก่ ผู้ใช้บริการ ระบบ/อุปกรณ์ พนักงานผู้ปฏิบัติ และผู้บริหารระดับสูง
- 3) สอบถามหรือสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้ใช้บริการ และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (ผู้บริหารระดับสูง พนักงานผู้ปฏิบัติ) โดยใช้เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล ครั้งนี้คือ แบบสอบถาม โดยการกำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาวิจัยในครั้งนี้ คือ กลุ่มผู้ใช้บริการ และพนักงานผู้ปฏิบัติ

จำนวนกลุ่มละ 100 คน ซึ่งได้ทำการกำหนดกลุ่มตัวอย่างจากสูตร Yamane กำหนดความคลาดเคลื่อน (e) เท่ากับ 10%

4) การนำข้อมูลของจาก ข้อ 1 – 3 มาวิเคราะห์ สถานการณ์ SWOT Analysis ,Business Model Canvas และ PESTEL Analysis เพื่อจัดทำ TOWS Matrix สำหรับการกำหนดกลยุทธ์

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การพัฒนากลยุทธ์ในการบริหารจัดการระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) ผู้ศึกษาได้นำข้อมูลการใช้ระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดที่มีการใช้น้อย เพื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ สำหรับการพัฒนากลยุทธ์ดังกล่าว ผู้ศึกษาขอเสนอผลการวิเคราะห์ตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในการที่ผู้โดยสารใช้บริการชำระเงินแบบไร้เงินสดน้อย

1. ทฤษฎีกำลังปลา เกิดจากปัจจัยหลักๆ 4 ปัจจัย



ภาพที่ 2 วิเคราะห์ปัจจัยปัญหาการใช้บริการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดน้อย โดยใช้ทฤษฎีกำลังปลา

2.วิเคราะห์จากแบบสอบถามและสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้ใช้บริการ และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (ผู้บริหารระดับสูง พนักงานผู้ปฏิบัติ)

2.1 ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ กับระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด ขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.)

1) ประเด็นปัญหา – อุปสรรค ที่ส่งผลให้ผู้โดยสารใช้บริการระบบชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดน้อย เนื่องจากความพึงพอใจกับการใช้ระบบ โดยภาพรวม อยู่ในระดับ น้อยที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 1.78

2) ปัจจัยด้านความพึงพอใจ ที่ส่งผลให้ผู้โดยสารใช้บริการระบบชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดน้อย โดยภาพรวม อยู่ในระดับ น้อย ที่ค่าเฉลี่ย 1.83

2.2 ประเมินความพึงพอใจของ พนักงานผู้ปฏิบัติ กับระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด ขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.)

1) ประเด็นปัญหา – อุปสรรค ที่ผู้พนักงานปฏิบัติไม่ให้ความร่วมมือกับระบบชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดส่งผลให้มีผู้ใช้บริการระบบชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดน้อย เนื่องจากความพึงพอใจกับการนำระบบมาใช้ โดยภาพรวม อยู่ในระดับ น้อย ที่ค่าเฉลี่ย 2.05

2) ปัจจัยด้านความพึงพอใจ ที่ส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานไม่ให้ความร่วมมือในการนำระบบชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดมาใช้บริการ จนเป็นเหตุให้การใช้บริการระบบชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดน้อย โดยภาพรวม อยู่ในระดับ น้อย ที่ค่าเฉลี่ย 2.08

2.3 การสัมภาษณ์ผู้บริหารกับการใช้ระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด ขสมก.

สรุปบทสัมภาษณ์ ผู้บริหารองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ให้ข้อมูลว่าองค์การยังไม่ได้ดำเนินการกำหนดนโยบายสำหรับการใช้ระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด ขสมก. เป็นรูปธรรม เนื่องจากติดปัญหาการนำระบบการชำระเงินสดมาใช้ไม่ชัดเจน เพราะต้องให้สอดคล้องกับแผนฟื้นฟูกิจการ ขสมก.

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในการที่ผู้โดยสารใช้บริการชำระเงินแบบไร้เงินสดน้อย (ทฤษฎีข้างปลา) และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการชำระระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด ทั้งผู้ใช้บริการและพนักงานผู้ปฏิบัติ มีความสอดคล้องกันกับความไม่พึงพอใจในระบบ จึงจำเป็นต้องนำผลมาวิเคราะห์ร่วมกับทฤษฎีต่างๆ เพื่อสร้างกลยุทธ์เพื่อพัฒนาการใช้ระบบดังกล่าว

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ SWOT Analysis Business Model Canvas และ PESTEL

Analysis ของระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.)

1. ผลการวิเคราะห์ SWOT Analysis

S-Strength (จุดแข็ง)	W-Weakness (จุดอ่อน)
1. ธนาคารกรุงไทยสนับสนุนเครื่องอ่านบัตร EDC และบัตรอิเล็กทรอนิกส์ 2. บัตรใบเดียวสามารถใช้บริการรถโดยสาร ขสมก. ได้ทุกคัน ช่วยเพิ่มความสะดวกสบาย สะดวกในการพกพา 3. ระบบใช้งานแบบออนไลน์ สามารถหักชำระค่าโดยสารได้ทันที 4. ชำระค่าบริการได้ปลอดภัย สะดวก โปร่งใส ไม่ต้องกลัวเงินสูญหาย 5. ต้นทุนในการบริหารจัดการเรื่องตัวมีประสิทธิภาพ	1. เครื่องอ่านบัตรที่ใช้งานเป็นแบบพกพา ทำให้ไม่สะดวกในการปฏิบัติงาน 2. พนักงานขาดความเข้าใจเกี่ยวกับบัตรอิเล็กทรอนิกส์ 3. การประชาสัมพันธ์ไม่ทั่วถึง 4. จุดจำหน่ายบัตรไม่เพียงพอ 5. โปรโมชันและผลตอบแทนไม่จูงใจในการบัตรทั้งผู้ขายและผู้ให้บริการ 6. ใช้งบประมาณสูง กรณีปรับมาใช้ระบบ E-ticket

O-Opportunity (โอกาส)	T-Threat (อุปสรรค)
1. ภาครัฐมีนโยบายส่งเสริมสังคมไร้เงินสด และกระทรวงคมนาคมมีนโยบายการใช้ตัวร่วมกับระบบขนส่งทุกประเภท 2. โรคระบาดโควิด - 19 ส่งเสริมการใช้บัตรเพื่อลดการสัมผัส 3. เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบการชำระเงินแบบไร้เงินสด เป็นโครงการที่องค์การบรรจุอยู่ในแผนฟื้นฟูกิจการองค์การ ขสมก.	1. ผู้ใช้บริการไม่สามารถปรับตัวได้ทันต่อการเปลี่ยนแปลง 2. กฎระเบียบ ข้อกฎหมาย 3. ความไม่ชัดเจนของนโยบาย กรณี ตัวร่วมของระบบขนส่งของประเทศไทย 4. จุดอับสัญญาณอินเทอร์เน็ต ในแต่ละพื้นที่ อาทิ บริเวณใกล้สนามบิน กรมทหาร

2. ผลการวิเคราะห์ Business Model Canvas

<p>Key Partners</p> <ul style="list-style-type: none"> - ธนาคารกรุงไทย - ธนาคารอื่นๆ - ภาครัฐ เปลี่ยนคู่ค้า - บริษัท เจ้าของสัญญา - อินเทอร์เน็ต - บริษัท อุปกรณ์ สำหรับการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด 	<p>Key Activities</p> <ul style="list-style-type: none"> - ผู้ใช้บริการ ใช้ระบบชำระค่าโดยสารเพิ่มขึ้น - ลดต้นทุนการใช้ตัวม้วน 	<p>Value Proposition</p> <ul style="list-style-type: none"> - ระบบชำระค่าโดยสาร แบบไร้เงินสด ชสมก. รองรับทุกระบบขนส่ง - บัตรอิเล็กทรอนิกส์ ชสมก. ใช้ได้กับรถโดยสาร ชสมก ทุกสาย ทุกคัน - การใช้ระบบชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด ชสมก. สามารถลดการสัมผัส เข้ากับสถานกักกันกับ โควิด - 19 	<p>Customer Relationships</p> <ul style="list-style-type: none"> - จัดโปรโมชั่นการขาย และการใช้บัตรอิเล็กทรอนิกส์ ชสมก. - ความสะดวกรวดเร็วในการใช้บริการ เช่น การสร้าง Application การเพิ่มช่องทางการขาย - เดิมเงิน บัตรฯ <p>Channels</p> <ul style="list-style-type: none"> - เว็บไซต์ และ Social Network ของ ชสมก. - สื่อประชาสัมพันธ์ ต่างๆ บนรถโดยสาร ท่าปล่อยรถ และตามป้ายรถโดยสาร 	<p>Customer Segments</p> <ul style="list-style-type: none"> - กลุ่มพนักงานราชการ และเอกชน ที่มีรายได้น้อยถึงปานกลาง - กลุ่มนักเรียน/นักศึกษา
<p>Cost Structure</p> <ul style="list-style-type: none"> - ต้นทุนการจัดโปรโมชั่นต่างๆ - ต้นทุนการสร้าง Application ของ ชสมก. - ต้นทุนการพัฒนาอุปกรณ์ และเครื่องชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด - ต้นทุนค่าใช้จ่าย ที่เป็นส่วนแบ่งจากค่าโดยสาร ให้กับพนักงานขับรถและพนักงานเก็บค่าโดยสาร 		<p>Revenue Streams</p> <ul style="list-style-type: none"> - ผู้สนใจ โฆษณาและประชาสัมพันธ์ ผ่านตัวบัตรอิเล็กทรอนิกส์ - ผู้สนใจ โฆษณาและประชาสัมพันธ์ ผ่าน Application ของ ชสมก. - ผู้สนใจเข้ามาร่วมลงทุนกับระบบชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด ชสมก. เพราะต้องการข้อมูลผู้ให้บริการ ที่อยู่ในระบบ - ผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นมีรายได้จากค่าโดยสารเพิ่มขึ้น - พนักงานเก็บค่าโดยสารลดลง ชสมก มีรายได้เพิ่ม 		

3. ผลการวิเคราะห์ PESTEL Analysis

ปัจจัย	ผลกระทบ
Political (P) ปัจจัยด้านการเมือง	ความไม่ชัดเจนของนโยบายภาครัฐในการนำมาปฏิบัติเรื่องตัวร่วม
Economic (E) ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ	ผู้ใช้บริการส่วนมากเป็นผู้มีรายได้น้อย จึงไม่ยักนำเงินมาไว้ที่บัตรอิเล็กทรอนิกส์
Social (S) ปัจจัยด้านสังคม	ทัศนคติ และวัฒนธรรม ยังไม่ไว้ใจระบบการชำระเงินค่าโดยสารแบบไร้เงินสด
Technology (T) ปัจจัยด้านเทคโนโลยี	เทคโนโลยียังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร บางพื้นที่เครื่อง EDC ไม่สามารถใช้ได้เนื่องจากเป็นจุดอ่อนสัญญาณ
Environment (E) ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม	บริเวณพื้นที่ใกล้สนามบิน ได้สะพานข้ามแยกต่างๆ หรือเขตก่อสร้างตึกสูงๆ เป็นปัจจัยทำให้การรับสัญญาณไม่เสถียร
Legal (L) ปัจจัยด้านกฎหมาย	กฎหมายเรื่องการประกอบธุรกิจ เนื่องจาก ขสมก. ดำเนินธุรกิจด้านการขนส่ง ไม่ใช่ด้านพาณิชย์ ทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องการเติมเงินเข้าบัตรอิเล็กทรอนิกส์

จากผลการวิเคราะห์ SWOT Analysis ในส่วนสำคัญสำหรับการนำไปพัฒนากลยุทธ์ คือ เครื่องอ่านบัตร EDC และบัตรอิเล็กทรอนิกส์ ที่ได้รับการสนับสนุนจาก ธ.กรุงไทย และบัตรดังกล่าวสามารถใช้ได้กับรถโดยสาร ขสมก.ทุกสายทุกคัน ซึ่งถือเป็นจุดแข็ง ประกอบกับรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมสังคมไร้เงินสด ถือเป็นโอกาสที่ดีสำหรับการพัฒนากลยุทธ์ พร้อมกับการวิเคราะห์ Business Model Canvas ที่เป็นปัจจัยในการออกแบบกลยุทธ์ ซึ่งกิจกรรมหลัก คือการเพิ่มปริมาณผู้ใช้ให้มากขึ้น โดยการสร้างความสัมพันธ์กับผู้ใช้บริการที่มีความพึงพอใจกับระบบ และวิเคราะห์ PESTEL Analysis ปัจจัยภายนอกที่มีผลกระทบกับการพัฒนาระบบที่หลักๆ คือ เทคโนโลยีของเครื่อง EDC ยังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควรและสภาพแวดล้อมของพื้นที่ที่ส่งผลกระทบต่อความไม่เสถียรของสัญญาณ ดังนั้น จึงนำผลวิเคราะห์ SWOT , Business Model Canvas และ PESTEL ดังกล่าว มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วย TOWS MATRIX เพื่อกำหนดกลยุทธ์

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วย TOWS MATRIX จากผลการวิเคราะห์ SWOT Analysis Business Model Canvas และ PESTEL Analysis ของระบบการชำระเงินค่าโดยสารแบบไร้เงินสดขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) จึงนำผลมากำหนดกลยุทธ์ด้วย TOWS MATRIX ดังนี้

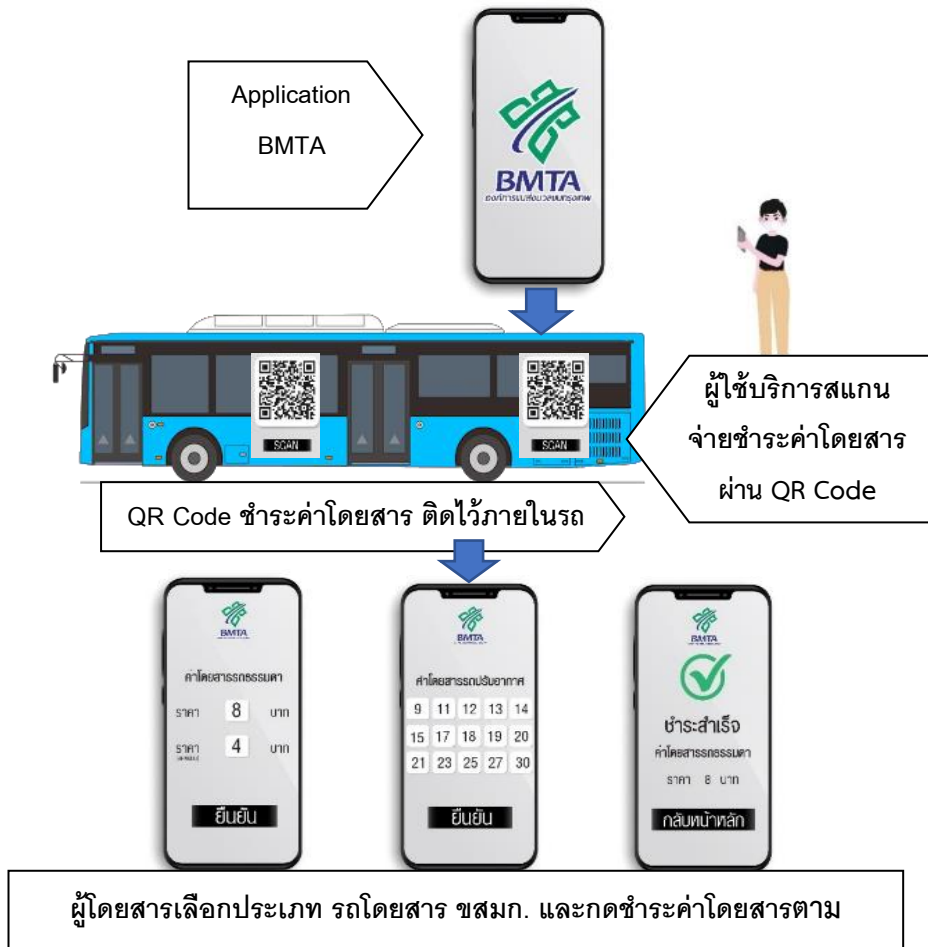
ประเภทกลยุทธ์	กลยุทธ์ TOWS MATRIX
กลยุทธ์เชิงรุก (SO Strategy)	S1+O1 ขสมก. ร่วมมือกับ ธนาคารกรุงไทยร่วมพัฒนาระบบเครื่องอ่านบัตร EDC ให้สามารถติดตั้งประจำบนรถโดยสาร เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติหน้าที่ของพนักงานประจำรถ พร้อมรองรับการใช้ตัวร่วมกับระบบขนส่งทุกประเภท S2+O2 จัดทำแผนการส่งเสริมการใช้บัตรอิเล็กทรอนิกส์ ของ ขสมก. ที่ปัจจุบันใช้ได้กับรถโดยสาร ขสมก. ทุกคัน เพื่อจูงใจให้ผู้ใช้บริการหันมาใช้ระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด ส่งผลให้ต้นทุนบริหารจัดการด้านเงินสดลดลง
กลยุทธ์เชิงป้องกัน (ST Strategy)	S3+T5 พัฒนาปรับปรุงและเพิ่มอุปกรณ์รับสัญญาณ เพื่อเพิ่มความเสถียรของสัญญาณ โดยเฉพาะสถานที่ที่เป็นจุดอับสัญญาณ
กลยุทธ์เชิงแก้ไข (WO Strategy)	W2+O3 จัดทำแผนประชาสัมพันธ์ ให้ทันสมัย น่าสนใจ ในเรื่องระบบการใช้บัตรอิเล็กทรอนิกส์ กับรถโดยสาร ขสมก. พร้อมช่องทางเพิ่มเติมเงินเข้าบัตร ให้ทั่วถึงและมากขึ้น โดยอาจใช้สถานการณ์ปัจจุบัน กรณี การระบาดของเชื้อ โควิด - 19 ที่ควรหลีกเลี่ยงการชำระด้วยเงินสด ด้วยการสัมผัส
กลยุทธ์เชิงรับ (WT Strategy)	W3+T2 ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขระเบียบ ข้อบังคับ ข้อกฎหมาย ที่เกี่ยวข้องและสอดคล้อง เพื่อให้สามารถดำเนินการในเรื่องการจัดโปรโมชั่น ลด แลก แจก แถมให้กับผู้ให้บริการ และการให้ผลตอบแทนกับพนักงานผู้ขายบัตร สำหรับเป็นแรงจูงใจในการเลือกมาใช้บริการระบบชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์กลยุทธ์ (Strategic Analysis)

ข้อมูลการวิเคราะห์ SWOT Analysis ,Business Model Canvas, PESTEL Analysis TOWS MATRIX และใช้หลัก Marketing Mix : 7Ps ที่กล่าวมาข้างต้น ผู้ศึกษาวิจัยจึงได้นำมาพัฒนาและสร้างกลยุทธ์ในการบริหารจัดการระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด ขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) โดยกำหนดกลยุทธ์ (Strategic Formulation) ได้ดังนี้

ประเภท	กลยุทธ์ที่ใช้	ระดับกลยุทธ์
กลยุทธ์เชิงรุก	1. ขสมก. ร่วมกับธนาคารกรุงไทย (หรือธนาคารอื่นๆ) พัฒนาอุปกรณ์สำหรับชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด ทดแทน เครื่องชำระเงิน EDC แบบพกพา เช่น	ระดับองค์กร+ หน้าที่
	1.1 ปรับขนาดเครื่อง EDC แบบพกพา ให้มีขนาดเล็กลง สำหรับให้พนักงานผู้ปฏิบัติได้พกพาสะดวก ไม่สร้างความลำบากในการใช้งาน (กลยุทธ์นี้มุ่งเน้นไปที่พนักงานผู้ปฏิบัติ)	ระดับหน้าที่
	1.2 ปรับรูปแบบเครื่อง EDC แบบพกพา ให้เป็นแบบติดตั้งบนตัวรถ (ติดตั้งบริเวณทางขึ้น - และทางลงของรถโดยสาร) สอดคล้องกับระบบ E-	ระดับองค์กร+ หน้าที่

ประเภท	กลยุทธ์ที่ใช้	ระดับกลยุทธ์
	<p>Ticket สอดคล้องกับแผนฟื้นฟูพิกิจการ ขสมก. ที่กำหนดตาม TOR รถโดยสารใหม่ต้องติดตั้งระบบ E-Ticket มาพร้อมตัวรถโดยสาร เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ทั้งเรื่องความสะดวกของสัญญาณ พลังงานในการใช้งาน</p> <p>1.3 สร้าง Application ของหน่วยงาน ให้ผู้ใช้บริการดาวโหลดติดตั้งบนสมาร์ตโฟน สำหรับชำระค่าโดยสาร และเติมเงินเข้าระบบ โดยวิธีชำระค่าโดยสารผ่าน Application ในรูปแบบ QR Code ซึ่ง QR Code ที่ไว้สำหรับชำระค่าโดยสารดังกล่าว จะติดไว้ในรถโดยสาร ขสมก. เพื่อความสะดวก รวดเร็ว และทันสมัย</p> <p>2. จัดทำแผนส่งเสริมการใช้งานกับระบบชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด เพื่อนำไปใช้ดำเนินการ</p> <p>2.1 ด้านผู้ใช้บริการจัดโปรโมชันบัตรอิเล็กทรอนิกส์ ขสมก. เช่น กรณี ซื้อบัตรอิเล็กทรอนิกส์ ขสมก. ใหม่ (ราคาเดียว)ราคาบัตร 50 บาท จ่ายเงินเพียง 40 บาท กรณี เติมเงินในบัตรอิเล็กทรอนิกส์ ขสมก. รับส่วนลด เติมเงิน 900 บาท จำนวนเงินเข้าบัตร 1,000 บาท เติมเงิน 450 บาท จำนวนเงินเข้าบัตร 500 บาท เติมเงิน 90 บาท จำนวนเงินเข้าบัตร 100 บาท</p> <p>2.2 ด้านพนักงานผู้ปฏิบัติจัดผลประโยชน์ตอบแทนให้กับพนักงานผู้ขายบัตร และพนักงานที่มียอดผู้ใช้บริการการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดจำนวนมาก โดยให้ผลตอบแทนเป็นเปอร์เซ็นต์การขายบัตรและจำนวนผู้ใช้บริการระบบ</p>	<p>ระดับองค์กร+ หน้าที่</p> <p>ระดับธุรกิจ+ หน้าที่</p> <p>ระดับธุรกิจ</p> <p>ระดับหน้าที่</p>



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการใช้งานของ Application ของหน่วยงาน สำหรับชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด

ประเภท	กลยุทธ์ที่ใช้	ระดับกลยุทธ์
กลยุทธ์เชิงป้องกัน	ให้ ธนาคารกรุงไทย (ธนาคารอื่นๆ กรณีเปลี่ยนแปลงผู้รับผิดชอบระบบ) จัดทำแผนพัฒนาปรับปรุงและเพิ่มอุปกรณ์รับสัญญาณ เพื่อเพิ่มความสะดวกของสัญญาณ โดยเฉพาะสถานที่ที่เป็นจุดอับสัญญาณกับผู้ให้บริการสัญญาณหรือกรณีสัญญาณไม่ดีขึ้นอาจเปลี่ยนเจ้าผู้ให้บริการสัญญาณ โดยคัดเลือกผู้ให้บริการที่มีสัญญาณดีที่สุด	ระดับองค์กร
กลยุทธ์เชิงแก้ไข	จัดทำแผนประชาสัมพันธ์ ให้ทันสมัย น่าสนใจ ในเรื่องระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด โดยการใช้บัตรอิเล็กทรอนิกส์ กับรถโดยสาร ขสมก. พร้อมช่องทางการเติมเงินเข้าบัตร ให้ทั่วถึงและมากขึ้น โดยอาจใช้สถานการณ์ปัจจุบัน กรณี การระบาดของเชื้อ โควิด - 19 ที่ควรหลีกเลี่ยงการชำระด้วยเงินสด ด้วยการสัมผัส	ระดับองค์กร+ธุรกิจ

ประเภท	กลยุทธ์ที่ใช้	ระดับกลยุทธ์
	<p>1) การประชาสัมพันธ์เรื่องระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด โดยการใช้บัตรอิเล็กทรอนิกส์ กับริดโดยสาร ขสมก. โดยการลงทุนจัดทำโฆษณาประชาสัมพันธ์</p> <ul style="list-style-type: none"> - ภายในและภายนอกรถโดยสาร ขสมก. และบริเวณป้ายรถโดยสาร - สื่อออนไลน์ต่างๆ เช่น เว็บไซต์ เฟสบุค วารสารของ ขสมก. <p>(วารสารล้อหมุน)</p> <p>2) การเพิ่มช่องทางการเติมเงินในบัตรอิเล็กทรอนิกส์ ขสมก. โดยการติดตั้งจุดเติมเงินในป้ายโดยสารที่สำคัญ และประสานความร่วมมือกับผู้ประกอบการกิจการเติมเงิน เช่น ตู้เติมเงินบุญเติม เคาเตอร์เซเว่นอีเลฟเว่น</p>	
กลยุทธ์เชิงรับ	<p>ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขระเบียบ ข้อบังคับ ข้อกฎหมาย ที่เกี่ยวข้องและสอดคล้องกับการนำระบบชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด กรณี</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) การจัดโปรโมชั่น ลด แลก แจก แถมให้กับผู้ใช้บริการ 2) การให้ผลตอบแทนกับพนักงานผู้ขายบัตร 3) การทำ Application ของ ขสมก. สำหรับชำระค่าโดยสารผ่านบัตรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ 	ระดับองค์กร + ธุรกิจ + หน้าที่

ประโยชน์ที่องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ จะได้รับหลังจากการดำเนินการพัฒนากลยุทธ์ในการบริหารจัดการระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) แล้ว

1. การบริหารจัดการด้านตั๋วผ่าน จะสามารถลดต้นทุนของหน่วยงานได้ ตามตารางเปรียบเทียบการใช้ตั๋วผ่านในปีงบประมาณ 2563

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการลดต้นทุนการใช้ตั๋วผ่านใน 1 เขตการเดินรถ

ปีงบประมาณ 2563 จำนวนตั๋วที่ใช้/เขตการเดินรถ (ใบละ 0.185) 32,678,101-	% การชำระเงินผ่านเครื่อง (EDC) สามารถลดต้นทุนตั๋วได้เป็นจำนวน (บาท)			
	10 %	15 %	20 %	25 %
6,045,448.68-	604,544.86-	906,817.30-	1,209,089.73-	1,511,362.17-

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการลดต้นทุนการใช้ตั๋วจำนวนรวม 8 เขตการเดินรถ

ปีงบประมาณ 2563	% การชำระเงินผ่านเครื่อง (EDC) สามารถลดต้นทุนตั๋วได้เป็นจำนวน (บาท)			
จำนวนตั๋วที่ใช้/ปี	10 %	15 %	20 %	25 %
(ใบละ 0.185)	(26,142,480.80)	(39,213,712.20)	(52,284,961.60)	(65,356,202)
261,424,808.-				
48,363,589.48.-	4,836,358.95.-	7,254,536,757.-	9,672,717.90.-	12,090,897.40.-

หมายเหตุ ต้นทุนตั๋วที่ใช้ต่อไปๆละ 0.185 บาท

2. การบริหารจัดการด้านบุคลากร (พนักงานเก็บค่าโดยสาร) ซึ่งปัจจุบันมีจำนวนประมาณ 6,000 คน เฉลี่ยเงินเดือนต่อคนประมาณ 20,000 บาท จะสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านเงินเดือนได้ กรณี พนักงานเก็บค่าโดยสารเกษียณอายุ หน่วยงานจะไม่รับพนักงานเก็บค่าโดยสารใหม่ทดแทน ซึ่งเป็นการลดต้นทุนด้านพนักงาน

ตารางที่ 3 ต้นทุนเงินเดือนพนักงานเก็บค่าโดยสารใหม่ ล่วงหน้า 3 ปี

พนักงานเก็บค่า โดยสารเกษียณอายุ เฉลี่ยปีละ	พนักงานเก็บค่าโดยสารใหม่					
	ทดแทน	เงินเดือน/ คน	เงินเดือน/ คน/ปี	รวมเงินต้นทุนเงินเดือน		
				1 ปี	2 ปี	3 ปี
200	200	10,150.-	121,800.-	24,360,000	48,720,000	73,080,000

จากตารางพบว่า กรณี ขสมก. ใช้ระบบชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดในรูปแบบ E-Ticket หรือ Application จะไม่มีพนักงานเก็บค่าโดยสารปฏิบัติหน้าที่บนรถ จึงไม่จำเป็นต้องรับพนักงานดังกล่าวใหม่ และในแต่ละปี จะมีพนักงานเก็บค่าโดยสารเกษียณอายุ เฉลี่ยประมาณ 200 คนต่อปี ทำให้ ขสมก. สามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านเงินเดือนได้ปีละประมาณ 24 ล้านบาท ซึ่งถ้าคำนวณล่วงหน้าไปอีกประมาณ 3 ปี ขสมก. จะสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายกับบุคลากร (พนักงานเก็บค่าโดยสาร) ได้จำนวนประมาณ 73 ล้านบาท

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

เมื่อทำการวิเคราะห์ SWOT Analysis กับ PESTEL Analysis จากข้อมูลปัญหา - อุปสรรค และปัจจัยความพึงพอใจของผู้เกี่ยวข้องที่ใช้ระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด และนำมากำหนดกลยุทธ์ในรูปแบบ TOWS Matrix กับ Marketing Mix : 7Ps จึงได้กลยุทธ์ในการพัฒนาการบริหารจัดการระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) เป็นระดับกลยุทธ์ ดังนี้

1. กลยุทธ์ระดับองค์กร

1.1 จัดทำแผนพัฒนาปรับปรุงและเพิ่มอุปกรณ์รับสัญญาณ เพื่อเพิ่มความเสถียรของสัญญาณ โดยเฉพาะสถานที่ที่เป็นจุดอับสัญญาณ กับ ผู้ให้บริการสัญญาณหรือกรณีสัญญาณไม่ดีขึ้นอาจเปลี่ยนเจ้าผู้ให้บริการสัญญาณ โดยคัดเลือกผู้ให้บริการที่มีสัญญาณดีที่สุด

1.2 พัฒนาอุปกรณ์สำหรับชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด ทดแทน เครื่องชำระเงิน EDC แบบพกพา ให้มีความสะดวก เหมาะกับการใช้งานบนรถโดยสาร ขสมก.

2. กลยุทธ์ระดับธุรกิจ

2.1 จัดทำแผนส่งเสริมการใช้งานกับระบบชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด โดยการ จัดโปรโมชันบัตรอิเล็กทรอนิกส์ ขสมก.

2.2 จัดทำแผนประชาสัมพันธ์ ให้ทันสมัย น่าสนใจ ในเรื่องระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด โดยการใช้บัตรอิเล็กทรอนิกส์ กับรถโดยสาร ขสมก. พร้อมช่องทางการเติมเงินเข้าบัตร ให้ทั่วถึง

3. กลยุทธ์ระดับหน้าที่

3.1 จัดผลประโยชน์ตอบแทนให้กับพนักงานผู้ขายบัตร และพนักงานที่มียอดผู้ใช้บริการการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดจำนวนมาก โดยให้ผลตอบแทนเป็นเปอร์เซ็นต์การขายบัตรและจำนวนผู้ใช้บริการระบบแบบขั้นบันได เช่น ขายได้จำนวนมาก ผลตอบแทนที่ได้รับจะได้อีกเช่นกัน เป็นต้น

3.2 จัดทำแผนการสื่อสารสร้างความเข้าใจกับพนักงานเข้าใจ กรณีนำระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดมาใช้ทดแทนตัวม้วน ว่าจะไม่ส่งผลกระทบต่อตำแหน่งหน้าที่การงาน คือ พนักงานเก็บค่าโดยสาร เพราะหน่วยงานมีตำแหน่งรองรับไว้แล้วสำหรับทดแทนและเปลี่ยนแปลง เช่น ปรับตำแหน่งเป็นพนักงานขับรถ ปรับเป็นพนักงานขายบัตรอิเล็กทรอนิกส์ ขสมก และเติมเงินเข้าบัตร เป็นต้น

ผู้ศึกษามีเป้าหมายในการนำกลยุทธ์ที่กำหนดไว้ข้างต้นไปพัฒนาใช้บริหารจัดการระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสดขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) เพื่อเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการให้มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้สามารถลดต้นทุนของการใช้ตัวม้วนและการบริหารจัดการด้านบุคลากร(พนักงานเก็บค่าโดยสาร)

ข้อเสนอแนะ

1. กลยุทธ์และกิจกรรมที่ดำเนินการเพื่อส่งเสริมการใช้บัตรชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด บางอย่าง ไม่สามารถจะดำเนินการได้ทันที เนื่องจากอาจจะมีปัญหากระทบกับระเบียบ ข้อบังคับ หรือกฎหมายของหน่วยงาน

2. การปรับเปลี่ยนพัฒนาระบบการชำระค่าโดยสารแบบไร้เงินสด ที่จะนำมาใช้กับองค์การผู้บริหาร หรือผู้เกี่ยวข้อง ต้องคำนึงถึง พนักงานผู้ปฏิบัติ โดยเฉพาะพนักงานเก็บค่าโดยสารที่มีผลกระทบโดยตรง จำเป็น การสร้างความเข้าใจในเรื่องความมั่นคงของตำแหน่งงาน มีแผนรองรับการเปลี่ยนตำแหน่งที่ชัดเจน และเป็น ธรรมกับพนักงาน

เอกสารอ้างอิง

- กฤตโสภาค ทิพย์ปัญญาวงศ์ (2559). การศึกษาปัญหาและแรงจูงใจในการใช้งานเงินอิเล็กทรอนิกส์ (e-Money) ผ่านโทรศัพท์มือถือในประเทศไทย [การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- เกวรินทร์ สระนรินทร์ (2559). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกชำระเงินผ่านโมบายแอปพลิเคชันสตาร์บัคส์ไทยแลนด์ (Starbucks Thailand Mobile Application) [การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ณัฐพงศ์ กริยาผล (2559). ปัจจัยที่มีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจในการใช้บริการเงินอิเล็กทรอนิกส์ของพนักงานในกรุงเทพมหานคร [การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- นันทินี ลักษณะีการค้า (2561). ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีต่อการเข้าสู่สังคมไร้เงินสดของประชากรเจนเนอเรชั่น เอ็กซ์ ขึ้นไป : กรณีศึกษาจังหวัดกรุงเทพมหานคร. [การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- นนุช หอมบุญ, นภัทร พงษ์ประณี และพรพนา ศรีสถานนท์ (2563), การยอมรับและทัศนคติในการเข้าสู่สังคมไร้เงินสดของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. [การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต]. สถาบันรัชต์ภาคย์
- มนชยา ชัยนกลีกร (2558). การศึกษากลยุทธ์ และ ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการตัวแทนขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ เพื่อเพิ่มยอดขายให้กับบริษัท. [การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
- วีรพงษ์ ใจชื่น (2559). กลยุทธ์ทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจกลับมาใช้บริการโรงแรม Boutique ช้าในอำเภอท่าใหม่จังหวัดจันทบุรี [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ. (2552). การบริหารตลาดยุคใหม่. พัฒนาการศึกษา.

กลยุทธ์เพิ่มประสิทธิภาพช่องทางการจำหน่ายตั๋วโครงการครอบครัวสุขสันต์ ไหว้พระ 9 วัด กับ ขสมก. ด้วยระบบจองตั๋วออนไลน์

The strategy to increase efficiency of ticket selling channel in happy family trip of
visiting 9 temples project of Bangkok Mass Transit Authority by using online channel

พัทธวีร์ บุญโถม^{1*} สถาพร อมรสวัสดิ์วัฒนา²

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย^{1,2}

*Corresponding author: E-mail: patrawee2524@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอกรณีศึกษาเกี่ยวกับกลยุทธ์เพิ่มประสิทธิภาพช่องทางการจำหน่ายตั๋วโครงการครอบครัวสุขสันต์ไหว้พระ 9 วัดกับ ขสมก. ด้วยระบบจองตั๋วออนไลน์ โดยวิเคราะห์ปัญหา SWOT Analysis วิเคราะห์ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) ปัญหาโครงการครอบครัวสุขสันต์ไหว้พระ 9 วัด ขสมก. การรวบรวมข้อมูลสถิติรายได้มาวิเคราะห์ นำข้อมูลรายได้ผลการดำเนินงานในช่วงปี 2562 มาเปรียบเทียบกับในปี 2563 เพื่อวิเคราะห์ผลต่างในการลดลงของรายได้ค่าบริการ การรวบรวมข้อมูลสถิติจำนวนผู้ใช้บริการนำมาวิเคราะห์ จำนวนผู้ใช้บริการผลการดำเนินงานในช่วงปี 2562 มาเปรียบเทียบกับในปี 2563 รายได้ปี 2562 มีรายได้ 15,847,677.00 ล้านบาท รายได้ปี 2563 • 4,274,504.00 ล้านบาท ส่วนต่างที่ลดลง 11,573,173 ล้านบาท เพื่อวิเคราะห์ผลต่างในการลดลงของจำนวนผู้ใช้บริการ พบว่าผู้ใช้บริการมีจำนวนลดลง โดยมีปัจจัยภายนอกที่ส่งกระทบและมีอาจควบคุมได้ มาจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส โควิด 19 จากนั้นได้วิเคราะห์ปัญหาความเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อจำนวนผู้โดยสารที่ลดลงแล้ว จะเห็นได้ว่าช่องทางการจำหน่ายตั๋วรูปแบบเดิมเสี่ยงที่ผู้โดยสารจะไม่ใช้บริการ หรือจำนวนผู้ใช้บริการลดลง

ดังนั้นกลยุทธ์เพิ่มประสิทธิภาพช่องทางการจำหน่ายตั๋วโครงการครอบครัวสุขสันต์ไหว้พระ 9 วัดกับ ขสมก. ด้วยระบบจองตั๋วออนไลน์ นำแพลตฟอร์มของ Google Form มาใช้ในการวิจัย ไม่มีค่าใช้จ่ายทำให้องค์กรขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานครค่าต้นทุนในการวางระบบจองตั๋วออนไลน์ ประชาชน ผู้ใช้บริการได้รับความสะดวก เพิ่มทางเลือกในการเข้าใช้บริการมากยิ่งขึ้น ลดความเสี่ยง ลดเวลาการเดินทางมาซื้อตั๋วโดยสารที่ อุบางเขน และสามารถเพิ่มกระแสเงินสดจากชำระค่าโดยสารล่วงหน้า

Abstract

This article presents the study case about the strategy to increase efficiency of the channel of ticket selling in the project of a happy family trip of visiting 9 temples of Bangkok Mass Transit Authority by using online channel. The SWOT Analysis and Fish Bone Diagram of the problem of this project are analyzed in this study case. The gathered statistic of revenue is analyzed by using revenue report of 2019 to compare to revenue report of 2020. This is to analyze difference of difference of

reduction of service income. The gathered statistic of numbers of passengers is analyzed. The numbers of passengers in 2019 is compared to the numbers of passengers in 2020. The revenue of 2019 was 15,847,677.00 baht and it was 4,274,504.00 in 2020. The amount of decreased revenue was 11,573,173 baht. The analysis of difference of reduction of numbers of passenger is done. It was found that the numbers of passengers reduced. There is external factor that has impact and is unable to control. It is from the spread of COVID-19. From analyzing the problem of risk that affects the decreased numbers of passengers, it shows that the old channel of ticket selling is risky that the passenger will not use the service, or the numbers of passengers will reduce. Therefore, the project of a happy family trip of visiting 9 temples of Bangkok Mass Transit Authority needs to bring the strategy to increase efficiency of ticket selling channel by using online channel to reduce risk and take the data to manage with ticket selling process in current time.

Therefore, the strategy that increases efficiency of ticket selling channel in happy family trip of visiting 9 temples project of Bangkok Mass Transit Authority is using online channel of google form to use in the research. It does not have cost for using this platform; therefore, it helps Bangkok Mass Transit Authority to reduce cost of setting online ticket system. The passengers receive the convenience, and it provides more options to access into services, reduces risks, reduces time to travel to buy ticket at Bangkok bus depot and increases cash flow from advance payment.

บทนำ

ด้วยในปัจจุบัน ขสมก.หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ อยู่ภายใต้การกำกับควบคุมของกระทรวงคมนาคม ให้บริการเดินรถโดยสารสาธารณะ ให้บริการประชาชนจัดเดินรถในเส้นทางในกรุงเทพและปริมณฑล นอกจากการให้บริการด้านเดินรถโดยสารในเส้นทางปกติแล้ว ขสมก.จัดโครงการครอบครัวสุขสันต์ไหว้พระ 9 วัด กับ ขสมก. ตามนโยบายรัฐบาลที่ต้องการส่งเสริมให้ประชาชนผู้มีรายได้ไม่น้อยได้ท่องเที่ยวในจังหวัดกรุงเทพ ปริมณฑล และจังหวัดใกล้เคียง แบบไปเช้า -เย็นกลับ ให้บริการในวันหยุดเสาร์-อาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์ โดยให้บริการจัดเดินรถโดยปรับอากาศ 35 ที่นั่ง และจัดเดินรถในเส้นทาง สถานีที่สำคัญเป็นที่ศรัทธา เลื่อมใส และจุดสำคัญในจังหวัดนั้น ซึ่งในปัจจุบันให้บริการ 13 จังหวัด เปิดจำหน่ายตั๋วตั้งแต่วันที่ 05.30 – 08.00 น. โดยช่องทางการจำหน่ายตั๋วเพียงช่องทางเดียวคือ ผู้โดยสารเดินทางมาซื้อตั๋วที่สำนักงานอุบางเขน เลือกเส้นทางจังหวัดที่ต้องการไปชำระเงินกับพนักงานจำหน่ายตั๋ว แล้วขึ้นรถภายในวันนั้น

ปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานพบว่าจำนวนผู้โดยสารลดลงเกิดจากความไม่มั่นใจในการเดินทางเนื่องจากช่องทางการจำหน่ายตั๋วโดยสารมีเพียงช่องทางเดียว ผู้โดยสารต้องเดินทางไปซื้อตั๋วโดยสารที่อุบางเขนแล้วขึ้นรถโดยสารเพื่อเดินทางในวันนั้น ทำให้เกิดความเสี่ยงที่ไม่ได้เดินทางในเส้นทางที่เลือกหรือตั้งใจไว้ เนื่องจากจำนวนผู้โดยสารที่เดินทางในจังหวัดนั้น ๆ มีจำนวนน้อยไม่สามารถออกให้บริการได้ไม่คุ้มกับค่าใช้จ่าย ทำให้ต้องเปลี่ยนเส้นทางหรืองดการเดินทาง ทำให้ผู้โดยสารเกิดความไม่มั่นใจในการใช้บริการ ส่งผลการวางแผนรถโดยสาร พนักงานขับรถ พนักงานเก็บค่าโดยสาร ที่ไม่สามารถจัดการได้ ปัจจัย

สภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวย และไม่มีช่องทางอื่นในการเข้าถึงการจองตั๋วโดยสาร ส่งผลกระทบกับรายได้
โครงการครอบครัวสุขสันต์ไหว้พระ 9 วัด กับ ชสมก.ลดลง นอกจากนั้นแล้วพบว่าผลการจัดการบริหารการเดินทาง
รถประสบปัญหาด้านการบริหารจัดการ

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพช่องทางการจำหน่ายตั๋วโครงการ
ครอบครัวสุขสันต์ไหว้พระ 9 วัดกับ ชสมก. ด้วยระบบจองตั๋วออนไลน์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SWOT
Analysis และนำแพลตฟอร์ม Google Form เข้ามาจัดการในระบบจองตั๋วออนไลน์ เพื่อนำผลวิจัยเสนอ
ผู้บริหารเป็นแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพช่องทางการจำหน่ายตั๋ว และเพิ่มทางเลือกให้ประชาชนผู้ใช้บริการเข้าถึง
มากขึ้น ช่วยให้อัตราการจำหน่ายตั๋วเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้รายได้เพิ่มขึ้น

วัตถุประสงค์การศึกษา

1. เพื่อเพิ่มช่องทางการจำหน่ายตั๋วและอำนวยความสะดวก โครงการไหว้พระ 9 วัด กับ ชสมก.
2. นำนวัตกรรมสร้างมูลค่าเพิ่ม Value ให้กับองค์กรนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ให้เกิดประโยชน์
3. สามารถนำ Demand จำนวนผู้ใช้บริการมาวิเคราะห์พฤติกรรมลูกค้าผู้ใช้บริการและยังนำมาพัฒนาต่อยอด
ในการให้บริการในอนาคต
4. เพื่อลดปัญหาความเสี่ยงในการจัดการบริหารการเดินทางที่ไม่คุ้มค่าใช้จ่าย

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดระบบการจองตั๋วเครื่องบินออนไลน์ (Computer Reservation Systems: CRSs) ระบบสำรอง
ที่นั่งของการบินไทย เดิมการบินไทยมีระบบสำรองที่นั่งของตนเอง คือระบบรอยัล (Royal System) โดยใน
ระยะแรก ผู้โดยสารที่ต้องการสำรองที่นั่งต้องติดต่อโดยตรงกับการบินไทย ต่อมาได้มีการปรับเปลี่ยนแผน
ทางการตลาดทำให้เกิดตัวแทนจำหน่าย (Travel Agent) ขึ้น ซึ่งตัวแทนจำหน่ายตั๋วได้เข้ามามีบทบาทและมี
อำนาจในการตัดสินใจซื้อที่นั่งของสายการบินมากขึ้น

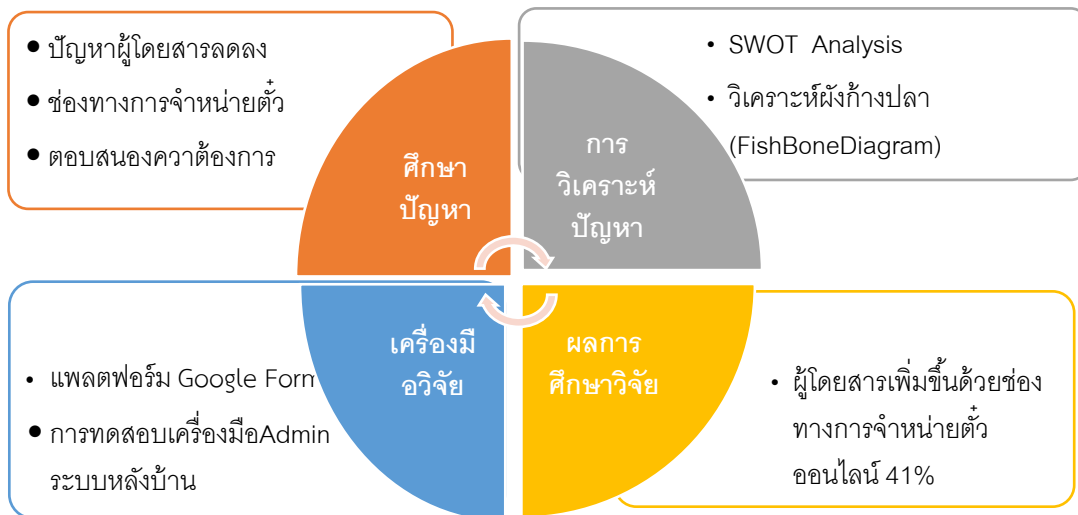
ทั้งนี้การสำรองที่นั่งผ่านตัวแทนจำหน่าย นับวันจะมีแนวโน้มสูงขึ้น เพราะสมาคมการขนส่งทาง
อากาศระหว่างประเทศ (The International Air Transport Association : IATA) และสายการบินต่าง ๆ ใน
ประเทศไทยได้พยายามผลักดันงานด้านสำรองที่นั่ง และออกบัตรโดยสารให้ดำเนินการโดยตัวแทนจำหน่ายให้
มากขึ้น ระบบสำรองที่นั่งผ่านคอมพิวเตอร์ (Computerize Reservation System: CRS) เกิดจากกลุ่มสายการ
บินและกลุ่มร่วมกันพัฒนา เพื่อใช้เป็นกลยุทธ์ในด้านการจัดจำหน่ายอีกรูปแบบหนึ่ง โดยเป็นการกระจายการ
ขายไปยังตัวแทนจำหน่ายทั่วโลก ด้วยความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันทำให้ CRS แต่ระบบเพิ่ม
ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ นอกเหนือจากการสำรองที่นั่งสายการบิน อาทิ การจองห้องพักโรงแรม รถเช่า การจองที่นั่ง
รถไฟ ฯลฯ ซึ่งเป็นลักษณะที่เรียกว่า การสำรองที่นั่งแบบเบ็ดเสร็จ (Global Distribution System: GDS)
ปัจจุบันทั่วโลกมีระบบสำรองที่นั่งผ่านคอมพิวเตอร์ (CRS) ที่สำคัญดังนี้ Sabre เป็นระบบสำรองที่นั่งที่
สมบูรณ์ ออกแบบมาเพื่อการเดินทางขององค์กรใช้ประโยชน์จาก AI ช่วยให้การวางแผนการเดินทางของลูกค้า
และกลุ่มองค์กรให้มีความสะดวกและง่ายขึ้น ทั้งบริษัทตัวแทนสายการบิน ที่ให้บริการได้อย่างครอบคลุมและ
มีประสิทธิภาพ ทันสมัย สะดวกและรวดเร็วในการออกตั๋วเครื่องบินให้กับลูกค้า

แนวคิดเกี่ยวกับประสิทธิภาพการทำงาน การที่จะเกิดประสิทธิภาพการทำงานนั้นต้องมีองค์ประกอบ
2 ส่วนหลักคือ ผู้ที่ทำงานกับโครงสร้างการทำงาน สำหรับในเรื่องของคนทำงานจะต้องมีแนวคิดการปฏิบัติตัว

ในการทำงานและการพัฒนาตนเองอยู่เสมอ ดังนั้น คนทำงานที่มีประสิทธิภาพ ควรมีลักษณะดังนี้ (สมพิศ สุขแสน, 2556) 1) ความฉับไว หมายถึง การใช้เวลาได้อย่างดี ที่สุด รวดเร็ว ไม่ทำงานล่าช้า นั่นคือคนที่มีประสิทธิภาพ ควรทำงานให้เสร็จตามกำหนดเวลา หรืองานบริการ ผู้รับบริการย่อมต้องการความรวดเร็ว ดังนั้น ผู้ให้บริการจะต้องสร้างวัฒนธรรมการให้บริการแบบเบ็ดเสร็จจุดเดียว (One Stop Service) 2) ความถูกต้อง แม่นยำ หมายถึง การผิดพลาดในงานน้อย มีความแม่นยำในกฎ ระเบียบ ข้อมูล ตัวเลข หรือสถิติต่าง ๆ ไม่เดินเล่อจนทำให้เกิดความเสียหายแก่องค์กร 3) ความรู้ หมายถึง การมีองค์ความรู้ในงานดี รู้จักศึกษาหาความรู้ในเรื่องงานที่ทำอยู่ตลอดเวลา คนที่มีประสิทธิภาพควรแสวงหาความรู้อยู่ตลอดเวลา ทั้งการเรียนรู้ด้วยตนเอง องค์กร ผู้อื่น อินเทอร์เน็ต เป็นต้น และสามารถนำความรู้นั้นมาปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น 4) ประสิทธิภาพ หมายถึง การรอบรู้ หรือรอบด้าน การเป็นผู้มีประสบการณ์ในการทำงานสูง จะทำงานผิดพลาดน้อย สมควรที่องค์กรจะต้องรักษามัคคุเทศก์เหล่านี้ ให้อยู่กับองค์กรให้นานที่สุด เพราะคนเหล่านี้จะทำให้องค์กรพัฒนาได้เร็ว 5) ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง การคิด ริเริ่มสิ่งใหม่ ๆ มาใช้ในองค์กร เช่น คิดระบบการให้บริการที่ลดขั้นตอน การประเมินผลการปฏิบัติงานแบบใหม่ การบริหารงานแบบเชิงรุก เป็นต้น

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ผู้ศึกษาได้จัดทำกระบวนการวิจัย เพื่อกำหนดวางแผนแนวทางในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนการทดสอบเครื่องมือและสรุปผลการวิเคราะห์ ดังภาพแบบแสดงแผนภูมิวิธีการศึกษาวิจัย



ภาพที่ 3 แบบแสดงแผนภูมิ วิธีการศึกษา

เครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือ Google Form สร้างออกแบบข้อมูลเพื่อให้ผู้โดยสารทำการกรอกข้อมูลรายละเอียด ได้สร้างแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) โดยที่ในบทความนี้จะนำเสนอเพียงการสร้าง Google Form ตามภาพประกอบ ดังนี้

เดินทางวันที่ 27 กันยายน 2563 (คืนที่ 1)
จองตั๋วออนไลน์ไหว้พระ 9 วัด อุบาสงเขน
(เฉพาะโปรแกรมสวนนงนุช) ราคา 429 บาท เฉพาะค่า
รถชมก.เท่านั้น โอนเงินเพื่อแนบไฟล์เป็นหลักฐาน การ
จองจะเสร็จสมบูรณ์
#โปรดอ่านคำอธิบายในการจองเพื่อให้ทุกท่านทราบและ
เข้าใจในการทำรายการจองต้องขอภัยในความไม่
สะดวกค่ะ

1.ลูกค้าที่จองเข้าชมสวนนงนุชและการแสดงฟรี เฉพาะ 7 จังหวัด
 สระแก้ว,ฉะเชิงเทรา,สุพรรณบุรี,สมุทรสงคราม,สมุทรสาคร,จันทบุรี,ตราด กรุงเทพ 10 เขต เขตดินแดง,เขตพญาไท,เขตบางซื่อ,เขต
 ราชเทวี,เขตดุสิต,เขตบางเขน,เขตบางนา,เขตคลองเตย,เขตคลองจั่น,เขตคลองสามวา,เขตจตุจักร
 2.ลูกค้าสามารถทำการจองได้ท่านละ 1 ครั้ง และเลือกที่นั่งได้เพียง 1 ที่ (หากต้องการจอง 2 ท่านต้องทำการจอง 2 ครั้ง เพื่อ
 โอนได้ที่นั่งใกล้เคียงกันและมาให้ค่ารถเหมือนกัน เพราะที่นั่งจะขายไม่หากมีผู้โดยสารทำการจอง)
 3.การชำระเงินแบบสลิปมีราคา 1 ท่านต่อ 1 รายการจอง
 4.สำหรับผู้ที่โอนโดยโอนเงินที่ 7 จังหวัดและ 10 เขตก็สามารถจองที่นั่งได้ค่ะ

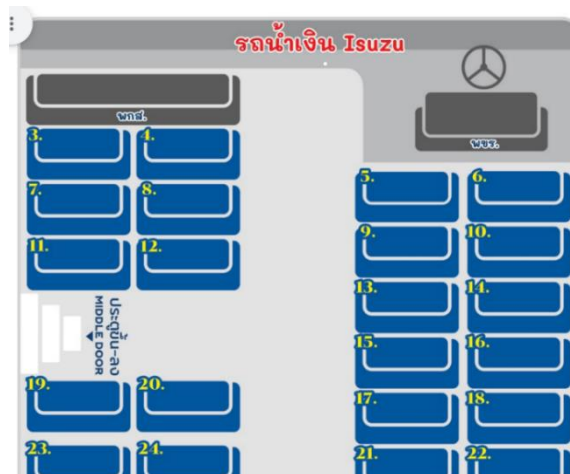
ชื่อผู้โอน *
 ชื่ออีเมลที่ถูกต้อง
 แบบฟอร์มนี้ใช้สำหรับระบบที่อยู่อีเมล เป็นอีเมลการค้า

โปรดระบุชื่อ-สกุล ผู้เดินทาง *
 ชื่อตามคำจองอื่นๆ

โปรดใส่หมายเลขโทรศัพท์ในการติดต่อ *
 ชื่อตามคำจองอื่นๆ

เดินทางในวันที่ 27 กันยายน 2563
 ค่าที่นั่ง (ระบุชื่อไม้โต)

ภาพที่ 4 การสร้างข้อมูล Google Form



ภาพที่ 5 แผนผังรูปภาพรถโดยสาร ระบุเลขที่นั่ง

โปรดชำระเงินในการจอง ธนาคารกรุงไทย สาขาสะพานใหม่ เลขบัญชี 065-0-55873-1 และอัปโหลดหลักฐานในการชำระเพื่อยืนยันการจองต่อ 1 รายการเท่านั้น)และความสะดวกในการขึ้นรถ *

[📎 เพิ่มไฟล์](#)

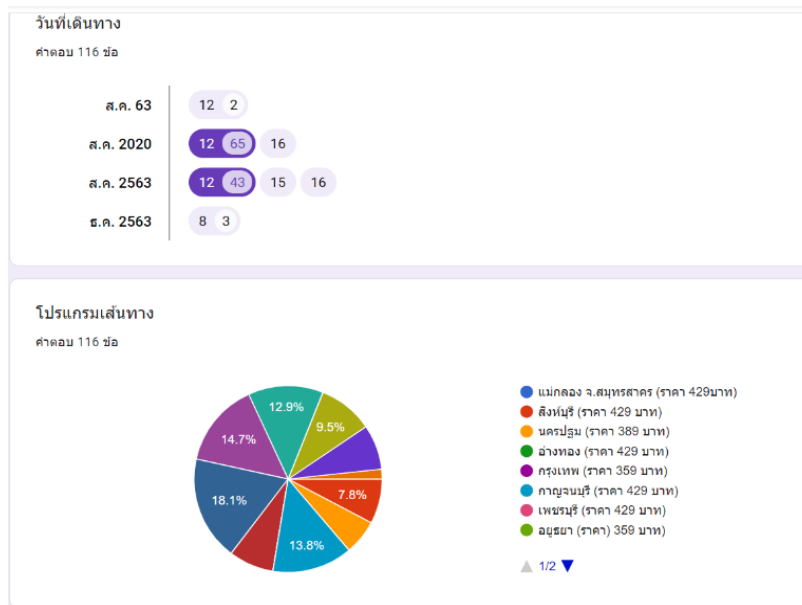
โปรดแนบสำเนาบัตรประชาชนสำหรับผู้ที่อยู่ในเขตพื้นที่ เข้ามาร่วมสวนนงนุชฟรี

[📎 เพิ่มไฟล์](#)

ภาพที่ 6 เพิ่มไฟล์อัปโหลดการชำระเงิน

การทดสอบเครื่องมือวิจัย Admin ระบบหลังบ้าน

การดูระบบของตัวออนไลน์จาก Admin ระบบหลังบ้าน (Google Form) ข้อมูลในการบันทึกการตอบกลับการจองที่สมบูรณ์ ของระบบของตัวออนไลน์ Google Form ในแต่ละวันที่เดินทาง สามารถวิเคราะห์ในรูปแบบของ Excle และรูปแบบ กราฟ แผนภูมิ เพื่อให้รู้จำนวนรถที่ให้บริการ , จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการ, รายได้ในกาให้บริการ เก็บข้อมูลทางสถิติได้อย่างแม่นยำและสามารถดูได้แบบ Real Time ดังรูปภาพประกอบ



ภาพที่ 7 Admin กราฟข้อมูลรถระบุเส้นทาง จำนวนผู้โดยสาร



ภาพที่ 8 รูปไฟล์การชำระเงิน

ผลข้อมูลทางสถิติ

1. ทำให้ผู้ปฏิบัติงานกลุ่มปฏิบัติการเดินรถสามารถจัดการวางแผนการเดินรถให้สอดคล้องการใช้บริการไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้บริการในเส้นทาง
2. ผู้บริหารได้ทราบผลการดำเนินงาน สามารถปรับปรุงและวางแผนการให้บริการในเส้นทางใหม่หรือเกิดนโยบายในการส่งเสริมการขายเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับองค์กร
3. หน่วยงานการเงินและการบัญชีสามารถทราบยอดรายได้ล่วงหน้าจากช่องทางการจำหน่ายตั๋วออนไลน์ และไม่ต้องนำเงินสดเข้าบัญชี

เมื่อสร้าง Google Form เสร็จนำมาวางในแอปพลิเคชันลิงค์ QR Code และเมื่อได้ QR Code ติดประกาศประชาสัมพันธ์ เผยแพร่ผ่านระบบจอแสดงผลบนรถโดยสาร ขสมก. ทุกคัน เพื่อสื่อสารให้ผู้โดยสารสามารถจองผ่านระบบ QR Code เพียงแค่สแกนจากนั้นเข้าระบบลิงค์ไปหน้า Google Form ผู้โดยสารสามารถทำการจองตั๋วโดยสารโครงการครอบครัวสุขสันต์ไหว้พระ 9 วัด กับ ขสมก. ได้ทันทีที่อยู่บนรถโดยสาร ขสมก. ดังนั้นผู้ศึกษาได้ทำการสร้าง QR Code ระบบจองตั๋วออนไลน์ Google Form เข้ามาใช้จองในวันที่ 12 สิงหาคม 2563 โดยประชาสัมพันธ์ให้ผู้ใช้บริการสามารถจองตั๋วโดยสารผ่านการสแกน QR Code ล่วงหน้าและการจำหน่ายตั๋วโดยสารหน้างานอยู่บางเซน ดังภาพประกอบที่ 9 เสร็จสมบูรณ์



ภาพที่ 9 ระบบจองตั๋วออนไลน์ QR Code

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ระบบจองตั๋วโดยสารออนไลน์ด้วย Google Form แสดงให้เห็นจำนวนปริมาณผู้โดยสาร จองเข้ามาในระบบ และสัดส่วนจำนวนผู้โดยสารที่เดินทางมาซื้อตั๋วที่อุบลฯ ดังภาพกราฟประกอบจำนวนผู้โดยสารและรายได้ค่าโดยสาร



ภาพที่ 10 กราฟแสดงจำนวนผู้โดยสารในวันที่ 12 ส.ค. 63



ภาพที่ 11 กราฟแสดงรายได้ในวันที่ 12 ส.ค. 63

1. จากกราฟจำนวนผู้โดยสาร และรายได้ แสดงให้เห็นว่าผู้โดยสารที่จองตั๋วออนไลน์มากคิดเป็น 41%ได้รับความสนใจจากผู้โดยสาร เนื่องจากได้รับความสะดวกสบาย ระบบการจอง Google Form ทำให้ผู้โดยสารได้เดินทางในเส้นทางที่ต้องการ
2. รายได้ค่าโดยสารได้เพิ่มสภาพคล่องด้วยกระแสเงินสดที่ผู้โดยสารชำระเข้ามาล่วงหน้าก่อนวันเดินทาง คิดเป็น 39%
3. ขสมก. สามารถวางแผนการจัดการเดินรถในเส้นทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้จำนวนรถโดยสารที่แน่นอน และจัดการหมายเลขรถโดยสาร พนักงานขับรถ และพนักงานเก็บค่าโดยสาร เพื่อเตรียมความพร้อมในการให้บริการ
4. ทำให้มีผู้ใช้บริการรายใหม่เพิ่มขึ้นจากเข้าถึงช่องทางจองตั๋วออนไลน์

สรุปผลและเสนอแนะ

1. เครื่องมือเทคโนโลยีแพลตฟอร์ม Google Form จึงเป็นกลยุทธ์เพิ่มช่องทางการจำหน่ายตั๋วโดยสาร โครงการครอบครัวสุขสันต์ไหว้พระ 9 วัดกับ ขสมก.
2. ระบบจองตั๋วออนไลน์ Google Form ลดความเสี่ยงของผู้โดยสารที่เดินทางมาซื้อตั๋วหน้างานได้มากถึง 77%
3. ในการวิจัยครั้งนี้ผู้ใช้บริการโครงการครอบครัวสุขสันต์ไหว้พระ 9 วัดกับ ขสมก. สร้างพึงพอใจให้กับผู้ใช้บริการได้เป็นอย่างดี จึงนับได้ว่าการเพิ่มประสิทธิภาพช่องทางการจำหน่ายตั๋วโครงการครอบครัว

สุขสันต์ไหว้พระ 9 วัดกับ ชสมก. เป็นช่องทางทางเลือกใหม่ให้กับผู้โดยสารผู้ให้บริการ ในเพจ Facebook ไหว้พระอุ้มบางเขนมีการแสดงความคิดเห็นแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) กลุ่มประชาชนผู้ให้บริการชื่นชอบ และชมเชย ในการทำระบบจองตั๋วออนไลน์โครงการครอบครัวสุขสันต์ไหว้พระ 9 วัดกับ ชสมก. ได้รับความสะดวกและได้ที่นั่ง เส้นทางที่ต้องการไปอย่างแน่นอน และไม่ทำให้เสียเวลาในการตื่นเช้าเพื่อเดินทางไปซื้อตั๋วโดยสารที่อุ้มบางเขน โดยการ ผู้ให้บริการทักดูใจเมื่อเจ้าหน้าที่โพสต์ การจองตั๋วโครงการครอบครัวสุขสันต์ไหว้พระ 9 วัดกับ ชสมก. ผ่านระบบ QR Code คิดเป็น 88 % ของจำนวนสมาชิกที่ติดตามเพจ Facebook ไหว้พระอุ้มบางเขน และมีข้อเสนอแนะอยากให้เลือกที่นั่งได้แบบสายการบิน เพื่อให้ทราบว่าที่นั่งได้ถูกจองไปแล้วหรือยัง

2) กลุ่มประชาชนผู้ให้บริการที่ไม่เห็นด้วยกับระบบจองตั๋วออนไลน์โครงการครอบครัวสุขสันต์ไหว้พระ 9 วัดกับ ชสมก. ให้เห็นว่าควรใช้ระบบเดิมคือการซื้อตั๋วที่อุ้มบางเขนเหมือนเดิม ใครมาก่อนได้ขึ้นก่อน และมองว่าเป็นรูปวัฒนธรรมดั้งเดิมไม่ควรให้มีระบบการจองตั๋วออนไลน์เกิดขึ้น คิดเป็น 12 %

4. ผลการดำเนินงานในการจองตั๋วโดยสารออนไลน์โครงการครอบครัวสุขสันต์ไหว้พระ 9 วัดกับ ชสมก. ทำให้ผู้อำนวยการเดินรถที่ 1 และผู้บริหาร หัวหน้างาน ตลอดจนผู้ปฏิบัติงาน พึงพอใจในระบบการจองตั๋วโดยสารออนไลน์ ทำให้ ชสมก. มีจำนวนผู้โดยสารเพิ่มขึ้น และมีกระแสเงินสดเข้ามาในระบบหมุนเวียนเพื่อให้เกิดสภาพคล่อง อีกทั้งช่วยลดปัญหา และตอบสนองของความต้องการของผู้โดยสาร

ข้อเสนอแนะ

1. ผู้บริหารองค์กรขนส่งมวลชนกรุงเทพควรพิจารณากับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องแก้ไข หรือขอเงินปรับปรุงแก้ไข กฎปฏิบัติการการจัดตั้งองค์การ พ.ศ 2519 เพื่อประกอบธุรกิจเกี่ยวกับการขนส่ง
2. ในอนาคตผู้บริหารพลักดันและสนับสนุนให้เกิดบริษัทลูก เพื่อความคล่องตัวในการบริหารจัดการ เป็นตัวอย่างในการจัดตั้งบริษัทลูกเชื่อมโยงโครงข่าย เมื่อเกิดบริษัทลูก องค์กรขนส่งมวลชนกรุงเทพ หรือ BMTA Travel ให้บริการโครงการไหว้พระ 9 วัด ชสมก. หรือผู้ให้บริการรถโดยสารแบบท่องเที่ยว จัดตั้งบริษัทลูกในเครือ ชสมก. เพื่อประกอบธุรกิจเกี่ยวกับการขนส่งบุคคลให้บริการด้านท่องเที่ยวตามโครงการครอบครัวสุขสันต์ไหว้พระ 9 วัดกับ ชสมก. และใช้กลยุทธ์เพิ่มประสิทธิภาพของการจำหน่ายตั๋วด้วยระบบออนไลน์ และการประชาสัมพันธ์สื่อดิจิทัลขยายธุรกิจ นำระบบการจองตั๋วโดยสารที่ใช้ Software (ซอฟต์แวร์) เป็นชุดคำสั่งหรือโปรแกรม (Program) ที่เขียนขึ้นสำหรับระบบการจองตั๋วโดยสาร โดยเฉพาะ และบันทึกฐานข้อมูลค่าในการใช้บริการ สะสมแต้ม สมาชิก ส่วนลด ให้ลูกค้าติดตามสนใจมากขึ้น ทั้งลูกค้ารายเก่า รายใหม่ ข้อมูลในการใช้บริการสามารถนำมาวิเคราะห์ พัฒนาเส้นทางหรือการให้บริการที่ดียิ่งขึ้น เพื่อให้ประชาชนเข้าถึงการบริการที่ได้รับความสะดวกรวดเร็วมากขึ้น
3. การสร้างจุดแลนด์มาร์ค Landmark ในเส้นทางโครงการครอบครัวสุขสันต์ไหว้พระ 9 วัดกับ ชสมก. จัดหาจุดแลนด์มาร์ค Landmark สถานที่ท่องเที่ยวสำคัญของแต่ละจังหวัด และมีจุดเช็คอิน Check-in ร้านกาแฟ Cafe ของฝากประจำจังหวัด สำหรับถ่ายภาพ ร่วมกับร้านค้าอาหารอร่อยพื้นบ้านในท้องถิ่นนั้น เทียว กิน ได้ ส่วนลด สร้างรายได้ธุรกิจหมุนเวียนให้ชุมชน มีไกด์ซึ่งเป็นพนักงาน ชสมก. ที่ฝึกอบรมด้านการพูดแนะนำให้บริการที่ดีเยี่ยมกับลูกค้า และ Up Date เส้นทางท่องเที่ยวจุดแลนด์มาร์ค Landmark เพื่อให้ผู้โดยสารรู้สึกถึงประสบการณ์ใหม่อยู่เสมอ

4. การต่อยอดกลยุทธ์ด้านการตลาดสร้าง Application สำหรับการจองตั๋วโดยสารโครงการครอบครัวสุขสันต์ ใหัวพระ 9 วัดกับ ชสมก โดย Application จะทำให้การเข้าถึงข้อมูลของประชาชนผู้ใช้บริการได้ง่ายและสะดวก สามารถดูข้อมูลเส้นทาง ร้านค้าอาหารที่อร่อย ของฝาก ของที่ระลึก จุดสำคัญ และอ่านประวัติสถานที่ที่น่าสนใจ เชื่อมโยงโครงข่ายกับรถโดยสารสาธารณะที่ให้บริการเส้นทางปกติ ชสมก. สามารถดูได้จากสมทโฟนผ่าน Application การสะสมแต้ม
5. Rebranding หรือ การปรับภาพลักษณ์องค์กร คือกลยุทธ์หนึ่งทางการตลาด โดยที่องค์กรใดองค์กรหนึ่งได้ทำการปรับภาพลักษณ์หรือรูปแบบธุรกิจใหม่ และนำไปสู่การปฏิบัติในทุกมิติขององค์กร ด้วยการสื่อสารที่ชัดเจนต่อเนื่อง อาจมีการเปลี่ยนวิสัยทัศน์หรือเปลี่ยนวิถีคิดของคนในองค์กร เพื่อให้คนในองค์กรร่วมกันขับเคลื่อนแบรนด์ใหม่ให้เข้าถึง ตั้งแต่พนักงานขับรถโดยสาร, พนักงานเก็บค่าโดยสาร ตลอดจนผู้บริหารองค์กรขนส่งมวลชนกรุงเทพ

เอกสารอ้างอิง

- นิตยา เปล่งเจริญศิริชัย, นุชรี สาระพล, ธนพัฒน์ คงใจดี และพรทิพย์ พงษ์สวัสดิ์. (2561). การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการจัดการห้องเรียนและห้องประชุมของมหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่ง
- สุรวัชร์ สิมคาน. (2558). ระบบบริหารจัดการห้องออนไลน์ของสำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยนครพนม. *PULINET JOURNAL*, 1(1), 45-48.
- อภิสิทธิ์ อภัยภักดี, พิเชษฐ พันธ์สุภา และอัมรินทร์ ทั้งสุนันท์ (2557). ระบบการ จองตั๋วรถโดยสารประจำทาง PlantPloyChill. (2557). กรณีศึกษาระบบจัดการฐานข้อมูลกรณีศึกษาระบบการจัดการฐานข้อมูล ของบริษัท การบินไทยจำกัด. pagehq102.blogspot.com

การลดค่าล่วงเวลา (OT) การเติมก๊าซขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ
เขตการเดินรถที่ 1

Overtime Pay Reduction Of Bangkok Mass Transit Authority
BUS AREA 1

เกียรติศักดิ์ สุขศิลป์¹ นันทิ สุทธิการณนัย²

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย¹

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย²

*Corresponding author: E-mail: kiattisakbmta1@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอกรณีศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการเติมก๊าซ และลดค่าล่วงเวลาจากการเติมก๊าซ ฝ่ายการเดินรถขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพเขตการเดินรถที่ 1 อู่รังสิต มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาค่าล่วงเวลาการเติมก๊าซ และเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการเติมก๊าซ โดยใช้ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) มุ่งเน้นการวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ (causes and effect) แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับสาเหตุทั้งหมดที่ก่อให้เกิดปัญหา และระบุสาเหตุย่อยที่ส่งผลต่อปัญหาหลัก พร้อมทั้งปรับปรุงและแก้ไขปัญหาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการเติมก๊าซและลดค่าล่วงเวลาของพนักงาน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบบสอบถามและแบบสรุปการเติมก๊าซ ในการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการเติมก๊าซ และลดค่าล่วงเวลาจากการเติมก๊าซ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการเติมก๊าซจากเดือนมกราคม พ.ศ. 2564 จำนวนรถโดยสารสาธารณะเข้ามาใช้บริการจำนวน 5,983 คัน เฉลี่ย วันละ 193 คัน และ เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 (ลดลง)จำนวนรถโดยสารสาธารณะเข้ามาใช้บริการจำนวน 5,227 คัน เฉลี่ย วันละ 187 คัน และสามารถลดค่าล่วงเวลาระหว่างเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ ลดลง 360,609 บาท และส่วนใหญ่พบว่า ค่าล่วงเวลาส่วนใหญ่ เกิดจาก การรอคอยการเติมก๊าซในสถานี ที่ไม่มีการกำหนดรอบและเวลาในการเติม ส่งผลต่อค่าล่วงเวลาของพนักงานขับรถในการเติมก๊าซหลังจากเวลาเลิกงาน

คำสำคัญ : กระบวนการเติมก๊าซ; ค่าล่วงเวลา; เขตการเดินรถ; พนักงานขับรถ; รถโดยสารสาธารณะ

Abstract

This article presents a case study on improving the gas filling process and reducing the overtime cost spent in the process of Traffic Operation Department of Bangkok Mass Transit Authority, Area of Traffic 1. The purpose of the research is to study about the issues on overtime cost spent on the gas filling and improving the gas filling process by using the Fish Bone Diagram to analyze causes and effects. The diagram showed the connection between all causes and effects and indicated minor factors which lead to the occurrence of the main problems. At the same time, it improved and solved

the problems to enhance the efficiency of the gas filling process and lessen the employees' overtime payment. The tool used to study were overall operation gas filling report and a survey from customers in the area of traffic 1. As a result, having studied about improving the efficiency of the gas filling process and reducing the overtime cost in the process, I succeeded in enhancing the efficiency of the gas filling process. In January 2021, 5,983 public buses came for the service, 193 buses a day on average. In February 2021, (the number decreased) 5,227 public buses came to receive the service, 187 buses a day. Moreover, the overtime cost between January and February was reduced at 360,609 baht. I found that the overtime cost was mostly caused by buses queuing up for the gas filling in the station which has no scheduled round and time to receive the gas filling service. Consequently, that leads to the overtime payment for the bus drivers who have to have the buses' tank filled up after work time.

Keywords: gas filling process; overtime pay; driving area; drivers; public transport bus

บทนำ

องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ หรือ ขสมก. เป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ มีหน้าที่ในการจัดบริการรถโดยสารประจำทางในเขตกรุงเทพมหานคร นนทบุรี นครปฐม ปทุมธานี สมุทรสาครสมุทรปราการ ซึ่งเส้นทางรถโดยสารประจำทางร่วมบริการ ขสมก. มีทั้งหมด 8 เขต สำหรับเขตการเดินรถที่ 1 เป็นเขตการเดินรถชานเมือง ด้านทิศเหนือของกรุงเทพมหานคร โดยเดินรถผ่านถนนสายสำคัญ 3 สาย คือ ถนนพหลโยธิน, ถนนวิภาวดี – รังสิต และ ถนนรามอินทรา ให้บริการในพื้นที่ปริมณฑลครอบคลุมพื้นที่อำเภอเมืองปทุมธานี อำเภอคลองหลวง อำเภอธัญบุรี และอำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี ในปัจจุบันมีการเดินรถ 3 ลักษณะ คือการเดินรถธรรมดาลักษณะพิเศษ (รถครีม – แดง) รถปรับอากาศยูโรทู (EURO II) และการเดินรถปรับอากาศลักษณะพิเศษโดยการใช้ก๊าซ NGV โดยมีสัมปทานของรถที่วิ่งจำนวนมาก

สภาพโดยทั่วไปของเขตการเดินรถที่ 1 มีจำนวน 3 คู่ ได้แก่ คู่บางเขนและเป็นสำนักงานเขต, คู่รังสิต, คู่ธรรมศาสตร์ มีรถโดยสารให้บริการจำนวน 407 คัน สถานที่ทำการกลุ่มปฏิบัติการเดินรถ ที่ 2,3 (คู่รังสิต) คัน มีเส้นทางรถโดยสาร 12 สาย ได้แก่ 39, 95ก, 185, 510, 520, 555, A3, A4, 34, 59, 503 และ 522 มีรถประจำการทั้งหมด 272 คัน โดยในจำนวนนี้มีรถใช้ก๊าซจำนวน 198 คัน ทำให้จำนวนรถในการเติมก๊าซ แต่ละวันมีจำนวนมาก จากการศึกษารายงานสรุปการเติมก๊าซของ ขสมก.คู่รังสิต สาย 522 ใน 1 วัน มีจำนวนทั้งหมด 36 คัน พบว่า มีการเติมก๊าซ 118 รอบ แสดงให้เห็นว่า จากรายงานสรุปการเติมก๊าซ ไม่มีการกำหนดรอบและเวลาในการเติม จึงส่งผลให้รถเข้ามาเติมบ่อย และจำนวนวิ่งของแต่ละสายไม่แน่นอน ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าในการรถเติมก๊าซ และส่งผลต่อค่าล่วงเวลาของพนักงานขับรถในการเติมก๊าซหลังจากเวลาเลิกงาน

จากปัญหาดังกล่าว อาจพิจารณาการจัดระบบการเติมก๊าซให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในแนวทางแก้ไขปัญหารูปแบบจะมุ่งเน้นในด้านบุคคลกร ด้านสถานที่ และด้านกระบวนการเติมก๊าซ โดยมีความสม่ำเสมอในการพัฒนา จากปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญห และ การประเมิน

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัญหาค่าล่วงเวลาการเติมก๊าซ
2. เพื่อลดต้นทุนค่าล่วงเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการเติมก๊าซ

การทบทวนวรรณกรรม

กิตติพงศ์ ชัยกิตติภรณ์ และ อุบลวรรณ ภวกันันท์ (2559) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาการให้บริการรถโดยสารประจำทางขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.)” การศึกษาในครั้งนี้ จะแบ่งผลการวิจัยออกเป็น 3 ประเด็นตามโครงสร้างการวิจัย โดย ผลการวิจัยพบว่า 1) แผนปฏิบัติงาน มีข้อบกพร่องใน ส่วนของการกำหนดวัตถุประสงค์โครงการ และพบปัญหาในการนำโครงการไปปฏิบัติและการประเมินผลโครงการ 2) การสำรวจทัศนคติ และประเมินความต้องการของผู้ใช้บริการพบว่า โครงการที่ ขสมก. ดำเนินการ นั้น สอดคล้อง กับความต้องการของผู้ใช้บริการ แต่ผู้บริกรก็ยังเห็นว่า การให้บริการควรต้องปรับปรุง โดยเฉพาะความทันเวลา รองลงมาคือ ความถี่/ความต่อเนื่อง สภาพรถ ความครอบคลุม/ทั่วถึงของ เส้นทาง ความปลอดภัย และการพัฒนาคุณภาพรถเมล์ฟรี ตามลำดับ 3) การพัฒนาการให้บริการ รถโดยสารประจำทาง ต้องนำเอาเทคโนโลยีการระบุตำแหน่ง (GPS) การพัฒนา Application และการใช้ช่องทางพิเศษ (buslane) เข้ามาประยุกต์ใช้ และบูรณาการอย่างเป็นระบบ อีกทั้งยัง ต้องปรับปรุงเส้นทางรถโดยสารให้สามารถให้บริการได้อย่างครอบคลุม/ทั่วถึง

ณรงค์ วงศ์สกุล และ กฤษฎา ตันเปาว์ (2561) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การพัฒนารูปแบบการแก้ไขปัญหาการขาดทุนของ องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.)”โดยมีการพัฒนารูปแบบการแก้ไขปัญหา การขาดทุน ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การกู้เงินเพื่อรับ โครงสร้างหนี้ 2) การปฏิรูประบบรถโดยสารประจำทาง และ 3) การลดจำนวน พนักงาน และการประเมินตรวจสอบยืนยันรูปแบบโดยการจัดสนทนา กลุ่ม ผู้เชี่ยวชาญ พบว่ามีความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการใช้แก้ไขปัญหาการ ขาดทุนขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ

พินดา ทองสุข ได้ทำการวิจัยเรื่อง (2556) ได้ทำ“การวิเคราะห์ต้นทุนประกอบการขนส่งรถโดยสารประจำทางของ องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพเปรียบเทียบกับรถเอกชนร่วมบริการ” วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้ เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนประกอบการขนส่งรถโดยสาร ประจำทางขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ และเปรียบเทียบต้นทุนการประกอบการระหว่างรถโดยสารของ องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพในการลดต้นทุนการประกอบการขนส่งรถโดยสารขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ 1) ใช้ก๊าซธรรมชาติทดแทนการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงในการเดินรถ 2) ลดค่าใช้จ่ายด้านดอกเบี้ยที่เกิดจากการกู้เงินจาก สถาบันการเงิน 3) การปรับปรุงเส้นทางรถโดยสารที่ซ้อนทับกัน 4) ลดจำนวนบุคลากร ตามความสมัคร ใจโดยเข้าโครงการเกษียณอายุ ก่อนกำหนด (Early Retirement)

อิทธิพงษ์ เขมะเพชร และ ลักขณา คิถบรรจง (2557) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “ปัญหาการดำเนินงานของระบบขนส่งมวลชนและแนวทางการแก้ไข” โดยมุ่งเน้นศึกษาระบบการเดินทางโดยสารประจำทางซึ่งดำเนินงานโดยองค์การขนส่ง มวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) รวมถึงทบทวนการศึกษาหรือ งานวิจัยทั้งในระดับนโยบายจากองค์กรในต่างประเทศ ซึ่งต่างให้ข้อสรุปถึงสาเหตุและการแก้ไขที่ตรงกัน ในการปรับปรุงระบบการดำเนินงานของระบบการเดินทาง โดยสารประจำทางและการเชื่อมต่อกับระบบราง การจำลอง ระบบจราจรหรือขนส่งด้วยระบบ

คอมพิวเตอร์ ช่วยลด ต้นทุนและผลกระทบต่อผู้ใช้บริการในการศึกษาและ วิเคราะห์ถึงผลที่ได้จากการปรับเปลี่ยนการดำเนินงาน ของระบบขนส่งมวลชน ข้อเสนอในการเพิ่มประสิทธิภาพ ของระบบมีพื้นฐานจากดัชนีชี้วัดซึ่งสะท้อนถึงผลการ ดำเนินงานของระบบขนส่งมวลชน แนวความคิดของ การศึกษาและวิเคราะห์ผลจากการทับซ้อนของเส้นทาง การเดินทางโดยสารประจำทางของ ขสมก. นับเป็นวิธีการหนึ่ง ในการบรรเทาปัญหาการดำเนินงานของ ขสมก. โดยการลด ความยาวของเส้นทาง ลดจำนวนเส้นทางเดินทางที่ ซ้ำซ้อนในบางเส้นทาง และเพิ่มจำนวนรอบของการให้บริการ

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ศึกษาสภาพโดยทั่วไปขององค์การขนส่งมวลชน ระยะเวลาการเติมก๊าซ และค่าล่วงเวลา เก็บข้อมูลจริงจากรายงานการเติมก๊าซขององค์การปฏิบัติการเดินรถอุ้งสิต ระบุปัญหาหลักที่เกิดขึ้นในองค์การที่จะเสนอแนวทางในการแก้ไข และวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นนำเสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดระบบการเติมก๊าซ และประเมินรูปแบบการจัดระบบการเติมก๊าซจากการเก็บแบบสอบถามจากประชากรกลุ่มตัวอย่าง และแนวโน้มของความเป็นไปได้จากงานวิจัยและผลวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้อง สรุปผลงานและข้อเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาในอนาคต เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

เครื่องมือที่ผู้ศึกษาได้นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม และ แบบสรุปการเติมก๊าซ ซึ่งแบบสอบถามแบ่งเป็น 2 ส่วน ประกอบไปด้วย ส่วนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไป และส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นในการใช้รถโดยสารสาธารณะ โดยประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ประชาชนผู้ใช้บริการพื้นที่เขตการเดินรถที่ 1 ซึ่งมีประชากรมากกว่า 100,000 คน ผู้ศึกษาจึงใช้หลักการคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตร Taro Yamane ได้จำนวนตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์จำนวน 100 คน

การศึกษาข้อมูลจากรายงานขององค์กร จึงจัดทำแผนผังก้างปลาเพื่อหาสาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิดค่าล่วงเวลาจากการเติมก๊าซของพนักงาน ของการเกิดค่าล่วงเวลาจากระบบการเติมก๊าซ และผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาจากแผนผังก้างปลา คือ

1. ด้านกระบวนการเติมก๊าซ การเติมก๊าซในแต่ละคันใช้เวลาประมาณ 20 - 40 นาทีต่อคัน เมื่อมีจำนวนรถที่มากทำให้มีการต่อคิวเพื่อเติมก๊าซในสถานี เนื่องจากจำนวนรถโดยสารที่เข้ามาเติมก๊าซมีจำนวนหลายสาย มีจำนวนเที่ยววิ่งรถในแต่ละสายที่ไม่แน่นอน และไม่มีการกำหนดเที่ยวในการเติมก๊าซ ส่งผลให้จำนวนรถในแต่ละสายนำรถเข้ามาเติมบ่อยครั้ง
2. ด้านสถานที่และอุปกรณ์ สถานีปั๊มก๊าซของอุ้งสิตที่จัดตั้งโดยบริษัท ปตท. จำกัดได้เข้ามาติดตั้งสถานีที่จำนวน 6 ช่อง 12 หัวจ่าย สามารถใช้หัวจ่ายเติมได้เพียงครั้งละ 6 ช่อง จากผังของสถานีที่ไม่สามารถเติมก๊าซแบบสวนทางกันได้จากผังที่สามารถเติมได้แบบทางเดียว
3. ด้านบุคลากร ปัญหาพนักงานเติมก๊าซในปัจจุบันมีไม่เพียงพอ มีพนักงาน 3 คนต่อกะ โดยมีพนักงานจุดปริมาณก๊าซที่ตู้ 1 คน และ 2 คนเสียบหัวจ่าย พนักงานเกิดความเหนื่อยล้า เนื่องจากพนักงานที่ช่วยเติมก๊าซขาดอัตรากำลังและไม่เพียงพอกับช่องเติมก๊าซต้องใช้หมุนเวียนเดินเติมก๊าซ จึงมีพนักงานไม่เพียงพอในการเติมก๊าซแต่ละคัน

ซึ่งชั่วโมงการทำงานจะสิ้นสุดเมื่อนำเข้าตู้ หรือมีการนำรถเข้ามาจอดรอเพื่อให้เกิดค่าล่วงเวลา ทำให้พนักงานขับรถเกิดค่าล่วงเวลาจากการรอคอยการเติมก๊าซ และปัจจัยอื่นๆ เช่น การเกิดปัญหาจากรถ, การจัดเวลารับงาน, แผนการปล่อยรถ อัตราค่าล่วงเวลาของพนักงานขับรถที่เกิดจากการทำงานที่ล่วงเวลาคงคิดค่าล่วงเวลาจะคิดรวมกับฐานเงินเดือนโดยนำมาเฉลี่ยกับชั่วโมงการทำงานที่เพิ่มขึ้น และอัตราตามตำแหน่งของพนักงานขับรถ โดยค่าล่วงเวลาของพนักงานขับรถเกิดขึ้นจากปัญหาจากรถ, แผนการปล่อยรถ, และการจัดเวลารับงาน

รถประจำทางที่เข้ามาใช้สถานีเติมก๊าซประจำเดือนมกราคม พ.ศ. 2564 ซึ่งมีจำนวน 5,983 คัน และใน 1 วันมีจำนวนรถเข้ามาเติมเฉลี่ย 193 คัน ค่าใช้จ่ายค่าล่วงเวลาของพพร.,พทส.ประจำเดือนมกราคม พ.ศ.2564 ซึ่งสายที่เกิดค่าล่วงมากที่สุดคือสาย 34 อุรังลิต - หัวลำโพง รวม 84 สถานี เป็นรถประจำทางที่เริ่มให้บริการเวลา 0:00 และสิ้นสุดที่เวลา 23:40 วันทำการของสัปดาห์ ทุกวัน และรองลงมาคือสาย 39 ตลาดไท - อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ รวม 73 สถานี ทั้งสองสายที่ให้บริการมีจำนวนสถานีจุดจอดรถที่มากและมีระยะในการเดินทางที่ไกล

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากปัญหาความล่าช้าในการรอการเติมก๊าซ ที่ส่งผลต่อค่าล่วงเวลาของพนักงานขับรถ ในการเติมก๊าซ หลังจากเวลาเลิกงาน ผู้ศึกษาได้ทำการเสนอแนวทางการแก้ไขของการลดค่าล่วงเวลา จากการศึกษาและรวบรวมเอกสารเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการเติมก๊าซขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ เขตการเดินทางที่ 1 อุรังลิต โดยแบ่งออกเป็น 3 แนวทาง ดังนี้

แนวทางที่ 1 การนำระบบ Application หรือ QR CODE

การนำระบบ Application หรือ QR CODE เข้ามาใช้ในการจัดคิวในการเติมก๊าซ โดยเมื่อพนักงานขับรถนำรถเข้ามาในสถานีเติมก๊าซ จะต้องทำการแสกน QR CODE เพื่อดูหมายเลขช่องว่างในการนำรถเข้าไปเติมก๊าซ นำรถเข้าไปเติมตามหมายเลขช่อง เพื่อป้องกันการนำรถเข้ามาจอดทิ้งไว้เพื่อให้เกิดค่าล่วงเวลา และลดปริมาณรถภายในสถานี เพื่อช่วยลดการรอคอยที่เกิดขึ้นจากการรอคิวเติมก๊าซ ที่ใช้เวลา 20-40 นาที และลดปริมาณการนำรถเข้ามาจอดในสถานีเพื่อรอค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้น โดยได้มีการทดลองจัดทำ QR CODE ในเดือนกุมภาพันธ์ และผลการทดลอง ที่เกิดขึ้นคือ สามารถลดเวลาในการเข้าเติมก๊าซ คั่นละประมาณ 20 นาที ทำให้ระยะเวลาในการรอ-คอยลดลงทำให้ค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นลดลง โดยการคิดค่าล่วงเวลาของพนักงานขับรถคิดจากชั่วโมงการทำงานของพนักงานขับรถและอัตราค่าล่วงเวลาของแต่ละตำแหน่ง โดย 1 ชั่วโมง จะได้รับค่าล่วงเวลาประมาณ 60-80 บาท ซึ่งเดือนกุมภาพันธ์ รถประจำทางที่เข้ามาใช้บริการในสถานีเติมก๊าซ มีจำนวน 5,127 คัน ซึ่งลดลงจากเดือนมกราคม 856 คัน

แนวทางที่ 2 การนำรถโดยสารประจำทางเติมก๊าซที่สถานีอื่นในระหว่างการเดินทาง

โดยการให้นำรถประจำทางเติมก๊าซในสถานีปั๊มก๊าซเอกชนในระหว่างการเดินทาง หรือเติมก๊าซในพื้นที่บริเวณใกล้เคียง เพื่อลดความแออัดในสถานี ช่วยย่นระยะเวลาในการรอเข้าใช้บริการในสถานีอุรังลิต และสามารถนำรถเข้ามาเก็บที่ อุรังลิตได้ก่อนการเกิดค่าล่วงเวลา โดยได้ประเมินผลผ่านการเก็บแบบสอบถามจากประชาชนที่ใช้บริการรถโดยสารสาธารณะ จำนวน 100 คน ซึ่งข้อมูลจากแบบสอบถามสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 65 คน และเพศชาย จำนวน 30 คน และไม่ระบุเพศ 5 คน มีอายุต่ำกว่า 25 ปี จำนวน 56 คน อายุ 26-35 ปี จำนวน 26 คน และอายุ 36-45 จำนวน 17 ปี

2. การวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้รถโดยสารสาธารณะ

ตารางที่ 1 แสดงผลการศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้รถโดยสารสาธารณะ หากต้องนำรถโดยสารสาธารณะ
เติมก๊าซระหว่างการเดินทาง

หากต้องนำรถโดยสารสาธารณะเติมก๊าซระหว่างการเดินทาง	จำนวน (คน)
ใช้บริการ	54
ไม่ใช้บริการ	46
รวม	100

ผลการวิเคราะห์พบว่ากลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 100 คน ส่วนมากจะใช้บริการรถ จำนวน 54 คน คิดเป็นร้อยละ 54 และไม่ใช้บริการจำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 46

ตารางที่ 2 แสดงผลการศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้รถโดยสารสาธารณะ กรณีที่ผู้ตอบถามใช้บริการรถ
โดยสารสาธารณะ

ถ้าใช้บริการ เวลามากที่สุดที่ยอมรับได้หากมีการเติมก๊าซ	จำนวน (คน)
20 นาที	24
25 นาที	21
30 นาที	9
รวม	54

ผลการวิเคราะห์พบว่า ระยะเวลาที่คนที่ใช้บริการยอมรับได้มากที่สุดคือ 20 นาที จำนวน 24 คน รองลงมา 25 นาที จำนวน 21 คน และ 30 นาที จำนวน 9 คน จากกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้บริการต่อ จำนวน 54 คน

ตารางที่ 3 แสดงผลการศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้รถโดยสารสาธารณะ กรณีที่ผู้ตอบถามไม่ใช้บริการรถโดยสารสาธารณะ

ถ้าไม่ใช้บริการ วิธีการเดินทางไปยังปลายทาง	จำนวน (คน)
รถร่วมสายอื่น	16
รถไฟฟ้า	11
รถแท็กซี่	9
รถยนต์ส่วนตัว	10
รวม	46

ผลการวิเคราะห์พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามว่าส่วนใหญ่จะเดินทางด้วยรถร่วมสายอื่น จำนวน 16 คน เดินทางด้วยรถไฟฟ้า จำนวน 11 คน คิด เดินทางด้วยรถแท็กซี่ จำนวน 9 คน และเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนตัว 10 คน คิดเป็น จากผู้ตอบแบบสอบถามที่ไม่ใช้บริการ จำนวน 46 คน

ตารางที่ 4 แสดงผลการศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้รถโดยสารสาธารณะ ราคาค่าโดยสารเพิ่มเติม

ราคาค่าโดยสารเพิ่มเติม	จำนวน (คน)
10 บาท	40
11 - 20 บาท	33
21 - 30 บาท	16
31 บาทขึ้นไป	11
รวม	100

ผลการวิเคราะห์พบว่า ราคาค่าโดยสารเพิ่มเติมผู้ที่ตอบแบบสอบถามยอมรับส่วนใหญ่นั้นคือ 10 บาท จำนวน 40 คน รองลงมาคือ ราคา 11-20 บาท จำนวน 33 คน ราคา 21-30 บาท จำนวน 16 คน และราคา 31 บาทขึ้นไป จำนวน 11 คน

แนวทางที่ 3 การจัดทำตารางการเติมก๊าซ

โดยการจัดทำตารางการเติมก๊าซ จะจัดในช่วงเวลาเร่งด่วน คือช่วงเวลา 8.00-10.00 และ 16.00-18.00 เพื่อให้รถประจำทางที่เข้ามาใช้บริการในสถานี สามารถนำรถเข้ามาเติมได้อย่างรวดเร็ว การรอคอยการเติมก๊าซ 1 ครั้ง ใช้ระยะเวลาโดยประมาณ 20 นาที และฝั่งสามารถเติมได้ 6 คัน ดังนั้นใน 1 ชั่วโมงจะสามารถเติมได้ 18 คัน เพื่อช่วยลดปริมาณและความแออัดของรถประจำทางในสถานี การเติมก๊าซในช่วงเวลาเร่งด่วน

จากแนวทางการแก้ไขปัญหาทั้ง 3 แนวทาง มีการทดลองใช้แนวทางที่ 1 ในองค์กร ทำให้ค่าล่วงเวลาในเดือนกุมภาพันธ์และเดือนมีนาคมลดลง และ จำนวนรถที่เข้ามาใช้บริการในสถานีลดลง ทำให้ย่นระยะเวลารอคิวในสถานีลงได้

สรุปผลและเสนอแนะ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาค่าล่วงเวลา และเพื่อเป็นแนวทางการลดต้นทุน ค่าล่วงเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพจากกระบวนการเติมก๊าซ ของการเดินรถองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ เขตการเดินรถที่ 1 คู่งสิต โดยผู้ศึกษาใช้วิธีการวิจัยเชิงแบบประยุกต์ซึ่งดำเนินการวิจัยด้วยวิธีแบบผสมผสาน ระหว่างการวิจัยเชิงคุณภาพและวิจัยเชิงปริมาณ มีการรวบรวมเอกสารสรุปรายการการเติมก๊าซรายเดือนของ คู่งสิต เพื่อเป็นแนวทางในการจัดตารางการเดินรถ ควรจัดตารางการเติมก๊าซในแต่ละชั่วโมงผ่านแบบปฏิบัติงาน หรือช่องทาง QR CODE โดยบอกหมายเลขรถและเวลาที่ชัดเจน หรือนำรถโดยสารไปเติมที่สถานีบริการข้างนอกในระหว่างการเดินรถในกรณีที่ระยะทางวิ่งของรถโดยสารมีระยะที่ไกล และมีปริมาณการเติมที่น้อย เพื่อลดการนำรถเข้าไปใช้บริการที่สถานีก๊าซในจำนวนที่มาก และย่นระยะเวลารอคิวจาก 40 นาที เป็น 20 นาที ซึ่งสามารถลดค่าล่วงเวลา ระหว่างเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ ลดลง 360,609 บาท และระหว่างเดือนกุมภาพันธ์และ มีนาคม ค่าใช้จ่ายล่วงเวลาลดลง 326,248 บาท และมีการประเมินผลจากการเก็บแบบสอบถามของประชาชนที่ใช้บริการโดย ความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกใช้บริการต่อ และเวลาที่ผู้ใช้บริการต่อยอมรับได้หากรถมีการเติมก๊าซ คือ 20 นาที ส่วนผู้ที่ไม่ใช้บริการต่อส่วนใหญ่เลือกเปลี่ยนวิธีโดยสารด้วยรถร่วมสายอื่น และราคาโดยสารเพิ่มเติมที่ผู้ตอบแบบสอบถามยอมรับได้คือ 10 บาท

การแก้ไขปัญหาค่าล่วงเวลาจากกระบวนการเติมก๊าซ ที่เกิดจากการรอคอยการเติมก๊าซในสถานีมีม ของคู่งสิต จากการวิเคราะห์และเสนอแนะแนวทางแก้ไขปัญหา ทำให้เห็นถึงการลดค่าล่วงเวลาและการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการเติมก๊าซ คือ

1. สามารถลดระยะเวลาในการเติมก๊าซ และการรอคอย จาก 40 นาที เป็น 20 นาที
2. สามารถจัดระบบกระบวนการเติมก๊าซของรถโดยสารประจำทางได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ไม่เกิดความแออัดในสถานี และการจอดรถทิ้งไว้
3. สามารถลดค่าล่วงเวลาของพนักงานขับรถ ที่เกิดขึ้นจากการรอคอยการเติมก๊าซ ได้ประมาณ 60 – 80 บาท ต่อคน

ข้อเสนอแนะ

ผลจากการศึกษาเรื่อง การลดค่าล่วงเวลา (OT) จากกระบวนการเติมก๊าซของการเดินรถองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ เขตการเดินรถที่ 1 คู่งสิต มีข้อเสนอแนะดังนี้ การศึกษาในครั้งนี้มีปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้ คือ สภาพการจราจร สภาพอากาศและอุบัติเหตุที่เป็นปัญหาที่อาจทำให้เกิดค่าล่วงเวลา การพัฒนาเทคโนโลยี QR CODE ที่นำเข้ามาใช้ ปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและทันสมัย

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาค้างต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูลอาจไม่ครอบคลุมต่อการนำมาศึกษา เนื่องจากเอกสารมีการจัดบันทึก ด้วยลายมือ มีจำนวนมาก และการศึกษามีระยะเวลาจำกัด ทำให้เก็บข้อมูลได้บางส่วน โดยผลที่ได้ จากการศึกษา เป็นเพียงแนวทางที่ผู้ศึกษาได้เสนอแนะและแสดงให้เห็นถึง ค่าล่วงเวลาที่ลดลงจากเดิม

เอกสารอ้างอิง

- กลยุทธ์ในการลดต้นทุนการขนส่ง. (ม.ป.ป.). <http://www.similantechology.com/news&article/tms5tactics.html>
- กิตติพงษ์ ชัยกิตติภรณ์. (2559). การพัฒนาการให้บริการรถโดยสารประจำทางขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.). มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ณรงค์ วงศ์สกุล. (2561). การพัฒนารูปแบบการแก้ไขปัญหาการขาดทุนของ. มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น
- ธาดา ราชกิจ. (2562). วัตถุประสงค์ของการบริหารจัดการทรัพยากรมนุษย์ <https://th.hrnote.asia/orgdevelopment/190530-hrm-objective/>
- ประชาสารณ์ แสนภักดี. (ม.ป.ป.). ผังกว้างปลากับแผนภูมิความคิด. <http://www.prachasan.com/mindmapknowledge/fishbonemm.htm>
- ประเสริฐ อัครประดมพงศ์. (2552). การลดความสูญเปล่า ด้วยหลักการ ECRS. <https://cpico.wordpress.com/2009/11/29>
- พนิดา ทองสุข. (2556). การวิเคราะห์ต้นทุนประกอบการขนส่งรถโดยสารประจำทางขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพเปรียบเทียบกับรถเอกชนร่วมบริการ. มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์.
- ระบบลีน (LEAN) กำจัด 7 waste ในการผลิตเพื่อลดต้นทุน. (ม.ป.ป.). Prosoft. <https://www.prosoft.co.th/Article/Detail/132788>
- ระบบลีนในการผลิตเพื่อลดต้นทุนและเพื่อทำกำไรที่มากขึ้นของผู้ประกอบการโรงงาน. (2562). <https://www.proindsolutions.com>
- สิริพงศ์ จีงถาวรณ. (ม.ป.ป.). แนวคิดแบบลีน. <https://www.leanxacademy.com/single-post/lean-thinking-8-wastes>
- อิทธิพงษ์ เขมะเพชร. (2557). ปัญหาการดำเนินงานของระบบขนส่งมวลชนและแนวทางการแก้. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การบริหารจัดการต้นทุนพัสดุตัวรถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษา
องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ

Inventory Cost Management of Bus Ticket Case Study: Bangkok Mass Transit Authority

สมบัติ สีสดเล็ก¹ วิชาญตร์ งามสะอาด²

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย¹

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย²

*Corresponding author: E-mail: batyong@hotmail.com

บทคัดย่อ

องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพเป็นองค์กรที่ให้บริการรถโดยสารประจำทางวิ่งรับ-ส่งผู้โดยสารในเขตกรุงเทพมหานคร และจังหวัดใกล้เคียง 5 จังหวัด คือ นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ สมุทรสาคร และนครปฐม จำนวน 117 เส้นทาง มีรถโดยสารให้บริการ 3,005 คัน จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยต่อวัน 894,008 คน รายได้ค่าโดยสารเฉลี่ยต่อวัน 11,043,226.47 บาท โดยใช้พัสดุตัวโดยสารเฉลี่ยต่อวัน 1,105 ม้วน หรือประมาณ 404,108 ม้วนต่อปี และในปีงบประมาณ 2564 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพได้ทำสัญญาจ้างสำนักงานสลากกินแบ่งรัฐบาลเป็นผู้พิมพ์พัสดุตัวโดยสารส่งมอบ จำนวน 627,800 ม้วน มูลค่าพิมพ์ จำนวน 7,315,162.00 บาท ซึ่งจะเห็นได้ว่า 3 ปีที่ผ่านมาปริมาณการสั่งซื้อไม่สอดคล้องกับปริมาณการใช้ จำนวน 223,692 ม้วน

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการบริหารจัดการต้นทุนพัสดุตัวรถโดยสารประจำทาง เนื่องจากปริมาณการสั่งซื้อและปริมาณการใช้พัสดุตัวไม่สอดคล้องกัน ทำให้มีพัสดุตัวคงเหลือ เป็นจำนวนมาก คิดเป็นต้นทุนค่าพิมพ์ จำนวน 3,521,464.60 บาท ในการแก้ปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลการสั่งซื้อตัวและปริมาณการใช้ตั้งแต่เดือนมกราคม 2563 ถึงเดือนธันวาคม 2563 ของเขตการเดินรถที่ 5 พัสตุดัว จำนวน 21 ประเภทราคา ในการบริหารจัดการพัสดุตัวรถโดยสารให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมโดยวิเคราะห์ระดับความสำคัญของพัสดุตัวแต่ละราคาโดยใช้ทฤษฎี ABC Classification จัดลำดับความสำคัญตามมูลค่าปริมาณการใช้พัสดุตัว จากนั้นการพยากรณ์ (Forecasting) ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average) หาปริมาณการใช้เฉลี่ยต่อเดือน เพื่อมากำหนดนโยบายในการสั่งซื้อพัสดุตัวในแต่ละกลุ่มราคา และเมื่อเปรียบเทียบการสั่งซื้อแบบเดิมกับหลังการปรับปรุงการสั่งซื้อทำให้มีต้นทุนค่าพิมพ์ที่ลดลงเป็นจำนวนเงิน 662,700.00 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 62.04

คำสำคัญ: ตัวโดยสาร; การพยากรณ์; ทฤษฎี ABC

Abstract

Bangkok Mass Transit Authority is the service organization public bus Pick-up and drop-off passengers in Bangkok and nearby 5 provinces is Nonthaburi, Pathum Thani, Samut Prakan, Samut Sakhon, and Nakhon Pathom amount of 117 paths. By had service public bus 3,005 cars, in the number of passengers average 894,008 per a day, therefore revenue average 11,043,226.47 Bath, with used ticket public bus average daily 1,105 rolls or approximately 404,108 rolls per year, and in the fiscal year 2021 the organization Bangkok Mass Transit Authority made a contract. Hire the government lottery office to print ticket public bus deliver buying not in line with quantity of using 223,692 rolls.

The research studied the cost management of bus tickets. Due to the inconsistency between the order quantity and the use of tickets. The cost of printing is 3,521,464.60 baht to solve this problem, this research used information on ticket purchase and consumption from January 2020 to December 2020 of the 5th bus terminal number 21 price categories in management public bus ticket in an appropriate amount by analyzing the importance of ticket. Each price using ABC Classification Theory priority, according to the value of quantity in used ticket and then forecasting by Weighted Average method find the average monthly for determine the policy for ordering tickets in each price group price and when comparing the original order with after the order update as a result, the cost of ticket printing was reduced by the amount of 662,700.00 baht per year, equivalent to 62.04%.

Keywords: Bus ticket; Forecasting; ABC Classification

บทนำ

องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) จัดตั้งเป็นองค์การของรัฐตามพระราชกฤษฎีกา เมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2519 ซึ่งเป็นรัฐวิสาหกิจ ประเภทกิจการสาธารณูปโภค สังกัดกระทรวงคมนาคม มีภารกิจ และขอบเขตความรับผิดชอบในการจัดบริการรถโดยสารประจำทางวิ่ง รับ-ส่ง ผู้โดยสารในเขตกรุงเทพมหานคร และจังหวัดใกล้เคียง 5 จังหวัด คือ นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ สมุทรสาคร และนครปฐม นอกจากนี้ยังมีหน้าที่ในด้านประกอบการอื่นๆ ที่เกี่ยวกับหรือต่อเนื่องกับการประกอบการขนส่งบุคคล เนื่องจากกิจการเดินรถโดยสารประจำทาง จัดเป็นสาธารณูปโภคชนิดหนึ่งของรัฐที่ให้บริการแก่ประชาชนผู้มีรายได้น้อย และปานกลางเป็นหลักการดำเนินการจึงมุ่งสนองตอบนโยบายของรัฐบาลในด้านการให้ความช่วยเหลือ แก่ผู้มีรายได้น้อยโดยไม่หวังผลกำไร มีรถยนต์โดยสารในการให้บริการ จำนวน 3,005 คัน เส้นทางเดินรถ จำนวน 117 เส้นทาง ปีงบประมาณ 2563 ขสมก. มีรายได้จากการจำหน่ายตั๋วโดยสารเฉลี่ยวันละ จำนวน 11,043,226.47 บาท จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยวันละ จำนวน

894,008 คน ซึ่งในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์การศึกษา เพื่อบริหารจัดการพัสดุที่ว่างโดยสารประจำทางให้มีปริมาณที่เหมาะสม และลดต้นทุนค่าพิมพ์พัสดุที่ว่างโดยสารประจำทาง โดยกำหนดขอบเขตการศึกษา งานวิจัยนี้ทำการศึกษาในเรื่องพัสดุที่ว่างโดยสารประจำทางขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ เขตการเดินรถที่ 5 โดยสำรวจและรวบรวมข้อมูลการสั่งซื้อจากสำนักบริการและจัดซื้อ สำนักบัญชีและกองกลาง และเขตการเดินที่ 1 – 8 ปัจจุบันองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ได้ทำสัญญาจ้างสำนักงานสลากกินแบ่งรัฐบาลพิมพ์ตั๋วโดยสารปีงบประมาณ 2564 จำนวน 627,800 ม้วน มูลค่าพิมพ์ จำนวน 7,315,162.00 บาท และจากการตรวจนับพัสดุที่ว่างโดยสารคงเหลือ ณ วันที่ 30 กันยายน 2563 มีจำนวน 348,066 ม้วน มูลค่าพิมพ์ จำนวน 3,521,464.60 บาท ซึ่งในจำนวนพัสดุที่ว่างโดยสารคงเหลือมีพัสดุที่ว่างโดยสารที่ไม่สามารถใช้งานได้ อยู่ระหว่างขออนุมัติทำลาย จำนวน 75,455 ม้วน มูลค่าพิมพ์ จำนวน 802,322.30 ดังนั้นในปีงบประมาณ 2564 จะมีพัสดุที่ว่างโดยสาร จำนวน 900,411 ม้วน มูลค่าพิมพ์ จำนวน 10,034,304.30 บาท จากการรวบรวมข้อมูลการใช้พัสดุที่ว่างโดยสารของปี 2563 มีการใช้พัสดุที่ว่างโดยสาร จำนวน 404,107 ม้วน จะเห็นได้ว่าปริมาณการสั่งซื้อมากกว่าปริมาณการใช้ สาเหตุเกิดจากไม่มีพยากรณ์การใช้ และไม่มีมีการสำรวจพัสดุที่ว่างโดยสารคงเหลือก่อนทำสัญญา จึงทำให้องค์การต้องรับภาระต้นทุนค่าพิมพ์พัสดุที่ว่างโดยสารที่สูง ดังแสดงในภาพที่ 1 จึงเป็นสาเหตุของปัญหาสร้างมูลเหตุจูงใจในการต้องการที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าว



ภาพที่ 1 แสดงพัสดุที่ว่างโดยสารคงเหลือปี 2562 และ 2563

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

กรณีศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการบริหารจัดการพัสดุที่ว่างโดยสารขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ(ขสมก.) เพื่อลดต้นทุนในการจัดเก็บและมีปริมาณที่เหมาะสมกับการใช้จริง พร้อมทั้งเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาและลดต้นทุนในการดำเนินงาน โดยผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบด้วยทฤษฎีเครื่องมือ ดังต่อไปนี้

เครื่องมือการวิเคราะห์ปัญหาแก้งปลา (Fishbone Diagram)

แผนผังแก้งปลา(Fishbone Diagram)หรือเรียกเป็นทางการว่าแผนผังสาเหตุและผล(Cause and Effect Diagram) แผนผังสาเหตุและผลเป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (Possible Cause) เราอาจคุ้นเคยกับแผนผังสาเหตุและผลในชื่อของ "แผนผังแก้งปลา (Fishbone Diagram) " เนื่องจากหน้าตาแผนภูมิมีลักษณะคล้ายปลาที่เหลือแต่ก้าง หรือหลายๆ คนอาจรู้จักในชื่อของแผนผังอิชิกาวา (Ishikawa Diagram) ซึ่งได้รับการพัฒนาครั้งแรกเมื่อปีค.ศ.1943 โดยศาสตราจารย์คาโอรุอิชิกาวา แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว (ปฏิพล งานสุข, 2562), <https://www.oilpurethailand.net/fishbone-diagram/>

ทฤษฎี ABC Classification

การวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC คือเป็นแนวคิดที่ให้ความสำคัญกับการจัดกลุ่มสินค้าเป็น 3 กลุ่มเพื่อใช้ในการบริหารจัดการตามกลุ่มสินค้า การจัดลำดับมีหลายแบบตามแนวนโยบายที่ต้องการใช้บริหารขององค์กรเช่น การจัดลำดับสินค้าตามมูลค่าสินค้าคงคลังที่ถือครองรวมต่อปีของแต่ละรายการ, มูลค่าขายสินค้าแต่ละรายการ หรือส่วนแบ่งกำไรของสินค้านั้น โดยจัดแบ่งตามเกณฑ์การพิจารณา เช่น การใช้จำนวนรายการวัสดุ (Unit) มาคิดร่วมกับมูลค่า (Value) มูลค่าที่พุดถึงอาจเป็น มูลค่าการถือครอง หรือมูลค่าการขาย หรือมูลค่าส่วนแบ่งกำไร เพื่อจัดแบ่งกลุ่ม

- **วัสดุกลุ่ม A** คือ วัสดุในกลุ่ม A จะประกอบด้วยสินค้าที่มีเพียงไม่กี่รายการหรือมีจำนวน SKU (Stock Keeping Unit) น้อยอาจเพียง 5-15 % แต่เป็นรายการสินค้าคงคลังที่มีมูลค่าสูงเกิน 70-80 % อาจกำหนดค่าขั้นสูง Y หากมีเกินขั้นต่ำสูงกว่า Y ก็จัดอยู่ในวัสดุกลุ่มนี้

- **วัสดุกลุ่ม B** คือ วัสดุในกลุ่ม B เป็นส่วนสินค้าที่มีมูลค่ารองลงไป จะได้รับความสำคัญน้อยลงจะประกอบด้วยสินค้ารายการระหว่าง 15-30 % แต่เป็นรายการสินค้าคงคลังที่มีมูลค่าต่ำกว่า 30 % อาจอยู่ในระหว่างค่าที่กำหนด โดยมีค่าต่ำกว่า Y แต่ยังสูงกว่าค่าขั้นต่ำ X ก็จัดอยู่ในวัสดุกลุ่มนี้ ส่วนสินค้าที่มีมูลค่าการถือครอง หรือมีมูลค่าการขาย หรือส่วนแบ่งกำไรรองลงไปจะได้รับความสำคัญน้อยลงเป็น B และ C ตามลำดับ

- **วัสดุกลุ่ม C** คือ วัสดุในกลุ่ม C เป็นส่วนสินค้าที่มีมูลค่าน้อยสุด จะให้ความสำคัญน้อยที่สุดจะประกอบด้วยสินค้าที่มีรายการมาก 50-60 % แต่เป็นรายการสินค้าคงคลังที่มีมูลค่าต่ำเพียง 5-10 % ต่ำกว่าค่าที่ได้กำหนดขั้นต่ำ X หากมีเกินขั้นต่ำนั้น ยกกว่า X ก็จัดอยู่ในวัสดุกลุ่มนี้ (พิชามญช์ อภิญญานันท์ และเซาวลิต หามนตรี, 2562)

ทฤษฎีการพยากรณ์ (Forecasting)

การพยากรณ์แบ่งตามพฤติกรรมอุปสงค์โดยแนวโน้มเป็นการบ่งชี้ระดับการเคลื่อนไหวของอุปสงค์ในระยะยาวว่ามากขึ้น หรือต่ำลง โดยปัจจุบันพฤติกรรมอุปสงค์เป็นค่าที่เป็นลักษณะการสุ่ม ซึ่งไม่ใช่พฤติกรรมปกติมีหลายรูปแบบ คือ พฤติกรรมที่เป็นรูปแบบแนวโน้ม วัฏจักร ฤดูกาล และเหตุการณ์ผิดปกติ (ธัญธรรณ อ้นมี, 2560) โดยในหลักการการพยากรณ์ ได้นำหลักการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1 หลักการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา (Time Series Method)

การหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) เป็นการหาค่าเฉลี่ยของยอดขายโดยใช้จำนวนข้อมูล 3 ช่วงเวลาขึ้นไปในการคำนวณ เมื่อเวลาผ่านไป 1 ช่วงก็ใช้ข้อมูลใหม่มาเฉลี่ยแทนข้อมูลในช่วงไกลที่สุดซึ่งจะถูกตัดทิ้ง

2 วิธีพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา (Time Series Method)

การหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) เป็นการหาค่าเฉลี่ยของยอดขายโดยใช้จำนวนข้อมูล 3 ช่วงเวลาขึ้นไปในการคำนวณ เมื่อเวลาผ่านไป 1 ช่วงก็ใช้ข้อมูลใหม่มาเฉลี่ยแทนข้อมูลในช่วงไกลที่สุดซึ่งจะถูกตัดทิ้ง

$$\text{ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่} = \frac{\sum \text{อุปสงค์หรือยอดขายในช่วงเวลา } n \text{ ครั้ง}}{n}$$

หลักการวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

การวัดความคลาดเคลื่อนของค่าจริงและค่าที่พยากรณ์ได้โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ หรือจำนวนข้อมูลต่าง ๆ จะพิจารณาจากการที่ค่าจริงใกล้เคียงค่าพยากรณ์ที่สุด หรือทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดย่อมเป็นค่าที่เหมาะสมกับการใช้พยากรณ์ให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ

การวัดความคลาดเคลื่อนสามารถวัดได้จากค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. Mean Absolute Deviation (MAD) = $\frac{\sum | \text{ค่าจริง} - \text{ค่าพยากรณ์} |}{n}$
ค่า MAD ยิ่งน้อย หมายถึง การพยากรณ์ยิ่งแม่นยำ
2. Mean Squared Error (MSE) = $\frac{\sum (\text{ค่าจริง} - \text{ค่าพยากรณ์})^2}{n}$
ค่า MSE ยิ่งน้อย หมายถึง การพยากรณ์ยิ่งแม่นยำ
3. Mean Absolute Percent Error (MAPE) = $\frac{\sum | \text{ค่าจริง} - \text{ค่าพยากรณ์} |}{n} \times 100$

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินวิจัยได้มีการออกแบบวิธีการดำเนินการวิจัยเป็นขั้นตอนเพื่อให้เกิดระบบวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาการวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 2 แสดงวิธีการดำเนินงานวิจัย

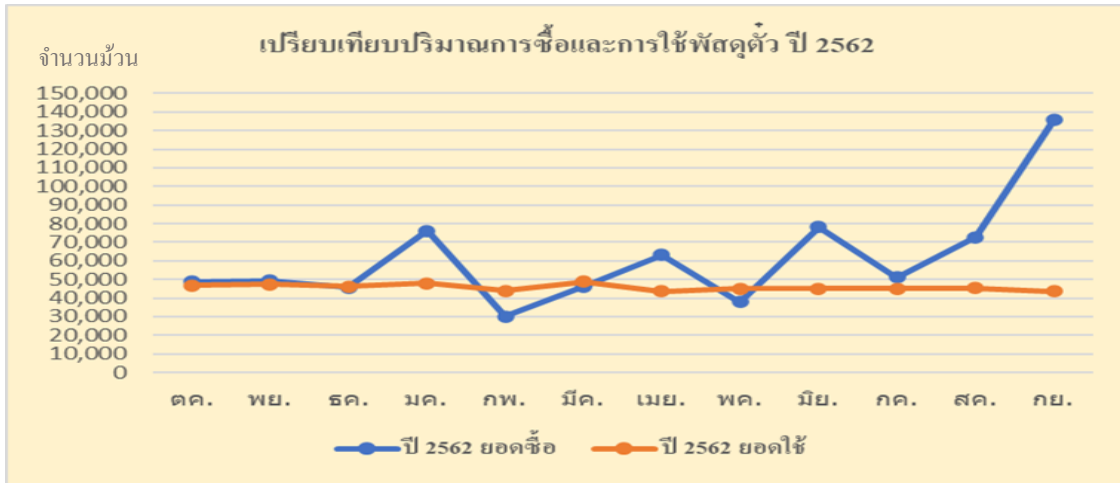
รวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง บทความวิชาการ เอกสารประกอบการเรียน และตำราเรียนที่เกี่ยวข้อง นำมาเป็นแนวทางการศึกษาถึงสาเหตุการสั่งซื้อพัสดุตัวไม่สอดคล้องกับปริมาณการใช้ โดยรวบรวมข้อมูลการสั่งซื้อและปริมาณการใช้พัสดุตัวปี 2563 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา จัดกลุ่มพัสดุตัว ABC พยากรณ์การใช้ กำหนดนโยบายการสั่งซื้อ และเปรียบเทียบการสั่งซื้อแบบเดิมกับแบบใหม่

ศึกษาข้อมูลปัจจุบัน

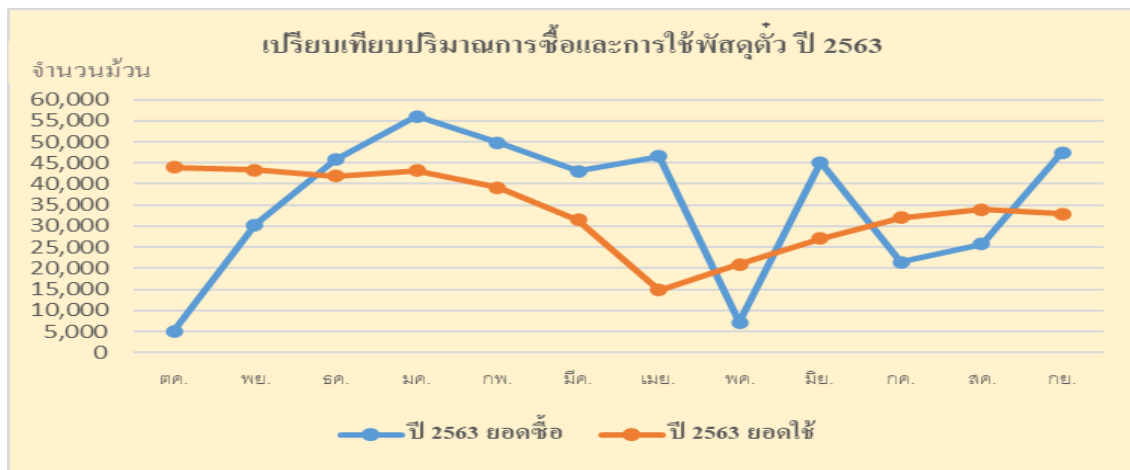
จากการตรวจนับพัสดุตัวรถโดยสาร ณ วันที่ 30 กันยายน 2563 มียอดคงเหลือ จำนวน 348,066 ม้วน มูลค่าพิมพ์ จำนวน 3,521,464.60 บาท ซึ่งในจำนวนนี้มีพัสดุตัวรถโดยสารที่ใช้งานไม่ได้ จำนวน 75,455 ม้วน มูลค่าพิมพ์ จำนวน 802,322.30 บาท ซึ่งอยู่ระหว่างการตรวจสอบ และขออนุมัติจากผู้มีอำนาจทำลาย เนื่องจากมีการปรับราคาค่าโดยสาร เมื่อวันที่ 22 เมษายน 2562 จึงทำให้พัสดุตัวรถโดยสารดังกล่าวไม่สามารถนำมาใช้งานได้

จากการรวบรวมข้อมูลการใช้พัสดุตัวโดยสารปีงบประมาณ 2562 จำนวน 548,252 ม้วน และปีงบประมาณ 2563 จำนวน 404,107 ม้วน ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีผู้ใช้บริการลดลงจำนวน 144,145 ม้วน เนื่องจากเกิดการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19

จากการรวบรวมข้อมูลการสั่งซื้อพัสดุตัวรถโดยสารตั้งแต่ปีงบประมาณ 2562 จำนวน 734,500 ม้วน และปีงบประมาณ 2563 จำนวน 423,500 ม้วน ลดลงจำนวน 311,000 ม้วน เนื่องจากปีงบประมาณ 2562 มีพัสดุตัวคงเหลืออยู่ จำนวน 328,673 ม้วน



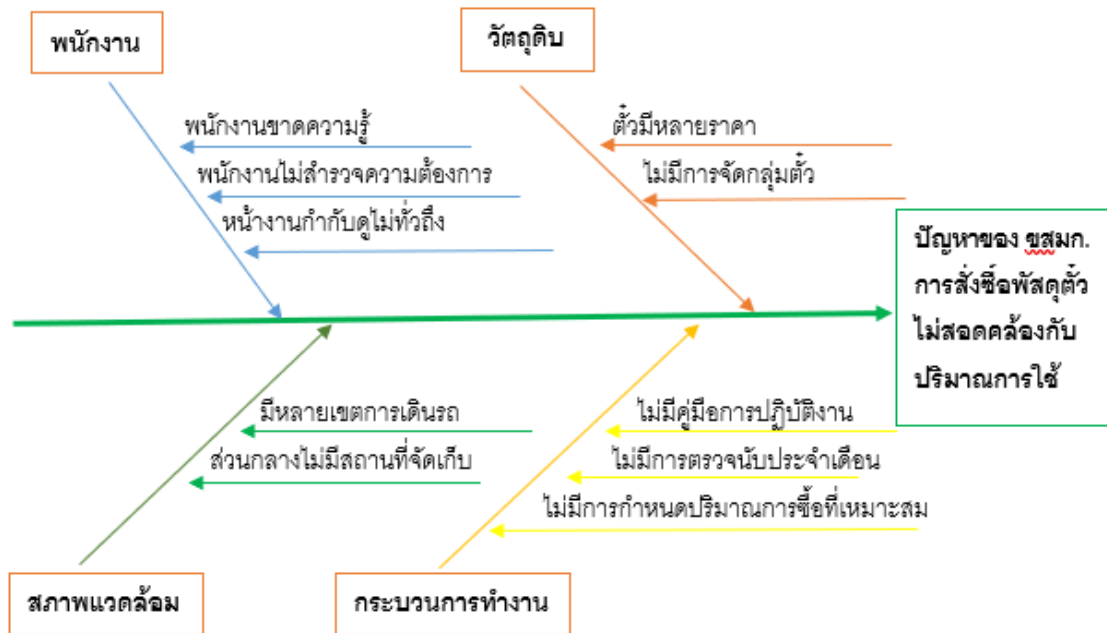
ภาพที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการซื้อและการใช้พัสดุตัวรถโดยสารปีงบประมาณ 2562



ภาพที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการซื้อและการใช้พัสดุตัวรถโดยสารปีงบประมาณ 2563

จากภาพที่ 3 และ 4 จะเห็นได้ว่าการสั่งซื้อแต่ละครั้งไม่สอดคล้องกับปริมาณการใช้ ไม่มีการสำรวจตัวคงเหลือก่อนดำเนินการทำสัญญาสั่งซื้อ ซึ่งจากการตรวจนับของคณะกรรมการพัสดุตัว ณ วันที่ 30 กันยายน 2563 พบว่ามีพัสดุตัวคงเหลือ จำนวน 348,066 ม้วน ทำให้เกิดต้นทุนการจัดพิมพ์ จำนวน 3,521,464.60 บาท ดังนั้นจึงต้องวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

การวิเคราะห์ปัญหา



ภาพที่ 5 แสดงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการปฏิบัติงาน

จากการศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาจากการดำเนินงานโดยใช้ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagrams) ทำให้ทราบว่า ปัญหาหลักๆ ที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) สรุปได้ดังนี้

พัสดุตัวโดยสารมีหลายประเภทชนิดราคา จำนวน 27 ราคา และจัดเก็บไว้ตามสถานที่เขตการเดินรถที่ 1-8 แยกเป็น 24 กลุ่มปฏิบัติการเดินรถ โดยการสั่งซื้อแต่ละเดือนนั้น ไม่มีการจัดลำดับความสำคัญตามปริมาณการใช้ของพัสดุตัวแต่ละประเภทชนิดราคา ไม่มีการตรวจนับพัสดุตัวคงเหลือ และขาดการกำกับดูแลจากหัวหน้างาน จึงทำให้ปริมาณการสั่งซื้อและปริมาณการใช้ไม่สอดคล้องกัน

กำหนดกลุ่มเป้าหมายที่จะศึกษา

ศึกษาข้อมูลขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ เขตการเดินรถที่ 5 โดยรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้พัสดุตัวและปริมาณการสั่งซื้อพัสดุตัวรถโดยสารประจำทาง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2563 ถึง ธันวาคม 2563 ซึ่งคณะกรรมการได้ทำการตรวจนับพัสดุคงเหลือ ณ วันที่ 30 กันยายน 2563 พบว่ามียอดพัสดุตัวคงเหลือ จำนวน 60,401 ม้วน ราคา ค่าพิมพ์ จำนวน 627,965.72 บาท ผู้วิจัยจึงได้กำหนดกลุ่มเป้าหมายที่จะศึกษาพัสดุตัวรถโดยสารโดยใช้การแบ่งกลุ่มพัสดุตัวด้วยเกณฑ์ปริมาณการใช้ต่อเดือน โดยการแบ่งกลุ่มพัสดุตัวรถโดยสารด้วยเกณฑ์ปริมาณการใช้ (ABC) ดังนี้

ราคาหน้าตัว	ราคาพิมพ์	ม.ค.63	ก.พ.63	มี.ค.63	เม.ย.63	พ.ค.63	มิ.ย.63	ก.ค.63	ส.ค.63	ก.ย.63	ต.ค.63	พ.ย.63	ธ.ค.63	รวม	ค่าพิมพ์	%	% สดสม	กลุ่ม
8.00	15.20	1,325	1,208	1,048	558	774	986	1,187	1,192	1,124	1,130	1,080	1,085	12,697	192,994.40	31.00	31.00	A
15.00	9.30	1,032	917	726	342	506	656	770	818	816	809	764	728	8,883	82,611.66	13.27	44.27	A
20.00	9.30	989	887	698	335	517	660	785	836	815	820	778	714	8,834	82,151.94	13.19	57.46	A
4.00	9.30	488	450	404	237	237	397	453	444	396	403	403	410	4,722	43,914.60	7.05	64.51	A
13.00	9.30	547	466	365	171	247	324	379	401	393	389	377	363	4,422	41,122.35	6.60	71.12	A
27.00	9.30	462	490	311	122	211	294	356	380	375	364	375	325	4,065	37,804.50	6.07	77.19	A
17.00	9.30	395	359	286	141	202	265	307	330	321	318	314	299	3,537	32,897.02	5.28	82.47	A
25.00	9.30	243	219	174	87	132	173	204	214	202	198	201	178	2,223	20,677.71	3.32	85.79	B
19.00	9.30	222	204	163	82	110	142	166	182	175	174	178	167	1,965	18,273.64	2.93	88.73	B
21.00	9.30	190	174	137	64	93	124	145	160	154	152	160	146	1,698	15,794.10	2.54	91.27	B
22.00	9.30	149	156	118	51	82	111	129	142	141	138	143	127	1,486	13,818.11	2.22	93.48	B
23.00	9.30	109	100	79	37	56	74	86	93	90	88	92	81	986	9,165.82	1.47	94.96	B
14.00	9.30	80	84	72	38	61	72	83	89	85	86	88	82	920	8,554.05	1.37	96.33	C
11.00	9.30	153	92	69	36	54	65	72	78	76	74	75	73	916	8,520.86	1.37	97.70	C
9.00	9.30	80	78	64	36	53	66	73	77	74	76	77	73	828	7,695.81	1.24	98.94	C
12.00	9.30	28	29	25	12	19	25	29	30	30	29	30	30	317	2,947.84	0.47	99.41	C
16.00	9.30	13	14	11	6	9	12	14	15	14	14	15	14	151	1,407.96	0.23	99.63	C
9.50	9.30	17	17	13	0	0	3	9	11	12	12	12	12	118	1,096.92	0.18	99.81	C
1.00	9.30	47	17	8	4	4	4	4	4	3	2	2	1	100	931.75	0.15	99.96	C
8.00	8.50	2	2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	15	123.90	0.02	99.98	C
5.50	9.30	2	2	2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	13	120.03	0.02	100.00	C
รวม		6,573	5,962	4,774	2,360	3,370	4,455	5,252	5,498	5,297	5,277	5,167	4,910	58,895	622,624.96	100.00		

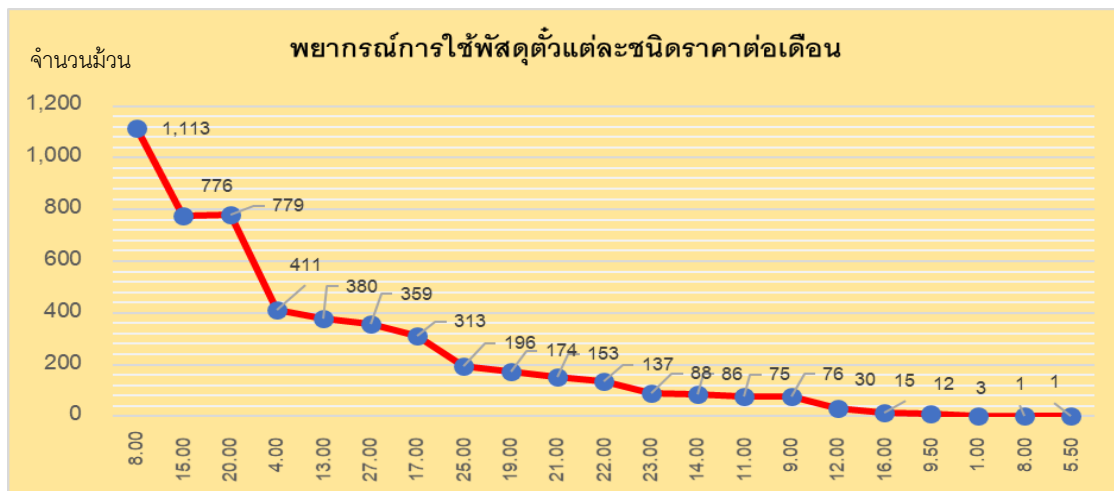
ภาพที่ 6 ภาพแสดงการจัดกลุ่มพัสดุตัวรถโดยสาร ABC

ดำเนินการพยากรณ์ยอดการใช้พัสดุตัวรถโดยสาร

นำข้อมูลพัสดุตัวรถ Class ABC ที่แบ่งกลุ่มด้วยวิธี ABC แล้วนำมาทำการพยากรณ์ยอดการใช้พัสดุตัวรถด้วยค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average) แบบ 3 เดือน และ 6 เดือน และหาค่าความคลาดเคลื่อนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วง 3 เดือน หรือ 6 เดือน มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยการใช้ข้อมูลปริมาณการใช้พัสดุตัวรถโดยสารตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2563 ถึง ธันวาคม 2563 เป็นข้อมูลในการพยากรณ์

ลำดับ	ราคารับ	ราคาหน้าตัว	ราคาพิมพ์	ปี								ผลรวมเฉลี่ยการใช้ต่อเดือน	พยากรณ์ (Forecasting) 6 เดือน				
				ก.ค.63	ส.ค.63	ก.ย.63	ต.ค.63	พ.ย.63	ธ.ค.63	ค่าถ่วงเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average)							
				รวม 6 เดือน	ผลรวมค่าถ่วงเฉลี่ย	ใช้ต่อเดือน	ค่าผิดพลาด	ปรับเป็นค่าสมบูรณ์	MAPE								
1	8.00	15.20	1,187	1,192	1,124	1,130	1,080	1,085	1,133	23,373	21	1,113	20.00	20.00	0.02		
2	15.00	9.30	770	818	816	809	764	728	784	16,278	21	776	8.17	8.17	0.01		
3	20.00	9.30	785	836	815	820	778	714	791	16,356	21	779	12.33	12.33	0.02		
4	4.00	9.30	453	444	396	403	403	410	418	8,616	21	411	7.17	7.17	0.02		
5	13.00	9.30	379	401	393	389	377	363	384	7,979	21	380	3.67	3.67	0.01		
6	27.00	9.30	356	380	375	364	375	325	363	7,522	21	359	3.50	3.50	0.01		
7	17.00	9.30	307	330	321	318	314	299	315	6,566	21	313	1.83	1.83	0.01		
8	25.00	9.30	204	214	202	198	201	178	200	4,103	21	196	3.50	3.50	0.02		
9	19.00	9.30	166	182	175	174	178	167	174	3,643	21	174	-0.33	0.33	0.00		
10	21.00	9.30	145	160	154	152	160	146	153	3,211	21	153	-0.17	0.17	0.00		
11	22.00	9.30	129	142	141	138	143	127	137	2,865	21	137	-0.33	0.33	0.00		
12	23.00	9.30	86	93	90	88	92	81	88	1,840	21	88	0.33	0.33	0.00		
13	14.00	9.30	83	89	85	86	88	82	86	1,792	21	86	-0.50	0.50	0.01		
14	11.00	9.30	72	78	76	74	75	73	75	1,565	21	75	-0.33	0.33	0.00		
15	9.00	9.30	74	77	74	76	77	73	75	1,577	21	76	-0.83	0.83	0.01		
16	12.00	9.30	29	30	30	29	31	30	30	630	21	30	-0.17	0.17	0.01		
17	16.00	9.30	14	15	14	14	15	14	14	301	21	15	-0.67	0.67	0.05		
18	9.50	9.30	9	11	12	12	12	12	11	247	21	12	-0.67	0.67	0.06		
19	1.00	9.30	4	4	3	2	2	1	3	45	21	3	-0.33	0.33	0.13		
20	8.00	8.50	1	1	1	1	1	1	1	21	21	1	-	-	0.00		
21	5.50	9.30	1	1	1	1	1	1	1	21	21	1	-	-	0.00		
รวม			5,254	5,498	5,298	5,278	5,167	4,910	5,234	108,551		5,178		64.83	0.37		
											$ A_t - F_t / A_t$ X 100		36.99				
											N =		21				
											MAPE		1.76				

ภาพที่ 7 แสดงการพยากรณ์การใช้พัสดุตัวโดยสารเฉลี่ยต่อเดือน แบบ 6 เดือน



ภาพที่ 8 แสดงการพยากรณ์การใช้พัสดุตัวโดยสารเฉลี่ยต่อเดือน แบบ 6 เดือน

กำหนดนโยบายในการสั่งซื้อพัสดุตัวรถโดยสาร

หลังผลลัพธ์การพยากรณ์ที่ได้ซึ่งได้ดำเนินการวิเคราะห์สำรวจความต้องการการใช้ตัวของแต่ละเขตการเดินรถ และเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ในแต่ละเขตการเดินรถเพื่อกำหนดการสั่งซื้อในแต่ละเดือน ได้มีการดำเนินการบริหารจัดการการจัดซื้อพัสดุตัวรถโดยสารใหม่โดยนำกลุ่มตัวอย่างเขตการเดินรถที่ 5 ตรวจสอบพัสดุตัวรถตามการแบ่งกลุ่มสินค้าคงคลังแบบ ABC เพื่อทบทวนปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมและมีปริมาณพัสดุตัวรถคงเหลือที่เหมาะสม ดังนี้

- พสดุตัวประเภทกลุ่ม A ให้ดำเนินการตรวจนับทุกเดือน
- พสดุตัวประเภทกลุ่ม B ให้ดำเนินการตรวจนับทุก 3 เดือน
- พสดุตัวประเภทกลุ่ม C ให้ดำเนินการตรวจนับทุก 6 เดือน

ตามที่องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) ได้ทำสัญญาจ้างพิมพ์ตัวรถโดยสารประจำทางกับสำนักงานสลากกินแบ่งรัฐบาล อายุสัญญา 1 ปี เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2563 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2564 โดย ขสมก. จะสั่งซื้อล่วงหน้าเป็นรายเดือน และสำนักงานสลากกินแบ่งรัฐบาลจะจัดส่งให้กับ ขสมก. ทุกวันที่ 4 ของเดือนถัดไป ซึ่งการสั่งซื้อแต่ละครั้งจะต้องสั่งเป็นจำนวนเต็ม เช่น 100 ม้วน 200 ม้วน 500 ม้วน และ 1,000 ม้วน เป็นต้น ดังนั้นจึงกำหนดการสั่งซื้อพัสดุตัวรถตามประเภทกลุ่ม ABC

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

1. ผลการจัดเรียงมูลค่าการใช้พัสดุตัวตั้งแต่เดือนมกราคม 2563 ถึงเดือนธันวาคม 2563 จำนวน 21 ราคา นำมาลำดับความสำคัญตาม ทฤษฎี ABC Classification แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

กลุ่ม	ต้นทุนค่าพิมพ์(บาท/ปี)	สัดส่วน	จำนวนชนิดราคาตัว
A	513,496.47	82.47	7
B	77,729.38	12.48	5
C	31,399.11	5.04	9

ภาพที่ 9 แสดงผลการแบ่งกลุ่มพัสดุตัว ABC

2. ผลการพยากรณ์การใช้พัสดุตัวโดยสารในแต่ละประเภทราคาต่อเดือนของเขตการเดินรถที่ 5 จำนวน 5,178 ม้วนต่อเดือน โดยนำผลการพยากรณ์มากำหนดนโยบายการสั่งซื้อปี 2564 และเมื่อเปรียบเทียบการสั่งซื้อพัสดุตัวโดยสารแบบเดิมกับแบบใหม่แล้วสามารถลดต้นทุนพัสดุตัวโดยสาร จำนวน 662,700 บาท

ลำดับ	ราคารับหน้าตัว	ค่าพิมพ์ต่อม้วน	การสั่งซื้อแบบเดิม ปี 2564 (A)		การสั่งซื้อแบบใหม่ ปี 2564 (B)				ผลต่าง D = A - B	
			จำนวนม้วน	มูลค่าพิมพ์	พัสดุตัวคงเหลือ ณ 31 ธ.ค. 63	ยอดพยากรณ์การใช้	จำนวนสั่งซื้อ (ม้วน)	มูลค่าพิมพ์	จำนวนม้วน	มูลค่าพิมพ์
1	8.00	15.20	13,200	200,640.00	3,289	13,356	10,100	153,520.00	3,100	47,120.00
2	20.00	9.30	13,200	122,760.00	2,421	9,312	6,900	64,170.00	6,300	58,590.00
3	15.00	9.30	13,200	122,760.00	2,314	9,348	7,100	66,030.00	6,100	56,730.00
4	4.00	9.30	5,500	51,150.00	1,516	4,932	3,500	32,550.00	2,000	18,600.00
5	13.00	9.30	6,800	63,240.00	1,899	4,560	2,700	25,110.00	4,100	38,130.00
6	27.00	9.30	5,800	53,940.00	1,773	4,308	2,600	24,180.00	3,200	29,760.00
7	17.00	9.30	4,400	40,920.00	665	3,756	3,100	28,830.00	1,300	12,090.00
8	25.00	9.30	2,800	26,040.00	2,218	2,352	200	1,860.00	2,600	24,180.00
9	19.00	9.30	6,300	58,590.00	2,580	2,088	-	-	6,300	58,590.00
10	21.00	9.30	3,600	33,480.00	1,364	1,836	500	4,650.00	3,100	28,830.00
11	22.00	9.30	4,000	37,200.00	1,573	1,644	100	930.00	3,900	36,270.00
12	23.00	9.30	7,400	68,820.00	3,442	1,056	-	-	7,400	68,820.00
13	14.00	9.30	2,400	22,320.00	904	1,032	200	1,860.00	2,200	20,460.00
14	9.00	9.30	4,200	39,060.00	2,662	900	-	-	4,200	39,060.00
15	11.00	9.30	6,800	63,240.00	3,802	912	-	-	6,800	63,240.00
16	12.00	9.30	3,600	33,480.00	2,370	360	-	-	3,600	33,480.00
17	16.00	9.30	2,400	22,320.00	1,391	180	-	-	2,400	22,320.00
18	9.50	9.30	500	4,650.00	139	144	100	930.00	400	3,720.00
19	1.00	9.30	100	930.00	5	36	100	930.00	-	-
20	8.00	8.50	100	850.00	86	12	-	-	100	850.00
21	5.50	9.30	200	1,860.00	170	12	-	-	200	1,860.00
รวม			106,500	1,068,250.00	36,583	62,136	37,200	405,550.00	69,300	662,700.00

ภาพที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบการสั่งซื้อตัวรถโดยสารแบบใหม่

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องการบริหารจัดการต้นทุนพัสดุตัวรถโดยสารประจำทางขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพเขตการเดินรถที่ 5 สรุปได้ดังนี้

1. การแบ่งหมวดหมู่ตามมูลค่าปริมาณการใช้พัสดุตัว ABC Classification สามารถจัดกลุ่ม A ได้ 7 ราคา โดยมีสัดส่วน 82.47 % มีต้นทุนค่าพิมพ์รวม 513,496.47 บาท ตามด้วยกลุ่ม B จำนวน 5 ราคา โดยมีสัดส่วน 12.48 % มีต้นทุนค่าพิมพ์รวม 77,729.38 บาท และสุดท้ายกลุ่ม C จำนวน 9 ราคา โดยมีสัดส่วน 5.04 % มีต้นทุนค่าพิมพ์รวม 31,399.11 บาท

2. พยากรณ์ปริมาณการใช้พัสดุตัวตามกลุ่ม ABC ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average) พบว่าปริมาณการใช้พัสดุตัวเฉลี่ยรวมได้แก่ กลุ่ม A จำนวน 4,131 ม้วนต่อเดือน ต้นทุนค่าพิมพ์ 44,957.99 บาทต่อเดือน กลุ่ม B จำนวน 748 ม้วนต่อเดือน ต้นทุนค่าพิมพ์ 6,936.03 บาทต่อเดือน และท้ายสุดกลุ่ม C จำนวน 229 ม้วนต่อเดือน ต้นทุนค่าพิมพ์ 2,744.47 บาทต่อเดือน

- กำหนดนโยบายการสั่งซื้อพัสดุตัวในแต่ละกลุ่ม โดยพัสดุก่อนหน้า A จำนวน 7 ราคา กำหนดให้มีการสั่งซื้อทุกเดือนและทำการตรวจนับทุกเดือน กลุ่ม B จำนวน 5 ราคา กำหนดให้มีการสั่งซื้อ 3 เดือนครั้ง และทำการตรวจนับทุก 3 เดือน สุดท้ายกลุ่ม C กำหนดให้มีการสั่งซื้อ 6 เดือนครั้งและทำการตรวจนับทุก 6 เดือน
- เปรียบเทียบการสั่งซื้อพัสดุตัวแบบเดิมและหลังการปรับปรุงปี 2564 พบว่า มีต้นทุนค่าจัดพิมพ์ลดลงเป็นจำนวนเงิน 662,700.00 บาท คิดเป็นร้อยละ 62.04

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเรื่องการบริหารจัดการต้นทุนพัสดุตัวรถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษาขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ กลุ่มตัวอย่างเขตการเดินรถที่ 5 ซึ่งยังไม่ครบทุกเขตการเดินรถที่ 1-4 และ 6-8 การใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีการจำแนกสินค้าเป็นหมวดหมู่ ABC Classification และการพยากรณ์ (Forecasting) ผลลัพธ์ที่ได้ในการจัดกลุ่มอาจแตกต่างกันไปเนื่องจากปัจจัยของประเภทรถโดยสารที่มีอยู่ 6 ประเภท ซึ่งมีราคาค่าโดยสารต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระด้วยตนเองเรื่องนี้ สำเร็จได้ด้วยความสามารถช่วยเหลือในด้านข้อมูลที่เป็นประโยชน์จากบริษัทรถโดยสารในที่นี่ผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และยังรวมถึงได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือจาก ดร.วิษณุบุตร งามสะอาด อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าอิสระ ซึ่งได้กรุณาใช้เวลาให้คำปรึกษาให้ข้อเสนอแนะ หลักการและ แนวคิดอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทิ สุทธิการณนุญ ที่ได้ชี้แนะและรับเป็นประธานกรรมการ และอาจารย์ ดร.ปิยะเนตร นาคสีดี ที่รับเป็นกรรมการ ขอขอบคุณครอบครัวของข้าพเจ้าที่ได้ให้กำลังใจเสมอมาในการศึกษาต่อปริญญาโทในครั้งนี้ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ทั้งในด้านวิชาการและประสบการณ์ ทำให้สามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการทำงานและการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยที่ได้ให้ความช่วยเหลือตลอดเวลาที่ได้ศึกษาอยู่ และเพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาโททุกท่านที่ได้ให้กำลังใจและความช่วยเหลือตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

- ธัญยธรรณ์ อ้นมี. (2560). การพยากรณ์และการวางแผนสร้างสต็อกสินค้า เพื่อลดปัญหาการส่งมอบสินค้าล่าช้า กรณีศึกษาโรงงานผลิตเลนส์แว่นตา จำกัด [การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาโทบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- นภัสสร สกุลประดิษฐ์. (2560). การจัดการสินค้าคงคลังในโรงงานผลิต และการกระจายสินค้าแช่แข็ง จำกัด [การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาโทบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

- ปฏิพล งามสุข. (2562). การวิเคราะห์ปัญหาการขาดแคลนสินค้าคงคลังและแนวทางการลดการขาดแคลนสินค้าคงคลังของฝ่ายการตลาด บริษัท XXX จำกัด [การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- พิชามณูย์ อภิภูณานันท์ และเซาวลิต หามนตรี. (2562). การพยากรณ์เชิงปริมาณ กรณีศึกษา บริษัทนำเข้าขนวนกันความร้อน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 57.
- ภราภรณ์ ทศพร. (2559). การปรับปรุงการบริหารวัตถุดิบคงคลัง กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนตลับลูกปืน. จำกัด [การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์.
- เยาวลักษณ์ ซานองหว่า และชฎาพร ทีฆาอุตมากร. (2562). การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารสินค้าคงคลัง ของบริษัท ซี. เอส. สตีล โปรดักส์ จำกัด. โครงการบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สุภัทสรา ปัญโญรัฐโรจน์. (2559). การวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม กรณีศึกษา บริษัทผลิตอะไหล่และอุปกรณ์ไฟฟ้า. มหาวิทยาลัยราชภัฏ.
- เสริมพงษ์ เนียมสกุล. (2561). การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการวัตถุดิบคงคลัง กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำดื่ม. วารสารสหศาสตร์ศรีปทุม ชลบุรี, 4(2), 1-14.

**ปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดของผู้โดยสาร
รถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 5
ประจำองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ**

**Factors Affecting Passengers' Points to Use Electronic Tickets
Case Study: Bangkok Mass Transit Authority Route 5**

วิโรจน์ แหวนทองคำ^{1*} วิษณุตร์ งามสะอาด²

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย¹

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย²

*Corresponding author: E-Mail thong4kam@gmail.com

บทคัดย่อ

นโยบายการใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์ช่วยพัฒนาการให้บริการของระบบรถโดยสารประจำทาง องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ให้มีประสิทธิภาพ และเป็นส่งเสริมให้ประชาชนหันมาใช้บริการระบบรถโดยสารประจำทางเพิ่มขึ้น โดยการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทางเพิ่มมากขึ้น เพื่อนำผลที่ได้รับจากการศึกษาไปปรับปรุงแก้ไขแนวทางการบริหารจัดการจัดจำหน่ายบัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์ ให้เพิ่มโอกาสใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้ คือ ผู้โดยสารที่ใช้บริการรถโดยสารของเขตการเดินรถที่ 5 สาย 138, 140, และ 141 จำนวน 200 ตัวอย่าง และเจ้าหน้าที่องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ที่เกี่ยวข้องกับงานด้านบัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์ ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience Sampling) โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัย รวมทั้งการเลือกทำเลที่ตั้ง (Location Selection)

ผลการวิจัยพบว่า ผู้โดยสารให้ความสำคัญต่อการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสด เรื่องการมีจุดเชื่อมต่อการเดินทางหลายเส้นทาง บริเวณใกล้เคียงมีแหล่งชุมชน จุดให้บริการมีความปลอดภัยต่อการให้บริการ การเดินทางไปจุดให้บริการมีความสะดวก ที่ตั้งของจุดบริการมีความสะดวกต่อการให้บริการ จุดให้บริการมีความพร้อมในการให้บริการตลอดเวลา โดยจุดที่ให้ความสำคัญเรียงลำดับดังนี้ จุดวัดสน จุด กม. 9 และจุดการเคหะธนบุรี

คำสำคัญ: บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์; การเลือกทำเลที่ตั้ง; ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้บริการ

Abstract

The Transportation policy was aimed by Electronics Bus Ticket Card able improve the service level of customer in Bangkok Mass Transit Authority to have efficiency and encourage population uses these systems grew by the study will have been using objective for factor personal, which can affect to determination apply from cash to electronics card of customer that using them grow. To bring results from study to adjust and improve administration managing electronics card. By test, this case by the example group is serviced passengers bus number 138, 140, and 141 include 200 examples and

using Bangkok Mass Transit Authority stuff related to electronics card by method Convenience Sampling by using the advice in research include to Location Selection.

However, the result found Passengers emphasize to point of use electronics card instead to cash, Focus on some factor of having travel connection, Nearby location there are community resource by there are safety service point and convenience transport, location point of service is convenient and open all time by point of important in Location follow with Watson's Bus-stop, Kormorkao's Bus-stop, Thonburi housing's Bus-stop.

Keywords: Electronics card; Location Selection; Service Factor

บทนำ

ปัจจุบันองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) มีจำนวนรถให้บริการประชาชน 3,005 คัน จำนวน 112 เส้นทาง มีรายได้จากการจำหน่ายตั๋วโดยสารเฉลี่ยวันละ 11,043,226.47 บาท มีผู้โดยสารเฉลี่ยวันละ จำนวน 894,008 คน แต่ความต้องการเดินทางของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องส่งเสริมการพัฒนากระบวนโดยสารประจำทางควบคู่ไปกับระบบขนส่งมวลชนอื่น ๆ เพื่อให้ประชาชนส่วนใหญ่มีทางเลือกและครอบคลุมพื้นที่ให้บริการมากที่สุด

องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) มีแผนการนำเทคโนโลยีระบบตั๋วอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการให้บริการระบบรถโดยสารประจำทาง ซึ่งระบบตั๋วอิเล็กทรอนิกส์เป็นปัจจัยหลักตัวหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาการให้บริการของระบบรถโดยสารประจำทางเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้ประชาชนหันมาใช้บริการระบบรถโดยสารประจำทางเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากการสร้างความสะดวกให้กับผู้โดยสาร ทั้งนี้ การใช้ระบบตั๋วอิเล็กทรอนิกส์ยังสามารถนำไปใช้สำหรับการเดินทางในระบบขนส่งมวลชนอื่น ๆ ในอนาคต รวมทั้งมีผลประโยชน์อื่น ๆ อีก เช่น เพิ่มประสิทธิภาพในการจำหน่ายตั๋วโดยสาร การจัดเก็บรายได้ การรวบรวมข้อมูลการเดินทางลดเวลาการชำระค่าโดยสารด้วยเงินสด และลดภาระของประชาชนในการซื้อตั๋วโดยสารของ ขสมก. รวมทั้งลดค่าใช้จ่ายด้านบุคลากรโดยเฉพาะพนักงานเก็บค่าโดยสารมีจำนวนประมาณ 5,400 คน ค่าใช้จ่ายจำนวนประมาณ 139,209,920 บาทต่อเดือน และพิมพ์ตั๋วโดยสารปีงบประมาณ 2563 จำนวน 9,613,297.30 ล้านบาท ต่อปี ซึ่งถ้า ขสมก. สามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ได้ จะทำให้ ขสมก. ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในด้านบุคลากรได้สูงมากและสามารถเพิ่มรายได้ให้กับ ขสมก. เองอีกด้วย โดยปัจจุบัน ขสมก. พบว่ารายได้จากการให้บริการรถโดยสารระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนกันยายน 2563 เป็นรายได้ที่ได้รับจากการจำหน่ายตั๋วมีวน คิดเป็นเงินทั้งหมด 1,263,234,478 บาท คิดเป็นร้อยละ 87.67 และรายได้ที่ได้รับจากผู้โดยสารใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์ คิดเป็นเงินทั้งหมด 177,639,000บาท คิดเป็นร้อยละ 12.33 จะเห็นได้ว่ารายได้จากการใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์มีจำนวน ร้อยละ 12.33 ของรายได้ค่าโดยสาร เนื่องจากแผนฟื้นฟูกิจการองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ กำหนดให้มีโครงการซื้อรถใหม่ที่มีอุปกรณ์ระบบบัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์ติดตั้งมาพร้อมกับรถโดยสารโดยไม่ต้องใช้พนักงานเก็บค่าโดยสาร และลดค่าใช้จ่ายด้านบุคคลโดยใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์ในการชำระค่าโดยสาร หากจำนวนรายได้ค่าโดยสารที่ได้รับจากผู้โดยสารมีสัดส่วนน้อยกว่ารายได้จากการจำหน่ายตั๋วมีวนตามที่ปรากฏดังกล่าวข้างต้น จะทำให้รถโดยสารที่จัดซื้อมาใหม่ที่มีระบบการชำระค่าโดยสาร

โดยใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์ไม่ได้ใช้ประโยชน์ และไม่สามารถลดจำนวนพนักงานเก็บค่าโดยสารได้ เป็นอุปสรรคในการดำเนินงานตามแผนฟื้นฟูกิจการองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงสนใจที่จะทำการศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสด ของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทาง เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เพื่อจะได้นำผลที่ได้จากการศึกษาไปปรับปรุงระบบการใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์และทำให้มีรายได้จากการใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์ของผู้โดยสารมีจำนวนเพิ่มขึ้น

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. การกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทางกรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 5 ประจำองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ
2. เพื่อนำผลที่ได้รับจากการศึกษาไปปรับปรุงแก้ไขระบบบัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้จำนวนรายได้ค่าโดยสารที่ได้รับจากการใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์มีจำนวนเพิ่มขึ้น
3. เพื่อกำหนดจุด/ทำเลที่ตั้งการจำหน่ายบัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสด

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา

1. ทำให้ทราบถึงปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 5 ประจำองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพแตกต่างกัน
2. เพื่อนำผลที่ได้รับจากการศึกษาไปปรับปรุงแก้ไขระบบบัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์ ให้ตรงกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ทำให้จำนวนรายได้ค่าโดยสารที่ได้รับจากการใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์มีจำนวนเพิ่มขึ้น
3. เพื่อนำผลที่ได้รับจากการศึกษาให้ ชสมก. ใช้เป็นแนวทางการกำหนดจุด/ทำเลที่ตั้งการจำหน่ายบัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดให้ตอบสนองได้ตรงกับความต้องการของประชาชนผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางของ ชสมก.

แนวคิดและทฤษฎีพฤติกรรมผู้บริโภค

ความหมายของพฤติกรรมผู้บริโภค

พฤติกรรมผู้บริโภค (Consumer Behavior) หมายถึง พฤติกรรมซึ่งบุคคลทำการค้นหา การซื้อ การใช้ การประเมินผล และการใช้จ่ายในผลิตภัณฑ์และบริการ โดยคาดว่าจะตอบสนองความต้องการของเขา (Schiffman & Karuk, 1994 อ้างใน กัลปึงหา ทรงพาดิษฐ์, 2541, หน้า 45)

พฤติกรรมของผู้ซื้อ หมายถึง การกระทำของบุคคลใดบุคคลหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนซื้อสินค้าและบริการด้วยเงิน และรวมทั้งกระบวนการตัดสินใจ ซึ่งเป็นตัวกำหนดให้มีการกระทำนี้ ส่วนพฤติกรรมของผู้บริโภคนั้นจะเน้นถึงการซื้อของผู้ซึ่งซื้อเขาไปใช้บริโภคเอง (ธงชัย สันติวงษ์, 2533)

จากความหมายพฤติกรรมของผู้ซื้อและผู้บริโภคที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า พฤติกรรมของผู้บริโภค หมายถึง ลักษณะการกระทำของบุคคล ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อตอบสนองความต้องการของตนเอง

ลักษณะเบื้องต้นที่สำคัญของพฤติกรรมผู้บริโภค

ลักษณะเบื้องต้นที่สำคัญของพฤติกรรมผู้บริโภค คือ เรื่องราวของความรู้ทั้งหมดของพฤติกรรมผู้บริโภค (อดุลย์ จาตุรงค์กุล, 2534) ประกอบด้วย

1. พฤติกรรมผู้บริโภคเป็นพฤติกรรมมุ่งใจ พฤติกรรมผู้บริโภคศึกษาเพื่อตอบสนองความต้องการและความปรารถนาต่างเป็นพฤติกรรมมุ่งใจ โดยมุ่งที่จะให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่คิดเอาไว้ การมุ่งใจและความคิดในการซื้อผู้บริโภคจะถูกซ่อนไว้ไม่มีใครสังเกตเห็น

2. พฤติกรรมผู้บริโภครวมไปถึงกิจกรรมมากมาย ในฐานะที่เป็นผู้บริโภคเราคิด รู้สึกวางแผน ตัดสินใจซื้อ และได้ประสบการณ์ ผู้บริโภคมีกิจกรรมมากมายไม่เฉพาะแต่ ตกลงใจซื้ออย่างเดียว จะต้องมองว่าสินค้าหรือบริการมีที่อย่างไรและที่อย่างไร ข้อนี้เป็นจุดสำคัญเพราะเป็นศูนย์รวมของการใช้จ่าย เวลา และเงินเพื่อแลกกับการซื้อสินค้า

3. พฤติกรรมผู้บริโภคเป็นกระบวนการ นักวิชาการกล่าวว่า พฤติกรรมผู้บริโภคเป็น กระบวนการทางความนึกคิดและอารมณ์ (Mental and Emotional Process) แล้วยังรวมไปถึง การเลือก การซื้อ และการใช้สินค้า

4. พฤติกรรมผู้บริโภคแตกต่างกันในเรื่องจังหวะเวลาและความสลับซับซ้อน จังหวะเวลาหมายถึง เมื่อการตัดสินใจเริ่มต้นและความยาวนานของกระบวนการทั้งหมด ส่วนความสลับซับซ้อน หมายถึง จำนวนกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ จังหวะเวลา และความสลับซับซ้อนมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยปกติยิ่งการตัดสินใจสลับซับซ้อนเพียงใด เวลาที่ใช้ก็จะยิ่งมากขึ้นเท่านั้น

5. พฤติกรรมผู้บริโภคเกี่ยวข้องกับบทบาทมากมาย ในกระบวนการพฤติกรรมผู้บริโภคมีหลายหน้าที่ที่ผู้บริโภคกระทำ เช่น เป็นผู้ซื้อ ผู้ใช้ ผู้ตัดสินใจ ผู้ก่ออิทธิพลต่อการตัดสินใจ ฯลฯ ผู้บริโภคอาจทำหน้าที่ดังกล่าวมากกว่าหนึ่งในเวลาเดียวกันก็ได้

6. พฤติกรรมผู้บริโภคได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทั้งภายในและภายนอก พฤติกรรมผู้บริโภคเป็นพฤติกรรมปรับตัว (Adaptive) ให้เข้ากับสถานการณ์ที่ห้อมล้อมรอบตัว การตัดสินใจได้รับอิทธิพลจากพลังภายในและภายนอกบางอย่าง

7. พฤติกรรมผู้บริโภคแตกต่างกันไปเมื่อต่างบุคคลกัน จะต้องเข้าใจว่าทำไมบุคคลจึงมีพฤติกรรมต่างกัน เรื่องนี้เป็นเพราะบุคคลมีบุคลิกภาพต่างกัน และยังต่างกันอีกในหลายลักษณะซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้มีการแบ่งส่วนตลาด เพื่อหากลุ่มเป้าหมายที่ประกอบด้วยบุคคลที่มีลักษณะต่างๆ เหมือนกัน

โดยสรุป ลักษณะพฤติกรรมผู้บริโภคข้างต้น มีลักษณะแตกต่างกัน แต่ละลักษณะเป็นไปตามปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้องทำให้เกิดกระบวนการกิจกรรม การกระทำของแต่ละบุคคล โดยมีวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง

แนวคิดทฤษฎีปัจจัยทำเลที่ตั้ง

กลยุทธ์ในการเลือกทำเลที่ตั้ง (ค่านาย อภิปรัชญาสกุล, 2556)

การเลือกทำเลที่ตั้งสามารถใช้ได้ทั้งแนวทางมหภาค (Macro Approaches) และแนวทางจุลภาค (Micro Approaches) ซึ่งแนวทางมหภาคเป็นการวิเคราะห์เพื่อเลือกทำเลที่ตั้งหรือพื้นที่ขนาดใหญ่ระดับประเทศและภูมิภาค ส่วนแนวทางจุลภาคเป็นการเลือกทำเลที่ตั้งแบบเฉพาะเจาะจงจากพื้นที่หรือประเทศที่ได้เลือกไว้แล้ว

1. การเลือกทำเลที่ตั้งตามแนวมหภาค ส่วนมากนิยมใช้สำหรับศูนย์กระจายสินค้า ในอดีตได้มีผู้เสนอแนวทางมหภาคสำหรับการเลือกทำเลที่ตั้งไว้หลายแนวทาง ในที่นี้จะขอเสนอแนวทางของ Edgar M. Hoover ซึ่งเสนอกฤษฎีการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าไว้ 3 ประเภทดังนี้

กลยุทธ์ทำเลที่ตั้งใกล้ตลาด (Market-Positioned Strategy) กลยุทธ์นี้จะกำหนดให้ติดตั้งคลังสินค้าอยู่ใกล้กับลูกค้าคนสุดท้าย (Final Customer) ให้มากที่สุด ซึ่งจะทำให้สามารถให้บริการลูกค้าได้ดี ปัจจัยสำคัญในการเลือกทำเลที่ตั้งใกล้ลูกค้ามีหลายประการ เช่น ค่าขนส่ง ระยะเวลาการสั่งซื้อสินค้า ความอ่อนไหวของผลิตภัณฑ์ ปริมาณที่สั่งซื้อ และระดับการให้บริการลูกค้าต้องการ หรือเป็นการกำหนดทำเลที่ตั้งคลังสินค้าโดยมุ่งหวังให้ลูกค้าหรือผู้บริโภคได้รับประโยชน์สูงสุด เสียค่าขนส่งน้อยที่สุด ระยะทางสั้นที่สุด

กลยุทธ์ทำเลที่ตั้งใกล้แหล่งผลิต (Production-Positioned Strategy) กลยุทธ์นี้กำหนดให้ติดตั้งคลังสินค้าอยู่ใกล้แหล่งวัตถุดิบหรือโรงงานให้มากที่สุด ซึ่งการตั้งคลังสินค้าแบบนี้จะทำให้ระดับการให้บริการลูกค้าต่ำกว่ากลยุทธ์ทำเลที่ตั้งใกล้ตลาด แต่สามารถประหยัดค่าขนส่งวัตถุดิบเข้าสู่โรงงานซึ่งการประหยัดในกรณีขนส่งสามารถประหยัดค่าขนส่งสามารถเกิดขึ้นได้โดยรวบรวมการขนส่งจากแหล่งต่างๆ โดยรถบรรทุกหรือตู้คอนเทนเนอร์ (Container Load : CL) ปัจจัยสำคัญในการเลือกทำเลที่ตั้งใกล้แหล่งผลิตประกอบหลายประการ เช่น สภาพของวัตถุดิบว่าน่าเสียวางหรือไม่ จำนวนวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ ฯลฯ

กลยุทธ์ทำเลที่ตั้งอยู่ระหว่างลูกค้ากับแหล่งผลิต (Intermediately-Positioned Strategy) กลยุทธ์นี้จะกำหนดให้ติดตั้งคลังสินค้าอยู่ตรงกลางระหว่างผลิตและตลาด ซึ่งการตั้งคลังสินค้าประเภทนี้ทำให้ระดับการให้บริการต่ำกว่าแบบแรกแต่สูงกว่าแบบที่สอง ทำเลที่ตั้งประเภทนี้เหมาะสำหรับธุรกิจที่ต้องการให้บริการลูกค้า และมีโรงงานการผลิตหลายแห่ง หรือเป็นการประสานประโยชน์ระหว่างผู้บริโภคกับผู้ผลิต สินค้าโดยกำหนดทำเลที่ตั้งคลังสินค้าโดยยึดสายกลางระหว่าง 2 กลุ่ม เช่น การมีคลังสินค้ามากกว่าหนึ่งแห่ง หรือการสร้างคลังสินค้ากึ่งกลางระหว่างทางของการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภค

นอกจากนี้การกำหนดทำเลที่ตั้งก็จะต้องคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกิจการ 2 ประเภท คือ ปัจจัยเชิงปริมาณ และปัจจัยเชิงคุณภาพ

2. การเลือกทำเลที่ตั้งสำหรับแนวทางจุลภาค ส่วนมากเหมาะสำหรับคลังสินค้า ควรพิจารณาปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

ธุรกิจต้องการใช้คลังสินค้าเอกชน ควรพิจารณาปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

-คุณภาพและความหลากหลายของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง

-คุณภาพและปริมาณของแรงงาน รวมถึงอัตราจ้างแรงงาน

-คุณภาพของเขตอุตสาหกรรมซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมชุมชน และสาธารณสุขปโภค

-ต้นทุนของเงินลงทุน รวมถึงต้นทุนค่าก่อสร้าง ศักยภาพในการขยายพื้นที่ และผลประโยชน์ทางภาษี

ธุรกิจต้องการใช้สินค้าสาธารณะ ควรจะพิจารณาปัจจัยต่างๆ ดังนี้

-ลักษณะของคลังสินค้า และการบริการของคลังสินค้า

-ความเพียงพอของยานพาหนะในการขนส่ง ระยะทางของการไปสถานีขนส่งสินค้า

-ความเพียงพอของบริการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและโครงสร้างพื้นฐานด้านโทรคมนาคมและการใช้

คลังสินค้าจากธุรกิจอื่น

-ประเภทความถี่ของการรายงานสินค้าคงคลัง

กระบวนการเลือกทำเลที่ตั้งเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนหลายขั้นตอน นอกจากนั้นในบางกรณีจะมีปัจจัยอื่นเข้ามามีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งของคลังสินค้า เช่น สังคม เศรษฐกิจ และการเมือง เทคโนโลยีฯ จึงควรพิจารณาปัจจัยเหล่านี้เพิ่มเติม การก่อสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกในการประกอบกิจการคลังสินค้าแห่งหนึ่ง ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการลงทุนเป็นจำนวนมาก ดังนั้น เมื่อได้กำหนดที่ตั้งและทำการก่อสร้างลงไปแล้ว หากต้องการมีการเปลี่ยนแปลงย้ายที่ตั้งใหม่ย่อมเป็นเรื่องยุ่งยาก และเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีกมากมายซึ่งไม่ควรไม่ควรเป็นเช่นนั้น วิธีที่จะแก้ได้ก็คือจะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบทุกด้านทุกมุม ในการเลือกทำเลที่ตั้งคลังสินค้าแต่ละแห่งย่อมมีสภาพที่แตกต่างกันออกไปตามนโยบายของธุรกิจตามประเภทของสินค้าที่ทำการเก็บรักษา และตามขนาดของกิจการ การเลือกทำเลที่ตั้งก็ย่อมมีข้อพิจารณาที่แตกต่างกันออกไป เป็นหน้าที่ของผู้บริการที่จะตกลงใจเลือกทำเลซึ่งสามารถ อำนวยให้การดำเนินธุรกิจเป็นไปได้อย่างสมประโยชน์ และบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การกำหนดประชากร กลุ่มตัวอย่างและการสุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผู้โดยสารที่ใช้บริการรถโดยสารของเขตการเดินรถที่ 5 สาย 138, 140, และ 141 และเจ้าหน้าที่ ขสมก. ที่เกี่ยวข้องกับงานด้านบัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ มีจำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการรถโดยสารของเขตการเดินรถที่ 5 ทั้งหมด 32,422 คน (องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ, 2563) ผู้วิจัยได้คำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ทราบจำนวนที่แน่นอน (Finite Population) โดยใช้สูตรของ ทาโรยามาเน (Taro Yamane, 1973 อ้างในล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538 หน้า 37) ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{สูตร} \quad n &= \frac{N}{1 + Ne^2} \\
 \text{เมื่อ} \quad N &\text{ คือ จำนวนของขนาดกลุ่มตัวอย่าง} \\
 n &\text{ คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง} \\
 e &\text{ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้} \\
 &(\text{ในที่นี้ใช้ค่าความเชื่อมั่น 93\% ทำให้ } e \text{ มีค่าเท่ากับ } 1 - 0.93 = 0.07) \\
 \text{แทนค่า} \quad n &= \frac{32,422}{1 + 32,422 (0.07)^2} \\
 &= 202.81
 \end{aligned}$$

ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เท่ากับ 202 คน ผู้วิจัยเก็บขนาดของกลุ่มตัวอย่าง 200 คน

วิธีการสุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกเก็บตัวอย่างเฉพาะผู้โดยสารที่ใช้บริการรถโดยสารของเขตการเดินรถที่ 5 สาย 138, 140, และ 141 และเจ้าหน้าที่ ขสมก. ที่เกี่ยวข้องกับงานด้านบัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์ ที่อยู่ในเขตพื้นที่รถโดยสารประจำทางของเขตการเดินรถที่ 5 โดยมีขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างดังนี้

แผนการสุ่มตัวอย่าง

วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience Sampling) โดยการแจกแบบสอบถามจำนวน 200 ชุด จากผู้โดยสารที่ใช้บริการรถโดยสารของเขตการเดินรถที่ 5 สาย 138, 140, และ 141 และเจ้าหน้าที่ ชสมก. ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานด้านบัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์ ที่อยู่ในเขตพื้นที่รถโดยสารประจำทางของเขตการเดินรถที่ 5

เครื่องมือในการวิจัย

ลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม โดยใช้ทฤษฎีการเลือกทำเลที่ตั้งในการสร้างแบบสอบถาม โดยระดมความคิดจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียสังเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษาเขตการเดินรถที่ 5 ประจำองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยนำแบบสอบถามที่ได้เรียบเรียงแล้วไปดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่ได้สร้างขึ้นสำหรับการวิจัย ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในเรื่องปัจจัยด้านทำเลที่ตั้งบัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์ พิจารณาและตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหาและความครอบคลุมของคำถาม (Content Validity) รวมถึงความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ (Wording) เพื่อขอคำแนะนำและนำมาปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องเหมาะสม ผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่

1. คุณชำนาญ อุ่มมอสต์ ตำแหน่งผู้ช่วยผู้อำนวยการ ฝ่ายการเดินรถองค์การ 1
2. คุณสมควร นาสนม ตำแหน่งผู้ช่วยผู้อำนวยการ ฝ่ายการเดินรถองค์การ
3. คุณพนิดา ทองสุข ตำแหน่งรองผู้อำนวยการ ฝ่ายบริหาร

โดยผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญ ทำการตรวจสอบตามแบบประเมินโดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง IOC (Item Objective Congruence index) เป็นรายบุคคลว่าข้อคำถามแต่ละข้อสามารถวัดได้ตรงกับ จุดประสงค์ที่กำหนดหรือไม่ โดยให้คะแนนตามเกณฑ์ ดังนี้

- | | |
|---|--------------|
| ถ้าข้อคำถามวัดได้ตรงจุดประสงค์ | ได้ +1 คะแนน |
| ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดตรงจุดประสงค์หรือไม่ | ได้ 0 คะแนน |
| ถ้าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงจุดประสงค์ | ได้ -1 คะแนน |

นำคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญ ทุกคนที่ประเมินมารวมลงในแบบวิเคราะห์ความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์เพื่อหาค่าเฉลี่ย โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกข้อคำถามดังนี้

1. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 - 1.00 คัดเลือกไว้ใช้ได้
2. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ควรพิจารณาปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

ผลจากการคำนวณหาค่า IOC โดยรวมมีค่ามากกว่า 0.5 ส่วนแบบสอบถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ผู้วิจัยได้นำค่าดังกล่าวพร้อมแบบประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญ มาใช้เป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุงข้อคำถามในแบบสอบถาม หลังจากปรับปรุงแบบสอบถามตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว ผู้วิจัยนำ

แบบสอบถามฉบับร่างที่ได้ผ่านการแก้ไขจากผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญ ไปหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม (Reliability Analysis)

2. การทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability Analysis) เมื่อผู้วิจัยปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นจึงนำแบบสอบถามไปทดสอบ (Tryout) โดยการแจกแบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 ชุด เพื่อทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาร์ค (Cronbach's Coefficient Alpha) ด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติ โดยมีเกณฑ์การแปลผลความเชื่อมั่นของแบบสอบถามดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การแปลผลความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม

ค่าความเชื่อมั่น	ระดับความเชื่อมั่น
0.80 – 1.00	สูงมาก
0.70 – 0.79	สูง
0.50 – 0.69	ปานกลาง
0.30 – 0.49	ต่ำ
ต่ำกว่า 0.30	ต่ำมาก

ที่มา : พรพนี ลีกิจวัฒน์. (2553). *วิธีการวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพมหานคร:

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เมื่อนำแบบสอบถามไปทดสอบกับกลุ่มทดลองที่เป็นผู้โดยสารที่ใช้บริการรถโดยสารของเขตการเดินรถที่ 5 สาย 138, 140, และ 141 จำนวน 30 ชุด มีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยรวมเท่ากับ 0.901 แบบสอบถามในแต่ละด้านมีระดับความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 0.829 – 0.892 ซึ่งมีระดับค่าความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก (พรพนี ลีกิจวัฒน์, 2553)

การเลือกทำเลที่ตั้ง

หลังจากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 5 ประจำองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ แล้วนั้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลค่าเฉลี่ยของแบบสอบถามที่ได้มาหาค่า นำหนักเพื่อคัดเลือกจุดทำเลที่ตั้งในการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 5 ประจำองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพว่าให้ความสำคัญกับปัจจัยทำเลที่ตั้งใด และจุดไหนมากที่สุด หลังจากนั้นนำข้อมูลหลักๆ ที่ได้รับไปดำเนินการสัมภาษณ์ ผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญ อีกครั้งว่ามีความคิดเห็นอย่างไรต่อหลักการในการเลือกทำเลที่ตั้งที่ผู้โดยสารให้ความสำคัญ รวมทั้งขอความคิดเห็นรวมถึงคำแนะนำเพิ่มเติม

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลการศึกษาข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุระหว่าง 25-30 ปี มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี อาชีพพนักงานบริษัทเอกชน และมีรายได้ส่วนบุคคลโดยเฉลี่ยต่อเดือน 15,001 – 30,000 บาท

ส่วนที่ 2 ปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 5 ประจำองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสด ของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทาง เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จุดวัดสน กม.9 การเคหะธนบุรี

ปัจจัยด้านทำเลที่ตั้ง	ค่าเฉลี่ย		
	วัดสน	กม.9	การเคหะธนบุรี
1. มีจุดเชื่อมต่อการเดินทางหลายเส้นทาง	8.87	8.86	8.54
2. บริเวณใกล้เคียงมีแหล่งชุมชน	8.62	8.50	8.36
3. การเดินทางไปจุดให้บริการมีความสะดวก	8.85	8.73	8.44
4. ที่ตั้งของจุดบริการมีความสะดวกต่อการใช้บริการ	8.71	8.74	8.40
5. จำนวนที่จอดรถมีเพียงพอ	6.93	6.89	6.62
6. มีการวางผังสถานที่ที่เหมาะสมต่อการให้บริการ	8.00	8.10	7.78
7. จุดให้บริการมีความพร้อมในการให้บริการตลอดเวลา	8.34	8.46	8.25
8. จำนวนห้องน้ำมีเพียงพอต่อการใช้บริการ	5.57	3.78	3.16
9. จุดให้บริการมีความปลอดภัยต่อการใช้บริการ	8.47	8.14	8.37
10. สภาพแวดล้อมภายในอาคารมีความสะอาด	7.73	7.41	7.41
11. จุดให้บริการมีป้ายบอกชัดเจน	8.12	8.25	7.44
ค่าเฉลี่ยรวม	8.02	7.80	7.52

ผลการศึกษาจากการศึกษาความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 5 ประจำองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ จุดวัดสน โดยรวมมีค่าเฉลี่ยรวมที่ 8.02 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ผู้โดยสารให้ระดับความสำคัญ ได้แก่ มีจุดเชื่อมต่อการเดินทางหลายเส้นทาง การเดินทางไปจุดให้บริการมีความสะดวก ที่ตั้งของจุดบริการมีความสะดวกต่อการใช้บริการ บริเวณใกล้เคียงมีแหล่งชุมชน จุดให้บริการมีความปลอดภัยต่อการใช้บริการ จุดให้บริการมีความพร้อมในการให้บริการตลอดเวลา จุดให้บริการมีป้ายบอกชัดเจน มีการวางผังสถานที่

ที่เหมาะสมต่อการให้บริการ สภาพแวดล้อมภายในอาคารมีความสะอาด จำนวนที่จอดรถมีเพียงพอ และจำนวนห้องน้ำมีเพียงพอต่อการให้บริการ

จากการศึกษาความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 5 ประจำองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ จุดกม.9 โดยรวมมีค่าเฉลี่ยรวมที่ 7.80 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ผู้โดยสารให้ระดับความสำคัญ ได้แก่ มีจุดเชื่อมต่อการเดินทางหลายเส้นทาง ที่ตั้งของจุดบริการมีความสะดวกต่อการใช้บริการ การเดินทางไปจุดให้บริการมีความสะดวก บริเวณใกล้เคียงมีแหล่งชุมชน จุดให้บริการมีความพร้อมในการให้บริการตลอดเวลา จุดให้บริการมีป้ายบอกชัดเจน จุดให้บริการมีความปลอดภัยต่อการใช้บริการ มีการวางผังสถานที่ที่เหมาะสมต่อการให้บริการสภาพแวดล้อมภายในอาคารมีความสะอาด จำนวนที่จอดรถมีเพียงพอ และจำนวนห้องน้ำมีเพียงพอต่อการให้บริการ

จากการศึกษาความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 5 ประจำองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ จุดการเคหะธนบุรี โดยรวมมีค่าเฉลี่ยรวมที่ 7.52 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ผู้โดยสารให้ระดับความสำคัญ ได้แก่ มีจุดเชื่อมต่อการเดินทางหลายเส้นทาง การเดินทางไปจุดให้บริการมีความสะดวก ที่ตั้งของจุดบริการมีความสะดวกต่อการใช้บริการ จุดให้บริการมีความปลอดภัยต่อการใช้บริการ บริเวณใกล้เคียงมีแหล่งชุมชน จุดให้บริการมีความพร้อมในการให้บริการตลอดเวลา มีการวางผังสถานที่ที่เหมาะสมต่อการให้บริการ จุดให้บริการมีป้ายบอกชัดเจน สภาพแวดล้อมภายในอาคารมีความสะอาด จำนวนที่จอดรถมีเพียงพอ และจำนวนห้องน้ำมีเพียงพอต่อการให้บริการ

การสัมภาษณ์คุณพริ้มเพรา วงศ์สุทธิรัตน์ ผู้ช่วยผู้อำนวยการ ฝ่ายการเดินรถองค์การ 2 พบว่า ในส่วนของการเลือกทำเลที่ตั้งในการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 5 ประจำองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ นั้นเห็นว่าการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสด ในจุดที่มีการเชื่อมต่อการเดินทางหลายเส้นทางนั้นมีความสำคัญ เพราะเป็นหัวใจหลักต่อการเดินทางอย่างยิ่ง ทำให้ผู้โดยสารมีความสะดวกสบายในการเดินทางไปในเส้นทางที่หลากหลาย ยิ่งหากเป็นจุดที่อยู่บริเวณใกล้เคียงมีแหล่งชุมชน การเดินทางและที่ตั้งของจุดบริการมีความสะดวก ปลอดภัย และพร้อมต่อการให้บริการ ยิ่งทำให้ผู้โดยสารเห็นถึงความสะดวกของการเดินทางโดยองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพมากขึ้น

การสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ ขสมก. ที่เกี่ยวข้องกับงานด้านบัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า ของการเลือกทำเลที่ตั้งในการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 5 ประจำองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ นั้นเห็นว่าการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสด ในจุดที่มีการเชื่อมต่อการเดินทางหลายเส้นทางนั้นมีความสำคัญมากที่สุดเช่นกัน เพราะผู้โดยสารจะสามารถใช้เป็นจุดศูนย์กลาง เป็นจุดใหญ่ๆ ในการเดินทางไปยังที่ต่างๆ ได้ง่าย ปัจจุบันผู้โดยสารหันมาใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดเนื่องจากเพิ่มความความสะดวกสบายให้ผู้โดยสารแทนการพกเงินสด และทำให้การเดินทางมีความง่ายมากยิ่งขึ้นอีกด้วย

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการสรุปค่าน้ำหนักของปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษา เขตการเดินรถที่ 5 ประจำองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ พบว่าผู้โดยสารให้ความสำคัญในเรื่องของการมีจุดเชื่อมต่อการเดินทางหลายเส้นทาง บริเวณใกล้เคียงมีแหล่งชุมชน จุดให้บริการมีความปลอดภัยต่อการใช้บริการ การเดินทางไปจุดให้บริการมีความสะดวก ที่ตั้งของจุดบริการมีความสะดวกต่อการใช้บริการ จุดให้บริการมีความพร้อมในการให้บริการตลอดเวลา โดยจุดที่ให้ความสำคัญเรียงลำดับได้ดังนี้ จุดวัดสน จุด กม.9 และจุดการเคหะธนบุรี

การกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสด ในจุดที่มีการเชื่อมต่อการเดินทางหลายเส้นทางนั้นทำให้ผู้โดยสารมีความสะดวกสบายในการเดินทางไปในเส้นทางที่หลากหลาย ทำให้ผู้โดยสารเห็นถึงความสะดวกของการเดินทางโดยองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพมากขึ้น มีส่วนให้ผู้โดยสารหันมาใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดเนื่องจากเพิ่มความสะดวกสบายให้ผู้โดยสารแทนการพกเงินสด และทำให้การเดินทางมีความง่ายมากยิ่งขึ้นอีกด้วย

ข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้

จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยทำเลที่ตั้งด้านมีจุดเชื่อมต่อการเดินทางหลายเส้นทาง และอยู่บริเวณใกล้เคียงมีแหล่งชุมชน ผู้โดยสารให้ความสำคัญมากที่สุด ดังนั้น ผู้ประกอบการควรอาศัยจุดเด่นในการสร้างสัญลักษณ์และป้ายให้มีความโดดเด่นทำให้ลูกค้าจดจำง่าย มีการโฆษณารวมถึงการส่งเสริมภาพลักษณ์ของผู้ประกอบการให้มีความน่าเชื่อถือ เพื่อให้ผู้โดยสารเกิดความมั่นใจในการใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสด เพื่อสร้างการจดจำ และใช้ในการพัฒนาธุรกิจให้ก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ผู้วิจัยควรศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสด ของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทาง ในเขตการเดินรถอื่นๆ เพื่อให้สามารถทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสด ของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทาง ที่แตกต่างกัน
2. ผู้วิจัยควรศึกษาเกี่ยวกับความคาดหวังและความต้องการในการใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสด ของผู้โดยสารรถโดยสารประจำทาง เพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงการกำหนดจุดใช้บัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์แทนเงินสดให้ได้ตรงความต้องการของผู้บริโภค แล้วนำผลที่ได้มาพัฒนาปรับปรุงให้กับธุรกิจ เพื่อให้ประสบผลสำเร็จ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระเรื่องนี้สำเร็จได้ความกรุณาจาก ดร. วิษณุตร งามสะอาด อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ที่ได้ให้ความกรุณานะนำ ตรวจสอบตราและแก้ไขเนื้อหา ตลอดจนให้กำลังใจในการทำการศึกษาค้นคว้าอิสระมาโดยตลอด เพื่อให้การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สมบูรณ์ที่สุด จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่เกี่ยวข้อง ที่ช่วยประสิทธิประสาทความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์อันมีค่าให้ ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ที่ให้การส่งเสริมและสนับสนุนทางการศึกษามาโดยตลอด รวมถึงเพื่อนๆ ทุกคนที่มีส่วนให้คำแนะนำจนทำให้การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่าน ที่กรุณาสละเวลาในการให้ข้อมูล ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือจนทำให้การศึกษาค้นคว้าฉบับนี้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ และลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กัลป์หา ทรองพานิชย์. (2541). *พฤติกรรมผู้บริโภค*. ไทยวัฒนาพานิช.
- ค่านาย อภิปรีชญาสกุล. (2556). *การจัดการคลังสินค้าและการกระจายสินค้า*. โฟกัส-มีเดีย แอนด์พับลิชซิ่ง.
- ธงชัย สันติวงษ์. (2533). *พฤติกรรมผู้บริโภคทางการตลาด* (พิมพ์ครั้งที่ 5). ไทยวัฒนาพานิช.
- พรธณี ลีกิจวัฒนะ. (2553). *วิธีการวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 6). คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 4). สุวีริยาสาส์น.
- อดุลย์ จาตุรงค์กุล. (2534). *พฤติกรรมผู้บริโภค*. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

การเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการงานสารบรรณ
และการไหลของข้อมูลในองค์กรด้วยแนวคิดแบบลีน

Improvement of Correspondence Management
and the flow of information in the organization with a lean concept

สุธีรา จันทร์แก้ว^{1*} วรินทร์ วงษ์มณี²

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย¹

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย²

*Corresponding author: E-mail: suteera526@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสาเหตุของปัญหาในการจัดการงานสารบรรณที่เป็นอุปสรรคในการดำเนินงานและหาแนวทางเพื่อลดความสับสนเปลืองในกระบวนการส่งและจัดเก็บเอกสารของ องค์กรการเดินรถ องค์กรขนส่งมวลชนกรุงเทพฯ โดยใช้แนวคิดของลีน (Lean) รวมไปถึงการปรับปรุงกระบวนการทำงานใหม่เพิ่มคุณภาพการให้บริการของแผนกธุรการ กลุ่มงานสื่อสาร สำนักบริหารการเดินรถ สำนักงานใหญ่ เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพที่วัดผลจากความสอดคล้องกับแนวคิดของลีน ร่วมกับผลเปรียบเทียบก่อน-หลังการใช้แนวทางดังกล่าว มีกระบวนการทำงานใหม่ที่สามารถลดระยะเวลาและขั้นตอนการทำงาน

ผลการศึกษาพบว่า ปัญหาที่พบในการดำเนินงานสารบรรณของฝ่ายธุรการ คือ การผลิตและรับเข้าเอกสารเป็นจำนวนมากเฉลี่ย 52 แผ่นต่อวัน ไม่มีการจัดหมวดเอกสารที่มีประสิทธิภาพ ไม่มีการกำหนดระยะเวลาทำลายเอกสารที่แน่นอนทำให้ใช้พื้นที่จัดเก็บจำนวนมาก ใช้เวลาในการสืบค้นโดยเฉลี่ย 30 นาที/ฉบับ การสืบค้นเอกสารเฉลี่ย 10-15 ฉบับ/วัน จากการทดลองประยุกต์ใช้ E-mail และแอปพลิเคชัน LINE กับระบบจัดเก็บและส่งเอกสารเป็นระยะเวลา 7 วัน สรุปได้ว่า จำนวนการรับเข้าเอกสารที่เป็นกระดาษคือ 19 แผ่น มีการใช้พื้นที่จัดเก็บต่อปี 20 ลบ.ม. ลดลงจากเดิม ร้อยละ 84.13 และระยะเวลาการสืบค้นเอกสาร 7 นาที/ฉบับ ลดลงจากเดิม 23 นาที

สรุปได้ว่า การประยุกต์ใช้ E-mail และแอปพลิเคชัน LINE สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการงานสารบรรณและลดกระบวนการไหลของข้อมูลภายในองค์กร ลดการใช้ทรัพยากรกระดาษ ทรัพยากรบุคคล ลดพื้นที่ในการจัดเก็บเอกสาร และลดเวลาในการสืบค้นเอกสารได้

คำสำคัญ: ลีน; E-mail; Line; การจัดการงานสารบรรณ; องค์กรขนส่งมวลชนกรุงเทพฯ

Abstract

The purpose of this study was to look into the fundamental causes of document management difficulties that were impeding operations and to find ways to minimize waste in the traffic organization's document submission and storage procedure. Bangkok Mass Transport Authority Using the Lean concept entails improving new work procedures. Improve the service quality of the administrative department. group interaction The Office of Transportation Management, Headquarters is a qualitative study that evaluates the consistency as well as the comparative results produced before and after using the E-mail and Line Application.

The findings indicated that difficulties encountered in Office management include the generation and receiving of documents, with an average of 52 sheets each day, without efficient document classification. There is no predetermined shredding time, therefore a large quantity of storage space is required. The trial of utilizing tools to store and distribute documents yielded an average search time of 30 minutes per document and an average search time of 10-15 documents per day. It is possible to reach a conclusion. that the number of paper documents allowed was 19 sheets, the yearly storage space consumption was 20 cubic meters, a reduction of 84.13%, and the document retrieval time was 7 minutes per copy, that the use a tool can improve efficiency.

To manage the document and decrease information flow throughout the company. Reduce the usage of paper and human resources. Reduce the amount of document storage space you have and the amount of time you spend looking for papers.

Keywords: Lean; E-mail; LINE application; Document Management; Bangkok Mass Transport

บทนำ

หน่วยงานต่าง ๆ ล้วนแต่มีการติดต่อสื่อสารทั้งภายในและภายนอกหน่วยงาน จึงมีการผลิตและการใช้เอกสารจำนวนมากเพื่อให้สามารถดำเนินงานบรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้ การจัดการเอกสารมีความสำคัญต่อหน่วยงาน คือ ทำให้เกิดการควบคุมเอกสารอย่างมีระบบเพื่อสนองความต้องการด้านการบริหารและการดำเนินกิจกรรมของหน่วยงานอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยให้ประหยัดงบประมาณและบุคลากร (David Strohl, 2021)

ปัจจุบันการดำเนินงานของสำนักบริหารการเดินรถ มีการผลิตและการใช้เอกสารรับเข้าจากทั้งภายในและภายนอกเป็นจำนวนมากเพื่อแจ้งเวียนข่าวสารตามกฎระเบียบข้อบังคับและหลักเกณฑ์ในส่วนต่าง ๆ ขององค์กร โดยทุกหน่วยงานย่อยต้องทราบและถือปฏิบัติไปในทางทิศเดียวกัน จากการสำรวจการดำเนินงานพบว่าองค์กรนี้ได้ประสบปัญหาต่าง ๆ ด้านการจัดการเอกสาร เช่น การจัดส่งเอกสารไม่เป็นไปตามลำดับขั้นตอนของ

งาน การสูญหายของเอกสาร และความซับซ้อนการจัดเก็บและค้นหาเอกสาร เป็นต้น ซึ่งเกิดจากการขั้นตอนการดำเนินการเจ้าหน้าที่ในองค์กรและที่สำคัญคือการขาดการจัดการเอกสารที่ดีและเหมาะสมกับองค์กร

ปัญหาการจัดการเอกสารของขั้นตอนการดำเนินงาน คือ เอกสารต้นฉบับแล้วมีการทำสำเนาจำนวนมาก เพื่อกระจายข้อมูลไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จัดว่าเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรกระดาษอย่างมาก ซึ่งปัญหาการจัดการเอกสารที่เกิดจากบุคลากร ได้แก่ ความผิดพลาดในการจัดทำเอกสาร การมีทรัพยากรบุคคลมากกว่าจำนวนงาน ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในองค์กรเพิ่มขึ้น จากข้อมูลของสถิติเอกสารรับเข้าเอกสารจากหน่วยงานภายนอกตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม – 31 ตุลาคม 2563 มีการรับเอกสารเข้าจำนวน 13,350 ฉบับ จากการศึกษากระบวนการทำงานทั้งระบบ พบว่าบางขั้นตอนหรือบางกระบวนการ เกิดความล่าช้า มีข้อมูลสูญหาย การไหลเวียนผิดพลาดหรือไม่สะดวกในการสืบค้นและสิ้นเปลืองทรัพยากรกระดาษและทรัพยากรบุคคล จากปัญหาดังกล่าวจึงต้องมีการปรับปรุงขั้นตอนและกระบวนการการทำงานให้การจัดการเอกสารและการไหลของข้อมูลในองค์กรให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาสาเหตุของปัญหาที่เป็นอุปสรรคในการดำเนินงาน
2. เพื่อหาแนวทางเพื่อลดความสิ้นเปลืองในกระบวนการขนส่งและจัดเก็บเอกสารของ องค์กรการเดินรถ

องค์กรขนส่งมวลชนกรุงเทพฯ โดยใช้แนวคิดของลีน (Lean)

ขอบเขตของการศึกษา

ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาระบบงานสารบรรณและการไหลของข้อมูล ในส่วนกระบวนการรวบรวมข้อมูลการเดินรถจากทั้ง 8 เขต ของฝ่ายธุรการ องค์กรการเดินรถองค์กร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบสาเหตุของปัญหาที่เป็นอุปสรรคในการดำเนินงาน
2. มีขั้นตอนการทำงานและระยะเวลาในการจัดการลดลง
3. มีกระบวนการจัดการงานสารบรรณที่มีประสิทธิภาพ

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดลีน (Lean Thinking)

ลีน (Lean) คือการควบคุมการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยปราศจากความสูญเปล่าใน ทุก ๆ ส่วนงาน ตั้งแต่กิจกรรมต้นน้ำ ได้แก่ การจัดหาจัดซื้อวัตถุดิบ กิจกรรมกลางน้ำ ได้แก่ กระบวนการผลิต กิจกรรมปลายน้ำ กิจกรรมด้านโลจิสติกส์ โดยเน้นตอบสนองความต้องการไปถึงลูกค้าแบบทันที เน้นสร้างประสิทธิผลสูงสุด และลดการสูญเสียในวงจรการผลิตที่มุ่งเน้นในเรื่องการไหล (Flow) แบบคล่องตัวของงานในทุกกระบวนการเป็นหลัก (Womack & Jones, 2003)

ความสูญเปล่า (Waste/Muda) 7 ประการ

การสร้างมุมมองให้เห็นถึงกิจกรรมที่ทำทั้งหมดตลอดกระบวนการ ให้เห็นถึงกิจกรรมที่ก่อให้เกิดคุณค่า และกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า แล้วพยายามกำจัดออกไปให้เหลือน้อยที่สุด แบ่งออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่ (Skhmt, 2017)

1. การผลิตที่มากเกินไป คือทำการผลิตเพื่อรอจำหน่าย (Make to stock) เป็นการผลิตโดยที่ยังไม่มีความต้องการ หรือทำการผลิตตามยอดพยากรณ์ ก่อให้เกิดต้นทุนจมในการจัดเก็บสินค้า เกิดปัญหา อุปทานส่วนเกินตามมา
2. สินค้าคงคลังมากเกินไป (Unnecessary Inventory) คือ การที่บริษัทเก็บสินค้าประเภท วัตถุดิบ งานระหว่างกระบวนการ (Work in Process: WIP) และสินค้าสำเร็จรูปไว้ใช้งานมากเกินไปจนเกิดความจำเป็นก่อให้เกิดต้นทุนในการเก็บรักษา
3. การขนส่ง (Transportation) คือ การเคลื่อนย้ายสิ่งของ โดยจำเป็นหรือไม่จำเป็น ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม โดยจะพิจารณาการขนส่งในกระบวนการผลิตเป็นสำคัญ
4. การเคลื่อนไหวที่มากเกินไป (Excess Motion) คือ การเคลื่อนไหวโดยเปล่าประโยชน์ เป็นสาเหตุของเส้นทางการไหลของงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ การดูแลรักษาสถานที่ทำงาน อุปกรณ์การทำงานที่ไม่ได้มาตรฐาน และวิธีการทำงานไม่ถูกต้อง
5. กระบวนการที่ไม่เกิดคุณค่า (Non Value Added Processing) คือ กระบวนการที่ใช้วัตถุดิบ แรงงาน เวลา โดยไม่ก่อให้เกิดคุณค่า
6. การรอคอย (Waiting) คือ ความสูญเปล่าจากการรอคอยทั้งหมด เช่น วัตถุดิบ ข้อมูลข่าวสาร อุปกรณ์ หรือเครื่องมือต่าง ๆ
7. การมีของเสีย (Defect) คือ งานที่ผิดพลาด วัตถุดิบที่ไม่ได้คุณภาพ ส่งผลเสียต่องานที่ทำ และนำมาแก้ไขทำให้สูญเสียแหล่งวัตถุดิบทั้งหมดในกระบวนการ

หลักการ ECRS

คือหลักการที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (วิทยา อินทร์สอน, 2552) ในที่นี้ผู้ศึกษาได้พิจารณาเฉพาะส่วน คือ ส่วนของงานฝ่ายสนับสนุน มีรายละเอียด ดังนี้

1. การกำจัด (Eliminate) หมายถึง การกำจัดเอกสารที่ไม่จำเป็นออกไปโดยการพิจารณาความสำคัญของเอกสารต่าง ๆ
2. การรวมกัน (Combine) คือ การรวมเอกสารที่ซ้ำกันมาเก็บรักษาที่ส่วนกลาง ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสะดวกในการค้นหาและลดปริมาณเอกสาร
3. การจัดใหม่ (Rearrange) เอกสารที่มีความซ้ำซ้อนสามารถดำเนินการจัดรูปแบบเอกสารใหม่ เพื่อลดความความยุ่งยากในงานเอกสารบางรายการลงไป
4. การทำให้ง่าย (Simplify) คือ การจัดรูปแบบของเอกสารให้เข้าใจง่ายและสะดวกเหมาะสมกับการจัดเก็บและใช้งาน

แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต (Flow Process Chart)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลกระบวนการได้อย่างละเอียด ประกอบด้วยสัญลักษณ์ คำบรรยาย และลากเส้นเชื่อมต่อกัน บอกอธิบายรายละเอียดของขั้นตอนการผลิต เพื่อช่วยให้ผู้สร้างแผนภูมิสามารถมองเห็นภาพรวมและนำมาวิเคราะห์ข้อบกพร่องของกระบวนการผลิตได้อย่างชัดเจน ส่งผลไปสู่การพัฒนากระบวนการให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสัญลักษณ์มาตรฐาน 5 ชนิด (American Society of Mechanical

Engineers : ASME) (ม.ป.ป.) ประกอบไปด้วย การปฏิบัติ (Operation) การตรวจสอบ (Inspection) การเคลื่อนที่ (Transportation) การรอคอย (Delay) และ การเก็บรักษา (Storage)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ดาวัลย์ นันทจินดา (2559) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การประยุกต์หลักการ ECRS กับบริษัทขนส่งระบบ Milk run กรณีศึกษา: บริษัท ABC Transport จำกัด” ผลจากการประยุกต์ใช้หลักการ ECRS พบว่า การปรับปรุงการจัดทำเอกสาร และลักษณะการวิ่งรับภาชนะเปล่า ทำให้สามารถประหยัดเวลากระบวนการทำงานในส่วนนี้ได้ร้อยละ 50% และรถบรรทุกสามารถรับส่งสินค้าได้ตามกำหนดเวลาในแต่ละรอบเวลาของ Milk Run

นลินี จันทร์ประภาพร (2559) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “แนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป โดยการวิเคราะห์แผนผังสายธารคุณค่า กรณีศึกษา บริษัท AAA จำกัด” ผลการศึกษาพบว่า สามารถลดเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตได้ ร้อยละ 14.67 ต่อ 1 รอบการผลิต เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตลดลงเหลือ 610.34 นาที สามารถขยายปริมาณการผลิตสินค้า (Lot Size) ได้เป็น 17.50 ตารางเมตร การขยายปริมาณการผลิตสินค้าใช้เวลาเท่าเดิม ทำให้บริษัทมีรอบการผลิตโดยประมาณ 200 รอบต่อปี รายได้จากการจำหน่ายเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.67 ต่อปี

ฤทธิชัย สังฆทิพย์ (2558) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การลดเวลาการผลิตกระบวนการเชื่อมชิ้นส่วนยานยนต์ด้วยเทคนิค ECRS” โดยการนำแนวคิด ECRS มาปรับปรุงวิธีการทำงาน จากการศึกษาพบว่า ทำให้อายุการใช้งานการผลิตลดลงร้อยละ 45.05

สถาพร ดำรงค์ศักดิ์ และ วรินทร์ วงษ์มณี (2557) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การประยุกต์ใช้หลักการสลิ้นในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการบรรจุน้ำตาลทราย กรณีศึกษา บริษัท M.P.V. จำกัด” โดยการนำแนวคิดสลิ้นมาประยุกต์ใช้และเป็นแนวทางพัฒนาและปรับปรุงขั้นตอนการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จากการศึกษาพบว่า ลำดับขั้นตอนการทำงานใหม่สามารถป้องกันและลดปริมาณของเสียที่เกิดจากกระบวนการบรรจุ และต้นทุนแรงงานลดลงจากการปรับปรุงกระบวนการทำงาน ร้อยละ 46.67

ณัฐวัตร แก้วบุญปั้น (2557) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตชิ้นส่วนคอมเพรสเซอร์แอร์ด้วยการจัดสมดุลสายการผลิต” ประยุกต์ใช้แนวคิดการจัดสมดุลการปฏิบัติงานของพนักงาน และการจัดวางผังเครื่องจักรตามแนวคิด ECRS จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 90.75% และเส้นเวลาในการผลิต (Production Lead Time) ลดลงเหลือ 9.23 ชั่วโมง และส่งผลให้จำนวนชิ้นงานระหว่างการผลิตลดลงเหลือ 555 ชิ้น ซึ่งสามารถลดต้นทุนด้านแรงงานทางตรงได้ 2,220,000 บาทต่อปี หลังปรับปรุงการใช้เครื่องจักรชิ้นงาน ทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการผลิตลดลงได้ถึง 281,155.7 บาทต่อปี

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการงานสารบรรณ และการไหลของข้อมูลในองค์กร ผู้ศึกษากำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยโดยใช้ แผนผังสาเหตุและผล เพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่เป็นอุปสรรคในการดำเนินงานและใช้แนวคิดสลิ้น เพื่อหาแนวทางเพื่อลดความสับสนเปลืองในกระบวนการขนส่งและจัดเก็บเอกสารของ องค์การการเดินรถ องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ การจัดการงานสารบรรณของแผนกธุรการขององค์การเดินรถ องค์การขนส่งมวลชน
กรุงเทพฯ ทั้งหมดจำนวน 9 กระบวนการ

กลุ่มตัวอย่าง คือ การจัดการงานสารบรรณของกระบวนการรวบรวมข้อมูลการเดินรถจากทั้ง 8 เขต ของ
ฝ่ายธุรการ องค์การเดินรถ องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพฯ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้ศึกษาได้กำหนดกระบวนการและแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) โดยทำการเก็บข้อมูลจากการรับเข้า-ส่งออกเอกสารต่าง ๆ โดยสืบค้นและรวบรวมข้อมูล ได้แก่ จำนวนเอกสารที่รับเข้าฝ่ายงานสารบรรณของฝ่ายการเดินรถองค์กร องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพฯ ใน ค่าใช้จ่ายในการผลิตและขนส่งเอกสาร พื้นที่จัดเก็บแฟ้มเอกสาร จำนวนเอกสารที่ต้องสืบค้นต่อวัน และระยะเวลาที่ใช้ในการสืบค้นเอกสาร/ฉบับ รวมทั้งสิ้น 10 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2563 – 31 ตุลาคม 2563

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้ศึกษานำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาจำแนกประเภทของปัญหา โดยแยกเป็นรายด้าน และสังเคราะห์เพื่อหาองค์ประกอบย่อยของปัญหา จากนั้นนำไปสร้างแนวทางการจัดการงานสารบรรณ โดยประยุกต์ใช้ E-mail และแอปพลิเคชัน Line

2. ข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้ศึกษาได้นำข้อมูลมาเปรียบเทียบโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ และอธิบายผลด้วยการพรรณนา

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการศึกษาสามารถแบ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 สาเหตุของปัญหาของการจัดการงานสารบรรณ

จากการศึกษาปัญหากระบวนการดำเนินงานการจัดการเอกสารและการสำรวจเอกสารที่การผลิตและรับเข้าตั้งแต่วันที่ 1 ม.ค. - 31 ต.ค. 2563 พบว่า มีเอกสารรับเข้า-ส่งต่อ 13,350 แผ่น และมีรายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลโดยเฉลี่ยของผลการสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

รายการ	ผลการสำรวจ	หน่วย
จำนวนเอกสารรับเข้าคลังเอกสาร	13,350	แผ่น/ปี
ต้นทุนค่าพิมพ์เอกสารแผนกอื่น ๆ	19,890	บาท/ปี
พื้นที่จัดเก็บเอกสาร	126	ลบ.ม./ปี
ระยะเวลาในการสืบค้นเอกสาร	30	นาที/ฉบับ
จำนวนเอกสารที่สืบค้น	10-15	ฉบับ/วัน
ระยะเวลาในการดำเนินการเกี่ยวกับเชื้อเพลิงทั้ง 8 เขต	325	นาที/วัน

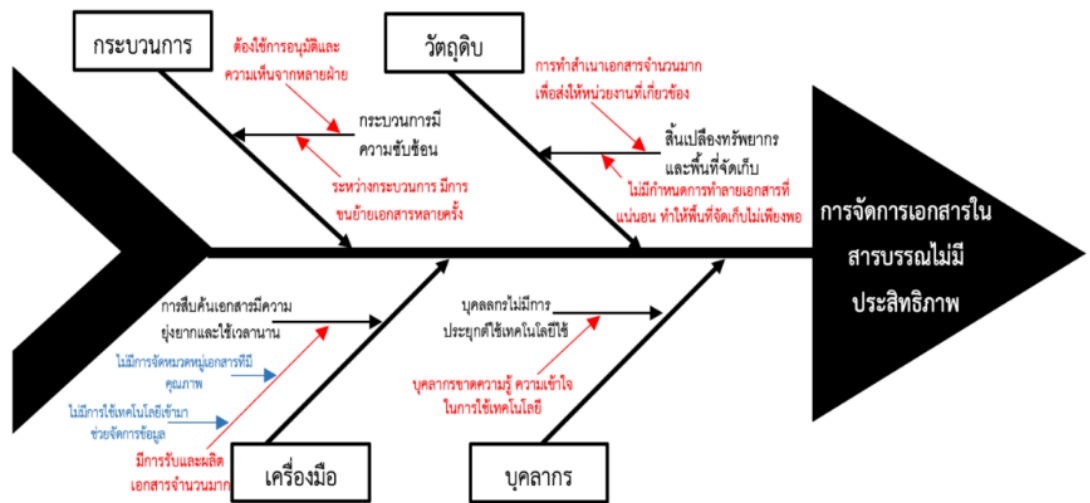
วิเคราะห์สาเหตุได้ ดังนี้

1.ปัญหาด้านกระบวนการ เกิดการดำเนินงานที่มีขั้นตอนกระบวนการในการทำงานที่ซับซ้อน มีการขนส่งเอกสารไปยังหลายฝ่ายหรือหลายหลายบุคคล ทำให้เกิดความล่าช้าของของกระบวนการ และเพิ่มโอกาสการตกหล่นของเอกสาร

2.การจัดเก็บเอกสาร ไม่มีการจัดเรียงเอกสาร และไม่มีการจัดหมวดหมู่ประสิทธิภาพมากเพียงพอ ทำให้การสืบค้นเอกสาร เป็นไปอย่างยุ่งยากและใช้เวลาค่อนข้างนาน อีกทั้งยังไม่มีการกำหนดระยะเวลาการจัดเก็บ และกำหนดการทำลายเอกสารอย่างแน่นอน ทำให้เกิดปัญหาพื้นที่จัดเก็บเอกสารไม่เพียงพอ

3.บุคลากรส่วนใหญ่ยังไม่มีการนำเทคโนโลยีมาช่วยในขั้นตอนกระบวนการการทำงาน รวมไปถึงการสรุปข้อมูลวิเคราะห์สรุปผลเชิงตัวเลข (Business Intelligence) และเชิงสถิติ

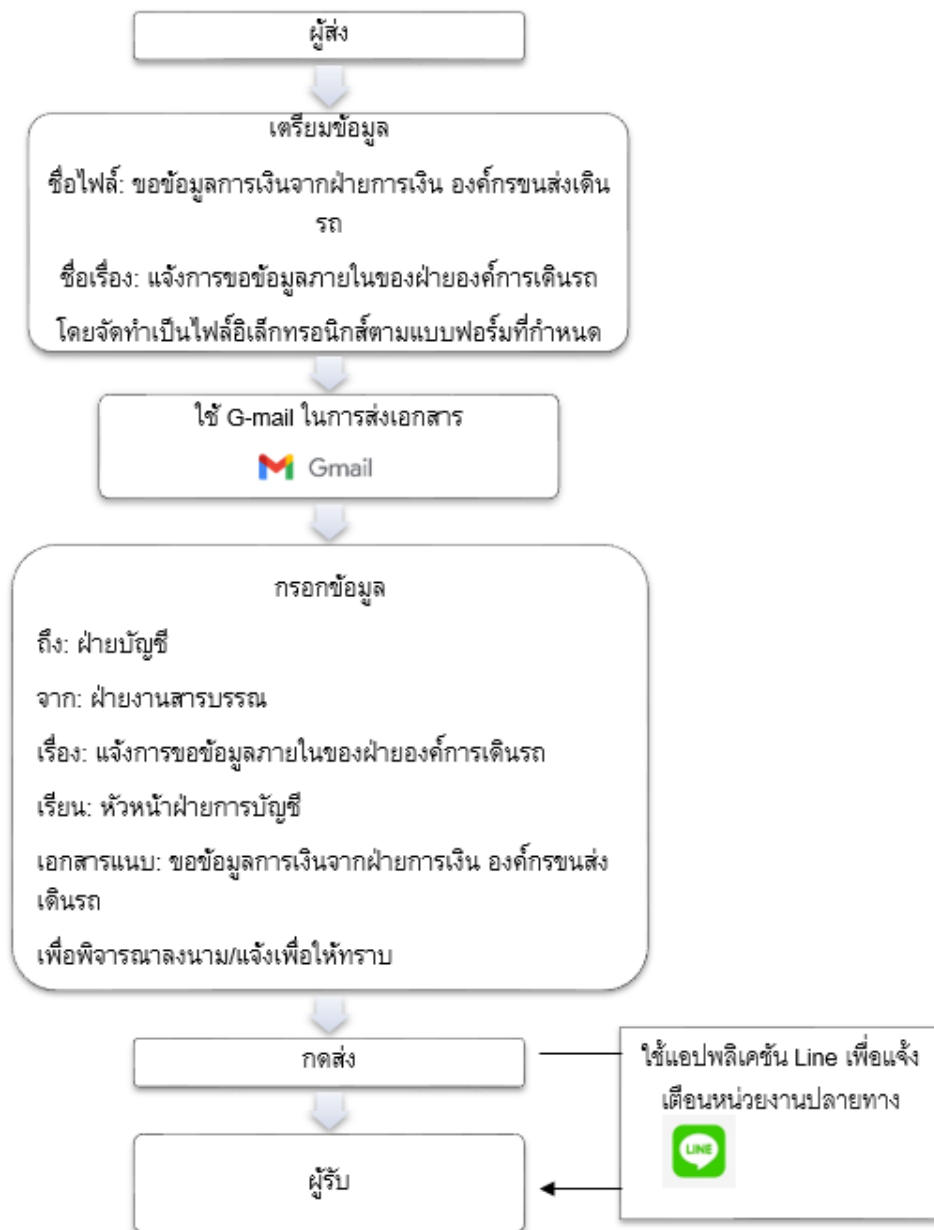
จากปัญหาและสาเหตุทั้งหมด ผู้ศึกษาได้จัดทำแผนผังก้างปลา มีรายละเอียดดังนี้



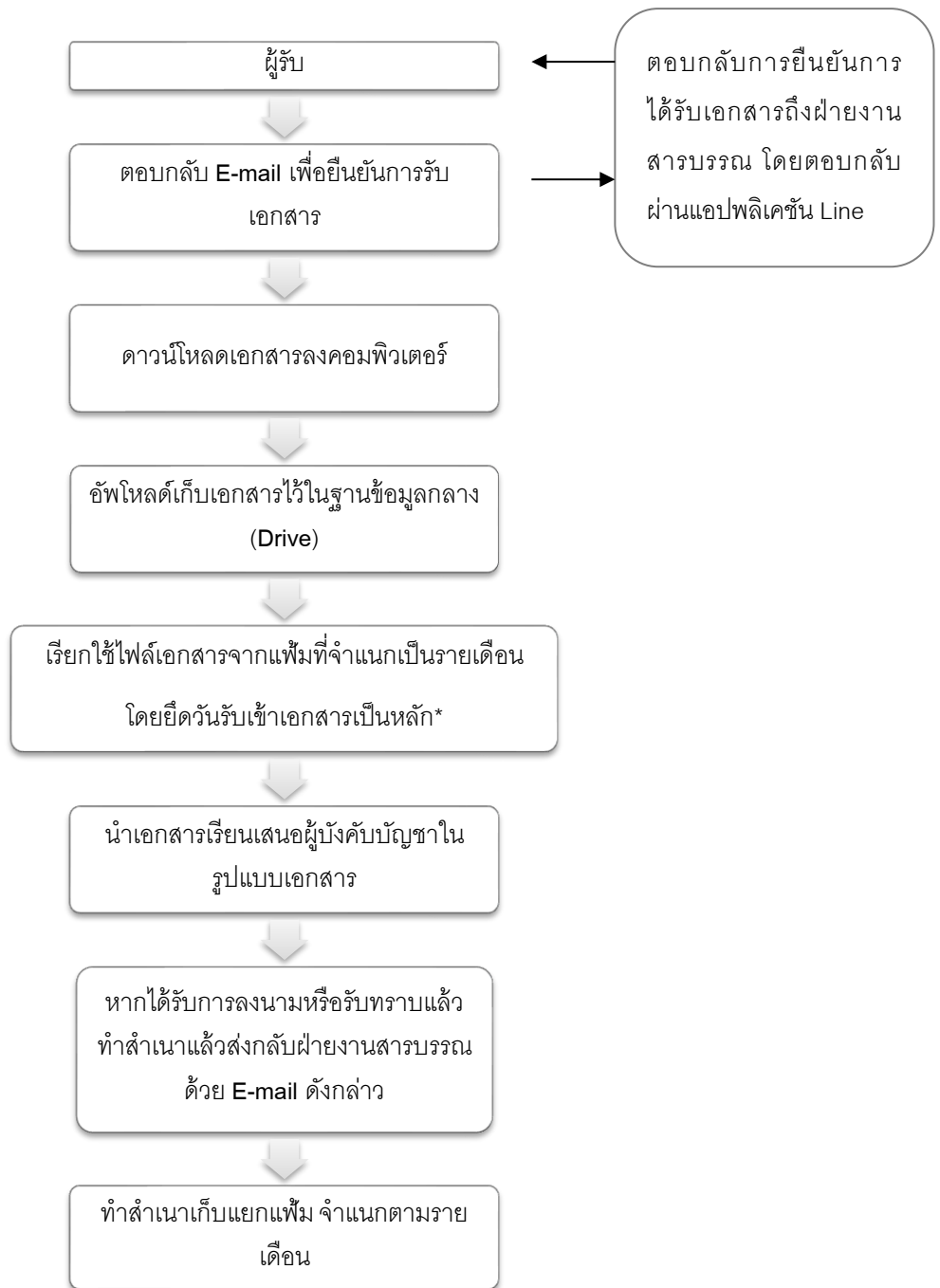
ภาพที่ 1 แผนผังก้างปลาเพื่อหาสาเหตุของปัญหาในกระบวนการจัดการงานสารบรรณ

ส่วนที่ 2 การประยุกต์ใช้ E-mail และแอปพลิเคชัน LINE สำหรับการดำเนินงานรวบรวมข้อมูลการเดินทาง 8 เขต

จากการศึกษาสาเหตุ จะได้แนวทางในการปรับปรุงกระบวนการโดยนำ E-mail และแอปพลิเคชัน LINE มาประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานรวบรวมข้อมูลการเดินทาง 8 เขต โดยกำหนดกระบวนการมาตรฐานให้ผู้ปฏิบัติงานดำเนินการ 3 กระบวนการ ดังนี้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการส่งเอกสาร



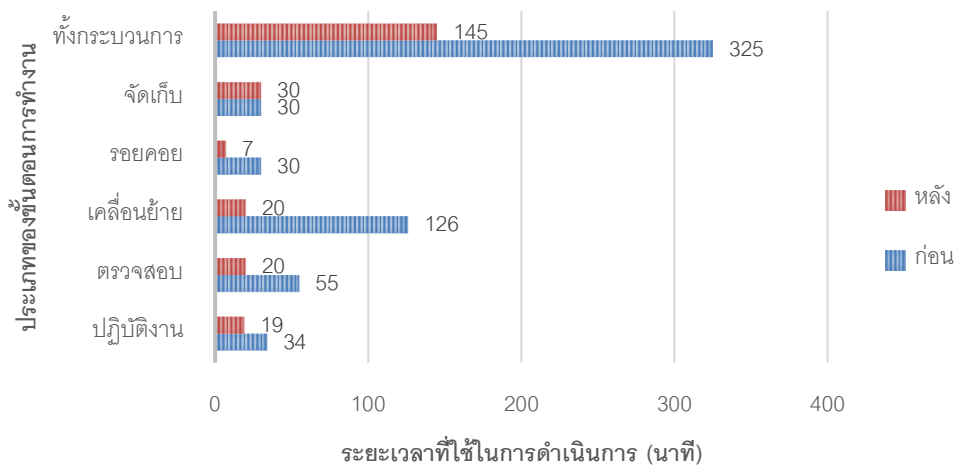
ภาพที่ 3 ขั้นตอนการรับ/จัดเก็บเอกสาร



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการค้นหาเอกสาร

ส่วนที่ 3 ผลของการประยุกต์ใช้แนวทางฯ สำหรับการดำเนินงานรวบรวมข้อมูลการเดินรถ 8 เขต

เมื่อกำหนดกระบวนการทำงานที่เป็นมาตรฐานดังกล่าวแล้ว นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับแผนผังการไหลของกระบวนการ เห็นได้ว่า ระยะเวลาที่ใช้ลดลงร้อยละ 50.98 แสดงดังภาพที่ 5 นี้



ภาพที่ 5 แผนผังการไหลของกระบวนการก่อน-หลังปรับปรุง

และจากการทดลองใช้แนวทางฯ กระบวนการดำเนินงาน สามารถลดการดำเนินการจาก 19 ขั้นตอน เหลือเพียง 7 ขั้นตอน และพบว่า มีการรับเอกสารเข้าที่เป็นแฟ้มเอกสาร จำนวน 26 แผ่น/วัน ทำให้มีต้นทุนในการพิมพ์เอกสารจำพวก หมึกพิมพ์ กระดาษ บางส่วน ซึ่งลดลงจากการจัดเก็บเอกสารรูปแบบเดิม ถึงร้อยละ 48.65 ส่วนพื้นที่เอกสารสำหรับจัดเก็บแบบแฟ้มเอกสาร ลดลงจากเดิมเหลือ 20 ลบ.ม./ปี และยังสามารถค้นหาเอกสารได้รวดเร็วขึ้นเหลือเพียง 7 นาทีต่อฉบับ ข้อมูลก่อนและหลังการประยุกต์ใช้ E-mail และแอปพลิเคชัน LINE ในการเก็บเอกสาร รับเข้า-ส่งออก และเวลาในการดำเนินงานรวมทั้งกระบวนการลดลงเหลือ 145 นาทีต่อวัน ดังแสดงในตาราง 3

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลก่อนและหลังการประยุกต์ใช้ E-mail และแอปพลิเคชัน LINE

รายการ	การจัดเก็บเอกสาร ด้วยแฟ้มเอกสาร	การส่งเอกสารด้วย E-mail และ LINE	อัตราเปรียบเทียบ (%)
เอกสารรับเข้าคลังเอกสาร (แบบกระดาษ)	52 แผ่น/วัน	26 แผ่น/วัน	ลดลง 48.65
ต้นทุนค่าพิมพ์เอกสาร	55 บาท/วัน	20 บาท/วัน	ลดลง 63.64
พื้นที่จัดเก็บเอกสาร	126 ลบ.ม/ปี	20 ลบ.ม./ปี	ลดลง 84.13
ระยะเวลาในการสืบค้นเอกสาร	30 นาที/ฉบับ	7 นาที/ฉบับ	ลดลง 76.67
ระยะเวลาของกระบวนการรวบรวมข้อมูล	325 นาที/วัน	145 นาที/วัน	ลดลง 55.38

อภิปรายผล

การวิเคราะห์ปัญหาการจัดการเอกสารในหน่วยงานสารบรรณมีปัจจัยหลัก 4 ด้าน ได้แก่

1. เครื่องมือ เนื่องจากจำนวนเอกสารที่รับเข้าคลังเอกสารนั้นมีจำนวนมาก ทำให้สิ้นเปลืองพื้นที่ที่ใช้ในการจัดเก็บเอกสาร รวมถึงการจัดเก็บเอกสารไม่เป็นหมวดหมู่ ทำให้สืบค้นเอกสารทำได้ยาก โดยดูได้จากการวิเคราะห์ระยะเวลาในการสืบค้นเอกสาร 1 ฉบับ ใช้เวลาถึง 30 นาที

2. กระบวนการ จากองค์กรมีกระบวนการทำงานที่ค่อนข้างซับซ้อน ทำให้เกิดความล่าช้าขึ้นในกระบวนการขนส่งเอกสารและทำให้เกิดเอกสารสูญหายได้

3. วัตถุประสงค์ เนื่องจากหน้าที่จะส่งเอกสารไปยังหน่วยงานเป้าหมายนั้น เอกสารตัวจริงจะถูกทำสำเนาอย่างน้อยสองฉบับขึ้นไป ก่อนที่จะส่งไปยังหน่วยงานเป้าหมาย ทำให้มีการใช้จำนวนกระดาษที่มากขึ้น อีกทั้งองค์กรเองไม่ได้กำหนดระยะเวลาชัดเจนที่จะสามารถทำลายเอกสารได้ ส่งผลให้มีการใช้พื้นที่ในการจัดเก็บเอกสารที่เพิ่มมากยิ่งขึ้น รวมถึงสิ้นเปลืองทรัพยากรและงบประมาณในการทำสำเนาเอกสารอีกด้วย

4. บุคลากร บุคลากรที่ปฏิบัติงานอยู่ในองค์กรยังขาดความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยี ทำให้ไม่สามารถนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเอกสารภายในองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพมากพอ

และเมื่อทำการวิเคราะห์ผลจากการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการใช้แนวทางทางฯ พบว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการงานสารบรรณและลดกระบวนการไหลของข้อมูลได้ อภิปรายได้ ดังนี้

1. การจัดการงานสารบรรณนั้นมีขั้นตอนที่ไม่จำเป็นหลายส่วน ได้แก่ การรอการขนส่งเอกสารในแต่ละขั้นตอน รวมไปถึงการใช้งานบุคลากรในการขนส่งเอกสารที่ทำงานร่วมกันกับแผนกอื่น ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าในการขนส่งเอกสาร และเกิดความสูญเปล่าของทรัพยากรบุคคล จากการพัฒนากระบวนการใหม่ขึ้น สามารถตัดกระบวนการในการขนส่งเอกสารโดยบุคคลออกได้ ซึ่งสามารถนำบุคลากรที่ไปทำหน้าที่ในส่วนอื่นแทนได้ ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงขึ้น

2. การทำงานของการจัดการสารบรรณนั้นมีกระบวนการที่ค่อนข้าง ซึ่งเมื่อทำการปรับระบบเป็นการใช้ E-mail และการแจ้งเตือนบุคลากรที่เกี่ยวข้องด้วยแอปพลิเคชัน LINE รวมไปถึงการจัดเก็บเอกสารในรูปแบบของไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ สามารถทำงานควบคู่ไปด้วยกันระหว่างงาน สารบรรณและการสรุปผลทางด้านการเงิน เนื่องจากไฟล์เอกสารนั้นสามารถสรุปยอดค่าใช้จ่ายรายวัน รายเดือน และรายปี ได้ในทันทีที่ต้องการทราบยอดค่าใช้จ่ายย้อนหลัง ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานเกิดความสะดวกรวดเร็วในการทำงานมากกว่าเดิม

3. การจัดลำดับงานสำหรับงานสารบรรณ ขั้นตอนทั้งหมดถูกจัดรูปแบบใหม่เป็นการติดต่อผ่านทางอีเมลในการเรียกเอกสารหรือส่งเอกสารมายังงานสารบรรณ จากนั้นเมื่องานสารบรรณได้รับข้อมูล ผู้รับสารสามารถดาวน์โหลดเอกสารได้ และทำการร้องขอรหัสผ่าน กรณีเป็นเอกสารลับ ซึ่งถือเป็นการปรับกระบวนการให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4. ระยะเวลาการค้นหาเอกสาร 1 ฉบับลดลงเหลือเพียง 7 นาที

สรุปผลและเสนอแนะ

จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสิ้นเปลืองก่อนและหลังทดลองใช้แนวคิดหรือเครื่องมือที่นำเสนอพบว่า เมื่อมีการใช้การประยุกต์ใช้ E-mail และแอปพลิเคชัน LINE สามารถลดความสิ้นเปลืองตามหลักความสิ้นเปลืองทั้ง 7 ประการได้ โดยรวมลดลงร้อยละ 55.38 ซึ่งแยกการอธิบายรายชื่อ ดังนี้ 1) การผลิตที่มากเกินไป : ลดลงร้อยละ 48.65 2) สินค้าคงคลังมากเกินไป : ลดลงร้อยละ 84.13 3) การขนส่ง ลดลงประมาณร้อยละ 51.28 4) การเคลื่อนไหว ลดลง ร้อยละ 50.00 5) กระบวนการที่ไม่เกิดคุณค่า ลดลงร้อยละ 55.38 6) การรอคอย ลดลง ร้อยละ 76.67 และ 7) การมีของเสีย ลดลงร้อยละ 63.64

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐวัตร แก้วบุญปัน. (2557). การเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตขึ้นส่วนคอมพิวเตอร์แอร์ด้วยการจัดสมดุลสายการผลิต. <http://uc.thailis.or.th/Catalog/BibItem.aspx?BibID=b01371445>
- ดาวัลย์ นันทจินดา. (2559). การประยุกต์หลักการ ECRS กับบริษัทขนส่งระบบ Milk Run กรณีศึกษา: บริษัท ABC Transport จำกัด [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ]. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- นลินี จันทร์ประภาพร. (2559). แนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตผ่านพื้นที่คอนกรีตสำเร็จรูป โดยการวิเคราะห์แผนผังสายธารคุณค่า กรณีศึกษา บริษัท AAA จำกัด [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ]. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. <http://cris.mfu.ac.th//handle/333/4672>

ฤทธิชัย สังฆทิพย์. (2558). การลดเวลาการผลิตกระบวนการเชื่อมชิ้นส่วนยานยนต์ด้วยเทคนิค ECRS. การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2556.

วิทยา อินทร์สอน. (2552). เทคนิคการเพิ่มผลผลิต โดยการลดความสูญเสีย. <http://www.thailandindustry.com/onlinemag/view2.php?id=1421§ion=4&issues=81>

สถาพร ดำรงค์ดี และวรินทร์ วงษ์มณี. (2557). การประยุกต์ใช้หลักการลีนในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการบรรจุน้ำตาลทราย กรณีศึกษาบริษัท M.P.V. จำกัด.

สมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งอเมริกา (American Society of Mechanical Engineers : ASME). (ม.ป.ป.). The American Society of Mechanical Engineers-ASME. <https://www.asme.org/>

David, S. (2021). Sultan: Image Manager. <https://doi.org/10.1215/9781478013082-025>

แนวทางในการตัดสินใจเพื่อลดต้นทุนโครงการไหว้พระ 9 วัด อู่บางเขน

The guideline for making decision to reduce cost of 1-day trip of visiting 9 temples project
of Bangkhen bus depot

รุ่งทิพย์ มาตา^{1*} ปิยะเนตร นาคสีดี²

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย¹

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย²

*Corresponding author: E-mail : rungtip2536mini@gmail.com

บทคัดย่อ

องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ได้จัดโครงการไหว้พระ 9 วัด อู่บางเขนได้มีการดำเนินการจัดไหว้พระมาเป็นระยะเวลา 14 ปี ต่อมาได้มีการขยายไปในเส้นทางจังหวัดต่างๆมากขึ้น ซึ่งการจัดเดินรถไหว้พระ 9 วัดมีผลการดำเนินงานด้านกำไรในปีที่ผ่านมาลดลง ทำให้การเดินรถในช่วงเสาร์ อาทิตย์ และนักชดถุกซ์เกิดการขาดทุนและทางองค์การไม่มีไม่เคยมีการวิเคราะห์ต้นทุนการเดินรถโครงการไหว้พระ 9 วัด วัดอุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ต้นทุนการเดินรถในแต่ละเดือน การพยากรณ์ยอดผู้ใช้บริการ ในแต่ละเส้นทาง เพื่อนำมาปรับปรุงเส้นทางการเดินรถให้สอดคล้องกับผู้ใช้บริการ

ผลการศึกษา จากปัญหาเรื่องต้นทุนพนักงานประจำรถที่มีฐานเงินเดือนสูง พบว่ามีการปรับเปลี่ยนเป็นการใช้พนักงานใหม่ที่ฐานเงินเดือนต่ำลง จะสามารถลดค่าล่วงเวลาลงได้ 289,188 บาท หรือ 35 % ต่อปี ส่วนวิเคราะห์จุดคุ้มทุน ทำให้ทราบว่าแต่ละเส้นทางควรมีผู้ใช้โดยสารขั้นต่ำจำนวนเท่าไรถึงควรเปิดเส้นทาง จากการคำนวณจุดคุ้มทุนทั้ง 5 เส้นทาง และ จากการศึกษาข้อมูลไหว้พระ 9 วัดครั้งนี้ พบว่าสาเหตุที่ทำให้มีต้นทุนการดำเนินการลดลงนั้นผู้ศึกษาเส้นทางทั้ง 5 เส้นทางที่มีผู้ใช้บริการน้อย และใช้เทคนิคการพยากรณ์ 2 วิธี คือ วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วง น้ำหนัก (Weighted moving averages) และวิธีการปรับเรียบ (Exponential Smoothing) พบว่ามี 3 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางนครนายก เส้นทางสมุทรปราการ และเส้นทางฉะเชิงเทรา มีแนวโน้มที่ผู้ใช้โดยสารจะลดต่ำกว่าจุดคุ้มทุน ควรปิดเส้นทางเหล่านี้ ส่วนอีก 2 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางอ่างทองและกรุงเทพฯ ที่ยังมีผู้ใช้บริการอยู่ แต่น้อยลงเรื่อยๆ ซึ่งจะต้องมีการทำการตลาด หรือหาสถานที่ใหม่ๆ ที่เป็นจุดท่องเที่ยว หรือวัดที่เป็นที่นิยม จะช่วยกระตุ้นให้ผู้ใช้บริการหันมาสนใจมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ : ต้นทุน; การพยากรณ์; จุดคุ้มทุน

Abstract

Bangkok Mass Transit Authority arranged 1 day trip of visiting 9 temples project. Bangkok bus depot has been arranged 1-day trip of visiting 9 temples project for 14 years. Then there was expansion of routes to more provinces. The Profit of 1-day trip of visiting 9 temples project had reduced the past year; therefore, the operation on weekend and public holidays lost money. The objective of this research aimed to analyze cost of operation and break even point of each route. The forecast of the numbers of passengers in each route was done to improve bus routing to be relevant to passengers.

From the study, it was found that a full-time employee cost was too high. If they change the driver and the bus taken to be new employees who have lower salary, it will help to reduce over time cost for 289,188 baht or 35% per year. For the analysis of breakeven point, it resulted in deciding of 9 temple project route efficiently by calculating the minimum number of passenger in each route. From the analysis of 5 routes trip of visiting 9 temples helped to find the reason that caused the reducing of cost. The 5 routes that have lowest passengers were chosen to forecast by 2 techniques which were weighted moving averages and exponential smoothing. It found that there were 3 routes which were Nakhonnayok route, Samutprakarn route and Chachoengchao route; the numbers of passengers tended to reduce to be lower than breakeven point. Therefore, those routes should be closed. For another 2 routes which were Angthong route and Bangkok route still had passengers, but it tended to reduce continuously. If they focus on new marketing strategy or find new places which can attract the passengers, it will help to encourage more passengers to be interested in the project.

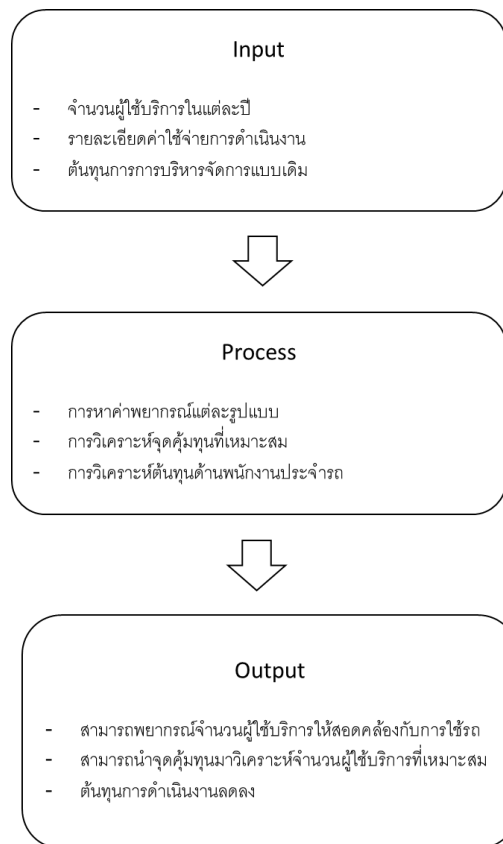
Keywords: Cost; Forecast; Breakeven point

บทนำ

ขสมก. มุ่งหมายให้ประชาชนได้รับความสะดวก รวดเร็ว ปลอดภัย และอีกหนึ่งบริการ ตามนโยบายของรัฐบาลที่ต้องการส่งเสริมให้ประชาชนผู้มีรายได้น้อยได้ท่องเที่ยวในจังหวัด กรุงเทพฯ ปริมณฑล และจังหวัดใกล้เคียงแบบไปเช้า-เย็นกลับ ให้บริการในวันหยุดเสาร์-อาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์ ปัจจุบันเส้นทางไหว้พระ 9 วัดขึ้นอยู่กับกรมการขนส่งโดยตรง โดยทางองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพจะต้องทำเรื่องยื่นหนังสือ ขออนุญาตวิ่งในเส้นทางแต่ละจังหวัด ปัจจุบันได้เปิดจำนวน 13 เส้นทาง ได้แก่จังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดอยุธยา จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดนครนายก จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดนครปฐม จังหวัดกรุงเทพฯ จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดอ่างทอง และจังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งช่วงหลังมานี้ทางองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ มีรายได้ที่ลดลงอยู่ตลอด เมื่อเปรียบเทียบรายได้ปีพ.ศ.2562 และปีพ.ศ.2563 รายได้ปี พ.ศ. 2562 มีรายได้ 15,847,677 ล้านบาท รายได้ปี พ.ศ. 2563 มีรายได้ 4,274,504 ล้านบาท ส่วนต่างที่ลดลง 11,573,173 ล้านบาท ทำให้องค์การขนส่ง

มวลงชกรรทพ ต้ดงห้ค่าน้งถ้การบรหการจ้ดการเดทรดเส้ทางห้ว้พระ 9 ว้ด ซ้งเกดต้ทูนม่ค้มค้ใช้จ้าย ค้ด
นเร้งขงค้ใช้จ้ายด้านพนักงนประจ้ารด ค้าน้امنเช้ดเพลง และระยะทางนการเดทรด ซ้งบ้จ้บ้นทางอค์การ
ขนส่งมวลงชกรรทพ มม่การว้เคราะห้จ้ดค้มทูนที่แน่อนและมม่การพยากรณล้วงหน้านการมาใช้บรหการขง
ผู้โดยสار โดยม้ว้ดถูประสค์ขงการว้จ้ย เพ้ว้เคราะห้ต้ทูนค้ใช้จ้ายและต้ทูนการเดทรดค้รกรการห้ว้พระ 9 ว้ด
และเพ้ให้ทราบถ้จ้ดค้มทูนนแต่ละเส้ทางและเสนอแนวททางล้ต้ทูนขงพนักงนประจ้ารด และประยุกต์ใช้
แนวค้ดการพยากรณ้มาใช้เป็นแนวททางการค้ดส้ใจนการจ้ดเส้ทางการเดทรด ส่วนประยชน้ที่ค้าคว่าจ้ได้รบค้ด
สามารถน้ต้ทูนค้ใช้จ้ายการเดทรดมาว้เคราะห้จ้ดค้มทูนการเดทรดค้รกรการห้ว้พระ 9 ว้ด แล้วย้งสามารถน้
ข้อมูลการหาจ้ดค้มทูนมาว้เคราะห้จ้านวนผู้ใช้บรหการให้เหมาะสมและสามารถล้ต้ทูนค้ใช้จ้ายการเดทรดค้รกร
การห้ว้พระ 9 ว้ดซ้งสามารถน้แนวททางการพยากรณ้มาใช้นการนการวางแผนเส้ทางการเดทรดให้ม้ประส้ทธภาพได้
และสามารถค้ดส้ใจนการปร้บปร้งการจ้ดเส้ทางเดทรดให้ม้ความเหมาะสม โดยม้ขอเขตการค้ษา โดยค้ษา
ข้อมูลจากค้รกรการสุขสันต์ห้ว้พระ 9 ว้ด เขตการเดทรดที่ 1 อู่บางเขน เปดเดทรดนช่วง เสาร์ -อาทิตย์ และนัค้ด
ถูษ์ รววมท้งค้ษาข้อมูลสรุปรายได้ ค้ใช้จ้ายและก้ไรชาดทูนนการเดทรด ค้รกรการห้ว้พระ 9 ว้ด โดยใช้ข้อมูล
ย้อนหล้ง จากบ้ พ.ศ. 2561 ถ้บ้ พ.ศ.2563 ซ้งค้ษาจากการเดทรดท้งหมด 13 เส้ทาง

กรอบแนวค้ดการว้จ้ย



ภาพที่ 1 กรอบแนวค้ดการว้จ้ย

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การพยากรณ์

การพยากรณ์เป็นการประมาณการหรือคาดคะเนเหตุการณ์ที่ยังไม่ได้เกิดขึ้น โดยการ คาดคะเนนั้นต้องอาศัยข้อมูลในอดีตและปัจจุบันมาเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ เพื่อหาคำตอบว่า ในอนาคตนั้นจะเป็นเช่นไร (วิชัย แหวนเพชร, 2534) การพยากรณ์เป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ ในการทำนายเหตุการณ์ในอนาคต ซึ่งอาจนำ หลายวิธีมาใช้แล้วแต่สถานการณ์ เช่น อาจนำข้อมูลในอดีตมาพยากรณ์เหตุการณ์ในอนาคต โดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ เข้าช่วย อาจใช้เฉพาะดุลยพินิจของผู้พยากรณ์เพียงอย่าง เดียวหรืออาจใช้หลายๆ วิธีร่วมกัน เพื่อให้การพยากรณ์มีความแม่นยำมากที่สุด (Jay Hezer & Barry Render : 2549) ในการศึกษาครั้งนี้จะทดสอบการพยากรณ์ 2 แบบ ประกอบด้วย การหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted moving averages) และวิธีการปรับเรียบ (Exponential Smoothing)

การวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

การวัดความคลาดเคลื่อนของค่าจริงและค่าที่พยากรณ์ได้โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ หรือจำนวนข้อมูลต่าง ๆ จะพิจารณาจากการที่ค่าจริงใกล้เคียงค่าพยากรณ์ที่สุด หรือทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดยอมเป็นค่าที่เหมาะสมกับการใช้พยากรณ์ให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ

การวัดความคลาดเคลื่อนสามารถวัดได้จากค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

$$1. \text{ Mean Absolute Deviation (MAD)} = \frac{\sum |\text{ค่าจริง} - \text{ค่าพยากรณ์}|}{n}$$

ค่า MAD ยิ่งน้อย หมายถึง การพยากรณ์ยิ่งแม่นยำ

$$2. \text{ Mean Squared Error (MSE)} = \frac{\sum (\text{ค่าจริง} - \text{ค่าพยากรณ์})^2}{n}$$

ค่า MSE ยิ่งน้อย หมายถึง การพยากรณ์ยิ่งแม่นยำ

$$3. \text{ Mean Absolute Percent Error (MAPE)} = \frac{\sum |\text{ค่าจริง} - \text{ค่าพยากรณ์}|}{n} \times 100$$

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

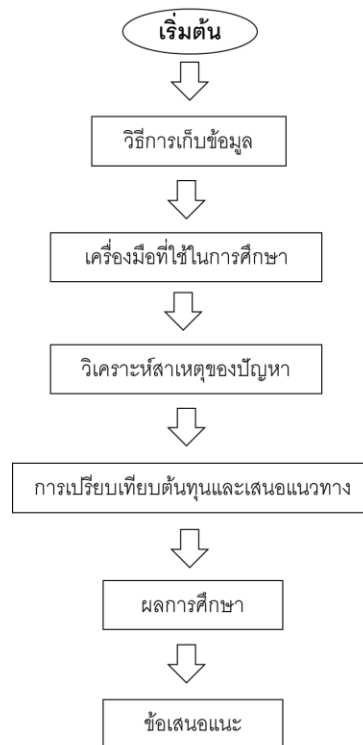
การวิเคราะห์การคุ้มทุน (Breakeven Analysis) เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ผู้บริหารธุรกิจ สามารถนำมาใช้ช่วยเพื่อการตัดสินใจในการวางแผนกำไรล่วงหน้าได้จุดคุ้มทุน (Breakeven Point) คือ ระดับการดำเนินงานธุรกิจที่รายได้รวมเท่ากับต้นทุนรวมพอดี หรือจุดที่กำไรเป็นศูนย์ถ้าการดำเนินงานธุรกิจอยู่ในระดับสูงกว่าจุดนี้เพียงหน่วยเดียว จะทำให้รายได้รวมมากกว่าต้นทุนรวม ทำให้ธุรกิจมีกำไร การวิเคราะห์การคุ้มทุนนี้นอกจากจะใช้ช่วยเพื่อการตัดสินใจในเรื่องการวางแผนกำไรของธุรกิจโดยทั่วไปแล้ว ยังสามารถนำไปใช้ช่วยประกอบการตัดสินใจผลิตด้วยตนเองหรือซื้อ ช่วยในการตัดสินใจเรื่องการจัดราคาสินค้า การตัดสินใจเกี่ยวกับแผนกำไรของผู้ค้าปลีก (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม : 2562)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(คงกฤษ ปิ่นทอง 2554) : การพยากรณ์การผลิตชิ้นส่วนยางในรถยนต์ กรณีศึกษา บริษัท อีโนเวิร์ปเบอร์ (ประเทศไทย) การค้นคว้าอิสระครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและสร้างสมการ การพยากรณ์ยอดขายผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ประกอบด้วย ซีลกระโปรงหน้า ซีลกระจังหน้า ขอบหน้าต่างแค็บ ยางรองกระจกหลัง และ ยางซีลกระจกหลัง ด้วยวิธีอนุกรมเวลา โดยใช้การพยากรณ์ 3 วิธี คือการพยากรณ์โดยหาค่าการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล การพยากรณ์โดยการหาค่าแนวโน้ม และการพยากรณ์โดยวิธีการประยุกต์ใช้ค่าผลคูณระหว่างค่าแนวโน้มและดัชนีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (T x S) ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลรายเดือนของยอดขายผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 40 เดือน และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมช่วยวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ ผลการวิเคราะห์การพยากรณ์ยอดขายทั้ง 3 วิธีโดยใช้การหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ และพิจารณาจากร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด พบว่าผลิตภัณฑ์ซีลกระโปรงหน้า รถยนต์ ผลิตภัณฑ์ซีลกระจังหน้า และผลิตภัณฑ์ยางรองกระจกหลังควรใช้การพยากรณ์โดยการหาค่าแนวโน้ม ผลิตภัณฑ์ขอบหน้าต่างแค็บ ควรใช้วิธีการพยากรณ์แบบ (T x S) และผลิตภัณฑ์ยางซีลกระจกหลังควรใช้การพยากรณ์โดยหาค่าการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเรื่องแนวทางในการตัดสินใจเพื่อลดต้นทุนโครงการให้พระเจ้า 9 วัดอุ้งบางเขน ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนระเบียบวิธีการวิจัย

วิธีการเก็บข้อมูล

1. เก็บข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นของโครงการไหว้พระ 9 วัด อุบลราชธานี พร้อมทั้งเก็บข้อมูลแยกประเภทต้นทุน
2. เก็บข้อมูลเดิมในเรื่องของขั้นตอนต่าง ๆ ที่ดำเนินการ
3. เก็บข้อมูลสถิติสรุปรายได้ ค่าใช้จ่ายและกำไรขาดทุนการเดินรถ โครงการไหว้พระ 9 วัด โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง จากปีพ.ศ. 2561 ถึงปีพ.ศ. 2563

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

ผู้วิจัยศึกษาจากแนวคิดทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับการหาแนวทางการตัดสินใจเพื่อลดต้นทุนโครงการไหว้พระ 9 วัด และนำแนวทางมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาของโครงการไหว้พระ 9 วัด ให้เกิดความก้าวหน้าและสามารถนำมาใช้ในการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนี้

การคำนวณหาจุดคุ้มทุน (B.E.P.: Break Even Point)

การหาจุดคุ้มทุนจะเป็นทางเลือกในการตัดสินใจว่าควรที่จะเปิดเส้นทางนี้หรือไม่ จำนวนผู้ใช้บริการเท่าไรจึงจะเปิดเส้นทางซึ่งวิธีนี้ช่วยให้ตัดสินใจในการเปิดเส้นทางได้มากขึ้น และสามารถเปรียบเทียบกับเส้นทางในปัจจุบันว่าควรปรับเปลี่ยนหรือลดเส้นทางลงหรือไม่

การพยากรณ์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณผู้ใช้บริการ ลักษณะข้อมูลเป็นแนวโน้ม จึงเลือกทดสอบเทคนิคการพยากรณ์ 2 วิธีคือ การหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted moving averages) และการปรับเรียบแบบ (Exponential Smoothing)

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

แผนผังก้างปลาเป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (Possible Cause) เราอาจคุ้นเคยกับแผนผังสาเหตุและผล ในชื่อของ “ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram)” เนื่องจากหน้าตาแผนภูมิมีลักษณะคล้ายปลาที่เหลือแต่ก้าง หรือหลายๆ คนอาจรู้จักกันในชื่อของแผนผังอิชิกาวา (Ishikawa Diagram) ซึ่งได้รับการพัฒนาครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1943 โดย ศาสตราจารย์คาโอรุ อิชิกาวา แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว



ภาพที่ 3 แสดงแผนภูมิ ก้างปลา แสดงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการปฏิบัติงาน

จากการศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาจากการดำเนินงานโดยใช้ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagrams) ทำให้ทราบว่า ปัญหาหลักๆที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนของการดำเนินงาน ประกอบด้วย

1. ต้นทุนค่าของพนักงานสูงเนื่องจากมีการใช้พนักงานที่มีฐานเงินสูง พนักงานรุ่นพี่หรือพนักงานรุ่นเก่านั้นมีการผูกขาดหน้าที่การเดินรถโครงการนี้ เพราะมีผลประโยชน์นอกเหนือจากเงินเดือน
2. ไม่มีการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน ทำให้เกิดการขาดทุนในการกำหนดจำนวนผู้ใช้บริการขั้นต่ำ
3. ไม่มีการพยากรณ์ดูยอดการใช้บริการ ในแต่ละเส้นทางว่าเส้นทางเหล่านั้นมีผู้ใช้บริการมากน้อยเพียงใด ทำให้ไม่ทราบว่าควรปรับเปลี่ยนเส้นทางอย่างไร

การวิเคราะห์ต้นทุนและเสนอแนวทาง

การนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลเดิมที่มีการดำเนินการอยู่ มาเปรียบเทียบดูว่า ต้นทุนใดบ้างที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่าย โดยที่สามารถลดในส่วนของต้นทุนนั้นได้ จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลค่าใช้จ่ายด้านพนักงานประจำรถที่มีฐานเงินสูงและฐานเงินเดือนต่ำ

จากข้อมูลข้างต้นแสดงถึงความจำเป็นที่จะต้องมีการคำนวณ คาดคะเนและคิดต้นทุนที่เกิดขึ้นก่อน เพื่อก่อให้เกิดกำไรในแต่ละเส้นทาง ดังนั้น ผู้วิจัยเลือกที่จะนำเสนอแนวทางแก้ไขปัญหา ซึ่งวิเคราะห์จากข้อมูลรายได้ - ค่าใช้จ่ายที่ได้ศึกษาแล้วสามารถที่จะลดได้ โดยมีเหตุผลที่สนับสนุนให้สามารถเกิดแนวคิดที่จะนำเสนอแบ่งออกเป็น 3 แนวทางได้แก่

1. การลดค่าใช้จ่ายในด้านพนักงานประจำรถโดยใช้พนักงานที่มีฐานเงินเดือนต่ำ
2. การพยากรณ์จำนวนผู้ใช้บริการให้สอดคล้องกับการใช้รถ
3. การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนในการเดินรถแต่ละเส้นทาง

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากปัญหาที่ทำให้รายได้การดำเนินงานลดลง ไม่ว่าจะเป็นด้านพนักงานที่มีฐานเงินที่สูง ปัญหาการจัดรถไม่สอดคล้องกับจำนวนผู้ใช้บริการ รวมถึงความซับซ้อนในเส้นทางที่ทำให้เกิด กิโลเมตรเกินกำหนดและมีค่าใช้จ่าย ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งออกเป็น 3 แนวทางในการลดต้นทุน ประกอบด้วย การเปรียบเทียบต้นทุนด้านพนักงานประจำรถ, การพยากรณ์เพื่อจัดเส้นทางและการหาจุดคุ้มทุนการเดินรถ จึงได้นำแนวคิดในบทที่ 3 มาทำการวิเคราะห์ โดยมีผลการวิจัย ดังนี้

การลดต้นทุนจากการปรับเปลี่ยนมาใช้พนักงานที่มีฐานเงินเดือนต่ำ

การนำพนักงานที่มีฐานเงินสูงและพนักงานที่มีฐานเงินเดือนต่ำมาเปรียบเทียบและเสนอแนวทางในการตัดสินใจ โดยวิธีการนำเงินเดือนของพนักงานขับรถและพนักงานเก็บค่าโดยสารมาคิดเฉลี่ยต่อวัน ยกตัวอย่างการคิด

$$\text{เงินเดือน} = \frac{\text{ฐานเงินเดือน}}{\text{จำนวนวันทำงาน}} (= 37500 / 30 = 1250) \quad \text{ค่าล่วงเวลา} = \frac{\text{ฐานเงินเดือน}}{\text{จำนวนวันทำงาน}} / \text{ชั่วโมงการทำงาน} \times \text{ชั่วโมงที่ทำล่วงเวลา}$$

$$(= 37500 / 30 / 8) \times 4 = 2500 \text{ ดังข้อมูลในตารางที่ 1}$$

ตารางที่ 1 เงินเดือนและค่าล่วงของพนักงานประจำรถที่มีฐานเงินเดือนสูง

ค่าใช้จ่าย	พนักงานขับรถ		พนักงานเก็บค่าโดยสาร	
	พนักงานที่มีฐานเงินเดือนสูง (37500)		พนักงานที่มีฐานเงินเดือนสูง (31000)	
	วันธรรมดา	วันหยุด	วันธรรมดา	วันหยุด
ค่าแรง	1250	2500	1033	2066
ค่าล่วงเวลา	625	1250	516	1032

ตารางที่ 2 เงินเดือนและค่าล่วงของพนักงานประจำรถที่มีฐานเงินเดือนต่ำ

ค่าใช้จ่าย	พนักงานขับรถ		พนักงานเก็บค่าโดยสาร	
	พนักงานที่มีฐานเงินเดือนต่ำ (11350)		พนักงานที่มีฐานเงินเดือนต่ำ (10150)	
	วันธรรมดา	วันหยุด	วันธรรมดา	วันหยุด
ค่าแรง	378	756	338	676
ค่าล่วงเวลา	189	378	168	336

ตารางที่ 3 แสดงค่าล่วงเวลาพนักงานประจำรถ ปีพ.ศ 2561-2563

เดือน	ปี 2561	ปี 2562	ปี 2563
มกราคม	96,360	110,220	144,540
กุมภาพันธ์	108,240	66,660	102,300
มีนาคม	61,380	66,000	125,840
เมษายน	79,200	71,280	
พฤษภาคม	69,960	70,620	
มิถุนายน	75,240	64,020	
กรกฎาคม	573,180	72,600	
สิงหาคม	256,740	166,320	104,940
กันยายน	108,240	69,300	102,080
ตุลาคม	71,280	73,920	140,800
พฤศจิกายน	82,500	82,500	117,040
ธันวาคม	116,820	88,440	
รวม	1,699,140	1,001,880	837,540

จากตารางที่ 3 เป็นข้อมูลค่าล่วงเวลาที่เกิดขึ้นจริง โดยคำนวณจากพนักงานที่มีฐานเงินเดือนสูง ปี พ.ศ. 2561 ค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 1,699,140 บาท ปี พ.ศ.2562 ค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 1,001,880 และปี พ.ศ.2563 ค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 837,540 จะเห็นว่าค่าล่วงเวลาในแต่ละปีมีแนวโน้มลดลงเนื่องมาจากมีการระบาดของไวรัสโควิด 19 ทำให้ไม่สามารถเปิดการเดินรถได้เต็มที่ รวมถึงมีการลือคดวุ่นทำให้ต้องปิดการเดินรถไหว้พระ 9 วัด ดังนั้นเมื่อค่าล่วงเวลาลดลง จำนวนผู้ใช้บริการก็ลดลงเช่นกัน จึงจำเป็นต้องลดค่าใช้จ่ายด้านพนักงานประจำรถ เพื่อลดต้นทุนโครงการในส่วนที่สามารถลดได้ในช่วงที่ผู้ใช้บริการลดลง เพราะการที่ผู้ใช้บริการลดลง นั้นหมายถึงรายได้และกำไรก็ลดลงด้วยเช่นกัน ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องลดค่าใช้จ่ายที่สามารถลดได้ เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดในช่วงสถานการณ์เช่นนี้

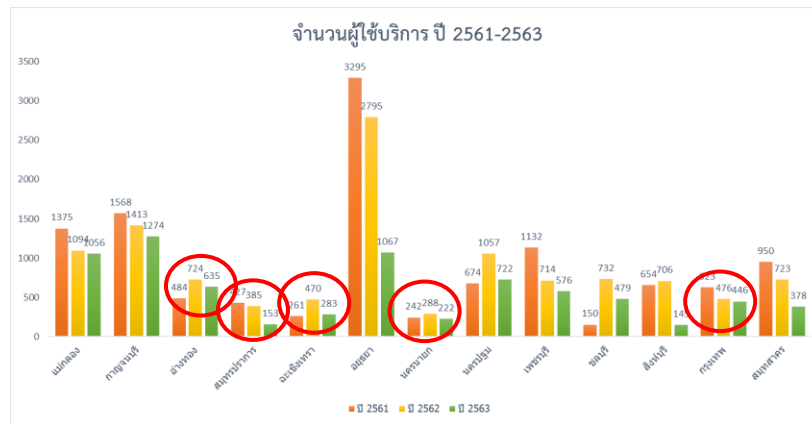
ตารางที่ 4 แสดงค่าล่วงเวลาในแต่ละเส้นทาง ทั้งหมด 13 เส้นทาง ข้อมูลจริงของปี พ.ศ.2563

เส้นทาง	จำนวนชั่วโมงที่เสียค่าล่วงเวลา	ค่าล่วงเวลาพนักงานขับรถ	ค่าล่วงเวลากับเงิน	ค่าใช้จ่ายเที่ยว	ค่าใช้จ่ายเดือน
นครนายก	1	189	168	357	2856
สมุทรปราการ	1	189	168	357	2856
ฉะเชิงเทรา	1	189	168	357	2856
อ่างทอง	2	378	336	1428	11424
กรุงเทพ	1	189	168	357	2856
สมุทรสาคร	1	189	168	357	2856
สิงห์บุรี	1	189	168	357	2856
นครปฐม	1	189	168	357	2856
เพชรบุรี	2	378	336	1428	11424
แม่กลอง	1	189	168	357	2856
กาญจนบุรี	2	378	336	1428	11424
สุพรรณบุรี	2	378	336	1428	11424
อยุธยา	1	189	168	357	2856
รวม	11	2268	2016	5712	45696

การคิดค่าใช้จ่ายของพนักงานที่มีฐานเงินเดือนต่ำมาคิด จากทั้ง 13 จังหวัด ที่นำมาคิดต่อเดือนแล้วอยู่ที่ 45,696 บาท ถ้าคิด 1 ปี เท่ากับ นำ 45,696 X 12 = 548,352 บาทจากการนำค่าล่วงเวลามาคิด จะเห็นว่ามีค่าใช้จ่ายลดลง 837,540 – 548,352 = 289,188 บาท/ปี

จากการเปรียบเทียบค่าล่วงเวลาพนักงาน จะเห็นได้ว่าการฝึกให้พนักงานที่มีฐานเงินเดือนต่ำมาทำหน้าที่โครงการไหว้พระ 9 วัด จะทำให้มีค่าใช้จ่ายลดลง 35 % ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด และยังสามารถฝึกอบรมพัฒนาพนักงานเหล่านี้ให้มีความเชี่ยวชาญ ข้าราชการเส้นทาง รวมถึงสามารถสานต่อพนักงานรุ่นเก่าที่จะเกษียณได้อีกในอนาคต ที่เลือกวิธีการใช้พนักงานที่มีฐานเงินเดือนต่ำหรือเลือกพนักงานที่ยังเด็กหรืออายุน้อยมาทำนั้น เพราะปัจจุบันโครงการไหว้พระ 9 วัด พนักงานรุ่นพี่หรือพนักงานรุ่นเก่านั้นมีการผูกขาด และมีรายได้อื่นนอกเหนือจากเงินเดือน ค่าล่วงเวลา ซึ่งก็คือได้รับเงินจากวัด จากร้านค้า ร้านของฝาก ที่มีการนำลูกทัวร์หรือผู้ใช้บริการมาลงในวัดหรือในร้านขายของฝากนั้น ซึ่งเป็น ช่องทางการหารายได้ของพนักงานและทำให้ผู้อื่นหรือ พนักงานคนใหม่ๆไม่สามารถไปโครงการไหว้พระ 9 วัดนี้ได้ เพราะโดนกีดกัน จากพนักงานเดิมที่ปฏิบัติงานอยู่แล้ว

เลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจในการจัดเส้นทางเดินรถ



ภาพที่ 4 ข้อมูลจำนวนผู้ใช้บริการ ปีพ.ศ. 2561- 2563

ผลการศึกษาข้อมูลยอดผู้ใช้บริการ ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2561 –2563 ดังภาพที่ 4 ของทั้งหมด 13 เส้นทาง แสดงให้เห็นยอดผู้ใช้บริการ ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นแนวโน้มโดยจะสังเกตเห็นได้จากการวิเคราะห์ผลด้วยการพล็อตกราฟ จึงตัดสินใจเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมของแต่ละเส้นทาง โดยใช้เส้นทางที่มีผู้ใช้บริการน้อยมาวิเคราะห์ มีทั้งหมด 5 เส้นทางแล้วจึงนำ 5 เส้นทางนี้มาพยากรณ์ โดยใช้ 2 วิธี ประกอบด้วย วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted moving averages) และวิธีการปรับเรียบ (Exponential Smoothing) โดยมีการใช้ข้อมูลจำนวนผู้ใช้บริการย้อนหลัง 3 เดือน และการใช้ข้อมูลจำนวนผู้ใช้บริการย้อนหลัง 5 เดือน แล้วคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อน เพื่อเลือกรูปแบบการพยากรณ์ ที่เหมาะสม

ตารางที่ 5 ผลลัพธ์การพยากรณ์ วิธี Weighted Moving Average ของทั้ง 5 เส้นทาง

Weighted Moving Averages					
ความต้องการจริง		MSE	MSE	MAPE	MAPE
เส้นทาง	ยอดผู้ใช้บริการ	แบบ 3 เดือน	แบบ 5 เดือน	แบบ 3 เดือน	แบบ 5 เดือน
นครนายก	1196	1350	1188	2597	2439
สมุทรปราการ	1300	1569	1518	2942	2868
ฉะเชิงเทรา	1509	1093	977	2613	2555
อ่างทอง	2433	3737	3478	4448	4260
กรุงเทพฯ	1801	3366	3211	3610	3459
Average	8239	11115	10372	16210	15581

การวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่ 5 ค่าความคลาดเคลื่อนด้วยเทคนิค MSE และ MAPE ระหว่าง 3 เดือน กับ 5 เดือน สรุปได้ว่าการพยากรณ์ของทั้ง 5 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางนครนายก,เส้นทางสมุทรปราการ,เส้นทางฉะเชิงเทรา ,เส้นทางอ่างทอง และเส้นทางกรุงเทพ ด้วยเทคนิค Weighted Moving Average จากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความคลาดเคลื่อนด้วยเทคนิค MSE และ MAPE ระหว่าง 3 เดือน กับ 5 เดือน สรุปได้ว่าเลือกการพยากรณ์ของทั้ง 5 เส้นทาง ด้วยวิธี Weighted Moving Average นั้น เลือกวิธีการพยากรณ์แบบ 5 เดือน เนื่องจากมีค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละปีน้อยที่สุด

นอกจากวิธี Weighted Moving Average แล้วยังมีการคำนวณค่าการพยากรณ์ต่อด้วยวิธี Exponential Smoothing พยากรณ์ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2560 - 2563 ด้วยวิธี Exponential Smoothing โดยมีการใช้ค่าอัลฟาอยู่ที่ 0.1 - 0.9 แล้วคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนเพื่อเลือกค่าอัลฟาที่เหมาะสม

ตารางที่ 6 ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ด้วยวิธี Exponential Smoothing ที่ระดับ α ที่แตกต่างกัน

Exponential Smoothing																			
ความต้องการจริง		0.1		0.2		0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9	
เส้นทาง	ยอดผู้ให้บริการ	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE	MSE	MAPE
นครนายก	1196	16598	12908	16648	12913	16731	12934	16852	12939	17034	13714	17187	12931	17430	17666	13112	12991	17954	13054
สมุทรปราการ	1300	16843	12803	16459	12717	16473	13006	16680	13014	16773	13638	16943	13097	182890	13163	17424	13237	17674	13392
ฉะเชิงเทรา	1509	15228	12489	15249	12489	15300	12489	15380	12489	15488	12284	15625	12489	16093	12489	16210	12489	15986	12489
อ่างทอง	2433	12882	10793	12216	10766	12222	10782	12328	10755	12490	15543	12837	10906	13807	12255	14077	11256	14553	11812
กรุงเทพ	1801	15067	12303	15056	12270	15124	12254	15283	12221	15511	12953	15852	12198	18069	13234	16820	12359	17366	12667

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่ 6 ค่าความคลาดเคลื่อนด้วยเทคนิค MAPE เลือกวิธีการพยากรณ์แบบ กำหนดค่า $\alpha = 0.1$ ซึ่งเป็นเส้นทางนครนายกและเส้นทางสมุทรปราการ ส่วนจากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความคลาดเคลื่อนด้วยเทคนิค MAPE เลือกวิธีการพยากรณ์แบบ กำหนดค่า $\alpha = 0.5$ ซึ่งเป็นเส้นทางฉะเชิงเทรา ส่วนจากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความคลาดเคลื่อนด้วยเทคนิค MAPE เลือกวิธีการพยากรณ์แบบ กำหนดค่า $\alpha = 0.4$ ซึ่งเป็นเส้นทางอ่างทอง และ จากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความคลาดเคลื่อนด้วยเทคนิค MAPE เลือกวิธีการพยากรณ์แบบ กำหนดค่า $\alpha = 0.6$ ซึ่งเป็นเส้นทางกรุงเทพ ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความคลาดเคลื่อนด้วยเทคนิค MSE และ MAPE ด้วยวิธี Exponential Smoothing โดยมีการใช้ค่าอัลฟาอยู่ที่ 0.1 - 0.9 แล้ว สรุปได้ว่าการพยากรณ์ของทั้ง 5 เส้นทาง เลือกวิธีการพยากรณ์แบบกำหนดค่า $\alpha = 0.2$ เนื่องจากค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

ตารางที่ 7 วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม

เส้นทาง	ความต้องการจริง	วิธีที่ใช้พยากรณ์	ค่าพยากรณ์
นครนายก	1196	Weighted Moving Averages	1152
สมุทรปราการ	1300	Weighted Moving Averages	1280
ฉะเชิงเทรา	1509	Weighted Moving Averages	1487
อ่างทอง	2433	Weighted Moving Averages	2347
กรุงเทพ	1801	Weighted Moving Averages	1784

จากการศึกษาเส้นทางทั้ง 5 เส้นทาง ที่มีผู้ใช้บริการน้อยและใช้เทคนิคการพยากรณ์ 2 วิธี คือ วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted moving averages) และวิธีการปรับเรียบ (Exponential Smoothing) และนำผลลัพธ์ การพยากรณ์ทั้ง 2 วิธีมาเปรียบเทียบกันด้วยค่า MSE และ MAPE จะเห็นได้ว่าการใช้เทคนิคการพยากรณ์ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted moving averages) แบบ 5 เดือน เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด สรุปผลการเลือกวิธีการพยากรณ์ดังตารางที่ 7 ซึ่งวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{สูตร} \quad \text{ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก} = \frac{w_{t-1}A_{t-1} + w_{t-2}A_{t-2} + \dots + w_{t-x}A_{t-x}}{\sum w}$$

ยกตัวอย่าง วิธีการคิด จังหวัดสมุทรปราการ ปี พ.ศ. 2562 แบบ 3 เดือน

น้ำหนัก	ช่วงระยะเวลา
3	เดือนที่แล้ว
2	2 เดือนที่แล้ว
1	3 เดือนที่แล้ว
6	ค่ารวมของน้ำหนักทั้งหมด

เดือน	ค่าจริง	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ 3 เดือน
มกราคม	33	
กุมภาพันธ์	0	
มีนาคม	47	
เมษายน	50	$[(3 \times 47) + (2 \times 0) + (1 \times 33)] / 6 = 29$
พฤษภาคม	46	$[(3 \times 50) + (2 \times 47) + (1 \times 0)] / 6 = 41$
มิถุนายน	22	$[(3 \times 46) + (2 \times 50) + (1 \times 47)] / 6 = 48$
กรกฎาคม	62	$[(3 \times 22) + (2 \times 46) + (1 \times 50)] / 6 = 35$
สิงหาคม	42	$[(3 \times 62) + (2 \times 22) + (1 \times 46)] / 6 = 46$
กันยายน	0	$[(3 \times 42) + (2 \times 62) + (1 \times 22)] / 6 = 45$
ตุลาคม	21	$[(3 \times 0) + (2 \times 42) + (1 \times 62)] / 6 = 24$
พฤศจิกายน	10	$[(3 \times 21) + (2 \times 0) + (1 \times 42)] / 6 = 18$
ธันวาคม	52	$[(3 \times 10) + (2 \times 21) + (1 \times 0)] / 6 = 48$

ผลลัพธ์การหาจุดคุ้มทุนที่เหมาะสม

จากการพยากรณ์ยอดผู้ใช้บริการในแต่ละเส้นทาง มีบางเส้นทางที่มียอดผู้ใช้บริการน้อยและไม่คุ้มค่าใช้จ่าย จึงนำข้อมูลของทั้ง 5 เส้นทางที่มีผู้ใช้บริการน้อยมาคิดจุดคุ้มทุน เนื่องจากการที่เห็นว่าผู้ใช้บริการลดลงนั้น แสดงว่ามีรายได้ลดลง ทำให้ต้องคิดจุดคุ้มทุนว่าปัจจุบันควรที่จะเปิดเส้นทางนี้อยู่หรือไม่ ซึ่งต้นทุนที่นำมาคิดคือ ต้นทุนที่เกินจากการเดินรถในเส้นทางปกติ ประกอบไปด้วยต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน

ยกตัวอย่างการคำนวณ

ตารางที่ 8 แสดงข้อมูลต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันของเส้นทางนครนายก

เส้นทางนครนายก

ต้นทุนคงที่	บาท/คัน/เดือน	บาท/คัน/วัน
ค่าจ้างพนักงาน	228000	9120
ค่าเช่าซ่อม	18800	512
ค่าภาษีเชื้อเพลิง	9632	52
รวม	256432	9683
ต้นทุนแปรผัน	บาท/คัน/เดือน	บาท/คัน/วัน
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	137605	11467
ค่า กม.ส่วนเกิน	1020	85
ค่าล่วงเวลา	1141	143
รวม	139766	11695

จากตารางที่ 8 สามารถคิดคำนวณต้นทุนได้จากการนำ ต้นทุนแปรผันทั้ง 3 ส่วน ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ,ค่า กม.ส่วนเกิน และ ค่าล่วงเวลา มาคิดจำนวนที่นั่งที่คุ้มทุน โดยเส้นทางนครนายก ค่าตัวที่นั่งละ 429 บาท วิธีการคำนวณมีดังนี้

หมายเหตุ การคิดคำนวณต้นทุนนี้ ไม่นำต้นทุนคงที่ในส่วนของเงินเดือนพนักงานมาคำนวณเพราะ ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ต้องเสียอยู่แล้วในการเดินรถกรณีในเส้นทางปกติ ที่ไม่ใช่การเดินรถ 9 วัด

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนรวม} &= \text{ต้นทุนผันแปร} \\ &= 11467 + 85 + 143 \\ &= 11695 \text{ บาท/คัน} \\ \text{จำนวนที่นั่ง} &= 11695 \div 429 \\ &= 27 \text{ ที่นั่ง} \end{aligned}$$

ผลลัพธ์จากการคำนวณจุดคุ้มทุน เส้นทางนครนายก เท่ากับ 27 ที่นั่ง
 สรุปจากการคำนวณจุดคุ้มทุนทั้ง 5 เส้นทางที่มียอดผู้ใช้บริการน้อย ได้ผลลัพธ์ดังนี้
 ผลลัพธ์จากการคำนวณจุดคุ้มทุน เส้นทางนครนายก เท่ากับ 27 ที่นั่ง
 ผลลัพธ์จากการคำนวณจุดคุ้มทุน เส้นทางสมุทรปราการ เท่ากับ 27 ที่นั่ง
 ผลลัพธ์จากการคำนวณจุดคุ้มทุน เส้นทางฉะเชิงเทรา เท่ากับ 27 ที่นั่ง
 ผลลัพธ์จากการคำนวณจุดคุ้มทุน เส้นทางอ่างทอง เท่ากับ 37 ที่นั่ง
 ผลลัพธ์จากการคำนวณจุดคุ้มทุน เส้นทางกรุงเทพ เท่ากับ 22 ที่นั่ง
 จากการคำนวณ ทำให้ทราบถึงต้นทุนที่แท้จริง แล้วทำให้เห็นจุดคุ้มทุนที่ชัดเจน ซึ่งนำจุดคุ้มทุนที่คำนวณนี้ ไปเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์เพื่อหาแนวทางในการตัดสินใจ ในการปรับปรุงเส้นทางต่อไป จากการเปรียบเทียบผลที่ได้เป็นดังภาพที่ 5 - 9



ภาพที่ 5 ข้อมูลแนวโน้มยอดผู้ใช้บริการของจังหวัดนครนายก

จากภาพที่ 5 แสดงให้เห็นถึงเส้นแนวโน้มของผู้มาใช้บริการ มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริง ซึ่งกราฟมีขึ้นมีลงตาม ฤดูกาล เนื่องจากในแต่ละเดือนมีฤดูกาลไม่เหมือนกันจึงทำให้ยอดผู้ใช้บริการแตกต่างกันไป จากการคิดจุดคุ้มทุน จุดคุ้มทุนของจังหวัดนครนายกจะอยู่ที่ 27 ที่นั่ง เนื่องมีการเดินทาง 8 วันต่อเดือน เท่ากับ $27 \times 8 = 216$ ที่นั่ง



ภาพที่ 6 ข้อมูลแนวโน้มยอดผู้ใช้บริการของจังหวัดสมุทรปราการ

จากภาพที่ 6 แสดงให้เห็นถึงเส้นแนวโน้มของผู้มาใช้บริการ มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริง ซึ่งกราฟมีขึ้นมีลงตาม ยอดผู้ใช้บริการ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีบางเดือน เช่น เดือนพฤศจิกายนเส้นกราฟมีแนวโน้มสูงเกินถึงจุดคุ้มทุน จากการคิดจุดคุ้มทุน จุดคุ้มทุนของจังหวัดสมุทรปราการจะอยู่ที่ 27 ที่นั่ง เนื่องมีการเดินทาง 8 วันต่อเดือน เท่ากับ $27 \times 8 = 216$ ที่นั่ง



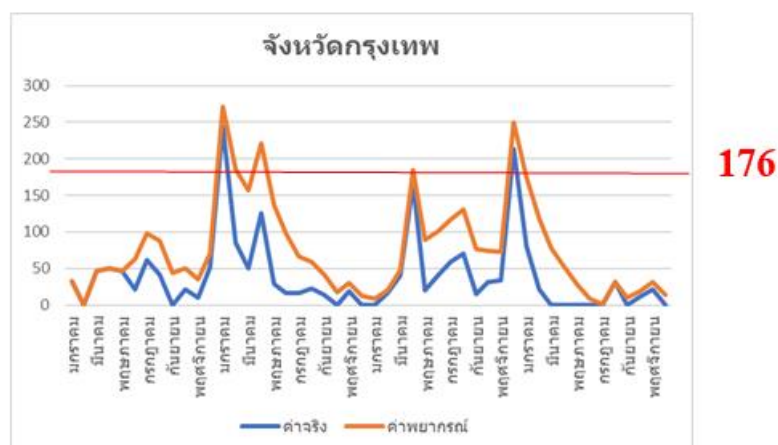
ภาพที่ 7 ข้อมูลแนวโน้มยอดผู้ใช้บริการของจังหวัดฉะเชิงเทรา

จากภาพที่ 7 แสดงให้เห็นถึงเส้นแนวโน้มของผู้มาใช้บริการ มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริง ซึ่งกราฟมีขึ้นมีลงตามยอดผู้ให้บริการ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในแต่ละเดือนไม่มีเดือนไหนถึงจุดคุ้มทุนเลย จากการคิดจุดคุ้มทุนจุดคุ้มทุนของจังหวัดฉะเชิงเทราจะอยู่ที่ 27 ที่นั่ง เนื่องมีการเดินทาง 8 วันต่อเดือน เท่ากับ $27 \times 8 = 216$ ที่นั่ง จากภาพที่ 5 ภาพที่ 6 และภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่าค่าจริงและค่าพยากรณ์ไม่ถึงจุดคุ้มทุนและมีบางเดือนที่มีความใกล้เคียงจุดคุ้มทุน ซึ่งควรมีการทำกลยุทธ์ทางการตลาดหรือปรับเปลี่ยนรูปแบบกิจกรรมต่างๆเพื่อส่งเสริมการขายให้ยอดถึงจุดคุ้มทุน



ภาพที่ 8 ข้อมูลแนวโน้มยอดผู้ให้บริการของจังหวัดอ่างทอง

จากภาพที่ 8 แสดงให้เห็นถึงเส้นแนวโน้มของผู้มาใช้บริการ มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริง ซึ่งกราฟมีขึ้นมีลงตามยอดผู้ให้บริการ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในแต่ละเดือนมีบางเดือน เช่น เดือนกันยายน และมกราคมเส้นกราฟมีแนวโน้มที่สูงจนถึงจุดคุ้มทุน จากการคิดจุดคุ้มทุน จุดคุ้มทุนของจังหวัดอ่างทองจะอยู่ที่ 37 ที่นั่ง เนื่องมีการเดินทาง 8 วันต่อเดือน เท่ากับ $37 \times 8 = 296$ ที่นั่ง



ภาพที่ 9 ข้อมูลแนวโน้มยอดผู้ให้บริการของจังหวัดกรุงเทพฯ

จากภาพที่ 9 แสดงให้เห็นถึงเส้นแนวโน้มของผู้มาใช้บริการ มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริง ซึ่งกราฟมีขึ้นมีลงตามยอดผู้ใช้บริการ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในแต่ละเดือนมีบางเดือน เช่น เดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม เส้นกราฟมีแนวโน้มที่สูงจนถึงจุดคุ้มทุน จุดคุ้มทุนของจังหวัดกรุงเทพฯจะอยู่ที่ 22 ที่นั่ง เนื่องมีการเดินทาง 8 วันต่อเดือน เท่ากับ $22 \times 8 = 176$ ที่นั่ง

จากภาพที่ 8 และภาพที่ 9 มีบางเดือนใกล้เคียงจุดคุ้มทุน ซึ่งจะต้องมีการทำกลยุทธ์ทางการตลาด เพื่อส่งเสริมการขาย เพื่อให้ยอดถึงจุดคุ้มทุน เส้นทางนี้เป็นเส้นทางที่มีผู้ใช้บริการอยู่แล้ว และมีการปรับรูปแบบกิจกรรมต่างๆอยู่เรื่อยๆ เพื่อให้ผู้ใช้บริการใช้บ่อยและมีความน่าสนใจ

สรุปผลและเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่อง “แนวทางในการตัดสินใจเพื่อลดต้นทุนโครงการไหว้พระ 9 วัดอุบลบางเขน” มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการดำเนินงาน ปัญหาและอุปสรรคที่ทำให้รายได้ในการดำเนินลดลงและทำให้มีกำไรเพิ่มขึ้น ศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหามาโดยการเปรียบเทียบระหว่างพนักงานที่มีฐานเงินเดือนต่ำกว่าพนักงานที่มีฐานเงินเดือนสูง การพยากรณ์ และการใช้หลักการคิดจุดคุ้มทุน

1. จากปัญหาเรื่องต้นทุนค่าแรงพนักงานสูง เมื่อมีการปรับเปลี่ยนมาใช้พนักงานใหม่ที่มีฐานเงินเดือนต่ำ การเปรียบเทียบจะเห็นว่าสามารถลดค่าล่วงเวลาลงได้ 289,188 บาท หรือ 35 % ต่อปี ซึ่งเมื่อเงินเดือนพนักงานต่ำจะทำให้ค่าล่วงเวลาลดลงตามด้วยเช่นกัน เพราะค่าล่วงเวลาพนักงานนั้นแปรผันตามเงินเดือนของพนักงาน

2. จากการศึกษาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted moving averages) และวิธีการปรับเรียบ (Exponential Smoothing) และนำผลลัพธ์การพยากรณ์ทั้ง 2 วิธีมาเปรียบเทียบกันโดยวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อน ได้ผลลัพธ์คือการพยากรณ์ด้วยวิธี (Weighted moving averages) แบบ 5 เดือน เป็นวิธีที่เหมาะสม ผลลัพธ์พบว่า มี 3 เส้นทาง ได้แก่ จังหวัดนครนายก จังหวัดสมุทรปราการ และจังหวัดฉะเชิงเทรา มีแนวโน้มผู้โดยสารจะลดต่ำกว่าจุดคุ้มทุน ส่วนอีก 2 เส้นทาง ได้แก่ จังหวัดอ่างทองและกรุงเทพฯ ที่ยังมีผู้ใช้บริการอยู่แต่น้อยลงเรื่อยๆ

3. จากการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน ทำให้ทราบถึงจำนวนผู้โดยสารขั้นต่ำเพื่อนำไปตัดสินใจในการเปิดเส้นทาง การเดินทางรถจักรยานยนต์จุดคุ้มทุนทั้ง 5 เส้นทางสรุปจากการคำนวณจุดคุ้มทุนทั้ง 5 เส้นทางที่มียอดผู้โดยสารน้อย ได้ผลลัพธ์ดังนี้

ผลลัพธ์จากการคำนวณจุดคุ้มทุน เส้นทางนครนายก เท่ากับ 27 ที่นั่ง

ผลลัพธ์จากการคำนวณจุดคุ้มทุน เส้นทางสมุทรปราการ เท่ากับ 27 ที่นั่ง

ผลลัพธ์จากการคำนวณจุดคุ้มทุน เส้นทางฉะเชิงเทรา เท่ากับ 27 ที่นั่ง

ผลลัพธ์จากการคำนวณจุดคุ้มทุน เส้นทางอ่างทอง เท่ากับ 37 ที่นั่ง

ผลลัพธ์จากการคำนวณจุดคุ้มทุน เส้นทางกรุงเทพฯ เท่ากับ 22 ที่นั่ง

เมื่อมีการคิดจุดคุ้มทุนแล้ว ต่อไปทุกครั้งที่มีการเปิดเส้นทางพนักงานที่ทำโครงการไหว้พระ 9 วัด จะต้องนำจุดคุ้มทุนนี้ไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ โดยเทียบดูยอดการจองที่นั่งในทุกๆ ครั้ง ที่มีการเปิดเส้นทาง แต่เมื่อมีการเปิดเส้นทางและจำนวนผู้ใช้บริการไม่ถึงจุดคุ้มทุน จึงควรพิจารณาถึงสาเหตุที่ทำให้ไม่ถึงจุดคุ้มทุนแล้วดำเนินการแก้ไข หรืออาจใช้วิธีการวิเคราะห์ SWOT analysis มาร่วมด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการนำเทคโนโลยี GPS มาใช้ในการกำหนดเส้นทางและกำหนดจุดที่จอดตามสถานที่ต่างๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในการคำนวณระยะและเวลา ให้ตามกำหนดการ นอกจากนี้ยังทำให้ทราบถึงการวิ่งนอกเส้นทาง กิโลเมตรศูนย์เปล่า ที่ทำให้เกิด กิโลเมตรเกินได้อีกด้วย เพราะถ้ามี กิโลเมตรเกิน ก็จะต้องมีค่าใช้จ่ายตามข้อกำหนดการเช่ารถที่จะไม่เกินกิโลเมตรที่กำหนด
2. ควรสร้างโปรแกรมสำหรับจองตั๋วโดยที่ ผู้ใช้บริการไม่ต้องเดินทางมาด้วยตนเอง สามารถที่จะซื้อตั๋วผ่านระบบได้เลย ถ้ามีการจองตั๋วผ่านระบบอินเทอร์เน็ตจะทำให้ลดการใช้กระดาษได้เยอะ เนื่องจากเป็นทรัพยากรสิ้นเปลือง
3. ควรมีการพยากรณ์ยอดผู้ใช้บริการทั้งเส้นทางที่มีผู้ใช้บริการมากและเส้นทางที่มีผู้ใช้บริการน้อยหรือทุกเส้นทางอย่างต่อเนื่อง เพื่อดูแนวโน้มการมาใช้บริการของผู้ใช้บริการ เพื่อดูความต้องการและสามารถจัดรถให้สอดคล้องกับผู้ใช้บริการได้

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (มปป.). การหาจุดคุ้มทุน. <http://bsc.dip.go.th/th/category/account2/fs-breakeventpoint>
- คงกฤษ ปิ่นทอง. (2554). การพยากรณ์การผลิตชิ้นส่วนยางในรถยนต์ กรณีศึกษา บริษัท อีโนเว็บบอร์ (ประเทศไทย). นายบอน@kalasin. (มปป.). การพยากรณ์. <https://www.gotoknow.org/posts/34519>
- บจ AccCloud. (มปป.). ต้นทุนการขนส่ง. <https://www.acccloud.co/single-post/2018/10/26>
- ประชาสรรณ์ แสนภักดี. (2548). ทฤษฎีแก๊งปลา. <https://greedisgoods.comB2-fishbone-diagram-AD/>
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2519). ข้อมูลองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ. <https://th.wikipedia.org/wiki>

การปรับปรุงกระบวนการจ่ายสินค้าด้วยหลักการลดความสูญเปล่า ECRS

กรณีศึกษา : แผนกคลังสินค้า บริษัท มหาสารคาม เบเวอเรจ จำกัด

Improving the process of dispensing with the ECRS waste reduction principle

Case Study: Warehouse Department Mahasarakham Beverage CO.,LTD.

โชติณา คำพิลา¹ นววรรณ สีบสายลา² ญาสุมินทร์ วงษ์หนองแล้ง³ นราธิป จันทรวงศ์⁴

สาขาวิชา การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน วิทยาลัย โลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตขอนแก่น^{1,2,3,4}

*Corresponding author: E-mail: Chotnapa.kam@spumail.net

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการปฏิบัติงาน และลดความสูญเปล่าในกระบวนการจ่ายสินค้าแผนกคลังสินค้า บริษัท มหาสารคาม เบเวอเรจ จำกัด เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ 1.แผนภาพการเขียนผังงาน (Flow Chart) 2.เวลาเฉลี่ย (Average Time)และ เวลามาตรฐาน (Standard Time) 3.แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) 4.แผนผังก้างปลา(Fishbone Diagram) 5.ประชุมระดมสมอง (Brain Storming) 6. หลักการลดความสูญเปล่า (ECRS) ผลการวิจัยพบว่าทางบริษัทเป็นบริษัทผลิตและจำหน่ายสินค้าอุปโภคบริโภคทำให้มีการสั่งซื้อสินค้าอยู่ตลอดเวลา ปัจจุบันทางแผนกคลังสินค้าประสบปัญหาในเรื่องการปฏิบัติงานล่าช้า ทำให้ลูกค้าไม่พึงพอใจ ซึ่งเกิดจากมีขั้นตอนในการปฏิบัติงานที่ซ้ำซ้อน ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงขั้นตอนการปฏิบัติงานกระบวนการจ่ายสินค้า ก่อนปรับปรุงมีขั้นตอนการปฏิบัติงานทั้งหมด 25 ขั้นตอน หลังการปรับปรุงมีขั้นตอนการปฏิบัติงาน 17 ขั้นตอน คิดเป็นร้อยละ 32 เวลาของการปฏิบัติงานก่อนปรับปรุงใช้เวลา 94.2 นาที หลังการปรับปรุงใช้เวลาการปฏิบัติงาน 91.2 นาที ลดลงร้อยละ 3.2 และสามารถลดระยะทางในการปฏิบัติงาน ก่อนการปรับปรุงมีระยะทาง 1,098 เมตร หลังการปรับปรุงมีระยะทาง 1,068 เมตร ลดลงร้อยละ 2.7 จากงานวิจัยนี้สามารถลดความสูญเปล่าในขั้นตอนการปฏิบัติงาน ส่งผลให้ทางบริษัทมีประสิทธิภาพมากขึ้นในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ลูกค้ามีความพึงพอใจและเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับบริษัทได้

คำสำคัญ: กระบวนการจ่ายสินค้า; หลักการลดความสูญเปล่า(ECRS); คลังสินค้า

Abstract

The objectives of this research were to study the operational process and to reduce wastes in the process of dispensing products in the warehouse department of Mahasarakham Beverage Company Limited. Research instruments were 1. Flow Chart 2. Average Time and Standard Time 3. Flow Process Chart 4. Fishbone Diagram 5. Brain Storming 6. ECRS principles. The results of the research showed that as the consumer product producing and distributing company, it is necessary to place purchase orders all the time. At present, the warehouse department has faced a problem with delayed operations, causing customers' dissatisfaction because of redundant steps in the operation. The researcher therefore has improved the operating procedures of the dispensing process. Before the improvement, there were 25 operational steps. After the improvement, there were 17 operational steps, representing 32 percent. Before the improvement, it took 94.2 minutes to work. After the improvement, the operation took 91.2 minutes, accounted for 3.2%. Before the improvement, the distance in the operation process was 1,098 meters. After the improvement, the distance was 1,068 meters, representing 2.7%. From this research, after the improvement, the company could reduce wastes in the operational process. As a result, the company could be more efficient in responding to the needs of customers quickly, increasing customer satisfaction and the company's credibility.

Keywords: Dispensing process; ECRS; Warehouse

บทนำ

ในยุคปัจจุบันสถานการณ์การแข่งขันเพื่อชิงความได้เปรียบทางการค้ามีหลากหลายวิธีที่บริษัทหรือองค์กรแต่ละแห่งก็จะเลือกทำตามกลยุทธ์ของตนเองหรือตามนโยบายที่ได้วางแผนไว้ การดำเนินการบริหารจัดการคลังสินค้าจะช่วยให้องค์กรสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ดีและช่วยลดการทำงานที่ซ้ำซ้อนกัน ส่งผลให้ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

บริษัท มหาสารคาม เบเวอเรจ จำกัด เป็นบริษัทที่ใหญ่ระดับต้น ๆ ของประเทศไทยที่จัดจำหน่ายสินค้าอุปโภคบริโภคทำให้มีการสั่งซื้ออยู่ตลอดเวลาจึงจำเป็นต้องมีกระบวนการที่มีประสิทธิภาพเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าในปัจจุบัน ในการปฏิบัติงานแผนกคลังสินค้ามีขั้นตอนในการปฏิบัติงานที่ซ้ำซ้อนและมีขั้นตอนในการปฏิบัติงานที่เยอะจนเกินไป จึงทำให้พนักงานกำลังประสบปัญหาในเรื่องการปฏิบัติงานล่าช้า ทำให้ลูกค้าไม่พึงพอใจ จึงทำให้ส่งผลเสียต่อบริษัททั้งในด้านภาพลักษณ์ ด้านเวลา และความน่าเชื่อถือ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาปัญหาและกระบวนการปฏิบัติงานการจ่ายสินค้าแผนกคลังสินค้า บริษัท มหาสารคาม เบเวอเรจ จำกัด มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ขั้นตอนการปฏิบัติงานง่ายขึ้นและลดความสูญเสียทางด้านระยะทางและระยะเวลา โดยการสืบค้น สืบค้น และเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาด้วยแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) พร้อมทั้งหาแนวทางการแก้ไข และทำการบันทึกขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ด้วยแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) เพื่อให้ทราบถึงรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน ระยะเวลา ระยะเวลา พร้อมทั้งหาแนวทางการแก้ไขเพื่อลดความสูญเสียเปล่าด้วยหลักการลดความสูญเสียเปล่า (ECRS)

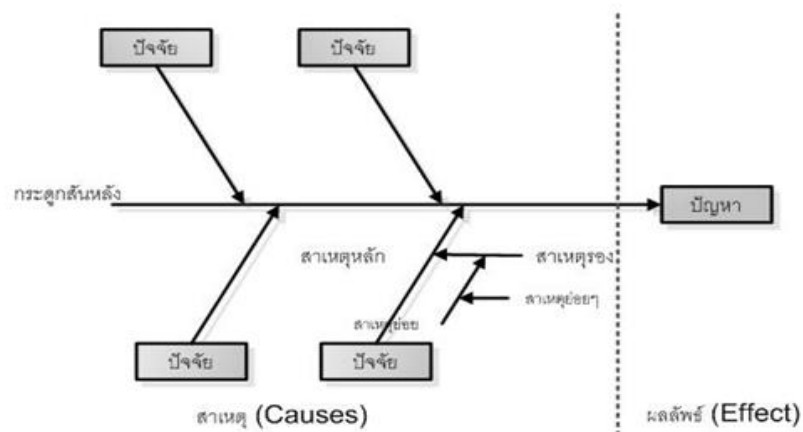
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การปรับปรุงกระบวนการการทำงานที่ซ้ำซ้อนและสูญเสียเปล่าของแผนกคลังสินค้า บริษัทมหาสารคาม เบเวอเรจ จำกัด เพื่อใช้เป็นแนวทางและ หลักอ้างอิงในการศึกษาและวิเคราะห์ เพื่อให้การแก้ไขปัญหาเป็นไปอย่างถูกต้องและเป็นแนวทางในการ ดำเนินงาน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา ทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. **แผนภูมิการไหล (Flow Chart)** เป็นผังงานที่แสดงให้เห็นถึงแนวคิด และขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม อีกทั้งยังช่วยให้มองเห็นภาพรวมของโปรแกรมทำให้เขียนโปรแกรมได้ง่ายขึ้น การเขียน Flowchart นั้นจะใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ แทนคำอธิบายและกระบวนการทำงานของโปรแกรมในแต่ละส่วนตั้งแต่แรกจนถึงสิ้นสุดการทำงานของโปรแกรม

2. **การหาเวลามาตรฐาน (Standard Time)** การหาเวลามาตรฐาน (Standard Time) การที่จะวิเคราะห์อัตรากำลังคนด้วยหน่วยการผลิตของสินค้า เช่น ชีน อัน แพ็ค โหล ไม่ใช่วิธีการที่ดีนัก เนื่องจากมีอัตราส่วนของการคำนวณที่ผิดพลาดสูง อีกทั้งยังมีความยืดหยุ่นในการคำนวณต่ำ ดังนั้น การสร้างหน่วยของข้อมูลให้เป็นหน่วยเดียวกัน หรือเป็นหน่วยมาตรฐาน

3. **แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram)** การกำหนดหัวข้อปัญหาควรกำหนดให้ชัดเจนและมีความเป็นไปได้ กำหนดหัวข้อปัญหาในเชิงลบเทคนิคการระดมความคิดเพื่อจะได้ก้างปลาที่ละเอียดสวยงาม คือ การถาม ทำไม ทำไม ทำไม ในการเขียนแต่ละก้างย่อย ๆ



ภาพที่ 2 ตัวอย่างผังก้างปลา

ที่มา : <http://www.prachasan.com>

4.การระดมสมอง (Brain Storming) คือ การแสดงความคิดเห็นร่วมกันระหว่างสมาชิกในกลุ่ม เพื่อเป็นแนวทางสู่การวางแผนการดำเนินการ, การค้นหาสาเหตุของปัญหา เพื่อให้สมาชิกในกลุ่มเสนอแนวความคิดใหม่ๆ

5.หลักการลดความสูญเปล่า (ECRS) คือ ตัวย่อของภาษาอังกฤษ 4 คำ อันได้แก่ E: Eliminate หมายความว่า การกำจัด, C: Combine หมายความว่า การรวมกัน, R: Rearrange หมายความว่า การจัดใหม่, S: Simplify หมายความว่า การทำให้ง่าย

ขั้นตอนการวิจัย / Research Process

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

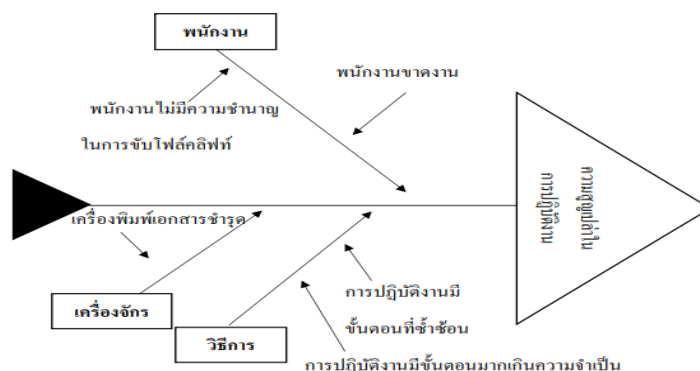
เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของรายงานฉบับนี้ผู้วิจัยจึงนำทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาช่วยในการดำเนินงานดังนี้
1.แผนภาพการเขียนผังงาน (Flow Chart) 2.เวลาเฉลี่ยเวลาเฉลี่ย (Average Time) ละ เวลามาตรฐาน (Standard Time) 3.แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) 4.แผนผังก้างปลา(Fishbone Diagram)
5.ประชุมระดมสมอง (Brain Storming) 6.หลักการลดความสูญเปล่า (ECRS)

2. สืบค้น สํารวจ และเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยจะทำการลงพื้นที่จริง ณ แผนกคลังสินค้า ของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อทำการสำรวจและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนกระบวนการปฏิบัติงานการจ่ายสินค้า ซึ่งจะใช้ระยะเวลาตั้งแต่วันที่ 10 มกราคม พ.ศ.2564 ถึงวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2564 และจะทำการบันทึกผลการสำรวจไว้ในแผนภูมิการไหล (Flow Chart) และแผนภาพการไหล (Flow Diagram) ผู้วิจัยจะเก็บระยะเวลาแต่ละขั้นตอนการปฏิบัติงานลงในตารางเวลาเฉลี่ย โดยที่จำทำการจับเวลาขั้นตอนละ 10 ครั้ง

3. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุความสูญเปล่าในการปฏิบัติด้วยแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) โดยการลงพื้นที่จริงเพื่อสังเกต และสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้องโดยการแยกลักษณะของปัญหาต่าง ๆ ได้ทำการวิเคราะห์และสรุปสาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังก้างปลา ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 สาเหตุของปัญหาความสูญเปล่าในการปฏิบัติงาน

จากภาพที่ 3 ได้แสดงถึงสาเหตุที่เป็นตัวบ่งชี้ให้ทราบปัญหาการสูญเปล่าของขั้นตอน และระยะเวลาในการจ่ายสินค้าล่าช้า

1. คน (Man) สาเหตุในเรื่องของพนักงาน คือ พนักงานขาดงาน และพนักงานไม่มีความชำนาญในการขับโฟล์คคลิฟท์ ทำให้สินค้าชำรุดเสียหายระหว่างการขนส่งให้ลูกค้า
2. วิธีการ (Method) สาเหตุที่มีความละเอียดอ่อนเกี่ยวกับการปฏิบัติงานโดยที่มีกระบวนการทำให้เกิดขั้นตอนในการทำงานที่มากเกินไปจนเกิดความจำเป็น และมีขั้นตอนซ้ำซ้อน
3. เครื่องจักร (Machine) เป็นสาเหตุที่ทำให้การออกเอกสารล่าช้า อันเนื่องมาจากเครื่องพิมพ์เอกสารชำรุดบ่อย
4. หาแนวทางการแก้ไขปัญหา เมื่อทราบสาเหตุที่ทำให้เกิดความสูญเสียแล้ว ผู้วิจัยจะนำสาเหตุทั้งหมดมาเข้าที่ประชุมเพื่อทำการระดมความคิด (Brain Storming) กับผู้ที่เกี่ยวข้อง 4-7 คนที่สามารถลดความสูญเสียเปล่า (ECRS) แสดงดังตารางที่ 1
5. การใช้หลักการลดความสูญเสียเปล่า (ECRS)การระดมความคิด (Brain Storming)กับผู้ที่เกี่ยวข้องแล้วได้การแก้ไขปัญหาลดความสูญเสียเปล่า

ตารางที่ 1 แนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยแผนผังก้างปลา

ลำดับ	สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
1	บุคคล (MAN)	1. ตักเตือนพนักงาน 2. อบรมพนักงานในการขับรถโฟล์คคลิฟท์ให้ถูกวิธี
2	วิธีการ (METHOD)	1. ลดขั้นตอนการจัดคิวขึ้นสินค้าของเช็คเกอร์ออกไป 2. ปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานใหม่ทำให้ขั้นตอนการปฏิบัติงานลดลง
3	เครื่องจักร (MACHINE)	ตรวจเช็คหมึกเครื่องพิมพ์เอกสารโดยการรีเช็คกระดาษ 1 แผ่นก่อนการทำงานทุกวัน

จากการระดมสมอง ได้ลงมติให้ทำการแก้ไขในเรื่องวิธีการเป็นอันดับแรก โดยใช้หลักการลดความสูญเสียเปล่า (ECRS) ดังนี้

1. การรวมกัน (Combine) ผู้วิจัยได้ทำการรวมขั้นตอนการปฏิบัติงานจากการที่เช็คเกอร์เดินมารับใบหยิบสินค้าในออฟฟิศ แต่ผู้วิจัยมองเห็นว่าสามารถให้พนักงานรับ-จ่ายสินค้าส่งใบหยิบสินค้าแทนได้ เพื่อลดเวลาในการปฏิบัติงาน และลดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นของพนักงานได้
2. การกำจัด (Eliminate) ผู้วิจัยได้ทำการกำจัดขั้นตอนการปฏิบัติงานจากการที่เช็คเกอร์ต้องจัดคิวรถก่อนเข้ารับสินค้าเอง แต่ผู้วิจัยมองว่าการที่พนักงานรับ-จ่ายสินค้าก่อนจะได้รับใบขอขึ้นสินค้า ทาง BRF จัดคิวมาแล้ว จะทำให้ลดเวลาในการปฏิบัติงาน และลดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นของพนักงานได้

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการระดมสมองได้นำหลักการลดความสูญเสียเปล่า (ECRS) มาทำการเก็บระยะเวลาในแต่ละขั้นตอนการทำงานของแผนกคลังสินค้า บริษัท มหาสารคาม เบเวอเรจ จำกัด ผู้วิจัยได้เก็บผลตัวอย่างแต่ละขั้นตอนจำนวนขั้นตอนละ 10 ครั้ง ซึ่งเพียงพอต่อหลักการทางสถิติที่ต้องทำการเก็บข้อมูลอย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อมาหา

ค่าเฉลี่ยและค่ามาตรฐานของข้อมูล สามารถหาเวลามาตรฐานได้จากสูตร เวลาเฉลี่ย + (เวลาเฉลี่ย * % เวลาเผื่อ) บริษัทกรณีศึกษาให้เวลาในการพักทำธุระส่วนตัวได้เพียงคนละ 5 นาที โดยผู้วิจัยจะให้ค่าเวลาเผื่อไว้ที่ 5% ดังนั้น เวลาเผื่อสำหรับบุคคล = 2.5 % เวลาเผื่อสำหรับความล่าช้า = 2.5 % เวลามาตรฐานก่อนปรับปรุง = เวลาปกติ x (1 + % เวลาเผื่อ)

จากข้อมูลที่ได้มา ผู้วิจัยจึงนำขั้นตอนการปฏิบัติงานด้วยแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) ผู้วิจัยสามารถทำการปรับปรุงขั้นตอนกระบวนการจ่ายสินค้า แผนกคลังสินค้า บริษัทกรณีศึกษา ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2: แผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการปฏิบัติงานหลังปรับปรุง

แผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการทำงาน								
วิธีการ <input type="checkbox"/> ก่อน <input checked="" type="checkbox"/> หลัง		สรุปผล						
ชื่อเรื่อง : การปรับปรุงขั้นตอน		กิจกรรม	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่าง			
กระบวนการจ่ายสินค้า		ปฏิบัติงาน	○	12	8	4		
ผู้เขียน : โชติณภา		เคลื่อนย้าย	➡	9	6	3		
แผนก : คลังสินค้า		ตรวจสอบ	□	2	2	0		
วันที่ : 7/04/2564		รอคอย	D	2	1	1		
		เก็บรักษา	▽	0	0	0		
		รวม		25	17	8		
คำอธิบาย	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ
			○	➡	□	D	▽	
1.พนักงานขับรถติดต่อ บ้อมยามเพื่อรับบัตรผ่าน ประตู	-	1.8	●	➡	□	D	▽	
2.นำรถเข้าจอดที่ลาน จอดรถ	20	1.1	○	➡	□	D	▽	
3.BRF จัดคิวตามระบบ DCS	-	4.8	●	➡	□	D	▽	
4.รอเรียกคิวขึ้นสินค้า	-	24.8	○	➡	□	●	▽	
5.BRF ปริ้นใบขอรับ สินค้าส่งให้พนักงานรับ- จ่ายสินค้า	3	1	●	➡	□	D	▽	

ตารางที่ 2 (ต่อ) แผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการปฏิบัติงานหลังปรับปรุง

6. พนักงานรับ-จ่าย สินค้าออกไปส่งหยิบ สินค้าส่งให้เช็คเกอร์	30	1.3						
7. เช็คเกอร์เรียกกรดเข้ารับ สินค้า	-	0.9						
8. พนักงานขับรถ นำกรด เข้าลานจ่ายสินค้า	500	3.8						
9. เช็คเกอร์ตรวจสอบสภาพกรด ก่อนเข้ารับสินค้า	5	1.6						
10. พนักงานขับรถไฟล์ คลิฟตัดสินค้าขึ้นกรด	20	17.1						
11. เช็คเกอร์ ยืนยันใบ หยิบสินค้า	-	2						
12. เช็คเกอร์โทรแจ้ง พนักงานรับ-จ่าย สินค้าออกเอกสาร	-	1.1						
13. พนักงานขับรถถอยรถ ไปคลุมผ้าใบ	30	20						
14. พนักงานขับรถเดินมา รับเอกสารใบส่งสินค้า/ ใบกำกับภาษี ใบผ่าน ประตูที่สำนักงาน	15	2.8						
15. พนักงานขับรถเดิน กลับไปรถ	15	0.6						
16. พนักงานขับรถนำกรด ออกประตู2	400	5						
17. รปภ. ตรวจสอบ เอกสาร/ใบผ่านประตู และรับบัตรผ่านประตูคืน	-	1.5						
รวม	1,068	91.2						

ผลการแก้ปัญหาโดยใช้หลักการลดความสูญเปล่า (ECRS) ได้ผลวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบกระบวนการก่อนและหลังปรับปรุง แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบกระบวนการก่อนและหลังปรับปรุง

รายละเอียด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่าง	ผลต่างคิดเป็นร้อยละ
ขั้นตอนการทำงาน (จำนวน)	25	17	8	32
เวลามาตรฐาน (นาที)	94.2	91.2	3	3.2
ระยะทาง (เมตร)	1,098	1,068	30	2.7

จากตารางที่ 3 แสดงผลการวิจัย พบว่าขั้นตอนการปฏิบัติงานก่อนปรับปรุงมี 25 ขั้นตอน หลังปรับปรุงเหลือ 17 ขั้นตอน ลดลง 8 ขั้นตอน ผลต่างคิดเป็นร้อยละ 32 เวลามาตรฐานก่อนปรับปรุง 94.2 นาที หลังปรับปรุงเหลือ 91.2 นาที ผลต่างคิดเป็นร้อยละ 3.2 ระยะทางก่อนปรับปรุง 1,098 เมตร หลังปรับปรุงเหลือ 1,068 เมตร ผลต่างคิดเป็นร้อยละ 2.7

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

พบว่าขั้นตอนการปฏิบัติงานก่อนปรับปรุงมี 25 ขั้นตอน หลังปรับปรุงเหลือ 17 ขั้นตอน ลดลง 8 ขั้นตอน ผลต่างลดลงคิดเป็นร้อยละ 32 เวลามาตรฐานก่อนปรับปรุง 94.2 นาที หลังปรับปรุงเหลือ 91.2 นาที ผลต่างลดลงคิดเป็นร้อยละ 3.2 ระยะทางก่อนปรับปรุง 1,098 เมตร หลังปรับปรุงเหลือ 1,068 เมตร ผลต่างลดลงคิดเป็นร้อยละ 2.7

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเรื่อง การปรับปรุงขั้นตอนกระบวนการจ่ายสินค้า กรณีศึกษา : บริษัท มหาสารคาม เบเวอเรจ จำกัด ผู้วิจัยได้ดำเนินขั้นตอนการวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางการลดความสูญเปล่าในกระบวนการปฏิบัติงานแผนกคลังสินค้า โดยได้นำทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ได้แก่ แผนภูมิการไหล (Flow Chart) ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการปฏิบัติงาน แผนภาพการไหล (Flow Diagram) และแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) ใช้วิเคราะห์ขั้นตอนแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมเพื่อหาระยะทางและเวลาที่เกิดขึ้นตลอดกระบวนการปฏิบัติงาน แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาที่ต้องแก้ไขกับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาความสูญเปล่าในการปฏิบัติงาน ซึ่งจะทำให้มองภาพรวมของปัญหาได้ง่ายขึ้น แนวคิดระดมสมอง (Brain Storming) ใช้ทฤษฎีนี้ในการปรึกษา เพื่อวางแผนแนวทางในการแก้ไขความสูญเปล่าในการปฏิบัติงานหลักการลดความสูญเปล่า (ECRS) ใช้ในการลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นและปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานใหม่

1. จากการนำหลักการลดความสูญเปล่า (ECRS) เข้ามาช่วยในการหาแนวทางการแก้ไขปัญหามุ่งงานเช็คเกอร์เดินมารับใบหยิบสินค้าในออฟฟิศ และพนักงานเช็คเกอร์จัดคิวรถก่อนเข้ารับสินค้า ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขปัญหามาโดยการปรับปรุงกระบวนการทำงานโดยทำการรวมขั้นตอนพนักงานเช็คเกอร์เข้ากับพนักงานรับ-

จ่ายสินค้าตรวจเช็คสินค้าภายในคลังสินค้า การรวมกัน และทำการกำจัดชั้นตอนพนักงานเช็คเกอร์จัดคิวรถเข้า
รับสินค้า การกำจัด (Eliminate) ตามลำดับ

2. ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ พบว่าขั้นตอนการปฏิบัติงานก่อน
ปรับปรุงมี 25 ขั้นตอน หลังปรับปรุงเหลือ 17 ขั้นตอน ผลต่างลดลง 8 ขั้นตอน ผลต่างคิดเป็นร้อยละ 32 เวลา
มาตรฐาน ก่อนปรับปรุง 94.2 นาที หลังปรับปรุงเหลือ 91.2 นาที ผลต่างคิดเป็นร้อยละ 3.2 ระยะทาง ก่อน
ปรับปรุง 1,098 เมตร หลังปรับปรุงเหลือ 1,068 เมตร ผลต่างคิดเป็นร้อยละ 2.7

3. จากผลการวิจัยซึ่งผู้วิจัยได้ทำการคำนวณพบว่าหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงานของแผนก
คลังสินค้า บริษัทกรณีศึกษา พบว่าสามารถลดขั้นตอนการทำงาน ลดเวลาการทำงาน และลดระยะทางในการ
เคลื่อนไหวได้

การปรับปรุงขั้นตอนกระบวนการทำงานนี้ เป็นการปรับปรุงกระบวนการทำงานของแผนกคลังสินค้า
เพียงแผนกเดียว บริษัทกรณีศึกษา ยังมีหน้าที่และกระบวนการอื่น ๆ อีกหลายแผนกที่ควรทำการปรับปรุงแก้ไข
เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของบริษัทกรณีศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- ถิ่นันท์ ทิวาตรีวิทย และวรัญญา อวีระพล. (2562). การลดต้นทุนการดำเนินงานในกระบวนการรับผลิตภัณฑ์
เข้าคลังสินค้า ด้วยหลักการ ECRS. วิทยาลัยนครราชสีมา.
- ประชาธรรมณ์ แสนภักดี. (2561). ผังกว้างปลากับแผนภูมิความคิด. <http://www.prachasan.com>.
- พรพิมล จันทรสอน. (2561). การปรับปรุงและลดเวลากระบวนการสั่งซื้อสินค้าให้บริษัทในเครือกรณีศึกษา:
บริษัทค้าปลีกสินค้าภายในบ้าน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.
- รัตนพงษ์ พงษ์สุวรรณ. (2561). การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอาคารสำเร็จรูปโดยการ
ประยุกต์ใช้หลักการของอีซีอาร์เอส กรณีศึกษา บริษัท พี.ซี.ทาคาชิมา (ประเทศไทย) จำกัด
(Unpublished Independent study). มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์.
- วกรร เขาวงษ์ และธนภัทร สุวรรณกลาง. (2561). การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้ากรณีศึกษา โรงงาน
เซรามิค [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สุรีย์ฉาย ห่อไธสง, กนกพร ศรีสุนข่าง และนวรรณ สืบสายลา. (2563). การปรับปรุงกระบวนการทำงานของ
พนักงานตัวแทนผู้ส่งสินค้าขาออกทางอากาศ. <https://scholar.google.com>.
- อมรรัตน์ ปิ่นชัยมูล. (2561). การปรับปรุงสายการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ด้วยเครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหกรรม.
วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม.

**การศึกษาความต้องการของสถานประกอบการในการรับสมัครพนักงานเข้าทำงานด้าน
คลังสินค้า ตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
กรณีศึกษา สถานประกอบการในจังหวัดเชียงราย**
The studying of Entrepreneurs Needs in Warehouse Section Application based on the
standard by Department of Skill Development,
Case Study: Entrepreneurs in Chiangrai Province

นพรัตน์ ตีบ๊ะ^{1*} นัฐธิดา เชียงแรง² วิไลพร เพ็งมา³ กำพล จินตอมรชัย⁴
สมควร สงวนแพ่ง⁵ นฤทัยรัตน์ จันตะคาต⁶ ศุภसानต์ รักสกุล⁷

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย^{1,2,3,4,5,6,7}

*Corresponding author: E-mail: Maxnopparat01@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาความต้องการพื้นฐานของสถานประกอบการ ในการรับสมัครพนักงานเข้าทำงานด้านคลังสินค้า ซึ่งสถานประกอบการต้องการพนักงานที่มีความรู้ ทักษะ ผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้ จริยธรรม และความรับผิดชอบต่อ อยู่ในระดับใด ตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กลุ่มเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้ คือ สถานประกอบการในจังหวัดเชียงราย จำนวน 87 สถานประกอบการ จากวิธีการสุ่มอย่างง่าย โดยประกอบไปด้วย ห้างหุ้นส่วนจำกัด จำนวน 5 สถานประกอบการ บริษัทจำกัด จำนวน 77 สถานประกอบการ และบริษัทจำกัดมหาชน จำนวน 4 สถานประกอบการ โดยรวบรวมข้อมูลจากสำนักงานพาณิชย์ จังหวัดเชียงราย เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลจาก สถานประกอบการ คือ แบบสอบถามออนไลน์ จากนั้นประยุกต์ใช้ค่าทางสถิติเพื่อวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาความต้องการพื้นฐานในการรับสมัครพนักงานเข้าทำงานด้านคลังสินค้าตามมาตรฐาน กรมพัฒนาฝีมือแรงงานพบว่า จากปัจจัยด้านความรู้พื้นฐาน ปัจจัยทางด้านทักษะและปัจจัยทางด้านผลลัพธ์ ของการประยุกต์ใช้ และปัจจัยด้านจริยธรรมและความรับผิดชอบต่อ อยู่ในระดับที่ 1 ซึ่งพนักงานต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัติงานตามกฎระเบียบ การยกสินค้าขึ้นลงจากระวางบรรทุก การจัดเรียงสินค้า การตรวจนับสินค้า และการบรรจุสินค้า มีการปรับใช้ความรู้ให้เข้ากับงาน ใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสม มีความรับผิดชอบต่อ อีกทั้งระเบียบวินัย รวมถึงรักษาความสะอาดในพื้นที่ปฏิบัติงาน เป็นระดับความต้องการพื้นฐาน ซึ่งสถานประกอบการมีความต้องการ ตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน

คำสำคัญ: กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน; คลังสินค้า; สถานประกอบการ; ความต้องการพื้นฐาน

Abstract

The purpose of this research was to study the basic needs of Entrepreneurs in Warehouse Section Application that workers always have knowledge skills applied with ethics and responsible in any levels based on the standard by the Department of Skill Development. The goal was 87 entrepreneurs in Chiangrai Province by simple random sampling as follow as 5 Corporation Limited Entrepreneurs, 77 Company Limited Entrepreneurs, and 4 Public Company Limited Entrepreneurs. Collected by Chiangrai Provincial Commercial Office. The tool was online questionnaire and applied in statistic value, analyzed in average and standard deviation. The result were that the factor of basic knowledge, factor of skills and factor of result applied showed in Level 1, the workers must have the knowledge and understanding about the rules in working, cargo handling, products arrangement, products checking, and products packaging that suitable with working knowledge, materials, responsible, discipline and working areas cleaning, to be the entrepreneurs basic needs underneath Department of Skill Development.

Keywords: Department of Skill Development; Warehouse; Entrepreneur; Basic needs

บทนำ

อุตสาหกรรมโลจิสติกส์ในประเทศไทย จัดว่าเป็น 1 ใน 5 ของอุตสาหกรรมเป้าหมาย New S-Curve ซึ่งเป็นยุทธศาสตร์ของประเทศไทย 4.0 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) และเป็นหัวใจสำคัญของการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาเป็นช่วงที่โลจิสติกส์เข้ามามีบทบาทที่ขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งในภาครัฐและเอกชนของประเทศไทย หน่วยงานภาครัฐและเอกชนต่างให้ความสำคัญในการพัฒนาโลจิสติกส์เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน เพิ่มความได้เปรียบในการแข่งขันด้วยการพัฒนาและยกระดับสมรรถนะกำลังคนด้านโลจิสติกส์ จึงเป็นปัจจัยสำคัญโดยเฉพาะ การลดต้นทุน และการเพิ่มมูลค่าที่ช่วยขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย การพัฒนากำลังคนด้านโลจิสติกส์ให้มีคุณภาพและมีมาตรฐาน อาชีพจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาระบบ โลจิสติกส์ของประเทศไทย ดังนั้นสถานประกอบการจะต้องมีการส่งเสริม 13 กิจกรรมหลักในด้านโลจิสติกส์ ซึ่งการบริหาร คลังสินค้าเป็นหนึ่งใน 13 กิจกรรมหลักด้านโลจิสติกส์ (Lopburi., 2554) และจะต้องมีการพัฒนาศักยภาพ ของพนักงานด้านคลังสินค้า โดยปัจจุบันในประเทศไทย มีหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบในการรับรองมาตรฐานด้าน คลังสินค้าอยู่ 2 หน่วยงานหลัก คือ สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงาน และสถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน มีเป้าหมายในการพัฒนาฝีมือแรงงาน ซึ่งจะต้องดำเนินการส่งเสริมและสนับสนุนกำลังแรงงาน ให้เป็นผู้มีฝีมือความรู้ ความสามารถ และ ทักษะคติในการทำงานสอดคล้องกับความต้องการและทันต่อการเปลี่ยนแปลงของตลาดแรงงานเพื่อให้มีงานทำ มีรายได้สามารถดำรงชีวิตและหาเลี้ยงครอบครัว ตลอดจนเพื่อการแข่งขันทางเศรษฐกิจของประเทศ (สมชาติเลขาภาววัฒน์, 2549) ซึ่งในปัจจุบันกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน ได้มี

วัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นกรอบทิศทางการปฏิบัติงานที่สอดคล้องกับปัญหาความต้องการของกลุ่มรับบริการ และมอบหมายให้กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน ดำเนินการฝึกอบรมให้แก่แรงงานเพื่อให้แรงงานมีศักยภาพในการทำงานตรงกับความต้องการของสถานประกอบการ อันจะเป็นการส่งเสริม สนับสนุนตามแผนยุทธศาสตร์การพัฒนากำลังคนของประเทศ ส่งผลให้สามารถดำเนินไปสุ่เป้าหมายได้ตามที่ประเทศชาติต้องการต่อไป (กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน, 2555, น. 2-3) ซึ่งสามารถกระทำได้ โดยตรง คือ การฝึกอบรม ฝึกปฏิบัติ ให้เกิดทักษะความชำนาญ (พระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงานพ.ศ. 2545) ซึ่งในจังหวัดเชียงรายนั้น เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ในเขตชายแดน สี่เหลี่ยมเศรษฐกิจเขตอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง และเส้นทาง การเชื่อมต่อภูมิภาคบนถนน R3A และ R3B (Suthep Nimsai, 2013) และมีสถานประกอบการที่มีคลังสินค้าอยู่หลายแห่งแต่ยังไม่มีความพร้อมให้บริการทดสอบด้านคลังสินค้า ตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงานในกลุ่มอาชีพอุตสาหกรรมโลจิสติกส์

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษา ความต้องการของสถานประกอบการในการรับสมัครพนักงานเข้าทำงานด้านคลังสินค้าว่าต้องการพนักงานที่มีความรู้ และทักษะในระดับใด ตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กรณีศึกษาสถานประกอบการในจังหวัดเชียงราย อันก่อให้เกิดเป็นแนวทางในการจัดตั้งศูนย์ให้บริการทดสอบตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงานในสายงานคลังสินค้า สินค้าคงคลัง และการกระจายสินค้า เพื่อรับรองมาตรฐาน ให้กับสถาบันฯ ภาคอุตสาหกรรม สถานประกอบการ และภาคการศึกษา ของจังหวัดเชียงราย และพื้นที่ที่ใกล้เคียง

วัตถุประสงค์

เพื่อการศึกษาความต้องการของสถานประกอบการในการรับสมัครพนักงานเข้าทำงานด้านคลังสินค้าว่าต้องการพนักงานที่มีความรู้และทักษะในระดับใด ตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน และเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดตั้งศูนย์ให้บริการทดสอบ ตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้ ได้แก่ สถานประกอบการในจังหวัดเชียงรายจำนวน 87 สถานประกอบการ โดยสถานประกอบการจังหวัดเชียงรายในปี 2563 มีจำนวน 696 สถานประกอบการ (สำนักงานพาณิชย์จังหวัดเชียงราย, 2563) ซึ่งผู้ดำเนินการวิจัยได้กำหนดกลุ่มเป้าหมาย ดังนี้

1. กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างในกรณีประชากรมีจำนวนแน่นอน (Finite population) โดยขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณจากสูตรของ ทาโร ยามาเน่ (Taro Yamane, 1967 : ธาณินทร์ ศิลป์จาร, 2549) ซึ่งคำนวณได้ดังสมการ

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \quad (1)$$

โดยกำหนดให้ค่า e คือ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับให้เกิดขึ้นในรูปของสัดส่วน กำหนดให้ระดับความเชื่อมั่นที่ 90% ($e = 0.10$) ดังนั้น ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้คือ 87 สถานประกอบการ 2. จากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างนั้นได้สถานประกอบการ 87 สถานประกอบการ และได้ทำการส่งแบบสอบถาม ให้กับสถานประกอบการทางออนไลน์ (เนื่องจากสถานการณ์โควิด-19 ทำให้ต้องส่งแบบออนไลน์เพื่อลดการแพร่ระบาด) ซึ่งแบ่งได้เป็นห้างหุ้นส่วนจำกัด 5 สถานประกอบการ บริษัทจำกัด 77 สถานประกอบการ และบริษัทจำกัดมหาชน 4 สถานประกอบการ

เครื่องมือวิจัย

ทางผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในงานวิจัยในครั้งนี้

1. สร้างแบบสอบถามโดยใช้กรอบมาตรฐานของกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน ในสาขาผู้ประกอบการคลังสินค้า (ระเบียบพัฒนาฝีมือแรงงาน ว่าด้วยการยกระดับฝีมือ พ.ศ.2547)

2. นำแบบสอบถามที่ได้ตรวจสอบความเที่ยงตรง (IOC) (นิยม จันทน์นวล, 2562) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีค่าคะแนนความเที่ยงตรง (IOC) อยู่ที่ 0.945 ซึ่งแบบสอบถามมีความสอดคล้อง กับวัตถุประสงค์ในการศึกษา ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเป็นแบบสอบถามในการเก็บข้อมูลได้

3. นำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ ส่งไปยังสถานประกอบการจำนวน 87 สถานประกอบการผ่านทางออนไลน์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่การร่างแบบสอบถามตรวจสอบความเที่ยงตรง(IOC) โดยได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อนำข้อมูลมาสร้างแบบสอบถามที่ใช้ในการสำรวจความคิดเห็นจากสถานประกอบการที่คัดเลือก โดยการนำแบบสอบถามมาสร้างในรูปแบบ QR code และ Google form ซึ่งในแบบสอบถามประกอบไปด้วย 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านทักษะ ด้านผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้ และด้านจริยธรรมและความรับผิดชอบ ตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน จากนั้นนำ QR code ส่งให้กับสถานประกอบการผ่านทางอีเมล จำนวน 87 ชุด เมื่อเก็บรวบรวมแบบสอบถามครบแล้ว นำมาตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาประมวลผลโดยใช้สถิติพื้นฐานในการคำนวณ

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) เป็นข้อมูลจริงที่ผู้ศึกษาได้รวบรวมค้นคว้าจากเอกสาร บทความ ข้อมูลทางสถิติและรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รายงานค้นคว้าแบบอิสระ และเว็บไซต์ต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลเบื้องต้น และแนวคิดพื้นฐานในการศึกษาวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

1. การวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) (ศิริชัย กาญจนวาสี, ทวีวัฒน์ ปิตยานนท์ และ ดิเรก ศรีสุข, 2537, น. 39-40 ; นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2543, น. 213) โดยการใช้การแจกแจง

ความถี่ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม และการหาอัตราส่วนร้อยละระดับการศึกษา และประสบการณ์ทำงานของผู้ตอบแบบสอบถาม และใช้ค่าเฉลี่ย ร่วมกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวิเคราะห์แบบสอบถาม

1.2 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์การเปรียบเทียบ ความต้องการของสถานประกอบการที่มีต่อผู้ที่ผ่านการทดสอบตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน ในสาขาผู้ปฏิบัติการคลังสินค้า ระหว่างระดับ 1 และ 2

2. สถิติที่ใช้

2.1 การแจกแจงค่าความถี่ (Frequency) เพื่อใช้อธิบายความถี่ของข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ, 2556)

2.2 การจัดตำแหน่งและเปรียบเทียบ โดยใช้ค่าร้อยละ (Percentage) เพื่อใช้อธิบายร้อยละของข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งคำนวณได้ดังสมการ (นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ, 2556)

$$P = \frac{f}{n} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ P คือ ร้อยละ

f คือ ความถี่ของคะแนนที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

n คือ คะแนนทั้งหมด

2.3 ค่าเฉลี่ย (Sample Mean) เพื่ออธิบายค่าเฉลี่ยที่ได้

จากแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 3 4 และ 5 ของสถานประกอบการ โดยเป็นไปตามมาตรฐานของกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน 2 ระดับ ซึ่งคำนวณได้ดังสมการ (นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ, 2556)

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{N} \quad (3)$$

เมื่อ \bar{x} คือ ค่าจากกลุ่มตัวอย่าง

$\sum X$ คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) เป็นค่าของการวัด การกระจายที่ได้หาได้จากรากที่สองของคะแนนทุกค่าที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยของข้อมูลยกกำลังสอง เพื่ออธิบายค่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 3 4 และ 5 ซึ่งคำนวณได้ดังสมการ (วิสาขา เกษประทุม, 2539)

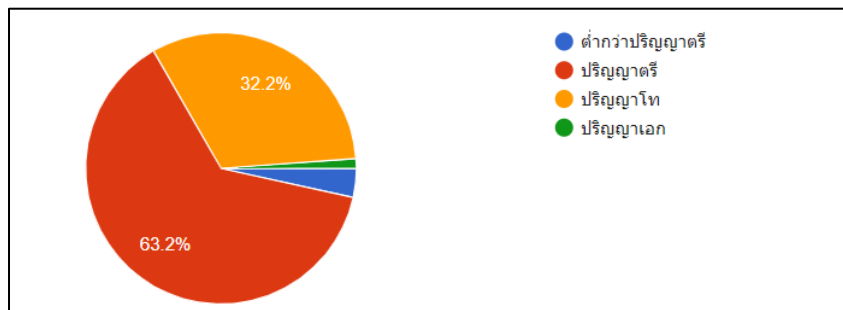
$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

- เมื่อ S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง
x คือ ข้อมูลแต่ละตัว
 \bar{x} คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง
n คือ จำนวนข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

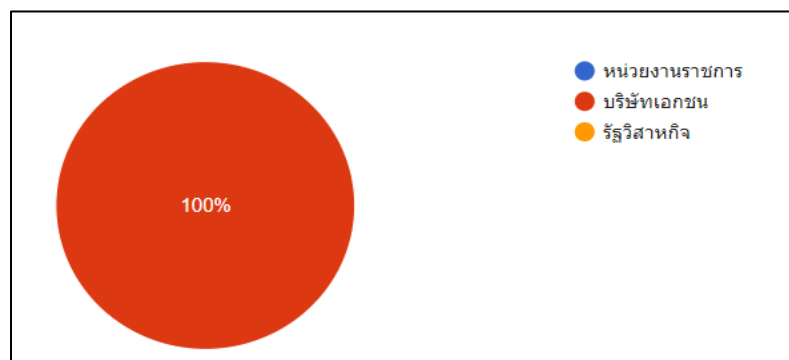
1. ระดับการศึกษา



ภาพที่ 1 ระดับการศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากภาพที่ 1 ระดับการศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ในระดับ ปริญญาตรี 63.2% ปริญญาโท 32.2% ต่ำกว่าปริญญาตรี 3.4% และ ปริญญาเอก 1.1% ตามลำดับ

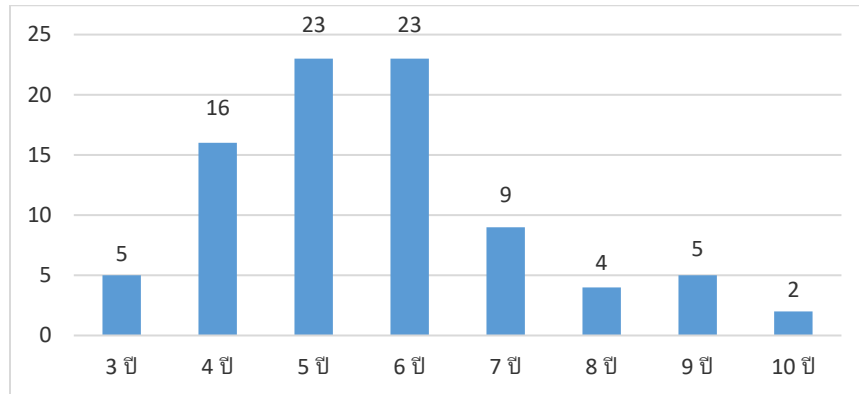
2. ประเภทของหน่วยงาน



ภาพที่ 2 ประเภทหน่วยงานของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากภาพที่ 2 ประเภทหน่วยงานของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นหน่วยงานเอกชนทั้งหมด 100%

3. ประสบการณ์ทำงาน



ภาพที่ 3 ประสบการณ์ทำงานของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากภาพที่ 3 ประสบการณ์ทำงานของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ใน 5 ปี และ 6 ปี คิดเป็น 26.44% เท่ากัน รองลงมาเป็น 4 ปี คิดเป็น 18.39% 7 ปี คิดเป็น 10.34% 3 ปี และ 9 ปี คิดเป็น 5.74% เท่ากัน 8 ปี คิดเป็น 4.60% และ 10 ปี คิดเป็น 2.30% ตามลำดับ

จากตารางจะเห็นได้ว่าสถานประกอบการต้องการ มากที่สุด คือ ระดับ 1 โดยด้านความรู้ (Knowledge) ได้ค่า $\bar{X} = 4.408$ และค่า S.D = 0.591 ด้านทักษะ (Skills) ได้ค่า $\bar{X} = 4.434$ และค่า S.D = 0.598 ด้านผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้ (Application Outcome) $\bar{X} = 4.405$ และค่า S.D = 0.610 และด้านจริยธรรมและความรับผิดชอบ (Ethic and Responsibility) $\bar{X} = 4.406$ และค่า S.D = 0.594 ดังนั้น หากพนักงานที่สนใจในการเข้าทำงานด้านคลังสินค้า พนักงานต้องผ่านการรับรองมาตรฐาน ในระดับ 1 ตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน เพื่อตรงต่อความต้องการของสถานประกอบการ

แบบสอบถามเกี่ยวกับด้านความรู้ (Knowledge)

1. ด้านความรู้ (Knowledge) ระดับ 1

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติสาขาผู้ปฏิบัติงานคลังสินค้าระดับ 1	ด้านความรู้ (Knowledge)	
	ความต้องการของสถานประกอบการ	
	\bar{x}	S.D.
การปฏิบัติตามกฎระเบียบในการปฏิบัติงาน		
1. มีความรู้และความเข้าใจในเอกสารการปฏิบัติงาน	4.563	0.637
2. มีความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานคุณภาพในการทำงาน	4.402	0.611
3. เข้าใจถึงกฎความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม	4.345	0.572
4. ปฏิบัติงานตามระเบียบและข้อกำหนดการปฏิบัติงาน	4.413	0.583
การยกสินค้าขึ้นลงจากระวางบรรทุก		
5. มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการยกสินค้าขึ้นลงจากระวางบรรทุก	4.333	0.5658
6. มีความรู้เบื้องต้นในการใช้อุปกรณ์พื้นฐานในการเคลื่อนย้ายสินค้า	4.448	0.6098
7. เข้าใจรายละเอียดของใบสั่งงาน	4.425	0.5949
8. สามารถอธิบายกระบวนการในการยกสินค้าขึ้นลงจากระวางบรรทุกได้	4.448	0.5936
การจัดเรียงสินค้าและการบรรจุ		
9. รู้จักการวิธีใช้อุปกรณ์ในการจัดเรียง	4.333	0.566
10. มีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิธีใช้	4.379	0.604
11. อธิบายวิธีการในการบรรจุวัสดุ	4.402	0.573
12. มีความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับรายละเอียดใบสั่งงานในการจัดเรียง	4.425	0.589
13. มีความรู้เกี่ยวกับรูปแบบการจัดเรียงและการบรรจุสินค้า	4.391	0.594
14. มีความรู้ ความเข้าใจในการใช้เทคโนโลยีและเทคนิคในการจัดเรียงสินค้าและการบรรจุ	4.402	0.573
รวม	4.408	0.591

2. ด้านความรู้ (Knowledge) ระดับ 2

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติสาขาผู้ปฏิบัติงานคลังสินค้าระดับ 2	ด้านความรู้ (Knowledge)	
	ความต้องการของสถานประกอบการ	
	\bar{x}	S.D.
การควบคุมการปฏิบัติงานของผู้ช่วยพนักงานปฏิบัติการ		
1. มีความเข้าใจในขั้นตอนการปฏิบัติงานคลังสินค้า	4.034	0.4928
2. มีความรู้ในการประเมินปริมาณงาน	4.011	0.5285
3. มีความรู้ในการประเมินศักยภาพของบุคลากร	4.023	0.4971
4. มีความรู้ ความสามารถในเทคนิคการมอบหมายงาน	4.046	0.5452
5. มีความรู้ในการประเมินความผิดปกติในการปฏิบัติงาน	4.011	0.4919
6. เข้าใจเกี่ยวกับระเบียบและข้อกำหนดในการปฏิบัติงาน	4.069	0.4905
7. มีความสามารถในการประเมินประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน	4.115	0.5227
8. มีความสามารถในการจัดทำรายงานตามรูปแบบที่หน่วยงานกำหนด	4.080	0.5244
การตรวจรับสินค้า การจัดเก็บสินค้า และกระจายสินค้า		
9. มีความรู้ ความเข้าใจในรายละเอียดใบสั่งสินค้า ใบสั่งงานใบสั่งซื้อ และใบจ่ายสินค้า	4.057	0.528
10. มีความเข้าใจและสามารถวิเคราะห์ผังการจัดเก็บสินค้า	4.103	0.555
11. มีความรู้เบื้องต้นในการใช้อุปกรณ์ในการเคลื่อนย้ายสินค้า	3.988	0.496
12. มีความเข้าใจเกี่ยวกับหน่วยนับของสินค้าในแต่ละรายการ	3.954	0.518
13. มีความเข้าใจในข้อกำหนดการจัดเก็บของสินค้าแต่ละรายการ	4.023	0.509
รวม	4.040	0.515

แบบสอบถามเกี่ยวกับด้านทักษะ (Skills)

1. ด้านทักษะ (Skills) ระดับ 1

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติสาขาผู้ปฏิบัติงานคลังสินค้าระดับ 1	ด้านทักษะ (Skills)	
	ความต้องการของสถานประกอบการ	
	\bar{x}	S.D.
การยกสินค้าขึ้นลงระวางรถบรรทุก		
1. ปฏิบัติงานยกสินค้าขึ้น-ลงระวางรถบรรทุกตามใบสั่งงานถูกต้องรวดเร็วและปลอดภัย	4.402	0.575
2. สามารถรายงานผลการปฏิบัติงานการยกสินค้าขึ้นลงระวางรถบรรทุกได้อย่างตรงตามวัตถุประสงค์	4.333	0.582
3. มีความสามารถปฏิบัติงาน (ยกสินค้าขึ้น-ลงระวางรถบรรทุก) ภายใต้คำแนะนำของหัวหน้า	4.494	0.615
การจัดเรียงสินค้า		
4. สามารถเตรียมอุปกรณ์ในการจัดเรียงสินค้า	4.379	0.574
5. มีความสามารถในการจัดเรียงสินค้าตามใบสั่งงานได้อย่างไม่มีข้อผิดพลาด	4.425	0.595
6. มีความสามารถในการรายงานผลการปฏิบัติงานการจัดเรียงสินค้าได้อย่างตรงตามวัตถุประสงค์	4.552	0.632
การบรรจุสินค้า		
7. มีความสามารถในการเตรียมการบรรจุและการบรรจุสินค้าตามใบสั่งงาน	4.448	0.590
8. มีความสามารถในการรายงานผลการปฏิบัติงานการบรรจุสินค้าได้อย่างตรงตามวัตถุประสงค์	4.425	0.619
9. มีความสามารถปฏิบัติงานการบรรจุสินค้าภายใต้คำแนะนำของหัวหน้าได้	4.460	0.600
การตรวจนับสินค้า		
10. มีความสามารถในการตรวจนับสินค้าตามใบสั่งงาน	4.460	0.594
11. มีความสามารถในการรายงานผลการปฏิบัติงานการตรวจนับสินค้าได้อย่างตรงตามวัตถุประสงค์	4.356	0.597
12. มีความสามารถในการปฏิบัติงานการตรวจนับสินค้าภายใต้คำแนะนำของหัวหน้าได้	4.471	0.600
รวม	4.434	0.598

2. ด้านทักษะ (Skills) ระดับ 2

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติสาขาผู้ปฏิบัติงานคลังสินค้าระดับ 2	ด้านทักษะ (Skills)	
	ความต้องการของสถานประกอบการ	
	\bar{x}	S.D.
การควบคุมการปฏิบัติงานของผู้ช่วยพนักงานปฏิบัติการคลังสินค้า		
1. สามารถปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมาย	4.138	0.511
2. มีทักษะในการควบคุมการปฏิบัติงานประจำวัน	4.011	0.540
3. สามารถรายงานผลการปฏิบัติงานประจำวัน	4.149	0.514
4. มีประสบการณ์ในการทำงานด้านการปฏิบัติการคลังสินค้า	4.103	0.504
การตรวจรับสินค้า		
5. มีความสามารถในการตรวจสอบเอกสาร	4.103	0.512
6. มีทักษะในการขนถ่ายสินค้า	4.437	0.574
7. มีความสามารถในการบันทึกการรับสินค้า	4.103	0.509
8. มีประสบการณ์ในการทำงานตรวจรับสินค้า	4.195	0.526
การจัดเก็บสินค้า		
9. มีความสามารถในการตรวจสอบเงื่อนไขการจัดเก็บสินค้า	3.977	0.496
10. ทำงานด้านการเก็บรักษาสินค้าได้เป็นอย่างดี	4.092	0.555
11. มีความสามารถในการจัดเตรียมอุปกรณ์ในการปฏิบัติงานการจัดเก็บสินค้า	4.092	0.521
การจ่ายสินค้า		
12. มีความสามารถพื้นฐานในการหยิบสินค้าได้อย่างคล่องแคล่ว	4.161	0.520
13. มีความสามารถพื้นฐานในการจ่ายสินค้าได้เป็นอย่างดี	4.218	0.546
14. มีความสามารถพื้นฐานในการบันทึกการจ่ายสินค้าได้อย่างไม่ผิดพลาด	4.253	0.549
รวม	4.145	0.527

แบบสอบถามเกี่ยวกับด้านทักษะ (Skills)

1. ด้านผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้ (Application Outcome) ระดับ 1

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติสาขาผู้ปฏิบัติงานคลังสินค้าระดับ 1	ผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้ (Application Outcome)	
	ความต้องการของสถานประกอบการ	
	\bar{x}	S.D.
1. สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ขนถ่ายสินค้า ทำงานตามกระบวนการภายใต้การควบคุมของสถานประกอบการได้	4.483	0.609
2. จัดเรียงสินค้าตามคำสั่งได้อย่างชัดเจน	4.241	0.607
3. ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการเคลื่อนย้ายภายใต้การแนะนำของหัวหน้างานได้	4.529	0.627
4. ปรับวิธีการทำงานให้เหมาะสมเพื่อแก้ปัญหาในการทำงานคลังสินค้าได้	4.368	0.596
รวม	4.405	0.610

2. ด้านผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้ (Application Outcome) ระดับ 2

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติสาขาผู้ปฏิบัติงานคลังสินค้าระดับ 2	ผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้ (Application Outcome)	
	ความต้องการของสถานประกอบการ	
	\bar{x}	S.D.
1. สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ขนถ่ายสินค้า ทำงานตามกระบวนการภายใต้การควบคุมของสถานประกอบการได้	4.483	0.609
2. จัดเรียงสินค้าตามคำสั่งได้อย่างชัดเจน	4.241	0.607
3. ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการเคลื่อนย้ายภายใต้การแนะนำของหัวหน้างานได้	4.529	0.627
4. ปรับวิธีการทำงานให้เหมาะสมเพื่อแก้ปัญหาในการทำงานคลังสินค้าได้	4.368	0.596
5. ปรับปรุงคุณภาพผลการปฏิบัติงานได้อย่างต่อเนื่อง	4.402	0.575
6. แก้ปัญหาคลังสินค้าที่ซับซ้อนในสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้	4.310	0.575
7. พัฒนาคำแนะนำการเรียงสินค้าหรือกระบวนการทำงานคลังสินค้าให้เกิดประโยชน์ต่อสถานประกอบการได้	4.391	0.594
รวม	4.389	0.597

แบบสอบถามเกี่ยวกับด้านด้านจริยธรรมและความรับผิดชอบ (Ethic and Responsibility)

1. ด้านจริยธรรมและความรับผิดชอบ (Ethic and Responsibility) ระดับ 1

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติสาขาผู้ปฏิบัติงานคลังสินค้าระดับ 1	ด้านจริยธรรมและความรับผิดชอบ (Ethic and Responsibility)	
	ความต้องการของสถานประกอบการ	
	\bar{x}	S.D.
1. มีระเบียบวินัย	4.483	0.603
2. มีจิตสำนึกในการปฏิบัติงานอย่างถูกต้องและปลอดภัย	4.379	0.639
3. มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่	4.402	0.573
4. มีความใส่ใจ ละเอียด และรอบคอบ	4.414	0.594
5. มีความซื่อสัตย์ ทั้งต่อหน้าและลับหลัง	4.379	0.570
6. รักษาความสะอาดในพื้นที่ปฏิบัติงาน	4.379	0.587
รวม	4.406	0.594

2. ด้านจริยธรรมและความรับผิดชอบ (Ethic and Responsibility) ระดับ 2

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติสาขาผู้ปฏิบัติงานคลังสินค้าระดับ 2	ด้านจริยธรรมและความรับผิดชอบ (Ethic and Responsibility)	
	ความต้องการของสถานประกอบการ	
	\bar{x}	S.D.
1. มีระเบียบวินัย	4.483	0.603
2. มีจิตสำนึกในการปฏิบัติงานอย่างถูกต้องและปลอดภัย	4.379	0.639
3. มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่	4.402	0.573
4. รักความก้าวหน้าพร้อมที่จะเรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ๆ	4.345	0.589
5. มีความใส่ใจ ละเอียด และรอบคอบ	4.414	0.594
6. มีความซื่อสัตย์ ทั้งต่อหน้าและลับหลัง	4.379	0.570
7. เป็นแบบอย่างที่ดีให้กับเพื่อนร่วมงาน	4.276	0.572
8. รักษาความสะอาดในพื้นที่ปฏิบัติงาน	4.379	0.415
9. ปฏิบัติงานตามจรรยาบรรณวิชาชีพ	4.425	0.595
10. ปฏิบัติงานอย่างเป็นธรรมเท่าเทียมกันต่อทุกฝ่าย	4.391	0.594
รวม	4.387	0.574

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการศึกษาความต้องการของสถานประกอบการในการรับสมัครพนักงานเข้าทำงานด้านคลังสินค้าเพื่อการศึกษา ความต้องการของสถานประกอบการในการรับสมัครพนักงานเข้าทำงานด้านคลังสินค้าว่าต้องการพนักงานที่มีความรู้และทักษะในระดับใด ตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กรณีศึกษา สถานประกอบการในจังหวัดเชียงราย มีความต้องการระดับ 1 มากที่สุดตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงานทั้ง 4 ด้าน มีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านความรู้ (Knowledge) พบว่าความต้องการมากที่สุดอยู่ในระดับ 1 โดยพนักงานจะต้องมีความรู้และความเข้าใจในเอกสารการปฏิบัติงาน ปฏิบัติงานตามระเบียบและข้อกำหนดในการปฏิบัติงาน มีมาตรฐานคุณภาพในการทำงาน เข้าใจกฎความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม มีความรู้เบื้องต้นในการยกสินค้าขึ้นลงจากระวางบรรทุก รู้จักการใช้งานอุปกรณ์พื้นฐานในการเคลื่อนย้าย รวมถึงมีความรู้เบื้องต้นในการจัดเรียงสินค้า การบรรจุสินค้า เทคโนโลยีและเทคนิคพื้นฐาน

2. ด้านทักษะ (Skills) พบว่าความต้องการมากที่สุดอยู่ในระดับ 1 โดยพนักงานจะต้องมีทักษะในการปฏิบัติงานยกสินค้าขึ้นลงระวางบรรทุกตามใบสั่งงานอย่างถูกต้องรวดเร็วและปลอดภัย สามารถรายงานผลการปฏิบัติงานการยกสินค้าขึ้นลงระวางบรรทุกได้อย่างตรงตามวัตถุประสงค์ จัดเตรียมอุปกรณ์ในการจัดเรียงสินค้า ตรวจนับสินค้า และบรรจุสินค้า อีกทั้งมีความสามารถในการจัดเรียงสินค้าตามใบสั่งงานได้อย่างไม่มีข้อผิดพลาด

3. ด้านผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้ (Application Outcome) พบว่าความต้องการมากที่สุดอยู่ในระดับ 1 โดยพนักงานจะต้องมีความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ขนถ่ายสินค้า ทำงานตามกระบวนการภายใต้การควบคุมของสถานประกอบการได้ และจัดเรียงสินค้าตามคำสั่งได้อย่างชัดเจน อีกทั้งใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการเคลื่อนย้ายภายใต้การแนะนำของหัวหน้างานได้ รวมถึงใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการเคลื่อนย้ายภายใต้การแนะนำของหัวหน้างานได้

4. ด้านจริยธรรมและความรับผิดชอบ (Ethic and Responsibility) พบว่าความต้องการมากที่สุดอยู่ในระดับ 1 โดยพนักงานจะต้องมีระเบียบวินัย มีจิตสำนึกในการปฏิบัติงานอย่างถูกต้องและปลอดภัย รวมทั้งมีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ มีความใส่ใจ ละเอียด และรอบคอบ และต้องมีความซื่อสัตย์ ทั้งต่อหน้าและลับหลัง และรักษาความสะอาดในพื้นที่ปฏิบัติงานได้อย่างเป็นระเบียบเรียบร้อย

ดังนั้น ภาคอุตสาหกรรมควรจัดการอบรมเพื่อให้ ความรู้พนักงานในด้านคลังสินค้า และส่งเสริมเพื่อพัฒนาศักยภาพให้กับพนักงานโดยสนับสนุนให้มีการทดสอบ มาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงานในด้านคลังสินค้า ส่วนภาคการศึกษาควรจัดการเรียนการสอน เกี่ยวกับมาตรฐานด้านคลังสินค้าเพื่อเพิ่มโอกาสให้นักศึกษามีความพร้อมเข้ารับการทดสอบด้านคลังสินค้า ตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน และหากพนักงานที่สนใจในการเข้าทำงานด้านคลังสินค้า อย่างน้อยพนักงานต้องผ่านการรับรองมาตรฐาน ในระดับ 1 ตามมาตรฐานกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน เพื่อตรงต่อ ความต้องการของสถานประกอบการ

กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากผู้วิจัยขอกราบ
ขอบพระคุณคณาจารย์ บุคลากรหลายฝ่าย รวมทั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
เชียงราย อีกทั้งสำนักงานพาณิชย์ เชียงราย และสถานประกอบการในจังหวัดเชียงราย ที่อำนวยความสะดวก และ
สนับสนุนในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มส่งเสริมการศึกษาทางไกลเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. (มปป.). การสร้างแบบสอบถามออนไลน์โดยใช้

Google Form. <https://www.cme2.go.th>.

คำนาย อภิปรัชญาสกุล. (2555). โลจิสติกส์และโซ่อุปทาน. บริษัท โฟกัสมีเดีย แอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด.

นิยม จันทน์นวล. (2562). การวัด การสร้างเครื่องมือและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ.

https://www.ubu.ac.th/web/files_up/08f2019050908253130.pdf

นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์. (2556). สถิติวิศวกรรม (Engineering Statistics). ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ปราณี หล้าเบญญะ. (2559). การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดและประเมินผล. [http://edu.yru.ac.th/](http://edu.yru.ac.th/evaluate/attach/1465551003)

[evaluate/attach/1465551003](http://edu.yru.ac.th/evaluate/attach/1465551003)

วิสาข์ เกษประทุม. (2539). ความน่าจะเป็นและสถิติเบื้องต้น. พัฒนาศึกษา. สำนักงานพาณิชย์จังหวัดเชียงราย.

(2563). ข้อมูลนิติบุคคล. <https://datawarehouse.dbd.go.th/>

Lopburi. (2554). กิจกรรมหลักด้านโลจิสติกส์. <http://www.lopburi.go.th/logistic.htm>.

**แนวทางการพัฒนาองค์กรให้เป็นหน่วยรับรองสมรรถนะบุคลากรตามมาตรฐาน
ISO/IEC 17024: 2012 ด้านโลจิสติกส์ สาขาผู้ปฏิบัติงานขับเคลื่อนรถบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่
: กรณีศึกษา สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ**
Guidelines for Organization Development Enhancing Individual Competency Certification
Institute Standardized ISO/IEC 17024: 2012 in Logistics for Truck Drivers
: Case Study of International Institute for Skill Development

ธัญญาศิริ เบ็ญฟอง¹ นันทกรณ์ เชื้อนคำ^{2*} สมควร สงวนแพง³ กำพล จินตอมรชัย⁴
นฤทัยรัตน์ จันตะคาด⁵ ปองสุข ศรีชัย⁶ ศุภศานต์ รักสกุล⁷

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย^{1,2,3,4,5}

คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย⁶

สาขาวิชาการท่องเที่ยว แผนกวิชาสามัญสัมพันธ์ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงราย⁷

*Corresponding author: E-mail : Nanthakon58@gmail.com

บทคัดย่อ

สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ เป็นหน่วยงานในสังกัด กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน มีภารกิจหลักคือการพัฒนาฝีมือและศักยภาพแรงงาน ในพื้นที่ที่รับผิดชอบให้มีความรู้ ทักษะ และสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงาน เพื่อสร้างขีดความสามารถ และรองรับการแข่งขันทางเศรษฐกิจ ตลอดจนเป็นหน่วยงานที่รองรับการพัฒนาฝีมือแรงงานให้แก่กำลังแรงงานในอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง ตามโครงการพัฒนาความร่วมมือทางเศรษฐกิจในอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง ซึ่งปัจจุบันสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ มีการออกไปรับรองฝีมือแรงงานตามกฎหมายของประเทศไทย ซึ่งขอบเขตการรับรองมีอำนาจรับรองได้เฉพาะภายในประเทศไทยเท่านั้น ไม่สามารถรับรองให้ครอบคลุมตามโครงการพัฒนาความร่วมมือทางเศรษฐกิจในอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง (Greater Mekong SubRegion : GMS) จึงเป็นที่มาของการพัฒนามาตรฐานให้สามารถรับรองในระดับสากล ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 ซึ่งเป็นที่ยอมรับในหลาย ๆ ประเทศ คณะผู้วิจัยจึงได้ลงพื้นที่ศึกษาข้อมูลเพื่อการเตรียมความพร้อม พบว่ามาตรฐานเดิมควรได้รับการพัฒนาด้านรูปแบบการรับรองเป็นอันดับแรกเนื่องด้วยมีความพร้อมมากที่สุด โดยใช้ทฤษฎีมาตรวัดของลิเคิร์ท เพื่อให้คะแนนความพร้อมก่อนการพัฒนา คิดเป็น ร้อยละ 31.16 ภายหลังการพัฒนาการเตรียมความพร้อม เพิ่มขึ้นเป็น ร้อยละ 72.79 แต่ยังไม่เสร็จสมบูรณ์ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาให้เสร็จสมบูรณ์ ทางคณะผู้วิจัยได้นำทฤษฎีการบริหารโครงการมาใช้ในการกำหนดเส้นทางการดำเนินงานให้บรรลุเป้าหมายในท้ายที่สุด

คำสำคัญ : มาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012; โลจิสติกส์; สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ

Abstract

The International Institute for Skill Development is an office in Department of Skill Development, Ministry of Labor. The mission is to develop skills and potential of labors in each area to have the knowledge, skills, and capacity that suitable for labor market's needs. To make the competence and economics competition and to support the Labors Skills Development to foreign labors of Mekong River Region underneath the Economics Cooperation of the Greater Mekong Sub-region Project. The International Institute for Skill Development will give the Labor Skill Certificate based on Thailand's Law only in Thailand, it is unable to cover foreign labor groups underneath this project. It is the cause that GMS will develop the international standard of ISO/IEC 17024:2012 that acceptable in many countries in the world. The researchers studied all data, the result showed that the previous standard should be develop in accreditation type by using the Theory of Likert for checking the scores before development of 31.16 in 100 percentage, and the scoring after development is increased 72.79 in 100 percentage. It is not finished in doing this project. For guidance in development, the researchers used the Theory of Structure Management to make the goal finally.

Keywords: Standard Quality of ISO/IEC 17024: 2012; Logistics; International Institute for Skill Development

บทนำ

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน ในฐานะเป็นหน่วยงานภาครัฐที่มีหน้าที่หลักในการพัฒนาศักยภาพกำลังแรงงานไทยให้มีทักษะได้มาตรฐานสากล นอกเหนือจากแผนงานปกติในการฝึกอบรมฝีมือแรงงาน เพื่อให้แรงงานได้มีความรู้ความเข้าใจ เพิ่มพูน ทักษะประสบการณ์ ความสามารถ เจตคติ และสร้างความพร้อมในการทำงาน และดำรงชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ ซึ่งเป็นหน่วยงานในสังกัด กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน มีภารกิจหลักคือพัฒนาฝีมือและศักยภาพแรงงานในพื้นที่ที่รับผิดชอบให้มีความรู้ ทักษะ และสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงาน และเป็นหน่วยงานรองรับการพัฒนาฝีมือแรงงานให้แก่กำลังแรงงานในอนุภูมิภาคุ่มแม่น้ำโขง ตามโครงการพัฒนาความร่วมมือทางเศรษฐกิจในอนุภูมิภาคุ่มแม่น้ำโขง (Greater Mekong SubRegion: GMS) ที่รัฐบาลไทยได้มีการลงนามในกรอบความร่วมมือ เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจร่วมกันของสมาชิกอนุภูมิภาค 6 ประเทศ ได้แก่ สหภาพพม่า ไทย สปป.ลาว กัมพูชา เวียดนาม และจีนตอนใต้ (มณฑลยูนนาน) (สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติเชียงใหม่, 2562)

ปัจจุบันสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ มีการออกใบอนุญาตภายใต้กฎหมายของประเทศไทย ส่งผลให้ขอบเขตการรับรองมีอำนาจรับรองได้เฉพาะภายในประเทศไทย ไม่สามารถรับรองให้ครอบคลุมกับเขตพื้นที่

รับผิดชอบทางสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติจึงต้องการที่จะนำเอามาตรฐานระดับสากลเข้ามารับรองมาตรฐานฝีมือแรงงาน (สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติเชียงใหม่, 2562) กล่าวคือมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 ในสาขาอาชีพผู้ปฏิบัติงานขับเคลื่อนรถบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่ ดังนั้นเป้าหมายของคณะผู้วิจัยคือการพัฒนาองค์กรให้เป็นหน่วยรับรองสมรรถนะบุคลากรตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 ด้านโลจิสติกส์ เพื่อให้ผู้ประกอบการหรือผู้ปฏิบัติงานที่ผ่านการทดสอบได้รับโอกาสในการทำงานมากขึ้น โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 และทฤษฎีต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ เช่น ทฤษฎีแผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) ทฤษฎีมาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert Scale) และทฤษฎีการบริหารโครงการ (Project Management) เพื่อการรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและการนำเสนอผลลัพธ์เพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวทางในการพัฒนาคุณภาพ เพื่อให้สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ เป็นหน่วยรับรองสมรรถนะบุคลากร ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 ด้านโลจิสติกส์สาขาผู้ปฏิบัติงานขับเคลื่อนรถบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่

วัตถุประสงค์

เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาคุณภาพ ให้สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติเป็นหน่วยรับรองสมรรถนะบุคลากร ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 ด้านโลจิสติกส์สาขาผู้ปฏิบัติงานขับเคลื่อนรถบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

มาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 เป็นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้องค์กรหรือหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ที่มีบทบาทหน้าที่ให้การรับรองความสามารถของบุคลากรนำไปปฏิบัติเพื่อให้ผลของการรับรองมีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับ นอกจากนี้มาตรฐานยังสามารถใช้เป็นบรรทัดฐานในการสร้างการยอมรับในผลการรับรองทั้งในระดับชาติ และระดับระหว่างประเทศ (สถาบันรับรองมาตรฐานไอเอสโอ, 2556)

การบริหารโครงการ (Project Management) คือ การเริ่มต้น วางแผน ดำเนินการ ตรวจสอบควบคุม และปิดโครงการ ผ่านทางเครื่องมือ ความรู้ ทักษะและกิจกรรมต่าง ๆ ของคนในองค์กร โดยเป้าหมายคือการบรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการภายในระยะเวลาและข้อจำกัดตามที่กำหนดไว้

จุดมุ่งหมายของการบริหารโครงการ คือการ 'บริหารความเสี่ยง' เพื่อให้โอกาสที่โครงการจะประสบความสำเร็จมากขึ้น โดยที่ความเสี่ยงก็รวมถึงปัจจัยหลายอย่าง ตั้งแต่ปัจจัยภายในโครงการเช่น พนักงานหรือทรัพยากรต่าง ๆ รวมถึงปัจจัยนอกโครงการ อาทิ บริษัทคู่แข่ง เทคโนโลยี หรือปัญหาที่ควบคุมไม่ได้เช่น ดิน ฟ้า อากาศ ยิ่งเป็นโครงการที่มีมูลค่าสูง มีหลายตัวแปร และหลายขั้นตอนการดำเนินการ 'ความเสี่ยง' ที่โครงการไม่ประสบความสำเร็จซึ่งเป็นสาเหตุที่ผู้บริหารโครงการหลายคนเลือกที่จะแตกโครงการใหญ่ๆ ให้ออกมาเป็นกิจกรรมเล็ก ๆ เพื่อความง่ายในการบริหาร

ปัจจัยของการบริหารโครงการ คือ ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุน เวลา ลูกค้าและบุคคลที่เกี่ยวข้องบุคคลากรในโครงการ เป้าหมายของโครงการ ทรัพยากรอื่น ๆ และราคา

เครื่องมือในการวิเคราะห์จากการบริหารโครงการที่เลือกใช้ คือ ระเบียบวิธีวิถีวิกฤต (Critical Path Method) เป็นการกำหนดตารางเวลาของงาน ตลาด หน้าที่ และกิจกรรม เพื่อที่จะบอกว่า แต่ละกิจกรรมใช้เวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดเมื่อไหร่ และกิจกรรมส่วนไหนเป็นปัญหาคอขวดของการบริหารโครงการ โดยที่ เส้นทางวิกฤต (Critical Path) หมายถึงเส้นทางใดในเครือข่ายงานที่ใช้เวลานานที่สุดในการทำโครงการนั้น ๆ จนสำเร็จ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เส้นทางที่ถ่วงให้งานล่าช้า (Tiger, 2563)

แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) เป็นแผ่นงานที่ได้ออกแบบมาอย่างเฉพาะเจาะจงต่องาน นั้น ๆ ใช้สำหรับกรอกรายละเอียดของข้อมูล เพื่อช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุและติดตามผลการดำเนินงาน โดยมีจุดประสงค์ที่จะเก็บข้อมูลสำคัญ ๆ ได้ง่ายและเป็นระบบ ซึ่งลักษณะของใบตรวจสอบต้องคำนึงถึงการกำหนดรายละเอียดที่ชัดเจน (ทองพันชั่ง พงษ์วารินทร์, 2559)

กราฟ (Graph) เป็นแผนภาพที่อธิบายความแตกต่างของข้อมูลจากการเก็บบันทึก ใช้สำหรับนำเสนอข้อมูลที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจโดยอาศัยการพิจารณาด้วยตาเปล่าได้สามารถให้รายละเอียดของการเปรียบเทียบได้ดีกว่าการนำเสนอข้อมูลด้วยวิธีอื่น (ทองพันชั่ง พงษ์วารินทร์, 2559)

ทฤษฎีมาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert Scale) เป็นมาตรวัดที่ใช้สำหรับให้ผู้แสดงระดับความคิดเห็นในแบบสอบถามปลายเปิด (Close Ended Question) ที่จะมีตัวเลือกให้ผู้ตอบแบบสอบถามตอบตามระดับความเห็นด้วย วิธีวัดความพึงพอใจหรือความเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามด้วย Likert Scale คือการให้ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกแสดงความคิดเห็นจากระดับความถึงพอใจหรือระดับความเห็นด้วย 5 ระดับ ต่อแบบสอบถามในแต่ละข้อ ระดับความเห็นด้วยทั้ง 5 ระดับของ Likert scale คือระดับความพึงพอใจที่จะมีตั้งแต่พอใจหรือเห็นด้วยที่สุด ไปจนถึงไม่พอใจหรือไม่เห็นด้วยที่สุด ดังนี้

- 5 หมายถึง เห็นด้วยที่สุดหรือพึงพอใจที่สุด
- 4 หมายถึง เห็นด้วยหรือพอใจ
- 3 หมายถึง เฉย ๆ หรือปานกลาง
- 2 หมายถึง ไม่เห็นด้วยหรือไม่พึงพอใจ
- 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่งหรือไม่พึงพอใจอย่างยิ่ง (ฤทธิไกร ไชยงาม, 2563)

แนวปฏิบัติที่ดี (Best Practice) คือ วิธีปฏิบัติ หรือขั้นตอนการปฏิบัติที่ทำให้องค์กรประสบความสำเร็จ หรือนำไปสู่ความเป็นเลิศตามเป้าหมาย เป็นที่ยอมรับในวงวิชาการหรือวิชาชีพนั้น ๆ และมีหลักฐานของความสำเร็จ ปรากฏชัดเจน โดยมีการสรุปวิธีปฏิบัติ หรือขั้นตอนการปฏิบัติ ตลอดจนความรู้และประสบการณ์ ที่ได้บันทึกเป็นเอกสาร และเผยแพร่ให้หน่วยงานภายใน หรือภายนอกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (ชนาธิป ลีสิน, 2563)

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาข้อมูลและเอกสาร เช่น คู่มือการขอมาตรฐานการเป็นหน่วยรับรองสมรรถนะบุคลากรในระดับสากลตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 ด้านโลจิสติกส์ และทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์

ทำการศึกษาข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ เช่น คู่มือการขอมาตรฐานการเป็นหน่วยรับรองสมรรถนะบุคลากร ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ เพื่อนำข้อมูลมาศึกษาวิเคราะห์ให้เข้ากับคู่มือคุณภาพตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 ด้านโลจิสติกส์

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ทฤษฎีที่ศึกษา เพื่อวางแผนที่จะพัฒนาคู่มือคุณภาพในสาขาผู้ปฏิบัติงานขับเคลื่อนรถบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่ ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 ด้านโลจิสติกส์

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ทฤษฎีแนวปฏิบัติที่ดี เพื่อที่จะวางแผนการพัฒนาคู่มือคุณภาพ ตามขั้นตอนการขอเป็นหน่วยรับรองสมรรถนะบุคลากรตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 ด้านโลจิสติกส์ ซึ่งทางคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการขอคำปรึกษาจากสถาบันรับรองมาตรฐานไอเอสโอ ในการจัดทำเอกสารในระบบ อีกทั้งยังทำการจัดหมวดหมู่ของเอกสารโดยใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด คือ

- แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)
- ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)
- กราฟ (Graph)
- ใบตรวจสอบ (Check sheet)
- ผังการกระจาย (Scatter Diagram)
- ฮิสโตแกรม (Histogram)
- แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

ทางคณะผู้วิจัยเลือกใช้ แผ่นตรวจสอบ (Check sheet) เพื่อจัดหมวดหมู่เอกสาร ให้เป็นไปตามปัจจัยย่อยของแนวทางในการวางแผนการพัฒนาคู่มือคุณภาพ และกราฟ (Graph) เพื่อแสดงข้อมูลความคืบหน้าของการพัฒนาเป็นแบบรูปภาพให้เข้าใจง่ายมากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 3 เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาคู่มือคุณภาพในสาขาผู้ปฏิบัติงานขับเคลื่อนรถบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่ ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 ด้านโลจิสติกส์

ทำการเก็บและจัดเรียงข้อมูลตามปัจจัยย่อยที่รวบรวมมา โดยการเก็บข้อมูล สามารถจำแนกปัจจัยย่อยได้ดังนี้

1. การรับคำขอ
2. การประเมิน
3. การสอบ
4. การตัดสินใจการรับรอง
5. การพักใช้ ยกเลิกหรือลดขอบข่ายการรับรอง
6. การต่ออายุการรับรอง

7. การใช้ใบรับรอง
8. การอุทธรณ์การตัดสินการรับรอง
9. การร้องเรียน
10. การแต่งตั้งคณะกรรมการ

โดยทางคณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สำรวจข้อมูล ณ สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ ซึ่งได้ข้อมูล จากบุคลากรของสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ แต่เนื่องจากข้อมูลส่วนใหญ่เป็นข้อมูลภายใน ขององค์กร จึงต้องเก็บรักษาเป็นความลับ และไม่สามารถนำมาเผยแพร่ได้ทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้เป็นแนวทางในการจัดทำคู่มือคุณภาพมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 ด้านโลจิสติกส์

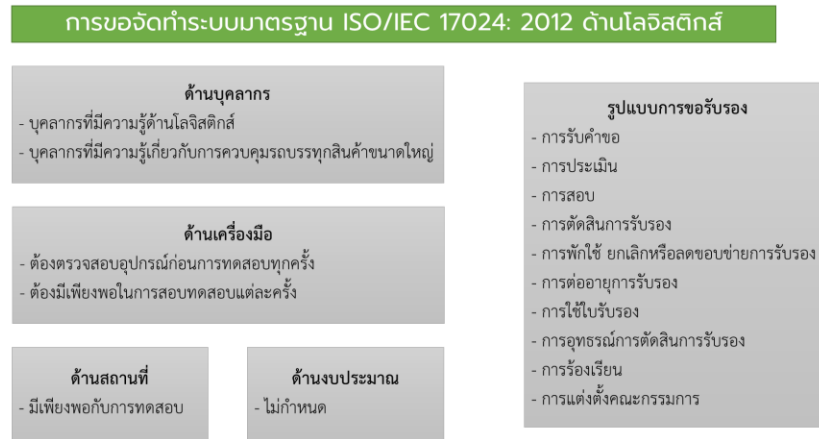
ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล โดยทำการให้คะแนนการพัฒนาคู่มือคุณภาพ ด้านรูปแบบการรับรอง ใช้ทฤษฎีมาตรวัดของลิเคิร์ท เพื่อให้ทราบถึงความคืบหน้าของการพัฒนา ทั้งก่อนและหลังการพัฒนา และใช้ทฤษฎีการบริหารโครงการ (Project Management) เพื่อหาข้อจำกัดให้เป้าหมาย ประสบผลสำเร็จตามแผนที่วางไว้

ขั้นตอนที่ 5 สรุปผลในสาขาผู้ปฏิบัติงานขับเคลื่อนบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่ ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 ด้านโลจิสติกส์

จากการวิเคราะห์ปัจจัยในการพัฒนาคู่มือคุณภาพ และแนวทางสำหรับพัฒนาสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ ทำการสรุปผลแนวทางการพัฒนาองค์กรให้เป็นหน่วยรับรองสมรรถนะของบุคลากร ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 ด้านโลจิสติกส์ สาขาผู้ปฏิบัติงานขับเคลื่อนบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่

ผลการทดลองและอภิปรายผล

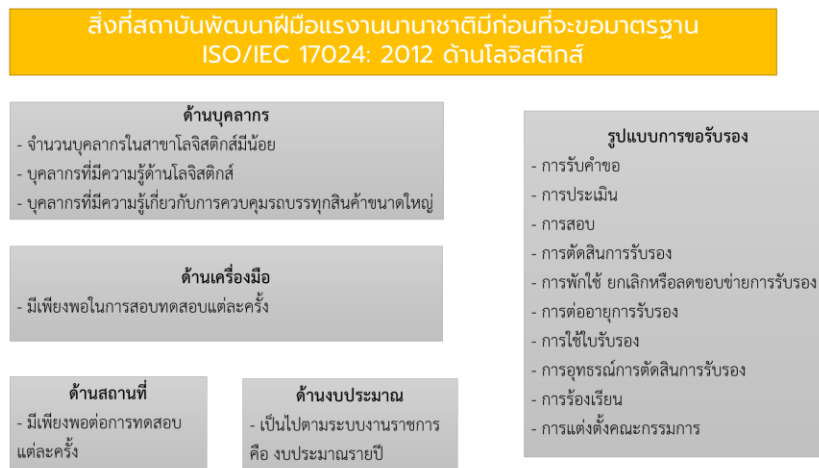
คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ มาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 เป็นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้องค์กรหรือหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ที่ดำเนินการผ่านสถาบันรับรองมาตรฐานไอเอสไอ (MASCI) เพื่อดำเนินงานด้านการให้บริการรับรองตามมาตรฐานไอเอสไอ และมาตรฐานระบบอื่น ๆ เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพและเพิ่มขีดความสามารถด้านการรับรองของประเทศให้ทัดเทียมกับประเทศอื่น ๆ โดยมีองค์ประกอบสำคัญที่ต้องใช้ในการพัฒนามาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 ดังนี้ ด้านบุคลากร ด้านเครื่องมือ ด้านสถานที่ ด้านงบประมาณ และด้านรูปแบบ การขอรับรอง สามารถแสดงรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบจากทางสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติในการพัฒนา ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงรายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบในการขอเป็นหน่วยรับรองสมรรถนะบุคลากร

และศึกษาทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ แนวปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ที่นำมาวิเคราะห์และ วางแผนการดำเนินงานที่จะทำให้องค์การบรรลุผลตามเป้าหมายที่วางไว้ แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) ที่นำมาจัดหมวดหมู่และรวบรวมเอกสารต่าง ๆ ทฤษฎีมาตรวัดของลิเคิร์ท (Likert Scale) ที่นำมากำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความคืบหน้าของการพัฒนา เอกสารแต่ละฉบับ กราฟ (Graph) ที่นำมาแสดง ความคืบหน้าของการพัฒนาให้เข้าใจง่ายมากยิ่งขึ้น และการบริหารโครงการ (Project Management) ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาเส้นทางในการพัฒนาต่อไป

อีกทั้งคณะผู้วิจัยสามารถแสดงรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบที่สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติมีอยู่ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนผังแสดงรายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบที่สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ มีก่อนขอเป็นหน่วยรับรองสมรรถนะบุคลากร

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ทฤษฎีแนวปฏิบัติที่ดี พบว่าองค์ประกอบส่วนมากที่มาตรฐานต้องการยังไม่มี ความพร้อมที่จะดำเนินงานต่อไปได้ ดังนั้นจึงดำเนินงานด้านรูปแบบการขอรับรอง เป็นลำดับแรก เพราะเป็นด้านที่ ความพร้อมมากที่สุด

คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด คือ แผ่น ตรวจสอบ (Check sheet) เพื่อจัดหมวดหมู่เอกสาร ให้เป็นไปตามปัจจัยย่อยของแนวทางในการวางแผนการพัฒนา คู่มือคุณภาพ เริ่มจากการจัดหมวดหมู่ของเอกสารที่ได้รวบรวมมาให้เป็นไปตามปัจจัยหลัก คือ

- 1) การรับคำขอ
- 2) การประเมิน
- 3) การสอบ
- 4) การตัดสินใจการรับรอง
- 5) การพักใช้ ยกเลิกหรือลดขอบข่ายการรับรอง
- 6) การต่ออายุการรับรอง
- 7) การใช้ใบรับรอง
- 8) การอุทธรณ์การตัดสินใจการรับรอง
- 9) การร้องเรียน
- 10) การแต่งตั้งคณะกรรมการ
- 11) อื่น ๆ

โดยในแต่ละปัจจัยย่อยจะใช้เกณฑ์การให้คะแนนการพัฒนาเอกสารทั้งก่อนและหลังการพัฒนา ดังตารางที่ 1

รูปแบบการรับรอง					
หลักเกณฑ์	คะแนน				
	5	4	3	2	1
การรับคำขอ					
F-01 ใบสมัครเข้ารับการทดสอบฝีมือแรงงาน					
F-49 ใบลงทะเบียนผู้สมัครเข้าทดสอบ					
F-55 ใบลงทะเบียนผู้เข้ารับการทดสอบมาตรฐานฝีมือสาขาอาชีพ					
F-59 ใบลงทะเบียนผู้ทดสอบมาตรฐานฝีมือสาขาอาชีพ					
การประเมิน					
P-12 การตรวจประเมินภายใน					
P-14 การทบทวนโดยฝ่ายบริหาร					
WI-02 การบริหารการทดสอบระดับ 1					
F-03 เอกสารการวิเคราะห์ผลกระทบต่อความเป็นกลาง RO					
F-25 แผนการตรวจประเมินภายใน					
F-26 รายงานการตรวจประเมินภายใน					
F-27 รายงานผลการตรวจประเมินภายใน					
F-28 รายงานข้อบกพร่อง					

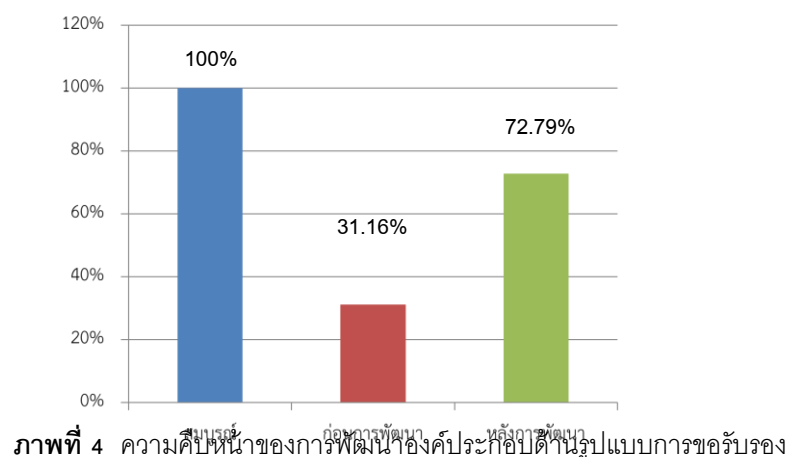
ภาพที่ 3 ตัวอย่างแผ่นตรวจสอบที่จัดหมวดหมู่ของเอกสาร

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนการพัฒนาเอกสาร

เกณฑ์การให้คะแนน	
1	ไม่มีข้อมูลจากสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ
2	มีข้อมูลเดิมจากสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ แต่ยังขาดข้อมูลที่ต้องดำเนินการให้เป็นไปตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012
3	มีข้อมูลเดิมจากสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ แต่ยังขาดข้อมูลที่ต้องดำเนินการให้เป็นไปตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 50%
4	มีข้อมูลเดิมจากสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ แต่ยังขาดข้อมูลที่ต้องดำเนินการให้เป็นไปตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 80 %
5	มีข้อมูลเดิมจากสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ โดยไม่ต้องปรับปรุง

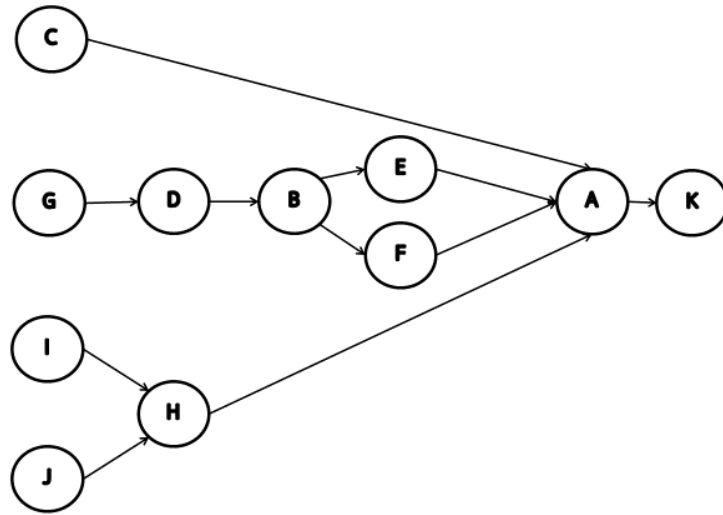
ทฤษฎีมาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert rating scale) ใช้สำหรับแสดงระดับความคิดเห็นในแบบสอบถาม ที่จะมีตัวเลือกให้ผู้ตอบแบบสอบถามตอบตามระดับความคืบหน้า คณะผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์คะแนนการพัฒนา เพื่อใช้วัดความคืบหน้าของการพัฒนาที่ได้คะแนน ตั้งแต่ 1 ถึง 5 คะแนน หากปัจจัยย่อยที่คะแนน 5 คะแนน คือ เอกสารชุดนั้น ๆ ไม่ต้องทำการปรับปรุงใด ๆ เลย เนื่องจากเป็นไปตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 อยู่แล้ว

ภายหลังจากการประเมินในแต่ละปัจจัยย่อยคณะผู้วิจัยได้ทราบว่า ก่อนการพัฒนา มีความพร้อมในการขอเป็นหน่วยรับรองสมรรถนะบุคลากร ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024: 2012 ด้านโลจิสติกส์ ร้อยละ 31.16 และหลังจากการพัฒนา การเตรียมความพร้อม เพิ่มขึ้นเป็น ร้อยละ 72.79 ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ความคืบหน้าของการพัฒนาองค์ประกอบด้านรูปแบบการขอรับรอง

การบริหารโครงการ (Project Management) คือ การเริ่มต้น วางแผน ดำเนินการ ตรวจสอบควบคุม และปิดโครงการ ผ่านทางเครื่องมือ ความรู้ ทรัพยากรและกิจกรรมต่าง ๆ ของคนในองค์กร โดยเป้าหมายคือการบรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการภายในข้อจำกัดตามกระบวนการที่ควรดำเนินการเพื่อให้การพัฒนาดังกล่าวบรรลุเป้าหมาย ซึ่งแต่ละกระบวนการในตารางที่ 2 สามารถนำมาเขียนเป็นโครงข่ายได้ ดังภาพที่ 6 เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจสำหรับการวางแผนในการพัฒนาต่อไป



ภาพที่ 6 โครงข่ายแสดงเส้นทางการดำเนินการ

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการหาแนวทางการพัฒนาคุณภาพตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024:2012 โดยใช้ทฤษฎี แนวปฏิบัติที่ดีในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ศึกษา จึงทราบแนวทางในการพัฒนาด้านรูปแบบการขอรับรองเนื่องจากมีความพร้อมมากที่สุด จากเดิมคิดเป็นร้อยละ 31.16 ทางคณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ แผนตรวจสอบและมาตรฐานวัดลิเคิร์ท ในการวัดความคืบหน้าของการเตรียมความพร้อมหลังจากการพัฒนามีความพร้อมเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 72.79 จึงใช้กราฟเพื่อแสดงความพร้อมระหว่างก่อนการพัฒนาและหลังการพัฒนาเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และใช้ทฤษฎี การบริหารโครงการในการหาเส้นทางที่ควรดำเนินการต่อไป พบว่าแนวทางการพัฒนาคุณภาพตามมาตรฐาน ISO/IEC 17024:2012 ได้เส้นทางที่ควรดำเนินการให้สำเร็จ ดังภาพที่ 6 คือ G-D-B-E-A-K และ G-D-B-F-A-K จะเห็นได้ว่าเส้นทางมีความซับซ้อนและมีหลายขั้นตอน ดังนั้น ทางคณะผู้วิจัยจึงขอเสนอว่าควรดำเนินการตามลำดับ ที่คาดการณ์ไว้ เพื่อพัฒนาปัจจัย ด้านรูปแบบการรับรองให้แล้วเสร็จก่อนปัจจัยด้านอื่น ๆ หากดำเนินการล่าช้า อาจทำให้เป้าหมายไม่ประสบผลสำเร็จตามแผนงานที่กำหนดไว้

เอกสารอ้างอิง

- ชนาธิป ลีนิน. (2563). *รู้จักแนวปฏิบัติที่ดี : Best Practice*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- ทองพันชั่ง พงษ์วารินทร์. (2559). *Easy 7QC Tools ตอนที่ 1 แผ่นตรวจสอบ Check Sheet*. ใอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์.
- ทองพันชั่ง พงษ์วารินทร์. (2559). *Easy 7QC Tools ตอนที่ 2 กราฟ (Graph)*. ใอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์.
- ฤทธิไกร ไชยงาม. (2563). *มาตรวัดแบบลิเคิร์ต (Likert rating scales)*. บริษัท ปิยะวัฒนา จำกัด
- สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติ. (2562). *เขียนแผนสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติเขียนแผน - หน่วยงานส่วนภูมิภาค [เกี่ยวกับหน่วยงาน]*. สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติเขียนแผน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานนานาชาติเขียนแผน. (2562). *กลุ่มงานอาเซียน. กรอบความร่วมมือ Greater Mekong Subregion*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- สถาบันรับรองมาตรฐานไอเอสโอ. (2556). *หลักเกณฑ์และเงื่อนไข การรับรอง IOS/IEC 17024:2012 (พิมพ์ครั้งที่ 4)*. สถาบันรับรองมาตรฐานไอเอสโอ.
- Tiger. (2563). *การบริหารโครงการ คืออะไร? Thai Winner*.

**การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82
เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ**
Customer Satisfaction Survey for Bus Route 82, Bus service Region 5,
Bangkok Mass Transportation Authority

บัณฑิต อัมพันธ์เสน¹ มณิสรา บารมีชัย²

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย¹

สาขาวิศวกรรมโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย²

*Corresponding author: E-Mail: banditampanen@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ในด้านต่างๆ โดยการใช้แบบสอบถามมาตรฐานประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ที่ผู้ศึกษาได้จัดทำขึ้น มีระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 โดยจากการศึกษาพบว่า ผู้ใช้บริการส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับการศึกษาปริญญาตรี ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน และมีรายได้ต่อเดือน 5,001 -10,000 บาท โดยสาเหตุที่เลือกใช้บริการเพราะความประหยัด และความสะอาด โดยกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจมากที่สุด ในส่วนของเครื่องทำความเย็น (ปรับอากาศ) รองลงมาคือ การแต่งกายของพนักงาน การให้บริการของผู้ตรวจตั๋ว ความสะดวกของการใช้บริการ ระยะห่างของป้ายรถเมล์ และ สภาพรถที่ให้บริการ ตามลำดับ และกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจน้อยที่สุด คือ ระยะเวลาในการปล่อยรถโดยสาร โดยกลุ่มตัวอย่างต้องการให้เพิ่มจำนวนรถที่ให้บริการมากขึ้นในเขตการเดินรถที่ 1 ซึ่งเป็นเขตการเดินรถที่ กลุ่มตัวอย่างใช้เป็นจำนวนมาก

คำสำคัญ : ความพึงพอใจ; การบริการ

Abstract

The objective of this research is to study the satisfaction of Bus Route 82 Commuters, Bus service Region 5, Bangkok Mass Transportation Authority by using the questionnaire in in various aspects by using a 5-level rating scale questionnaire developed by the study authors. Have a confidence level of 95 percent. The research results revealed that the satisfaction of Bus Route 82 Commuters is highest for the air condition in the bus, followed by the service of bus driver and the fare collector, the convenience of the service, and the bus condition. On the other hand, the satisfaction of Bus Route 82 Commuters is lowest

for the service frequency due to the inappropriateness of the bus release at the starting station. This leads to the suggestion for the Bangkok Mass Transportation Authority to increase the frequency of the bus by adjusting the bus release schedule as well as adding some supplementary bus to go only the busy part of the route

Keywords: Satisfaction; Service

บทนำ

องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) เป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจประเภทสาธารณูปโภคสังกัดกระทรวงคมนาคม จัดตั้งขึ้นโดย พระราชกฤษฎีกาจัดตั้งองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ พุทธศักราช 2519 (ประกาศใช้เมื่อวันที่ 19 ตุลาคม 2519) มีความรับผิดชอบเกี่ยวกับการให้บริการด้านการคมนาคมขนส่งในการเดินทางของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล เพื่อตอบสนองความต้องการของประชาชน ในการเดินทาง มีความจำเป็นอย่างมากต่อชีวิตประจำวันของประชาชนทั่วไป องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) รถโดยสารประจำทางสาธารณะ เป็นสาธารณูปโภคชนิดหนึ่ง ที่รัฐจัดเป็นบริการแก่ประชาชนผู้มีรายได้น้อย และปานกลางเป็นหลัก การดำเนินงานจึงมุ่งสนองนโยบายรัฐบาล ในการให้ความช่วยเหลือแก่ผู้มีรายได้น้อย โดยไม่หวังผลกำไร การจัดเก็บค่าโดยสาร จึงอยู่ในอัตราที่ต่ำกว่าต้นทุนจริง ตามที่รัฐบาลจะเป็นผู้กำหนดนโยบาย การให้บริการของ ขสมก. มุ่งหมายให้ประชาชนได้รับความสะดวก รวดเร็ว ปลอดภัย และประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของผู้โดยสารเป็นหลัก

เขตการเดินรถที่ 5 ภายใต้การกำกับดูแลขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) มีหน้าที่และความรับผิดชอบหลักในการให้บริการขนส่งสาธารณะในเขตกรุงเทพมหานคร ปริมณฑลย่านฝั่งธนฯ โดยการจัดการเดินรถให้มีความเพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้บริการในแต่ละวัน แต่ความเป็นจริงการจัดการเดินรถยังไม่เป็นที่เพียงพอต่อความต้องการเท่าที่ควร ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของรถไม่เพียงพอ การรอรถนาน รถมาแต่ไม่จอดรับ ทั้งนี้เขตการเดินรถที่ 5 ยังเป็นเขตนำร่องที่ได้นำเทคโนโลยีระบบ GPS (global position system) การบริหาร และการติดตามรถโดยสารแบบทันที (real time) มาช่วยในการบริหารจัดการในด้านการเดินรถในองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) ปัจจุบันเขตการเดินรถที่ 5 ได้ติดตั้งเทคโนโลยีระบบ GPS (global position system) การบริหาร และการติดตามรถโดยสารแบบทันที (real time) ทั้งหมด

ดังนั้นผู้ศึกษาจึงสนใจศึกษาเรื่อง "ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ" เพื่อให้ทราบถึงการบริหารจัดการระบบการเดินรถของสาย 82 และปัญหาอุปสรรคของการบริหารจัดการ รวมไปถึงข้อเสนอแนะ และแนวทางในการแก้ไขปัญหาในระบบการการจัดการการเดินรถ ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ปรับปรุงและพัฒนาสายการเดินรถอื่นๆ ในความรับผิดชอบของเขตการเดินรถที่ 5 อู่อราช

ประชา ที่ยังต้องการพัฒนาระบบบริหารจัดการให้ผู้ให้บริการได้รับความพึงพอใจ ที่ดีและมีประสิทธิภาพต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ในด้านต่างๆ และผู้ศึกษาได้กำหนดพื้นที่เพื่อใช้ในการศึกษาโดยเลือกที่จะศึกษาเฉพาะผู้ใช้บริการโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ เท่านั้น

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ จากจำนวนรถที่ให้บริการทั้งหมดมีจำนวน 33 คัน ใน 1 วันมีผู้ใช้บริการจำนวนที่ไม่แน่นอน จึงทำการเก็บตัวอย่างแบบอย่างง่ายโดยเก็บคันละ 50 ตัวอย่าง ได้ขนาดตัวอย่าง จำนวน 1,650 คน และนำมาคำนวณด้วยสูตรของยามานะ (Yamane, 1973 อ้างอิงจากชัยสิทธิ์ เฉลิมประเสริฐ, 2544, น. 69) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 และระดับความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 จากจำนวนของผู้ใช้บริการรถโดยสารสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน โดยเก็บแบบสอบถามตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2563 จนถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2563

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้วิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ แบบสอบถาม โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลสถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลด้านลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งเป็นลักษณะให้เลือกตอบ (Check List) ประกอบด้วย เพศ อายุ การศึกษา สถานภาพสมรส อาชีพ และรายได้ต่อเดือน

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ เป็นแบบสอบถามมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามแบบของค่า (Likert s Scale) คือมีระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด โดยให้ค่าน้ำหนักดังนี้ (บุญเรียง ขจรศิลป์, 2533, น.64)

- | | |
|---------|---|
| ระดับ 5 | หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด |
| ระดับ 4 | หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก |
| ระดับ 3 | หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง |
| ระดับ 2 | หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย |
| ระดับ 1 | หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด |

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสำรวจครั้งนี้ได้ให้ผู้ช่วยวิจัย จำนวน 2 คนมาเป็นผู้ช่วยแจกแบบสอบถามโดยผู้วิจัยได้อธิบายถึงขั้นตอน และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลอีกทั้งก่อนการเก็บแบบสอบถามทางผู้วิจัยได้อบรมรายละเอียดและวัตถุประสงค์ของแบบสอบถามให้กับผู้ช่วยในการเก็บแบบสอบถามทั้ง 2 ท่าน พร้อมทั้งให้ผู้ช่วยทั้ง 2 แจกแบบสอบถามให้แก่ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ แล้วเก็บแบบสอบถามทันทีที่กลุ่มตัวอย่างตอบคำถามเสร็จสิ้นแล้ว

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าสถิติพื้นฐานประกอบด้วย ค่าร้อยละ (%) ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
2. สรุประดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ในภาพรวม โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยดังนี้ (บุญเรียง ขจรศิลป์, 2533, น.66)

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00	หมายถึง	มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49	หมายถึง	มีระดับความพึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49	หมายถึง	มีระดับความพึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49	หมายถึง	มีระดับความพึงพอใจน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49	หมายถึง	มีระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

3. เปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ในภาพรวม จำแนกตาม เพศ โดยใช้การทดสอบ t-test ชนิดกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระจากกัน (Independent Sampies)

4. เปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ในภาพรวม จำแนกตาม อายุ การศึกษา สถานภาพสมรส อาชีพ และรายได้ต่อเดือน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว F-test (One Way ANOVA)

5. เปรียบเทียบปัจจัยพฤติกรรมเกี่ยวกับการเดินทางของผู้ใช้บริการโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ในภาพรวม จำแนกตาม วัตถุประสงค์ในการใช้บริการ ความถี่ในการใช้บริการ ช่วงเวลาในการใช้บริการ และระยะเวลาในการใช้บริการ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว F-test (One Way ANOVA)

ผลการทดลองและอภิปราย

1. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ สามารถสรุปได้ดังนี้

เพศชาย จำนวน 182 คน คิดเป็นร้อยละ 45.50 เพศหญิง จำนวน 218 คน คิดเป็นร้อยละ 54.50 อายุต่ำกว่า 20 ปี จำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 19.00 มีอายุ 20-30 ปี จำนวน 105 คน คิดเป็นร้อยละ 26.25 มีอายุ 31-40 ปี จำนวน 103 คน คิดเป็นร้อยละ 25.75 มีอายุ 41-50 ปี จำนวน 56 คน คิดเป็นร้อยละ 14.00 มีอายุมากกว่า 50 ปี จำนวน 60 คน คิดเป็นร้อยละ 15.00 การศึกษาระดับประถมศึกษา จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 7.00 มัธยมศึกษา จำนวน 50 คิดเป็นร้อยละ 12.50 มัธยมปลาย/ปวช. จำนวน 150 คน คิดเป็นร้อยละ 37.50 อนุปริญญา/ปวส. จำนวน 108 คน คิดเป็นร้อยละ 27.00 ปริญญาตรี จำนวน 60 คน คิดเป็นร้อยละ 15.00 ปริญญาโท จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 1.00 สถานภาพโสด จำนวน 182 คน คิดเป็นร้อยละ 45.50 สมรส จำนวน 209 คน คิดเป็นร้อยละ 52.25 แยกกันอยู่ จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 2.25 อาชีพ ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 5.50 พนักงานเอกชน จำนวน 109 คน คิดเป็นร้อยละ 27.25 นักเรียน/นักศึกษา จำนวน 188 คน คิดเป็นร้อยละ 47.00 ค่าขาย จำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 20.25 รายได้ต่ำกว่า 5,000 บาท จำนวน 74 คน คิดเป็นร้อยละ 18.50 รายได้ 5,001-10,000 บาท จำนวน 66 คน คิดเป็นร้อยละ 16.50 รายได้ 10,001-15,000 บาท จำนวน 220 คน คิดเป็นร้อยละ 55.00 รายได้ มากกว่า 20,000 บาท จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 10.00

2. เปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ

การเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำแนกตามเพศ ผลการวิจัยพบว่า โดยภาพรวมมีความพึงพอใจแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อยู่ 3 ข้อ ได้แก่ ข้อ 8 มารยาทการให้บริการของ พกส. ($t = 1.981$) ข้อ 10 ผู้ให้บริการแต่งกายสุภาพและมีบุคลิกภาพดี ($t = 0.209$) และข้อ 12 มั่นใจในความปลอดภัยและในการเดินทาง ($t = 2.694$) นอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ทุกข้อ

ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำแนกตามอายุ ผลการวิจัยพบว่า ในภาพรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำแนกตามการศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ในภาพรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำแนกตามสถานภาพสมรส ผลการวิจัยพบว่า ในภาพรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำแนกตามอาชีพ ผลการวิจัยพบว่า ในภาพรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำแนกตามรายได้ ผลการวิจัยพบว่า ในภาพรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษา ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ สามารถอภิปรายได้ดังนี้

ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำแนกตามเพศ ผลการวิจัยพบว่า โดยภาพรวมมีความพึงพอใจแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาย 82 เขตการเดินรถที่ 5 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำแนกตามอายุ ผลการวิจัยพบว่า ในภาพรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำแนกตามการศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ในภาพรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำแนกตามสถานภาพสมรส ผลการวิจัยพบว่า ในภาพรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำแนกตามอาชีพ ผลการวิจัยพบว่า ในภาพรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำแนกตามรายได้ ผลการวิจัยพบว่า ในภาพรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่าความพึงพอใจของแต่ละคนมีไม่เท่าเทียมกัน บางคนอาจมีความต้องการในการได้รับบริการที่คาดหวังไว้สูง ในขณะที่บางคนไม่คาดหวังอะไรมากมาย ซึ่งการให้บริการที่จะทำให้เกิดความพึงพอใจแก่ผู้ใช้บริการ ผู้ให้บริการต้องมีจิตสำนึกและตระหนักถึงการบริการที่ดีและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการบริการที่ดีและมีประสิทธิภาพจะต้องได้รับการอบรมฝึกฝนมาเป็นอย่างดี และควรรักษามาตรฐานการบริการที่ดีไว้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ อรรถนพ และคณะ (2548, น.27 อ้างอิงจาก มาริษา ไกรฐ, 2552, น. 27) ทำการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถ ขสมก. ในเขตกรุงเทพมหานคร จากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้บริการรถ ขสมก. ในเขตกรุงเทพมหานครโดยใช้แบบสอบถามจำนวน 400 ชุด และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ผลการวิจัย พบว่า ลักษณะทั่วไปของ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้บริการรถ ขสมก. ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงอยู่ในช่วงอายุ 20 -25 ปี มีสถานภาพโสด ระดับการศึกษาปริญญาตรี ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน และมีรายได้ต่อเดือน 5,001 -10,000 บาท พฤติกรรมการใช้บริการรถโดยสาร ขสมก. มีความสมเหตุสมผล โดยสาเหตุที่เลือกใช้บริการ เพราะความประหยัด และความสะอาด ส่วนปัจจัยที่กลุ่มตัวอย่างคำนึงถึงในการใช้บริการ คือ ความสะดวก ราคา ความรวดเร็วและ สภาพรถ กลุ่มตัวอย่างเสียค่าบริการรถโดยสาร 30 บาท/วัน ส่วนระยะเวลาในการปล่อยรถควรปล่อยรถ 10 นาที/ 2 คัน และกลุ่มตัวอย่างต้องการให้เพิ่มจำนวนรถที่ให้บริการมากขึ้นในเขตการเดินรถที่ 1 ซึ่งเป็นเขตการเดินรถที่ กลุ่มตัวอย่างใช้เป็นจำนวนมาก การให้บริการของรถ ขสมก. โดยรวมกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง เครื่องทำความเย็น (ปรับอากาศ) สร้างความพึงพอใจได้มากที่สุด รองลงมาคือ การแต่งกายของพนักงาน การให้บริการของผู้ตรวจตั๋ว ความสะดวกของการใช้บริการ ระยะห่างของป้ายรถเมล์ สภาพรถที่ให้บริการ ภาพจน์ขององค์การ ขสมก. ความสะดวกบนรถ อัตราค่าโดยสาร การติดป้ายโฆษณา บนรถโดยสาร เครื่อง อำนวยความสะดวกแก่คนพิการ การจอดรถไม่ตรงป้าย สภาพรถเมล์ การให้บริการของพนักงานเก็บค่าโดยสาร จำนวนรถที่ให้บริการแต่ละสาย และการขับรถของพนักงาน ตามลำดับ และกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจน้อยที่สุด คือ

ระยะเวลาในการปล่อยรถโดยสาร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ลินจง และคณะ (2549, น. 32 อ้างอิงจาก ธีรยสิทธิ์ ปานกลาง, 2552, น.27) ทำการศึกษาทัศนคติและความพึงพอใจในการใช้บริการรถขนส่งมวลชน กรุงเทพฯ (ขสมก.) ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทาง โดยใช้แบบสอบถามจำนวน 380 ชุด นำมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน T-test และ F-test ซึ่งการทดสอบ ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 และนำมาประมวลผลโดยโปรแกรมสำเร็จรูป ผลการวิจัยพบว่า ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้บริการรถ ขสมก. ส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 25-31 ปี ระดับการศึกษาปริญญาตรี ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพพนักงานบริษัท มีรายได้ต่อเดือน 6,001 – 9,000 และ 9,001-12,000 บาท ผู้ใช้บริการส่วนใหญ่ใช้บริการรถโดยสารประจำทาง 5-6 วัน/สัปดาห์ เพราะอยู่ ใกล้ที่ทำงาน/โรงเรียน/บ้าน ค่าใช้จ่ายในการเดินทางเฉลี่ยครั้งละ 16 บาท ทัศนคติต่อการใช้บริการรถ ขสมก. อยู่ ในระดับปานกลางและ ผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจในการเพิ่มเส้นทางการเดินรถมากที่สุด และสอดคล้องกับ ปพิชญา แทนประสาน (2557) ศึกษาการตัดสินใจใช้บริการรถตู้สาธารณะของผู้โดยสาร ทำรถตู้สายอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีพึงพอใจในการใช้บริการรถตู้สาธารณะ ด้านวัตถุประสงค์หลักในการเลือกใช้บริการเพื่อไปทำงาน ด้านเหตุผลในการเลือกใช้บริการ เพราะความรวดเร็ว ด้านความถี่โดยเฉลี่ยในการเลือกใช้บริการไม่แน่นอน ด้านวันที่เลือกใช้บริการ 32 ระหว่างวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ด้านงบประมาณที่ใช้บริการระหว่าง 41-50 บาทต่อครั้ง ด้านช่วงเวลา ที่เลือกใช้บริการระหว่างเช้าและสาย และด้านระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่รอใช้บริการระหว่าง 6-10 นาที โดยกลุ่มตัวอย่าง มีความคิดเห็นเกี่ยวกับส่วนประสมทางการตลาดบริการในด้านต่างๆ และการ ตัดสินใจใช้บริการรถตู้สาธารณะที่ทำ รถตู้สายอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลที่ แตกต่างกันส่วนใหญ่และพฤติกรรมการใช้บริการ รถตู้สาธารณะที่แตกต่างกันส่วนใหญ่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้ บริการรถตู้สาธารณะของผู้โดยสารที่ ทำรถตู้สายอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิแตกต่างกัน โดยส่วนประสมทางการตลาด บริการของรถตู้สาธารณะ ทุกด้านมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจใช้บริการรถตู้สาธารณะของผู้โดยสารที่ทำรถตู้สาย อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ข้อเสนอแนะ

1. ควรกำหนดนโยบายการให้บริการให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บริการ โดยจัดรถโดยสารประจำทางให้เพียงพอและเหมาะสม
2. ควรมีการปรับเปลี่ยนตารางการปล่อยรถให้มีจำนวนมากขึ้นในช่วงเวลาเร่งด่วน และจัดให้มีรถเสริมเพื่อทำการวิ่งในบางช่วงของเส้นทางที่มีผู้โดยสารจำนวนมากในช่วงเวลาเร่งด่วน
3. ควรดำเนินการด้านนโยบายในการจัดเก็บค่าโดยสารอย่างเป็นธรรมและมีมาตรฐาน
4. ด้านผู้ให้บริการ ควรมีนโยบายในด้านการแต่งกายของพนักงานให้มีความสุภาพเรียบร้อย นโยบายการฝึกอบรมพนักงานอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระเรื่องนี้ สำเร็จได้ด้วยความสามารถจากรองศาสตราจารย์ ดร. มณีสรา บารมีชัย อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษา ค้นคว้าอิสระ ที่ได้ให้ความกรุณาแนะนำ ช่วยเหลือ ตรวจสอบและแก้ไขเนื้อหา ตลอดจน ให้กำลังใจ และเอาใจใส่อย่างดียิ่งตลอดมา ในการทำการศึกษาค้นคว้าอิสระ หัวข้อ กลยุทธ์เพิ่มประสิทธิภาพของการจำหน่ายตั๋วด้วยระบบจอง ตั๋วออนไลน์ ให้กรอบแนวคิดที่ทันสมัยในการต่อยอดการศึกษาวิจัย เพื่อให้เกิดความคิดในการพัฒนา ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ด้วยความเคารพอย่างสูง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา กาญจนสุนทร ประธานกรรมการ และรองศาสตราจารย์ ดร.สถาพร อมรสวัสดิ์วัฒนา กรรมการสอบ ด้วยความเคารพอย่างสูง ที่ได้ให้ความกรุณาแนะนำ ให้ความรู้ แนวคิด เพิ่มพูนความรู้ และต่อยอดการพัฒนาที่ทันสมัยตลอดจนช่วยส่งเสริม ผลักดัน ให้ความช่วยเหลือตลอดเวลาที่ศึกษาอยู่ และให้กำลังใจ ส่งผลให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ตลอดจน อาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน คณะบริหารโลจิสติกส์ ผลการวิจัยนำมาปรับใช้ในการทำงานและได้รับการชื่นชมจาก ผู้บังคับบัญชา

เอกสารอ้างอิง

- ชัยสิทธิ์ เฉลิมมีประเสริฐ. (2544). *สถิติเพื่อนักบริหาร*. ฉีระฟิล์มและไซเท็กซ์.
- ธีรยศ ปานกลาง. (2552). *ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการใช้รถโดยสารประจำทาง ภายใต้การกำกับดูแลขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) ในกรุงเทพมหานคร*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุญเรียง ขจรศิลป์. (2533). *วิธีการวิจัยทางการศึกษา*. พิสิษฐ์เซ็นเตอร์การพิมพ์.
- ปพิชญา แทนประสาน. (2557). *การตัดสินใจใช้บริการรถตู้สาธารณะของผู้โดยสาร ท่ารถตู้สาย อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ* [การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยรังสิต.
- มาริษา ไกรงู. (2550). *ความพึงพอใจของผู้โดยสารต่อการใช้บริการรถตู้โดยสารปรับอากาศประจำเส้นทางกรณีศึกษา: สายกรุงเทพ – เพชรบุรี (หมายเลขเส้นทางเดินรถ 73)* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

การลดระยะทางและต้นทุนการขนส่งนมโรงเรียนของสหกรณ์โคนม

Distance and cost reduction of school milk transportation of dairy cooperatives

นลินี นิมพงษ์^{1*} วรกฤต ช่างจัตุรัส² ศิวตล กัญญาคำ³

สาขาเศรษฐศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม¹

สาขาวิศวกรรมการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม^{2,3}

*Corresponding author: E-mail: hellosom76@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการลดระยะทางและต้นทุนการขนส่งนมโรงเรียนของสหกรณ์โคนมกรณีศึกษา ในปัจจุบันการจัดการเส้นทางการขนส่งใช้การตัดสินใจและประสบการณ์ของหัวหน้างานในการดำเนินการ จึงทำให้การจัดเส้นทางขาดประสิทธิภาพ ส่งผลให้เกิดระยะทางและต้นทุนการขนส่งที่สูงเกินไป งานวิจัยนี้จึงได้เสนอวิธีการจัดการการขนส่งในรูปแบบใหม่เพื่อลดระยะทางและต้นทุนในการขนส่งลง โดยการลดจำนวนรถบรรทุกและวางแผนเส้นทางการขนส่งโดยใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์และโปรแกรม LINGO จากนั้นทำการเปรียบเทียบระยะทางและต้นทุนของการขนส่งรูปแบบปัจจุบันกับรูปแบบที่นำเสนอ

ผลการวิจัยพบว่า การจัดเส้นทางการขนส่งรูปแบบเดิมของบริษัทกรณีศึกษามีระยะทางรวม 4,802.20 กิโลเมตรต่อเดือน และต้นทุนการขนส่งรวม 56,891.14 บาทต่อเดือน เมื่อใช้วิธีการจัดการการขนส่งรูปแบบใหม่ที่นำเสนอมีระยะทางรวม 3,029.00 กิโลเมตรต่อเดือน และต้นทุนรวม 30,849.20 บาทต่อเดือน จึงสามารถสรุปได้ว่า การขนส่งรูปแบบใหม่ที่นำเสนอ สามารถลดระยะทางได้ 1,773.20 กิโลเมตรต่อเดือน (ร้อยละ 36.92) และลดต้นทุนการขนส่งลง 26,041.94 บาทต่อเดือน (ร้อยละ 45.57) ตามลำดับ

คำสำคัญ : ต้นทุนการขนส่ง; การจัดเส้นทาง; สหกรณ์โคนม; ลิงค็อก

Abstract

This research aimed to reduce the distance and transportation cost of school milk dairy cooperative transportation. Recently, routing management managed by using decision and the experience of a supervisor. Thus, routings are inefficient and provide over transportation cost. This research presents a new routing model intended to reduce distance and cost of transportation. Reducing of truck number and mathematical model and LINGO are applied to solve this problem. Then, total distance and total cost transportation of exist and present routing model are compared.

Results shown that total distance and total transportation cost of exist model are 4,802.20 km/month and 5,891.1 baht/month. While total distance and total transportation cost of present model are 3,029.00 km/month and 30,849.20 baht/month. It can be concluded that present

model reduces total distance and total transportation cost of 1,773.20 km/month (36.92 %) and 26,041.94 baht/month (45.57 %) respectively.

Keywords: Transportation cost; Routing; Dairy cooperative; LINGO

บทนำ

การเลี้ยงโคนมเพื่อนำนมมาบริโภคในประเทศไทยได้เริ่มดำเนินการมาเป็นเวลานาน ดำเนินการภายใต้ องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย มีฐานะเป็นรัฐวิสาหกิจ สังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สหกรณ์ ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อ จำกัด จัดตั้งเป็นสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมโคกก่อ จำกัด มีการดำเนินธุรกิจแบบครบวงจร คือ การบริหารจัดการด้านเลี้ยงโคนม การจัดการอาหาร โคนมและปัจจัยการผลิต การบริหารจัดการด้านน้ำนมดิบ มาตรฐาน GMP โดยสหกรณ์มีศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ จำนวน 2 แห่ง การบริหารจัดการปลายทางของสหกรณ์โคนม คือ การแปรรูปผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ ซึ่งมีการจำหน่ายไปยังโครงการอาหารเสริม (นม) โรงเรียนในเขต จังหวัดมหาสารคาม จำนวนวันละ 50,000 ถูต่อวัน ซึ่งสหกรณ์ทำการจัดส่งไปตามโรงเรียนโดยตรงหรือทำการจัดส่งไปยังตัวแทนจำหน่ายที่อยู่ตามอำเภอต่าง ๆ ในจังหวัดมหาสารคาม

ปัจจุบันการจัดการขนส่งนมจากโรงงานผลิตของสหกรณ์โคนมยังไม่ได้มีการรูปแบบและเส้นทางขนส่ง อย่างเป็นระบบ โดยจะให้ประสบการณ์ของพนักงานขับรถในการเลือกเส้นทางขนส่ง อีกทั้งยังไม่ได้มีการ วิเคราะห์ต้นทุนในการขนส่งที่เกิดขึ้น ทำให้โรงงานไม่สามารถทำการปรับปรุงเพื่อลดต้นทุนการขนส่งได้อย่างเป็น รูปธรรม ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรูปแบบและเส้นทางของการขนส่งที่เหมาะสม รวมถึงหา ต้นทุนการขนส่งที่แท้จริงเพื่อทำการปรับปรุงและลดต้นทุนการขนส่งให้ต่ำลง โดยใช้การแก้ปัญหาการจัดเส้นทาง การขนส่ง (Transportation problem) และหาคำตอบด้วยใช้โปรแกรม LINGO

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้โปรแกรม LINGO (อกนิษฐ์และศิริวดี, 2562) ในการคำนวณหาเส้นทางการเดินทางที่สั้นที่สุด และวิเคราะห์ต้นทุนการขนส่งนมโรงเรียนของสหกรณ์โคนม โดยมีขั้นตอนการวิจัยคือ การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis) การเขียนโปรแกรม (Program Coding) การทดสอบและแก้ไขโปรแกรม (Program Testing & Verification) การปรับปรุงและพัฒนาโปรแกรม (Program Maintenance) และจัดทำเส้นทาง โปรแกรมวางแผนการขนส่ง (วันพิชิตและวีรพัฒน์, 2563)

การขนส่งปัจจุบันของสหกรณ์ใช้รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวน 2 คัน โดยรถแต่ละคัน จะขนส่งวันละ 1 รอบ โดยรถแต่ละคันจะมีพนักงานที่ทำการขนส่ง 1 คน ทำให้การขนส่งมีต้นทุนที่สูง จึงทำการรวมเส้นทางของการขนส่ง ของรถบรรทุกทั้ง 2 คัน เข้าด้วยกัน และใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์หาเส้นทางของการขนส่งที่สั้นที่สุด ปัญหา การขนส่งดังกล่าวเป็นรูปแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) (ศิว พรและ ธาริณี, 2562) ซึ่งมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$i, j = \text{ลูกค้ารายที่ } i \text{ หรือ } j, i, j = 1, \dots, k$$

พารามิเตอร์

C_{ij} = ต้นทุนในการเดินทางจากลูกค้า i ไปลูกค้า j

k = จำนวนลูกค้า

S = จำนวนลูกค้าที่อยู่ในเส้นทาง

V = จำนวนลูกค้าทั้งหมด

ตัวแปรตัดสินใจ

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อมีการเดินทางจาก } i \text{ ไป } j \\ 0 & \text{เมื่อไม่มีการเดินทางจาก } i \text{ ไป } j \end{cases}$$

สมการเป้าหมาย

$$\sum_{i \neq j} C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

สมการขอบข่าย

$$\sum_{j=1}^k X_{ij} = 1 \quad \forall i = 1 \dots k \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^k X_{ij} = 1 \quad j = 1 \dots k \quad (3)$$

$$\sum_{i,j \in S} X_{ij} \leq |S| - 1 \quad S \subset V, 2 \leq |S| \leq k - 2 \quad (4)$$

สมการที่ (1) ต้นทุนการเดินทางจากเมือง i ไปเมือง j สมการที่ (2) การเดินทางออกจากเมือง i ใดๆ ต้องมีค่าเท่ากับ 1 (เมืองใดเมืองหนึ่งเดินทางออกได้เพียงครั้งเดียว) ในขณะที่ (3) มีการเดินทางเข้าเมือง i ได้เพียงครั้งเดียว (4) เป็นสมการป้องกันการเกิดการเดินทางย่อย (sub-tour)

จากนั้นคำนวณหาต้นทุนการจัดส่งนมในปัจจุบัน เพื่อใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบกับต้นทุนการขนส่งหลังปรับปรุง (นวรรณ, 2561)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

โครงสร้างต้นทุนในการขนส่งแบบเดิมประกอบด้วยต้นทุนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) เป็นต้นทุนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณการขนส่ง นิยามและการคำนวณต้นทุนคงที่ของการขนส่งแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 นิยามต้นทุนคงที่และการคำนวณ

ทรัพยากร	คำอธิบาย	การคำนวณต้นทุนคงที่ต่อเดือน
ค่าแรง	พนักงานรับค่าแรงเป็นรายวัน	วันทำงาน 26 วัน ค่าแรง 300 บาท/วัน
ค่าภาษี(รถบรรทุก 6 ล้อ)	ตาม พรบ. การขนส่งทางบก พ.ศ.2522	ค่าภาษี/12
ค่าเสื่อมราคา	ค่าเสื่อมราคา (รถมีราคาครอบครอง = 1,310,000 บาท)	ค่าเสื่อมราคาต่อเดือน = (ราคาครอบครอง/อุปกรณ์การใช้งาน)/12

ตารางที่ 2 ต้นทุนคงที่ของการขนส่งแบบเดิม

รายการต้นทุนคงที่	จำนวนที่ใช้	ต้นทุนคงที่ต่อหน่วย (บาท)	ต้นทุนคงที่ต่อเดือน (บาท)
ค่าแรง	2 คน	300.00	15,600.00
ค่าภาษี (รถบรรทุก 6 ล้อ)	2 คัน	537.50	1,075.00
ค่าเสื่อมราคา	2 คัน	10,916.67	21,833.34
ต้นทุนคงที่ต่อเดือน			38,508.34

ต้นทุนผันแปร (Variable cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่มีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณการขนส่ง ต้นทุนผันแปร เช่น ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมแซม ค่าน้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น ซึ่งจะคำนวณต้นทุนผันแปรของรถ ทั้ง 2 คัน

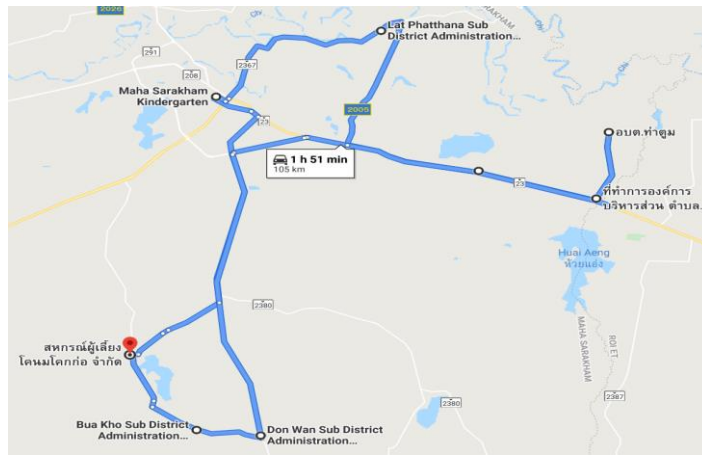
ตารางที่ 3 นิยามของทรัพยากรด้านต้นทุนผันแปรและการคำนวณ

ทรัพยากร	คำอธิบาย	การคำนวณต้นทุนผันแปรต่อเดือน
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	คิดอัตราการสิ้นเปลือง น้ำมัน เชื้อเพลิง 5 กม./ลิตร	$[(\text{ระยะทาง} \times \text{ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง}) \div \text{อัตราการสิ้นเปลือง}] \times \text{จ.น.วันทำงาน}$

ตารางที่ 4 ต้นทุนผันแปรในการขนส่งของรถคันที่ 1

การขนส่ง	ระยะทางต่อวัน (กม.)	ต้นทุนผันแปรต่อเดือน (บาท)
สทภรณ์-->อนุบาลมหาสารคาม	20.40	2,030.37
อนุบาลมหาสารคาม-->อบต.ลาดพัฒนา	10.80	1,074.90
อบต.ลาดพัฒนา-->อบต.เขวา	15.40	1,532.73
อบต.เขวา-->อบต.ท่าตูม	9.90	985.33
อบต.ท่าตูม-->อบต.ห้วยแอ่ง	4.10	408.06
อบต.ห้วยแอ่ง-->อบต.ดอนหว้าน	31.00	3,085.37
อบต.ดอนหว้าน-->อบต.บัวค้อ	3.40	338.39
อบต.บัวค้อ-->สทภรณ์	9.00	895.75
รวม	104.00	10,350.90

เส้นทางรถขนส่งของรถคันที่ 1 แสดงดังภาพที่ 1

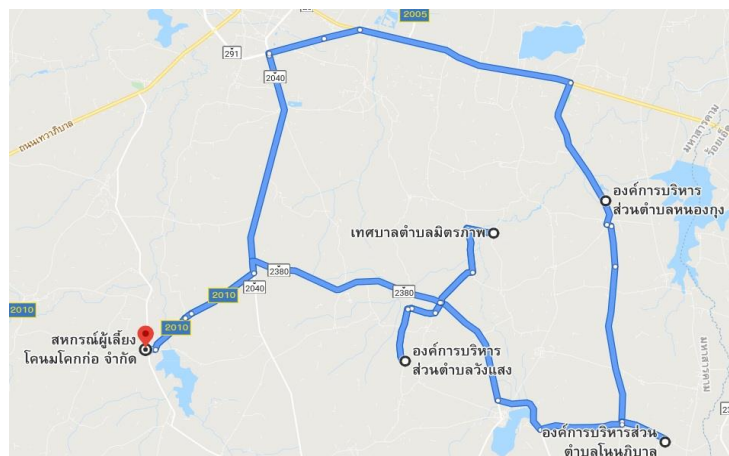


ภาพที่ 1 เส้นทางรถขนส่งของรถคันที่ 1

ตารางที่ 5 ต้นทุนผันแปรในการขนส่งของรถคันที่ 2

เส้นทางรถขนส่ง	ระยะทางต่อวัน(กม.)	ต้นทุนผันแปรต่อเดือน (บาท)
สหกรณ์-->อบต. หนองกง	26.90	2,677.30
อบต. หนองกง-->อบต. โนนภิบาล	11.10	1,104.76
อบต. โนนภิบาล-->อบต. วังแสง	16.00	1,592.45
อบต. วังแสง-->อบต. มิตรภาพ	8.40	836.03
อบต. มิตรภาพ-->สหกรณ์	18.30	1,821.36
รวม	80.70	8,031.90

เส้นทางรถขนส่งของรถคันที่ 2 แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เส้นทางรถขนส่งของรถคันที่ 2

ตารางที่ 6 ต้นทุนรวมของการขนส่งนมโรงเรียนแบบเดิม

ทรัพย์สิน	ต้นทุนต่อเดือน (บาท)
ค่าแรง	15,600.00
ค่าภาษี	1,075.00
รถบรรทุก 6 ล้อ	21,833.34
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงรถคันที่ 1	10,350.90
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงรถคันที่ 2	8,031.90
ต้นทุนรวม	56,891.14

ในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งโดยนำสมการทางคณิตศาสตร์ สมการที่ (1) ถึง (4) ไปเขียนโปรแกรมเชิงเส้นตรงและจัดเส้นทางการขนส่งใหม่ในโปรแกรม LINGO ซึ่งรายละเอียดของโปรแกรมแสดงดังต่อไปนี้
ปัญหาการวางแผนการขนส่ง Traveling Salesman Problem

MODEL:

SETS:

CITY / 1.. 12/: U;

LINK(CITY, CITY):

DIST,

X;

ENDSETS

DATA:

DIST = 0

ENDDATA

N = @SIZE(CITY);

MIN = @SUM(LINK: DIST * X);

@FOR(CITY(K):

@SUM(CITY(I)| I #NE# K: X(I, K) = 1;

@SUM(CITY(J)| J #NE# K: X(K, J) = 1;

@FOR(CITY(J)| J #GT# 1 #AND# J #NE# K:

$U(J) \geq U(K) + X(K, J) - (N - 2) * (1 - X(K, J)) + (N - 3) * X(J, K) \quad)$;

@FOR(LINK: @BIN(X));

@FOR(CITY(K)| K #GT# 1:

$U(K) \leq N - 1 - (N - 2) * X(1, K);$

$U(K) \geq 1 + (N - 2) * X(K, 1);$

END

หลังปรับปรุงการวางแผนเส้นทางขนส่งด้วยโปรแกรม LINGO มีต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร แสดงดังตารางที่ 7 และ 8 สำหรับต้นทุนรวมของวิธีที่ปรับปรุงแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 7 ต้นทุนคงที่ของวิธีที่ปรับปรุง

ทรัพยากร	จำนวนที่ใช้	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ต้นทุนคงที่ต่อเดือน (บาท)
ค่าแรง	1 คน	300.00	7,800.00
ค่าภาษี	1 คัน	537.50	537.50
รถบรรทุก 6 ล้อ	1 คัน	10,916.67	10,916.67
ต้นทุนคงที่ต่อเดือน			19,254.17

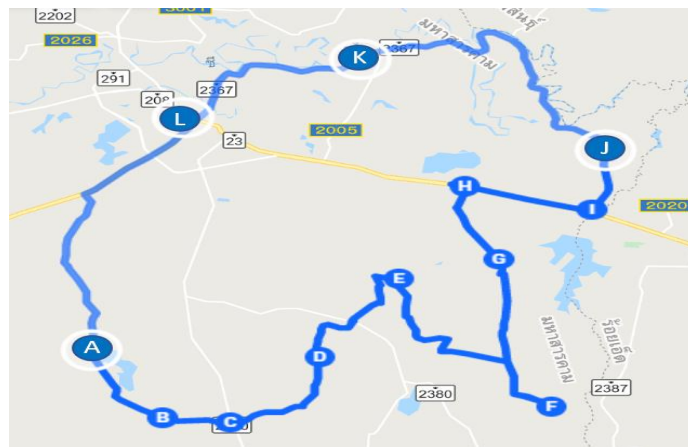
ตารางที่ 8 ต้นทุนผันแปรของวิธีที่ปรับปรุง

การขนส่ง	ระยะทาง (กม.)	ต้นทุนผันแปรต่อเดือน (บาท)
สหกรณ์-->อบต.บัวค้อ	5.90	587.22
อบต.บัวค้อ-->อบต. ดอนหว้าน	7.00	696.70
อบต. ดอนหว้าน-->อบต. วังแสง	6.90	686.74
อบต. วังแสง-->อบต.มิตรภาพ	8.40	836.04
อบต.มิตรภาพ-->อบต. โนนภิบาล	13.40	1,333.68
อบต. โนนภิบาล-->อบต. หนองกุ้ง	11.00	1,094.81
อบต. หนองกุ้ง-->อบต. เขวา	6.70	666.84
อบต. เขวา-->อบต. ห้วยแอ่ง	5.80	577.26
อบต. ห้วยแอ่ง-->อบต. ท่าตูม	4.10	408.06
อบต. ท่าตูม-->อบต. ลาดพัฒนา	18.10	1,801.46
อบต. ลาดพัฒนา-->อนุบาลมหาสารคาม	10.80	1,074.90
อนุบาลมหาสารคาม-->สหกรณ์	18.40	1,831.32
รวม	116.50	11,595.03

ตารางที่ 9 ต้นทุนรวมในการขนส่งของวิธีที่ปรับปรุง

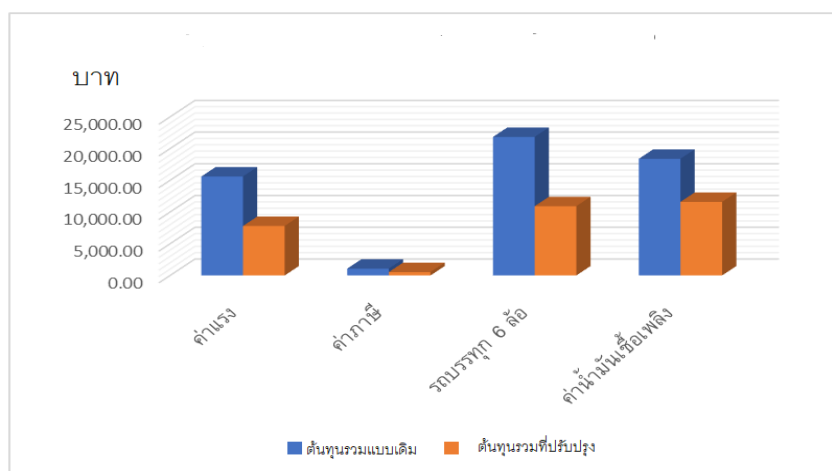
ทรัพยากร	ต้นทุนต่อเดือน (บาท)
ค่าแรง	7,800.00
ค่าภาษี	537.50
รถบรรทุก 6 ล้อ	10,916.67
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	11,595.03
รวม	30,849.20

เส้นทางकरणขนส่งหลังปรับปรุงแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 เส้นทางकरणขนส่งหลังปรับปรุง

เมื่อนำต้นทุนรวมของวิธีเดิมและวิธีที่ปรับปรุงมาเปรียบเทียบกันแยกตามทรัพยากรที่ใช้แสดงดังภาพที่ 4 และเมื่อเปรียบเทียบการลดลงของต้นทุนของแต่ละทรัพยากรเป็นร้อยละแสดงดังตารางที่ 10



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบต้นทุนकरणขนส่งรวมแบบเดิมกับแบบที่ปรับปรุง

ตารางที่ 10 แสดงเปรียบเทียบต้นทุนที่ลดลงของแต่ละทรัพยากรเป็นร้อยละ

ทรัพยากร	ต้นทุนแบบเดิม (บาท/เดือน)	ต้นทุนที่ปรับปรุง (บาท/เดือน)	ลดลง (บาท/เดือน)	คิดเป็นร้อยละ
ค่าแรง	15,600.00	7,800.00	7,800.00	50
ค่าภาษี	1,075.00	537.50	537.50	50
รถบรรทุก 6 ล้อ	21,833.34	10,916.67	10,916.67	50
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	18,382.80	11,595.03	6,787.77	37
รวม	56,891.14	30,849.20	26,041.94	46

จากตารางที่ 10 จะเห็นได้ว่าวิธีการที่ปรับปรุงสามารถลดการใช้ทรัพยากรค่าแรงได้ร้อยละ 50 ลดค่า
ภาษีได้ร้อยละ 50 ลดค่าเสื่อมราคารถบรรทุก 6 ล้อได้ร้อยละ 50 และลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงได้ร้อยละ 37
ตามลำดับ

สรุปผลและเสนอแนะ

การจัดเส้นทางรูปแบบเดิมของสหกรณ์โคนมโคกก่อ จำกัด มีระยะทางรวมเท่ากับ 4,802.20 กิโลเมตร
ต่อเดือน และมีต้นทุนรวม 56,891.14 บาทต่อเดือน เมื่อใช้วิธีการจัดเส้นทางการขนส่งด้วยแบบจำลองทาง
คณิตศาสตร์และโปรแกรม LINGO มีระยะทางรวมเท่ากับ 3,029.00 กิโลเมตรต่อเดือน และมีต้นทุนรวม
30,849.20 บาทต่อเดือน ซึ่งวิธีการที่ปรับปรุงสามารถลดระยะทางได้ 1,773.20 กิโลเมตรต่อเดือน หรือสามารถ
ลดต้นทุนรวมได้เท่ากับ 26,041.94 บาทต่อเดือน หรือคิดเป็นร้อยละ 45.57 หากคิดเป็นต้นทุนในการขนส่งที่
ลดลงได้จะเท่ากับ 312,503.28 บาทต่อปี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสหกรณ์โคนมโคกก่อ จำกัด ที่อนุเคราะห์ข้อมูลในการทำงานวิจัยครั้งนี้ และขอบคุณสาขา
วิศวกรรมการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- นวรรณ สืบสายลา. (2561). *การจัดเส้นทางการขนส่งปุ๋ยเคมีชีวภาพโดยใช้ตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายและปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง กรณีศึกษาบริษัท ABC*. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ (Proceedings) ราชภัฏเลยวิชาการ ประจำปี 2561 "การบูรณาการภูมิปัญญาสู่นวัตกรรมและการพัฒนาอย่างยั่งยืน" (หน้า 1307-1313).
- วันพิชิต เบ็งจิ้น และวีรพัฒน์ เศรษฐ์สมบุญ. (2563). การกำหนดทำเลที่ตั้งจุดรับซื้อมันสำปะหลังและการวางแผนเส้นทางขนส่งใหม่ กรณีศึกษา: ตำบลผาสุก อำเภอวังสามหมอ จังหวัดอุดรธานี. *The 7th NEU National Conference 2020 (NEUNC 2020)* (หน้า 1112-1123). North Eastern University.
- ศิวพร สุกสี และธารณี มีเจริญ. (2562). การลดต้นทุนการขนส่งโดยการประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทาง การเดินทาง: กรณีศึกษา บริษัทจำหน่ายอุปกรณ์ประดับยนต์. *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, 9(1), 69-84.
- อกนิษฐ์ สันธินาค และศิริวดี อรัญนารอด. (2562). การจัดเส้นทางขนส่งแบบแบ่งส่งสินค้าและรถหลายขนาด ด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง: กรณีศึกษาบริษัทขนส่งเครื่องดื่ม. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.*, 42(2), 145-159.

การปรับปรุงเส้นทางขนขยะทั่วไปของโรงพยาบาลมหาสารคาม

Routing Improvement of General Waste Transportation of Maha Sarakham Hospital

ดาริกา ธรรมประชา¹ เพชรรัตน์ วังหอม² สุชาติ ไกรจันทร์³ ศิวตล กัญญาคำ⁴

สาขาวิศวกรรมการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม^{1,2,3,4}

*Corresponding author: E-mail: siwadolkanyakam@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการจัดเส้นทางขนขยะทั่วไปของโรงพยาบาลมหาสารคาม และนำเสนอการจัดเส้นทางรถขนขยะ 3 กรณี คือ กรณีการใช้รถขนขยะ 2, 3, และ 4 คัน โดยแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทางรถดังกล่าวด้วยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver จากนั้นทำการเปรียบเทียบระยะทางแต่ละกรณีกับการจัดเส้นทางแบบเดิมซึ่งมีระยะทางรวม 4,160 เมตรต่อวัน และเลือกวิธีที่ได้ระยะทางรวมที่สั้นที่สุด

ผลการวิจัยพบว่า กรณีใช้รถขนขยะ 2 คัน มีระยะทางรวมเท่ากับ 1,681 เมตรต่อวัน ลดลงจากเดิม 2,479 เมตรต่อวัน หรือร้อยละ 59.59 กรณีใช้รถขนขยะ 3 คัน มีระยะทางรวมเท่ากับ 1,648 เมตรต่อวัน ลดลงจากเดิม 2,512 เมตรต่อวัน หรือร้อยละ 60.38 กรณีใช้รถขนขยะ 4 คัน มีระยะทางรวมเท่ากับ 2,460 เมตรต่อวัน ลดลงจากเดิม 1,700 เมตรต่อวัน หรือร้อยละ 40.86 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่ากรณีที่ 3 เป็นวิธีการที่ให้ระยะทางรวมสั้นที่สุด

คำสำคัญ : ขยะทั่วไป; ปัญหาการจัดเส้นทางรถ

Abstract

This research was proposed to improve the general waste routing of Maha Sarakham Hospital and presented 3 cases of routing management. Three cases were using of 2, 3, and 4 vehicles. These vehicle routing problems were solved by the VRP Spreadsheet Solver program. Then, total distances between those cases and existed distance that provides total distance of 4,160 meter/day were compared. Then, the case that generate shortest total distance was selected.

Results showed that a case of 2 vehicles was revealed total distance of 1,681 meter/day and reduce of 2,479 meter/day or 59.59 %. A case of 3 vehicles shown total distance of 1,648 meter/day and reduce of 2,512 meter/day or 60.38 %. While a case of 4 vehicles presented total distance of 2,460 meter/day and reduce of 1,700 meter/day or 40.86%. Consequently, it can be said that the case of 3 vehicles was generated shortest total distance.

Keywords: General waste; Vehicle routing problem

บทนำ

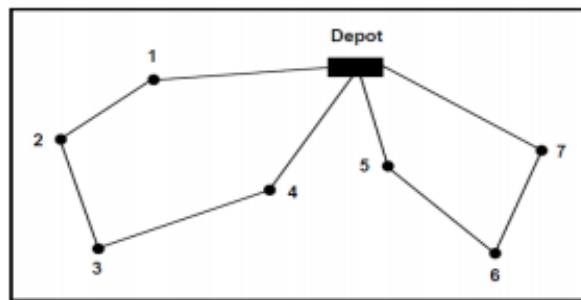
โรงพยาบาลมหาสารคามเป็นโรงพยาบาลรัฐบาลประจำจังหวัดที่ให้บริการทางการแพทย์ ปัจจุบันโรงพยาบาลมหาสารคามมีผู้มาใช้บริการเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้มีขยะภายในโรงพยาบาลมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น นอกจากขยะที่มาจากผู้ใช้บริการแล้วยังมีขยะที่มาจากการทำการรักษาของทางโรงพยาบาลอีกด้วย ขยะที่เกิดขึ้นมีหลายประเภทและมีจุดทิ้งขยะหลายจุด โดยแต่ละจุดมีปริมาณขยะที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับ การเข้ามาใช้บริการของคนไข้ ขยะที่มีปริมาณมากที่สุดคือขยะประเภททั่วไป โรงพยาบาลได้จัดให้มีผู้รับผิดชอบในการเก็บและคัดแยกขยะ ซึ่งได้จัดเส้นทางรถเก็บขนขยะทั่วไปออกเป็น 4 เส้นทาง แต่ละเส้นทางกำหนดเที่ยวเดินรถ 3 เที่ยวต่อวัน โดยเส้นทางเดินรถเก็บขนขยะทั่วไปแต่ละเที่ยวใช้ประสิทธิภาพของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลการเก็บขนขยะทั่วไป ทำให้เกิดความสูญเปล่าด้านเวลาและระยะทางในการเดินรถเก็บขนขยะ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการปรับปรุงการจัดเส้นทางรถเก็บขนขยะทั่วไปซึ่งเป็นปัญหาการเดินทางหลายเส้นทาง (Multiple Traveling Salesman Problem: MTSP) โดยใช้โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver โดยทดสอบการจัดเส้นทางรถเก็บขนขยะ 3 กรณี คือ กรณีใช้รถเก็บขนขยะ 4 คัน 3 คัน และ 2 คัน โดยลำดับ เพื่อทำการเปรียบเทียบหาเส้นทางที่มีระยะทางรวมทั้งสิ้นที่สั้นที่สุด ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการเก็บขนขยะได้

วิธีการวิจัย

การจัดเส้นทางรถขนส่ง (Vehicle routing) เป็นวิธีที่ผู้ประกอบการด้านโลจิสติกส์ใช้เพื่อลดค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการจัดส่งสินค้า ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่ง (Vehicle Routing Problem: VRP) เป็นปัญหาที่มีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง การประยุกต์ใช้ VRP แก่ปัญหาด้านการขนส่งอาจมีการเพิ่มเงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกรณีศึกษาหรือเหตุการณ์จริงจนทำให้ปัญหา VRP มีความหลากหลาย รูปแบบทั่วไปของ VRP คือ การเดินทางของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งเริ่มจากจุดเริ่มต้น เช่น คลังสินค้า ศูนย์กระจายสินค้า เป็นต้น ไปยังลูกค้าต่างๆ ที่ทราบแน่นอน เพื่อขนส่งสินค้าจากลูกค้าต่างๆ กลับมายังจุดเริ่มต้น โดยจุดรับสินค้าจากลูกค้าแต่ละรายสามารถรับบริการในการขนส่งสินค้าได้เพียงครั้งเดียวด้วยรถคันเดียวและปริมาณความต้องการขนส่งของทุกจุดรับสินค้าในแต่ละเส้นทางเมื่อรวมกันจะต้องไม่เกินความจุของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผลรวมของระยะทางหรือค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการเดินทางมีค่าต่ำที่สุด การหาคำตอบของเส้นทางเดินรถมีหลากหลายวิธีแต่คำตอบที่ได้รับจากแต่ละวิธีอาจมีคุณภาพของคำตอบที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะปัญหาและรายละเอียดของแต่ละกรณีศึกษา

จากการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหาพบว่ารถเก็บขนขยะทั่วไปของโรงพยาบาลมหาสารคาม เป็นการจัดการเส้นทางรถขนส่งหลายเส้นทาง โดยเริ่มจากจุดเดินรถและกลับรถเพียงจุดเดียว โดยมีเส้นทางรถเก็บขนขยะทั่วไป 4 เส้นทาง ปัญหานี้จึงเป็นปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งแบบ (Multiple Traveling Salesman Problem: MTSP) เนื่องจากเป็นการเดินทางหลายเส้นทาง การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าแบบหลายเส้นทางเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนกว่า VRP (ถนอมพร ไชยเสนา, 2560) ตัวอย่างผลลัพธ์ของการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าแบบ MTSP แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผลลัพธ์การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าแบบหลายเส้นทาง (MTSP)

รูปแบบทั่วไปของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าแบบหลายเส้นทางเป็นดังนี้ (Tolga Bektas, 2005)

สมการเป้าหมาย:

$$\min \sum_i^n \sum_j^n c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

สมการเงื่อนไข:

$$\sum_{j=2}^n x_{1j} = m \quad (2)$$

$$\sum_{j=2}^n x_{j1} = m \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \dots, n \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \dots, n \quad (5)$$

สมการป้องกันการเกิดเส้นทางย่อย (sub-tour) (6)

เมื่อ n คือจำนวนลูกค้า m คือ จำนวนเส้นทาง $x_{ij} \in \{0,1\}$ เป็นตัวแปรไบนารี มีค่าเป็น 0 เมื่อไม่มีการเดินทางจากจุด i ไปยังจุด j มีค่าเป็น 1 เมื่อมีการเดินทางจากจุด i ไปยังจุด j และ c_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายในการเดินทางจากจุด i ไปยังจุด j ในตัวแบบนี้มีสมมติฐานว่าค่าใช้จ่ายการเดินทางจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งมีค่าเท่ากัน

การปรับปรุงเส้นทางรถเก็บขยะทั่วไปใช้โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver (ณัฐณิชา รุ่งโรจน์ชัชวาล อินทอร ศรีสว่าง วรฐธมพงษ์ คงแก้ว, 2559) ในรูปแบบปัญหา MTSP เพื่อให้มีระยะทางขนส่งที่สั้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver มาปรับปรุงเส้นทางรถเก็บขยะทั่วไป 3 กรณี คือ กรณีใช้รถเก็บขยะ 4 คัน 3 คัน และ 2 คัน จากนั้นทำการเปรียบเทียบระยะทางของแต่ละกรณี

ผลการทดลองและอภิปรายผล

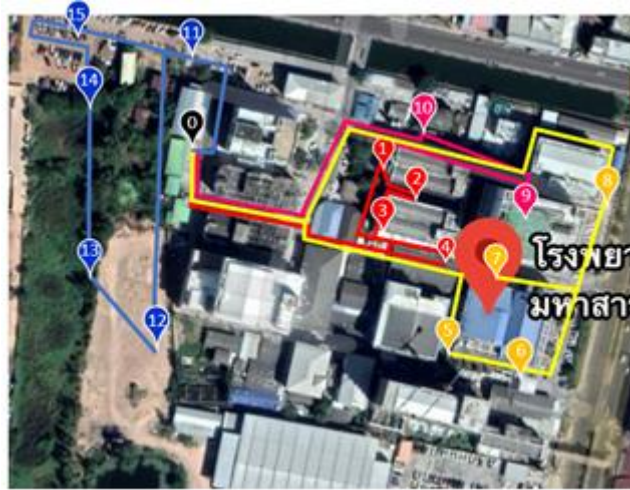
เส้นทางในการขนขยะทั่วไปในโรงพยาบาลมหาสารคาม ในปัจจุบันมี 4 เส้นทาง ใช้พนักงานขนขยะเส้นทางละ 1 คน ปริมาณความจุสูงสุดของรถเข็นเฉลี่ย 80 กิโลกรัมต่อคัน พนักงานได้รับค่าแรงวันละ 300 บาท พนักงานจะเก็บขยะวันละ 3 เที่ยว คือ ช่วงเช้าเวลา 06:00 น. - 07:00 น. ช่วงบ่ายเวลา 13:00 น. - 14:00 น. ช่วงเย็นเวลา 16:00 น. - 17:00 น. เริ่มต้นจากจุดจอดรถเก็บขยะทั่วไปไปยังจุดรับขยะทั้งหมด 15 จุด แต่ละจุดใช้เวลาในการจัดเก็บขยะโดยเฉลี่ย 5 นาทีระยะทางระหว่างจุดรับขยะแสดงดังตารางที่ 1 และข้อมูลการจัดเส้นทางรถเก็บขยะทั่วไปในปัจจุบันแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ระยะทางระหว่างจุดรับขยะ (เมตร)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	131	128	125	190	280	330	353	350	218	144	81	132	174	232	272
1	131	0	9	21	82	141	185	270	329	366	290	365	416	458	516	556
2	128	9	0	16	51	129	168	275	264	344	390	214	265	307	365	405
3	125	21	16	0	68	118	154	279	305	298	242	326	377	419	477	517
4	190	82	51	68	0	67	99	230	222	242	185	240	291	333	391	431
5	280	141	129	118	67	0	31	160	165	118	165	305	356	390	456	496
6	330	185	168	154	99	31	0	123	228	178	196	358	409	451	499	539
7	353	270	275	279	230	260	123	0	103	220	383	438	489	531	589	629
8	350	329	264	305	222	165	228	103	0	123	304	357	408	450	508	548
9	218	366	344	298	242	118	178	220	123	0	68	198	249	291	349	389
10	144	290	390	242	185	165	196	383	304	68	0	134	185	227	285	325
11	81	365	214	326	240	305	358	348	357	198	134	0	51	93	151	191
12	132	416	265	377	291	356	409	489	408	249	185	51	0	42	100	140
13	174	458	307	419	333	398	451	531	450	291	227	93	42	0	58	98
14	232	510	365	477	391	456	499	589	508	349	285	151	100	58	0	40
15	272	556	405	517	431	496	539	296	548	389	325	191	140	98	40	0

ตารางที่ 2 ข้อมูลการจัดเส้นทางรถเก็บขยะทั่วไปในปัจจุบัน

รถคันที่	เส้นทาง	ระยะทาง (เมตร)	เวลาในการจัดเก็บ (นาที)
1	จุดจอด (0)->5->6->7->8->จุดจอด(0)	1,510	20
2	จุดจอด (0)->9->10->จุดจอด(0)	1,460	10
3	จุดจอด(0)->1->2->3->4->จุดจอด(0)	450	20
4	จุด จอด (0) ->11->12->13->14->15->จุด จอด(0)	740	25
รวม		4,160	75



ภาพที่ 1 แสดงเส้นทางของรถขยะในปัจจุบัน

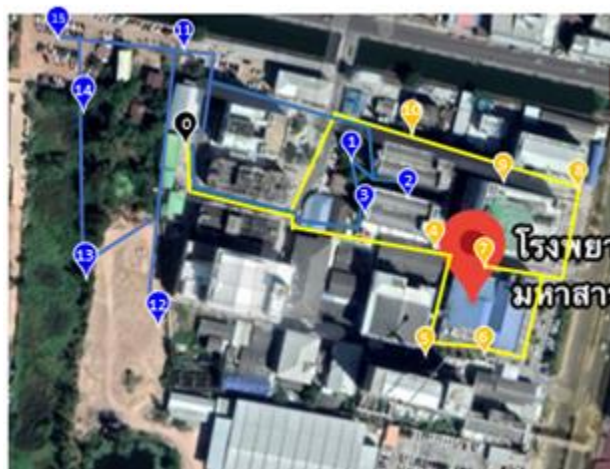
การปรับปรุงเส้นทางรถเก็บขยะทั่วไปด้วยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver แสดงในภาพที่ 2 และข้อมูลการปรับปรุงเส้นทางรถเก็บขยะทั่วไปกรณี 2 คัน 3 คัน และ 4 คัน แสดงในตารางที่ 3 4 และ 5 ตามลำดับ

Sequence	Parameter	Value	Remarks
0.Interface	Language	English	Please refer to the manual for modifying the interface.
	Optional - Bing Maps Key		You can get a free trial key at https://www.bingmapsportal.com/
1.Locations	Number of depots	1	[1,20]
	Number of customers	15	[5,200]
2.Distances	Distance computation method	Manual entry	Recommendation: Use 'postcode, country' format for addresses
	Duration computation method	Manual entry	
	Bing Maps route type	Shortest	Recommendation: Use 'Fastest'
	Average vehicle speed	30	
3.Vehicles	Number of vehicle types	1	
4.Solution	Do the vehicles return to their depot(s)?	Yes - only once at the end	
	Time window type	Hard	
	Backhauls?	No	If activated, delivery locations must be visited before pickup locations
5.Optional - Visualization	Visualization background	Blank	
	Location labels	Location IDs	
6.Solver	Warm start?	Yes	
	Show progress on the status bar?	Yes	
	CPU time limit (seconds)	60	Recommendation: At least 60 seconds

ภาพที่ 2 การตั้งค่าโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver

ตารางที่ 3 การจัดเส้นทางด้วย VRP Spreadsheet Solver กรณีรถขนขยะ 2 คัน

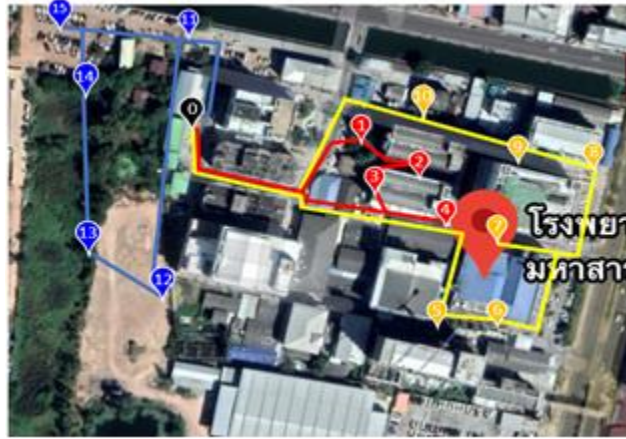
รถคันที่	เส้นทาง	ระยะทาง (เมตร)	เวลาในการจัดเก็บ (นาที)
1	0->3->1->2->11->12->15->14->13->0	832	40
2	0->4->5->6->7->8->9->10->0	849	35
รวม		1,648	75



ภาพที่ 5 การจัดเส้นทางด้วย VRP Spreadsheet Solver กรณีรถขนขยะ 2 คัน

ตารางที่ 4 การจัดเส้นทางด้วย VRP Spreadsheet Solver กรณีรถขนขยะ 3 คัน

รถคันที่	เส้นทาง	ระยะทาง (เมตร)	เวลาในการจัดเก็บ (นาที)
1	0->15->14->13->12->11->0	544	25
2	0->1->2->4->3->0	384	20
3	0->5->6->7->8->9->10->0	720	30
รวม		1,648	75



ภาพที่ 4 การจัดเส้นทางด้วย VRP Spreadsheet Solver กรณีรถขนขยะ 3 คัน

ตารางที่ 5 การจัดเส้นทางด้วย VRP Spreadsheet Solver กรณีรถขนขยะ 4 คัน

รถคันที่	เส้นทาง	ระยะทาง (เมตร)	เวลาในการจัดเก็บ (นาที)
1	0->15->14->13->12->11->0	544	25
2	0->4->6->5->3->0	563	20
3	0->8->9->10->0	685	15
4	0->1->2->7->0	668	15
รวม		2,460	75



ภาพที่ 5 การจัดเส้นทางด้วย VRP Spreadsheet Solver กรณีรถขนขยะ 4 คัน

สรุปผลและเสนอแนะ

เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาทางและประสิทธิภาพในด้านค่าใช้จ่ายของการจัดเส้นทางรถเก็บขยะ ระหว่างวิธีเดิมกับการจัดเส้นทางด้วยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ในรูปแบบ MTSP ได้ผลดังนี้

วิธีเดิม มีระยะทางรวมเท่ากับ 4,160 เมตรต่อวัน และมีค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงาน 4 คน คนละ 300 บาท รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดเท่ากับ 1,200 บาทต่อวัน

กรณีรถขนขยะ 2 คัน มีระยะทางรวมเท่ากับ 1,681 เมตรต่อวัน ลดลงจากวิธีเดิม 2,479 เมตรต่อวัน (ร้อยละ 59.59) และมีค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงาน 2 คน คนละ 300 บาท รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดเท่ากับ 600 บาทต่อวัน

กรณีรถขนขยะ 3 คัน มีระยะทางรวมเท่ากับ 1,648 เมตรต่อวัน ลดลงจากวิธีเดิม 2,512 เมตรต่อวัน (ร้อยละ 60.38) และมีค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงาน 3 คน คนละ 300 บาท รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดเท่ากับ 900 บาทต่อวัน

กรณีรถขนขยะ 4 คัน มีระยะทางรวมเท่ากับ 2,460 เมตรต่อวัน ลดลงจากวิธีเดิม 1,700 เมตรต่อวัน (ร้อยละ 40.86) และมีค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงาน 4 คน คนละ 300 บาท รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดเท่ากับ 1,200 บาทต่อวัน

จากผลการวิจัยพบว่าการจัดเส้นทางกรณีใช้รถขนขยะ 3 คัน เป็นวิธีการที่มีระยะทางรวมสั้นที่สุด โดยมีค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงาน 900 บาทต่อวัน แต่หากเลือกกรณีใช้รถขนขยะ 2 คัน ซึ่งมีระยะทางรวม 1,681 เมตรต่อวัน ซึ่งมีระยะทางมากกว่ากรณีใช้รถขนขยะ 3 คัน เท่ากับ 33 เมตรต่อวัน แต่สามารถลดค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานลดลง 300 บาทต่อวัน ดังนั้น จึงเสนอแนะผู้บริหารโรงพยาบาลให้ใช้กรณีใช้รถขนขยะ 2 คัน จะช่วยลดค่าใช้จ่ายได้มากและสามารถนำพนักงานอีก 2 คน ไปทำงานอื่นที่มีความจำเป็นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโรงพยาบาล มหาสารคาม ที่อนุเคราะห์ข้อมูลในการทำงานวิจัยครั้งนี้ และขอบคุณสาขา วิศวกรรมการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามที่สนับสนุนงบประมาณ

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐนิชา รุ่งโรจน์ชัชวาล, อินทุอร ศรีสว่าง และวนัฐณิชา คงแก้ว. (2559). การประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะสำหรับการเดินทางรถเก็บขยะมูลฝอย กรณีศึกษามหาวิทยาลัยสงขลา นครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน*, 4(2), 18-31.
- ประภาพรพรณ เกษราพงศ์. (2558). การจัดเส้นทางรถเดินทางขนส่งสินค้าของบริษัทแปรรูปอาหารขนาดย่อม โดยใช้ตัวแบบการจัดเส้นทางยานพาหนะ. *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, 5(2), 39-55.
- เพชรายุทธ แซ่หลี. (2560). การจัดเส้นทางรถขนส่งน้ำดื่มโดยใช้การโปรแกรมเชิงเส้น กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัด รัศมี 2015. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 10(2), 48-59.

Tolga, B. (2005). The Multiple Traveling Salesman Problem: An Overview if Formulations and Solution Procedures. *Omega*, 34, 209-219.

ระบบบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนแคหมูอึมสุข พื้นที่บ้านชาด
ตำบลบ้านยวด อำเภอสร้างคอม จังหวัดอุดรธานี

Management System for Happy Moo Kham Community Enterprise Ban Chad Area
Ban Yuad Subdistrict, Sangcom District Udon Thani Province

รจนา ทีชะสุข^{1*} วราพร กริเทพ² อรสา บานบุญ³ ปาจารย์ มะณีชม⁴

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี^{1,2,3,4}

*Corresponding author: E-mail: 62000427117@udru.ac.th

บทคัดย่อ

วิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาเกี่ยวกับปัญหาและความต้องการของเจ้าของวิสาหกิจในการพัฒนาระบบ 2) เพื่อวิเคราะห์ออกแบบและพัฒนาระบบที่สอดคล้องกับความต้องการ 3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนแคหมูอึมสุข กลุ่มตัวอย่าง คือ สมาชิกวิสาหกิจชุมชนแคหมูอึมสุข ผู้เชี่ยวชาญทางเทคโนโลยีสารสนเทศจากสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ และ นักพัฒนาระบบจากสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ รวมจำนวนทั้งสิ้น 43 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถามปัญหาและความต้องการรูปแบบระบบบริหารจัดการวิสาหกิจฯ คู่มือการวิเคราะห์และออกแบบระบบ และแบบประเมินประสิทธิภาพของผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่าผู้ประกอบการมีความต้องการระบบที่สามารถจัดการด้านสินค้า ด้านลูกหนี้ ด้านบัญชีรายรับ-รายจ่าย ทั้งนี้ได้พัฒนาระบบที่มุ่งเน้นความสามารถของระบบตามความต้องการในเรื่อง การผลิตสินค้า การขายสินค้า การรับคืนสินค้า จัดการรายรับ-รายจ่าย และการจัดการลูกหนี้ และผู้ใช้ระบบได้ประเมินประสิทธิภาพด้านการออกแบบระบบ ในส่วนนำเข้าข้อมูล และส่วนนำเสนอข้อมูล โดยมีประสิทธิภาพในระดับมาก ($\bar{X} = 4.43$, S.D. = 0.43)

คำสำคัญ: ระบบบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนแคหมูอึมสุข; วิสาหกิจชุมชนแคหมูอึมสุข

Abstract

The objectives of this research paper were 1) to study the problems and needs of enterprise owners in system development, 2) to analyze, design and develop a system that conforms to the needs, 3) to assess the efficiency of the management system for community enterprises in happy districts The sample group was members of the Moo Satsuk Community Enterprise. Information technology specialists from the field of business computers and system developers from the field of business computers A total of 43 people were used. The tool used was a questionnaire on problems and needs of the enterprise management system. System Analysis and Design Guide and an evaluation form for the results of system analysis and design. perform data analysis by analyzing the content The statistics used in the data analysis were percentage, mean and standard deviation. The results showed that entrepreneurs need a system that can manage products, accounts receivable, income-expense accounts. The system has been developed that focuses on the ability of the system according to the needs Product manufacturing, merchandising, return of goods Manage income-expenses and debtor management And users of the system evaluated the efficiency of the system design. in the data import section and information presentation with a high level of efficiency ($\bar{X} = 4.43$, S.D. = 0.43).

Keywords : Management System for Happy Moo Kham Community Enterprise; Happy Moo Kham Community Enterprise

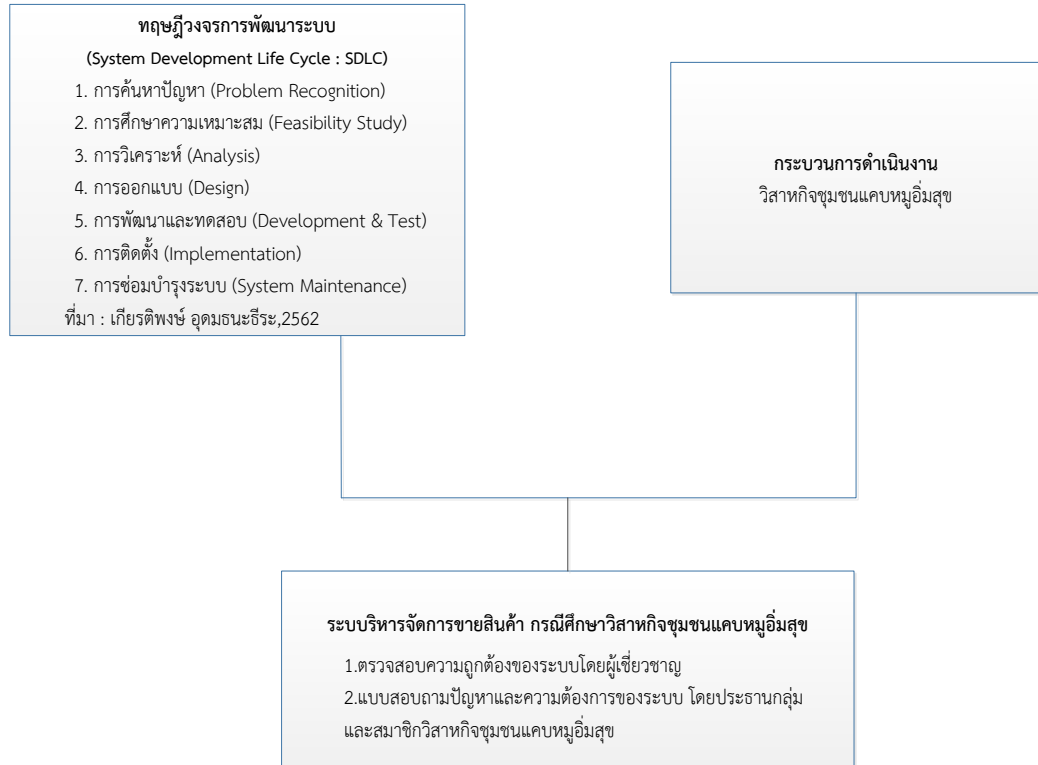
บทนำ

ปัจจุบันทางวิสาหกิจชุมชนแคบหมูอิมสุขมีกระบวนการจัดจำหน่าย ขายส่ง ขายปลีก กลุ่มลูกค้าคือบุคคลที่มารับไปขายจากตัวเมือง ร้านค้า ร้านส้มตำ ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ภายในกลุ่ม คือ น้ำพริก 2 สูตร คือ น้ำพริกสูตรซ่า น้ำพริกสูตรซอสมะขาม Snack มี 2 รส คือ รสหม่าล่า รสบาร์บีคิว แคบหมูมี 2 แบบ คือ หมูกระเจก หมูกรอบแก้ว ทางกลุ่มใช้วิธีการเก็บบันทึกข้อมูลลงสมุดบัญชี การสืบค้นจะใช้วิธีการเปิดค้นหาจากสมุดบัญชี รายการการซื้อวัตถุดิบจะถูกบันทึกลงสมุดบัญชี จากกระบวนการเก็บบันทึกข้อมูลดังกล่าว ทำให้ข้อมูลสูญหาย คำนวณรายการสินค้าผิดพลาด และไม่สามารถสรุปข้อมูลได้ทันทีที่ต้องการ กระบวนการและปัญหาดังกล่าวทางเจ้าของวิสาหกิจชุมชนแคบหมูอิมสุขจึงได้มีความต้องการระบบสารสนเทศมาสนับสนุนในการดำเนินงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำสารสนเทศมาสนับสนุนและออกแบบระบบที่มุ่งเน้นในเรื่อง การดำเนินงานในการเก็บข้อมูล และการคำนวณการขาย การจัดเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ ทำให้ตอบโจทย์เจ้าของกิจการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic 2012 และโปรแกรม Microsoft Access 2012 เข้ามาช่วยในการคำนวณ ใช้ วงจรการพัฒนา ระบบ SDLD ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ และการประเมินประสิทธิภาพของระบบ จากปัญหาและความต้องการรูปแบบระบบบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนแคบหมูอิมสุขดังกล่าว จึงมีวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้คือ 1. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับปัญหาและความต้องการของเจ้าของวิสาหกิจ

ในการพัฒนาระบบ 2. เพื่อวิเคราะห์ออกแบบและพัฒนาระบบที่สอดคล้องกับความต้องการ 3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนแคบหมูอิมสุข พื้นที่บ้านชาติ ตำบลบ้านยวด อำเภอสร้างคอม จังหวัดอุดรธานี โดยได้มีการตรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจาก สุภัสสรา เส่าแก้ว อรรถพล ชัยชูเชิด และ นิรินทร์ ชุนหพันธ์ (2560) ภาควิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสยาม ที่ได้พัฒนาระบบร้านขายอะไหล่รถยนต์ เพื่ออำนวยความสะดวก และช่วยลดความผิดพลาด ข้า้ข้อมูลของข้อมูลในการทำงาน ผู้พัฒนาใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2012 ในการพัฒนา และโปรแกรม Microsoft SQL Server 2008 R2 ในการจัดการฐานข้อมูล และได้ศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาของมะลิสมา สมรฤทธิ สุปัญญา ดอกสันเทียะ และชนัมพร รัตนภิรมย์ (2559) ภาควิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสยาม ที่ได้พัฒนาระบบบริหารจัดการสต็อกเครื่องเคปเวอร์บริษัทโปรอิมเมจฯ จำกัด เพื่อจัดเก็บข้อมูลอุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ผู้พัฒนาใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010 ในการพัฒนาและโปรแกรม Microsoft SQL Server 2008 R2 ในการจัดการฐานข้อมูล รวมทั้งได้ศึกษากระบวนการพัฒนาระบบจากแนวคิด วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) คือ การแบ่งขั้นตอนกระบวนการพัฒนาระบบงาน หรือระบบเทคโนโลยีสารสนเทศด้วย เพื่อช่วยแก้ปัญหาทางธุรกิจหรือตอบสนองความต้องการขององค์กรโดยระบบที่จะพัฒนานั้นอาจเป็นการพัฒนาระบบใหม่หรือการปรับปรุงระบบเดิมให้ดีขึ้นก็ได้ การพัฒนาระบบแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้ เกียรติพงษ์ อุดมธนะวีระ (2562) 1. การค้นหาปัญหา (Problem Recognition) เป็นการทำความเข้าใจกับปัญหาที่แท้จริงของผู้ใช้ระบบพร้อมทั้งศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบ เพื่อกำหนดความต้องการของผู้ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบต่อไป 2. การศึกษาความเหมาะสม (Feasibility Study) เป็นการจัดทำแบบจำลองกระบวนการของการออกแบบและพัฒนาระบบคำนึงถึงความพร้อมด้านเครื่องมือ ด้านบุคลากร ความคุ้มค่าในด้านเวลาและค่าใช้จ่าย มาให้ผู้ใช้ระบบได้ตรวจสอบความเป็นไปได้เพื่อตัดสินใจดำเนินงาน 3. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นการศึกษาระบบงานเดิม ศึกษาออกแบบระบบงานใหม่ตามความต้องการของผู้ใช้ นำสู่วิเคราะห์มาเขียนเป็นแผนภาพผังงานระบบ (System Flowchart) และทิศทางการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram) 4. การออกแบบ (Design) เป็นการออกแบบกระบวนการทำงานออกแบบรายงานเอกสารรูปแบบการรับข้อมูลทางจอภาพและการประสานกับผู้ใช้ตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ 5. การพัฒนาและทดสอบ (Development & Test) เป็นการนำสิ่งที่ออกแบบไว้มาพัฒนาเป็นโปรแกรม ตลอดจนทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรม และทำการแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นก่อนจะนำไปติดตั้งและใช้งานต่อไป 6. การติดตั้ง (Implementation) เป็นการดำเนินการติดตั้งระบบและประเมินประสิทธิภาพของระบบจากผู้ใช้ระบบ 7. การซ่อมบำรุงระบบ (System Maintenance) นำผลการประเมินและข้อเสนอแนะ มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขระบบในส่วนต่างๆ เพื่อให้ได้ระบบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ขอบเขตงานวิจัย ซึ่งจากแนวคิดการดำเนินงานข้างต้นผู้วิจัยเชื่อมั่นว่างานวิจัยครั้งนี้จะสร้างประโยชน์ในการดำเนินกิจการธุรกิจที่สามารถช่วยจัดการ ลดระยะเวลาในการค้นหาข้อมูล สามารถช่วยจัดเก็บข้อมูลต่างๆเพื่อป้องกันการสูญหายได้ ซึ่งจะสามารถทำให้วิสาหกิจชุมชนแคบหมูอิมสุขมีจัดการที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

อุปกรณ์และวิธีการ

1.โปรแกรม Microsoft Access 2012 ใช้สำหรับการจัดการฐานข้อมูล ช่วยให้ระบบบริหารจัดการจัดการขายสินค้าแคหมูเป็นระเบียบมากขึ้น มีฐานข้อมูลที่ชัดเจน

2.โปรแกรม Microsoft Visual basic 2012 ใช้ในการออกแบบหน้าจอที่สามารถเข้าใจง่ายโดยมีปุ่มเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลอย่างเห็นได้ชัด สะดวกในการใช้งาน ยังสามารถคำนวณได้แม่นยำ สามารถดูข้อมูลลูกค้าพนักงาน และออกรายงานได้ อีกทั้งผู้ใช้สามารถค้นหาข้อมูลภายหลังได้จากข้อมูลในระยะเวลาที่รวดเร็ว

กลุ่มตัวอย่าง

2.1 สมาชิกวิสาหกิจชุมชนแคหมูอิมสุชจำนวน 10 คน

2.2 ผู้เชี่ยวชาญทางเทคโนโลยีสารสนเทศจากสาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจจำนวน 9 คน

2.3 นักพัฒนาระบบจากสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ จำนวน 30 คน และได้กำหนดกลุ่มตัวอย่าง คือ จำนวน 24 คน จากตาราง R.V krejcie และ D.W moegan

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสอบถามปัญหาและความต้องการรูปแบบระบบบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนแคหมูอิมสุชพื้นที่บ้านชาติ ตำบลบ้านยวด อำเภอสร้างคอม จังหวัดอุดรธานี

2. คู่มือการพัฒนาระบบ (คู่มือการทำงานสาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ, 2563)

3. แบบประเมินประสิทธิภาพระบบระบบบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนแคบหมูอิมสุข พื้นที่บ้านขาด ตำบลบ้านยอด อำเภอสร้างคอม จังหวัดอุดรธานี

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการตามกระบวนการ SDLC ดังต่อไปนี้

1. การค้นหาปัญหา (Problem Recognition) คือการศึกษาปัญหาของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแคบหมูอิมสุข ในการดำเนินกิจการมีปัญหาใดบ้าง เช่น ปัญหาในการสั่งซื้อและรับเข้าวัตถุดิบ การสั่งซื้อจะต้องเขียนใ้กระดาษเพื่อส่งให้กับบริษัทที่สั่งซื้อ เป็นต้น

2. การศึกษาความเหมาะสม (Feasibility Study) เป็นการคำนึงถึงด้านการเดินทาง ด้านเครื่องมือ ด้านบุคลากร ความคุ้มค่าในด้านเวลาและค่าใช้จ่าย ที่จะพัฒนาระบบบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนแคบหมูอิมสุข

3. การวิเคราะห์ (Analysis) ในรูปแบบของ Flowchart ที่นำเสนอถึงกระบวนการทำงานในระบบเดิม และมีการทำงานสู่การออกระบบใหม่ วิเคราะห์ออกมาเป็นแผนภาพผังงานระบบ (System Flowchart) และทิศทางการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram)

4. การออกแบบ (Design) เป็นการออกแบบหน้าจอให้สอดคล้องกับความต้องการผู้ใช้ โดยใช้แบบสอบถามเป็นคำถามปลายเปิด ซึ่งเปิดกว้างให้ผู้ใช้งานระบบและผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบประเมิน

5. การพัฒนาและทดสอบ (Development & Test) เป็นการนำผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบที่ผู้ใช้งานประเมินแล้วมาใช้ในการพัฒนาระบบ โดยการพัฒนาในระบบในครั้งนี้ได้ใช้โปรแกรม Microsoft Access 2012 ในการเก็บข้อมูล และ Microsoft Visual Basic 2012 ในการเขียนโปรแกรม และทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรม แก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น ก่อนจะนำไปติดตั้งให้กับวิสาหกิจฯ

6. การติดตั้ง (Implementation) เป็นการดำเนินการติดตั้งระบบ พร้อมทั้งคู่มือการใช้งานของระบบ วิสาหกิจฯ ประเมินประสิทธิภาพและข้อเสนอแนะของระบบจากผู้ใช้งานระบบ

7. การซ่อมบำรุงระบบ (System Maintenance) เป็นการนำผลการประเมินและข้อเสนอแนะ มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขระบบ เพื่อให้ได้ระบบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ในส่วนศึกษาความต้องการรูปแบบการใช้งานของระบบ การวิเคราะห์ออกแบบ และพัฒนาระบบฯ ได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธี วิเคราะห์เนื้อหา สำหรับการศึกษาระสิทธิภาพต่อระบบฯ ได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติวิจัยได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของประสิทธิภาพต่อระบบ โปรแกรมบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนแคบหมูอิมสุข ดังนี้

4.51 – 5.00 มีประสิทธิภาพระดับมากที่สุด

3.51 – 4.50 มีประสิทธิภาพในระดับมาก

2.51 – 3.50 มีประสิทธิภาพในระดับปานกลาง

1.51 – 2.50 มีประสิทธิภาพในระดับน้อย

1.01 – 1.50 มีประสิทธิภาพในระดับน้อยที่สุด

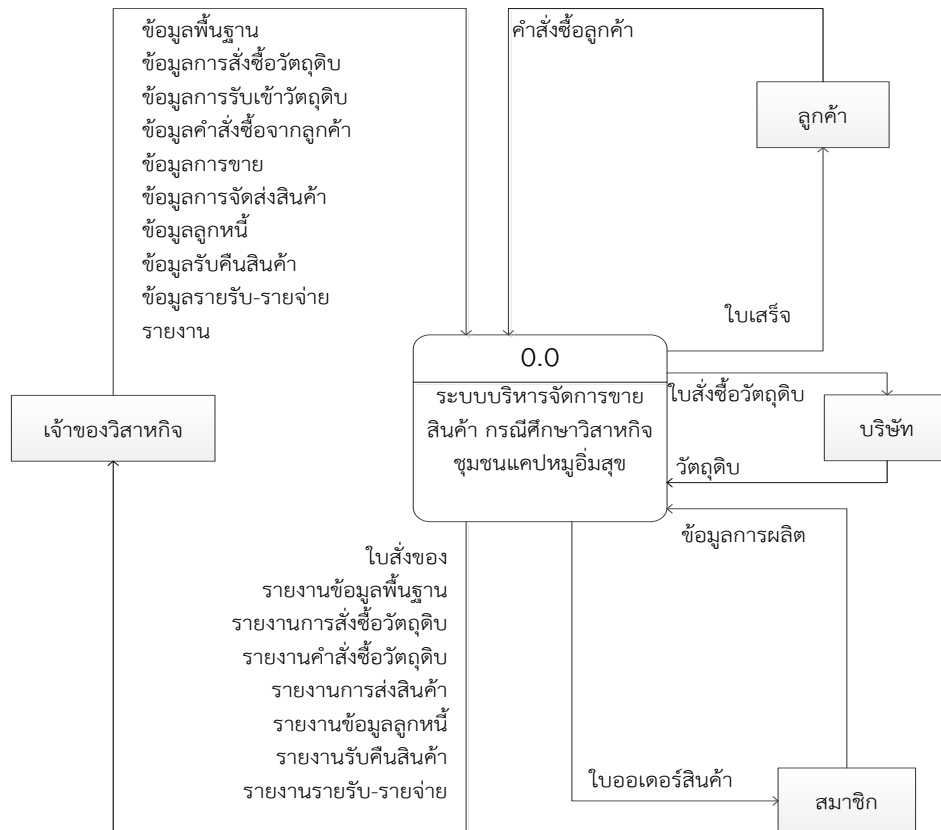
ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาปัญหาและความต้องการของเจ้าของวิสาหกิจในการพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกแคบหมู พื้นที่บ้านชาติ ตำบลบ้านยวด อำเภอสร้างคอม จังหวัดอุดรธานี

ด้านปัญหาและความต้องการระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกแคบหมู พบว่ากลุ่มตัวอย่างของร้านค้าปลีกแคบหมูจำนวน 10 คน ด้านท่านมีระบบสารสนเทศในการจัดการด้านการขายหรือไม่ ส่วนใหญ่เลือกตอบไม่มี จำนวน 10 คน ด้านการขายสินค้ามีปัญหาในเรื่องใดบ้าง ส่วนใหญ่ใช้การจดบันทึก จำนวน 9 คน รองลงมาทำบิลขายที่เป็นลูกหนี้หาย จำนวน 1 คน ด้านการสั่งซื้อและรับเข้าวัตถุดิบท่านมีปัญหาอย่างไรบ้าง ส่วนใหญ่เขียนใส่กระดาษสั่งซื้อสินค้า จำนวน 7 คน รองลงมาการผลิตแต่ละครั้งวัตถุดิบไม่พอแต่การผลิตขาย จำนวน 3 คน ด้านการรับคืนสินค้ามีปัญหาอย่างไรบ้าง ส่วนใหญ่เปลี่ยนคืนสินค้ามีกลิ่นหืน จำนวน 6 คน รองลงมาเป็นแตกหัก เสียผลกำไรในการคืนสินค้า จำนวน 4 คน ด้านรายรับ-รายจ่ายมีปัญหาอย่างไรบ้าง ส่วนใหญ่จดใส่สมุดบันทึก จำนวน 10 คน

2. ผลการวิเคราะห์ออกแบบและพัฒนาระบบที่สอดคล้องกับความต้องการ

แผนผังบริบทเป็นการออกแบบในระดับสูงโดยแผนภาพ เพื่อแสดงให้เห็นภาพของระบบ ขั้นตอนการทำงานความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างๆ ในระบบกับสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องรวมถึงเหตุการณ์ หรือกระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบ ดังนี้



ภาพที่ 2 แผนผังบริบท

จากภาพที่ 2 แสดงถึงผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบ ในส่วนเจ้าของกิจการสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลพื้นฐาน จัดการสั่งซื้อและรับเข้า จัดการผลิตสินค้า จัดการขายสินค้า จัดการรับคืนสินค้า จัดการรายรับ-รายจ่าย ออกรายงาน ในส่วนลูกค้า ลูกค้าสั่งซื้อจะได้ใบเสร็จ ในส่วนบริษัท เจ้าของกิจการจะทำการสั่งซื้อวัตถุดิบกับบริษัท ในส่วนสมาชิกจะทำการผลิตสินค้าตามที่ลูกค้าออเดอร์มา



ภาพที่ 3 แสดงถึงหน้าจอหลัก

จากภาพที่ 3 แสดงถึงหน้าหลักในการทำงาน มีการทำงานในส่วน ข้อมูลพื้นฐาน จัดการสั่งซื้อและรับเข้า จัดการผลิตสินค้า จัดการขายสินค้า จัดการรับคืนสินค้า จัดการรายรับ-รายจ่าย การออกรายงาน และ ออกจากระบบ

ภาพที่ 4 แสดงข้อมูลพื้นฐานข้อมูลสินค้า

จากภาพที่ 4 แสดงหน้าจอข้อมูลพื้นฐานหน้าข้อมูลสินค้า ที่จะสามารถค้นหาชื่อสินค้า แสดงราคาทุน ราคาขาย วันที่หมดอายุ และสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลได้

ภาพที่ 5 แสดงหน้าจอการสั่งซื้อวัตถุดิบ

จากภาพที่ 5 แสดงหน้าจอสั่งซื้อวัตถุดิบ ในสามารถค้นหาบริษัท รหัสวัตถุดิบ โดยค้นหาจากรหัส หน้าจอจะแสดงรายละเอียดของข้อมูล สามารถเพิ่มรายการสินค้าได้หลายรายการ หรือ ลบรายการที่เพิ่มไปในการสั่งซื้อ คำนวณราคารวมสินค้า บันทึกการสั่งซื้อและสั่งพิมพ์ใบสั่งซื้อได้

ภาพที่ 6 แสดงหน้าจอการรับเข้าวัตถุดิบ

จากภาพที่ 6 แสดงหน้าจอการรับเข้าวัตถุดิบ โดยมีการค้นหาการสั่งซื้อการกขายสินค้า และตรวจรับ วัตถุดิบที่รับเข้าตามจำนวนที่รับจริง สามารถแก้ไข ลบ และบันทึก

ภาพที่ 7 แสดงหน้าจอการขายสินค้า

จากภาพที่ 7 แสดงหน้าจอการขายสินค้าในส่วนการค้นหาลูกค้าจากรหัสลูกค้า สามารถเลือกสินค้าได้หลายรายการ มีการรับเงินเข้าและสามารถคิดเป็นเงินทอนได้อัตโนมัติ

วันที่	รหัสการขาย	ชื่อ-สกุล ลูกค้า	รวมเงิน	สถานะการชำระเงิน
3/1/2021 12:00:00 AM	1	ปาจาวี มะณีษ	227	ค้างชำระ
3/3/2021 12:00:00 AM	2	อรสา บำบุญ	325	ชำระเงินแล้ว
3/4/2021 12:00:00 AM	3	รจนา พิยะสุข	404	ค้างชำระ
3/8/2021 12:00:00 AM	5	อุมารินทร์ สอนใจ	266	ค้างชำระ
3/9/2021 12:00:00 AM	6	บุญรินทร์ สิมมาตัน	553	ชำระเงินแล้ว
3/11/2021 12:00:00 AM	7	สุนิสา ใจดี	1380	ชำระเงินแล้ว

ภาพที่ 8 แสดงหน้าจอรายงานการขายสินค้า

จากภาพที่ 8 แสดงหน้าจอรายงานการขายสินค้า ซึ่งสามารถเลือกวันที่ที่จะออกรายงานได้ รายงานจะแสดงรายงานการขายสินค้าทั้งหมดในช่วงวันที่ที่เลือก และสามารถรวมเงินที่ได้ทั้งหมดจากขายในช่วงวันที่ที่เราเลือก

3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนแคบหมูอิมสุขลา

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ระดับประสิทธิภาพด้านการออกแบบส่วนนำเข้าข้อมูล และด้านส่วนนำเสนอข้อมูลของระบบบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนแคบหมูอิมสุซฯ

รายการประเมินประสิทธิภาพ ผลการออกแบบระบบ	\bar{X}	S.D	ระดับประสิทธิภาพ
1.ด้านการออกแบบส่วนนำเข้าข้อมูล			
-หน้าจัดการข้อมูลพื้นฐาน	4.61	.556	มีประสิทธิภาพมากที่สุด
-หน้าจัดการสั่งซื้อสินค้า	4.58	.502	มีประสิทธิภาพมากที่สุด
-หน้าจอรับเข้าวัตถุดิบ	4.58	.561	มีประสิทธิภาพมากที่สุด
-หน้าจอดีการผลิตสินค้า	4.45	.564	มีประสิทธิภาพมาก
-หน้าจอดีการขายสินค้าหน้าร้าน	4.55	.564	มีประสิทธิภาพมากที่สุด
-หน้าจอดีการหาค่าสั่งซื้อจากลูกค้า	4.30	.585	มีประสิทธิภาพมาก
-หน้าจอดีการส่งสินค้า	4.39	.556	มีประสิทธิภาพมาก
-หน้าจอดีการดูหนี้	4.48	.506	มีประสิทธิภาพมาก
-หน้าจอรับคืนสินค้าสินค้า	4.45	.564	มีประสิทธิภาพมาก
-หน้าจอดีการรายรับรายจ่าย	4.45	.617	มีประสิทธิภาพมาก
-หน้าจอดีการรายงาน	4.45	.617	มีประสิทธิภาพมาก
2.ด้านการออกแบบส่วนนำเสนอข้อมูล			
-รายงานข้อมูลลูกค้า	4.48	.508	มีประสิทธิภาพมาก
-รายงานข้อมูลสินค้า	4.42	.508	มีประสิทธิภาพมาก
-รายงานข้อมูลประเภทสินค้า	4.42	.561	มีประสิทธิภาพมาก
-รายงานข้อมูลบริษัท	4.48	.408	มีประสิทธิภาพมาก
-รายงานข้อมูลวัตถุดิบ	4.52	.566	มีประสิทธิภาพมากที่สุด
-รายงานข้อมูลสั่งซื้อและรับเข้าวัตถุดิบ	4.42	.502	มีประสิทธิภาพมาก
-รายงานข้อมูลการผลิตสินค้า	4.36	.653	มีประสิทธิภาพมาก
-รายงานข้อมูลการขายสินค้า	4.48	.566	มีประสิทธิภาพมาก
-รายงานข้อมูลดูหนี้	4.45	.564	มีประสิทธิภาพมาก
-รายงานข้อมูลรับคืนสินค้า	4.42	.561	มีประสิทธิภาพมาก
-รายงานข้อมูลรายรับ-รายจ่าย	4.52	.566	มีประสิทธิภาพมากที่สุด
รวม	4.43	.430	มีประสิทธิภาพมาก

ตารางที่ 1 แสดงตารางรายการประเมินความสอดคล้องด้านการออกแบบส่วนนำเข้าข้อมูล และด้านส่วนนำเสนอข้อมูล

จากตารางที่ 1 พบว่าผลการประเมินประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนแคบหมูอิมสุขพื้นที่บ้านชาติ ตำบลบ้านยวด อำเภอสร้างคอม จังหวัดอุดรธานีโดยภาพรวมอยู่ในระดับ มีประสิทธิภาพมาก ($\bar{X} = 4.43$, S.D. = 0.43) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ด้านการออกแบบส่วนนำเข้าข้อมูล หน้าจัดการข้อมูลพื้นฐาน หน้าจัดการสั่งซื้อสินค้าหน้าจอรับเข้าวัตถุดิบ หน้าจอดีการขายสินค้าหน้าร้านผู้ประเมินมีความคิดเห็นอยู่ในระดับที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดตามลำดับ ด้านการออกแบบส่วนนำเสนอข้อมูล รายงานข้อมูลวัตถุดิบ และรายงานข้อมูลรายรับ-รายจ่ายผู้ประเมินมีความคิดเห็นอยู่ในระดับที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาปัญหาและความต้องการของเจ้าของวิสาหกิจในการพัฒนาระบบพบว่าปัญหาหลักคือ การสั่งซื้อและรับเข้าวัตถุดิบ การผลิต การขายสินค้า ลูกหนี้ รายรับ-รายจ่าย และมีความต้องการระบบที่สามารถจัดการกับงานขายสินค้า งานรับคืนสินค้า และงานลูกหนี้ โดยผลจากการวิเคราะห์และออกแบบระบบฯ โดยมุ่งเน้นความสามารถของระบบใน การขายสินค้า การรับคืนสินค้าซึ่งสอดคล้องกับงานมะลิสา สมฤทธิ์ สุปัญญา ดอกสันเทียะ และชนัมพร รัตนภิรมย์ (2559) ในการจัดเก็บสต็อกสินค้า และการจัดการลูกหนี้ที่สอดคล้องสูงภัตตรา เสาแก้ว อรรถพล ชัยชูเชิด และนิรินทร์ ชุนหพันธ์ (2560) เพื่ออำนวยความสะดวก และช่วยลดความผิดพลาด ข้ำข้อมูลของข้อมูลลูกหนี้ และใช้หลักการทํางาน SDLC (System Development Life Cycle) ในการพัฒนาระบบใหม่หรือการปรับปรุงระบบเดิมให้ดีขึ้น ตามแนวทางของ เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ (2562) ซึ่งผลจากการประเมินประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนแคบหมูอิมสุข พบว่ามีประสิทธิภาพในระดับมาก ($\bar{X} = 4.43$, S.D. = 0.43) ทั้งนี้เป็นเพราะ ทางผู้วิจัยเป็นผู้ทดสอบ และให้ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบช่วยตรวจสอบ โดยมีการปรับแก้ไขให้ตรงตามผู้ประเมิน และนำไปให้ผู้ใช้งานระบบได้ใช้งานจริง

สรุปผลและเสนอแนะ

การวิจัยพัฒนาระบบบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนแคบหมูอิมสุข พื้นที่บ้านชาติ ตำบลบ้านยวด อำเภอสร้างคอม จังหวัดอุดรธานีครั้งนี้ได้ศึกษาความต้องการรูปแบบระบบบริหารจัดการร้านค้าปลีกแคบหมูอิมสุข ได้ดำเนินงานตามกระบวนการ SDLC 7 ขั้นตอน โดยจะใช้โปรแกรมภาษา Microsoft Visual Basic 2012 และโปรแกรม Microsoft Access 2012 ในการพัฒนาระบบ เพื่อให้ระบบที่จะพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสามารถสนับสนุนการทำงานให้แก่ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแคบหมูอิมสุขทั้งในด้านการจัดการข้อมูลพื้นฐาน เรื่องการจัดการข้อมูลลูกค้า เรื่องการจัดการข้อมูลสินค้า การสั่งซื้อและรับเข้าวัตถุดิบ การขาย การออกรายงาน ในเรื่องจัดการบันทึกข้อมูล โดยการดำเนินงานในแต่ละด้านสามารถ เพิ่ม แก้ไข ลบ ค้นหา และออกรายงานที่เกี่ยวข้องได้ตามเงื่อนไขต่าง ๆ โดยระบบมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน มีปุ่มเมนูที่ชัดเจน สะดวกต่อการใช้งาน ซึ่งจะทำให้เกิดประโยชน์ ประสิทธิภาพและสร้างความสะดวกในการดำเนินงานขององค์กรยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. สามารถนำหลักการจัดการฐานข้อมูล (Database Management) มาใช้ในการจัดเก็บข้อมูลรวบรวมไว้ที่ศูนย์กลาง เพื่อตอบสนองต่อการใช้ของโปรแกรมอย่างมีประสิทธิภาพและลดการซ้ำซ้อนของข้อมูล
2. ใช้เครื่องมือในการประเมินที่หลากหลาย เช่น การสัมภาษณ์ สังเกต เพื่อให้ได้ซึ่งข้อมูลที่เป็นความจริงและถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

เกียรติพงศ์ อุดม ธนะธีระ. (2562). *วงจรกิจกรรมการพัฒนาระบบ: SDLC ตอนที่ 4/4*.

<http://ioklogistics.blogspot.com>

คู่มือการทำงานสาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ. (2563). สืบค้นเมื่อ 9 มกราคม 2564 จาก คู่มือการทำงานสาขา
คอมพิวเตอร์ธุรกิจ.

มะลิสา สมรฤทธิ, สุบัญญัติ ดอกสันเทียะ และชนันพร รัตนภิรมย์. (2559). *ระบบบริหารจัดการสต็อกเครื่องเซิร์ฟเวอร์บริษัทโปรอิมเมจฯ จำกัด*. ภาควิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสยาม. <https://scholar.utcc.ac.th>

สุภัทสรุ เสากแก้ว, อรรถพล ชัยชูเชิด และนิรินธ์ ชุนหัจันทร์. (2560). *ระบบร้านขายอะไหล่รถยนต์*. ภาควิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสยาม. <https://scholar.utcc.ac.th>

ระบบบริหารจัดการบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้ & ฟ้า ออนไลน์ Ban Farm Mushroom Toahu & Fa Online Management System

เจนจิรา สีแสง^{1*} วราพร กรีเทพ² ปรีญาพรรณ บัดแสง³

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี^{1,2,3}

Corresponding author: Email: 62000427114@udru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อวิเคราะห์และออกแบบระบบบริหารจัดการบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้าออนไลน์ เพื่อพัฒนาระบบจัดการขายสินค้าให้มีหลากหลายช่องทาง และเพื่อประเมินความสอดคล้องของระบบบริหารจัดการบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า ออนไลน์ ประชากรและกลุ่มตัวอย่างคือ กลุ่มบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า 28 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 9 คน ใช้วิธีคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ครั้งนี้ประกอบด้วย 1) ลงพื้นที่ทำการศึกษาปัญหาการของระบบเดิม 2) แบบเอกสารการศึกษาวิเคราะห์ออกแบบและพัฒนาระบบ 3) แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งใช้การวิเคราะห์ข้อมูลแบบเนื้อหา และใช้สถิติในการวิเคราะห์ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิเคราะห์ออกแบบและพัฒนาระบบตามวงจรพัฒนาระบบ SDLC โดยใช้โปรแกรมภาษา Visual Studio Code ในการสร้างเว็บไซต์ โปรแกรม Xampp ในการจัดการฐานข้อมูล และโปรแกรม Adobe Photoshop ในการออกแบบรูปภาพ ผลการศึกษาพบว่าผู้ใช้ระบบต้องการรูปแบบระบบที่สามารถสนับสนุนการทำงานใน ด้านจัดการข้อมูลพื้นฐาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.793 ด้านจัดการงานขาย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.565 ด้านออกรายงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.557 และหลังจากพัฒนาระบบที่สอดคล้องกับความต้องการ ได้ประเมินประสิทธิภาพการทำงานจากผู้ใช้ระบบ พบว่าระบบมีประสิทธิภาพในการทำงานระดับมากทุกด้าน

คำสำคัญ: ระบบบริหารจัดการ; การพัฒนาระบบ; เทคโนโลยีสารสนเทศ

Abstract

The objectives of this research are to analyze and design a management system for Tofu & Fah Mushroom Farm House online to develop a sales management system to have a variety of channels. And to assess the consistency of the Tofu & Fah Mushroom Farm House Management System online, the population and sample groups were: Tofu & Fa Mushroom Farming Group, 28 people, 9 information technology experts, using a specific selection method. research tools This time consisted of 1) Field trips to study the problems of the existing system 2) Document form for study, analysis, design and development

of the system 3) System performance evaluation form which uses content analytics and use statistics for analysis such as mean and standard deviation. by analyzing, designing and developing the system according to the SDLC system development cycle Using Visual Studio Code to create websites, Xampp to manage databases and Adobe Photoshop to design images. The results of the study revealed that system users prefer the system style. that can support the work in basic information management The mean was 4.19 standard deviation was 0.793 in terms of sales management. The mean is 4.43 and the standard deviation is 0.565 side of the report The mean was 4.36 standard deviation was 0.557 and after developing a system that meets the requirements Has evaluated the performance of the system users. It was found that the system had a high level of efficiency in all aspects.

Keywords: Management system; system development; information technology

บทนำ

กลุ่มบ้านฟาร์มเห็ด เต้าหู้&ฟ้า ก่อตั้งขึ้นเมื่อวันที่ 16 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 บนเนื้อที่กว่า 5 ไร่ ตั้งอยู่ที่ บ้านเลขที่ 238 หมู่ 16 บ้านดงส้มพันธ์ ตำบลเพ็ญ อำเภอเพ็ญ จังหวัดอุดรธานี ดำเนินการเกี่ยวกับการผลิตก้อนเห็ด โดยซื้อวัตถุดิบมาผลิต และจำหน่ายก้อนเห็ด และเป็นแหล่งเรียนรู้การเพาะเห็ด เก็บผลผลิตด้วยตัวเอง โดยไม่มีการจ้างแรงงาน ได้พบปัญหา ดังนี้ 1. ด้านการเพาะปลูก คือ ไม่สามารถระบายน้ำของก้อนเห็ดได้ชัดเจน เช่น วัน เวลาที่เพาะปลูกเห็ด 2. ด้านบัญชีการเงิน คือ เนื่องจากเดิมระบบบัญชีมีเพียงบันทึกรายวัน รายเดือนและรายปี แต่ไม่มีการบันทึกการคำนวณหาต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรในการผลิตแต่ละครั้ง 3. ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย คือ ยังมีการจัดจำหน่ายเพียงช่องทางเดียว ทำให้รูปแบบการจัดจำหน่ายยังไม่หลากหลาย จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น กลุ่มบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า มีความต้องการได้รับการสนับสนุน ด้านการจัดจำหน่าย เพื่อเพิ่มช่องทางในการขายในรูปแบบออนไลน์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์มุ่งเน้นในเรื่อง วิเคราะห์และออกแบบระบบบริหารจัดการฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า ออนไลน์ พัฒนาระบบจัดการขายสินค้าให้มีหลากหลายช่องทาง และประเมินประสิทธิภาพระบบที่พัฒนาขึ้น เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ (2562) โดยใช้กระบวนการวงจรการพัฒนา ระบบ (System Develop Life Cycle: SDLC) และใช้โปรแกรม CSS ประกอบกับ Java script และ HTML ในการพัฒนาระบบ ทั้งนี้ได้ศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา ธนกร สุวรรณโสภณ และคณะ (2560) ได้พัฒนาระบบเว็บไซต์ขายสินค้าไอทีออนไลน์ ทั้งนี้การออกแบบระบบเน้นใช้ CSS ประกอบกับ Java script และ HTML โดยได้สร้างขึ้นเพื่อให้ง่ายต่อการดูแล การอัปเดตข้อมูลและสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการ มีการบันทึกช่วงเวลาที่ใช้สำหรับระบบ และทำการแก้ไขได้ และได้ศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา เอกลักษณ์ รั้งสิกรพุม (2560) ได้พัฒนาระบบ ร้านขายรองเท้าออนไลน์ มีส่วนประกอบในการใช้งาน 3 ส่วน คือ ส่วนของผู้ซื้อ ส่วนของผู้ขาย และส่วนของผู้ดูแลระบบ 2) ผลการประเมินคุณภาพระบบซื้อขายสินค้ามือสองออนไลน์ โดยรวมอยู่ในระดับ มาก และ 3) ผล

การสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบซื้อ-ขายสินค้ามือสองออนไลน์โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และยังสามารถศึกษากระบวนการพัฒนาระบบที่ผ่านมา ภัทสร จิตต์แข็ง และคณะ (2561) ได้พัฒนาระบบซื้อขายสินค้าออนไลน์ประเภทอุปกรณ์ทำเล็บแฟชั่น ที่สามารถ ประหยัดเวลาในการเดินทาง และมีระบบการซื้อสินค้าที่มีความทันสมัย มีระบบการสมัครสมาชิกและมีการ Login เข้าสู่ระบบเพื่อทำการสั่งซื้อสินค้า มีระบบซื้อสินค้าที่ใช้งานได้อย่างสะดวก จากการศึกษาเอกสารดังกล่าวที่เกี่ยวข้องและโดยใช้กระบวนการพัฒนาระบบ SDLC ผู้วิจัยเชื่อมั่นว่า การพัฒนาระบบที่พัฒนาขึ้นจะสามารถ สนับสนุนการทำงานของบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า ในเรื่องการขายออนไลน์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ระบบบริหารจัดการบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้ & ฟ้า ออนไลน์ เป็นงานวิจัยที่พัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ซื้อเป็นการวิจัยเชิงพัฒนา ซึ่งทำการศึกษาวิเคราะห์หรือออกแบบ และพัฒนาระบบเว็บไซต์เพื่อใช้สำหรับการออกแบบเว็บไซต์การซื้อขายผลิตภัณฑ์ในช่องทางออนไลน์

กลุ่มตัวอย่าง

- 1) สมาชิกฟาร์มเห็ดเต้าหู้ & ฟ้า อ.เพ็ญ จ.อุดรธานี จำนวน 28 คน
- 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 9 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 1) แบบประเมินประสิทธิภาพ บ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า ออนไลน์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลแบบเนื้อหา และใช้สถิติในการวิเคราะห์ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยพัฒนาแบบความสอดคล้องเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินแปรผลตามค่าเฉลี่ย ดังนี้

ระดับคะแนน 5	มากที่สุด
ระดับคะแนน 4	มาก
ระดับคะแนน 3	ปานกลาง
ระดับคะแนน 2	น้อย
ระดับคะแนน 1	น้อยที่สุด

ขั้นตอนวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการตามกระบวนการ SDLC ดังต่อไปนี้

- 1) กำหนดปัญหา (Problem Definition): ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล กำหนดประเด็นปัญหา จากการสอบถามปัญหาและความต้องการรูปแบบการใช้งานของระบบบริหารจัดการบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า ออนไลน์ จากผู้ประกอบการ และพนักงานบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า

2) การศึกษาความเหมาะสม (Feasibility Study) ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในด้านเครื่องมือที่ต้องนำมาใช้ในการพัฒนาระบบ ความพร้อมด้านบุคลากรผู้พัฒนาระบบ และผู้ใช้งาน และความคุ้มค่าในการพัฒนาระบบใหม่กับระยะเวลาดำเนินงาน

3) การวิเคราะห์ (Analysis) นำข้อมูลที่ได้จากขั้นกำหนดปัญหา มาใช้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบระบบงานใหม่ของระบบบริหารจัดการบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้& ฟ้า ออนไลน์ ด้วยแผนผัง (Flow Chart) และแผนภาพข้อมูล (Data flow Diagram) กระบวนการขั้นตอนในระบบ

4) การออกแบบ (Design): นำข้อมูลในขั้นการวิเคราะห์ มาดำเนินการออกแบบลักษณะการทำงานของระบบ ออกแบบส่วนดำเนินงานของผู้ใช้ (User Interface) ออกแบบฐานข้อมูล และออกแบบรูปแบบการใช้งานระบบ การใช้ซอฟต์แวร์ภาษา Visual code และฐานข้อมูลไฮโปรแกรม Xampp ในการออกแบบระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญร่วมตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะ

5) การพัฒนาและทดสอบ (Development & Test): ดำเนินการพัฒนาระบบ จากการออกแบบที่ได้ดำเนินงานไว้และดำเนินงานทดสอบ ทดลองข้อผิดพลาดของระบบ โดยนักศึกษาคณะคอมพิวเตอร์ธุรกิจจนเสร็จสมบูรณ์ ก่อนนำสู่การติดตั้งใช้งานจริง

6) การติดตั้งและการใช้งาน (Implement): ดำเนินการติดตั้งระบบ และประเมินประสิทธิภาพของระบบจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้ประกอบการ และพนักงานของบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้& ฟ้า ออนไลน์

7) บำรุงรักษา (Maintenance): นำผลการประเมินและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขระบบในส่วนต่าง ๆ เพื่อให้ได้ระบบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

ผลการทดลองและอภิปราย

1. วิเคราะห์และออกแบบระบบบริหารจัดการฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า ออนไลน์ พบว่าผู้ประกอบการและสมาชิก มีความต้องการรูปแบบการใช้งานระบบในด้านการจัดการข้อมูลพื้นฐาน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ดำเนินการออกแบบระบบงานใหม่ โดยวางแผนดังนี้ 1. โปรแกรมภาษา และโปรแกรมฐานข้อมูล ที่เหมาะสำหรับการพัฒนาระบบ คือโปรแกรมภาษา Visual code และระบบจัดการฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม Xampp มีความเหมาะสมในการพัฒนาระบบ 2. ความสามารถของระบบ ควรมีความสามารถในการเพิ่ม/แก้ไข/ลบ/ค้นหา และออกรายงานข้อมูลในรูปแบบตามเงื่อนไขต่าง ๆ มีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้ระบบโดยการ Login 3. หน้าจอดำเนินงานของระบบควรออกแบบให้ใช้งานง่าย มีการทำงานของการซื้อ-ขายสินค้าที่ชัดเจน สะดวกต่อการใช้งาน

2. พัฒนาระบบจัดการขายสินค้าให้มีหลากหลายช่องทาง ได้ดำเนินการพัฒนาระบบในรูปแบบการขายสินค้าทางออนไลน์ เพื่อตอบสนองความต้องการเพิ่มช่องทางในการขาย ที่สามารถจัดการข้อมูลพื้นฐาน จัดการงานขาย จัดการออกรายงาน และในการทำงานของแต่ละระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบบริหารจัดการฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า ออนไลน์ ผู้วิจัยได้ดำเนินงานออกแบบและพัฒนาระบบบริหารจัดการบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า ออนไลน์ ที่สอดคล้องต่อความต้องการ

ของผู้ใช้ระบบ ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ 1) ด้านจัดการข้อมูลพื้นฐาน 2) ด้านจัดการงานขาย 3) ด้านจัดการออกรายงาน

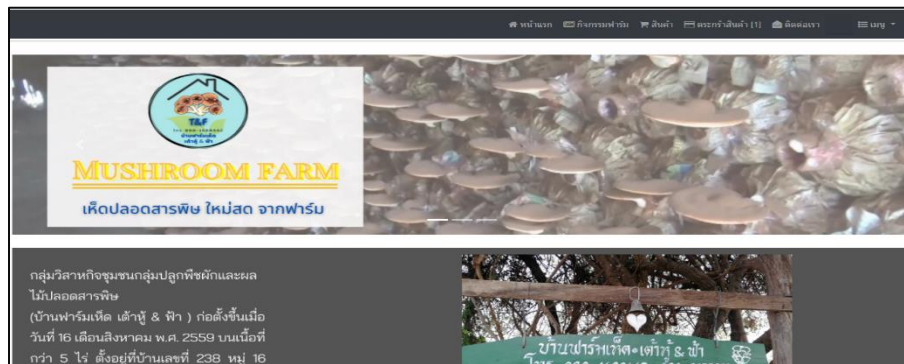
ทั้งนี้การดำเนินงานของระบบบริหารจัดการบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า ออนไลน์ ที่มีรูปแบบการดำเนินงานดังนี้

1) ด้านจัดการข้อมูลพื้นฐาน ประกอบด้วยการนำเข้าข้อมูลในเรื่องข้อมูลลูกค้า ข้อมูลสินค้า ข้อมูลผู้ดูแลระบบ โดยเมื่อมีครบถ้วนแล้วระบบจะบันทึกข้อมูลทั้งหมดไว้ในฐานข้อมูล และสามารถแสดงผลข้อมูลออกมาทางหน้าจอ

2) ด้านจัดการงานขาย สามารถลบ แก้ไข ค้นหา และแสดงรายละเอียดในส่วนต่าง ๆ ประกอบด้วยระบบการสั่งซื้อ ระบบชำระเงิน ระบบรับคำสั่งซื้อ ระบบส่งสินค้า

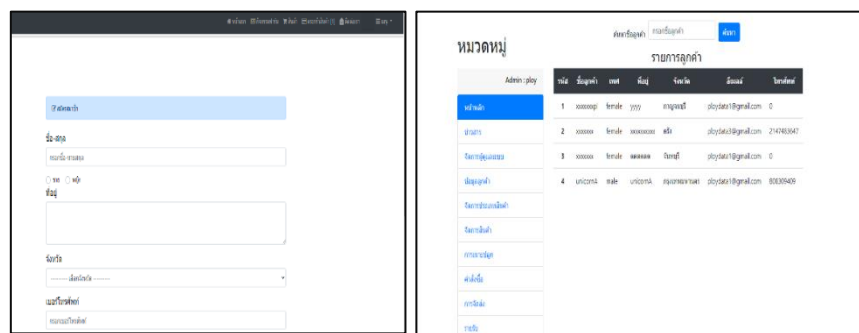
3) ด้านจัดการออกรายงาน สามารถสืบค้นได้จากเงื่อนไขที่กำหนดเช่น ประเภทรายงาน และวัน เดือน ปีที่ต้องการออกรายงาน

ซึ่งสามารถนำเสนอผลการพัฒนาระบบได้ดังนี้



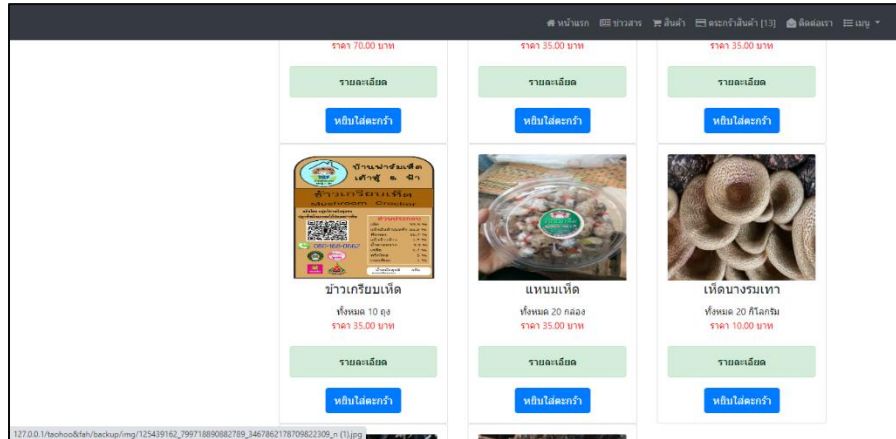
ภาพที่ 2 หน้าจอการทำงานเว็บไซต์ของหน้าแรก

จากภาพที่ 2 แสดงถึงการทำงานหน้าจอเว็บไซต์ของหน้าแรกของระบบบริหารจัดการบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า ออนไลน์ ประกอบไปด้วยเมนูการทำงานในส่วนจัดการข้อมูลพื้นฐาน ข้อมูลสมาชิก ข้อมูลสินค้า ข้อมูลผู้ดูแลระบบ



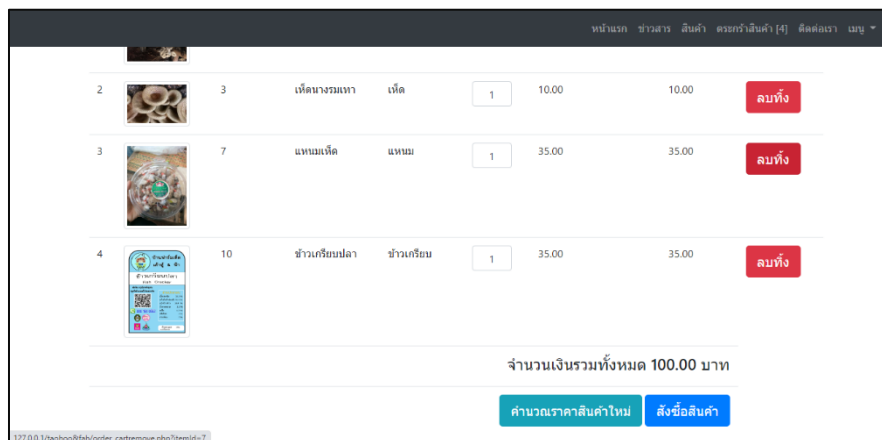
ภาพที่ 3 หน้าจัดการสมาชิกสมาชิก

จากภาพที่ 3 แสดงถึงส่วนงานจัดการสมัครสมาชิก ที่ดำเนินงานในส่วนจัดการข้อมูลพื้นฐาน ในส่วนงานจัดการข้อมูลสมาชิก ซึ่งประกอบไปด้วยการกรเพิ่มข้อมูลลูกค้าด้วยการกรอกรข้อมูลให้ครบถ้วน การบันทึกข้อมูลการลบข้อมูล และการแก้ไขข้อมูล โดยข้อมูลลูกค้าที่เพิ่มเข้ามาในฐานข้อมูลแล้วนั้น จะจัดแสดงในตารางข้อมูลลูกค้า ซึ่งสามารถค้นหาข้อมูลลูกค้าได้จากรหัสลูกค้า และชื่อลูกค้า



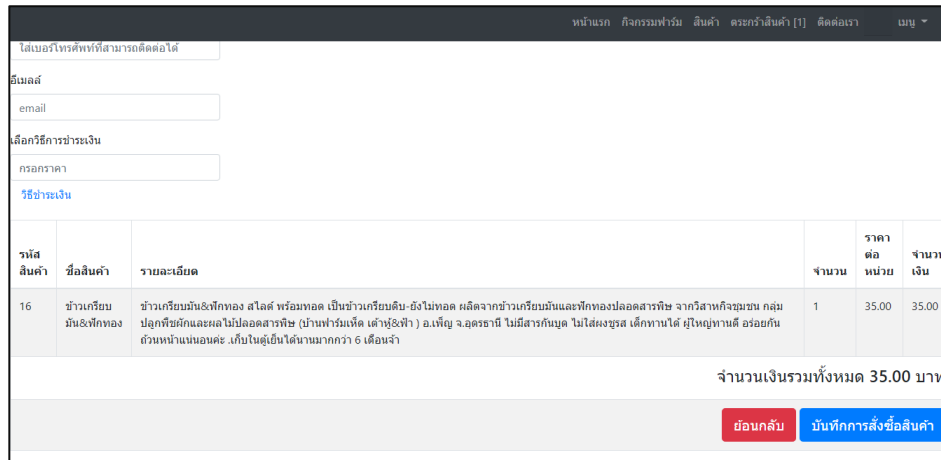
ภาพที่ 4 จัดการแสดงสินค้า

จากภาพที่ 4 แสดงถึงส่วนงานจัดการแสดงสินค้าหน้าร้าน ซึ่งประกอบด้วยปุ่มรายละเอียดของสินค้า หยิบใส่ตะกร้า สามารถค้นหาซื้อสินค้าจากชื่อสินค้าได้



ภาพที่ 5 จัดการสั่งซื้อสินค้า

จากภาพที่ 5 แสดงถึงส่วนงานจัดการจัดการสั่งซื้อสินค้า - หน้าร้าน ซึ่งประกอบด้วยปุ่มสั่งซื้อสินค้า คำนวณยอดสินค้า และลบการสั่งซื้อ สามารถดูรายละเอียดการสั่งซื้อได้



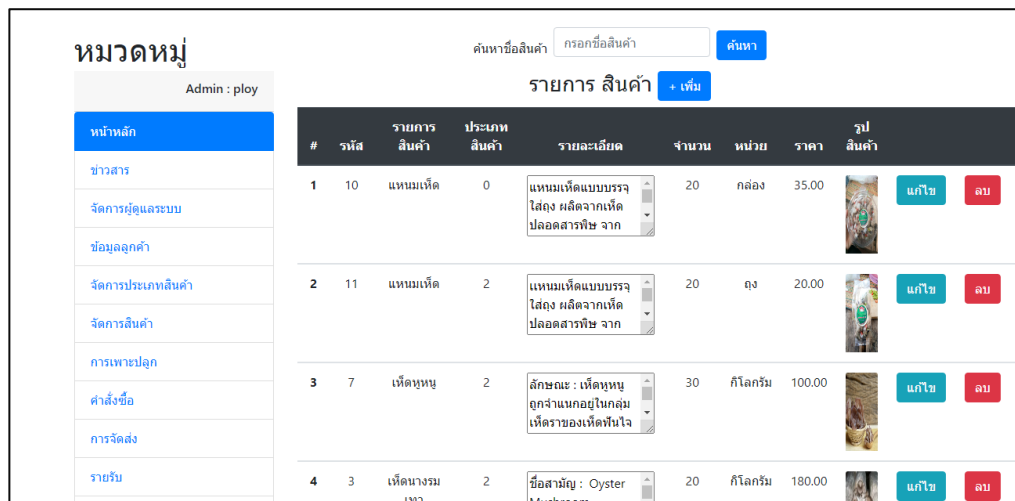
รหัสสินค้า	ชื่อสินค้า	รายละเอียด	จำนวน	ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน
16	ข้าวเกรียบมันฝรั่งทอด	ข้าวเกรียบมันฝรั่งทอด สไลด์ พร้อมทอด เป็นข้าวเกรียบดิบ-ยังไม่ทอด หลุดจากข้าวเกรียบมันและพักทอดปลอดสารพิษ จากวิสาหกิจชุมชน กลุ่มปลูกพืชผักและผลไม้ปลอดสารพิษ (บ้านไร่เห็ด ตำบลอุทัย) อ.เทพีย จ.อุดรธานี ไม่มีสารกันบูด ไม่ใส่ผงฟูรส เด็กทานได้ ผู้ใหญ่ทานดี รวยยกกันถ้วนหน้าแน่นอนคะ เก็บในตู้เย็นได้นานมากกว่า 6 เดือนจ้า	1	35.00	35.00





จำนวนเงินรวมทั้งหมด 35.00 บาท

[ย้อนกลับ](#) [บันทึกการสั่งซื้อสินค้า](#)

ภาพที่ 6 จัดการแจ้งชำระเงิน

จากภาพที่ 6 แสดงถึงส่วนงานจัดการจัดการแจ้งชำระเงิน - หน้าร้าน ซึ่งประกอบไปด้วยการนำเข้าสู่ข้อมูลโดยการอ้างอิงข้อมูลจากการสั่งซื้อ สามารถแสดงรายละเอียดในการสั่งซื้อ ปุ่มย้อนกลับ บันทึกการสั่งซื้อได้



#	รหัสสินค้า	ประเภทสินค้า	รายละเอียด	จำนวน	หน่วย	ราคา	รูปสินค้า
1	10	แฮมเห็ด	0	20	กล่อง	35.00	
2	11	แฮมเห็ด	2	20	ถุง	20.00	
3	7	เห็ดหูหนู	2	30	กิโลกรัม	100.00	
4	3	เห็ดนางรม (W)	2	20	กิโลกรัม	180.00	

ภาพที่ 7 จัดการข้อมูลสินค้า

จากภาพที่ 7 แสดงถึงส่วนงานจัดการข้อมูลสินค้า ซึ่งประกอบไปด้วยปุ่มแก้ไข ลบสินค้า แสดงรายละเอียดข้อมูลสินค้าทั้งหมด สามารถค้นหาโดยค้นหาจากชื่อสินค้าได้

Admin : ploy

ค้นหา

รายการ เพาะปลูก + เพิ่ม

#	รหัสสินค้า	วันที่เริ่มเพาะปลูก	วันที่เก็บ	จำนวน(ก.ก)	แก้ไข	ลบ
1	8	2021-03-18	2021-04-08	50	แก้ไข	ลบ
2	7	2021-03-01	2021-03-10	20	แก้ไข	ลบ
3	1	2021-03-01	2021-03-15	20	แก้ไข	ลบ

ภาพที่ 8 จัดการข้อมูลเพาะปลูก

จากภาพที่ 8 แสดงถึงส่วนงานจัดการจัดการจัดการข้อมูลเพาะปลูก ซึ่งสามารถกรอกข้อมูลการเพาะปลูก แก้ไข ลบ ค้นหาข้อมูลการเพาะปลูกได้โดยค้นหาจากวัน เดือน ปี การเพาะปลูก และสามารถแสดงรายละเอียดของการเพาะปลูกได้

Admin : ploy

ค้นหา

รายการ รับคำสั่งซื้อจากลูกค้า

#	วันที่สั่งซื้อ	หมายเลขสั่งซื้อ	รหัสสมาชิก	ที่อยู่จัดส่ง	ชื่อจังหวัด	ชื่อสินค้า	ยอดชำระ	สถานะ	ภาพสินค้า	ยืนยัน	ยกเลิก
1	2021-05-22	1	2	17/2 บ้านใหม่ ต.เมืองพาน อ.บ้านเคืองจ.อุตรธานี 41160	อุตรธานี		35	ชำระเงินแล้ว		ยืนยัน	ยกเลิก
2	2021-05-22	2	2	17/2 บ้านใหม่ ต.เมืองพาน อ.บ้านเคืองจ.อุตรธานี 41160	อุตรธานี		35	ชำระเงินแล้ว		ยืนยัน	ยกเลิก

ภาพที่ 9 จัดการรับคำสั่งซื้อจากลูกค้า

จากภาพที่ 9 แสดงถึงส่วนงานจัดการจัดการรับคำสั่งซื้อจากลูกค้า ซึ่งประกอบไปด้วยการนำเข้าข้อมูลโดยการอ้างอิงข้อมูลจากการสั่งซื้อสินค้าของลูกค้า ยืนยันออเดอร์ ยกเลิก และสามารถค้นหาข้อมูลการสั่งซื้อของลูกค้าโดยค้นหาจากเลขที่การสั่งซื้อได้

ภาพที่ 10 จัดการส่งสินค้า

จากภาพที่ 10 แสดงถึงส่วนงานจัดการจัดการจัดการส่งสินค้า ซึ่งประกอบไปด้วยการนำเข้าข้อมูลโดยการอ้างอิงข้อมูลจากการสั่งซื้อสินค้าของลูกค้า ปุ่มจัดส่ง ยกเลิก และสามารถแสดงรายละเอียดทั้งหมดเกี่ยวกับการจัดส่งสินค้า

ภาพที่ 11 จัดการรายรับ

จากภาพที่ 11 แสดงถึงส่วนงานจัดการจัดการจัดการรายรับ ซึ่งประกอบไปด้วยการนำเข้าข้อมูลโดยการอ้างอิงข้อมูลจากการกรอกข้อมูลการชำระเงินจากลูกค้า การกรอกรายรับของผู้ดูแลระบบ สามารถค้นหารายรับได้โดยการค้นหาจาก วัน เดือน ปี ของรายรับได้

#	วันที่	รายการ	จำนวน(บาท)	แก้ไข	ลบ
1	2021-03-14	ค่าอาหาร	500	แก้ไข	ลบ

ภาพที่ 12 จัดการรายจ่าย

จากภาพที่ 12 แสดงถึงส่วนงานจัดการจัดการรายจ่าย ซึ่งประกอบไปด้วยปุ่มแก้ไข ลบ ข้อมูล แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลรายจ่ายทั้งหมด และสามารถค้นหารายจ่ายได้โดยการค้นหาจาก วัน เดือน ปี ของรายจ่ายได้

ชื่อรายการ
ผู้ดูแลระบบ
ข้อมูลลูกค้า
ประเภทสินค้า
จัดการสินค้า
ข้อมูลเฉพาะปลูก
ข้อมูลการสั่งซื้อ
ข้อมูลการส่งสินค้า
ข้อมูลรายรับ
ข้อมูลรายจ่าย

ภาพที่ 13 จัดการออกรายงาน

จากภาพที่ 13 แสดงถึงส่วนงานการจัดการออกรายงาน โดยการทำงานในแต่ละรายการจะมีเงื่อนไขสำหรับการออกรายงาน โดยใช้เงื่อนไขจาก การเลือกประเภทรายงานที่ต้องการออกรายงาน รายละเอียดของรายงานจะแสดงออกมาอัตโนมัติ

3. ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า ออนไลน์ ผู้วิจัยได้ทดลองใช้ และประเมินประสิทธิภาพของระบบบริหารจัดการบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า ออนไลน์ จากผู้เชี่ยวชาญเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 9 คน และกลุ่มบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า จำนวน 28 คน ได้ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ แสดงตัวอย่างตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความสอดคล้องเว็บไซต์ “บ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า ออนไลน์”

ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	ผลการประเมิน		
	\bar{X}	S.D.	ระดับประสิทธิภาพ
ด้านการจัดการข้อมูลพื้นฐาน			
จัดการสมาชิก	4.14	0.891	มาก
จัดการแสดงสินค้า	4.25	0.799	มาก
จัดการข้อมูลสินค้า	4.11	0.875	มาก
จัดการเพาะปลูก	4.27	0.608	มาก
โดยรวม	4.19	0.793	มาก
ด้านการจัดการขาย			
จัดการสั่งซื้อสินค้า	4.38	0.545	มาก
จัดการรับคำสั่งซื้อจากลูกค้า	4.46	0.558	มาก
จัดการรับชำระเงินจากลูกค้า	4.46	0.558	มาก
จัดการส่งสินค้า	4.41	0.599	มาก
โดยรวม	4.43	0.565	มาก
ด้านการรายงาน			
จัดการรายรับ	4.38	0.545	มาก
จัดการรายจ่าย	4.11	0.567	มาก
การออกรายงาน	4.46	0.558	มาก
โดยรวม	4.36	0.557	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่าผลการประเมินประสิทธิภาพ ระบบบริหารจัดการบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้ & ฟ้า ออนไลน์ ส่วนใหญ่มีความเห็นว่าคุณภาพมาก

โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.46 ได้แก่ ระบบรับคำสั่งซื้อจากลูกค้า, ระบบรับชำระเงินจากลูกค้า, ระบบออกรายงาน รองลงมาคือค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.38 ได้แก่ ระบบสมาชิก, ระบบแสดงสินค้า, ระบบข้อมูลสินค้า-ด้านกระแสข้อมูล, ระบบสั่งซื้อสินค้า, ระบบรายรับ รองลงมาคือค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 คือ ระบบเพาะปลูก รองลงมาคือค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25

คือระบบแสดงสินค้า รองลงมาค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.14 คือ ระบบจัดการสมาชิก และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.11 คือ ระบบรายจ่าย ระบบข้อมูลสินค้า ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยพัฒนาระบบบริหารจัดการระบบบริหารจัดการบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า ออนไลน์ ครั้งนี้พัฒนาระบบ โดยได้ใช้โปรแกรมภาษา Visual code และโปรแกรม Xampp ในการพัฒนาระบบ โดยหลังการพัฒนาพบว่า ผู้ใช้ระบบประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ อยู่ในระดับมากทุกด้าน ทั้งในด้านการจัดการข้อมูลพื้นฐาน ด้านจัดการงานขาย และด้านออกรายงาน โดยทำให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพ สร้างความสะดวกในการดำเนินงานขององค์กรยิ่งขึ้น ซึ่งการดำเนินงานและผลการประเมินประสิทธิภาพระบบในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับการทำงานของ เอกลักษณ์ รังสิกรรพุม (2560) ร้านขายรองเท้าออนไลน์ มีส่วนประกอบในการใช้งาน 3 ส่วน คือ ส่วนของผู้ซื้อ ส่วนของผู้ขาย และส่วนของผู้ดูแลระบบ 2) ผลการประเมินคุณภาพระบบซื้อ-ขายสินค้ามือสองออนไลน์ โดยรวมอยู่ในระดับ มาก และ 3) ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบซื้อ-ขายสินค้ามือสองออนไลน์โดยรวมอยู่ในระดับ มาก ที่สุด

สรุปผลและเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาความต้องการรูปแบบระบบบริหารจัดการบ้านฟาร์มเห็ดเต้าหู้&ฟ้า ออนไลน์ ได้ดำเนินงาน โดยได้ใช้โปรแกรมภาษา Visual code และโปรแกรม Xampp ในการพัฒนาระบบ และระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสามารถสนับสนุนการทำงานให้แก่ผู้ประกอบการและผู้ใช้งานทั้งในด้านการจัดการข้อมูลพื้นฐาน เรื่องการจัดการข้อมูลสมาชิก เรื่องการจัดการข้อมูลสินค้า ด้านจัดการเพาะปลูกในเรื่องจัดการลงรายละเอียดของการเพาะปลูก เรื่องจัดการออกรายงาน โดยระบบกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้ระบบ ระบบการซื้อ-ขายที่ชัดเจน สะดวกต่อการใช้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจด้านการสั่งซื้อ เพื่อเกิดความเป็นหนึ่งเดียว ในการดำเนินงานรวดเร็วยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เกียรติพงษ์ อุดมชนะวีระ. (2562). *วงจรการพัฒนาาระบบ*. (System Development Life Cycle : SDLC).

<https://dol.dip.go.th/th/category/>

ธนกร สุวรรณโสภณ และคณะ. (2560). *การพัฒนาาระบบเว็บไซต์ขายสินค้าไอทีออนไลน์*. [https://e-](https://e-research.siam.edu/)

[research.siam.edu/](https://e-research.siam.edu/)

ภัสสร จิตต์แข็ง และคณะ. (2561). *ระบบซื้อขายสินค้าออนไลน์ประเภทอุปกรณ์ทำเล็บแฟชั่น*. <https://bit.ly/3woFKFj>

เอกลักษณ์ รังสิกรรพุม. (2560). *ร้านขายรองเท้าออนไลน์*. <https://www.google.com/>

การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดีไว้ใช้ในครัวเรือนชุมชนบ้านบาก
ตำบลบงเหนือ อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร

Technology Transferring For High Quality Rice Seed Production For Using Of Ban bak,
Bong Nuea, Sawang Daen Din District, Sakon Nakhon Province, Thailand

สุภาภรณ์ จันทะนุด^{1*} ภาณุตย์ นายพันธ์² รัชชานนท์ สมบูรณ์ชัย³ ประมินทร์ นาระทะ⁴

สาขาวิชาการพัฒนากฎมีสังคมอย่างยั่งยืน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้^{1,2,3,4}

*Corresponding author: Email: hironrom@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพ และประเมินผล การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์คุณภาพให้กับเกษตรกรชุมชนบ้านบาก ตำบลบงเหนือ อำเภอสว่าง แดนดิน จังหวัดสกลนคร โดยการสุ่มแบบเจาะจงจากเกษตรกร จำนวน 17 คน เครื่องมือการวิจัย คือ แบบ ประเมินผล แบบทดสอบ และ แบบบันทึก สำหรับกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ประกอบด้วย 1) การศึกษาดู งานการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว 2) จัดฝึกอบรมการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดี และ 3) การให้เกษตรกรจัดทำแปลง ตามกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ นำผลการวิจัยมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ยและร้อยละ ผลการศึกษา พบว่าการประเมินกระบวนการศึกษาดูงาน เกษตรกรมีความพึงพอใจโดยรวมในระดับมากที่สุด ส่วนการ ถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยวิธีฝึกอบรม ใช้แบบทดสอบการพัฒนาความรู้ของเกษตรกรก่อน และหลังการอบรม พบว่า ก่อนฝึกอบรมมีระดับคะแนนเฉลี่ย 14.5 คะแนน และหลังการอบรมมีระดับคะแนน เฉลี่ย 21.6 คะแนน กระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีประเมินคุณภาพผลผลิตข้าวพบว่า ก่อนการถ่ายทอด เทคโนโลยีคุณภาพตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวของเกษตรกรผ่านมาตรฐานร้อยละ 17.7 และหลังการถ่ายทอด เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ข้าวผ่านมาตรฐานร้อยละ 64.7 จากที่เกษตรกรเข้าร่วมกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยี ตามขั้นตอนดังกล่าวสามารถทำให้เกษตรกรมีความรู้และความเข้าใจการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพและ สามารถพึ่งพาตนเองได้ ต่อไป

คำสำคัญ : เมล็ดพันธุ์; การถ่ายทอดเทคโนโลยีชุมชน

Abstract

This research had an objective to transfer rice seed production technology and assess the results of technology transfer for farmers at Ban Bak, Bong Nuea sub district, Sa wang Dan Din district in Sakon Nakhon province by selecting 17 farmers purposively. Research tools consisted of assessment forms tests and record forms. The technology transfer process consisted of 1) a study tour of rice seed production, 2) training on the production of good quality rice seeds, and 3) having farmers prepare rice seed production field according to the rice seed production process. The results of the research were analyzed by finding the average and the percentage. The results showed that farmers had the highest level of overall satisfaction on the study tour. Technology transfer of rice seed production by training had a significant effect on knowledge of farmers. The average pre-test score was 14.5 and the average post-test score was 21.6. Regarding the rice seed quality, the percentage of rice seed from farmers that passed the standard before and after training was 17.7 and 64.7, respectively. In conclusion, farmers could apply knowledge from this study for their rice seed production with the goal of self-reliance.

Keywords: Seed; Community Technology Transfer

บทนำ

เมล็ดพันธุ์เป็นปัจจัยที่สำคัญในการผลิตและลดต้นทุนการผลิตข้าว การใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่ได้มาตรฐานเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณภาพและผลผลิตข้าวของประเทศไทยลดลง ปัญหาของการผลิตมีหลายปัจจัย ได้แก่ การจัดการแปลงผลิต ผลผลิตต่อพื้นที่ต่ำและไม่มีคุณภาพ ซึ่งเกิดจากการเลือกพันธุ์ปลูกไม่เหมาะสมกับพื้นที่ เมล็ดพันธุ์ที่นำมาใช้มีการปนพันธุ์เนื่องจากการผลิตข้าวที่หลากหลายในแหล่งเพาะปลูกเดียวกัน (ปริยวรัตน์ จอมดวง และพรชูลีย์ นิลวิเศษ, 2557) นอกจากนั้นปัญหาด้านการตลาด ราคา แหล่งน้ำในการผลิต ต้นทุนในการผลิต การถ่ายทอดเทคโนโลยีไม่เพียงพอ ขาดเงินทุนและความรู้ในการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม และเมล็ดพันธุ์คุณภาพไม่เพียงพอ (นิตินวรัตน์, 2556) ปัจจุบันเกษตรกรในประเทศไทยมีความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าว 1.3 ล้านตันต่อปี แยกเป็นเมล็ดพันธุ์ที่ต้องการทางตลาด จำนวน 758,000 ตัน และส่วนที่เหลือจำนวน 542,000 ตัน เกษตรกรจะเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวไว้ใช้เอง (กรมการข้าว, 2559) ซึ่งเมล็ดพันธุ์ข้าวของเกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่ได้มาตรฐาน มีพันธุ์อื่นปน เกินกว่ามาตรฐานเมล็ดพันธุ์กำหนด (พรทิพย์ ถาวงค์ และประโยชน์ เจริญธรรม, 2541) ทำให้เกษตรกรมีผลผลิตข้าวเฉลี่ยต่อไร่ต่ำกว่าและต้นทุนการผลิตสูงกว่าการปลูกข้าวจากเมล็ดพันธุ์คุณภาพ (อาวีกร ปกป้อง และศานิต แก้วเอี่ยม, 2556) จากการศึกษารวบรวมพบว่าแนวทางหนึ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาผลผลิตข้าวด้วยคุณภาพและการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ดีของเกษตรกร คือ

การถ่ายทอดเทคโนโลยีประกอบกับส่งเสริมให้เกษตรกรมีการจัดทำแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวไว้ใช้เองและกระจายเมล็ดพันธุ์ดีในชุมชน

บ้านบาก หมู่ 4 ตำบลบงเหนือ อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร มีพื้นที่การเกษตร ประมาณ 1,500 ไร่ พื้นที่ทำนา 658 ไร่ ปลูกข้าวฤดูนาปีเพียงอย่างเดียว ในปี 2562 บ้านบากมีผลผลิตข้าวเฉลี่ย 460 กิโลกรัม ต่อไร่ (สยาม มาลัยชู, 2563) เกษตรกรมีการเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวไว้ใช้เอง แม้ว่าจะมีการใช้ข้าวพันธุ์ดีแต่เมล็ดพันธุ์ที่นำมาเพาะปลูกส่วนใหญ่เก็บไว้ใช้เองหลายรอบ มีการแลกเปลี่ยนกับเพื่อนบ้าน มีบางส่วนที่ขอรับการสนับสนุนจากกรมการข้าว แต่นำมาปลูกในพื้นที่ที่มีปัญหาข้าวปน ข้าวแดง และปลูกข้าวหลายพันธุ์ในแหล่งผลิตเดียวกัน จึงทำให้เกิดปัญหาผลผลิตไม่มีคุณภาพ ส่งผลต่อราคาผลผลิต นอกจากนี้ยังพบว่าเกษตรกรในชุมชนขาดความรู้และเทคโนโลยีที่จะส่งเสริมสนับสนุนในการผลิตข้าวให้มีคุณภาพเนื่องจากอยู่ห่างไกลหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จากปัญหาดังกล่าวอาจทำให้ส่งผลกระทบต่อเกษตรกร คือ เรื่องของการบริโภคข้าวไม่มีคุณภาพและจำหน่ายผลผลิตได้ในราคาต่ำ ปัญหาที่พื้นที่ทำนา คือ มีข้าวแดง ข้าวปน เป็นจำนวนมาก และปัญหาต่อประเทศชาติซึ่งอาจถูกกีดกันทางการค้าจากประเทศคู่ค้า และสร้างปัญหาให้กับผู้ส่งออกข้าวเนื่องจากข้าวไม่มีคุณภาพ ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาโครงการฯ นี้โดยการดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดีไว้ใช้ในครัวเรือนให้กับเกษตรกรชุมชนบ้านบาก ตำบลบงเหนือ อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร มีวัตถุประสงค์เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวและประเมินผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี ให้เกษตรกรได้รับองค์ความรู้และมีประสบการณ์สามารถนำเทคโนโลยีไปปรับใช้ในการผลิตข้าวให้ได้คุณภาพและสามารถพึ่งพาตนเองได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการทำวิจัยแบบผสมผสานระหว่างการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ (Mixed Method) โดยมีอุปกรณ์และวิธีการวิจัยดังนี้

1. การเลือกพื้นที่ ดำเนินการในพื้นที่บ้านบาก หมู่ 4 ตำบลบงเหนือ อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร โดยการจัดประชุมวิเคราะห์ปัจจัยสภาพแวดล้อม (SWOT Analysis)
2. ประชากร ดำเนินการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) ซึ่งเป็นเกษตรกรที่อาสาสมัครรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว จำนวน 17 ราย จากการดำเนินการจัดประชุม
3. การเลือกเครื่องมือ ในการนำเกษตรกรศึกษาดูงาน ฝึกอบรม และจัดทำแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยใช้เครื่องมือ คือ
 - 3.1 การประเมินความพึงพอใจและความรู้ที่ได้รับจากการศึกษาดูงาน ใช้แบบประเมินความพึงพอใจและประเมินความรู้ที่ได้รับจากการศึกษาดูงาน
 - 3.2 การประเมินผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี ใช้แบบทดสอบวัดความรู้ ทักษะและสมรรถภาพด้านการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนและหลังฝึกอบรมการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว

3.3 การประเมินผลการจัดทำแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ ใช้แบบบันทึกข้อมูลผลวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนและหลังการจัดทำแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ข้าวปน ข้าวแดง เปอร์เซ็นต์ความงอก ความชื้น เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ และสิ่งเจือปน

4. การรวบรวมข้อมูล จากแบบประเมิน แบบทดสอบ และแบบบันทึกข้อมูล

5. การวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย

5.1 วิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย จากแบบประเมินความพึงพอใจจากการศึกษาดูงาน

5.2 วิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติเชิงอนุมาน และการเปรียบเทียบโดยสถิติ T-test จากแบบทดสอบความรู้

5.3 วิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย จากแบบบันทึกข้อมูลผลการวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

การศึกษานี้เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพที่ประกอบด้วย การศึกษาดูงาน การฝึกอบรม และการจัดทำแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว และประเมินผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์คุณภาพให้กับเกษตรกร โดยมีผลการศึกษาดังนี้

ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร จากการเก็บรวบรวม พบว่า เกษตรกรที่เข้าร่วมกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีอายุเฉลี่ย 57 ปี เป็นเพศหญิง ร้อยละ 76.5 เพศชาย ร้อยละ 23.5 มีอายุ 41-50 ปี ร้อยละ 29.4 อายุ 51-60 ร้อยละ 35.3 และอายุมากกว่า 60 ร้อยละ 35.3 สำเร็จการศึกษาในระดับประถมศึกษา ป.4 ร้อยละ 41.2 ประถมศึกษา ระดับ ป.6 ร้อยละ 41.2 มัธยมศึกษาตอนต้น ม.3 ร้อยละ 5.9 และมัธยมศึกษาตอนปลาย ม.6 ร้อยละ 11.7 เคยมีประสบการณ์ในการศึกษาดูงาน ร้อยละ 29.4 และไม่เคยศึกษาดูงาน ร้อยละ 70.6 มีผลการประเมินจากกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยี ได้แก่

1. ผลการประเมินจากการศึกษาดูงาน

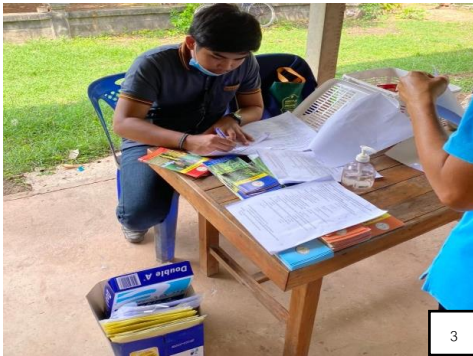
จากการประเมินความพึงพอใจในการศึกษาดูงานซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยี พบว่าข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของเกษตรกร มีความพึงพอใจโดยรวมหลังจากศึกษาดูงานในระดับมากที่สุด 4.67 คะแนน องค์ความรู้ที่ได้รับในด้านกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวในระดับมากที่สุด 4.60 คะแนน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ระดับความคิดเห็นที่รับจากการศึกษาดูงาน

หัวข้อการประเมิน	ความพึงพอใจ	
	\bar{X}	ระดับ
1. ความพึงพอใจโดยรวม	4.71	มากที่สุด
2. การอำนวยความสะดวกในการเยี่ยมชม/ศึกษาดูงาน	4.65	มากที่สุด
3. เอกสารประกอบการเยี่ยมชม/ศึกษาดูงาน	4.53	มากที่สุด
4. ความเหมาะสมของสถานที่ในการต้อนรับคณะศึกษาดูงาน	4.71	มากที่สุด
5. ความสุภาพเรียบร้อยและความเต็มใจในการต้อนรับ	4.88	มากที่สุด
6. ความเหมาะสมของเวลาในการศึกษาดูงานตามสถานที่ต่างๆ	4.65	มากที่สุด
7. องค์ความรู้ที่ได้รับในด้านกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว	4.60	มากที่สุด
7.1 กระบวนการรวมกลุ่มของเกษตรกรของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว	4.56	มากที่สุด
7.2 วิธีการบริหารจัดการของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว	4.74	มากที่สุด
7.3 การจัดทำแปลงของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว	4.59	มากที่สุด
7.4 รูปแบบการรับซื้อคืนของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว	4.59	มากที่สุด
7.5 การวิเคราะห์คุณภาพของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว	4.59	มากที่สุด
7.6 การปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว	4.59	มากที่สุด
7.7 การตลาดของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว	4.56	มากที่สุด
7.8 การนำรูปแบบการผลิตของกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ไปปรับใช้	4.62	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.67	มากที่สุด

2. ผลการประเมินคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนและหลังการจัดทำแปลง

ผลการวิเคราะห์ข้าวเปลือกพันธุ์ กข6 ของเกษตรกร จำนวน 17 ตัวอย่าง ก่อนเข้าร่วมโครงการ มีเมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ เฉลี่ย ร้อยละ 97.46 มีสิ่งเจือปน เฉลี่ย ร้อยละ 2.54 มีข้าวเจ้า/ข้าวเหนียวปนใน 500 กรัม เฉลี่ย 90.88 เมล็ด มีเมล็ดพันธุ์อื่นปนใน 100 กรัม เฉลี่ย 12.94 เมล็ด มีข้าวแดงปนใน 500 กรัม เฉลี่ย 15.4 เมล็ด มีความงอกเฉลี่ย ร้อยละ 97.61 มีความชื้นเฉลี่ย ร้อยละ 11.84 เมล็ดพันธุ์ผ่านมาตรฐานร้อยละ 17.7 (ตารางที่ 2) ส่วนผลวิเคราะห์หลังเข้าร่วมโครงการมีเมล็ดพันธุ์ บริสุทธิ์ เฉลี่ย ร้อยละ 98.72 มีสิ่งเจือปน เฉลี่ย ร้อยละ 1.28 มีข้าวเจ้า/ข้าวเหนียวปนใน 500 กรัม เฉลี่ย 11.1 เมล็ด มีเมล็ดพันธุ์อื่นปนใน 100 กรัม เฉลี่ย 3.59 เมล็ด มีข้าวแดงปนใน 500 กรัม เฉลี่ย 3.71 เมล็ด มีความงอกเฉลี่ย ร้อยละ 99.12 มีความชื้นเฉลี่ย ร้อยละ 12.64 เมล็ดพันธุ์ผ่านมาตรฐานร้อยละ 64.7 ดังตารางที่ 3



ภาพที่ 1 การรับฟังบรรยาย การทำแบบทดสอบ การตรวจแบบทดสอบ การฝึกปฏิบัติตัดข้าวปนในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวของเกษตรกร ในการฝึกอบรมการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดี

ตารางที่ 2 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ของเกษตรกร ปี 2562

เกษตรกร ลำดับที่	เมล็ด พันธุ์ บริสุทธิ์ (%)	สิ่งเจือปน (ร้อยละ)	เมล็ด พันธุ์อื่น ปนใน 100 กรัม (เมล็ด) (เมล็ด)	ข้าวแดง ปนใน 500 กรัม (เมล็ด)	ข้าวเจ้า/ ข้าว เหนียว ปนใน 500 กรัม (เมล็ด)	ความ งอก (%)	ความชื้น (%)	ผ่าน/ ไม่ผ่าน
1	92.55	7.45	5	0	25	97.00	12.8	ไม่ผ่าน
2	99.04	0.96	22	66	100	99.00	11.0	ไม่ผ่าน
3	99.32	0.68	3	0	0	98.75	11.0	ผ่าน
4	98.12	1.88	11	1	100	97.75	13.5	ไม่ผ่าน
5	97.29	2.71	0	0	2	97.50	11.8	ผ่าน
6	97.06	2.94	20	8	200	98.25	12.8	ไม่ผ่าน
7	96.66	3.34	6	1	36	97.75	12.2	ไม่ผ่าน
8	97.47	2.53	16	40	200	93.75	11.3	ไม่ผ่าน
9	98.56	1.44	8	0	39	98.25	11.7	ไม่ผ่าน
10	98.97	1.03	18	3	100	98.25	12.4	ไม่ผ่าน
11	99.25	0.75	9	6	90	99.50	11.8	ไม่ผ่าน
12	97.35	2.65	15	47	100	98.25	11.5	ไม่ผ่าน
13	96.22	3.78	20	19	190	92.50	12.1	ไม่ผ่าน
14	95.98	4.02	42	1	150	97.00	11.2	ไม่ผ่าน
15	98.10	1.90	0	0	7	99.00	11.1	ผ่าน
16	98.78	1.22	5	10	56	98.75	11.7	ไม่ผ่าน
17	96.14	3.86	20	58	150	97.75	11.4	ไม่ผ่าน
ค่าเฉลี่ย	97.46	2.54	12.9	15.4	90.9	97.61	11.8	
ผ่าน	47.06	47.06	17.64	52.94	17.65	52.94	100.0	17.7

ตารางที่ 3 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ของเกษตรกร ปี 2563

เกษตรกร ลำดับที่	เมล็ด พันธุ์ บริสุทธิ์ (%)	สิ่งเจือปน (ร้อยละ)	เมล็ด พันธุ์อื่น ปนใน 100 กรัม (เมล็ด)	ข้าวแดง ปนใน 500 กรัม (เมล็ด)	ข้าวเจ้า/ ข้าว เหนียวปน ใน 500 กรัม (เมล็ด)	ความ งอก (%)	ความชื้น (%)	ผ่าน/ ไม่ผ่าน
1	98.21	1.79	3	0	9	99.25	12.9	ผ่าน
2	98.25	1.75	11	1	21	99.25	14.0	ไม่ผ่าน
3	99.16	0.84	9	0	31	99.75	11.0	ไม่ผ่าน
4	99.61	0.39	0	0	5	99.00	12.1	ผ่าน
5	98.53	1.47	1	6	3	99.25	13.0	ไม่ผ่าน
6	98.53	1.47	9	0	13	98.75	11.9	ไม่ผ่าน
7	98.67	1.33	15	51	24	99.00	13.1	ไม่ผ่าน
8	98.63	1.37	9	4	38	97.75	13.0	ไม่ผ่าน
9	98.00	2.00	0	0	1	98.75	14.0	ผ่าน
10	98.42	1.58	1	0	5	99.75	12.0	ผ่าน
11	98.51	1.49	0	0	1	99.25	12.7	ผ่าน
12	99.14	0.86	0	0	14	99.75	11.9	ผ่าน
13	98.89	1.11	0	0	4	99.75	12.0	ผ่าน
14	98.88	1.12	0	0	3	99.85	13.2	ผ่าน
15	99.16	0.84	1	0	8	97.00	12.1	ผ่าน
16	98.51	1.49	0	0	1	99.50	13.2	ผ่าน
17	99.20	0.80	2	1	7	99.50	12.8	ผ่าน
ค่าเฉลี่ย	98.72	1.28	3.6	3.7	11.1	99.12	12.6	
ผ่าน	100.0	100.0	70.6	88.2	76.5	100.0	100.0	64.7

เกษตรกรมีองค์ความรู้และความพึงพอใจโดยรวมหลังจากศึกษาดูงานในระดับมากที่สุด มีระดับคะแนนเฉลี่ยก่อนฝึกอบรม 14.5 คะแนน เมื่อเข้าอบรมแล้วมีระดับคะแนนเฉลี่ย 21.6 คะแนน และสามารถนำไปปฏิบัติงานในแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพสอดคล้องกับรายงานของ สันติภาพ แสงอมสิน (2555) พบว่าหลังการถ่ายทอดเทคโนโลยีเกษตรกรมีระดับความรู้เฉลี่ยรวมเพิ่มขึ้น คือ มีความรอบรู้ดี ร้อยละ 94.16 และมีความเข้าใจดี ร้อยละ 95.0 และนำเอาความรู้จากการถ่ายทอดเทคโนโลยีไปปฏิบัติสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ร้อยละ 90 ประกอบกับรายงานของ ณฐาพัชร์ วรพงศ์พัชร และคณะ (2563) พบว่าการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตข้าวไร่และเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตและสร้างความมั่นคงทางด้านอาหารให้แก่ชุมชนบนพื้นที่สูง โดยนำเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตข้าวไร่และเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพ จากการจัดเก็บองค์ความรู้และการให้ความรู้แก่ชาวชุมชน ส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการปลูกข้าวเป็นเมล็ดพันธุ์ ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ที่เกษตรกรได้รับค่อนข้างสูงขึ้น ระดับประสิทธิภาพการผลิตก็อยู่ในเกณฑ์สูงเช่นเดียวกัน ซึ่งสัมพันธ์กับ ประไพศรี จตุเทน (2551) และ วิยะดา สุทธิศักดิ์ (2560) ที่พบว่าความรู้ความเข้าใจ และทักษะในการจัดทำแปลงที่ได้รับหลังการถ่ายทอดเทคโนโลยีส่งเสริมให้เกษตรกรสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวผ่านมาตรฐานเพิ่มขึ้น ส่วนประสบการณ์การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว จำนวนครั้งที่เข้าฝึกอบรม ประกอบกับทัศนคติที่มีประโยชน์ต่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี (กิตติชาติ ชาติยานนท์, 2550) เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวให้ได้มาตรฐานของเกษตรกรเช่นกัน โดยจะเห็นได้ว่าก่อนการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีตัวอย่างข้าวเปลือกที่เหมาะสมในการนำไปเป็นเมล็ดพันธุ์ตั้งต้นเพื่อปลูกในแปลงนาผ่านมาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์เพียงร้อยละ 17.7 เนื่องจากไม่ได้ใช้เมล็ดพันธุ์ดีในการปลูกโดย สุรพล จตุพร และคณะ (2549) รายงานว่าการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดีตามด้วยการใช้สารกำจัดวัชพืชร่วมกับการจัดการน้ำตามด้วยตรวจตัดข้าวแดงตามระยะเวลา สามารถลดปริมาณต้นข้าวแดงที่ถูกตรวจตัดทุกช่วงระยะและมีระดับความรุนแรงลดลง 97.48-99.54 % จากการศึกษาก่อนการถ่ายทอดเทคโนโลยีเกษตรกรมีเมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ต่ำกว่ามาตรฐาน สิ่งเจือปน เมล็ดพันธุ์อื่นปนใน 100 กรัม ข้าวแดงปนใน 500 กรัม และข้าวเจ้า/ข้าวเหนียวปนใน 500 กรัม เกินมาตรฐาน หากนำไปเทียบกับมาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าวของกรมการข้าวชั้นพันธุ์จำหน่ายยอมให้มีเมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 98 สิ่งเจือปนไม่เกินร้อยละ 2 เมล็ดพันธุ์อื่นปนใน 100 กรัม ไม่เกิน 3 เมล็ด ข้าวแดงปนใน 500 กรัม ไม่เกิน 5 เมล็ด ข้าวเจ้า/ข้าวเหนียวปนใน 500 กรัม ไม่เกิน 15 เมล็ด ความงอกไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 และความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 (กรมการข้าว, 2560) เมื่อรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีแล้วเกษตรกรมีเมล็ดพันธุ์ข้าวผ่านมาตรฐานร้อยละ 64.7 ส่วนที่ไม่ผ่านมีสาเหตุมาจากเกษตรกรไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำที่ได้รับจากการฝึกอบรม เช่น ไม่มีการตัดข้าวปน มีการใช้รถเกี่ยวนวดข้าวโดยไม่ทำความสะอาด และเกษตรกรมีประสบการณ์ในการตัดข้าวปนน้อย จากผลวิเคราะห์มีเมล็ดพันธุ์อื่นปนใน 100 กรัม ข้าวแดงปนใน 500 กรัม และข้าวเจ้า/ข้าวเหนียวปนใน 500 กรัม เกินมาตรฐาน สอดคล้องกับรายงานของ พัดชา เศรษฐสุภา (2563) พบว่าการถ่ายทอดความรู้และแลกเปลี่ยนความรู้ด้านการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียวอินทรีย์ ส่งผลให้เกษตรกรที่ผลิตเมล็ดพันธุ์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียวผ่านมาตรฐานอินทรีย์ในระยะปรับเปลี่ยน ปีที่ 2 และผ่านมาตรฐานเมล็ดพันธุ์ จำนวน 14 ราย จาก 20 ราย ที่ไม่ผ่านมาตรฐานเนื่องจากมีข้าวเหนียวปนเกินมาตรฐานกำหนด เกิดจากสมาชิกมีพื้นที่แปลงเมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียวติดกับแปลงข้าวเจ้า ไม่ได้เกี่ยวข้าวบริเวณขอบแปลงออก มีการใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าว และ

ไม่ได้ตัดพันธุ์ปน สัมพันธ์กับอำพล ได้เงาสน (2561) ที่รายงานว่าการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดีโดยเกษตรกรมีส่วนร่วม เกษตรกรมีการปฏิบัติที่ถูกต้องในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว มีผลการทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวของเกษตรกรผ่าน 8 ราย ไม่ผ่าน 2 ราย เนื่องจากมีความบริสุทธิ์น้อยและมีเมล็ดพันธุ์อื่นปน สาเหตุมาจากความถี่ของการตรวจตัดข้าวปน การกำจัดวัชพืชและการเก็บเกี่ยวที่ใช้รถเกี่ยวที่ไม่มีกรควบคุม เกษตรกรที่ไม่ผ่านควรดำเนินการตามคำแนะนำและต้องมีการเรียนรู้ร่วมกันเพื่อการพัฒนาคุณภาพการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว

สรุปผลและเสนอแนะ

สรุปผล

1. การศึกษาดูงานเป็นส่วนหนึ่งของการถ่ายทอดเทคโนโลยี ทำให้เกษตรกรได้รับองค์ความรู้ในการปฏิบัติจริงจากบุคคลอื่นซึ่งจะสามารถนำมาปรับใช้ในการปฏิบัติงานของตนเอง โดยสังเกตได้จากความพึงพอใจโดยรวมหลังจากศึกษาดูงานอยู่ในระดับมากที่สุด
2. หลังจากเกษตรกรได้รับการถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยวิธีฝึกอบรมทำให้เกษตรกรมีระดับความรู้ ความเข้าใจในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวมากยิ่งขึ้น โดยพบว่ามีระดับคะแนนที่เพิ่มขึ้นหลังจากได้รับการฝึกอบรมที่ระดับคะแนนเฉลี่ย 21.6 คะแนน
3. การถ่ายทอดเทคโนโลยีสามารถทำให้เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจ มีทักษะ ประสบการณ์ และสามารถปฏิบัติงานในแปลงตามกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวได้อย่างถูกต้อง ส่งเสริมให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวมีคุณภาพดีเพิ่มขึ้น โดยหลังการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีเมล็ดพันธุ์ข้าวผ่านมาตรฐานเพิ่มขึ้นร้อยละ 64.7

เสนอแนะ

1. จากการศึกษาเกษตรกรเริ่มต้นผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเป็นปีแรก อาจยังมีการรับรู้ไม่ลึกซึ้ง ยังมีความเข้าใจในการปฏิบัติงาน และประสบการณ์น้อย ซึ่งสามารถหาความรู้หรือข้อมูลเพิ่มเติมได้จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่
2. จากการศึกษาเกษตรกรฝึกปฏิบัติการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวในแปลงของตนเองเพียงคนละ 1 แปลง จึงทำให้มีโอกาสดูแลและจัดการในแปลงได้อย่างทั่วถึงและส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ข้าวผ่านมาตรฐานมากขึ้น แต่หากมีการเพิ่มพื้นที่การผลิตเกษตรกรต้องจัดการแปลงนาให้สะอาดเพื่อลดข้าวเรื้อและข้าวปนในแปลงให้ได้มากที่สุด เช่น มีการล่อให้ข้าวเรื้อออกและไถกลบหลายรอบ และต้องกำจัดข้าวปนออกจากแปลงนาในทุกๆ ระยะเวลาเจริญเติบโตของข้าว รวมทั้งทำความสะอาดเครื่องมืออุปกรณ์ก่อนและหลังการใช้งาน เช่น รถไถ รถเกี่ยววนวด อย่างไรก็ตามหากเกษตรกรไม่ได้ผลิตเมล็ดพันธุ์เพื่อการค้าจึงไม่จำเป็นต้องทำในพื้นที่ปริมาณมาก
3. ในขณะที่ดำเนินการศึกษาเกิดภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนานส่งผลกระทบต่อทำให้เกษตรกรทำนาได้ล่าช้าและเกิดโรครະบาด ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ควรแนะนำหรือถ่ายทอดองค์ความรู้ในเรื่องของผลกระทบบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการปรับตัวเพื่อการพัฒนาการปลูกข้าวให้เกษตรกร
4. การศึกษาในพื้นที่หากจะให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดควรมีการบูรณาการระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อร่วมกันพัฒนาเกษตรกร

5. เมื่อเกษตรกรได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี หากเกษตรกรได้รับความรู้แต่ไม่นำไปปฏิบัติจะทำให้เกิดผลในทางตรงกันข้ามได้เช่นเดียวกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวบ้านช้างมิ่ง และศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวสกลนครที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการศึกษาดูงาน ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวสกลนครที่ให้การสนับสนุนเมล็ดพันธุ์ข้าวในการนำไปปลูกเพื่อจัดทำแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ของเกษตรกร ขอขอบคุณมูลนิธิชัยพัฒนาที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษากับผู้วิจัย และสุดท้ายขอขอบคุณเกษตรกรบ้านบาก และผู้นำชุมชน ตำบลบงเหนือ อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินการทดลองนี้

เอกสารอ้างอิง

- กิตติชาติ ชาตยานนท์. (2550). การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวของเกษตรกรให้ได้มาตรฐานตามโครงการศูนย์ส่งเสริมและผลิตพันธุ์ข้าวชุมชนในอำเภอสรรพพยา จังหวัดชัยนาท [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.
- กรมการข้าว. (2560). คู่มือการขยายพันธุ์ข้าว (พิมพ์ครั้งที่ 2). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- _____. (2559). นโยบายและแนวทางการดำเนินงานของกรมการข้าว ปี 2559. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- ณัฐพัทธ์ วรพงศ์, พัชรรัฐนันท์ พงศ์วิริทธิ์ธร, รุ่งทิภา ชูทอง, ชนัญญา สิ้นสิ้น และปิยะกุล อุทโท. (2563). การถ่ายทอดเทคโนโลยีการจัดเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่และการจัดพื้นที่ โดยใช้แผนที่ชุมชนเพื่อให้เกิดความมั่นคงอาหาร ในชุมชนบ้านยางเปา (อมก๋อย). วารสารการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 12(4), 1-12. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/mbs/article/view/240298/166889>
- นิตี นวรัตน์. (2556). ปัญหาของข้าวไทย. ไทยรัฐ. <https://www.thairath.co.th/content/360232>
- ประไพศรี จตุเทน. (2551). ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ดีของสมาชิกศูนย์ข้าวชุมชนในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ จังหวัดร้อยเอ็ด [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด.
- ปรียารัตน์ จอมดวง, สุนันท์ สีสังข์, และพรชุลย์ นิลวิเศษ. (2557). การตัดสินใจในการเลือกใช้พันธุ์ข้าวของเกษตรกรในอำเภอเมืองจังหวัดกำแพงเพชร. ใน การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 4 (หน้า 1-14). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- พัชชา เศรษฐฐากา. (2563). การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียวอินทรีย์ของวิสาหกิจชุมชนเมล็ดพันธุ์ข้าวอินทรีย์ดาวล้อมเดือนจังหวัดสกลนคร. วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่, 12(3), 171-186.
- พรทิพย์ ถาวงค์, และประโยชน์ เจริญธรรม. (2541). การสำรวจข้าวขึ้นน้ำของเกษตรกร. ใน การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาวประจำปี 2541 (หน้า 216-221). กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

- วิยะดา สุทธิศักดิ์. (2560). *ศักยภาพของเกษตรกรที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวจาก ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวเชียงใหม่ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]*. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุรพล จตุพร, อัญชลี ประเสริฐศักดิ์ และอมรรัตน์ อินทร์มัน. (2549). การจัดการข้าวแดงแบบผสมผสานในนา หวานน้ำตม. *วารสารวิชาการเกษตร*, 24(1): 83-96.
- สันติภาพ แสงอมสิน. (2555). *สัมฤทธิ์ผลของการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวแก่เกษตรกรสมาชิก ศูนย์ส่งเสริมและผลิตพันธุ์ข้าวชุมชนบัวสลี อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- สยาม มาลัยชู. (2563). *นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรชำนาญการ สำนักงานเกษตรอำเภอสว่างแดนดิน. 20 กุมภาพันธ์ 2563. สัมภาษณ์*.
- อัญชลี ประเสริฐศักดิ์, ลือชัย อารยะรังษฤษฎ์, วาสนา พันธุ์เพ็ง และสุนิยม ตาปราบ. (2552). การผลิตเมล็ดพันธุ์ บริสุทธิ์ “พันธุ์ข้าวแจ็กเชยสระบุรี”. ใน *ผลงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ข้าว ปี 2544-2551* (หน้า 123-133). กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว.
- อาวีกร ปกป้อง, และศานิต แก้วเอียน. (2558). การเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตข้าวเมล็ด พันธุ์กับข้าวเปลือกในเขตอำเภอลาดบัวหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 33(3), 1-8.
- อำพล ไต้เงาสน. (2561). *การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดีโดยเกษตรกรมีส่วนร่วม ของศูนย์ศึกษาการพัฒนา ห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ผลของความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูและความหนาแน่นของการบรรจุ
ต่ออัตราการรอดตายของปลานิลแดง

Effects of Clove Oil Concentration and Containing Density
on Survival Rates of Red Tilapia (*Oreochromis spp.*)

สาธิต คำผง^{1*} ภาวัต เจียมจิณฉัตร² วรินทร มณีรัตน์³

สาขาวิชาเอกการจัดการทรัพยากรเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช^{1,2,3}

*Corresponding author: E-mail: khamphong_13s@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูและความหนาแน่นของการบรรจุต่ออัตราการรอดตายของปลานิลแดง ขนาด 30.03 ± 1.05 กรัม และเปอร์เซ็นต์การรั่วซึมของถุงบรรจุปลานิลแดง เป็นการวิจัยเชิงทดลอง แบบ 4×4 แฟคทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในกลุ่ม (4×4 factorial in completely randomized design) ทดลอง 2 ปัจจัยร่วมกันที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง ปัจจัยที่ 1 (A) คือความเข้มข้นของน้ำมันกานพลู 4 ระดับ ที่ 10 (ชุดควบคุม), 15, 20 และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ปัจจัยที่ 2 (B) คือความหนาแน่นของปลานิลแดง 4 ระดับ ที่ 2, 3, 4 และ 6 ตัวต่อลิตร ผลการวิจัย พบว่า การใช้น้ำมันกานพลูที่ 20 และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลานิลแดงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม การใช้น้ำมันกานพลูที่ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ปลานิลแดงมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงที่สุด ความหนาแน่นในการบรรจุที่ 2 และ 3 ตัวต่อลิตร อัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลานิลแดงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับความหนาแน่นในการบรรจุที่ 6 ตัวต่อลิตร ความหนาแน่นในการบรรจุที่ 2 และ 3 ตัวต่อลิตร ปลานิลแดงมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงที่สุด เมื่อวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัย พบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) การใช้น้ำมันกานพลูที่ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับความหนาแน่นในการบรรจุปลานิลแดง 2, 3, 4 และ 6 ตัวต่อลิตร ไม่พบเปอร์เซ็นต์การรั่วซึมของถุงบรรจุปลานิลแดง สำหรับค่าคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ผลงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูและความหนาแน่นของการบรรจุมีผลต่ออัตราการรอดตายของปลานิลแดง

คำสำคัญ: ปลานิลแดง; น้ำมันกานพลู; ความหนาแน่นในการบรรจุ; อัตราการรอดตาย

Abstract

The research aimed to study the effects of clove oil concentration and containing density on survival rates of red tilapia (*Oreochromis spp.*) size 30.03 ± 1.05 g and percentage of leakage in the red tilapia packaging bags. This experiment was the experimental research using 4x4 factorial in completely randomized design, there were 2 factors at 12 hours. The experiment two common factor at 12 hours. Factor 1 (A) was concentration of clove oil 4 levels at 10 (control), 15, 20 and 25 milligram/liter and factor 2 (B) was the stocked densities of red tilapia 4 levels at 2, 3, 4 and 6 individual/liter. Research findings were using clove oil at 20 and 25 milligram/liter the average survival rate there was statistically significant difference ($P < 0.05$) when compared with control unit. Using clove oil at 25 milligram/liter the average survival rate of red tilapia highest. Containing density at 2 and 3 individual/liter the average survival rate there was statistically significant difference ($P < 0.05$) when compared with containing density at 6 individual/liter. Containing density at 2 and 3 individual/liter the average survival rate of red tilapia highest. When analyzing the combined influence of the two factors were not significantly different ($P > 0.05$). Using clove oil at 25 milligram/liter together with containing density at 2, 3, 4 and 6 individual/liter no percentage of leakage was found in the red tilapia packaging bags. At the end of the experiment, water quality parameters were set in standard level. The results showed that concentration of clove oil and containing density there were affects the survival rate survival rates of red tilapia.

Keywords: Red Tilapia, Clove Oil; Containing Density; Survival Rates; Transportation Costs

บทนำ

ปลานิลสีแดง เป็นชื่อที่ได้รับการพระราชทานจากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามมกุฎราชกุมารี เมื่อวันที่ 2 มกราคม 2527 แต่นิยมเรียกกันว่า “ปลานิลแดง” ซึ่งกรมประมงได้ส่งปลานิลสีแดงไปตรวจสอบพันธุ์ ณ มหาวิทยาลัยสเตอริง ประเทศสหราชอาณาจักร และมหาวิทยาลัยฟิลิปปินส์ ประเทศฟิลิปปินส์ ด้วยการวิเคราะห์อัลโลไซม์ที่ควบคุมยีนบางชนิด พบว่ามีความถี่ปลานิล 78 เปอร์เซ็นต์ และปลาหมอคาง 22 เปอร์เซ็นต์ (มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, สุภัทรา อุไรวรรณ และพรรณศรี จริโมภาส, 2530, น. 20) ปลานิลแดงที่มีการเพาะเลี้ยงในประเทศไทยมีความหลากหลายของสายพันธุ์ กรมประมง โดยกองวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำได้มีการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ “ปทุมธานี 1” เป็นพันธุ์ปลานิลแดงที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์สำเร็จในปี 2552 โดยวิธีการคัดเลือกแบบดัดลักษณะตัวเองที่มีการประเมินจากค่าการผสมพันธุ์ของน้ำหนักรวม ในความเค็ม 25-30 ส่วนในพัน เพื่อให้มีการเจริญเติบโตเร็ว ให้ผลผลิตสูง และสามารถเลี้ยงได้ในน้ำเค็มระดับ 25-30 ส่วนในพัน (นวลมณี พงศ์ธนา, นนทป์วิธ ออกแดง, มัลลิกา ทองสง่า และประจักษ์ บัวเนียม, 2552, น. 412-420) ปลานิลแดง เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และมีการเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายทั่วประเทศ (นวลมณี พงศ์ธนา, 2553, น. 47) ปัจจุบันเกษตรกรมีการเลี้ยงปลานิลแดงโดยใช้รูปแบบการเลี้ยงในกระชัง สำหรับการขนส่งลูกปลานิลแดง

นั้น มีหลายวิธี เช่น การบรรจุลูกปลาลงในถุงพลาสติกและมีการเติมออกซิเจนลงไปโดยการมัดปากถุงให้แน่น และการบรรจุในถังพลาสติกขนาดใหญ่โดยมีการให้ออกซิเจนระหว่างการขนส่ง ในการขนส่งลูกปลานิลแดงขนาด 10-30 กรัม ไม่นิยมใช้ถุงพลาสติกในการขนส่ง เนื่องจากครีบของปลานิลแดงขณะมีการเคลื่อนไหว หรือ การตื่นตกใจจะทำให้ถุงพลาสติกเกิดการรั่วซึม ปลานิลแดงอาจเกิดความเสียหายระหว่างการขนส่ง ซึ่งการขนส่งลูกปลานิลแดงขนาดดังกล่าว นิยมใช้ถังไฟเบอร์ทรงสี่เหลี่ยมโดยมีการเติมอากาศและลดอุณหภูมิ แต่เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง การใช้ถุงพลาสติกในการบรรจุลูกปลานิลแดงขนาด 30 กรัมโดยใช้ความเข้มข้นน้ำมันกานพลูในการสลบ เพื่อการเคลื่อนไหว อากาศตื่นตกใจ จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และลดความเสี่ยงจากการรั่วซึมของถุงที่บรรจุซึ่งอาจส่งผลกระทบต่ออัตราการรอดตายของปลานิลแดงได้ การใช้ น้ำมันกานพลู (Clove oil) เป็นยาสลบในสัตว์น้ำ ในต่างประเทศได้รับความนิยมโดยใช้เป็นยาสลบปลากันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นสารสกัดจากพืช มีราคาถูก ปลอดภัยต่อปลาและมนุษย์ (วัชรวิภา ภูริวิโรจน์กุล, 2556, น. 655) สำหรับในประเทศไทย อุทร เจริญเดช, นนทวิทย์ อารีรัตน์, ประพันธ์ศักดิ์ ศิริษะภูมิ และดวงดาว ฉันทศาสตร์ (2552, น. 9-18) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของสารยูจีนอลจากน้ำมันกานพลูในการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลัน พบว่า ความเป็นพิษเฉียบพลันของสารยูจีนอลในน้ำมันกานพลูที่ทำให้ลูกปลานิลตาย 50% ที่ 24 ชั่วโมง (24-hr LC50) คือที่ระดับความเข้มข้น 16.95 มิลลิกรัมต่อลิตร และในการทดสอบประสิทธิภาพ โดยให้ปลานิลสัมผัสกับน้ำมันกานพลูที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ลูกปลานิลเข้าสู่ระยะ sedation ของการสลบ ที่ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ลูกปลาจะเข้าสู่ระยะที่ 5 ของการสลบ (loss of reflex reactivity) ภูริภัทร วงษ์แก้ว และทัศนีย์ นลวชัย (2558, น. 208-214) ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันกานพลูเพื่อใช้ในการสลบปลาเยือกเทศ (*Labeo rohita*) ขนาด 2 นิ้ว พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของน้ำมัน กานพลูที่ทำให้ปลาเยือกเทศรอดตาย 100 เปอร์เซ็นต์ คือ 52 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันกานพลูที่ทำให้ปลาเยือกเทศเกิดการสลบคือ 22 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลา 90 นาที เจนนุช ว่องธวัชชัย, พรชัย วจนสิทธิ์ศักดิ์, นุชนารถ ทิพย์มงคลศิลป์ และณัฐพล จงอรุณงามแสง (2549, น. 1-80) ศึกษาการพัฒนาสูตรตำรับสารละลายน้ำมันกานพลูเป็นยาสลบในสัตว์น้ำ พบว่า ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมสามารถเหนี่ยวนำให้ปลานิลสลบและฟื้นภายใน 2 นาที ความเข้มข้นของสารละลายน้ำมันกานพลูที่ 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดการเคลื่อนไหวของปลาได้อย่างรวดเร็วทำให้จับบังคับและชั่งน้ำหนัก ความเข้มข้น 400-500 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมสามารถเหนี่ยวนำให้ปลาแก่ลดความเคลื่อนไหวจนกระทั่งสลบภายในระยะเวลา 300 วินาที และฟื้นในเวลาไม่เกิน 60-250 วินาที วิจิตรา ตุงษ์ และณัฐพล ราชูภิมนต์ (2561, น. 1-7) ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันกานพลูในการสลบปลานิลขนาด 5, 10, 15 และ 20 เซนติเมตร พบว่าสารละลายน้ำมันกานพลูสามารถทำให้ปลานิลสลบได้ โดยปลานิลขนาดใหญ่จะต้องใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูสูงกว่าปลาขนาดเล็ก แต่ขณะเดียวกันการใช้ น้ำมันกานพลูในระดับความเข้มข้นสูงจะใช้เวลาน้อยในการชักนำให้สลบและสามารถสลบได้เป็นเวลานาน ระดับความเข้มข้นไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการตายและสุขภาพของปลานิล ปลานิลขนาด 5 และ 10 เซนติเมตร ควรใช้น้ำมันกานพลูความเข้มข้น 40-100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปลานิลขนาด 15 และ 20 เซนติเมตร ควรใช้น้ำมันกานพลูความเข้มข้น 60-100 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเหมาะสมกับการชั่งน้ำหนัก

การติดเครื่องหมาย การเก็บเลือดหรือการตรวจโรค แต่หากใช้เพื่อการขนส่งต้องมีการทดสอบหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อไป จากการศึกษาที่ผ่านมาดังกล่าวข้างต้นระดับความเข้มข้นที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของปลา อย่างไรก็ตาม การใช้ยาสลบเพื่อช่วยในการขนส่งพันธุ์สัตว์น้ำโดยเฉพาะลูกปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และลูกปลาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ควรมีความระมัดระวัง และควรมีการทดสอบหาระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่เหมาะสมกับชนิด ขนาดของปลา และความหนาแน่นในการบรรจุที่เหมาะสม งานวิจัยครั้งนี้ได้เห็นความสำคัญของการขนส่งปลานิลแดงขนาด 30 กรัมซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชังของเกษตรกร โดยได้ทำการทดลองในถุงพลาสติกทั้งนี้เพื่อการศึกษาความเข้มข้นของน้ำมันกานพลู และความหนาแน่นในการบรรจุที่เหมาะสมต่ออัตราการรอดตายของปลานิลแดง ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง ตลอดจนการศึกษาเปอร์เซ็นต์การรั่วซึมของถุงบรรจุปลานิลแดงจากการใช้ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลู และความหนาแน่นในการบรรจุที่แตกต่างกัน ซึ่งจะสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการการขนส่งปลาให้แก่ฟาร์มเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง จัดการทดลองแบบ 4x4 แฟคทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในกลุ่ม (CRD: Completely Randomized Design) ทำการทดลองในพื้นที่โล่งโดยใช้ตาข่ายสีดำสำหรับพรางแสง ใช้ปัจจัยทดลอง 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1 (A) คือ ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลู มี 4 ระดับ ได้แก่

A1 คือ ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชุดควบคุม)

A2 คือ ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร

A3 คือ ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

A4 คือ ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปัจจัยที่ 2 (B) คือ ความหนาแน่นของปลานิลแดง มี 4 ระดับ ได้แก่

B1 คือ ความหนาแน่นที่ 2 ตัวต่อลิตร

B2 คือ ความหนาแน่นที่ 3 ตัวต่อลิตร

B3 คือ ความหนาแน่นที่ 4 ตัวต่อลิตร

B4 คือ ความหนาแน่นที่ 6 ตัวต่อลิตร

ทำการทดลอง 2 ปัจจัยร่วมกัน โดยมีทรีตเมนต์ผสม (treatment combination) ทั้งหมด 16 ทรีตเมนต์ผสม แต่ละทรีตเมนต์ผสม มีจำนวน 2 ซ้ำ (replication) ทำการทดลองที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง

1. การเตรียมการวิจัย

1.1 การเตรียมน้ำมันกานพลู

นำน้ำมันกานพลู (Clove Oil) บริสุทธิ์มาผสมกับ Ethyl Alcohol 95% เพื่อให้ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยผสมในอัตราส่วน น้ำมันกานพลู 1 ส่วน ต่อ Ethyl Alcohol 9 ส่วน ผสมให้เข้ากันแล้วบรรจุเก็บไว้ในขวดแก้วสีชาหรือขวดทึบแสง จะได้น้ำมันกานพลูสำหรับการใช้ในการสลับปลา (stock solution) ที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

1.2 การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำลูกปลานิลแดงขนาด 2-3 เซนติเมตร มาอนุบาลในบ่อซีเมนต์ขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 8 เมตร ลึก 1 เมตร ให้อาหารชนิดเม็ดสำเร็จรูป จำนวน 2 มื้อต่อวัน อนุบาลลูกปลานิลแดงประมาณ 60 วัน (เดือนกรกฎาคม-เดือนกันยายน 2563) จากนั้นทำการคัดขนาดลูกปลานิลแดงให้มีขนาดน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 30 กรัมต่อตัว โดยนับจำนวนปลานิลแดงเพื่อใช้สำหรับการทดลอง จำนวน 120 ตัว และนำไปพักในถังพลาสติกขนาดบรรจุ 500 ลิตร

1.3 การเตรียมถุงและการเตรียมน้ำก่อนการบรรจุใส่ถุง

นำถุงพลาสติกขนาด 18 นิ้ว x 28 นิ้ว จำนวน 2 ใบมาซ้อนกันก่อนการบรรจุน้ำใส่ถุงเตรียมน้ำใส่ถุง ถุงละ 4 ลิตร โดยใส่น้ำมันกานพลูตามระดับความเข้มข้นที่ 10, 15, 20 และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร

1.4 ขั้นตอนการบรรจุลูกปลานิล

นับจำนวนลูกปลานิลใส่ถุงตามความหนาแน่นที่วางแผนการทดลอง โดยเติมอากาศ 2 ส่วนใน 3 ส่วน และมัดปากถุงพลาสติกด้วยยางให้แน่น

2. ขั้นตอนการทดลอง

หลังจากบรรจุปลานิลแดงใส่ถุง ทำการทดลองที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง โดยเริ่มต้นทดลองที่เวลา 6.00 น. และสิ้นสุดการทดลองที่เวลา 18.00 น. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำถุงที่บรรจุปลานิลแดงไปลอยน้ำในถังพลาสติกขนาดบรรจุ 50 ลิตรซึ่งมีการเติมน้ำ 40 ลิตร ประมาณ 5 นาที เพื่อให้อุณหภูมิน้ำในถุงและอุณหภูมิน้ำในถังใกล้เคียงกัน จากนั้นเปิดปากถุงและเก็บตัวอย่างน้ำในถุงสำหรับตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ทำการนับจำนวนปลานิลแดงที่ตายและบันทึกข้อมูล ส่วนจำนวนปลานิลแดงที่รอดตายของแต่ละถุงทำการนับลงในถังพลาสติกและเติมอากาศเพื่อให้ปลาได้มีการพักฟื้นและทำการจดบันทึกข้อมูล

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการทดลอง ดังนี้

3.1 บันทึกจำนวนปลาที่รอดตาย เพื่อคำนวณอัตราการรอดตาย (Survival rate : SR%) ตามวิธีของ (วิมลจันทร์โรทัย, 2536, น. 323-328) โดยใช้สูตร

$$\text{อัตราการรอดตาย} = \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตัว)}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง(ตัว)}} \times 100$$

3.2 บันทึกจำนวนถุงที่บรรจุลูกปลานิลแดงที่มีการรั่วซึม เพื่อบันทึกเปอร์เซ็นต์การรั่วซึมของถุงบรรจุลูกปลานิลแดง โดยคำนวณจาก

$$\text{เปอร์เซ็นต์การรั่วซึมของถุงบรรจุลูกปลานิลแดง} = \frac{\text{จำนวนถุงที่มีการรั่วซึม}}{\text{จำนวนทั้งหมด}} \times 100$$

3.3 การตรวจสอบคุณภาพน้ำและบันทึกข้อมูลดังนี้

1. อุณหภูมิของน้ำ (temperature) โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$)
2. ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (dissolved oxygen) โดยใช้ DO Test Kit มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร
3. ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยใช้ pH Test Kit
4. แอมโมเนีย (ammonia) โดยใช้ Ammonia Test Kit มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร
5. ไนไตรท์ (Nitrite) โดยใช้ Nitrite test kit มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปลานิลแดง ที่มีการใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูและความหนาแน่นที่ต่างกัน และ เปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปลานิลแดง ที่มีการใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูร่วมกับความหนาแน่นที่ต่างกันโดยใช้วิธี Tukey HSD Multiple comparisons ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลของความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูและความหนาแน่นของการบรรจุต่ออัตราการรอดตายของปลานิลแดง ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง มีผลการศึกษาตามตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 1 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลานิลแดง ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	A	B				SR ¹ (%)	A x B
		2	3	4	6		
12	10	75.00±0.00	75.00±0.00	75.00±0.00	29.17±5.89	63.54±21.33 ^b	
	15	100.00±0.00	100.00±0.00	93.75±8.84	54.17±64.82	86.98±32.08 ^{ab}	
	20	100.00±0.00	100.00±0.00	93.75±8.84	95.84±5.89	97.40±4.95 ^a	ns
	25	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00 ^a	
	SR ² (%)	93.75±11.57 ^x	93.75±11.57 ^x	90.63±11.08 ^y	69.79±40.08 ^y		
	P-value			0.03			
	P-value			0.02			
P-value			0.37				

หมายเหตุ A คือ ระดับความเข้มข้นน้ำมันกานพลู และ B คือระดับความหนาแน่นลูกปลานิลแดง
 A x B คือ อิทธิพลร่วมของระดับความเข้มข้นน้ำมันกานพลู และระดับความหนาแน่นลูกปลานิลแดง
 SR¹ คือ อัตราการรอดตายเฉลี่ยที่ระดับความเข้มข้น (A)
 SR² คือ อัตราการรอดตายเฉลี่ยที่ระดับความหนาแน่น (B)
^{a,b}ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งยกกำลังด้วยอักษรภาษาอังกฤษต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
^{x,y}ค่าเฉลี่ยในแนวนอนยกกำลังด้วยอักษรภาษาอังกฤษต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
 ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 2: เปอร์เซ็นต์การรั่วซึมของถุงบรรจุปลานิลแดง ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง

A	B				เปอร์เซ็นต์การรั่วซึมเฉลี่ย (%)
	2	3	4	6	
10	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
15	0.0	0.0	50.0	50.0	25.0
20	0.0	0.0	50.0	50.0	25.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
เปอร์เซ็นต์การรั่วซึมเฉลี่ย (%)	25.0	25.0	50.0	50.0	

หมายเหตุ A คือ ระดับความเข้มข้นน้ำมันกานพลู
 B คือ ระดับความหนาแน่นลูกปลานิลแดง

จากตารางที่ 1 พบว่าการใช้น้ำมันกานพลูที่ 10, 15, 20 และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลานิลแดงเท่ากับ 63.54 ± 21.33 , 86.98 ± 32.08 , 97.40 ± 4.95 และ 100.00 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใช้น้ำมันกานพลูที่ 10, 15, 20 และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลานิลแดงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การใช้น้ำมันกานพลูที่ 15, 20 และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลานิลแดงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) การใช้น้ำมันกานพลูที่ 20 และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลานิลแดงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันกานพลูที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการใช้ น้ำมันกานพลูที่ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลานิลแดงสูงที่สุด ความหนาแน่นในการบรรจุที่ 2, 3, 4 และ 6 ตัวต่อลิตร อัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลานิลแดงเท่ากับ 93.75 ± 11.57 , 93.75 ± 11.57 , 90.63 ± 11.08 และ 69.79 ± 40.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความหนาแน่นในการบรรจุที่ 2, 3, 4 และ 6 ตัวต่อลิตร อัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลานิลแดงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ความหนาแน่นในการบรรจุที่ 2, 3 และ 4 ตัวต่อลิตร อัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลานิลแดงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ความหนาแน่นในการบรรจุที่ 2 และ 3 ตัวต่อลิตร อัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลานิลแดงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับความหนาแน่นในการบรรจุที่ 6 ตัวต่อลิตร โดยความหนาแน่นในการบรรจุที่ 2 และ 3 ตัวต่อลิตร ปลานิลแดงมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงที่สุด เมื่อวิเคราะห์หิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัย พบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการใช้ความหนาแน่นในการบรรจุที่ 2, 3, 4 และ 6 ตัวต่อลิตร ร่วมกับการใช้ความเข้มข้นน้ำมันกานพลูที่ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการรอดตายของปลานิลแดงสูงที่สุด อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การรื้อซึมของถุงบรรจุปลานิลแดง ตามตารางที่ 2 พบว่าที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง การใช้ความเข้มข้นน้ำมันกานพลูที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับความหนาแน่นในการบรรจุที่ 2, 3, 4 และ 6 ตัวต่อลิตร พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การรื้อซึมของถุงบรรจุปลานิลแดง 100 เปอร์เซ็นต์ การใช้ความเข้มข้นน้ำมันกานพลูที่ 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับความหนาแน่นในการบรรจุปลานิลแดง 4 และ 6 ตัวต่อลิตร พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การรื้อซึมของถุงบรรจุปลานิลแดง 50 เปอร์เซ็นต์ การใช้ความเข้มข้นน้ำมันกานพลูที่ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับความหนาแน่นในการบรรจุปลานิลแดง 2, 3, 4 และ 6 ตัวต่อลิตร ไม่พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การรื้อซึมของถุงบรรจุปลานิลแดง เช่นเดียวกับการใช้ความเข้มข้นน้ำมันกานพลูที่ 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับความหนาแน่นในการบรรจุปลานิลแดง 2 และ 3 ตัวต่อลิตร ดังนั้นการใช้น้ำมันกานพลูร่วมกับความหนาแน่นในการบรรจุมีผลต่ออัตราการรอดตายของปลานิลแดง และสามารถลดความเสี่ยงจากการรื้อซึมของถุงที่มีการบรรจุปลานิลซึ่งอาจส่งผลต่ออัตราการรอดตายของปลานิลแดงจากการขาดออกซิเจนได้ สำหรับคุณภาพแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง

AxB	คุณภาพน้ำ				
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	DO (มิลลิกรัมต่อลิตร)	pH	NH ₄ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	NO ₂ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
A1B1	26.0	3.2	7.6	0.3	0.0
A1B2	26.0	3.2	7.8	0.3	0.0
A1B3	26.0	3.2	7.8	0.3	0.1
A1B4	26.0	3.5	7.9	0.3	0.1
A2B1	26.0	4.0	7.6	0.3	0.0
A2B2	26.5	4.1	7.8	0.3	0.0
A2B3	26.0	3.5	7.8	0.3	0.1
A2B4	26.0	3.5	7.8	0.3	0.1
A3B1	26.0	4.2	7.6	0.3	0.0
A3B2	26.5	4.2	7.8	0.3	0.1
A3B3	26.0	3.5	7.8	0.3	0.1
A3B4	26.0	3.5	7.9	0.3	0.1
A4B1	26.5	4.6	7.6	0.3	0.0
A4B2	26.0	4.5	7.8	0.3	0.0
A4B3	26.5	4.2	7.8	0.3	0.1
A4B4	27.0	4.2	7.9	0.3	0.1

หมายเหตุ

A1 คือ ระดับความเข้มข้นน้ำมันกานพลู 10 มิลลิกรัมต่อลิตร
A2 คือ ระดับความเข้มข้นน้ำมันกานพลู 15 มิลลิกรัมต่อลิตร
A3 คือ ระดับความเข้มข้นน้ำมันกานพลู 20 มิลลิกรัมต่อลิตร
A4 คือ ระดับความเข้มข้นน้ำมันกานพลู 25 มิลลิกรัมต่อลิตร
B1 คือระดับความหนาแน่นลูกปลานิลแดง 2 ตัวต่อลิตร
B2 คือระดับความหนาแน่นลูกปลานิลแดง 3 ตัวต่อลิตร
B3 คือระดับความหนาแน่นลูกปลานิลแดง 4 ตัวต่อลิตร
B4 คือระดับความหนาแน่นลูกปลานิลแดง 6 ตัวต่อลิตร

จากตารางที่ 3 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าคุณสมบัติของน้ำอยู่ในช่วง 26.0-27.0 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 3.2-4.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 7.6-7.9 ค่าแอมโมเนียรวมอยู่ที่ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ค่าไนโตรที่อยู่ที่ 0.0-0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าคุณสมบัติของ

น้ำอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม (Lawson, 1995, p. 355; นิคม ละอองศิริวงศ์, คมนัน ศิลปาจารย์ และลักขณา ละอองศิริวงศ์, 2554, น. 441-445; ชลล ภูมิสุวรรณ และพรเลิศ จันทร์รัชชกุล, 2547, น. 206; Boyd and Tucker, 1998, p. 700; ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528, น. 115)

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการวิจัยผลของความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูและความหนาแน่นของการบรรจุต่ออัตราการรอดตายของปลานิลแดง โดยสามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะดังนี้

1. การใช้ความเข้มข้นน้ำมันกานพลูและความหนาแน่นในการบรรจุมีผลต่ออัตราการรอดตายของปลานิลแดง
2. การใช้น้ำมันกานพลูความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ ความหนาแน่นในการบรรจุปลานิลแดงที่ 2, 3, 4 และ 6 ตัวต่อลิตร ปลานิลแดงมีอัตราการรอดตายสูง ซึ่งมีความเหมาะสม สามารถลดการเคลื่อนไหว ลดอาการตื่นตกใจ และลดความเสี่ยงจากการรั่วซึมของถุงบรรจุปลานิลแดง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่สูงขึ้น ร่วมกับ ความหนาแน่นในการบรรจุที่สูงขึ้น
2. ควรมีการศึกษาการขนส่งปลานิลแดงขนาดใหญ่ขึ้นสำหรับเป็นพ่อแม่พันธุ์ โดยการใช้ระดับความเข้มข้นน้ำมันกานพลู และความหนาแน่นการบรรจุและระยะเวลาในการขนส่ง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภวัต เจียมจิณฉัตร อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินธร มณีรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนข้อมูลการวิจัย แนวทางการวิจัย ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย การให้คำแนะนำ ติดตามผลการดำเนินการวิจัย ตลอดจนการตรวจสอบข้อมูลผลการวิจัย และการจัดทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จได้ด้วยดีบรรลุดตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

- เจนนุช ว่องธวัชชัย, พรชัย โรจนสิทธิตศักดิ์, นุชนารถ ทิพย์มงคลศิลป์ และณัฐพล จงอรุณงามแสง. (2549). การพัฒนาสูตรตำรับสารละลายน้ำมันกานพลูเป็นยาสลับในสัตว์น้ำ [รายงานการวิจัย]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชลล ภูมิสุวรรณ และพรเลิศ จันทร์รัชชกุล. (2547). อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย. บริษัทเมจิพับลิเคชัน จำกัด
- นวลมณี พงศ์ธนา, นนทปวิธ ออกแดง, มัลลิกา ทองสง่า และประจักษ์ บัวเนียม. (2552). การคัดพันธุ์ปลานิลแดงให้ทนทานต่อความเค็ม. วารสารการประมง, 62(5), 412-420.
- นวลมณี พงศ์ธนา. (2553). ปัจจัยการเพาะเลี้ยงปลานิลและปลานิลแดงให้ประสบผลสำเร็จ. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง.

- นิคม ละอองศิริวงศ์, คมนัน ศิลปาจารย์ และลักขณา ละอองศิริวงศ์. (2554). แอมโมเนียกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. *วารสารการประมง*, 64(5), 441-445.
- ภูริภัทร วงษ์แก้ว และทัศนีย์ นลวชัย. (2558). ระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูเพื่อใช้ในการสลบปลาที่สก
เทศ (*Labeo rohita*). *วารสารแก่นเกษตร*, 43(1), 208-214.
- มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, สุภัทรา อุไรวรรณ และพรรณศรี จริโมภาส. (2530). *ปลา niloticus* แดง. สถาบันประมงน้ำจืด
แห่งชาติ กรมประมง.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจาวรรรณ สมศิริ. (2528). *คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง*.
สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง.
- วัชรียา ภูริวิโรจน์กุล. (2556). *ประวัติวิทยาของสัตว์น้ำ*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิจิตรา ตั้งชี่ และณัฐพล ราชูภิมนต์. (2561). *ประสิทธิภาพของน้ำมันกานพลูในการสลบปลานิล (*Oreochromis
niloticus*)*. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.
- วิมล จันทโรทัย. (2536). การวางแผนวิจัยด้านอาหารปลา. *วารสารการประมง*, 45(4), 323-328.
- อุทร เจริญเดช, นนทวิทย์ อารีย์ชน, ประพันธ์ศักดิ์ ศีระะภูมิ และดวงดาว ฉันทศาสตร์. (2552). “ประสิทธิภาพ
ของสารยูจีนอลสังเคราะห์ในการสลบปลานิล (*Oreochromis niloticus* Linn.)” ใน เรื่องเต็มการ
ประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 สาขาประมง. กรุงเทพฯ:
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Boyd, C.E. and C.S. Tucker. (1998). *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Kluwer
Academic Publishers.
- Lawson, T. B. (1995). *Fundamentals of aquaculture engineering*. Chapman & Hall.

ผลของไคโตซานที่มีต่อการยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว
ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

Effects of Chitosan on Prolonging Storage Life and Postharvest Qualities
of Mango cv. Namdokmai Srithong

เลิศชัย จิตรอารี^{1*} มงคล ธิบุญยานนท์² ยวลี อ้นพาพรม³ Rameshprabu Ramaraj⁴

สาขาวิทยาการเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้¹

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้^{2,3}

School of Renewable Energy, Maejo University⁴

*Corresponding author: E-mail: loetchai151980@hotmail.com

บทคัดย่อ

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีการปลูกและผลผลิตเป็นจำนวนมากในประเทศไทย แต่ยังมีประสบปัญหาด้านการยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตและมีการใช้สารเคมีซึ่งมีสารตกค้าง โดยงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาไคโตซานซึ่งเป็นสารอินทรีย์เพื่อการยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหลังการเก็บเกี่ยว โดยชุบผลมะม่วงแก่ระยะ 105 วันหลังดอกบาน ในน้ำกลั่น กรดอะซิติก และสารละลายไคโตซาน ความเข้มข้นต่างๆ (0.25, 0.50, 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์) เป็นระยะเวลา 11 วัน บันทึกข้อมูลการเกิดโรค การสูญเสียน้ำหนัก ค่าสี L a b ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี hedonic scale เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา 11 วันพบว่า ผลมะม่วงที่ชุบด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5, 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ มีระดับการเกิดโรค ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ การเปลี่ยนแปลงของสี a และ b เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่นๆ นอกจากนี้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านสี รสชาติ และลักษณะปรากฏของผลมะม่วงที่ชุบด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5, 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์น้อย เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่นๆ แสดงให้เห็นว่า การชุบไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5, 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเกิดโรคและช่วยยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้นานถึง 11 วัน

คำสำคัญ : มะม่วง; ไคโตซาน; การเก็บรักษา; คุณภาพ; เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

Abstract

Mango cv. Namdokmai Srithong were huge cultivated areas and high production in Thailand. However, the shelf life extension and chemical residues still be a problem for this plant. Therefore, the objective of this experiment was to study the effects of chitosan organic solution) on prolonging storage life and postharvest qualities of mango cv. Namdokmai Srithong. Mature mango fruits (105 days after flowering) were coated with water, acetic acid, 0.25%, 0.50%, 0.75% and 1% chitosan, respectively and stored for 11 days. The data of disease incidence, weight loss, color (L, a and b value), total soluble solids, titratable acidity and a sensory evaluation by hedonic scale was recorded. The results showed that the disease incidence, total soluble solids, color (a and b) change, weight loss of mango fruits coated with 0.5%, 0.75% and 1% chitosan were lower than that of the other treatments after storage for 11 days. In addition, the results of sensory evaluation found that the preference score of color, flavor and appearance was low compared to the other treatments. The results indicated that the coating with 0.5%, 0.75% and 1% chitosan could delay postharvest disease incidence and extend the shelf life of mango cv. Namdokmai Srithong for 11 days of storage.

Keywords: mango; chitosan; storage life; quality; postharvest technology

บทนำ

มะม่วงเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่มีพื้นที่การผลิตและผลผลิตจำนวนมากและมีแนวโน้มการผลิตเพิ่มขึ้นทุกปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) และประเทศไทยมีการส่งออกมะม่วงไปจำหน่ายในต่างประเทศ แต่ต้องประสบปัญหาการเน่าเสียของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งโรคหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญของมะม่วง คือโรคแอนแทรคโนส มีสาเหตุมาจากเชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* (ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ และคณะ, 2548) ซึ่งการป้องกันกำจัดโรคนี้นี้ในปัจจุบันยังคงมีการใช้สารเคมีที่อาจส่งผลทำให้เกิดการตกค้างของสารพิษในผลมะม่วง ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคระหว่างการเก็บรักษาผลมะม่วง โดยการหาวิธีการอื่นที่ช่วยลดการเกิดโรค ชะลอการสุก และรักษาคุณภาพของผลมะม่วงจึงเป็นสิ่งสำคัญ

ไคโตซาน เป็นโพลิเมอร์ธรรมชาติที่มีโครงสร้างเหมือนตาข่ายคล้ายฟองน้ำ รวมทั้งมีช่องว่างขนาดเล็ก ทำให้มีคุณสมบัติในการดูดซับและจับตะกอน เมื่อนำไปเคลือบติดกับชั้นผิวเปลือกผลไม้ สามารถยับยั้งการเกิดแบคทีเรียและเชื้อรา ส่งผลให้พืชป้องกันตนเองได้ (ดวงใจและคณะ, 2549) มีงานวิจัยหลายฉบับรายงานผลของการใช้ไคโตซานเคลือบผิวพืช เพื่อรักษาคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น พริก (Lacap และทรงศิลป์, 2561), มะละกอ (เพียรใจ และคณะ, 2551), สาลี่ (เสาวคนธ์ และदनัย, 2545) และส้ม (กฤติพงษ์ และธนัชชัย, 2553) เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นที่จะนำไคโตซานมาเคลือบผิวมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. การเตรียมโคโตซาน

เตรียมกรดอะซิติก ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 4 ลิตร แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ส่วนละ 1 ลิตร และนำมาละลายโคโตซาน (มวลโมเลกุล 6,000 – 8,000 kDa ของบริษัท Sigma-Aldrich) ปริมาณ 2.5 5.0 7.5 และ 10 กรัม ตามลำดับ เพื่อให้ได้โคโตซานตามที่ต้องการคือ 0.25 0.5 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2. การเตรียมผลมะม่วง

คัดเลือกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 105 วันหลังดอกบาน จากสหกรณ์การเกษตรอำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี โดยคัดเลือกตามเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการส่งออกเพื่อจำหน่ายยังต่างประเทศ ขนาดผลโดยเฉลี่ย ประมาณ 360-380 กรัม ต่อผล ปราศจากโรค แมลง และตำหนิ จากนั้นทำการตัดขั้วผลให้เหลือความยาว 5 มิลลิเมตร คว่ำผลให้ส่วนขั้วลงพื้นของภาชนะที่รองด้วยฟองน้ำ ปล่อยให้ยางไหลจนหมด แล้วนำไปล้างทำความสะอาด และผึ่งให้แห้ง

3. การเคลือบผิว

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยมีการทดลองทั้งสิ้น 6 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 4 ซ้ำ ได้แก่ สิ่งทดลองที่ 1 ชุบด้วยน้ำกลั่น, สิ่งทดลองที่ 2 ชุบด้วยกรดอะซิติก 0.50 เปอร์เซ็นต์ สิ่งทดลองที่ 3 ชุบด้วยโคโตซาน 0.25 เปอร์เซ็นต์ สิ่งทดลองที่ 4 ชุบด้วยโคโตซาน 0.50 เปอร์เซ็นต์ สิ่งทดลองที่ 5 ชุบด้วยโคโตซาน 0.75 เปอร์เซ็นต์ และสิ่งทดลองที่ 6 ชุบด้วยโคโตซาน 1.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งวิธีการชุบคือนำผลมะม่วงทั้งผลจุ่มในสารละลายที่กำหนด ระยะเวลา 1 นาที และนำมาผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำผลมะม่วงไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์) เป็นเวลา 11 วัน

4. การตรวจสอบระดับการเกิดโรค

ในวันที่ 11 หลังการเก็บรักษา นำผลมะม่วงมาตรวจสอบระดับการเกิดโรคบนพื้นที่ผิวของมะม่วง โดยกำหนดระดับการเกิดโรค 6 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 = ไม่มีพื้นที่เกิดโรค หรือพื้นที่เกิดโรคเท่ากับ 0% ของพื้นที่ทั้งหมด

ระดับ 2 = มีพื้นที่เกิดโรคเท่ากับ 0-5% ของพื้นที่ทั้งหมด

ระดับ 3 = มีพื้นที่เกิดโรคเท่ากับ 5-25% ของพื้นที่ทั้งหมด

ระดับ 4 = มีพื้นที่เกิดโรคเท่ากับ 25-50% ของพื้นที่ทั้งหมด

ระดับ 5 = มีพื้นที่เกิดโรคเท่ากับ 50-75% ของพื้นที่ทั้งหมด

ระดับ 6 = มีพื้นที่เกิดโรคมากกว่า 75 % ของพื้นที่ทั้งหมด

5. การวิเคราะห์คุณภาพและสถิติ

5.1 บันทึกผลน้ำหนักสดของวันที่เริ่มการทดลอง และวันสิ้นสุดการทดลอง และนำมาหาค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

5.2 บันทึกค่าสี (L^* a^* และ b^*) ของเปลือกมะม่วงในวันที่เริ่มการทดลอง และวันสิ้นสุดการทดลอง โดยเครื่องวัดสี Spectrophotometer (Minolta) นำค่าสี (L^* a^* และ b^*) ของเปลือกมะม่วงในวันที่เริ่มการทดลอง ลบ

ด้วยค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ของเปลือกมะม่วงในวันสิ้นสุดการทดลอง เพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกมะม่วง (ΔL , Δa , Δb)

5.3 บันทึกปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) (AOAC., 2000) ในวันสิ้นสุดการทดลอง

5.4 บันทึกผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 20 คน ให้คะแนนความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยวิธี Hedonic Scale (Estrada et al., 2000) ซึ่งคะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึงความไม่ชอบมากที่สุด

5.5 วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของข้อมูลทั้งหมด โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลองและอภิปรายผล

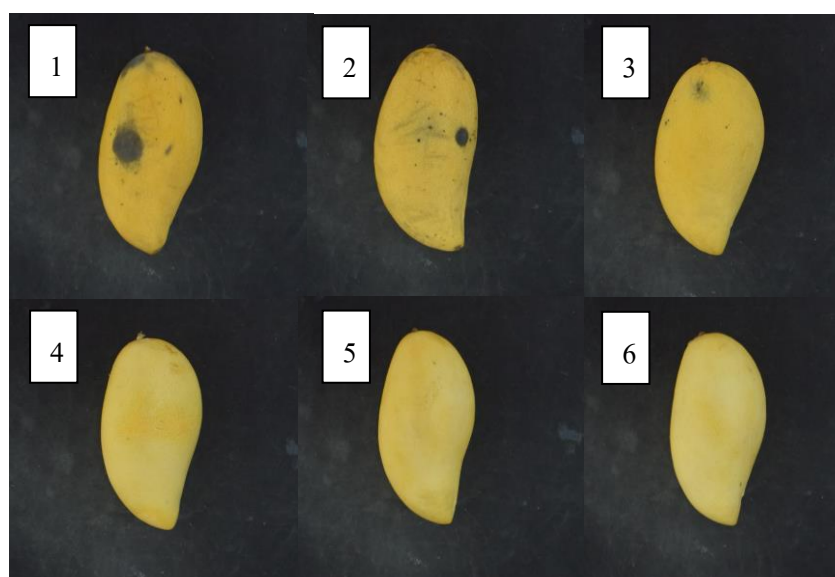
จากการทดลองพบว่า ผลมะม่วงที่ซูปไคโตซานความเข้มข้น 0.50, 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ มีระดับการเกิดโรคน้อยกว่าผลมะม่วงที่ซูปน้ำกลั่นและกรดอะซิติกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 1) อาจเนื่องมาจากไคโตซานเป็นสารเคลือบผิว ซึ่งจะปกป้องคลุมทับหรือทดแทนไขมันที่เคยมีอยู่ ช่วยปิดช่องเปิดต่างๆ ตามธรรมชาติของผลมะม่วง (วรรณมณฑน์ และคณะ, 2552) ส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคพืชภายหลังการเก็บเกี่ยวเข้าทำลายผลมะม่วงที่มีสารเคลือบได้น้อยลง ดังเช่นรายงานของदनัยและพิมพ์ใจ (2546) และ พิมพ์ใจและคณะ (2549) พบว่า การเคลือบไคโตซานที่ผิวของสตอร์เบอร์ช่วยลดการเข้าทำลายของโรคพืชได้

ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักพบว่า ผลมะม่วงที่ซูปไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับ 9.76 9.59 และ 9.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่นๆ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงที่ซูปไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 1) อาจเป็นเพราะการเคลือบผิวด้วยไคโตซานสามารถจำกัดการแพร่ผ่านเข้าออกของก๊าซ จึงส่งผลให้ผลผลิตมีอัตราการหายใจลดลงและทำให้การสูญเสียน้ำจากกระบวนการหายใจลดลงด้วย (วรรณมณฑน์ และคณะ, 2552) สอดคล้องกับรายงานของ ชลิตาและคณะ (2559) ที่พบว่า การเคลือบไคโตซานและน้ำปูนใสช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักในผลมะละกอ

ตารางที่ 1 ผลของไคโตซานที่มีต่อระดับการเกิดโรคและการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ภายหลังการเก็บรักษา 11 วัน

สิ่งทดลอง	ระดับการเกิดโรค	การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)
Water (T1)	2.00a	15.40a
Acetic acid 0.5% (T2)	1.75ab	15.08a
Chitosan 0.25 % (T3)	1.25bc	12.48a
Chitosan 0.50 % (T4)	1.00c	9.76b
Chitosan 0.75 % (T5)	1.00c	9.59b
Chitosan 1.00 % (T6)	1.00c	9.51b
F-test	*	**

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ตามการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Duncan's new multiple rang test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%



ภาพที่ 1 ผลของไคโตซานที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงภายนอกและระดับการเกิดโรคของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ภายหลังการเก็บรักษา 11 วัน โดยรูปแถวบน: ผลที่ 1 = ชูบน้ำกลั่น ผลที่ 2 = ชูบกรดอะซิติก 0.5 เปอร์เซ็นต์ ผลที่ 3 = ชูบไคโตซาน 0.25 เปอร์เซ็นต์ แถวล่าง: ผลที่ 4 = ชูบไคโตซาน 0.50 เปอร์เซ็นต์ ผลที่ 5 = ชูบไคโตซาน 0.75 เปอร์เซ็นต์ ผลที่ 6 = ชูบไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ภายหลังการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองครบ 11 วัน พบว่า ค่า ΔL ของผลมะม่วงในทุกสิ่งทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีค่า ΔL อยู่ระหว่าง 10.60-11.95 ในขณะที่ค่า Δa และ Δb ของผลมะม่วงที่ชูปไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่าผลมะม่วงที่ชูบน้ำกลั่น กรดอะซิติก และไคโต

ชาน ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) แต่ค่า Δa และ Δb ของผลมะม่วงที่ชุบไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 1) ซึ่งปกติภายหลังจากเก็บเกี่ยวผลไม้จะมีการหายใจและเปลี่ยนสีผิวของผล โดยสีของมะม่วงภายหลังจากเก็บเกี่ยวจะค่อยๆ เปลี่ยนสีจากผลดิบสีเหลืองอ่อนกลายเป็นผลสุกสีเหลืองเข้ม จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของสีผิวมะม่วงได้ นอกจากนี้ผลการเปลี่ยนแปลงสีผิวยังสอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนัก ที่พบว่า ไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ช่วยให้ผลมะม่วงสูญเสียน้ำหนักน้อยลง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ผลมะม่วงเปลี่ยนแปลงสีผิวน้อยเช่นกัน เช่นเดียวกับงานวิจัยของปรางค์ทอง และ เบญจมาศ (2557) รายงานว่า การใช้ไคโตซานมีแนวโน้มในการช่วยชะลอการเปลี่ยนสีผลและรักษาความสดของผลชมพูดีกว่าชุดควบคุม

ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0.5 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลมะม่วงมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่าผลมะม่วงที่ชุบน้ำกลั่น กรดอะซิติก และไคโตซาน ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ในทางตรงกันข้ามไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0.5 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลมะม่วงมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.93 1.06 และ 1.10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยที่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะม่วงที่ชุบไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 2) ซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับผลการสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงของสีผิว แสดงให้เห็นว่า ไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการสุกของผลมะม่วงได้ โดยช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงสีผิวช้าลง, มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อย และมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มาก

ตารางที่ 2 ผลของไคโตซานที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (ΔL Δa Δb) ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ภายหลังจากเก็บรักษา 11 วัน

สิ่งทดลอง	การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก		
	ΔL	Δa	Δb
Water (T1)	11.95a	7.60a	8.26a
Acetic acid 0.5% (T2)	11.23a	7.50a	8.18a
Chitosan 0.25 % (T3)	11.41a	5.79a	6.84a
Chitosan 0.50 % (T4)	11.22a	2.38b	4.88b
Chitosan 0.75 % (T5)	10.60a	2.87b	4.67b
Chitosan 1.00 % (T6)	10.84a	2.26b	4.84b
F-test	ns	**	**

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ตามการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Duncan's new multiple rang test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 3 ผลของไคโตซานที่มีต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ภายหลังจากการเก็บรักษา 11 วัน

สิ่งทดลอง	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (° Brix)	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์)
Water (T1)	17.47a	0.33b
Acetic acid 0.5% (T2)	18.00a	0.27b
Chitosan 0.25 % (T3)	17.17a	0.34b
Chitosan 0.50 % (T4)	15.27b	0.93a
Chitosan 0.75 % (T5)	15.33b	1.06a
Chitosan 1.00 % (T6)	15.20b	1.10a
F-test	**	**

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ตามการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Duncan's new multiple rang test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 4 ผลของไคโตซานที่มีต่อคะแนนความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ภายหลังจากการเก็บรักษา 11 วัน

สิ่งทดลอง	คะแนนความพึงพอใจ					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
Water (T1)	8.55a	8.56a	8.50	8.60a	7.46	7.50
Acetic acid 0.5% (T2)	8.45a	8.44a	8.38	8.33ab	7.38	7.57
Chitosan 0.25 % (T3)	8.27a	8.22a	8.13	8.00b	7.15	6.86
Chitosan 0.50 % (T4)	7.73b	7.83b	8.00	6.87c	6.62	6.21
Chitosan 0.75 % (T5)	7.82b	7.89b	8.03	6.80c	6.54	6.57
Chitosan 1.00 % (T6)	7.72b	7.87b	8.06	6.67c	6.69	6.28
F-test	*	*	ns	**	ns	ns

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ตามการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Duncan's new multiple rang test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผลมะม่วงที่ชุบไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ, สี และรสชาตินี้สูงกว่าผลมะม่วงที่ชุบน้ำกลั่น กรดอะซิติก และไคโตซาน ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p \leq 0.05$ และ $p \leq 0.01$) ในขณะที่คะแนนความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่น, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลมะม่วงที่ชุบด้วยสารละลายชนิดต่างๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3) เนื่องจากผลมะม่วงที่ชุบความเข้มข้น 0.5 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ สุกช้ากว่าสิ่งทดลองอื่นๆ ผลมะม่วงจึงมีสีเหลืองอ่อน และมีปริมาณกรดสูง จึงส่งผลให้คะแนนความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ, สี และรสชาติน้อย

สรุปผลและเสนอแนะ

การชุบไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5, 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเกิดโรคและช่วยยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้นานถึง 11 วัน และมีระดับการเกิดโรค ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ การเปลี่ยนแปลงของสี a และ b เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่นๆ

เอกสารอ้างอิง

- กฤติพงษ์ ไพบุญย์สมบัติ และธนะชัย พันธุ์เกษมสุข. (2553). ผลของสารเคลือบชนิดต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. *วารสารเกษตร*, 26(1), 69-78.
- ชลิตา หนูไข่, สมชาย กล้าหาญ และจิราภรณ์ อรัญยะนาถ. (2559). ผลของไคโตซานและน้ำปูนต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะละกอบอลแลนด์. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์*, 3 (พิเศษ), 138-145.
- ดวงใจ ตู่คำ. (2549). ผลของการพ่นไคโตซานและปิโตรเลียมออยล์ ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อสรีรวิทยาและคุณภาพของช่อดอกกล้วยไม้หวาย *Walter Oumae '4N'* และ *Sonia 'No.17'* ภายหลังการเก็บเกี่ยว. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี/กรุงเทพฯ. DOI : https://doi.nrct.go.th/ListDoi/listDetail?Resolve_Doi=10.14457/KMUTT.the.2006.341
- दनัย บุญเกียรติ และพิมพ์ใจ สีหะนาม. (2546). ผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานต่อคุณภาพของผลสตอเบอร์รี่. *วารสารเกษตร*, 19(2), 100-106.
- ปรารค์ทอง กว้านห้อง และเบญจมาศ รัตนชินกร. (2557). ผลของไคโตซานความเข้มข้นต่ำต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์ทองสามสี. *แก่นเกษตร*, 42(พิเศษ), 180-185.
- ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์, อภิรดี อุทัยรัตนกิจ, สมสิริ แสงโชติ, ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย และนภน้อย ชูคงคา. (2548). อิทธิพลของรังสีแกมมาต่อความสามารถในการเข้าทำลายพืชของเชื้อราสาเหตุโรคหลังการเก็บเกี่ยวของไม้ผลเศรษฐกิจ. <http://www.kmutt.ac.th/rippc/irradai3.htm>.
- พิมพ์ใจ สีหะนาม ดนัย บุญเกียรติ และกอบเกียรติ แสงนิล. (2549). ผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานต่อการเข้าทำลายของเชื้อราในผลสตอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 72. *วารสาร เกษตร*, 22(2), 123-129.
- เพียรใจ กาแก้ว, ธนิตชยา พุทธิมี, จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล และศิริชัย กัลป์ยานรัตน์. (2551). ผลของ การเคลือบผิวด้วยไคโตซานต่อคุณภาพของมะละกอดิบเส้นพร้อมบริโภค. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 39(พิเศษ3), 217-220.

- วรรณมณฑน์ ชาญจารุจิตร อนุวัตร แจ่มชัด และกมลวรรณ แจ่มชัด. (2552). ผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพ การเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47*. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2560). *สถิติการส่งออกมะม่วงปี 2553-2554*.
http://www.oae.go.th/oae_report_import/export_result.php.
- เสาวคนธ์ นุสติ และदनัย บุญเกียรติ. (2545). ผลของการเคลือบผิวด้วยสารอิมัลชันและไคโตแซนต่อคุณภาพ หลังการเก็บเกี่ยวของสาลี่. *วารสารเกษตร*, 18(1), 24-32.
- AOAC. (2000). *Official method of analysis of AOAC international* (17th ed). The association of official analytical chemists. Gaithersburg, Md.
- Estrada, A., Dodd, J. C., & Jeffries, P. (2000). *Effect of humidity and temperature on conidial germination and appressorium development of two Philippine isolates of the mango anthracnose pathogen Colletotrichum gloeosporioides*. *Plant Pathology*, 49, 608-618.
- Lacap, A.T. & ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย. (2561). การเคลือบไคโตซานในพริก (*Capsicum annum* L.) พันธุ์ Super Hot เพื่อรักษาคุณภาพในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 49(พิเศษ 2), 113-116.

การเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเขียวแซมมันสำปะหลังในระบบน้ำหยด Growth and Yield of Mung Bean Intercrop with Cassava under Drip Irrigation System

ประทีป อูปแก้ว*

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

*Corresponding author: E-mail: prateep_o@buu.ac.th

บทคัดย่อ

การปลูกมันสำปะหลังร่วมกับพืชตระกูลถั่วเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตในการปลูกมันสำปะหลังหลังแซมด้วยถั่ว โดยทดสอบ 3 ทรีตเมนต์คือ มันสำปะหลัง มันสำปะหลังแซมถั่วเขียว และถั่วเขียว ด้วยแผนการทดลองแบบสุ่ม บล็อกสมบูรณ์ ผลการศึกษาพบว่าน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และผลผลิตของถั่วเขียวที่ปลูกอย่างเดียวมากกว่าถั่วเขียวที่ปลูกแซมในมันสำปะหลัง แต่ความสูง ความกว้างของทรงพุ่ม น้ำหนักหนักหัวมันสด และเปอร์เซ็นต์แป้ง ของมันสำปะหลังไม่มีความแตกต่างกันระหว่างมันสำปะหลังแซมถั่วเขียว และปลูกมันสำปะหลังอย่างเดียว ดังนั้นการปลูกมันสำปะหลังแซมถั่วเขียว สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พื้นที่

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง; พืชแซม; ถั่วเขียว

Abstract

Cassava-legume intercropping system were increasing an income of farmer's cassava production. These objective of this study was to evaluate the plant growth and yield in cassava-legume intercropping system. The experiment was tested in 3 treatments: cassava, cassava-mung bean and mung bean with Randomized Complete Block Design (RCBD). The results showed that the fresh weight, dry weight and yield of mung bean of monoculture had more than the legumes in intercropping system. However, the plant height, canopy width, tuber fresh weight and starch percentage of cassava weren't differed among the intercropping culture in cassava-mung bean and cassava monoculture. So, the intercrop culture of cassava with mung bean can be increase the land equivalent.

Keywords: cassava; intercrop; peanut

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยเป็นลำดับที่ 4 รองจากยางพารา อ้อยและข้าว ปัจจุบันมีเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังเกือบทุกภาคของประเทศไทย การปลูกมันสำปะหลังอายุเก็บเกี่ยวผลผลิตในภาคตะวันออก จะมีอายุประมาณ 10 – 12 เดือนจากนั้นจะขายมันสำปะหลังให้กับโรงแปงหรือลานมัน ปัจจุบันพบว่าราคาหัวมันสำปะหลังมีราคาประมาณ 0.90 – 3.00 บาทต่ออิกิโลกรัม ทำให้เกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังอยู่ในภาวะขาดทุนหรือได้กำไรไม่มาก อย่างไรก็ตามการปลูกมันสำปะหลังในแปลงเกษตรส่วนใหญ่จะยกร่องปลูก ซึ่งทรงพุ่มของมันสำปะหลังจะชิดหรือคลุมพื้นที่ในช่วงเวลาสามเดือนครึ่ง ซึ่งถ้าเกษตรกรมีการจัดการวัชพืชที่ดี การเพิ่มศักยภาพการผลิตในพื้นที่ปลูกพืชโดยการปลูกพืชแบบแซมเป็นวิธีหนึ่งที่ได้มีการปลูกอย่างแพร่หลาย ซึ่งการปลูกแบบแซมคือการปลูกพืชสองชนิดในพื้นที่เดียวกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พื้นที่ดิน การปลูกพืชสลบที่มีอายุเก็บเกี่ยวใกล้เคียงกันเช่น ข้าวโพดหวานกับถั่วเขียว ถั่วเหลืองกับข้าวโพด โดยการปลูกพืชสลบจะมีผลผลิตต่อพื้นที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน นอกจากนี้ยังลดวัชพืชในพืชหลักและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดิน (อภิพรพรน พุกภักดี, 2528, น. 21 – 58) ส่วนการปลูกพืชสลบที่มีอายุเก็บเกี่ยวต่างกันเช่น การปลูกละหุ่งกับอ้อย ละหุ่งกับมันสำปะหลัง ซึ่งการปลูกพืชร่วมจะเก็บเกี่ยวก่อนจะช่วยคลุมพื้นที่ว่างระหว่างต้นของพืชหลัก (อภิพรพรน พุกภักดี, 2541, น. 199 – 213) นอกจากนี้การปลูกแบบสลบยังเป็นการเป็นการลดการเข้าทำลายของโรคและแมลงและเพิ่มผลผลิตให้แก่เกษตรกรได้อีกวิธีหนึ่งซึ่งกำลังเป็นที่นิยม โดยในประเทศจีนใช้วิธีการปลูกสลบระหว่างพันธุ์ข้าวที่ต้านทานและอ่อนแอต่อโรคใบไหม้ เพื่อลดการลดการเข้าทำลายของโรคไหม้ในพันธุ์ที่อ่อนแอและเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น (Leung, 2003, p. 1156-1169) การปลูกพืชสลบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พื้นที่เช่นการปลูกถั่วลิสงแซมมันสำปะหลังโดยอาศัยน้ำฝนที่จังหวัดร้อยเอ็ด (กิริยา สังข์ทองวิเศษ, 2554, น. 375-379) จากผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่าการปลูกแบบสลบจะช่วยเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ ลดวัชพืช โรคและแมลงได้ พืชตระกูลถั่วที่ปลูกจะเพิ่มไนโตรเจนในดินและอายุเก็บเกี่ยวสั้นเช่น ถั่วเขียว 65- 75 วัน ถั่วเหลือง 85 -95 วัน เป็นต้น ดังนั้นการทดลองนี้จึงจะได้ทดสอบถั่วเขียวมาปลูกแซมในแถวมันสำปะหลังเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตในพื้นที่ในแปลงมันสำปะหลังและเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรที่ปลูกมันปะหลังต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การศึกษานี้ทดสอบในแปลงมันสำปะหลังของเกษตรกร บ้านเสาสสูง ต.ห้วยโจด อ.วัฒนานคร จ.สระแก้ว ทดสอบระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2662 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCB) ทำซ้ำจำนวน 3 ซ้ำ ระยะระหว่างแถว 1.25 เมตร ระยะระหว่างต้น 0.50 เมตร โดยใช้พันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ปลูก 1 ท่อนพันธุ์ต่อหลุม ความยาวของท่อนพันธุ์เท่ากับ 25 เซนติเมตร จำนวน 3 ทริทเมนต์ โดยมีทริทเมนต์ คือมันสำปะหลัง มันสำปะหลังแซมถั่วเขียว และถั่วเขียว การปลูกถั่วเขียวแซมมันสำปะหลังที่ระยะปลูกถั่วเขียวจะปลูกมันบนสันร่องมันสำปะหลังปลูกแถวคู่ระยะระหว่างแถว 20 เซนติเมตรและระยะห่างต้น 20 เซนติเมตร การใส่ปุ๋ยจะใส่ปริมาณปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน และการให้น้ำในระบบน้ำหยด บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเขียวและมันสำปะหลัง โดยประเมินความสูง ความกว้างของทรงพุ่ม น้ำหนักสดต้นและใบ น้ำหนักแห้งต้นและใบ และผลผลิตของถั่วเขียวและมัน

ลำปะหลัง เปอร์เซ็นต์แป้งของมันลำปะหลัง การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบ RCB และใช้ค่า Least Significant Difference (LSD) ในการเปรียบเทียบความแตกต่าง

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ความสูงและความกว้างของทรงพุ่มของถั่วเขียวที่ปลูกแซมในมันลำปะหลังและถั่วเขียวเชิงเดี่ยวพบว่ามี ความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วเขียวที่ปลูกแซมในมันลำปะหลังจะมีความสูงมากกว่าถั่วเขียวเชิงเดี่ยว แต่ความกว้างของทรงพุ่มไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1) ซึ่งพืชมีการแก่งแย่งแข่งขันของแสงจะกระตุ้นให้พืชมีความสูงและความกว้างของทรงพุ่มมากขึ้น สอดคล้องกับงานทดลองของ วิวัฒพร จันทะสินธุ์, 2560, น. 12 ทดสอบถั่วแป๊ปกว่าที่ระยะปลูกที่แคบจะทำให้ต้นถั่วมีความสูงมากกว่าระยะปลูกที่ห่าง แต่ในส่วนความกว้างของทรงพุ่มที่ปลูกเชิงเดี่ยวและปลูกแซมในมันลำปะหลังไม่แตกต่างกัน เกิดจากลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์ถั่วเขียวที่มีศักยภาพมีความกว้างของทรงพุ่ม เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักสดต้นและใบ น้ำหนักแห้งต้นและใบ และผลผลิตฝักสดของถั่วเขียวที่ปลูกแซมในมันลำปะหลังและปลูกเชิงเดี่ยวมีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ โดยน้ำหนักสดต้นและใบของถั่วเขียวที่ปลูกเชิงเดี่ยวมีน้ำหนัก 1,779 กิโลกรัมต่อไร่ และถั่วเขียวที่ปลูกแซมในมันลำปะหลังมีน้ำหนัก 1,200 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนน้ำหนักแห้งต้นและใบของถั่วเขียวที่ปลูกเชิงเดี่ยวมีน้ำหนัก 535 กิโลกรัมต่อไร่ และถั่วเขียวปลูกแซมในมันลำปะหลังมีน้ำหนัก 353 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตของถั่วเขียวที่ปลูกเชิงเดี่ยวมีน้ำหนัก 228 กิโลกรัมต่อไร่และถั่วเขียวที่ปลูกแซมมันลำปะหลังมีน้ำหนัก 118 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 1) ซึ่งผลที่แตกต่างเกิดจากถั่วเขียวที่ปลูกแซมในมันลำปะหลังจะมีการแก่งแย่งแข่งขันในเรื่องการสังเคราะห์แสง การดูดน้ำ การดูดธาตุอาหารในดินเป็นต้น ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในตารางที่ 2 เช่นเดียวกับงานวิจัยของ กิริยาและคณะ (2554) ทดสอบพืชตระกูลถั่วคือใช้พันธุ์ถั่วลิสงที่ปลูกอย่างเดียวน้ำหนักแห้งรวม (ต้น+ใบ) และผลผลิตมากกว่าถั่วลิสงที่ปลูกแซมในมันลำปะหลัง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการทดลองของ ปาวิชาติ สุวรรณโณม, 2546 เปรียบเทียบการปลูกถั่วเขียวในมันลำปะหลัง พบว่า น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักแห้งใบ และผลผลิตของถั่วที่ปลูกเดี่ยวมากกว่าถั่วเขียวที่ปลูกแซมในมันลำปะหลัง อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันลำปะหลังในแปลงที่ปลูกถั่วเขียวแซมในมันลำปะหลังและปลูกมันลำปะหลังเชิงเดี่ยวพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) การปลูกมันลำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว ไม่มีความแตกต่างของน้ำหนักหัวมันสดและเปอร์เซ็นต์แป้ง เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกมันลำปะหลังเชิงเดี่ยว ซึ่งเหตุผลที่ไม่เกิดความแตกต่างเนื่องจากพืชที่ปลูกแซมเป็นพืชตระกูลถั่วมีลักษณะประจำพันธุ์ที่มีความสูงและความกว้างของทรงพุ่มน้อยกว่ามันลำปะหลังทำให้ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันลำปะหลังที่แซมต้นถั่ว (ตารางที่ 1) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับงานทดลองของ กิริยา สังข์ทองวิเศษ, 2554, น. 375-379 ประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วลิสงปลูกแซมในมันลำปะหลังโดยอาศัยน้ำฝนที่จังหวัดร้อยเอ็ด ผลการทดลองพบว่าการปลูกถั่วลิสงแซมมันลำปะหลังไม่สามารถเพิ่มผลผลิตมันลำปะหลังได้ โดยมันลำปะหลังที่ปลูกแซมถั่วลิสงบางพันธุ์มีน้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักแห้งใบ น้ำหนักแห้งราก จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักสดใบ และผลผลิตต่อไร่ไม่แตกต่างกับปลูกมัน

ลำปะหลังอย่างเดียว แต่การปลูกมันสำปะหลังแซมจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในพื้นที่ ดั้งนั้นจึงควรส่งเสริมให้มีปลูกถั่วลิสงแซมมันสำปะหลังที่ระบบน้ำหยดหรือพื้นที่แปลงมันสำปะหลังที่มีความชื้น

ตารางที่ 1 ความสูง ความกว้างของทรงพุ่ม น้ำหนักสดต้นและใบ น้ำหนักแห้งต้นและใบ และผลผลิต ของถั่วเขียวที่ปลูกแซมในมันสำปะหลังและปลูกเชิงเดียว

ทรีทमेंท์	ความสูง (เซนติเมตร)	ความกว้างของทรงพุ่ม (เซนติเมตร)	น้ำหนักสด ต้นและใบ (กิโลกรัม ต่อไร่)	น้ำหนัก แห้งต้น และใบ (กิโลกรัม ต่อไร่)	ผลผลิต (กิโลกรัม ต่อไร่)
ถั่วเขียวแซม ลำปะหลัง	75.50 A	60.00	1,200 B	358 B	118 B
ถั่วเขียวเชิงเดียว	37.66 B	55.33	1,779 A	535 A	228 A
LSD	*	NS	*	*	*

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 NS ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ
ในคอลัมน์เดียวกันอักษรพิมพ์ใหญ่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

ตารางที่ 2 ความสูง ความกว้างของทรงพุ่ม ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งของมันในแปลงที่ปลูกถั่วเขียวแซมในมันสำปะหลังและปลูกมันสำปะหลังเชิงเดียว

ทรีทमेंท์	ความสูง (เซนติเมตร)	ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)	ผลผลิตมัน สำปะหลัง (ตันต่อไร่)	เปอร์เซ็นต์แป้ง มันสำปะหลัง (%)
ถั่วเขียวแซมมัน ลำปะหลัง	225.33	121.00	6.54	27.73
มันสำปะหลัง เชิงเดียว	224.00	120.83	6.65	24.40
LSD	NS	NS	NS	NS

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 NS ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ
ในคอลัมน์เดียวกันอักษรพิมพ์ใหญ่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

สรุปผลและเสนอแนะ

สรุปการปลูกมันสำปะหลังแซมถั่วเขียวในระบบน้ำหยดไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง เมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกมันสำปะหลังอย่างเดียว แต่การมันสำปะหลังแซมถั่วเขียวจะส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเขียวลดลง เมื่อเทียบกับปลูกถั่วอย่างเดียว อย่างไรก็ตามการปลูกมันสำปะหลังแซมถั่วเขียวสามารถปลูกได้และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พื้นที่ในระหว่างการปลูกมันสำปะหลังในระบบน้ำหยด

ข้อสังเกตที่ได้จากการทดลองการปลูกมันสำปะหลังในระบบน้ำหยดมันสำปะหลังสามารถเจริญเติบโตได้ตามศักยภาพของสายพันธุ์มันสำปะหลัง ซึ่งทรงพุ่มของมันสำปะหลังจะปิดพื้นที่ดินทั้งหมดและสามารถบังแสงไม่ทำให้สามารถส่องผ่านได้ใช้เวลาประมาณ 3.5 เดือน ทำให้สามารถปลูกพืชแซมมันสำปะหลังด้วยพืชตระกูลถั่วได้ แต่ต้องมีอายุเก็บเกี่ยวไม่เกิน 3.5 เดือน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา และกองบริหารการวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยบูรพา และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ที่สนับสนุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กิริยา สังข์ทองวิเศษ, อนันต์ พลธานี และสมโภชน์ แก้วระหัน. (2554). การเจริญเติบโต และผลผลิต ของถั่วลิสงที่ปลูกแซมมันสำปะหลัง โดยอาศัยน้ำฝน ที่จังหวัดร้อยเอ็ด. *วารสารแก่นเกษตร*, ฉบับพิเศษ 39, 375-379.
- ปาริชาติ สุวรรณโณม. (2546). *การปลูกมันสำปะหลังที่มีการตัดแต่งพุ่มใบในระบบการปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วีณาพร จันทะสินธุ์ และมะฤทัย จันทริบตี. (2560). ผลของระยะปลูกและระยะตัดที่มีต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตถั่วแป๊ป. สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์.
- อภิพรธณ พุกภักดี. (2528). *ระบบการปลูกพืช* (พิมพ์ครั้งที่สอง). หน้า 21 – 58.
- อภิพรธณ พุกภักดี, เอ็จ สโรบล, จินดารัฐ วีระวุฒิ, พร รุ่งแจ้ง, เจริญศักดิ์ โจรนฤทธิพิเชษฐ, อัมพรสุวรรณเมฆ, อิศรา สุขสถาน และจวงจวน ดวงพัตรา. (2541). *หลักการผลผลิตพืช*. หน้า 199 –213.
- Leung, H., Zhu, Y., Revilla-Molina, I., Fan, J. X., Chen, H., Pangga, I., Vera Cruz, C. & Mew, T.W. (2003). Using genetic diversity to achieve sustainable rice disease management. *Plant Disease*, 87, 1156-1169.

ผลการเสริมเพคตินจากเปลือกกล้วยหอมทองต่อการเจริญเติบโตของปลาหมอชุมพร 1
The Effect of supplemented with Pectin from Hom Thong Banana (*MUSA AAA Group*)
Peel for growth of Climbing Perch Chumphon 1 (*Anabas testudineus*)

กมลวรรณ ศุภวิญญู¹ ธวัชชัย ชวนพานิช² อรรถพล จันท์ดี³ ศศิวิมล สีนัยคง⁴
อัมรา คงชาติ⁵ ธิตพัฒน์ วิเปลียน⁶ ยุทธนา สว่างอารมณ์^{7*}

สาขาวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง คณะมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ชุมพร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดชุมพร^{1,2,3,4,5,7} –

สำนักวิชาทรัพยากรการเกษตร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ⁶

*Corresponding author: E-mail: yuttana@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโตของปลาหมอชุมพร 1 ที่เสริมเพคตินจากเปลือกกล้วยหอมทอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมเพคตินสกัดจากเปลือกกล้วยหอมทองในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลาหมอชุมพร 1 ในการทดลองใช้ปลาน้ำหนักและความยาวตัวเฉลี่ยเริ่มต้น เท่ากับ 3.29±0.70 ก. และ 5.43±0.39 ซม. ตามลำดับ ปล่อยปลาที่ความหนาแน่น 50 ตัวต่อถังพลาสติกขนาด 500 ลิตร เป็นเวลา 91 วัน แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ประกอบด้วย ชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) 2 และ 3 โดยการเลี้ยงปลาหมอชุมพร 1 ด้วยการเสริมเพคติน 0, 1 และ 3 ก./อาหาร 1 กก. โดยอาหารเม็ดสำเร็จรูปมีระดับโปรตีน 25.32 % ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า การเสริมเพคตินจากเปลือกกล้วยหอมทอง 1 และ 3 ก./อาหาร 1 กก. จะส่งผลต่อ น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโต สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ปลาที่มีการเสริมเพคติน 1 ก./อาหาร 1 กก. มีความแตกต่างกันด้านความยาวกับชุดควบคุม และพบว่าทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันของอัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และผลผลิตสุทธิ ($P>0.05$) ในทุกชุดการทดลอง ปัจจัยของคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดในการทดลองในครั้งนี้ ประกอบไปด้วย อุณหภูมิ (25.7±0.2, 25.8±0.1 และ 25.8±0.2 °C ตามลำดับ) ออกซิเจนละลายในน้ำ (4.30±0.21, 4.25±0.23 และ 4.42±0.05 mg/L ตามลำดับ) ความเป็นกรดเป็นด่าง (7.82±0.01, 7.79±0.05 และ 7.79±0.01 ตามลำดับ) ความเค็ม (164.8±8.3, 158.7±13.5 และ 162.3±18.6 mg/L as CaCO₃ ตามลำดับ) ปริมาณแอมโมเนีย (0.18±0.01, 0.21±0.08 และ 0.27±0.08 mg/L ตามลำดับ) ไนไตรท์ (0.32±0.03, 0.38±0.01 และ 0.33±0.05 mg/L ตามลำดับ) คุณภาพน้ำมีความเหมาะสมในการเลี้ยงปลาหมอชุมพร 1 สรุปการเสริมเพคตินจากเปลือกกล้วยหอมทอง 1 และ 3 ก./อาหาร 1 กก. ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตให้กับปลาหมอชุมพร 1 ได้

คำสำคัญ: ปลาหมอชุมพร 1; เพคติน; เปลือกกล้วยหอมทอง; การเจริญเติบโต

Abstract

The study on growth performance climbing perch Chumphon 1 (*Anabas testudineus*) by of pectin extraction from banana peel "HOM THONG BANANA" (*MUSA* AAA Group) as a feed additive. This study aims to be investigated the effect of dietary pectin supplementation on growth of the climbing perch Chumphon 1. The experiment was carried out in a plastic aquarium (500 L) for 91 days with 50 fingerlings (3.29 ± 0.70 g, 5.43 ± 0.39 cm). There were three different pectin additive treatments (0, 1, and 3 g/kg) in triplicate, whereas instant fish feed contained 25.32% protein content. The results showed that addition of 1 and 3 g pectin/kg produced the significantly higher final average weight and average daily gain than the control group ($P < 0.05$). However, the addition of 1 g pectin/kg produced the significantly higher final average length than the control group. And survival rate, feed conversion ratio and net yield were not differed among treatments ($P > 0.05$). The water quality parameters observed during the experiment trials were including water temperature (25.7 ± 0.2 , 25.8 ± 0.1 and 25.0 ± 0.2 °C, respectively), dissolved oxygen (4.30 ± 0.21 , 4.25 ± 0.23 and 4.42 ± 0.05 mg/L, respectively), pH (7.82 ± 0.01 , 7.79 ± 0.05 and 7.79 ± 0.01 , respectively), alkalinity (164.8 ± 8.3 , 158.7 ± 13.5 and 162.3 ± 18.6 mg/L as CaCO_3 , respectively), ammonia content (0.18 ± 0.01 , 0.21 ± 0.08 and 0.27 ± 0.08 mg/L, respectively) and nitrite content (0.32 ± 0.03 , 0.38 ± 0.01 and 0.33 ± 0.05 mg/L, respectively). Suggest that water quality is suitable for climbing perch Chumphon 1 culture. In conclusion, the additional pectin extraction from banana peel at 1 and 3 g/kg promotes growth of climbing perch Chumphon 1.

Keywords: Climbing Perch; Chumphon 1; Pectin; Hom Thong Banana Peel; Growth

บทนำ

ปลาหมอชุมพร 1 (*Anabas testudineus* (Bloch)) เป็นปลาหมอไทยที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำชุมพร ดำเนินการปรับปรุงสายพันธุ์ทำให้มีอัตราการเจริญเติบโต และสามารถให้ผลผลิตต่อหน่วยสูงกว่าปลาหมอไทยพันธุ์ปกติ (สง่า และสุชาติ, 2550; กฤษณพันธ์ และคณะ, 2553; กฤษณพันธ์ และเมตตา, 2554) และกรมประมงได้อนุมัติให้ใช้ชื่อพันธุ์ว่า "ชุมพร 1" เมื่อวันที่ 16 สิงหาคม 2554 ซึ่งผ่านการทดสอบพันธุ์ว่ามีความเหมาะสม สำหรับนำมาเลี้ยงในพื้นที่จังหวัดชุมพร และพื้นที่ใกล้เคียง (สุชาติ และคณะ, 2555)

กล้วยหอมทอง (*Musa*) AAA Group ชื่อสามัญ (Hom Thong Banana ปัจจุบันกล้วยชนิดนี้เป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีการส่งออกไปยังประเทศต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก เบญจมาศ), 2558 (แต่ยังมีกล้วยหอมทองจำนวนมากที่ไม่ได้มาตรฐานเหลือตกค้างในพื้นที่ผลิต ตามนโยบายของรัฐบาล ประเทศไทย " 4.0 ที่ " ส่งเสริมให้เกษตรกรไม่เป็นผู้ผลิตวัตถุดิบเพียงอย่างเดียว แต่ต้องยกระดับเป็นผู้ประกอบการ ส่งผลให้เกษตรกรเกิดการรวมกลุ่มกันแล้วนำเอากล้วยหอมทองที่มีอยู่มาเพิ่มคุณค่าเพื่อยกระดับมูลค่าด้วยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และได้การตอบรับจากผู้บริโภคเป็นอย่างดี โดย Tchobanoglous *et al.* (1993) พบว่า กล้วย

หอมทุกๆ 100 กิโลกรัม มีเปลือกสูงถึง 40 กิโลกรัม ถ้าไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์เปลือกกล้วยเหล่านี้จะกลายเป็นขยะทางการเกษตรที่จะก่อปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมในระยะเวลาอันใกล้ Emaga *et al.* (2007) และ Mohapatra *et al.* (2010) รายงานว่า เปลือกกล้วยหอมมีสารเพคตินซึ่งเป็นสารสำคัญอยู่ถึง 10 – 21% เพคตินเป็นพรีไบโอติกประเภทสารโพลีแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำได้ที่สัตว์ไม่สามารถย่อยได้ แต่มีประโยชน์ในการกระตุ้นการเจริญเติบโตและส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร (Manning & Gibson, 2004) จากประโยชน์ของพรีไบโอติกจึงมีนักวิจัยหลายท่านให้ความสนใจ ในการเสริมพรีไบโอติกให้กับปลาเพื่อส่งเสริมด้านการเจริญเติบโต เช่น การเสริม ฟรักโตโอลิโกแซคคาไรด์ FOS 2-3 % ในอาหารลูกปลา Caspian roach (*Rutilus rutilus*) วัยอ่อน (Soleimani *et al.*, 2012) การเสริมพรีไบโอติกทางการค้าให้กับปลา red drum (*Sciaenops ocellatus*) (Zhou *et al.*, 2010) ซึ่งการเสริมพรีไบโอติกสามารถช่วยส่งเสริมด้านการเจริญเติบโตให้กับปลาได้

ถึงแม้จะมีการปรับปรุงสายพันธุ์ปลาหมอชุมพร 1 ให้มีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นแล้ว แต่การใช้ประโยชน์จากสารเพคตินที่สกัดจากเปลือกกล้วยหอมทองเสริมในอาหารปลา เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ และอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของปลาหมอชุมพร 1 ได้ วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการเสริมเพคตินสกัดจากเปลือกกล้วยหอมทองในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลาหมอชุมพร 1

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวางแผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบCRD ใช้ปลาหมอชุมพร 1 50 ตัว ต่อ 1 ซ้ำ เลี้ยงในถังพลาสติกขนาดปริมาตร 500 ลิตร เป็นระยะเวลา 91 วัน แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1	การเลี้ยงปลาหมอชุมพร 1 เสริมเพคติน 0 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม (ชุดควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 2	การเลี้ยงปลาหมอชุมพร 1 เสริมเพคติน 1 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม
ชุดการทดลองที่ 3	การเลี้ยงปลาหมอชุมพร 1 เสริมเพคติน 3 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

การเตรียมสัตว์ทดลอง ใช้ปลาหมอชุมพร 1 ขนาดน้ำหนักตัวเฉลี่ยเริ่มต้น 3.29 ± 0.70 กรัม และความยาวตัวเฉลี่ยเริ่มต้น 5.43 ± 0.39 ซม. มาปรับสภาพให้แข็งแรงก่อนนำไปใช้ในการทดลอง โดยใช้ถังพลาสติกกลม ปริมาตร 3 ลูกบาศก์เมตร ให้อากาศตลอดเวลา อุณหภูมิ น้ำ 30 ± 1 °C และ ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเท่ากับ 7.1–7.6 ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป วันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 2 สัปดาห์

การสกัดเพคตินจากเปลือกกล้วยหอมทอง ดัดแปลงตามวิธีของ Emaga *et al.* (2008) นำเปลือกกล้วยหอมทองระยะ 1 (เปลือกมีสีเขียว) หั่นเปลือกกล้วยเป็นชิ้นเล็ก อบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นระยะเวลา 3 วัน จากนั้นนำมาปั่นเป็นผงด้วยเครื่องปั่น นำผงเปลือกกล้วยใส่ถุงพลาสติก เก็บไว้ในที่แห้ง ก่อนนำมาใช้ในการสกัดเพคตินต่อไป ขั้นตอนการสกัดเพคติน นำผงเปลือกกล้วยมาสกัดด้วยน้ำ (ผงเปลือกกล้วย 1 กรัม : น้ำ 10 มล.) ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 2 ชม. ทำการสกัดด้วยน้ำ 2 ครั้ง โดยนำผงเปลือกกล้วยที่สกัดได้จากครั้งที่ 1 มาทำการสกัดซ้ำเป็นครั้งที่ 2 จากนั้นนำน้ำสกัดเปลือกกล้วย มาผสมกับเอทานอล 95 % ในอัตราส่วน น้ำสกัด 1 ส่วน : เอทานอล 4 ส่วน ทิ้งไว้ข้ามคืน นำมากรองแยกเพคตินที่มีลักษณะเป็นเจลสีน้ำตาลอ่อน นำเพคตินมาอบที่อุณหภูมิ

60 °C เป็นระยะเวลา 3 วัน นำสารเพคตินมาบดจนเป็นผง เก็บไว้ในถุงพลาสติกที่ไม่มีความชื้น เพื่อใช้เป็นสารเสริมในอาหารต่อไป

การเตรียมอาหารสำหรับทดลอง นำอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ไม่ผสมสารสกัดเพคตินจากเปลือกกล้วยหอมเป็นอาหารชุดควบคุม โดยมีโปรตีน 25.32 % และอาหารที่ผสมสารสกัดเพคตินจากเปลือกกล้วยหอมที่ความเข้มข้น 1 และ 3 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม จากนั้นนำเพคตินละลายน้ำและคลุกเคล้ากับอาหารเม็ดสำเร็จรูปให้ทั่ว จากนั้นนำอาหารที่ผ่านการผสมเพคตินมาฝั่งลมให้แห้ง นำอาหารใส่ภาชนะพลาสติก เก็บไว้ในที่แห้ง เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป และสุ่มเก็บอาหารทดลองส่วนหนึ่งเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการตามวิธีของ AOAC (2000) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของอาหาร 3 สูตร

โภชนาการในอาหารจากการวิเคราะห์	ปริมาณเพคตินผสมในอาหารเม็ดสำเร็จรูป (กรัม/กิโลกรัม)		
	0	1	3
ความชื้น (%)	10.23	10.58	10.32
โปรตีน (%)	25.32	25.28	25.30
ไขมัน (%)	3.71	3.78	3.83
เยื่อใย (%)	7.69	7.76	7.83
เถ้า (%)	15.26	15.22	15.31
คาร์โบไฮเดรต (%)	37.79	37.38	37.41
พลังงานรวม Kcal/อาหาร 100 กรัม	282.12	280.88	281.48

หมายเหตุ

พลังงานรวม Kcal/อาหาร 100 กรัม = (%โปรตีน × 4) + (%ไขมัน × 8) + (%คาร์โบไฮเดรต × 4)

ให้อาหารปลาหมอคูมพร 1 กินจนอิ่ม วันละ 2 ครั้ง เวลา 8.00 น. และ 17.00 น. เป็นระยะเวลา 91 วัน โดยตลอดการเลี้ยงจะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก ๆ 7 วัน จนถึงสิ้นสุดการทดลอง

การเก็บข้อมูลการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการนับจำนวนปลาที่เหลือรอด และสุ่มปลาซ้ำละ 10% เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดความยาว เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหา

- น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้าย (Average final body weight) (กรัม/ตัว)
= ผลรวมทั้งหมดของน้ำหนักปลาสุดท้ายที่สุ่ม (กรัม)/จำนวนปลาที่สุ่ม (ตัว)
- ความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้าย (Average final body length) (ซม./ตัว)
= ผลรวมความยาวทั้งหมดปลาสุดท้าย(ซม.)/จำนวนปลาที่สุ่ม (ตัว)

- อัตราการเจริญเติบโต(Average daily gain) (กรัม/ตัว/วัน)
= $\frac{\text{น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม) / ตัว} - \text{น้ำหนักตัวเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม) / ตัว}}{\text{ระยะเวลาของการทดลองเลี้ยง (วัน)}}$
- อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ(Feed conversion ratio)(กรัม)
= $\frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากิน} / \text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}$
- อัตราการรอดตาย (Survival rate) (%)
= $\frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือรอด (ตัว) / จำนวนปลาเมื่อเริ่มทดลอง(ตัว)}}{\text{}} \times 100$
- ผลผลิตปลาสุทธิ (Net yield) (กรัม/ถัง)
= $\text{น้ำหนักปลาทั้งหมด 1 ถัง (กรัม)} - \text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น 1 ถัง (กรัม)}$

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ทำการตรวจวิเคราะห์น้ำก่อนปล่อยปลาลงในถังทดลองและทุก ๆ 7 วัน โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำภายในถังทดลองของแต่ละถังในตอนเช้า)07.00 น ตามพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ (.ค่าความเป็นด่าง ค่าแอมโมเนียรวม ค่าไนโตรท์ โดยใช้วิธี ฟงค์เซนจูรี่ (.มปป) ส่วนดัชนีคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดในถังทดลองโดยตรง ตอนเช้า)07.00 นจะทำการวัดที่กึ่งกลางระดับน้ำ ดังนี้ ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ วัดโดยใช้ (.เครื่องยี่ห้อ YSI รุ่น 550 A และ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง วัดโดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง ยี่ห้อ Mettlor Toledo รุ่น seven compact

การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลด้วยวิธี One – way analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดลองเลี้ยงปลาหม่อขุ่มพร 1 ที่เสริมเพศดินจากเปลือกกล้วยหอมทองในปริมาณต่างกัน 3 ระดับ คือ 0, 1 และ 3 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 91 วัน พบว่า

ปลาหม่อขุ่มพร 1 ที่เสริมเพศดินจากเปลือกกล้วยหอมทองในปริมาณ 1 และ 3 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีน้ำหนักสูงกว่าชุดการทดลองที่เสริมเพศดิน 0 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้ายของปลาหม่อขุ่มพร 1 มากที่สุด คือ การเสริมเพศดิน 1 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 31.79 ± 3.66 กรัม/ตัว รองลงมาคือ การเสริมเพศดิน 3 และ 0 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 29.47 ± 2.20 และ 22.24 ± 1.11 กรัม/ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้ายของปลาหม่อขุ่มพร 1 ที่เสริมเพศดินจากเปลือกกล้วยหอมทองในปริมาณ 1 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีความยาวมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างจากชุดการทดลองที่มีการเสริมเพศดิน 3 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้ายของปลาหม่อขุ่มพร 1 มากที่สุด คือ เสริมเพศดิน 1 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 10.91 ± 0.14 ซม./ตัว รองลงมาคือ เสริมเพศดิน 3 และ 0 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 10.74 ± 0.30 และ 10.37 ± 0.08 ซม./ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ปลาหมอคูมพร 1 ที่เสริมเพศดินจากเปลือกกล้วยหอมทองในปริมาณ 1 และ 3 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อัตราการเจริญเติบโตของปลาหมอคูมพร 1 ที่เสริมเพศดิน 1 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.34 ± 0.04 กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือ เสริมเพศดิน 3 และ 0 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 0.31 ± 0.03 และ 0.23 ± 0.01 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

อัตราการรอดตายของปลาหมอคูมพร 1 ที่เสริมเพศดินจากเปลือกกล้วยหอมทองทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) พบว่า การเสริมเพศดิน 3 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีอัตราการรอดตายสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 98.0 ± 2.0 % รองลงมาคือเสริมเพศดิน 1 และ 0 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 96.7 ± 3.1 และ 94.0 ± 2.0 % ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาหมอคูมพร 1 ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) การเสริมเพศดิน 3 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าต่ำที่สุด 1.17 ± 0.02 รองลงมาคือเสริมเพศดิน 1 และ 0 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 1.21 ± 0.05 และ 1.30 ± 0.19 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ผลผลิตสุทธิของปลาหมอคูมพร 1 ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) การเสริมเพศดิน 3 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีผลผลิตสุทธิสูงที่สุด เท่ากับ 1086 ± 217 กรัม/ถัง รองลงมาได้แก่ เสริมเพศดิน 1 และ 0 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 1039 ± 75 และ 946 ± 119 กรัม/ถัง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของปลาหมอคูมพรที่เสริมเพศดินจากเปลือกกล้วยหอมทองที่ปริมาณแตกต่างกัน (ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ปัจจัย	ปริมาณเพศดินผสมในอาหารเม็ดสำเร็จรูป (กรัม/1 กิโลกรัม)			P-value
	0	1	3	
น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม/ตัว)	22.24 ± 1.11^a	31.79 ± 3.66^b	29.47 ± 2.20^b	0.009
ความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้าย (ซม./ตัว)	10.37 ± 0.08^a	10.91 ± 0.14^b	10.74 ± 0.30^{ab}	0.040
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	0.23 ± 0.01^a	0.34 ± 0.04^b	0.31 ± 0.03^b	0.011
อัตราการรอดตาย (%)	94.0 ± 2.0	98.0 ± 2.0	96.7 ± 3.1	0.197
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	1.30 ± 0.19	1.21 ± 0.05	1.17 ± 0.02	0.534
ผลผลิตสุทธิ (กรัม/ถัง)	946 ± 119	1039 ± 75	1086 ± 217	0.555

หมายเหตุ ตัวอักษร a b ที่ไม่เหมือนกันในแนวนอนเดียวกัน แสดง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเสริมเพศดินสกัดจากเปลือกกล้วยหอมทองสามารถส่งเสริมให้ปลาหมอคูมพร 1 มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้าย และอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าปลาหมอคูมพร 1 ที่ไม่ได้รับการเสริมเพศดินสกัดจากเปลือกกล้วยหอมทอง ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Hoseinifar *et al.* (2021) และ

Hosseini *et al.* (2020) ที่ทดลองใช้สารเพคตินที่สกัดจากเปลือกแอปเปิ้ลและเปลือกส้มเสริมในอาหารเลี้ยงปลาใน *Cyprinus carpio* พบว่าเพคตินจากทั้ง 2 แหล่งสกัดช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตให้กับปลาในขั้นได้ และ Hien *et al.* (2019) ใช้เพคตินสกัดจากเปลือกส้ม 10 กรัม/กิโลกรัม ร่วมกับการผสม *Lactobacillus plantarum* 10^8 CFU/กรัม เสริมในอาหารปลานิลวัยอ่อน สามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของปลาได้ นอกจากนี้ยังมีการใช้สารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมเสริมในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม พบว่า ที่ระดับ 6 กรัม/กิโลกรัม จะมีศักยภาพทำให้กุ้งก้ามกรามมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น (Rattanavichai & Cheng, 2015) ความแตกต่างทางด้านเคมีกายภาพของสารฟิโบริโอติคั้น ยังส่งผลต่อปฏิกิริยาชีวภาพของสารนั้นด้วยเช่นเดียวกัน โดย Subha *et al.* (2013) ได้ยกตัวอย่างฟิโบริโอติคจาก เบต้า 1, 3 กลูแคน ว่าปัจจัยทางเคมีกายภาพของเบต้า 1, 3 กลูแคน ที่แตกต่างกัน เช่น โครงสร้างปฐมภูมิ น้ำหนักโมเลกุล กิ่งก้านของโครงสร้าง และความสามารถในการละลายได้ จะส่งผลต่อปฏิกิริยาชีวภาพของเบต้า 1, 3 กลูแคน จากการศึกษาในครั้งนี้มีความแตกต่างจาก Rattanavichai & Cheng (2015) ในเรื่องวิธีการสกัด และระยะเปลือกกล้วยหอมที่นำมาสกัด ซึ่งอาจส่งผลต่อปฏิกิริยาชีวภาพของสารสกัดที่ได้จากเปลือกกล้วยหอม

คุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาหมอดูมที่เสริมเพคตินจากเปลือกกล้วยหอมทอง 0, 1 และ 3 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ตลอดการทดลอง พบว่า อุณหภูมิมีค่า 25.7 ± 0.02 , 25.8 ± 0.01 และ 25.8 ± 0.2 °C ตามลำดับ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมีค่า 4.30 ± 0.21 , 4.25 ± 0.23 และ 4.42 ± 0.05 mg/L ตามลำดับ ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่า 7.82 ± 0.01 , 7.79 ± 0.05 และ 7.79 ± 0.01 ตามลำดับ ความเป็นด่างมีค่า 164.8 ± 8.3 , 158.7 ± 13.5 และ 162.3 ± 18.6 mg/L as CaCO₃ ตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนียรวมมีค่า 0.18 ± 0.01 , 0.21 ± 0.08 และ 0.27 ± 0.08 mg/L ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนมีค่า 0.32 ± 0.03 , 0.38 ± 0.01 และ 0.33 ± 0.05 mg/L ตามลำดับ ค่าอุณหภูมิ, ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ, ความเป็นกรดเป็นด่าง, ความเป็นด่าง และปริมาณแอมโมเนียรวมและไนโตรเจนในน้ำในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 3) คุณภาพน้ำในการเลี้ยงสัตว์น้ำมีความสำคัญเช่นกัน เพราะถ้าคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำอาจส่งผลต่อสุขภาพสัตว์น้ำตามไปด้วย มั่นสิน และไพพรรณ (2544) เขียนไว้ว่า อุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำควรอยู่ระหว่าง 25–32 °C ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำไม่ต่ำกว่า 4 mg/L ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำควรอยู่ในช่วง 6.5–9 ความเป็นด่างในน้ำไม่ต่ำกว่า 80 mg/L as CaCO₃ จากการศึกษาของยุทธภูมิ และคณะ (2562) พบว่า ค่าคุณภาพน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงปลาหมอดูมพร 1 มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ระหว่าง 7-8.5 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 4-6.3 mg/L อุณหภูมิของน้ำ 21.5-29.5 °C แอมโมเนียรวม 0.02-0.03 mg/L ความเป็นด่าง 61-86 mg/L as CaCO₃ จากข้อมูลดังกล่าวเมื่อมาเปรียบเทียบกับค่าคุณภาพน้ำในการทดลองครั้งนี้ ยังคงมีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาหมอดูมพร 1

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาหม่อชุมพรที่เสริมเพคตินจากเปลือกกล้วยหอมทองที่ปริมาณแตกต่างกัน (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ปัจจัย	ปริมาณเพคตินผสมในอาหารเม็ดสำเร็จรูป (กรัม/1 กิโลกรัม)			P-value
	0	1	3	
อุณหภูมิ (°C)	25.7±0.02	.258±0.01	25.8±0.2	0.531
ออกซิเจนละลายในน้ำ (mg/L)	4.30±0.21	4.25±0.23	4.42±0.05	0.529
ความเป็นกรดเป็นด่าง	7.82±0.01	7.79±0.05	7.79±0.01	0.532
ความเป็นด่าง (mg/L as CaCO ₃)	164.8±8.3	158.7±13.5	162.3±18.6	0.868
แอมโมเนียรวม (mg/L)	0.18±0.01	0.21±0.08	0.27±0.08	0.286
ไนไตรท์ (mg/L)	0.32±0.03	0.38±0.01	0.33±0.05	0.135

สรุปผลและเสนอแนะ

การเสริมสารเพคตินสกัดจากเปลือกกล้วยหอมทองในอาหารที่ระดับ 1 และ 3 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม จะส่งผลทำให้ปลาหม่อชุมพร 1 มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโต สูงกว่าปลาหม่อชุมพรที่ไม่ได้รับการเสริมสารสกัดเพคติน คุณภาพน้ำมีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาหม่อชุมพร 1

ข้อเสนอแนะ ถ้ามีการศึกษาเพิ่มเติมควรมีการใช้สารเคลือบอาหาร เช่น วุ้นหรือไซไซว เคลือบในอาหาร ก่อนนำไปทดลอง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นักศึกษาสาขาวิชาการประมง มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ที่ได้สละความคิด แรงงาน และเวลาอันมีค่าอย่างเต็มกำลัง นอกจากนี้ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้ - ชุมพร ที่ในการสนับสนุนและส่งเสริมในการทำวิจัยในครั้งนี้ รหัสวิจัย มจ. 2-63-014

เอกสารอ้างอิง

- กฤษฎพันธ์ โกเมนไปรรินทร์, สง่า ลีสง่า และสุชาติ จุลอดุง. (2553). *การปรับปรุงพันธุ์ปลาหมอโดยวิธีการคัดเลือกแบบหมู่*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2553. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง.
- กฤษฎพันธ์ โกเมนไปรรินทร์ และเมตตา ทิพย์บรรพต. (2554). การตอบสนองการคัดเลือกแบบหมู่เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตปลาหมอในรุ่น 3 และ 4. *รายงานประจำปีศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำชุมพร ปี 2550 – 2554*. 61 – 77.
- เบญจมาศ ศิลาชัย. (2558). *กล้วย (พิมพ์ครั้งที่ 4)*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วงศ์เจริญ พิษิตกุล. (มปป.). *การวิเคราะห์น้ำ (Water Analysis) 251452*. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- มันลิน ตันทูลเวศม์ และไพพรรณ พรประภา. (2544). *การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่น*. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ยุทธภูมิ สุวรรณชา, โกศล ชำแสง, สมนึก คงทรัพย์ และ กมลพรรณ ไชยทอง. (2562). การทดสอบปลาหมอชุมพร“1” ในสภาพแวดล้อมศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำอุตรดิตถ์. *รายงานการประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2562*. 409-417.
- สง่า ลีสง่า และสุชาติ จุลอดุง. (2550). ทดสอบการเจริญเติบโต ผลผลิต และอัตราการรอดตายของปลาหมอ 6 กลุ่มประชากรในประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2/2550. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง.
- สุชาติ จุลอดุง, เมตตา ทิพย์บรรพต, และศรีจรรยา เข้มกัลด. (2555). ทดสอบลักษณะเชิงเพาะเลี้ยงของปลาหมอที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ในสภาพแวดล้อมของศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำชุมพรและฟาร์มเกษตรกร. เอกสารวิชาการฉบับที่3/2555. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง.
- AOAC. (2000) *Official methods of analysis of AOAC* (17th ed). Gaithersburg, Association of Analytical Communities.
- Emaga, T. H., Andrianaivo, R. H., Wathelet, B., Tchango, J. T. & Paquot, M. (2007). Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. *Food Chemistry*, 103, 590-600.
- Emaga, T. H., Robert, C., Ronkart, S. N., Wathelet, B. & Paquot, M. (2008). Dietary fibre components and pectin chemical features of peels during ripening in banana and plantain varieties. *Bioresource Technology*, 99, 4346-4354.
- Hien, V. D., Hossein, H., Watcharapong, N., Sanchai, J., Sudaporn, T., Chanagun, C. & Einar R. (2019). Dietary inclusion of Orange peels derived pectin and *Lactobacillus plantarum* for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured under indoor biofloc systems. *Aquaculture*, 508, 98-105.
- Hoseinifar, S. H., Jahazi, M. A., Mohseni, R., Yousefi, M., Bayani, M., Mazandarani, M., Doan, H. V. & El-Haroun, E. R. (2021). Dietary apple peel-derived pectin improved growth performance, antioxidant enzymes and immune response in common carp, *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture*, 535, Article 736311.
- Hoseinifar, S. M., Hoseinifar S. H., Mazandarani, M., Paknejad, H., Doan, H. V. & El-Haroun, E. R. (2020). The potential benefits of orange peels derived pectin on serum and skin mucus immune parameters, antioxidant defence and growth performance in common carp (*Cyprinus carpio*). *Fish & Shellfish Immunology*, 103, 17-22.
- Manning, T. S. & Gibson, G. R. (2004). Prebiotics. *Best practice & research clinical gastroenterology*, 18, 287-298.

- Mohapatra, D., Mishra, S. & Sutar, N. (2010). Banana and its by-product utilisation: an overview. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 69, 323-329.
- Rattanaichai, W. & Cheng, W. (2015). Dietary supplement of banana (*Musa acuminata*) peels hot-water extract to enhance the growth, anti-hypothermal stress, immunity and disease resistance of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Fish & Shellfish Immunology*, 43, 415-426.
- Soleimani, N., Hoseinifar, S. H., Merrifield, D. L. & Barati, M. (2012). Dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) improves the innate immune response, stress resistance, digestive enzyme activities and growth performance of Caspian roach (*Rutilus rutilus*) fry. *Fish & Shellfish Immunology*, 32, 316-321.
- Subha, G., Krushna, C. D., Sreekanta, S. & Supratim, C. (2013). Supplementation of prebiotics in fish feed: a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 23(2), 195-199.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. & Vigil, S. (1993). *Integrated solid waste management*. Engineering Principles and Management Issues. McGraw-Hill, New York.
- Zhou, Q. C., Buentello J. A. & Gatlin, D. M. (2010). Effect of dietary prebiotics on growth performance, immune response and intestinal morphology of red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture*, 309, 253-257.

ค่าโลหิตวิทยาและดัชนีตับของปลาทับทิมที่เลี้ยงในระบบไบโอฟลอคร่วมกับ ระบบอควาโปนิคส์

Hematology and hepatosomatic index of red tilapia (*Oreochromis* spp.)
culture in biofloc and aquaponic system

ยุทธนา สว่างอารมณ์¹ พรพิมล พิมลรัตน์² นิวุฒิ หวังชัย³ ธิตพัฒน์ วีเปลี่ยน⁴
กมลวรรณ ศุภวิญญู⁵

สาขาวิชา การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง คณะมหาวิทยาลัยแม่โจ้ – ชุมพร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดชุมพร^{1,2,5}

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่³

สำนักวิชาทรัพยากรการเกษตร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ⁴

*Corresponding author: E-mail: kamonwans@mju.ac.th

บทคัดย่อ

ผลการเลี้ยงปลาทับทิมต่างกัน 2 แบบๆ 3 ซ้ำ คือ แบบปกติที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) และแบบระบบไบโอฟลอคร่วมกับระบบอควาโปนิคส์ภายในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิ นาน 119 วัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าโลหิตวิทยาและดัชนีตับของปลาทับทิม พบว่า ปลาทับทิมที่เลี้ยงในระบบไบโอฟลอคร่วมกับระบบอควาโปนิคส์มีค่าโลหิตวิทยาดังนี้ ปริมาณเม็ดเลือดแดง ปริมาณฮีมาโตคริต ปริมาณฮีโมโกลบิน และดัชนีตับ เท่ากับ $1.69 \pm 0.18 \times 10^6$ เซลล์ต่อไมโครลิตร, 31.42 ± 1.91 เปอร์เซ็นต์, 7.51 ± 0.56 กรัมเปอร์เซ็นต์ และ 1.80 ± 0.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และให้ผลไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับปลาทับทิมที่เลี้ยงแบบปกติที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ชุดควบคุม) ($p > 0.05$) สรุปว่าการเลี้ยงปลาทับทิมในระบบไบโอฟลอคร่วมกับระบบอควาโปนิคส์ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าโลหิตวิทยาและดัชนีตับ

คำสำคัญ : การลดของเสีย; ปลาทับทิม; ระบบไบโอฟลอค; ระบบอควาโปนิคส์

Abstract

The experimental comparison of two different cultural methods for red tilapia (*Oreochromis* spp.) in greenhouse for 119 days; The experiment designed 2 treatments as the red tilapia culture in water change in tank normal model (Control group ; CT) and the biofloc and aquaponic system (BA). The objective of this study was to compare hematology and hepatosomatic index of red tilapia. The result of BA was not different from control ($P > 0.05$), including the red blood cell count ($1.69 \pm 0.18 \times 10^6$ cell/ μ l), the haematocrit ($31.42 \pm 1.91\%$), the hemoglobin blood (7.51 ± 0.56 g%) and hepatosomatic index (1.80 ± 0.50 %). Suggested that the red tilapia can be cultured in BA without negative effects on the hematology and hepatosomatic index.

Keywords: waste reduction; red tilapia; biofloc; aquaponic

บทนำ

ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงปลาทบิมเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีศักยภาพทั้งด้านการผลิตและการตลาดที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปี ซึ่งเป็นการเลี้ยงเชิงเดี่ยวทั้งในบ่อดินและกระชังที่ความหนาแน่นสูงๆ แล้วให้อาหารสำเร็จรูปเป็นหลักอย่างเต็มที่เพื่อเร่งการเติบโตแล้วยกระดับผลผลิตให้สูงสุดภายในเวลาอันสั้นส่งผลให้น้ำมีปริมาณสารอินทรีย์ปนเปื้อนสูงโดยเฉพาะแอมโมเนียและไนโตรที่ก่อให้เกิดปัญหาการเติบโต (มันซิน ตันทูลเวศม์ และไพพรรณ พรประภา, 2544) หรือรุนแรงจนตายได้ ซึ่งจำเป็นต้องเปลี่ยนน้ำอย่างน้อยอาทิตย์ละ 1 ครั้ง ในปริมาณสูงถึง 30-50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น แนวคิดการเลี้ยงปลาที่ใช้น้ำน้อยจึงเป็นแนวคิดที่ดีด้วยการนำเทคโนโลยีไบโอฟลอคที่ช่วยย่อยสลายของเสียที่มีพิษสูง (แอมโมเนียและไนโตร) ได้เร็วกว่ากระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) เนื่องจาก heterotrophic bacteria เติบโตเร็วกว่า nitrifying bacteria ประมาณ 10 เท่า และยังเป็นอาหารภายในบ่อที่ดีมาช่วยร่วมกับระบบชีวเคมีที่เป็นการเลี้ยงสัตว์น้ำร่วมกับการปลูกพืชแบบไรดิโน โดยพืชสามารถลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจน (แอมโมเนีย ไนโตรและไนเตรท) และฟอสฟอรัสที่ปนเปื้อนในน้ำได้ดีส่งผลให้การเลี้ยงปลาแบบ biofloc and aquaponic system (BA) มีการเปลี่ยนน้ำน้อยมากหรือแทบไม่มี แต่ถึงกระนั้นปลาทบิมที่เลี้ยงก็อาจเกิดความเครียดทำให้การเติบโตและผลผลิตลดลงในที่สุด ซึ่ง กิจการ ศุภมาตย์ และวัชรินทร์ รัตนชู (2530) ; นิรุทธิ สุขเกษมและคณะ (2548) ; Puangkaew *et al.* (2004) และ Hrubec *et al.* (2000) พบว่า การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเลือดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิด สายพันธุ์ อายุ ระยะเจริญพันธุ์ การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมทั้งอุณหภูมิ สารพิษ อาหารและการให้อาหาร ตลอดจนรูปแบบการเลี้ยงสัตว์น้ำ ล้วนส่งผลโดยตรงต่อองค์ประกอบของเลือด ปัจจุบันได้มีการศึกษาองค์ประกอบเลือดปลาสำคัญทางเศรษฐกิจบางชนิด เช่น ปลากะพงขาว (กิจการ ศุภมาตย์ และคณะ, 2530) ปลาหมอไทย (นิรุทธิ สุขเกษมและคณะ, 2548) และปลานิลมีค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงเท่ากับ $1.49 - 1.62 \times 10^6$ cell/ μ l (Delany *et al.*, 1990) และดัชนีตับของปลานิลเพศเมียและเพศผู้เท่ากับ 1.41-2.37 และ 1.50-2.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ปิยมาศ โนนคู่เขตโขง, 2546) ดังนั้น การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าโลหิตวิทยาและดัชนีตับของปลาทบิมที่เลี้ยงแบบ BA ซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประเมินสุขภาพสำหรับสนับสนุนงานวิจัยต่อไปในอนาคตได้

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวางแผนการทดลอง

ทดลองเลี้ยงปลาทบิมต่างกัน 2 แบบ ๆ ละ 3 ซ้ำ คือ แบบ CT และแบบ BA

การเตรียมปลาทดลอง

นำปลาทบิมพักในถังพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๗ 206.5 เซนติเมตร ที่ใส่น้ำ 2,500 ลิตร พร้อมติดตั้งระบบให้อากาศแล้วให้อาหารวันละ 2 ครั้ง (ช่วงเช้า-ช่วงเย็น) นาน 2 สัปดาห์ เพื่อให้แข็งแรงก่อนคัดปลาที่น้ำหนักเริ่มต้น 20 กรัม มาใช้ในการทดลอง

การเตรียมถังทดลอง

การทดลองทั้ง 2 แบบ จะเตรียมและใช้ถังแบบเดียวกับขั้นตอนเตรียมปลาทดลอง แต่แบบ BA ในถังเลี้ยงปลาจะมีการติดตั้งเพื่อสูบน้ำให้ไหลผ่านชุดวางปลูกพืชที่อัตราการไหล 2 ลิตรต่อนาที แล้วปล่อยกลับสู่ถังเดิม

โดยชุดรางปลูกพืชทำจากท่อ PVC ขนาด 4 นิ้ว ความยาว 2.0 เมตร จำนวน 5 เส้น แล้วเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ห่างกัน 20 เซนติเมตร เพื่อใส่ถ้วยปลูกต้นกล้าผักมาลงปลูกในราง ซึ่งปียวัฒน์ เรืองราย และคณะ (2558) พบว่า อัตราส่วนของน้ำหนักปลาต่อจำนวนพืชที่ปลูกควรเท่ากับ 2.5 กิโลกรัมของปลาต่อจำนวนพืช 110 ต้น ตามลำดับ

การเตรียมโรงเรือน

ใช้แผ่นพลาสติกใสบิดทั้งด้านข้างและด้านบนของโรงเรือนทั้งหมดพร้อมใช้พัดลมดูดอากาศเป็นเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

การเตรียมอาหาร

ใช้อาหารปลานิลสำเร็จรูปที่มีคุณค่าทางโภชนาการดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการอาหารปลานิลสำเร็จรูป

ระยะการเลี้ยง	คุณค่าทางโภชนาการ			
	โปรตีน	ไขมัน	กาก	ความชื้น
ปลานิลเล็ก (ขนาด 20-100 กรัม)	>32	>4	<6	<12
ปลานิลรุ่น (ขนาด 100-300 กรัม)	>30	>4	<8	<12
ปลานิลใหญ่ (ขนาด >300 กรัม)	>25	>4	<8	<12

การเตรียมไบโอฟลอค

โดยใช้ถังพลาสติกขนาด 500 ลิตร ในการหมักอาหารกุ้งและกากน้ำตาลเพื่อผลิตไบโอฟลอคแล้วเติมอากาศเพื่อรักษาค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตรตลอดเวลาพร้อมควบคุมอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ให้อยู่ในสัดส่วน 16 : 1 โดยเติมวัตถุดิบคาร์โบไฮเดรตซึ่งดัดแปลงจากสมการของ Schryver, Crab, Defoirdt, Boon, & Verstraete (2008)

ขั้นตอนการเลี้ยง

ปล่อยปลาที่เตรียมไว้ลงถังทดลองละ 2.5 กิโลกรัม หรือ 125 ตัว พร้อมให้อาหารตามตารางที่ 1 วันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) ปริมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว สำหรับปลาขนาด 20-100 กรัม แล้วปรับเป็น 6 และ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว สำหรับปลาขนาด 100-300 กรัม และ >300 กรัม ตามลำดับ ให้อาหารทดลองอย่างช้า ๆ ซึ่งภายในถังเลี้ยงปลามีการรักษาค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำให้สูงกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตรตลอดเวลา สำหรับแบบ CT ทุก ๆ 7 วัน มีการเปลี่ยนน้ำปริมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำทั้งหมด ส่วนแบบ BA เติมน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำพร้อมเติมไบโอฟลอคทุก ๆ 7 วัน ในอัตรา 1 ลิตรต่อต้น นาน 119 วัน

การเก็บข้อมูลโลหิตวิทยา

ดัดแปลงวิธีการของสงศรี มหาสวัสดิ์ และชัยชาญ มหาสวัสดิ์ (2529) เมื่อสิ้นสุดการทดลองสุ่มปลาทั้งหมัดถึงละ 10 ตัว มาสลบด้วยสารละลายควินดิลีนที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm เป็นระยะเวลา 10 นาที แล้วเจาะเลือดที่ caudal vein บริเวณโคนหางด้วยหลอดฉีดยาพลาสติกขนาด 1 มล. ที่ติดตั้งเข็มเบอร์ 24G ประมาณ 0.5 มิลลิลิตร แล้วนำเลือดที่ได้ทำการวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบเลือดต่าง ๆ ดังนี้

- ปริมาณเม็ดเลือดแดง โดยนำเลือดที่ได้เจือจางด้วยสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด 5 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วน 1:100 แล้วทำการนับปริมาณเม็ดเลือดแดงโดยใช้สไลด์นับเม็ดเลือด

-ค่าฮีมาโตคริต โดยนำเลือดที่ใส่อยู่ในหลอดไมโครแคพิลลารีไปปั่นด้วยเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่ความเร็ว 11,700 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที แล้ววัดเปอร์เซ็นต์ฮีมาโตคริตด้วยตัวอ่านไมโครแคพิลลารี

-ฮีโมโกลบิน วัดโดยใช้ Haemometer ในการหาค่าฮีโมโกลบิน

การเก็บข้อมูลดัชนีตับ

นำปลาตับทิมที่ถูกเก็บตัวอย่างเลือดแล้วมาผ่าท้องเพื่อนำตับออกมาชั่งน้ำหนักเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณจาก น้ำหนักตับ (กรัม) / น้ำหนักตัว (กรัม)×100

การเก็บข้อมูลการเติบโต

เมื่อสิ้นสุดการทดลองนับจำนวนปลาตับทิมที่เหลือรอดพร้อมกับชั่งน้ำหนักรวมของปลาตับทิมในแต่ละถัง แล้วสุ่มมาอีก 10 ตัว เพื่อชั่งน้ำหนักและวัดความยาวแต่ละตัวอีกครั้งหนึ่ง นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาจำนวนตัวเฉลี่ยสุดท้าย ความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตาย ผลผลิตปลาสุทธิ ผลผลิตปลาสุทธิและผลผลิตฝักสลัดทั้งหมด

การเก็บข้อมูลคุณภาพ

วิเคราะห์น้ำก่อนปล่อยปลาตับทิมลงในถังทดลองและทุก ๆ 7 วัน โดยคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดที่ถังทดลองโดยตรง ตอนเช้า (7.00 น.) ดังนี้ ค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ วัดโดยใช้เครื่องยี่ห้อ YSI รุ่น 550 และ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง วัดโดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง ยี่ห้อ Mettler รุ่น seven compact พร้อมใช้ขวดพลาสติกขนาด 500 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างน้ำกลับไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ค่าแอมโมเนียรวม ค่าไนโตรเจน ค่าไนเตรท และ ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (Orthophosphates) โดยใช้วิธี ฟงค์เชมูร์ (มปป.)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยโลหิตวิทยาและดัชนีตับของแต่ละชุดการทดลองโดยวิธี t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการเลี้ยงปลาตับทิมต่างกัน 2 แบบ ๆ 3 ซ้ำ คือ แบบ CT และแบบ BA นาน 119 วัน ต่อ ค่าโลหิตวิทยาและดัชนีตับได้สรุปไว้ในตารางที่ 2 ส่วนการเติบโต ผลผลิตปลาและฝักสลัด อัตราการรอดตายได้สรุปไว้ในตารางที่ 3 และค่าคุณภาพน้ำระหว่างการทดลองได้สรุปไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 2 ค่าโลหิตวิทยาและดัชนีตับของปลาทับทิมที่เลี้ยงต่างกัน 2 แบบ (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ปัจจัย	รูปแบบการเลี้ยงปลาทับทิม		p-value
	แบบ CT	แบบ BA	
ปริมาณเม็ดเลือดแดง ($\times 10^6$ เซลล์ต่อไมโครลิตร)	1.81 \pm 0.16 ^a	1.69 \pm 0.18 ^a	0.425
ค่าฮีมาโตคริต (เปอร์เซ็นต์)	32.66 \pm 2.24 ^a	31.42 \pm 1.91 ^a	0.504
ปริมาณฮีโมโกลบิน (กรัมเปอร์เซ็นต์)	8.71 \pm 0.68 ^a	7.51 \pm 0.56 ^a	0.076
ดัชนีตับ (เปอร์เซ็นต์)	2.40 \pm 0.22 ^a	1.80 \pm 0.50 ^a	0.130

หมายเหตุ อักษร a ที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงถึง ความไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตารางที่ 3 การเติบโต ผลผลิตปลาและผักสลัด อัตราการรอดตายของปลาทับทิมที่เลี้ยงต่างกัน 2 แบบ คือ แบบ CT และแบบ BA นาน 119 วัน (ค่าน้อยสุด-ค่ามากที่สุด)

ปัจจัย	รูปแบบการเลี้ยงปลาทับทิม	
	แบบ CT	แบบ BA
น้ำหนักตัวเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม)	269.50-300.28	249.21-318.16
ความยาวตัวเฉลี่ยสุดท้าย(เซนติเมตร)	24.53-25.19	24.62-25.50
อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อวัน)	2.21-2.47	2.04-2.62
อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	95.33-99.00	100.00
ผลผลิตสุทธิ (กิโลกรัมต่อถัง)	24.89-25.91	24.77-25.05
ผลผลิตผักสลัดทั้งหมด (กิโลกรัมต่อถัง)	-	1.04 \pm 1.44

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำภายในถังเลี้ยงปลาทับทิมที่ต่างกัน 2 แบบ คือ แบบ CT และแบบ BA นาน 119 วัน (ค่าน้อยสุด-ค่ามากที่สุด)

ปัจจัย	รูปแบบการเลี้ยงปลาทับทิม	
	แบบ CT	แบบ BA
ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	3.77-4.05	3.57-3.75
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	7.99-8.05	7.74-7.90
ค่าความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	225.29-237.03	185.36-209.02
ค่าแอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.07-0.09	0.27-0.41
ค่าไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.25-0.47	0.34-0.52
ค่าไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	23.41-29.83	21.55-35.57
ค่าฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.78-1.16	3.21-3.53

ปริมาณเม็ดเลือดแดง

ผลการเลี้ยงปลาทบที่ต่างกัน 2 แบบ คือ แบบ CT และแบบ BA นาน 119 วัน ส่งผลให้มีปริมาณเม็ดเลือดแดงเฉลี่ยเท่ากับ 1.81 ± 0.16 และ $1.69 \pm 0.18 \times 10^6$ เซลล์ต่อไมโครลิตร ตามลำดับ และให้ผลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้น การเลี้ยงปลาทบแบบ BA จึงไม่มีผลต่อปริมาณเม็ดเลือดแดงและรวมไปถึงค่าฮีมาโตคริต ปริมาณฮีโมโกลบิน และดัชนีตับของปลาทบ เนื่องจากอาหารที่ใช้เลี้ยงการเติบโต และคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาทบที่ต่างกันทั้ง 2 แบบ คือ แบบ CT และแบบ BA นาน 119 วัน พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันอีกทั้งคุณภาพน้ำยังมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปลาทบจึงไม่ส่งผลต่อสุขภาพโดยรวมของปลา ซึ่งสอดคล้องกับมินตรา ศีลอุดม และคณะ (2557) ที่ศึกษาค่าโลหิตวิทยาและค่าทางเคมีในเลือดบางประการของปลากดคัง (*Hemibagrus wyckioides*) ที่เลี้ยงใน 2 สภาพการเลี้ยง คือ ในระบบโรงเรือนปิดและบ่อดิน พบว่า ค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงของตัวอย่างปลาทั้ง 2 สภาพการเลี้ยงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.29 ± 0.18 และ $1.21 \pm 0.23 \times 10^6$ เซลล์ต่อไมโครลิตร ตามลำดับ เนื่องจากปลากดคังที่นำมาศึกษาครั้งนี้มีช่วงอายุเดียวกัน คือ ประมาณ 240 วัน อีกทั้งยังมีขนาดใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงจึงไม่แตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ศิลป์ชัย มณีขัติย์ (2553) ที่ได้ทำการศึกษาค่าโลหิตวิทยาของปลาแรดแล้วพบว่าค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงนั้นมีความสัมพันธ์กับขนาดของปลา โดยปลาแรดขนาดใหญ่มีปริมาณเม็ดเลือดแดงมากกว่าปลาแรดขนาดกลางและขนาดเล็ก ตามลำดับ และยุทธนา สว่างอารมย์ และคณะ (2557) รายงานว่าการวิเคราะห์เลือดนั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในแง่การประเมินสุขภาพของปลาได้อีกทางหนึ่ง ซึ่ง Klinger *et al.* (1996) รายงานว่า ค่าโลหิตวิทยานั้นมีความสำคัญมากในการประเมินถึงความเหมาะสมของอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำได้ว่าการนำอาหารชนิดต่าง ๆ มาเลี้ยงสัตว์น้ำนั้นส่งผลต่อสุขภาพสัตว์น้ำ นอกจากนี้ Delany *et al.* (1990) รายงานว่าเลือดปลาแปรเปลี่ยนตามอาหารที่ได้รับ ซึ่งมีผลต่อปริมาณเม็ดเลือดแดง, ฮีมาโตคริต และระดับกลูโคส ส่วนปริมาณเม็ดเลือดแดงปกติของปลานิลทั่วไปมีค่าเท่ากับ $1.49 - 1.62 \times 10^6$ เซลล์ต่อไมโครลิตร ดังนั้น ปลาทบที่เลี้ยงต่างกันทั้ง 2 แบบ จึงจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีสุขภาพดี

ปริมาณฮีมาโตคริต

ผลการเลี้ยงปลาทบที่ต่างกัน 2 แบบ คือ แบบ CT และแบบ BA นาน 119 วัน ส่งผลให้มีปริมาณฮีมาโตคริตเฉลี่ยเท่ากับ 32.66 ± 2.24 และ 31.42 ± 1.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และให้ผลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้น การเลี้ยงปลาทบแบบ BA จึงไม่มีผลต่อปริมาณฮีมาโตคริตของปลา ซึ่งสอดคล้องกับมินตรา ศีลอุดม และคณะ (2557) ที่พบว่าระบบการเลี้ยงทั้งระบบโรงเรือนปิดและบ่อดินไม่มีผลต่อค่าปริมาณฮีมาโตคริตของปลากดคัง (*Hemibagrus wyckioides*) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 27.90 ± 7.07 และ 27.50 ± 6.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และให้ผลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนปลานิลทั่วไปมีปริมาณฮีมาโตคริตเท่ากับ 22.11 - 22.56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับยุทธนา สว่างอารมย์ และคณะ (2557) รายงานว่าปริมาณฮีมาโตคริตของปลานิลทนเค็มๆ ที่เลี้ยงด้วยอาหารปลานิลสำเร็จรูปและอาหารที่มีส่วนผสมของกากสาลัดจ์ปาล์มที่แตกต่างกันทั้ง 5 ระดับ คือ 0 (ชุดควบคุม) 10 20 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารแล้วให้ผลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งมีปริมาณฮีมาโตคริตเท่ากับ 31.83 ± 2.90

28.47±5.03 31.80±4.40 32.07±6.88 31.70±5.26 และ 26.40±5.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แล้วสรุปว่าปลา
นิลทนมเค็มๆ ในทุกชุดการทดลองมีสุขภาพดี แต่ Delany *et al.* (1990) รายงานว่าเลือดปลาสามารถแปรเปลี่ยน
ตามอาหารที่ได้รับซึ่งมีผลต่อปริมาณเม็ดเลือดแดง ปริมาณฮีมาโตคริต และระดับกลูโคส

ปริมาณฮีโมโกลบิน

ผลการเลี้ยงปลาทั้ง 2 แบบ คือ แบบ CT และแบบ BA นาน 119 วัน ส่งผลให้มีปริมาณ
ฮีโมโกลบินเฉลี่ยเท่ากับ 8.71±0.68 และ 7.51±0.56 กรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และให้ผลไม่มีความแตกต่างกัน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงปลาทั้ง 2 แบบ BA ไม่ส่งผลต่อปริมาณฮีโมโกลบิน
ของปลา ซึ่งโดยทั่วไปถ้าปลาเป็นโรคหรือมีสุขภาพไม่ดี ปริมาณฮีมาโตคริตจะมีค่าลดลงดังการศึกษาของสงศรี
มหาสวัสดิ์ และชัชชาญ มหาสวัสดิ์ (2529) ที่พบว่า ถ้าปลาถูกด้านที่ได้รับเชื้อแอโรโมนาส ไฮโดรฟิลล่าเพียง
 5.6×10^{11} เซลล์ต่อมิลลิลิตร มีผลทำให้ปลามีค่าฮีมาโตคริตลดลงกว่าปลาชุดควบคุมที่ไม่ได้รับเชื้ออย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าปลาถูกด้านที่ได้รับเชื้อแอโรโมนาส ไฮโดรฟิลล่าเพิ่มขึ้นเป็น 19.6×10^{11} เซลล์ต่อ
มิลลิลิตร มีผลทำให้ปลามีค่าทั้งจำนวนเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน และปริมาณฮีโมโกลบินมีค่าลดลงกว่าชุด
ควบคุมที่ไม่ได้รับเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าถ้าปลามีสุขภาพที่ไม่ดีจะส่งผลทำให้จำนวนเม็ด
เลือดแดง ค่าฮีมาโตคริตและค่าฮีโมโกลบินลดลง

ดัชนีตับ (เปอร์เซ็นต์)

ผลการเลี้ยงปลาทั้ง 2 แบบ คือ แบบ CT และแบบ BA นาน 119 วัน ส่งผลให้มีค่าดัชนีตับ
เฉลี่ยเท่ากับ 2.40±0.22 และ 1.80±0.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และให้ผลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงปลาทั้ง 2 แบบ BA ไม่ส่งผลต่อค่าดัชนีตับ ซึ่ง โดยทั่วไปค่าดัชนีตับ
นั้นมีความสัมพันธ์กับอาหารที่ปลาได้รับมากกว่า เนื่องจากถ้าสัตว์น้ำได้รับอาหารที่มีไขมันมากเกินไปส่งผล
ทำให้สัตว์น้ำมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวอย่างรวดเร็วพร้อมกับสะสมไขมันในร่างกาย และทำให้ปลาอ้วนในที่สุด
พร้อมกับเกิดอาการผิดปกติที่ตับ โดยมานพ ตั้งตรงไพโรจน์ และคณะ (2536) รายงานว่าอาหารปลานิลที่มีไขมัน
>5 เปอร์เซ็นต์ ไขมันส่วนที่เกินไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ แต่ไปสะสมที่อวัยวะภายในและกล้ามเนื้อ แล้วถ้าอาหาร
มีไขมัน >12 เปอร์เซ็นต์ ยังมีผลยับยั้งการเติบโตและถ้าได้รับติดต่อกันนาน ๆ ยิ่งทำให้ปลาเครียดแล้วติดโรคได้
ง่าย แต่ De silva and Anderson (1995) ก็รายงานว่า ระดับไขมันที่เหมาะสมในอาหารสำหรับปลาทั่วไปควรมี
ค่าระหว่าง 10 – 20 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ปลาในแต่ละภูมิภาคยังมีความต้องการไขมันแตกต่างกันออกไป เช่น
ปลาในเขตนานต้องการไขมันในอาหารไม่ต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ (NRC, 1983) ปลาเขตอบอุ่นต้องการไขมันใน
อาหารอยู่ในช่วง 10 - 15 เปอร์เซ็นต์ (อำนาจ โชติญาณวงษ์, 2524) ส่วนปลาในเขตร้อน เช่น ปลานิล ปลาดุก
และปลาไหล ระดับไขมันที่เหมาะสมในอาหารควรมีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ (อำนาจ โชติญาณวงษ์, 2525)
เนื่องจากปัจจุบันค่ามาตรฐานของดัชนีตับของสัตว์น้ำยังไม่มีการกำหนดเกณฑ์ออกมาเพื่อใช้เป็นมาตรฐานใน
การเปรียบเทียบ ดังนั้น ผลของดัชนีตับปลาทั้ง 2 แบบจึงขอเข้าไปเปรียบเทียบกับยุทธนา สว่างอารมย์ และคณะ
(2557) รายงานค่าดัชนีตับของปลานิลทนมเค็มๆ ที่เลี้ยงด้วยอาหารปลานิลสำเร็จรูป และอาหารที่มีส่วนผสมของ
กากสลัดจ์ปาล์มที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0 (ชุดควบคุม) 10 20 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร เป็นเวลา

143 วัน นั้นส่งผลให้ปลานิลทนเค็มๆ มีดัชนีดับ เท่ากับ 2.21 ± 0.42 1.29 ± 0.15 1.66 ± 0.43 1.26 ± 0.27 1.33 ± 0.18 และ 1.33 ± 0.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และของปียมาศ โนนคู่เขตโขง (2546) ที่ได้ทำการศึกษาผลของกวางเครือขาวต่อการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อตับ และระบบสืบพันธุ์ในปลานิล แล้วรายงานว่ามีค่าดัชนีดับปลานิลเพศเมียมีค่าระหว่าง 1.41-2.37 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปลานิลเพศผู้มีค่าระหว่าง 1.50-2.23 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ไม่มีความผิดปกติของตับ

สรุปผลการวิจัย

ผลการเลี้ยงปลาทั้ง 2 แบบ ๆ 3 ซ้ำ คือ แบบ CT และแบบ BA นาน 119 วัน พบว่า ปลาทั้ง 2 แบบ BA มีปริมาณเม็ดเลือดแดง ปริมาณฮีมาโตคริต ปริมาณฮีโมโกลบิน และดัชนีดับให้ผลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สรุปว่าการเลี้ยงปลาทั้ง 2 แบบ BA ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าโลหิตวิทยาและดัชนีดับของปลาทั้ง 2 แบบ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปีงบประมาณ 2563 จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- กิจการ สุภมาตย์, เขาวนิศย์ ดนยดล และสถาพร ดิเรกบุษราคม. (2530). การศึกษาองค์ประกอบเลือดของปลากะพงขาว (*Lates calcalifer* Bloch). *วารสารสงขลานครินทร์*, 9, 59 – 68.
- กิจการ สุภมาตย์ และวัชรินทร์ รัตนชู. (2530). ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำต่อองค์ประกอบเลือดในปลานิล (*Sarotherodon niloticus*). *วารสารสงขลานครินทร์*, 9, 471- 477.
- นิรุทธิ สุขเกษม, จรีพร เรืองศรี และกิจการ สุภมาตย์. (2548). การศึกษาองค์ประกอบเลือดของปลาหมอไทย. *วารสารสงขลานครินทร์*, 27(ฉบับพิเศษ 1), 419 – 424.
- ปียมาศ โนนคู่เขตโขง. (2546). *ผลของกวางเครือขาวต่อการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อตับและระบบสืบพันธุ์ในปลานิล* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปียวัฒน์ เรืองฉาย, ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ และชีวิน อรรถสกลน. (2558). การศึกษาผลของสัดส่วนพืชที่ปลูกในระบบบ่อควาโปนิคส์ที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ. ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ (Proceedings). เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 15* (น. 99-110). นครสวรรค์: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- พงศ์เชษฐ พิษิตกุล. (มปป). *การวิเคราะห์น้ำ (Water Analysis) 251452*. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- มันสิน ตันกุลเวศม์ และไพพรรณ พรประภา. (2544). *การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่น*. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, บรรศรี จริโมภาส, สุจินต์ หนูขวัญ, กำชัย ลาวัณย วุฒิ, วีระ วัชรกรโยธิน และวิมล จันทโรทัย. (2536). *การพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลานิล*. เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 23. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, กรมประมง.
- มินตรา ศीलอุดม, ทศพล มูลมณี และ สุรัชย์ พิกุลแก้ว. (2557). ค่าโลหิตวิทยาและค่าทางเคมีในเลือดบางประการของปลากดคัง (*Hemibagrus wyckioides*) ที่เลี้ยงในระบบโรงเรือนปิดและบ่อดิน. *วารสารสัตวศาสตร์แห่งประเทศไทย*, 1(2), 37-45.
- ยุทธนา สว่างอารมย์, กมลวรรณ ศุภวิญญู และชัยวิชิต เพชรศิลา. (2557). การศึกษาการใช้กากสัดปลาสมน้ำมันเป็นวัตถุดิบอาหารปลานิลทนเค็มสายพันธุ์ปทุมธานี [รายงานวิจัย]. กรุงเทพฯ: งบประมาณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน).
- ศิลปชัย มณีขัติย์. (2553). ค่าโลหิตวิทยาและปริมาณแร่ธาตุบางชนิดในเลือดปลาแรด. ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ (Proceedings)*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 สาขาประมง (น. 257-264). กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สงศรี มหาสวัสดิ์ และชัยชาญ มหาสวัสดิ์. (2529). การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเลือดและส่วนประกอบไอออนของพลาสมาในปลาดุกด้านที่เป็นโรคเชื้อแอโรโมนาส ไฮโดรฟิลล่า. *วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทยาศาสตร์)*, 20, 74-79.
- อำนาจ ไซติญาณวงษ์. (2524). *การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ประมง*. ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อำนาจ ไซติญาณวงษ์. (2525). *อาหารปลา*. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- De silva, S. & Anderson, T. (1995). *Fish nutrition in aquaculture*. Chapman and Hall. Delany, J. P., Vivian, V. M., Snook, J. T. & Anderson, P. A. (1990). Effects of fish oil on serum lipids in men during a controlled feeding trial. *American Journal of Clinical Nutrition*, 52 (2), 477-485.
- Hrubec, T. C., Cardinale, J. L. & Smith, S. A. (2000). Hematology and Plasma Chemistry Reference Intervals for Cultured Tilapia (*Oreochromis Hybrid*). *Veterinary Clinical Pathology*, 29, 7-12.
- Klinger, R. C., Blazer, V. S. & Echevarria, C. (1996). Effects of dietary lipid on the hematology of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, 147, 225-233.
- NRC. (1983). *Nutrient requirement of warm water fishes and shell fish*. National academy press. Puangkaew, J., Kiron, V., Somamoto, T., Okamoto, N., Satoh, S., Takeuchi, T. & Watanabe, T. (2004). Nonspecific immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) in relation to different status of vitamin E and highly unsaturated fatty acids. *Fish & Shellfish Immunology*, 16, 25 - 39.
- Schryver, P. D., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., & Verstraete, W. (2008). The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277, 125-137.

ผลของโปรไบโอติกต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และความต้านทานโรคต่อ
แอโรโมแนส ไฮโดรฟิลล่า (*Aeromonas hydrophila*) ของปลานิลในน้ำกร่อย

Effects of Probiotics on Growth Performance, Survival Rate and Disease Resistance
against *Aeromonas hydrophila* of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Brackish Water

จันทร์ทิพย์ ทองจันทร์^{1*} ศรัณยา รักเสรี²

สาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก^{1,2}

*Corresponding author: E-mail: junthip1111@gmail.com

บทคัดย่อ

แบคทีเรีย *Bacillus licheniformis* และ *Bacillus amyloliquefaciens* ถูกคัดแยกได้จากน้ำกร่อยและดินป่าชายเลนพบว่ามีประสิทธิภาพยับยั้งแบคทีเรีย *Aeromonas hydrophila* 3237 ด้วยเทคนิค cross streak method และ double-layer agar method การทดสอบการเจริญร่วมกันในอาหารเหลวพบว่าการใช้บาซิลลัสทั้งสองสายพันธุ์สามารถลดจำนวน *A. hydrophila* 3237 ได้ที่ชั่วโมงที่ 72 ในการศึกษาได้เตรียมบาซิลลัสทั้งสองสายพันธุ์ที่จำนวนเซลล์ 3.0×10^8 CFU/ml ในอัตราส่วน 1:1 ผสมอาหารที่ความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0, 2.5, 5 และ 10% เลี้ยงปลานิลที่ความเค็ม 15 ppt นาน 56 วัน พบว่าอาหารผสมโปรไบโอติกที่ความเข้มข้น 10% ปลานิลมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) เท่ากับ 2.26 ± 0.01 g/ตัว/วัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) เท่ากับ $2.23 \pm 0.01\%$ /วัน ($P < 0.05$) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) เท่ากับ 0.96 ± 0.00 ($P < 0.05$) ปลานิลในทุกชุดการทดลองมีอัตราการรอด 100% และที่ระดับความเข้มข้น 10% พบว่าปลานิลมีความต้านทานโรคต่อแบคทีเรีย *A. hydrophila* 3237 (3.0×10^7 CFU/ตัว) ได้ 100%

คำสำคัญ: บาซิลลัส; โปรไบโอติก; แอโรโมแนส ไฮโดรฟิลล่า; ปลานิล; น้ำกร่อย

Abstract

Bacillus licheniformis and *Bacillus amyloliquefaciens* were isolated from brackish water and mangrove soil showed effective inhibition of *Aeromonas hydrophila* 3237 by cross streak method and double-layer agar method. Broth co-culture assay showed that two *Bacillus* strains could decrease the number of *A. hydrophila* 3237 after 72 hours of co-culture. In this study, two *Bacillus* strains (3.0×10^8 CFU/ml) were prepared at a ratio of 1:1 contained in diets with 4 levels of 0, 2.5, 5, and 10% for Nile tilapia culture in brackish water at 15 ppt of salinity for 56 days. The results showed that at 10% of diet containing probiotics, Nile tilapia had the growth rate per day (ADG) at 2.26 ± 0.01 g/fish/day and specific growth rate (SGR) at $2.23 \pm 0.01\%$ per day ($P < 0.05$). The feed conversion rate (FCR) at 0.96 ± 0.00 ($P < 0.05$). Nile tilapia in all experiments had a 100% survival rate and diet containing

probiotics at 10% showed that Nile tilapia had a disease resistance against *A. hydrophila* 3237 (3.0x10⁷CFU/fish) at 100%.

Keywords: *Bacillus* ; probiotic ; *Aeromonas hydrophila* ; Nile tilapia ; brackish water

บทนำ

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยที่เลี้ยงและขยายพันธุ์ง่าย ทนต่อสภาพแวดล้อม มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งปัญหาจากภัยแล้งและน้ำทะเลหนุนทำให้มีค่าความเค็มสูงเกินค่ามาตรฐาน และปัญหาดินเค็มในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลางส่งผลให้มูลค่าการส่งออกปลานิลของปี 2563 ลดลง 42.7% เมื่อเทียบกับปี 2562 และคาดว่าในปี 2564 ผลผลิตปลานิลจะมีปริมาณเพียง 210,419 ตัน กรมประมงจึงได้จัดทำแผนพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลานิล (2563-2567) เพื่อพัฒนาสายพันธุ์ปลานิลทนโรค ทนเค็มและพัฒนาวัคซีนป้องกันโรค (เกวลิน หนูฤทธิ, 2564, น. 1-11) แต่พื้นที่เลี้ยงและแหล่งน้ำจืดมีปริมาณที่ลดน้อยลง ดังนั้นการเพาะเลี้ยงที่ปากแม่น้ำที่ติดกับทะเล บริเวณชายฝั่งและพื้นที่ดินเค็มจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ ซึ่งอาจส่งผลให้ปลาเกิดความเครียดเมื่อเจริญในน้ำที่มีความเค็มสูงขึ้น ระดับภูมิคุ้มกันโรคลดลงและติดโรคจากเชื้อ *A. hydrophila* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างแท่ง เจริญได้ในน้ำจืดและน้ำกร่อย ทำให้ผิวหนังปลานิลเปื่อยยุ่ย ครีบเน่า เลือดออกที่ผิวหนังซึ่งเป็นสาเหตุให้ปลานิลมีอัตราการตายสูง และติดต่อกันจากสัตว์น้ำมาสู่มนุษย์ (Laith & Najiah, 2013, p.1-7) การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำธรรมชาติจากการปนเปื้อนของน้ำทิ้งจากบ้านเรือนพบว่า เป็นสาเหตุให้เชื้อพัฒนาพันธุกรรมให้ดื้อต่อยาปฏิชีวนะเพิ่มขึ้น (Goni-Urriza et al., 2000, p.125-132)

เพื่อลดการใช้ยาปฏิชีวนะด้วยการใช้แบคทีเรียโปรไบโอติกสกุลบาซิลลัสพบว่ามีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม แบคทีเรียสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโต อัตรารอด ความต้านทานเชื้อโรคและภูมิคุ้มกันของปลานิลให้เพิ่มขึ้น (Kim, Subramanian, & Heo., 2017, p. 1354-1364) แบคทีเรียสกุลบาซิลลัสเป็นสายพันธุ์ที่ไม่ก่อโรคในสัตว์น้ำ ทนต่อกรดและเกลือได้ดีในกระเพาะและลำไส้ นำเข้าสู่ร่างกายสัตว์น้ำได้หลายวิธี เชื้อจะสร้างสารต่อต้านและทำลายจุลินทรีย์ก่อโรค (Keysami, Mohammadpour, & Saad, 2011, p.1-13) ในการศึกษาวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกแบคทีเรียสกุลบาซิลลัสที่มีประสิทธิภาพยับยั้งเชื้อ *A. hydrophila* และศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของโปรไบโอติกที่ผสมอาหารต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดและความต้านทานโรค ในการเพาะเลี้ยงปลานิลที่ความเค็ม 15 ppt ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางพัฒนาการเลี้ยงปลานิลในน้ำกร่อยแก้ปัญหาให้กับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลานิลในพื้นที่ซึ่งได้รับผลกระทบจากน้ำทะเลหนุนและดินเค็ม

วิธีดำเนินการวิจัย

1.1 การคัดแยกแบคทีเรียโปรไบโอติกจากน้ำกร่อยและดินป่าชายเลน

คัดแยกแบคทีเรียจากดินป่าชายเลนในอำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี จำนวน 3 ตัวอย่าง และอำเภอแกลง จังหวัดระยอง จำนวน 3 ตัวอย่าง โดยวิธีการสุ่มเก็บตัวอย่างดิน ซึ่งแต่ละตัวอย่างจะเก็บดินจำนวน 4 จุด นำดินทั้ง 4 จุดมาผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันและชั่งน้ำหนักจำนวน 10 กรัม ผสมในสารละลาย NaCl 1.5% ปริมาตร 90 ml ที่ปราศจากเชื้อ เขย่าแรงๆ 30 ครั้ง เพื่อให้ดินกระจายตัวและเจือจาง 10^{-1} ถึง 10^{-6} ดูดสารละลายดิน 10^{-4} ถึง 10^{-6} ปริมาตร 0.5 ml มาเกลี่ย (spread) บนอาหาร Nutrient agar (NA)(Himedia, India) ที่ผสม NaCl 1.5% แต่ละความเจือจางทำ 3 ซ้ำ (ทรีวีทรี เพชรจุล, กาญจนนา กุลวิทิต, อนุพงษ์ □ ทานกระโทก และพินดา สืบชมภู, 2561, น. 955-964) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นใช้วิธี cross streak plate จนได้เชื้อบริสุทธิ์ สังเกตขนาด ลักษณะสี ลักษณะโคโลนี จุดบันทึก การคัดแยกเชื้อจากตัวอย่างน้ำกร่อยในอำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี จำนวน 2 ตัวอย่าง และอำเภอแกลง จังหวัดระยอง จำนวน 2 ตัวอย่าง ทำการทดลองเช่นเดียวกับตัวอย่างดิน

1.2 การคัดเลือกแบคทีเรียโปรไบโอติกในการยับยั้งเชื้อก่อโรค

การยับยั้งเชื้อก่อโรคใช้วิธี cross streak method ดัดแปลงจาก (Lertcanawanichakul & Sawangnop, 2008, p.161-171) โดยใช้ลวดเขี่ยเชื้อ (loop) ที่ปลอดเชื้อแตะเชื้อโปรไบโอติกนำมา streak ลงบนตำแหน่งตรงกลางของอาหาร NA ที่ผสม NaCl 1.5% บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใช้ลวดเขี่ยเชื้อที่ปลอดเชื้อแตะเชื้อ *A. hydrophila* แต่ละสายพันธุ์ และเชื้อก่อโรคสายพันธุ์อื่น (*Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus*, *Flexibacter* sp. และ *Escherichia coli*) นำมา streak ทำมุม 90 องศาบริวย streak ของโปรไบโอติก บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส สังเกตการเกิดบริเวณยับยั้ง ณ ตำแหน่งที่โคโลนีบนรอย streak ของแบคทีเรียทั้งสองตัดกันเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ยืนยันผลการยับยั้งด้วยวิธี double-layer agar ใช้ลวดเขี่ยเชื้อย้ายโปรไบโอติกที่มีความเข้มข้น 1.5×10^5 CFU/ml มา spot บนอาหาร NA ที่ผสม NaCl 1.5% บ่มให้เชื้อเจริญเป็นเวลา 48 ชั่วโมง และเลี้ยงเชื้อ *A. hydrophila* 3237 ในอาหาร Nutrient broth (NB) (Himedia, India) ที่ผสม NaCl 1.5% อายุ 24 ชั่วโมง ปรับให้เชื้อมีความเข้มข้น 1.5×10^6 CFU/ml ดูดเชื้อปริมาตร 0.2 ml ลงในอาหาร NA ปริมาตร 20 ml เขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกันเทสารละลายเชื้อทับบนจานอาหาร NA ที่ผสม NaCl 1.5% ซึ่งมีโปรไบโอติกเจริญอยู่ (Verschuere, Rombaut, Sorgeloos, & Verstraete, 2000, p.655-671) คัดเลือกแบคทีเรียที่ยับยั้งเชื้อก่อโรคมาจัดจำแนกสายพันธุ์

1.3 การจำแนกชนิดของแบคทีเรียโปรไบโอติกด้วยวิธีทางจุลชีววิทยาและเทคนิคทางอณูชีววิทยา

จัดจำแนกแบคทีเรียใช้วิธีมาตรฐานตามคู่มือการจัดจำแนกแบคทีเรียของ Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th Edition (Holt, Krieg, Sneath, Staley, & Williams, 1994) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบ API 50 CHB (bioMerieux, France) และยืนยันการจำแนกสายพันธุ์ของโปรไบโอติกด้วยการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA โดยเลี้ยงแบคทีเรียในอาหาร Luria-Bertani broth (Difco, USA) และสกัดดีเอ็นเอด้วย Genra Puregene extraction kit (QIAGEN, Germany) เพิ่มจำนวนดีเอ็นเอด้วยเครื่อง Polymerase Chain Reaction (PCR) โดยให้ 16S rRNA universal primers คือ 27F (5'-AGAGTTTGATCMTGGCTCAG-3') และ (1492R) (5'-TACGGYTACCTGTTACGACTT-3') (Lane, 1991)

วิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยวิธี DNA sequence analysis และเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้กับลำดับนิวคลีโอไทด์ในฐานข้อมูลของ GenBank database โดยใช้โปรแกรม BLAST

1.4 การทดสอบการเจริญร่วมกันระหว่างโปรไบโอติกและ *A. hydrophila* 3237 ในอาหารเหลว (Broth co-culture assay) (Cao, He, Wei, Diong, & Lu, 2011, p.1-7)

เลี้ยงแบคทีเรียโปรไบโอติกและ *A. hydrophila* 3237 ในอาหาร Tryptic soy broth (TSB) (Merck, Germany) ที่ผสม NaCl 1.5% ปริมาตร 10 ml บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เขย่าที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำสารละลายเชื้อเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกเซลล์ที่ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ล้างเซลล์ 2 ครั้งด้วย NaCl 1.5% เจือจางให้ได้ปริมาณเชื้อ 10^6 CFU/ml นำเชื้อก่อโรคและโปรไบโอติกมาเจริญร่วมกันในอาหาร TSB ที่ผสม NaCl 1.5% ปริมาตร 18 ml ในขวดรูปชมพู่ปริมาตร 50 ml บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส หาปริมาณแบคทีเรีย *A. hydrophila* 3237 ที่ระยะเวลา 0, 24, 48, 72, 96 และ 120 ชั่วโมง ของทุกชุดการทดลองบนอาหาร Rimler-Shotts medium (Himedia, India) ที่ผสม NaCl 1.5% ด้วยเทคนิค spread plate technique แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ประกอบด้วย

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารที่มี *A. hydrophila* 1 ml (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารที่มี *A. hydrophila* และ *B. licheniformis* ชนิดละ 1 ml

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารที่มี *A. hydrophila* และ *B. amyloliquefaciens* ชนิดละ 1 ml

ชุดการทดลองที่ 4 อาหารที่มี *A. hydrophila* 1 ml *B. licheniformis* และ *B. amyloliquefaciens* ชนิดละ 0.5 ml

1.5 การวางแผนการทดลองเลี้ยงปลาชนิด

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) จำนวน 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 30 ตัว คือ ชุดการทดลองที่ปลาชนิดได้รับอาหารผสมโปรไบโอติกทั้ง 2 สายพันธุ์ที่มีจำนวนเซลล์ 3.0×10^8 CFU/ml ในอัตราส่วน 1:1 ประกอบด้วยชุดการทดลอง T1 อาหารเม็ดสำเร็จรูปไม่ผสมโปรไบโอติก (ชุดควบคุม) และชุดการทดลอง T2, T3 และ T4 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมโปรไบโอติกที่ความเข้มข้น 2.5, 5 และ 10%

1.6 การเตรียมอาหารผสมโปรไบโอติกและการเลี้ยงสัตว์น้ำ

เลี้ยงหัวเชื้อโปรไบโอติกในอาหาร NB ที่ผสม NaCl 1.5% ที่ปราศจากเชื้อ นำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ขยายปริมาณเชื้อในอาหาร NB ในตู้บ่มเป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำสารละลายเชื้อเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกเซลล์ที่ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ล้างเซลล์ 2 ครั้งด้วย phosphate buffer saline (PBS) pH 7.2 ปรับให้เซลล์มีความเข้มข้น 3.0×10^8 CFU/ml เตรียมเชื้อทั้งสองสายพันธุ์ในอัตราส่วน 1:1 ผสมในอาหารที่มีโปรตีน 30% ที่ความเข้มข้น 0, 2.5, 5 และ 10% อาหารของชุดควบคุมเตรียมโดยผสมสารละลาย PBS ในปริมาตร 1% อาหารทุกชุดการทดลองเคลือบด้วยน้ำมันปลา 20 ml ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม นำไปอบที่ 45 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง เตรียมอนุบาลลูกปลานิลน้ำหนักเฉลี่ย 3.46 ± 0.52 กรัม ในน้ำทะเลที่ปรับความเค็มด้วยน้ำจืดให้มีความเค็ม 5, 10 และ 15 ppt ทุกๆ 15 วัน รวม 45 วัน ได้ปลาที่มีน้ำหนักเฉลี่ย

52.03±0.31 กรัม คัดเลือกปลาที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันลงในบ่อซีเมนต์ 12 บ่อ ให้อาหารแต่ละชุดการทดลองเท่ากับ 3% ของน้ำหนักปลา วันละ 2 เวลา (6.00 และ 18.00 น.) เป็นเวลา 56 วัน

1.7 การวิเคราะห์การเจริญเติบโตและอัตราการรอด

จดบันทึกน้ำหนักปลาเริ่มต้น (initial weight) และชั่งน้ำหนักปลาทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 56 วัน ใช้คำนวณน้ำหนักสุดท้าย (final weight) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Growth, ADG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate, SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Rate, FCR) และอัตราการรอด (survival rate)

1.8 การทดสอบการต้านทานแบคทีเรีย *A. hydrophila* ของปลานิลด้วยวิธีฉีดเข้าช่องท้อง

ในวันที่ 57 ของการเลี้ยง สุ่มเลือกปลานิลบ่อละ 12 ตัว มาทดสอบการต้านทานโรคต่อ *A. hydrophila* 3237 โดยเลี้ยงเชื้อในอาหาร TSB บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำสารละลายเชื้อเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกเซลล์ที่ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ล้างเซลล์ 2 ครั้งด้วย PBS pH 7.2 ปรับให้เซลล์มีความเข้มข้น 1.5×10^8 CFU/ml ฉีดเชื้อเข้าช่องท้องปลานิลปริมาตร 0.2 ml หลังฉีดเชื้อก่อโรคให้อาหารที่ไม่ผสมโปรไบโอติกทุกชุดการทดลอง นับจำนวนปลาตายทุกวันเป็นเวลา 14 วัน นำมาหาค่าอัตราการตายและค่าการรอดตายสัมพัทธ์ (Relative Percent Survival : RPS) ในรูปของประสิทธิภาพของวัคซีน (Ellis & Large, 1988, p.47-76)

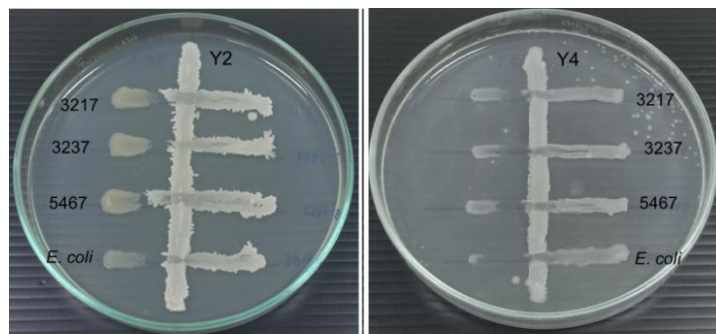
1.9 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี One-Way Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดทดลองด้วยวิธี Post Hoc (Least-Significant Different : LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการศึกษาสามารถคัดแยกแบคทีเรียได้ 108 ไอโซเลทจากตัวอย่าง 10 ตัวอย่าง นำทุกไอโซเลทมาทดสอบการยับยั้งเชื้อก่อโรคด้วยวิธี cross streak method ซึ่งเป็นวิธีทดสอบเบื้องต้นที่สำคัญที่ต้องทำการทดลองเป็นขั้นแรกเพื่อทดสอบคุณสมบัติของเชื้อกลุ่มโปรไบโอติกในการสร้างสาร secondary metabolite ที่หลั่งออกนอกเซลล์เพื่อยับยั้งเชื้อก่อโรคและเป็นวิธีที่เหมาะสมต่อการทดสอบกับเชื้อจำนวนมาก (Velho-Pereira & Kamat, 2011, p.223–228) พบว่าแบคทีเรีย 7 ไอโซเลท คือ B141, B181 EM3, PS1, Y1, Y2 และ Y4 มีฤทธิ์ยับยั้ง *A. hydrophila* แบคทีเรีย 9 ไอโซเลท คือ A1, A332, A22, B21, B22, T4, PM12, Y2 และ Y4 มีฤทธิ์ยับยั้ง *S. agalactiae* แบคทีเรีย 7 ไอโซเลท คือ A1, EM82, PS8, S7, Y1, Y2 และ Y4 มีฤทธิ์ยับยั้ง *Flexibacter* sp. และ *S. aureus* แบคทีเรียเกือบทุกสายพันธุ์ยับยั้ง *E. coli* โดยเฉพาะสายพันธุ์ Y2 ที่คัดแยกจากน้ำกร่อยและ Y4 จากดินป่าชายเลนสามารถยับยั้ง *A. hydrophila*, *S. agalactiae*, *Flexibacter* sp., *S. aureus* และ *E. coli* ได้จึงคัดเลือกไอโซเลท Y2 และ Y4 มายับยั้ง *A. hydrophila* ทั้ง 3 สายพันธุ์พบว่าให้ผลการยับยั้งที่ใกล้เคียงกัน สังเกตจากขนาดของ inhibition zone แสดงในภาพที่ 1 จึงทำการทดสอบผลการยับยั้งด้วยวิธี double-layer agar ซึ่งเป็นวิธีที่ป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อที่ไม่ต้องการได้และใช้ทดสอบได้ทั้งเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์และเชื้อรา พบว่าไอโซเลท Y2 มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *A. hydrophila* 3237 ที่ความเข้มข้น 1.5×10^6 CFU/ml ได้มากกว่า

Y4 เนื่องจาก inhibition zone มีขนาดใหญ่กว่าแสดงผลในภาพที่ 2 จึงเป็นวิธีที่ใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของ โปรโตโอบิติกแต่ละสายพันธุ์ได้ (Purivirojkul & Areechon, 2007, p. 125-132). การจำแนกสายพันธุ์ของ เชื้อบาซิลลัสพบว่าแบคทีเรียทั้งไอโซเลท Y2 และ Y4 มีรูปร่างเป็นแท่งยาว ติดสีแกรมบวก สร้างเอนโดสปอร์ เจริญได้ในสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน สร้างเอนไซม์อะไมเลส ออกซิเดส ไลเปส อะไมเลส และเคซีนเนส สามารถรีดิวซ์ไนเตรทเป็นไนไตรท์ ใช้ไนเตรทเป็นแหล่งคาร์บอน สร้างแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ สร้างกรดจากการใช้น้ำตาลกลูโคส ไม่สร้างอินโดล ไอโซเลท Y2 สร้างกรดจากการใช้น้ำตาลอะราบิโนส และไซโลส ไม่สร้างเอนไซม์ยูรีเอส ไอโซเลท Y4 สร้างกรดจากการใช้น้ำตาลแลคโตส แมนนิทอล และซูโครส และสร้างเอนไซม์ยูรีเอส จากคู่มือ การจัดจำแนกของ Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th Edition ร่วมกับผลของการใช้แหล่ง คาร์โบไฮเดรต 49 ชนิดของชุดทดสอบ API 50 CHB จัดจำแนกไอโซเลท Y2 ได้ เป็น *Bacillus licheniformis* (% ID=79.5) และไอโซเลท Y4 ได้เป็น *Bacillus amyloliquefaciens* (% ID= 99.0) ผลการวิเคราะห์ลำดับนิวคลี ไอไทด์ของยีน 16S rRNA พบว่าไอโซเลท Y2 มีความใกล้เคียงทางพันธุกรรมกับ *B. licheniformis* DSM 13 (NR118996) และ *B. licheniformis* BCRC 11702 (NR116023) โดยมี % ความคล้ายคลึง (% homology) เท่ากับ 99.0% และไอโซเลท Y4 มีความใกล้เคียงทางพันธุกรรมกับ *B. amyloliquefaciens* dhs-28 Z (GQ903336) และ *B. amyloliquefaciens* ES-2 (GQ903336) โดยมี % ความคล้ายคลึง (% homology) เท่ากับ 99.8% จากผลการจัดจำแนกพบว่าผลการทดสอบลักษณะทาง phenotype และ genotype มีความสอดคล้องกัน ซึ่งบาซิลลัสทั้งสองสายพันธุ์สามารถเจริญได้ที่ความเค็ม NaCl 0-7% สามารถประยุกต์ใช้ยับยั้งเชื้อก่อโรคใน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำเค็ม



ภาพที่ 1 *Bacillus* sp. Y2 และ *Bacillus* sp. Y4 ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *A. hydrophila* 3217, *A. hydrophila* 3237 และ *A. hydrophila* 5467 ด้วยวิธี cross streak method



ภาพที่ 2 การเกิดบริเวณยับยั้ง (Inhibition zone) ของ *Bacillus* sp.Y2 และ *Bacillus* sp. Y4 ต่อ *A. hydrophila* 3237 (1.5×10^6 CFU/ml) ด้วยวิธี double-layer agar method

ผลการทดสอบการเจริญร่วมกันในอาหารเหลวของ *A. hydrophila* 3237 และบาซิลลัส พบว่าในชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) แบคทีเรีย *A. hydrophila* 3237 เพิ่มจำนวนสูงสุดที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมงมีจำนวนเซลล์เท่ากับ 7.46×10^8 CFU/ml และลดลงที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมง มีจำนวนเซลล์เท่ากับ 4.74×10^8 CFU/ml ซึ่งในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมง พบจำนวนเซลล์ของ *A. hydrophila* 3237 เท่ากับ 2.56×10^8 , 2.70×10^8 และ 2.03×10^8 CFU/ml คิดเป็น 54.00%, 56.96% และ 42.83% ตามลำดับ (ตารางที่ 1) จำนวนเซลล์ที่ลดลงมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และที่ระยะเวลา 96-120 ชั่วโมง พบว่าจำนวนเซลล์ของ *A. hydrophila* 3237 ลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยการใช้แบคทีเรียบาซิลลัสทั้งสองสายพันธุ์ร่วมกันจะมีผลต่อการลดจำนวน *A. hydrophila* 3237 ได้มากกว่าการใช้แบคทีเรียสายพันธุ์เดี่ยวสอดคล้องกับการใช้เชื้อ *B. subtilis* ร่วมกับ *Lactobacillus acidophilus* เลี้ยงปลาชนิดพบว่าเลือดปลาที่มีค่า hematocrit values และค่า serum bactericidal activity สูงกว่าการใช้โปรไบโอติกสายพันธุ์เดี่ยว (Aly, Abdel-Galil, Abdel-Aziz, & Mohamed, 2008, p.128-136) ดังนั้นในการเลี้ยงปลาจึงใช้โปรไบโอติกในระยะ vegetative cell ที่มีชีวิตติดพัน (live spray) บนผิวอาหารให้ปลานิลกินมีผลกระตุ้นภูมิคุ้มกันของปลาได้ดีกว่าการเติมโปรไบโอติกลงในน้ำเลี้ยง การใช้เชื้อที่มีชีวิตจะกระตุ้นปลานิลให้มีกิจกรรมการจับกินเชื้อโรคของเม็ดเลือดขาวชนิด neutrophils และค่า plasma bactericidal activity เพิ่มขึ้นในระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะได้ดีกว่าการใช้เชื้อตายและสปอร์ (Taoka et al., 2006, p.755-766)

ผลการเจริญเติบโตของปลานิลในชุดควบคุม T1 ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่ผสมโปรไบโอติก พบว่าปลานิลมีค่าน้ำหนักสุดท้ายเท่ากับ 173.84 ± 0.32 กรัม/ตัว มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ ซาฮา และคลาดัน (Saha & Khatun, 2014, p.261-269) ที่เลี้ยงปลานิลแปลงเพศให้อาหาร

ตารางที่ 1 จำนวนเซลล์ของ *Aeromonas hydrophila* 3237 ในการเจริญในอาหารเหลวร่วมกับโปรไบโอติกสายพันธุ์บาซิลลัส

ชุดการทดลอง	จำนวนเซลล์ของ <i>A. hydrophila</i> 3237 ($\times 10^6$ CFU/ml)					
	0 ชม.	24 ชม.	48 ชม.	72 ชม.	96 ชม.	120 ชม.
1	5.93 \pm 0.00 ^a	54.3 \pm 0.04 ^a	746 \pm 0.22 ^a	474 \pm 0.14 ^a	350 \pm 0.22 ^a	253 \pm 0.22 ^a
2	5.77 \pm 0.00 ^a	43.8 \pm 0.02 ^b	586 \pm 0.22 ^b	256 \pm 0.15 ^b	86.5 \pm 0.01 ^b	72.9 \pm 0.02 ^b
3	5.80 \pm 0.00 ^a	40.7 \pm 0.07 ^b	611 \pm 0.33 ^b	270 \pm 0.57 ^b	81.7 \pm 0.25 ^b	67.7 \pm 0.04 ^b
4	6.10 \pm 0.00 ^a	45.3 \pm 0.03 ^b	671 \pm 0.39 ^c	203 \pm 0.22 ^c	76.3 \pm 0.02 ^b	9.43 \pm 0.00 ^c

หมายเหตุ : ตัวอักษร a b c และ d ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

ปกตินาน 105 วัน พบว่าน้ำหนักสุดท้ายของปลามีค่าใกล้เคียงกับชุดการทดลอง T1 แต่ให้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่สูงกว่าอาจเนื่องจากปลาเกิดความเครียดต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ เช่น อุณหภูมิ อัลคาไลน์ดี แอมโมเนีย ไนไตรท์ ปริมาณออกซิเจนและความเค็มของน้ำที่ขึ้นลงเฉลี่ย 11-14 ppt เนื่องจากเลี้ยงในกระชังบริเวณปากแม่น้ำ ขณะที่ชุดควบคุม T1 เลี้ยงปลาในบ่อซีเมนต์ที่น้ำมีความเค็มคงที่ แสดงให้เห็นการปรับตัวของปลานิลให้สามารถเจริญได้ในน้ำที่มีความเค็ม 15 ppt ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ดี อาซิวิต และคณะ (de Azevedo et al., 2015, p.828-835) เลี้ยงปลานิลแปลงเพศสายพันธุ์ไทยมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.61 \pm 0.05 กรัม ที่ระดับความเค็ม 14 ppt พบว่าปลาให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่มากกว่าชุดควบคุม T1 เนื่องด้วยปลาอยู่ในระยะปลาเล็กหรือปลาวัยรุ่น (juvenile phase) มีความต้องการอาหารมากกว่าปลาในระยะอื่น ในชุดการทดลอง T2 (2.5%) และ T3 (5%) พบว่าปลาให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่มีค่าสูงกว่าชุดควบคุม แต่ในชุดการทดลอง T4 (10%) พบว่าปลานิลให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่มีค่าต่ำกว่าชุดควบคุม อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมเท่ากับ 0.96 \pm 0.00, 2.26 \pm 0.01 กรัม/ตัว/วัน และ 2.23 \pm 0.01 %/วัน ตามลำดับ พบว่าทุกค่ามีความแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 2) จึงเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโตของปลานิลในน้ำกร่อย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ คลาดตัน และซาฮา (Khatun & Saha, 2017, p.346-351) เลี้ยงปลานิลแปลงเพศในน้ำกร่อยเสริมโปรไบโอติกประกอบด้วย *Rhodopseudomonas palustri*, *B. mesentericus*, *Streptococcus faecalis* และ *Clostridium butyricum* พบว่าโปรไบโอติกมีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตของปลาให้ดีขึ้นให้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เนื่องด้วยศักยภาพในการผลิตเอนไซม์กลุ่มไฮโดรเลสของบาซิลลัสชนิดโปรติเอส อะไมเลส และไลเปส ช่วยย่อยอาหารได้ผลผลิตเป็นกรดอะมิโน เปปไทด์สายสั้นๆ น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวและกรดไขมันสายสั้นจากการหมัก ใช้เป็นสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากับสารอื่นเกิดเป็นสารใหม่ในร่างกาย (Zhou, Wang, & Li, 2009, p. 349-353) ซึ่งกรดไขมันสายสั้นมีผลยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลทำให้ระดับไขมันในเลือดปลาลดลง และพบสารไตรกลีเซอ

ไรต์ และอัลคาไลด์ฟอสฟาเทสเพิ่มขึ้นที่บ่งชี้ว่าปลา มีสุขภาพดี (Tukmechi, Morshedi, & Delirezhi, 2007, p.1183-1189) เอนไซม์โปรติเอสจากบาซิลลัสสามารถย่อยสลายสาร anti-nutritional factors (ANFs) เช่น glycinin, β -conglycinin และ trypsin inhibitor ซึ่งเป็นองค์ประกอบในพืชอาหารสัตว์โดยอาศัยกระบวนการหมัก สารเหล่านี้จะขัดขวางการดูดซึมอาหารไปใช้ประโยชน์ของสัตว์น้ำ (Zheng et al., 2017, p. 520-526) เอนไซม์จึงมีผลต่อการย่อย ลดระยะเวลาในการย่อย ลดความเป็นพิษของอาหารและเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตให้สัตว์น้ำ นอกจากนี้การเลือกชนิดของโปรไบโอติกต้องมีความสอดคล้องกับสายพันธุ์สัตว์น้ำดังผลการศึกษากการใช้ *B. subtilis* ร่วมกับ *B. licheniformis* ส่งผลให้ปลา มีค่าอัตราการแลกเนื้อที่ลดลง อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ค่าประสิทธิภาพการใช้อาหาร และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ให้ผลดีกว่าการใช้ *B. subtilis*, *B. licheniformis* และ *Enterococcus faecium* ร่วมกัน (Merrifield, Bradley, Baker, & Davies, 2010, p 496-503) อัตรารอดของปลานิลในทุกชุดการทดลองมีค่า 100% (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลานิลที่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติกที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันเป็นเวลา 56 วัน

การเจริญเติบโต	ชุดการทดลอง			
	T1 (0%)	T2 (2.5%)	T3 (5%)	T4 (10%)
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	53.27±0.42	53.28±0.32	50.74±0.25	50.83±0.23
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)	173.84±0.32	157.37±0.32	158.79±0.34	177.57±0.45
น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)	2.15±0.01 ^a	1.86±0.01 ^b	1.93±0.00 ^c	2.26±0.01 ^d
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%/วัน)	2.11±0.01 ^a	1.93±0.01 ^b	2.04±0.01 ^c	2.23±0.01 ^d
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	1.04±0.01 ^a	1.08±0.00 ^b	1.08±0.00 ^b	0.96±0.00 ^c
อัตราการรอด (%)	100 ± 0.00	100 ± 0.00	100 ± 0.00	100 ± 0.00

หมายเหตุ : ตัวอักษร a b c และ d ในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05)

ดังนั้นการใช้แบคทีเรียบาซิลลัสทุกความเข้มข้นมีความเหมาะสม ปลอดภัย ไม่ก่อโรคในปลานิลระยะ juvenile และส่งเสริมให้ปลานิลรอดชีวิตที่ความเค็ม 15 ppt โดยทั่วไปจะใช้โปรไบโอติกที่ความเข้มข้น 10^5 CFU/ml (Zhou, Wang, & Li, 2009, p.349–353) เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของปลา แต่ถ้าใช้ที่ความเข้มข้นสูงถึง 10^7 CFU/ml โปรไบโอติกจะมีโอกาสรอดชีวิตและเคลื่อนผ่านจากกระเพาะอาหารไปยึดเกาะที่ผนังลำไส้ สัตว์น้ำ ลดการยึดเกาะของเชื้อก่อโรคและกระตุ้นให้ปลาสร้างภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะที่สำคัญมากต่อสัตว์น้ำรวมทั้งปลา ทำหน้าที่เป็นปราการด่านแรกในการยับยั้งเชื้อโรค จนกว่าปลาจะสร้างภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะขึ้นมาได้ เพื่อเป็นการป้องกันและลดความรุนแรงของโรคติดเชื้อควรให้ปลาได้รับอาหารผสมโปรไบโอติกตั้งแต่เริ่มเลี้ยงเพื่อกระตุ้นให้ปลาสร้างภูมิคุ้มกันก่อนได้รับเชื้อโรค ในการศึกษาให้อาหารผสมโปรไบโอติกนาน 56 วัน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่เหมาะสม เนื่องจากหลังทดสอบความต้านทานโรคในวันที่ 57 พบว่าปลานิลในทุกชุดการ

ทดลองตายภายในวันที่ 58 และไม่พบการตายของปลาจนถึงวันที่ 70 ปลานิลในชุดการทดลองที่ได้รับโปรไบโอติกที่ความเข้มข้นที่สูงขึ้นจะมีอัตราการตายน้อยลง มีค่าอัตราการตาย (%) เท่ากับ 26.67 ± 15.28 , 10.00 ± 10.00 และ 3.33 ± 5.77 ของชุดการทดลอง T1, T2 และ T3 ตามลำดับ และไม่พบปลาตายในชุดการทดลอง T4 โดยอัตราการตายของชุดการทดลอง T3 และ T4 มีความแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) บ่งชี้ว่าแบคทีเรียบาซิลลัสทุกความเข้มข้นสามารถต้านทานโรคต่อ *A. hydrophila* 3237 (3.0×10^7 CFU/ตัว) และที่ความเข้มข้น 10% สามารถต้านทานโรคต่อ *A. hydrophila* 3237 ได้ 100% เนื่องจากปลานิลที่ได้รับอาหารผสม *B. licheniformis* ที่ระดับความเข้มข้น 10^5 - 10^6 CFU/กิโลกรัมอาหาร นาน 56 วัน ส่งผลให้แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* sp. และ *Enterococcus* sp. กลายเป็นแบคทีเรียประจำถิ่นของลำไส้ปลานิลแทนแบคทีเรียกลุ่ม *Escherichia* sp., *Lachnospiraceae* sp., *Chitinivibrio* sp. และ *Clostridium* sp. (คณาธิป พรหมนวล และ สุกญา ศิริรัฐนิคม, 2561, น. 43-50) การเปลี่ยนแปลงกลุ่มประชากรในระบบทางเดินอาหารมีบทบาทสำคัญในด้านโภชนาการและภูมิคุ้มกัน มีผลต่อการสร้างเอนไซม์ย่อยอาหาร และการสร้างสารก่อโรค (virulence factors) ชนิดต่างๆ ซึ่งสารเหล่านี้มีหน้าที่ชักนำการก่อโรคในสัตว์น้ำ สอดคล้องกับผลของการเลี้ยง *Bacillus* sp. QSI-1 ร่วมกับ *A. hydrophila* YJ-1 ในอาหารพบว่า *A. hydrophila* YJ-1 ลดการสร้างเอนไซม์โปรติเอส โปรตีนฮีโมไลซิน และสาร N-acyl-homoserine lactone ซึ่งเป็นสารที่เหนี่ยวนำให้แบคทีเรียสร้างไบโอฟิล์ม (biofilm) ที่ส่งเสริมการก่อโรค (Zhou, Yu, & Chu, 2019, p. 1-9) นอกจากลดปัจจัยที่มีผลต่อการก่อโรคลงแล้ว ยังส่งเสริมให้ปลานิลสร้างภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ คิม, สุบรามานีเยน, และฮีโอ (Kim, Subramanian, & Heo, 2017, p.1354-1364) เลี้ยงลูกปลากระเบนทะเล (*Oplegnathus fasciatus*) ที่ความเค็ม 33 ppt ได้รับอาหารผสมแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* (1.4×10^6 CFU/g) สามารถลดอัตราการตายของปลาหลัง

ตารางที่ 3 อัตราการตายและ % การรอดตายสัมพัทธ์ของปลานิลหลังทดสอบความต้านทานโรคต่อแบคทีเรีย *A. hydrophila* 3237 เป็นเวลา 14 วัน

พารามิเตอร์ (%)	ชุดการทดลอง			
	T1 (0%)	T2 (2.5%)	T3 (5%)	T4 (10%)
อัตราการตาย	26.67 ± 15.28^a	10.00 ± 10.00^{ab}	3.33 ± 5.77^b	0.00 ± 0.00^b
ค่าการรอดตายสัมพัทธ์		62	88	100

หมายเหตุ : ตัวอักษร a b และ c ในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

ทดสอบความต้านทานเชื้อ *S. iniae* ($P < 0.05$) และพบสารในระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเพิ่มขึ้นในซีรัม ได้แก่ เอนไซม์ไลโซไซม์ ซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (O_2^-) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) นอกจากนี้ค่าการรอดตายสัมพัทธ์มีค่าสูงขึ้นในทุกชุดการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมแสดงถึงประสิทธิภาพของแบคทีเรียบาซิลลัสต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของปลานิลในการต้านทานโรคต่อแบคทีเรีย *A. hydrophila* 3237 (ตารางที่ 3)

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการศึกษาสามารถคัดแยกแบคทีเรีย *B. licheniformis* และ *B. amyloliquefaciens* ที่มีประสิทธิภาพยับยั้งแบคทีเรีย *A. hydrophila* 3237 ด้วยเทคนิค cross streak method และ double-layer agar การเจริญร่วมกันในอาหารเหลวพบว่าการใช้บาซิลลัสทั้งสองสายพันธุ์ร่วมกันจะมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดจำนวน *A. hydrophila* 3237 ได้ที่ชั่วโมงที่ 72 ในการศึกษาได้เตรียมบาซิลลัสทั้งสองสายพันธุ์ที่จำนวนเซลล์ 3.0×10^8 CFU/ml ในอัตราส่วน 1:1 ผสมอาหารที่ความเข้มข้น 2.5, 5 และ 10% เลี้ยงปลาไนที่ความเค็ม 15 ppt นาน 56 วัน พบว่าระดับความเข้มข้น 10% ส่งเสริมให้ปลาไนมีการเจริญเติบโตดีที่สุด มีอัตราการรอด 100% และต้านทานโรคต่อแบคทีเรีย *A. hydrophila* 3237 ได้ 100% บ่งชี้ว่าบาซิลลัสทั้งสองสายพันธุ์ไม่เป็นสายพันธุ์ก่อโรคมีความปลอดภัยต่อปลาไน สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเลี้ยงปลาไนได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในพื้นที่น้ำจืดและพื้นที่ที่ประสบปัญหาน้ำทะเลหนุนหรือดินเค็ม ซึ่งจำเป็นต้องอนุบาลลูกปลาไนที่ระดับความเค็มต่างๆ จะช่วยให้ปลาไนปรับสภาพร่างกายให้เหมาะสมต่อความเค็มที่เปลี่ยนแปลงได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกที่มอบทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2562

เอกสารอ้างอิง

- กีรวิชญ์ เพชรจุล, กาญจนา กุลวิทิต, อนุพงษ์ ทานกระโทก และพนิดา สืบชมภู. (2561). การศึกษาจุลินทรีย์โปรไบโอติกจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) ในจังหวัดกาฬสินธุ์. *แก่นเกษตร*, 46(5), 955-964.
- เกวลิน หนูฤทธิ์. (2564). สถานการณ์การผลิตและการค้าปลาไนและผลิตภัณฑ์ในปี 2563 และแนวโน้มปี 2564. <https://www.fisheries.go.th/strategy/fisheconomic/>
- คณาธิป พรหมนวน, และสุภฎา ศิริรัฐนิคม. (2561). ผลของการเสริม *Bacillus licheniformis* ใน อาหารที่ระดับต่างๆ ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต การใช้อาหาร และแบคทีเรียในลำไส้ของปลาไนแดง. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 21(2), 43-50.
- Aly, S. M., Abdel-Galil, A. Y., Abdel-Aziz, G. A., & Mohamed, M. F. (2008). Studies on *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus acidophilus* as potential probiotics on the immune response and resistance of tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) to challenge infections. *Fish and Shellfish Immunology*, 25, 128-136.
- Cao, H., He, S., Wei, R., Diong, M., & Lu, L. (2011). *Bacillus amyloliquefaciens* G1: a potential antagonistic bacterium against eel-pathogenic *Aeromonas hydrophila*. *Marine Biotechnology*, 1-7.

- de Azevedo, R. V., de Oliveira, K. F., Flores-Lopes, F., Teixeira-Lanna, E. A., Takishita, S. S., & Tavares-Braga, L. G. (2015). Responses of Nile tilapia to different levels of water salinity. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43, 828-835.
- Ellis, N. C., & Large, B. (1988). The early stages of reading: A longitudinal study. *Applied Cognitive Psychology*, 2, 47-76.
- Goni-Urriza, M., Capdepuy, M., Arpin, C., Raymond, N., Caumette, P., & Quentin, C. (2000). Impact of an urban effluent on antibiotic resistance of riverine Enterobacteriaceae and *Aeromonas* spp. *Applied and Environmental Microbiology*, 6(1), 125-132.
- Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneath, P. H. A., Staley, J. T., & Williams, S. T. (1994). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* (9th ed). Williams & Wilkins Company.
- Keysami, M. A., Mohammadpour, M., & Saad, C. R. (2011). Probiotic activity of *Bacillus subtilis* in juvenile freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) at different methods of administration to the feed. *Aquaculture International*, 20, 1-13.
- Khatun, M. S., & Saha, S. B. (2017). Effect of different probiotics on growth, survival and production of monosex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5, 346-351.
- Kim, D. H., Subramanian, D., & Heo, M. S. (2017). Dietary effect of probiotic bacteria, *Bacillus amyloliquefaciens*-JFP2 on growth and innate immune response in rock bream *Oplegnathus fasciatus*, challenged with *Streptococcus iniae*. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 69, 1354-1364.
- Lane, D. J. (1991). 16S/23S rRNA sequencing. In *Nucleic acid Technique in Bacterial Systematics*. edited by Stackebrandt E. and Goodfellow M. John Wiley & Sons.
- Laith, A. R., & Najiah, M. (2013). *Aeromonas hydrophila*: antimicrobial susceptibility and histopathology of isolates from diseased catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell). *Journal of Aquaculture Research & Development*, 5, 1-7.
- Lertcanawanichakul, M., & Sawangnop, S. (2008). A comparison of two methods used for measuring the antagonistic activity of *Bacillus* species. *Walailak Journal Science & Technology*, 5, 161-171.
- Merrifield, D. L., Bradley, G., Baker, R. T. M., & Davies, S. J. (2010). Probiotic applications for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). II. Effects on growth performance, feed utilization, intestinal microbiota and related health criteria post-antibiotic treatment. *Aquaculture Nutrition*, 16(2), 496-503.

- Purivirojkul, W., & Areechon, N. (2007). Application of *Bacillus* spp. isolated from the intestine of black tiger shrimp (*Penaeus monodon* Fabricius) from natural habitat for control pathogenic bacteria in aquaculture. *Kasetsart Journal Natural Science*, 41, 125-132.
- Saha, S. B., & Khatun, M. S. (2014). Production performances monosex Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in brackish water ponds. *Bangladesh Journal Zoology*, 42, 261-269.
- Taoka, Y., Maeda, H., Jo, J. Y., Kim, S. M., Park, S. I., Yoshikawa, T., & Sakata, T. (2006). Use of live and dead probiotic cells in tilapia *Oreochromis niloticus*. *Fisheries Science*, 72, 755-766.
- Tukmechi, A., Morshedi, A., & Delirezh, N. (2007). Changes in intestinal microflora and humoral immune response following probiotic administration in rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6(10), 1183-1189.
- Velho-Pereira, S., & Kamat, N. M. (2011). Antimicrobial screening of actinobacteria using a modified cross-streak method. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 73(2), 223-228.
- Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P., & Verstraete, W. (2000). Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 64, 655-671.
- Zheng, L., Li, D., Li, Z. L., Kang, L. N., Jiang, Y. Y., Liu, X. Y., ... Chi, Y. P., Li, Y. Q., & Wang, J. H. (2017). Effects of *Bacillus* fermentation on the protein microstructure and anti-nutritional factors of soybean meal. *Letters in Applied Microbiology*, 65(6), 520-526.
- Zhou, S., Yu, Z., & Chu, W. (2019). Effect of quorum-quenching bacterium *Bacillus* sp. QSI-1 on protein profiles and extracellular enzymatic activities of *Aeromonas hydrophila* YJ-1. *BMC Microbiology*, 19(135), 1-9.
- Zhou, X. X., Wang, Y. B., & Li, W. F. (2009). Effect of probiotic on larvae shrimp (*Penaeus vannamei*) based on water quality, survival rate and digestive enzyme activities. *Aquaculture*, 287, 349-353.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กเนื้อตาลสุก Development of Palmyra palm sponge cake

สุคนธา สุคนธ์ธारा^{1*} จันทกานต์ อินฮวด² พัฒฐกฤษ์ พรหมทู³ พูนศิริ ทิพย์เนตร⁴

สาขาวิชาอาหารและโภชนาการประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี^{1,2,3}

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี⁴

*Corresponding author: E-mail: sukontara@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กเนื้อตาลสุก โดยคัดเลือกสูตรพื้นฐานของสปันจ์เค้ก พบว่าสูตรพื้นฐานที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสจาก 3 สูตร ประกอบด้วย ไข่ไก่ 100 กรัม แป้งเค้ก 55 กรัม น้ำตาลทราย 45 กรัม เนยสดจืด 40 กรัม นมสด 30 กรัม น้ำ 25 กรัม เอสพี 7.5 กรัม กลิ่นวานิลลา 5 กรัม และผงฟู 4 กรัม จากนั้นศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการเสริมเนื้อตาลสุกในสปันจ์เค้ก โดยศึกษาปริมาณการเสริมเนื้อตาลสุกในการผลิตสปันจ์เค้กเป็น 5 ระดับ คือ 0 กรัม 10 กรัม 20 กรัม 30 กรัม และ 40 กรัม ตามลำดับ พบว่าการเสริมเนื้อตาลสุกที่ปริมาณ 30 กรัม กลุ่มตัวอย่างให้การยอมรับในด้านสี รสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด ($p \leq 0.05$) จากนั้นนำสปันจ์เค้กที่เสริมเนื้อตาลสุก 30 กรัม ไปทดสอบกับผู้บริโภค 50 คน พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับร้อยละ 98 และผู้บริโภคร้อยละ 52 คาดว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กที่มีการเสริมด้วยเนื้อตาลสุกที่ปริมาณ 30 กรัม

คำสำคัญ: สปันจ์เค้ก; เนื้อตาลสุก; การวิจัยและพัฒนา

Abstract

The objective of this study was to develop Palmyra palm sponge cake. Three basic formulas of sponge cake was prepared and evaluated in sensory screening test in order to select the formula. The basic formula consisted of eggs 100 g, cake flour 55 g, sugar 45 g, unsalted butter 40 g, fresh milk 30 g, water 25 g, SP 7.5 g, vanilla flavor 5 g, and baking powder 4 g. The supplementation of Palmyra palm paste at 0 g, 10 g, 20 g, 30 g and 40 g on sponge cake production was carried out. The result show that sponge cake containing Palmyra palm paste at 30 g had the highest of color, taste, flavor, texture and overall liking score ($p \leq 0.05$). Consumer test was conducted with 50 consumers and majority of consumers (98%) accepted sponge cake product supplemented with 30 g of Palmyra palm paste, 52 percent of the tested consumers would buy this product.

Keywords: Sponge Cake; Palmyra Palm; Research and Development

บทนำ

ด้วยสถานการณ์เร่งรีบในปัจจุบัน ทำให้มีเวลาในการเตรียมอาหารน้อยลง คนในสังคมส่วนใหญ่จึงนิยมซื้ออาหารที่สะดวกรวดเร็วและง่ายต่อการรับประทาน เช่น ขนมปัง เค้ก คุกกี้ เป็นต้น ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่ค่อยให้ความสำคัญกับการเลือกรับประทานอาหารที่เป็นประโยชน์เท่าที่ควร เนื่องจากว่ามีข้อจำกัดด้านเวลา ทำให้ผู้บริโภคได้รับสารอาหารที่จำเป็นไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ ได้ง่าย (จิตรา สิงห์ทอง, 2562) และเค้กจัดเป็นขนมอบชนิดหนึ่งที่คนไทยนิยมนำมารับประทานเป็นอาหารว่าง หาซื้อได้ทั่วไป และราคาไม่แพง สปันจ์เค้กหรือเค้กฟองน้ำเป็นเค้กที่มีส่วนผสมของไข่เป็นหลัก เนื้อเค้กมีลักษณะฟูเบาด้วยการขยายตัวของไข่ที่ตีจนขึ้นฟูเป็นหลัก บางคนจึงเรียกเนื้อเค้กชนิดนี้ว่า “เค้กไข่” สปันจ์เค้กเป็นเนื้อเค้กที่เบากว่าบัตเตอร์เค้กแต่หนักกว่าชิฟฟอนเค้ก ส่วนใหญ่สปันจ์เค้กนิยมนำมาทำเป็นพวกโรลช็อคโกแลตหรือแยมโรลต่างๆ รวมถึงเค้กที่มีการแต่งหน้าเค้ก แต่อยากให้เป็นเค้กที่ทานแล้วไม่รู้ลึกลับหนักเกินไป (ออดใต้, 2562) เนื้อตาลสุก เป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่เป็นอัตลักษณ์และสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในจังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดอื่นๆ ที่ปลูกต้นตาลโตเนด รวมทั้งประเทศต่างๆ ในเขตเส้นศูนย์สูตร 121 เนื้อตาลสุกประกอบด้วยความชื้นประมาณ 74-77 % เถ้า 1.2 % ไขมัน 0.6 % สตาร์ช 12.6 % โปรตีน 1.2 % น้ำตาลชนิดต่างๆ 9-13 % และมีสารแคโรทีนอยด์ในปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับผักและผลไม้อื่น (จินตนา วิบูลย์ศิริกุล และคณะ, 2560) การใช้ประโยชน์จากพืชเศรษฐกิจท้องถิ่นทั้งการบริโภคเป็นอาหาร และการใช้ประโยชน์ด้านสุขภาพ จะถือเป็นการส่งเสริมสุขภาพ และรายได้ของประชาชนได้อีกทางหนึ่ง (สกุลตรา คำชู, 2558) ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำเนื้อตาลสุกมาเสริมคุณค่าทางโภชนาการของสปันจ์เค้ก เป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากเนื้อตาลสุกเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร เพิ่มมูลค่าและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเนื้อตาลสุก และยังได้เค้กที่รสชาติแปลกใหม่เป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคที่นิยมอาหารเพื่อสุขภาพ โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ 1. เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมของการผลิตสปันจ์เค้ก 2. เพื่อศึกษาหาปริมาณของเนื้อตาลสุกที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้ก และ 3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กเนื้อตาลสุก และมีขอบเขตของการวิจัย ด้าน 1. เนื้อหางานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กเนื้อตาลสุก โดยทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมของสปันจ์เค้ก จากนั้นนำมาเป็นสูตรพื้นฐานในการศึกษาการเติมเนื้อตาลสุกในปริมาณต่างๆ ต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กเนื้อตาลสุก และคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสมาทดสอบ และการยอมรับของผู้บริโภค 2. เวลาใช้ระยะเวลาในการศึกษา 4 เดือนตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2564 ถึง 30 มิถุนายน พ.ศ. 2564 และ 3. พื้นที่พัฒนาสูตรสปันจ์เค้กเนื้อตาลสุกที่โรงเรียนการอาหารนานาชาติ สาขาอาหารและโภชนาการประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของสปันจ์เค้กเพื่อการผลิตสปันจ์เค้กเนื้อตาลสุก

คัดเลือกสูตรพื้นฐานของสปันจ์เค้กโดยการหาข้อมูลสูตรสปันจ์เค้ก จำนวน 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ดัดแปลงจากเบคกิงเบค (2564) สูตรที่ 2 ดัดแปลงจากวีไอพีสเตชั่น (2561) และสูตรที่ 3 ดัดแปลงที่มาจากวิภาว (ม.ป.ป.) โดยกำหนดปริมาณส่วนผสมทั้งหมดดังตารางที่ 1 การผลิต สปันจ์เค้กทำได้โดยนำแป้งเค้ก ไข่ไก่ นม

น้ำตาลทราย ผงฟู กลิ่นวานิลลา น้ำ และเอสพี มาตีให้ส่วนผสมเข้ากันเป็นเวลา 5 นาทีและขึ้นฟู จากนั้นนำเนยสดละลายที่อุณหภูมิอุ่นมาผสมลงไปและตีต่อเป็นเวลา 3 นาทีจนเข้ากัน จากนั้นนำมาเทใส่พิมพ์และนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส นำสปันจ์เค้กที่ได้ทั้ง 3 สูตร มาประเมินทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อ สัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธีการให้ความชอบ 5 ระดับ (5-point hedonic Scale) โดย 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 5 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน และเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ทั้งเพศชายและหญิงที่มีอายุระหว่าง 19-25 ปี จำนวน 20 คน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป จากนั้นจึงคัดเลือกสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดเป็นสูตรพื้นฐานเพื่อทำการทดสอบต่อไป

ตารางที่ 1 วัตถุดิบและปริมาณส่วนผสมของสปันจ์เค้กสูตรพื้นฐาน

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม (กรัม)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งเค้ก	55	50	50
ผงฟู	4	8	2
ไข่ไก่	100	100	100
น้ำตาลทราย	45	177	60
เอสพี	7.5	7.5	7
เนยสดจืด	40	40	25
นมสด	30	-	-
นมข้นจืด	-	-	30
น้ำ	25	44	-
กลิ่นวานิลลา	5	-	2.5

2. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์สปันจ์เค้กเนื้อตาลสุก

ทำโดยศึกษาปริมาณของการเสริมเนื้อตาลสุกในสปันจ์เค้กที่เหมาะสม โดยนำเนื้อตาลสุกมาเสริมในสปันจ์เค้กปริมาณ 0 กรัม (สูตรควบคุม) 10 กรัม 20 กรัม 30 กรัม และ 40 กรัม ซึ่งมีส่วนผสมดังตารางที่ 2 นำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธีการให้ความชอบ 5 ระดับ (5-point hedonic Scale) โดย 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 5 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน และเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ทั้งเพศชายและหญิงที่มีอายุระหว่าง 19-25 ปี จำนวน 20 คน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป จากนั้นจึงคัดเลือกสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดเพื่อนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

ตารางที่ 2 วัตถุดิบและปริมาณส่วนผสมของสปีนจ์เค้กที่เสริมเนื้อตาลสุกระดับต่างๆ

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม (กรัม)				
	0 กรัม	10 กรัม	20 กรัม	30 กรัม	40 กรัม
แป้งเค้ก	55	55	55	55	55
ผงฟู	4	4	4	4	4
ไข่ไก่	100	100	100	100	100
น้ำตาลทราย	45	45	45	45	45
SP	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
เนยสดจืด	40	40	40	40	40
นมสด	30	30	30	30	30
น้ำ	25	25	25	25	25
กลิ่นวนิลลา	5	5	5	5	5
เนื้อตาลสุก	-	10	20	30	40

3. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

นำสปีนจ์เค้กเนื้อตาลสุกที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดจากข้อ 2 มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งเป็นบุคคลทั่วไปในจังหวัดเพชรบุรี โดยการสุ่มแบบบังเอิญจำนวน 50 คน ด้วยวิธีการให้ความชอบ 5 ระดับตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) (Likert, 1961) เป็นระดับการประเมิน โดยแบ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยนำมาแปลความหมายตามเกณฑ์ได้แก่ 4.50-5.00 คือ ระดับความพึงพอใจมากที่สุด 3.50-4.49 คือ ระดับความพึงพอใจมาก 2.50-3.49 คือ ระดับความพึงพอใจปานกลาง 1.50-2.49 คือ ระดับความพึงพอใจน้อย (ควรเสนอแนวทางพัฒนา) และ 1.00-1.49 คือ ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด (ควรเสนอแนวทางพัฒนา) สอบถามการยอมรับ และการตัดสินใจซื้อ

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. การพัฒนาสูตรพื้นฐานของสปีนจ์เค้ก

จากการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของสปีนจ์เค้กจากสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับสปีนจ์เค้กสูตรที่ 1 อาจเป็นผลมาจากสูตรที่ 1 มีรสชาติที่กำลังดี ไม่หวานจนเกินไป ไม่มีกลิ่นคาวของไข่ไก่ มีสีส้มที่สวยงามชัดเจนไม่อ่อนเกินไป เนื้อสัมผัสที่กำลังดีนุ่มและหอมมัน แสดงดังตารางที่ 3 ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 1 มาเป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาสปีนจ์เค้กเนื้อตาลสุกต่อไป

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของสปีนจ์เค้กสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร

ลักษณะผลิตภัณฑ์	สูตรพื้นฐาน		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
สี ^{ns}	4.25±0.91	4.40±0.60	3.95±0.83
รสชาติ	4.10±0.79 ^{ab}	3.85±0.81 ^b	4.45±0.89 ^a
กลิ่น	4.20±0.77 ^a	4.40±0.82 ^a	3.53±1.27 ^b
เนื้อสัมผัส	4.50±0.51 ^a	4.65±0.49 ^a	3.80±1.20 ^b
ความชอบโดยรวม ^{ns}	4.25±0.79	4.55±0.60	4.15±0.93

หมายเหตุ : ^{a-b} หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.05$

^{ns} หมายถึง ค่าที่ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $\alpha = 0.05$

2. ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการเสริมเนื้อตาลสุกในสปีนจ์เค้ก

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสปีนจ์เค้กที่มีการเสริมเนื้อตาลสุกที่ระดับต่างๆ ให้ผลดังตารางที่ 4 พบว่าการเสริมเนื้อตาลสุกในสปีนจ์เค้กมีผลต่อคะแนนระดับความชอบด้านสี รสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม และสปีนจ์เค้กที่เสริมเนื้อตาลสุกที่ปริมาณ 20 และ 30 กรัม ได้รับคะแนนความชอบทุกด้านมากที่สุด ($p \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าการเสริมด้วยเนื้อตาลสุกในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้คะแนนระดับความชอบด้านสี รสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การเพิ่มปริมาณเนื้อตาลสุกมีผลต่อสปีนจ์เค้ก คือทำให้สปีนจ์เค้กมีสีเหลือง มีกลิ่น และรสชาติตาลโตนดเพิ่มขึ้น สีเหลืองของสปีนจ์เค้กที่เสริมด้วยเนื้อตาลสุกเกิดจากมีสารแคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลืองและเป็นสารสีธรรมชาติที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและออกซิเดชันที่มีประสิทธิภาพสูง (Jansz, et al., 2002; Fiedor & Květoslava, 2014) Chysirichote & Siripanwattana (2013) พบว่าการเพิ่มปริมาณเนื้อตาลสุกมีผลให้ัมฟิโนสีเหลืองเข้มขึ้น สุกนธำรา และคณะ (2561) พบว่าการเสริมเนื้อตาลสุกในการผลิตสังขยาเนื้อตาลสุกทำให้สังขยามีสีเหลือง และกลิ่นหอมตาลโตนดสุกเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามหากเสริมเนื้อตาลสุกในปริมาณที่มากเกินไปอาจมีอิทธิพลต่อการยอมรับโดยตรงต่อผู้บริโภคเนื่องจากเนื้อตาลสุกมีรสชาติเฉพาะตัวส่งผลให้รสชาติสปีนจ์เค้กมีรสชาติเปลี่ยนไป สุกนธำรา และอภิวรรักษ์ เข็มทอง (2563) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้เนื้อตาลสุกผง โดยการเสริมผงเนื้อตาลสุกในคุกกี้ที่มีปริมาณต่างๆ พบว่าคุกกี้ที่มีปริมาณผงเนื้อตาลสุกร้อยละ 2.50 มีความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรอื่นๆ ($p \leq 0.05$) โดยการเสริมผงเนื้อตาลสุกในคุกกี้ทำให้เกิดความหอมและสีที่ดี แต่เมื่อเพิ่มปริมาณผงเนื้อตาลสุกมากขึ้นส่งผลให้เกิดรสชาติที่ขม สปีนจ์เค้กที่เสริมเนื้อตาลสุกที่ปริมาณ 20 และ 30 กรัม ได้รับคะแนนความชอบทุกด้านมากที่สุด และไม่แตกต่างกัน โดยมีคะแนนความชอบโดยรวม 4.35 และ 4.40 ระดับความชอบมาก ดังนั้นจึงเลือก สปีนจ์เค้กที่เสริมเนื้อตาลสุก 30 กรัม ไปทำการทดลองขั้นต่อไป เนื่องจากเนื้อตาลสุกมีคุณค่าทางอาหาร และมีสารแคโรทีนอยด์ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและออกซิเดชันที่มีประสิทธิภาพสูง

ตารางที่ 4 คะแนนความชอบของสปีนจ์เค้กที่เสริมเนื้อตาลสุกระดับต่าง ๆ

ลักษณะผลิตภัณฑ์	ระดับการเสริมด้วยเนื้อตาลสุกในสปีนจ์เค้ก				
	0 กรัม	10 กรัม	20 กรัม	30 กรัม	40 กรัม
สี	3.05±0.76 ^b	3.85±0.88 ^a	4.10±0.72 ^a	4.40±0.68 ^a	2.60±1.31 ^b
รสชาติ	2.95±0.89 ^c	3.50±0.95 ^b	4.30±0.73 ^a	4.60±0.50 ^a	2.60±1.10 ^c
กลิ่น	2.90±1.12 ^c	3.60±0.88 ^b	4.35±0.88 ^a	4.35±0.75 ^a	2.50±1.15 ^c
เนื้อสัมผัส	3.00±1.08 ^c	3.65±0.81 ^b	4.50±0.76 ^a	4.45±0.76 ^a	2.80±1.11 ^c
ความชอบโดยรวม	2.65±0.93 ^c	3.75±0.91 ^b	4.35±0.81 ^a	4.40±0.60 ^a	2.55±1.19 ^c

หมายเหตุ : ^{a-c} หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.05$

3. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์สปีนจ์เค้กเนื้อตาลสุก

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์สปีนจ์เค้กเนื้อตาลสุก โดยการนำ สปีนจ์เค้กที่เสริมด้วยเนื้อตาลสุก 30 กรัม ไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 50 คน เป็นชายร้อยละ 42 และหญิงร้อยละ 60 โดยมีอายุต่ำกว่า 20 ปี คิดเป็นร้อยละ 30 ช่วงของอายุ 21-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 30 ช่วงของอายุ 41-60 ปี คิดเป็นร้อยละ 30 อายุ 60 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 10 การศึกษาสูงสุดคือ มัธยมศึกษาตอนปลาย ร้อยละ 52 รองลงมาคือ มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. ร้อยละ 26 อาชีพสูงสุดคือ นักเรียน/นักศึกษา ร้อยละ 46 รองลงมาคือ ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย ร้อยละ 28 โดยมีรายได้เรียงสูงสุดคือ ต่ำกว่า 5,000 บาท ร้อยละ 48 รองลงมาคือ 5,001 – 20,000 บาท ร้อยละ 28 จากการทดสอบความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์สปีนจ์เค้กเนื้อตาลสุก (ตารางที่ 5) พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

ด้านการยอมรับของผู้บริโภค (ตารางที่ 6) พบว่าผู้บริโภคมีการยอมรับผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 98 มีการตัดสินใจซื้อ คิดเป็นร้อยละ 52 และคิดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ คิดเป็นร้อยละ 62

ตารางที่ 5 คะแนนความพึงพอใจจากผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์สปีนจ์เค้กเนื้อตาลสุก

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	คะแนน	ระดับความพึงพอใจ
สี	3.88±0.69	พึงพอใจมาก
รสชาติ	3.94±0.68	พึงพอใจมาก
กลิ่น	4.00±0.70	พึงพอใจมาก
เนื้อสัมผัส	3.86±0.73	พึงพอใจมาก
ความชอบโดยรวม	3.92±0.74	พึงพอใจมาก

ตารางที่ 6 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์สปีนจ์เค้กเนื้อตาลสุก

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
การยอมรับผลิตภัณฑ์สปีนจ์เค้กเนื้อตาลสุก		
ยอมรับ	49	98
ไม่ยอมรับ	1	2
การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์สปีนจ์เค้กเนื้อตาลสุก		
ซื้อ	26	52
ไม่แน่ใจ	4	8
ไม่ซื้อ	20	40
ความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์สปีนจ์เค้กเนื้อตาลสุก		
เป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ	31	62
เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ	6	12
เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง	6	12
เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าให้กับวัตถุดิบในประเทศไทย	7	14

สรุปผล

การคัดเลือกสปีนจ์เค้กสูตรพื้นฐาน พบว่าสปีนจ์เค้กสูตรที่ 1 ได้รับคะแนนด้านรสชาติ กลิ่น และเนื้อสัมผัสมากกว่าสูตรอื่นๆ จึงเลือกสูตรที่ 1 เป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาสปีนจ์เค้กเนื้อตาลสุกต่อไป การศึกษาปริมาณเนื้อตาลสุกที่เหมาะสมในการผลิตสปีนจ์เค้กเนื้อตาลสุก พบว่าการเสริมเนื้อตาลสุกที่ปริมาณ 30 กรัม กลุ่มตัวอย่างให้การยอมรับในด้านสี รสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด ($p \leq 0.05$) และเมื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ 98 ยอมรับ และร้อยละ 52 คาดว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์สปีนจ์เค้กที่มีการเสริมด้วยเนื้อตาลสุกที่ปริมาณ 30 กรัม

เสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมโดยพัฒนาสูตรสปีนจ์เค้กที่เสริมเนื้อตาลสุกในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ หรืออาจเพิ่มส่วนผสมหรือสารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพและสามารถปรับปรุงรสชาติ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโรงเรียนการอาหารนานาชาติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่อำนวยความสะดวกในด้านสถานที่ เครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- จิตรา สิงห์ทอง. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 21(1), 71-83.
- จินตนา วิบูลย์ศิริกุล และพรชนก ชัยชนะ. (2560). คุณภาพเนื้อตาลสุกที่ผ่านการให้ความร้อน.
<http://gs.rmu.ac.th/grc2017/fullpaper/file/SC-P-15.pdf>
- เบคกิ้งเบค. (2564). สปันจ์เค้ก. <https://www.facebook.com/baking.bakedd/>.
- วิกิฮาว. (ม.ป.ป.). วิธีการ ทำเค้กฟองน้ำง่ายๆ. <https://th.wikihow.com/>.
- วีไอพีสเตรชั่น. (2561). สปันจ์เค้กสูตรเด็ดง่ายเวอร์นุ่มแดงฟิน. <https://www.youtube.com/watch?v=qNjvmc8d9Ro>.
- สกุลตรา คำชู. (2558). ข้าวเกรียบจากแป้งผสมชะครามแห้ง. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย ระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6, 513-523 น.
<file:///C:/Users/AdminPDC/Downloads/145-863-1-PB.pdf>.
- สุนธรา สุนทรธำรา สุกานดา ขุนติ และธิดารัตน์ แก้วคง. (2561). ผลของการเสริมเนื้อตาลโตนตต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของสังขยา. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน” ครั้งที่ 6, สมุทรปราการ: มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.
- สุนธรา สุนทรธำรา และอภิวัชร เข้มทอง. 2563. การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้เนื้อตาลสุก. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.
- ออตโต้ (2562). ประเภทของเนื้อเค้กในครัวเบเกอรี่. <https://www.otto.co.th/content/>
- Chysirichote, T., Siripanwattana, C. (2013). Development of Palmyra palm muffin. *Srinakharinwirot Science Journal*, 29(2), 59-72.
- Fiedor, J., & Květoslava, B. (2014). Review: Potential role of carotenoids as antioxidants in human health and disease. *Nutrients*. 6, 466-488.
- Jansz ER, Wickremasekara NT, Sumuduni KAV. (2002). A review of the chemistry and biochemistry of seed shoot flour and fruit pulp of the Palmyrah palm (*Borassus flabellifer* L.). *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 30(1&2), 61-87.
- Likert R. (1961). *New patterns of management*. McGraw-Hill.

ปัจจัยทางนิเวศวิทยาที่มีอิทธิพลต่อจำนวนแมงมุมเขี้ยวยาวในนาข้าวอินทรีย์
Effect of Ecological Factors on Abundance of Long-jawed Spiders (Tetragnathidae)
in an Organic Paddy Field

อธิปัตย์ อู่ศิลปะกิจ^{1*} พชณี วิชิตพันธ์² กัมปนาท ธาราภูมิ³

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร^{1,3}

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์²

*Corresponding author: E-mail: wu.athipat@gmail.com

บทคัดย่อ

แมงมุมเขี้ยวยาว (Tetragnathidae) เป็นแมงมุมที่พบมากที่สุดในนาข้าว แต่การศึกษา ด้านนิเวศวิทยาของแมงมุมเขี้ยวยาวในนาข้าวยังมีไม่มากนัก การศึกษาครั้งนี้จึงศึกษาปัจจัยทางนิเวศวิทยาที่มีอิทธิพลต่อจำนวนประชากรแมงมุมเขี้ยวยาวในนาข้าวอินทรีย์ ซึ่งเป็นระบบ นิเวศเกษตรกรรมที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากสารเคมีสังเคราะห์ โดยสำรวจชนิดและจำนวนแมงมุมเขี้ยว-ยาวด้วยวิธีแปลงสุ่ม วิธีสวิงโฉบ และเดินสำรวจแบบเห็นตัวในนาข้าว รวมทั้งเก็บปัจจัยทางนิเวศวิทยาในนาข้าว ได้แก่ ความสูงต้นข้าว ความสูงน้ำในนาข้าว และแมลงที่เป็นเหยื่อของแมงมุมในนาข้าว ผลการสำรวจพบ แมงมุมเขี้ยวยาว 9 ชนิด โดยพบ *Tetragnatha madibulata*, *Dyshyognatha dentate*, *T. javana* และ *T. maxillosa* เป็นจำนวนมากที่สุด 4 ชนิดตามลำดับจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบจำนวนแมงมุมเขี้ยวยาวมากที่สุดในนาข้าวระยะ Reproductive โดยพบว่าระดับความสูงของน้ำในนาข้าวและจำนวนแมลงที่เป็นเหยื่อ เป็นปัจจัยทางนิเวศวิทยาที่มีผลเชิงบวกต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนของแมงมุมเขี้ยวยาวในนาข้าวอินทรีย์

คำสำคัญ: นาข้าวอินทรีย์; แมงมุมเขี้ยวยาว; ความหลากหลาย

Abstract

Long-jawed Spiders (Tetragnathidae) are the most abundant spider in a paddy field. However, the knowledge about ecological factors of the spider in a paddy field is poorly understood. This study focused on some ecological factors that affect the spider population in an organic paddy field, the agricultural ecosystem that is not influenced by synthesized chemicals. Number of the spiders and species abundance were observed, using sampling-quadrat, sweep net and direct survey procedures. Several ecological factors, including height of rice plant, water level in the field and number of preys were also recorded. The results revealed nine Tetragnathid species. The top four species with the largest number were observed in *Tetragnatha mandibulata*, *Dyshyriognatha dentata*, *T. javana* and *T. maxillosa*, respectively. Statistical analysis indicated that the number of all Tetragnathids was highest during the reproductive stage. Water level and the number

of prey were observed as ecological factors that positively affect on a number of the long-jawed spiders.

Keywords: Organic Paddy Field; Tetragnathidae; Diversity

บทนำ

นาข้าว เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอย่างต่อเนื่องเป็นวัฏจักร ตั้งแต่ก่อนหว่านข้าว จนกระทั่งหลัง การเก็บเกี่ยวก่อให้เกิดแหล่งที่อยู่อาศัยย่อย (Microhabitat) หลายแบบ ซึ่งดึงดูดสิ่งมีชีวิตหลายชนิดเข้าไปใช้ประโยชน์ (Kremen *et al.*, 1994, Bambaradeniya *et al.*, 2003) แมงมุมเป็นผู้ล่าที่ดำรงชีวิตตามส่วนต่างๆ ของต้นข้าว ทำหน้าที่เป็นตัวห้ำควบคุมแมลงศัตรู ของต้นข้าว เช่น หนอนกอข้าว ตั๊กแตนข้าว เป็นต้น (Coddington and Levi, 1991, Wise, 1993)

ในประเทศไทยพบแมงมุมหลายวงศ์ (Family) ในนาข้าว เช่น Araneidae, Tetragnathidae, Oxyopidae และ Lycosidae แต่การศึกษานิเวศวิทยาของแมงมุมในนาข้าวยังมีน้อยมาก กลุ่มแมงมุมเขี้ยวยาว (Tetragnathidae) เป็นวงศ์ที่พบมากที่สุด ในนาข้าว ชักใยระหว่างใบข้าว ดักเหยื่อพวกผีเสื้อ แมลงหวี่ เพลี้ย และ ตั๊กแตน เป็นต้น (Rattanapun *et al.*, 2012)

นาข้าวอินทรีย์เป็นระบบนิเวศเกษตรกรรมที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากสารเคมีสังเคราะห์ น่าจะเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย ที่ดีของแมงมุมเขี้ยวยาว งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยทางนิเวศวิทยาในนาข้าวอินทรีย์ที่มีอิทธิพลต่อจำนวนของแมงมุมเขี้ยวยาว และคาดว่าระยะที่แตกต่างกันของนาข้าวและความสูงของต้นข้าวน่าจะมีอิทธิพลต่อการเข้ามาสร้างใยของแมงมุมเขี้ยวยาว จำนวนแมลงที่เป็นเหยื่อน่าจะดึงดูดแมงมุม-เขี้ยวยาวเข้ามาหากินในนาข้าว ระดับน้ำในนาข้าวน่าจะมีอิทธิพลต่อการเจริญพันธุ์ของแมลงกลุ่ม Diptera ที่เป็นเหยื่อของแมงมุมเขี้ยวยาว (Plantnick, 2020)

วิธีดำเนินการวิจัย

สำรวจและเก็บตัวอย่างแมงมุมเขี้ยวยาวในนาข้าวอินทรีย์ ขนาด 11ไร่ ตำบลห้วยพระ อำเภอดอนตูม จังหวัดนครปฐม (47P 615230.24mE 1538166.16mN, Map data, 2017 Google) โดยผันน้ำจากคลองดินชลประทานมาเก็บไว้ที่อ่างเก็บน้ำใกล้นาข้าว ปลูกข้าวพันธุ์หอมปทุม เกษตรกรใช้ฮอร์โมนเปลือกไข่เปิดในนาข้าว 2 ครั้งต่อเดือน ใช้สารสกัดจากสะเดาและพริกในการกำจัดแมลงศัตรูข้าว แปลงนาที่ศึกษาได้รับการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์จากกรมวิชาการเกษตร, Canada Organic Regime (COR), International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) และ Council Regulation (EC)

สำรวจและเก็บข้อมูลทุก 2 สัปดาห์ ใน 2 ฤดูกาลปลูกข้าวตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2557 ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ.2558 โดยใช้วิธีการสำรวจ 3 วิธีดังนี้

1. ใช้แปลงสุ่มตัวอย่าง 1 ตารางเมตร (0.5 X 2 เมตร) จำนวน 6 แปลง แต่ละแปลงวางห่างกัน 100 เมตร โดยวางแปลงในนาข้าวที่ติดกับคันนา กำหนดเวลาในการสำรวจและเก็บแมงมุมเขี้ยวยาวและแมลง แปลงละ 20 นาที เริ่มตั้งแต่วันที่ 7.00 น. เป็นต้นไป

2. ใช้สวิงโอบ ใช้สวิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 56 เซนติเมตร ด้ามจับยาว 1 เมตร โอบแมงมุมและแมลง
ในนาข้าว 6 จุด แต่ละจุดจะอยู่ตรงกลางระหว่างแปลงส้ม โดยโอบสวิงจุดละ 20 โอบ (โดยวัดสวิงไปด้านซ้าย 1
ครั้ง และด้านขวา 1 ครั้ง คือ 1 โอบ) ที่บริเวณปลายยอดข้าวซึ่งจะขึ้นอยู่กับความสูงของต้นข้าว เริ่มตั้งแต่เวลา
19.00 น. ถึง 20.00 น.

3. เดินสำรวจแบบเห็นตัว สำรวจแมงมุมโดยการเดินบนคันนา เก็บแมงมุมเขียวยาวที่ซุกใบบน ต้นข้าว
ต่อซังข้าว วัชพืชที่พบบนคันนาและในนาข้าวทั้งหมด ในเวลาเวลากลางคืนตั้งแต่เวลา 19.00 น. ถึง 20.00 น.

แมงมุมเขียวยาวและแมลงที่เก็บจากวิธีการสำรวจแบบแปลงส้มและแบบสวิงโอบจะเก็บรักษาสภาพ
ด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70% และจำแนกตัวอย่างแมงมุมที่เก็บได้ในระดับชนิด (Species) โดยจำแนก
ตัวอย่างตามแนวทางของ Christa (2001) Jocque และคณะ (2007) และ Frances และคณะ (2000) และจำ
แนก ตัวอย่างแมลงในระดับอันดับ (Order) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereo microscope) โดยแยก
แมลงในอันดับ Diptera มาวิเคราะห์ในบทบาทที่เหยื่อของแมงมุมเขียวยาว

การศึกษาครั้งนี้แบ่งระยะของต้นข้าวในนาข้าวได้เป็น 3 ระยะ (Reissig, 1896) คือ

1. Vegetative phase เริ่มตั้งแต่ข้าวเริ่มออกจนมีช่อดอก
2. Reproductive phase ต้นข้าวออกช่อดอกและออกดอก
3. Ripening phase ดอกข้าวเริ่มแก่และพัฒนาเป็นเมล็ดข้าว

โดยมีการวัดปัจจัยทางนิเวศวิทยาในนาข้าวในแปลงส้มทุกครั้งที่มีการสำรวจแมงมุมดังนี้

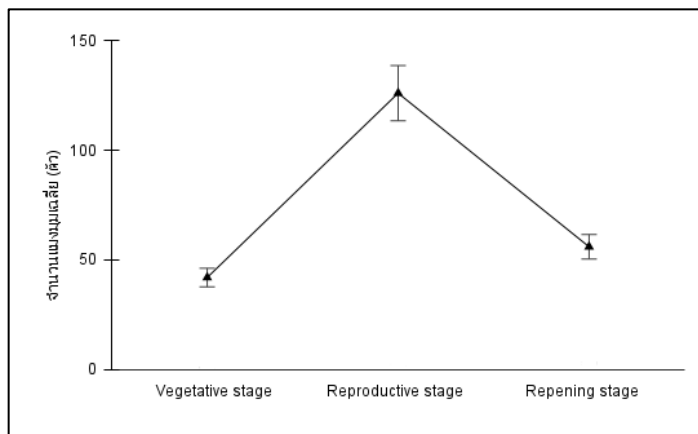
1. ความสูงของต้นข้าว วัดจากโคนต้นถึงตำแหน่งที่สูงที่สุดของต้นข้าว จำนวน 5 ต้น ในแปลงส้มโดยใช้
ตลับเมตรและวัดต้นเดิมทุกครั้ง
2. ความสูงของน้ำ วัดจากพื้นนาจนถึงระดับน้ำที่สูงที่สุด สุ่มวัดในแปลงส้มตัวอย่างโดยใช้ตลับเมตร
จำนวน 3 จุด ของแต่ละแปลงส้มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ R 3.6.1 (Core Team,
2019) โดยการทดสอบความแตกต่างของ จำนวนแมงมุมเขียวในแต่ละระยะของนาข้าวจะใช้ General linear
model (GLM) และเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Tukey's HSD Test กำหนดให้จำนวนแมงมุมเขียวยาวเป็นตัวแปร
ต้น (Dependent Variable) ฤดูของการทำนาและระยะของต้นข้าวในนาข้าวเป็น ตัวแปรระบุกลุ่ม (Fixed Factor)
เช่นเดียวกันกับการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนแมงมุมเขียวยาวในนาข้าวจะถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรระบุกลุ่ม
ปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนแมงมุมจำถูกเลือกไว้ในโมเดลโดยใช้ฟังก์ชัน 'Step'

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

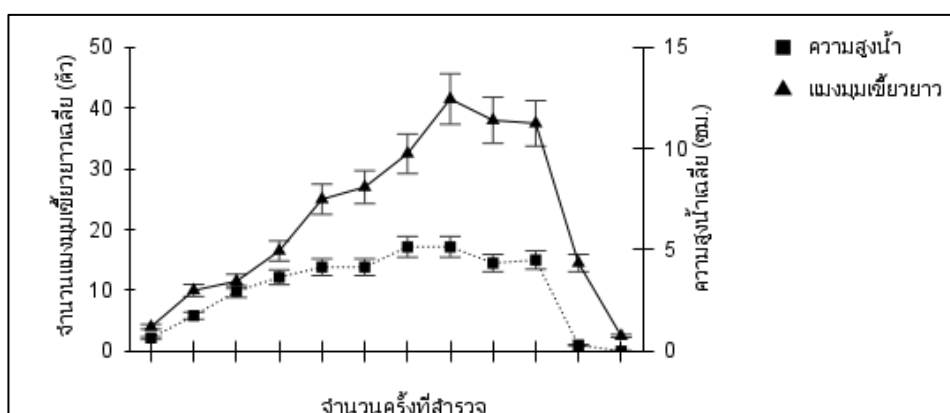
พบแมงมุมเขียวยาวในนาข้าวทั้งหมด 592 ตัว จำแนกได้ 9 ชนิด เป็น ตัวเต็มวัย 567 ตัวและเป็น วัช
อ่อน 25 ตัว ได้แก่ *Dyshiriognatha dentate* (Simom, 1893), *Tetragnatha caudicula* (Karsch, 1879),
Tetragnatha extensa (Linnaeus, 1758), *Tetragnatha javana* (Thorell, 1890), *Tetragnatha mandibulata*
(Walckenaer, 1841), *Tetragnatha maxillosa* (Thorell, 1895), *Tetragnatha nitens* (Audouin, 1826),
Tetragnatha pinicola (L. Koch, 1870) และ *Tetragnatha squamata* (Karsch, 1879) ซึ่งแมงมุมตัวเต็มวัย

เท่านั้นที่สามารถจำแนกในระดับชนิดได้ ในการสำรวจครั้งนี้พบแมงมุมเขี้ยวยาว *T. madibulata*, *D. dentate*, *T. javana* และ *T. maxillosa* จำนวนที่มากที่สุด 4 อันดับแรกคิดเป็น 35.7%, 16.9%, 13.5% และ 11.49 ตามลำดับ

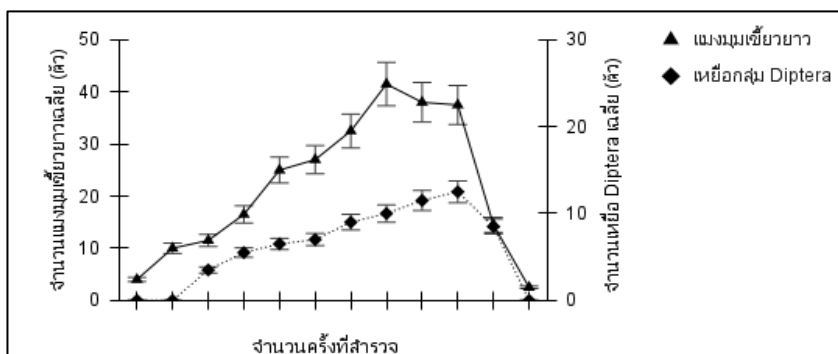


ภาพที่ 1 จำนวนแมงมุมเฉลี่ย (\pm SE) แต่ละระยะของนาข้าวในช่วงเริ่มตั้งแต่ข้าวเริ่มออก ช่วงต้นข้าวออกช่อดอก และช่วงออกเป็นเมล็ดจนแก่เต็มที

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าฤดูกาลทำนาข้าวไม่มีผลต่อการเพิ่มจำนวนแมงมุมเขี้ยวยาว ($F=0.5358$, $df=1$, $p=0.4726$) ผู้วิจัยจึงตัดออกจากโมเดลและพบว่าระยะของนาข้าวอินทรีย์มีอิทธิพลต่อจำนวนแมงมุมเขี้ยวยาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F=6.3582$, $df=2$, $p=0.0069$) โดยพบจำนวน แมงมุมเขี้ยวยาวที่มากที่สุดใต้นาข้าวระยะ Reproductive (ภาพที่ 1) ซึ่งต่างจากระยะ Vegetative อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Tukey's HSD: $p=0.0011$) โดยจำนวนของแมงมุมเขี้ยวในระยะ Vegetative และระยะ Ripening ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Tukey's HSD: $p=0.0840$) สาเหตุที่พบจำนวนแมงมุมเขี้ยวยาวสูงสุดในระยะ Reproductive อาจเป็นเพราะว่าต้นข้าวในระยะนี้มีความสูงของลำต้นและระยะห่างของใบข้าวที่เหมาะสม ในการ สร้างใยดักเหยื่อของแมงมุมเขี้ยวยาว (Jayakumar & Sankari, 2010)



ภาพที่ 2 จำนวนแมงมุมเฉลี่ยและความสูงน้ำเฉลี่ย



ภาพที่ 3 จำนวนแมงมุมเขียวยาวและจำนวนของเหี้ยในนาข้าว

จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนของแมงมุมเขียวยาวพบว่าความสูงต้นข้าว ความสูงน้ำ และจำนวนเหี้ย ไม่มีอิทธิพลร่วมต่อกัน ($F=0.4226$, $df=1$, $p=0.5248$) เมื่อวิเคราะห์ปัจจัยแยกพบว่าความสูงต้นข้าวไม่มีอิทธิพลต่อจำนวนของแมงมุมเขียวยาว ($F=0.0044$, $df=1$, $p=0.9482$) ด้วยเช่นเดียวกัน แต่ความสูงของระดับน้ำและจำนวนแมลงที่เป็นเหี้ยมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการเปลี่ยนแปลงของจำนวนแมงมุมเขียวยาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F=5.1899$, $df=1$, $p=0.0333$ และ $F=14.3475$, $df=1$, $p=0.0011$) ช่วงที่เกษตรกรมีการผันน้ำเข้านาทำให้นาข้าวจะมีสภาพเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำชั่วคราวส่งผลให้กลุ่มแมลงที่เป็นเหี้ยเข้ามาใช้ประโยชน์ในบริเวณนาข้าว (ภาพที่ 2, 3) ได้แก่ แมลงในอันดับ Diptera ซึ่งเมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นทำให้ตัวเต็มวัยของแมลงเข้ามาวางไข่ไว้หรืออาจวางไข่ไว้ตั้งแต่ช่วงที่เกษตรกรเริ่มมีการกักเก็บน้ำไว้ (Bambaradeniya *et. al.*, 2004) โดยพบว่าจำนวนของแมลงในนาข้าวที่เป็นเหี้ยมีจำนวนเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาที่มีปริมาณน้ำในนาข้าวเพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งเหมาะสำหรับเป็นอาหารของแมงมุมเขียวยาวที่ชกไล่ล่าเหยื่อภายในนาข้าวและบริเวณคันนา

หลังจากช่วงของการเก็บเกี่ยวเสร็จสิ้น จะพบว่าจำนวนของแมงมุมเขียวยาวลดลงตามลำดับ เนื่องจากพื้นที่สำหรับเกาะชกไล่และปริมาณของแมลงที่เป็นอาหารลดจำนวนลง (Tsutsui *et al.*, 2016) ซึ่งเป็นไปได้ว่าแมงมุมและแมลงต่างๆ ที่เคยใช้พื้นที่นาข้าวอยู่เดิมอพยพไปใช้ประโยชน์ในนาข้าวหรือพื้นที่อื่นที่มีอาหารและที่กักไยมีสมบูรณ์กว่าและรอกระทั่งถึงฤดูการทำนาครั้งถัดไปจึงอาจกลับมาใช้ประโยชน์จากนาข้าวดังเดิม (Miyashita *et. al.*, 2014) โดยที่ปริมาณของแมงมุมเขียวยาวที่เพิ่มขึ้นจะแปรผันตามความสมบูรณ์ของต้นข้าวและแมลงที่เป็นเหยื่อ เพราะต้นข้าวที่สูงและหนาแน่นทำให้มีพื้นที่สำหรับชกไล่และเกาะได้ดี ประกอบกับเหยื่อที่เข้ามาอาศัยที่เพิ่มขึ้นตามปัจจัยที่สมบูรณ์ภายในนาข้าว ขณะเดียวกันเมื่อปริมาณเหยื่อลดลงแมงมุมเขียวยาวก็จะลดลงเนื่องจากต้องอพยพชั่วคราวเพื่อไปหาพื้นที่ที่สมบูรณ์กว่า เช่น ต้นไม้ที่เป็นแนวกันชนบริเวณข้างนาข้าว บริเวณป่ารอบๆ นาข้าว เป็นต้น (Wilson *et al.*, 2014)

สรุปผลและเสนอแนะ

การศึกษานี้พบว่าจำนวนแมงมุมเขียวยาว (Tetragnathidae) มากที่สุดในนาข้าวระยะ Reproductive โดยระดับความสูงของน้ำและจำนวนแมลงที่เป็นเหยื่อมีผลเชิงบวกต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนของแมงมุมเขียวยาว แมงมุมกลุ่มนี้ที่อาศัยในนาข้าวแบบอินทรีย์อาจใช้เป็นตัวควบคุมประชากรแมลงที่เป็นศัตรูของต้นข้าวได้

และอาจจะสามารถใช้ควบคุมประชากรแมลงที่เป็นศัตรูของพืชชนิดได้โดยไม่ต้องใช้สารเคมี ซึ่งจะช่วยรักษาความหลากหลายและความยั่งยืนของระบบนิเวศนาข้าวแบบอินทรีย์ในระยะยาวได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ Dr. Akio Tanikawa และอาจารย์ ดร.บุปผา เพชรรัตน์ สำหรับการยืนยันชนิดของแมงมุมเขี้ยวยาว ขอขอบพระคุณ ดร.ภาณุพงษ์ ทองเปรม สำหรับคำแนะนำในการใช้โปรแกรม R ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และขอขอบพระคุณ คุณกุลณี ศุภรัตน์ชาติพันธ์ ที่อนุเคราะห์แปลงนาข้าวอินทรีย์ให้ใช้สำหรับการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Bambaradeniya, C. N. B., & Amerasinghe, F. P. (2003). *Biodiversity Associated with the Rice Field Agroecosystem in Asian Countries : A Brief Review*. In Working paper 63. International Wate Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- Bambaradeniya, C. N. B., Edirisinghe, J. P., De Silva, D. N., Gunatilleke, C. V. S., Ranawana, K. B., & Wijekoon, S. (2004). Biodiversity associated with an irrigated rice agro-ecosystem in Sri Lanka. *Biodiversity & Conservation* 13(9), 1715-1753.
- Christa, L., & Deeleman, R. 2001. *Forest Spiders of South East Asia*. Koninklijke Brill NV.
- Coddington, T. A. & Levi, H. W. (1991). Systematics and evolution of spiders (Araneae). *22 Annual Review of Ecology and Systematics*, 565-592.
- Jayakumar, S., & Sankari, A. (2010). Spider population and their predatory efficiency in different rice establishment techniques in Aduthurai, Tamil Nadu. *Journal of Biopesticides*, 3(1 Special issue), p. 20-27. www.jbiopest.com/users/lw8/efiles/jeya_kumar_s.pdf
- Jocque', R., & Dippenaar, A. S. (2007). *Spider Families of The World*. Royal Museum for central Africa.
- Kremen, C., Colwell, R. K., Erwin, T. L., Murphy, D. D., Noss, R. F. & Sanjayan, M. A. 1994. Terrestrial Arthropod Assmblages: Their use in conservation planning. *Conservation Biology*, 7, 796-808.
- Miyashita, T., Yamanaka, M., & Tsutsui, H. M. (2014). *Distribution and abundance of organisms in paddy- dominated landscapes with implication for wildlife- friendly farming*. In T. Miyashita & U. Nishikawa (Eds.). *Social-ecological restoration in paddy-do- minated landscapes* (pp. 45-65). Tokyo, Japan: Springer.
- Platnick, N., I. (2020). *Spiders of the World: A Natural History*. Quarto.

- Rattanapun, W. (2012). Diversity and population dynamics of pests and predators in irrigated rice fields with treated and untreated pesticide. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 77(4), 601-609.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23885426>
- R Core Team (2019) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Reissig, W. H., Heirichs, E. A., Litsinger, J. A., Moody, K., Fiedler, L., Mew, T. W., & Barrion, A. T. (1986). Illustrated Guide to Integrated Pest Management in Rice in Tropical Asia. IRRI.
- Tsutsui, M. H., Tanaka, K., Baba, Y. G., & Miyashita, T. (2016). Spatio-temporal dynamics of generalist predators (Tetragnatha spider) in environmentally friendly paddy fields. *Applied Entomology and Zoology*, 51(4), p. 631-640. doi:10.1007/s13355-016-0440-5
- Wilson, J. J., Ramakrishnan, R., Pavaraj, M., & Sevarkodi-yone, S. P. (2014). A Study on the Age-Wise and Seasonal Distribution of Spider Fauna in the Paddy and Maize Field. (Athikulam, Virudhunagar District, Tamil Nadu, India). *World Journal of Zoology*, 9(1), p. 13-18. doi:10.5829/idosi.wjz.2014.9.1.82266
- Wise, D. H. (1993). *Spiders in Ecological Web*. Cambridge University Press.

การศึกษาประสิทธิภาพของยาทาสารแอลคาร์นิทีน 2% กับยาทาสารไอโซเตรติโนอิน
0.05% ในการลดการผลิตซีบัมในผู้ที่มีภาวะหน้ามัน

A comparison study of the effect of topical 2% L-carnitine and 0.05% isotretinoin on
reducing facial sebum production on oily face

ธนิ น เมธิศิริวัฒน์^{1*} ถนอมกิต เพราะสุนทร² กัมพล โช้เจริญธรรม³

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาตจวิทยา สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง¹

สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง^{2,3}

*Corresponding author: E-mail : uno_252@yahoo.com

บทคัดย่อ

ภาวะผิวหน้ามันเป็นปัญหาที่พบบ่อย นอกจากจะมีความสัมพันธ์กับการเกิดสิวแล้ว ยังสร้างความกังวลในแง่ความสวยงามของผิว ทำให้สูญเสียความมั่นใจและส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตด้วย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการผลิตซีบัมในผู้ที่มีภาวะหน้ามันของสารแอลคาร์นิทีน 2% และสารไอโซเตรติโนอิน 0.05% ในอาสาสมัครหญิงไทย ทำการศึกษาแบบ prospective experimental study randomized, double-blind, split-face clinical trial มีผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 30 คน อายุ 22-45 (33.68 ± 7.51) ปี ที่มีภาวะหน้ามันและต้องการลดการผลิตซีบัมบริเวณใบหน้า ได้รับการสุ่มรักษาบริเวณใบหน้า 2 ข้างเปรียบเทียบกัน โดยใบหน้าข้างหนึ่งใช้สารแอลคาร์นิทีน 2% และใบหน้าอีกข้างหนึ่งใช้สารไอโซเตรติโนอิน 0.05% ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องใช้สารทั้งสองชนิดทาบริเวณ ใบหน้าแต่ละข้างตามที่กำหนด วันละครั้ง ก่อนนอน ต่อเนื่องทุกวันจนครบ 8 สัปดาห์ ประเมินผล ในสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 1, 2, 4, 6 และ 8 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยซีบัมที่วัดได้จากเครื่องซีบัมมิเตอร์, ผลข้างเคียง และความพึงพอใจในการรักษา มีผู้เข้าร่วมวิจัยที่อยู่จนครบการวิจัยจำนวน 28 ราย พบว่าในกลุ่มที่รักษาด้วยสารแอลคาร์นิทีน ค่าเฉลี่ยซีบัมที่ตำแหน่งปีกจมูก มีระดับลดลงหลังการรักษาเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ที่ตำแหน่งคิ้วด้านนอกและคิ้วด้านใน มีค่าเฉลี่ยซีบัมลดลงหลังการรักษา 2 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ และเมื่อเทียบประสิทธิภาพการลดปริมาณซีบัมกับสารไอโซเตรติโนอิน พบว่าที่สัปดาห์ที่ 8 สารไอโซเตรติโนอินสามารถลดปริมาณซีบัมที่ตำแหน่งปีกจมูก และค่าเฉลี่ยระดับซีบัมของทั้ง 3 ตำแหน่ง ได้มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งค่าเฉลี่ย และร้อยละที่เปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำมัน ในเรื่องความพึงพอใจในการรักษา พบว่าอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มมีแนวโน้มความพึงพอใจในการรักษามากขึ้นตามระยะเวลาที่เข้ายา ในกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยสารไอโซเตรติโนอิน 0.05% พบผลข้างเคียง คือ แดง แห้ง ลอก ร้อยละ 53.57 ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยสารแอลคาร์นิทีน 2% พบว่ามีผลข้างเคียงเพียง 5 ราย (ร้อยละ 17.85) สารแอลคาร์นิทีนมีประสิทธิภาพในการรักษาภาวะหน้ามัน แม้จะดีกว่าสารไอโซเตรติโนอิน แต่สารแอลคาร์นิทีนมีความปลอดภัยในการรักษาและผลข้างเคียงน้อยกว่าสารไอโซเตรติโนอิน จึงสามารถเป็นทางเลือกหนึ่งในการรักษาภาวะหน้ามัน

คำสำคัญ : ซีบัม; ภาวะหน้ามัน; แอลคาร์นิทีน; สารไอโซเตรติโนอิน; ซีบัมมิเตอร์

Abstract

Oily skin is a common dermatologic concern, not only leading to acne but also leading to reduced self-confidence and an impairment of individual quality of life. The purpose of this study is to determine the efficacy of topical 2% L-carnitine gel compare to 0.05% isotretinoin gel on reducing sebum production on oily face in Thai women. In this prospective experimental study randomized, double-blind, split-face clinical trial thirty participants ages 22-45 (33.68 ± 7.51) with oily skin were enrolled and randomly assigned 2% L-carnitine on one side of the face and 0.05% isotretinoin on the other side of the face. Participants were instructed to apply gels once daily at bedtime for 8 weeks with follow-up at baseline (week 0), 1st, 2nd, 4th, 6th and 8th week in a control room with sebumeter. The primary end-point for efficacy evaluation was based on values measured by sebumeter. The participant's satisfaction and side effects evaluated as the secondary end-point. Twenty-eight participants were able to complete study. The L-carnitine group showed that there has been a reduction of sebum at nasal alar region after 1 week of treatment. At outer eyebrow and inner eyebrow region, there has been a reduction of sebum after treatment for 2 and 4 weeks respectively. When comparing effect on reducing sebum production with isotretinoin, we found that at 8th week isotretinoin can significantly reduce more sebum level at nasal alar region and mean sebum level of three regions and also had significantly more percent change of sebum level. Participants' satisfaction seems to be increased every assessment in both groups. The group treated with 0.05% isotretinoin, there is 53.57% of the participants who have erythema dryness exfoliation as side effects. While there are only 5 participants (17.85%) in the group treated with 2% L-carnitine who have side effects. L-carnitine has efficacy in reducing facial sebum. Although the effect is lower than isotretinoin, L-carnitine is safe and has less side effect. It can be another method for oily skin treatment.

Keywords: Sebum; Oily skin; Isotretinoin; L-carnitine; Sebumeter

บทนำ

ภาวะผิวหนังมันเกิดจากการทำงานที่มากเกินไปของต่อมไขมัน (sebaceous gland) ทำให้มีซีบัม (sebum) หรือน้ำมันบนใบหน้ามากกว่าปกติ ซีบัมที่ผลิตออกมาเมื่อทำปฏิกิริยากับเหงื่อบริเวณผิวหนังแล้วทำให้เกิดลักษณะผิวหนังมันวาวอื่นไม่พึงประสงค์ ซึ่งจะเห็นได้ชัดบริเวณ T-zone (Pie´rard-Franchimont et al., 2010, p.343-352)

ซีบัมถูกสร้างและหลั่งออกมาจากต่อมไขมัน ซึ่งซีบัมบนผิวหนังประกอบด้วยกรดไขมันหลายชนิด ได้แก่ ไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) แวกซ์เอสเตอร์ (wax ester) สควาลีน (squalene) และคอเลสเตอรอล เอสเตอร์ (cholesterol ester) แต่ละตัวจะมีส่วนประกอบไม่เท่ากัน และแต่ละบริเวณก็也将มีความหนาแน่นของต่อมไขมันแตกต่างกันไป โดยบริเวณที่ต่อมไขมันมีมากที่สุด คือ บริเวณใบหน้า โดยมีต่อมไขมันประมาณ 300-1500 ต่อตารางเซนติเมตร นอกจากนี้ในแต่ละช่วงอายุจะผลิตไขมันไม่เท่ากัน (Pie´rard-Franchimont et al., 2010, p.343-352) โดยทั่วไป ผู้ชายมีอัตราการสร้างซีบัมมากกว่าผู้หญิง และความแตกต่างนี้ก็ยังเห็นได้ชัด เมื่ออายุมากขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับฮอร์โมนที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น ภาวะหมดประจำเดือนของผู้หญิง ที่ทำให้การทำงานของต่อมไขมันลดลง (Man et al., 2009, p.190-199) ซีบัมที่ถูกหลั่งออกมาจากต่อมไขมัน จะช่วยให้ผิวหนังนุ่มนวล และชุ่มชื้น ช่วยต่อต้านการอักเสบ ป้องกันแสงแดด ป้องกันการติดเชื้อและเชื้อแบคทีเรีย การที่ผิวหนังมีการผลิตซีบัมมากเกินไป นอกจากจะเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งในการกระตุ้นการเกิดสิวแล้ว แม้ในผู้ที่ไม่มีปัญหาสิว ภาวะผิวหนังมันยังสร้างความกังวลในแง่ความสวยงามของผิว ซึ่งสัมพันธ์กับการมีรูขุมขนกว้าง ผิวหน้ามีความมันวาว จากหลายการศึกษา (Rizer, 1999, p.81-91) (del Marmol et al., 2004, p.107-124) (Arbuckle et al., 2008, p.80) พบว่า 66-75% ของประชากรอายุระหว่าง 15-20 ปี ประสบปัญหาจากภาวะผิวหนังมัน ทำให้สูญเสียความมั่นใจและส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตด้วย (Arbuckle et al., 2008, p.80)

วิธีการรักษาภาวะผิวหนังมันคือการลดการผลิตและการหลั่งของซีบัมบนใบหน้า ในปัจจุบันมีการรักษาหลายวิธีทั้งยาทาและยารับประทาน สำหรับยารับประทานนั้นปัจจุบันมีเพียงสองกลุ่มหลัก ที่ใช้ในการรักษาภาวะผิวหนังมันคือการรักษาด้วยฮอร์โมนและการใช้ 13-ซิส-เรตินอยด์ (13-cis retinoic acid) ยากลุ่มดังกล่าวมีการใช้แพร่หลายในคลินิกผิวพรรณเพื่อการรักษาสิวหากแต่ยาดังกล่าวมีผลข้างเคียงค่อนข้างมาก เช่น ทำให้ปากแห้ง คอแห้ง อาจทำให้เกิดภาวะตับอักเสบ ปวดข้อ ปวดกล้ามเนื้อ ปวดท้อง ภาวะซีด ภาวะไขมันในโลหิตสูง และยายังเป็นพิษต่อทารกในครรภ์ได้ จึงไม่นิยมให้รับประทานเพียงเพื่อหวังผลให้ผิวหายมัน ดังนั้นการใช้ยาในกลุ่มนี้จึงควรอยู่ภายใต้ความควบคุมของแพทย์อย่างเคร่งครัด (Von Stuttgart, 1975, p.174-9) การใช้ฮอร์โมนก็อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งได้ (Speroff & Decherney, 1993, p.1034-47)

การใช้ยาทา เช่น สารไอโซเตรทิโนอิน เป็นสารในกลุ่มเรตินอยด์ ซึ่งมีการนำมาใช้กันมากในการรักษาสิว ตั้งแต่ปี 1969 เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ช่วยเร่งการผลิตเซลล์ของผิวหนังชั้นอีพิดERMIS (epidermis) ทำให้การผลิตเซลล์เป็นไปอย่างปกติซึ่งจะช่วยให้การอุดตันของรูขุมขนลดลง ช่วยลดอัตราการผลิตซีบัม และทำให้ต่อมไขมันมีขนาดเล็กลง (Craven & Griffiths, 1996, p.1-10) อย่างไรก็ตามสารไอโซเตรทิโนอินมีผลข้างเคียงหลายอย่าง เช่น ผิวแดง แห้งลอก แสบผิว ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้ป่วยใช้ยาไม่ต่อเนื่อง และอาจทำให้การรักษาไม่ไ้ผล การทาเวชสำอางที่มีส่วนประกอบของสารที่ช่วยลดความมันบนใบหน้า เช่น ไนอะซินาไมด์ (niacinamide), green tea (Endly et al., 2017, p.49-55) วิธีการอื่น ๆ เช่น การลอกผิว (peeling), กระจาดาชับ

มัน, เลเซอร์ (1,450nm diode laser), การฉีดสารโบทูลินัมทอกซินเข้าชั้นใต้ผิวหนัง (Intradermal injection of Botulinum toxin) มาใช้ในการรักษาภาวะผิวหนังมัน อย่างไรก็ตามยังไม่มีวิธีการใดที่ใช้เป็นมาตรฐานและได้ผลระยะยาว

สารแอลคาร์นิทีน (L-carnitine) เป็นสารหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจและมีการศึกษาในแง่ของความสามารถในการลดความมันบนใบหน้าได้ เป็นสารที่ร่างกายผลิตขึ้นเองตามธรรมชาติ สังเคราะห์ได้จากกรดอะมิโนจำเป็น 2 ชนิด คือไลซีน (Lysine) และ เมทไทโอนีน (Methionine) ที่ไต ตับ และสมอง (Cave et al., 2008, p.16-34) มีโครงสร้างเป็น quaternary amine สามารถละลายน้ำได้ แอลคาร์นิทีนเกี่ยวข้องกับกระบวนการสลายกรดไขมัน (fatty acids) โดยทำหน้าที่ขนส่ง long-chain fatty acid ผ่านไมโทคอนเดรียเมมเบรน ภายในไมโทคอนเดรีย กรดไขมันจะถูกสลายโดยกระบวนการ β -oxidation แอลคาร์นิทีนช่วยเปลี่ยนไขมันที่สะสมอยู่ในส่วนต่างๆ ของร่างกาย ให้กลายเป็นพลังงาน จึงมีฤทธิ์เป็นตัวเผาผลาญไขมัน ลดระดับคอเลสเตอรอล (Cholesterol) และไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ได้ มีการศึกษาเกี่ยวกับบทบาทของสารแอลคาร์นิทีนต่อการลดระดับน้ำมันบนใบหน้า โดยการทาครีมที่มีส่วนผสม 2% แอลคาร์นิทีน พบว่า สามารถลดปริมาณไขมันหรือกรดไขมัน (Fatty acid) ในซีโบไซท์ (sebocyte) ได้ และมีผลทำให้ซีบัมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ รวมถึงไม่พบผลข้างเคียงที่รุนแรง (Peirano et al., 2012, p.30-36) สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับการใช้สารแอลคาร์นิทีนในแง่ของความสามารถในการลดความมันบนใบหน้า รวมถึงการศึกษาเปรียบเทียบกับยาทาชนิดอื่นในการรักษาภาวะหน้ามันยังมีน้อย จึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการใช้เจลแอลคาร์นิทีน 2% ในการลดการผลิตซีบัมในผู้ที่มีภาวะหน้ามันโดยเปรียบเทียบกับเจลไฮโซเทรทีโนอิน 0.05%
2. เพื่อศึกษาถึงความพึงพอใจและผลข้างเคียงของการรักษาภาวะหน้ามันด้วยเจลแอลคาร์นิทีน 2% และเจลไฮโซเทรทีโนอิน 0.05%

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ประสิทธิภาพในการรักษาภาวะหน้ามัน หมายถึง ความสามารถในการลดระดับซีบัมบนผิวหนัง โดยประเมินจากปริมาณการผลิตซีบัมที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการรักษา
2. ภาวะผิวหนังมัน หมายถึง การที่มีผิวหนังมันเงาว่าคนปกติ คือ มากกว่า 1.5-4.0 มิลลิกรัม(มก.)/10 ตร.ซม./3 ชั่วโมง (ซม.) แม้ล้างหน้าไปแล้วเพียงไม่นาน ผิวหนังก็จะกลับมาที่มีความมันใหม่อย่างรวดเร็ว (Schaller & Plewig, 2008, p.492-494)
3. ซีบัมหรือน้ำมันบนใบหน้า สร้างจากเซลล์ผิวหนังเคอราติโนไซต์และต่อมไขมันใต้ผิวหนัง
4. อัตราการผลิตซีบัม (Schaller & Plewig, 2008, p.492-494)
 - 4.1 คนปกติทั่วไปจะมีการผลิตซีบัมออกมา ประมาณ 1 มก./10 ตร.ซม./3 ชม.
 - 4.2 คนผิวแห้งจะมีการผลิตซีบัมน้อยกว่า 0.5 มก./10 ตร.ซม./3 ชม.
 - 4.3 คนผิวมันจะมีการผลิตซีบัม 1.5-4.0 มก./10 ตร.ซม./3 ชม.

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลองทางคลินิก แบบไปข้างหน้า ชนิดมีสุ่มเลือกโดยปกปิดสองฝ่าย คือ ผู้ทำวิจัยและผู้เข้าร่วมวิจัย มีกลุ่มควบคุม และแบบแบ่งครึ่งหน้าเปรียบเทียบในคนเดียวกัน (prospective experimental study randomized, double-blind, split-face clinical trial) โดยผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เลขที่โครงการ EC 20221-20

สมมติฐานของการวิจัย

การใช้เจลแอลคาร์นิทีน 2 % สามารถลดระดับการผลิตซีบัมได้แตกต่างจากเจลไอโซเทรทีโนอิน 0.05%

ตัวแปรที่ศึกษา: ตัวแปรต้น คือ การรักษาภาวะหน้ามันด้วยเจลแอลคาร์นิทีน, การรักษาภาวะหน้ามันด้วยเจลไอโซเทรทีโนอิน ตัวแปรตาม คือ ระดับซีบัมบนผิวหนัง ระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมวิจัย ผลข้างเคียงของการรักษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

อาสาสมัครหญิงไทย อายุระหว่าง 20-45 ปี ที่มีภาวะผิวหนังมันที่ต้องการรักษา และมารับการรักษาที่โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง กรุงเทพมหานคร ในช่วงเดือนมีนาคม ถึง เดือนพฤษภาคม 2564 ซึ่งมีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าศึกษา (inclusion criteria)

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าศึกษา (inclusion criteria)

1. อาสาสมัครหญิงไทยที่มีลักษณะผิวเป็นผิวผสมถึงผิวมันโดยประเมินจากการวัดด้วยเครื่องซีบัมมิเตอร์ได้ค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 150 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตรใน 3 ชั่วโมง (1.5 มก./10 ตร.ซม./3 ชม.) (Schaller & Plewig, 2008, p.492-494)

2. อายุระหว่าง 20-45 ปี

3. สามารถมาติดตามผลการรักษาตามระยะเวลาที่กำหนดได้

4. สุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์

5. ไม่มีการใช้ยาคุมหรือฉีดยาคุม (ยาที่มีฮอร์โมนผสมอยู่)

6. ผู้เข้าร่วมการรักษาเข้าร่วมการศึกษาด้วยความสมัครใจและลงลายลักษณ์อักษรในใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย

เกณฑ์การคัดกลุ่มตัวอย่างออกจากการศึกษา (exclusion criteria)

1. หญิงที่กำลังตั้งครรภ์หรือให้นมบุตร

2. มีโรคประจำตัวเรื้อรังที่ควบคุมไม่ได้เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคทางระบบหัวใจและหลอดเลือด โรคไตหรือมีภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง

3. มีประวัติการใช้ยาทาตั้งแต่ไปนี้ ในช่วงระยะเวลา 1 เดือนก่อนเข้าร่วมในโครงการวิจัย

3.1 ยาทาในกลุ่มเบนโซอิล เพอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide)

3.2 ยาทาในกลุ่มกรดวิตามินเอ (retinoic acid)

- 3.3 ยาทาในกลุ่มกรดอัลฟาไฮดรอกซี (alpha hydroxy acid)
 - 3.4 ยาทาในกลุ่มกรดเบต้าไฮดรอกซี (beta hydroxyl acid)
 - 3.5 ยาทาในกลุ่มรีซอร์ซินอล (resorcinol)
 4. มีประวัติการใช้ยารับประทานดังต่อไปนี้ ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน ก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย
 - 4.1 ยาในกลุ่มกรดวิตามินเอ เช่น ยาไอโซเตรทิโนอิน (isotretinoin)
 - 4.2 ยาในกลุ่มฮอร์โมนที่มีฤทธิ์ต่อต้านแอนโดรเจน
 - 4.3 ยาในกลุ่มที่มีผลต่อฮอร์โมนเอสโตรเจนและโปรเจสเตอโรน
 5. มีประวัติการได้รับการรักษาด้วยเลเซอร์ชนิดอื่น ๆ รวมทั้ง แสงความเข้มขั้นสูง (IPL: Intense Pulse Light) และคลื่นวิทยุ (RF: Radiofrequency) ในช่วงระยะเวลา 3 เดือน ก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย
 6. มีผิวหนังบริเวณใบหน้าผิดปกติ เช่น ผื่นผิวหนังอักเสบ ติดเชื้อ มะเร็งผิวหนัง ยกเว้น สิว
 7. มีประวัติการแพ้ยาในกลุ่มกรดวิตามินเอ เช่น ยาไอโซเตรทิโนอิน
 8. ผู้เข้าร่วมวิจัย ไม่สามารถมารับการตรวจ และติดตามงานวิจัยได้อย่างต่อเนื่อง
- คำนวณขนาดตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มอิสระต่อกัน (two independent means) จากข้อมูลงานวิจัยที่ศึกษาก่อนหน้าของ โชติกา หาญนรเศรษฐ์และคณะ (2015) ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 28 คน เมื่อนำมาคำนวณการป้องกันกลุ่มตัวอย่างถอนตัวออกจากงานวิจัย เพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างอีกร้อยละ 20 (Wood et al., 2004, p.368-76) ดังนั้น การศึกษานี้ใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 34 คน

ขั้นตอนในการดำเนินการศึกษา

1. คัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ข้างต้น (inclusion and exclusion criteria)
2. วัดความมันบนใบหน้าด้วยซีบมิเตอร์เพื่อคัดกรองเข้าร่วมการวิจัยตามเกณฑ์ที่กำหนด (ระดับความมัน ≥ 150 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตรใน 3 ชั่วโมง) โดยวัดระดับซีบมิบนใบหน้า 3 จุด ดังนี้
 - 2.1 หน้าผากทั้งสองด้าน ตำแหน่ง 2 ซม. เหนือคิ้วในแนวหางตาด้านใน
 - 2.2 หน้าผากด้านข้างทั้งสองด้าน ตำแหน่ง 2 ซม. เหนือคิ้วในแนวหางตาด้านนอก
 - 2.3 จมูกทั้งสองด้าน ตำแหน่ง 1 ซม. เหนือจุดกึ่งกลางขบกลางของปีกจมูก
3. สุ่มใบหน้าซีกโดซีกหนึ่งทำการรักษา (block randomization) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อเลือกข้างที่จะทำการรักษาด้วยเจลแอลคาร์นิทีน 2% หรือเจลไอโซเตรทิโนอิน 0.05% โดยข้อมูลจะถูกปิดเป็นความลับทั้งผู้ทำการวิจัย และผู้เข้าร่วมการวิจัย
4. ทำการแจกจ่ายยาให้ผู้เข้าร่วมวิจัย สบู่ล้างหน้าที่มี pH เป็นกลาง ผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงแดด SPF30 และให้คำแนะนำในการปฏิบัติตัวดังนี้
 - 4.1 ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยล้างหน้าให้สะอาดด้วยสบู่ล้างหน้าของโครงการวิจัยวันละ 2 ครั้ง เช้า เย็น และททายาทุกวัน ทายาหลังล้างหน้า วันละครั้งก่อนนอนต่อเนื่องกัน 8 สัปดาห์ โดยใช้ยาต่อหนึ่งข้างปริมาณเท่าปลายนิ้ว หรือประมาณ 0.5 กรัมต่อการทา 1 ครั้ง ทาให้ทั่วบริเวณใบหน้าข้างที่กำหนดไว้ตามฉลาก ห้ามทาสลับข้างกัน โดยยาที่ทาใบหน้าด้านขวาให้ใช้นิ้วชี้มือขวาทา และยาที่ทาใบหน้าด้านซ้ายให้ใช้นิ้วชี้มือซ้ายทา เพื่อ

ป้องกันยาทั้งสองชนิดปนเปื้อนกัน ปล่อยให้ยาแห้งโดยห้ามล้างหน้าและห้ามเช็ดถูบริเวณที่ทายาเป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง

4.2 ไม่อนุญาตให้ผู้เข้าร่วมวิจัยใช้ยาทา ครีมบำรุงชนิดอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กำหนดไว้ให้ แต่สามารถใช้ผลิตภัณฑ์ตกแต่งใบหน้า (Makeup) ได้ตามปกติ

4.3 ผู้ทำวิจัยจะนัดผู้เข้าร่วมวิจัยมาติดตามผลการรักษาหลังได้รับยาในสัปดาห์ที่ 1, 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ตามลำดับ โดยในแต่ละครั้งจะมีการประเมินผลดังนี้

1) วัดความมันบนใบหน้าหลังล้างหน้า 3 ชั่วโมง ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส (นั่งพัก) โดยใช้เครื่อง Sebumeter SM 815 วัด 3 ตำแหน่ง ได้แก่ หน้าผากตรงกลางทั้งสองด้าน ตำแหน่ง 2 ซม. เหนือคิ้วในแนวหางตาด้านใน, หน้าผากด้านข้างทั้งสองด้าน ตำแหน่ง 2 ซม. เหนือคิ้วในแนวหางตาด้านนอก และจมูกทั้งสองด้าน ตำแหน่ง 1 ซม. เหนือจุดกึ่งกลางขอบล่างของปีกจมูก

2) ผู้เข้าร่วมวิจัย ประเมินความพึงพอใจในการรักษา ในสัปดาห์ที่ 4, 6 และ 8 ของการรักษา โดยใช้แบบสอบถาม

3) สอบถามผู้เข้าร่วมวิจัยถึงอาการข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้น เช่น คัน, แสบ, แดง, ผิวลอกเป็นขุย ในสัปดาห์ที่ 1, 2, 4, 6 และ 8 โดยหากมีอาการดังกล่าว ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยประเมินความรุนแรงเป็นเล็กน้อย, ปานกลาง, หรือรุนแรง ลงในแบบฟอร์ม และ ผู้ทำวิจัย บันทึกผลข้างเคียงลงในแบบฟอร์ม

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ คือ โปรแกรม SPSS

1. สถิติเชิงพรรณนา

1.1 ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ เพศ โรคประจำตัว ประวัติการแพ้ยา ประวัติการรักษาหน้าผากที่ผ่านมา ปัจจัยกระตุ้นทำให้เกิดหน้าผาก ผลกระทบของภาวะหน้าผาก อาการข้างเคียงที่เกิดขึ้นจากการรักษา ประเมินผลการรักษา สรุปข้อมูลในรูปแบบความถี่และร้อยละ

1.2 ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ อายุ ค่าระดับซีบีบีบริเวณต่าง ๆ โดยแยกวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับซีบีบีในแต่ละจุดออกจากกัน สรุปข้อมูลในรูปแบบของค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. สถิติเชิงอนุมาน

2.1 ใช้สถิติในการประเมินการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำมันบริเวณใบหน้าก่อนและหลังการรักษา ด้วยเจลแอลคาร์นิทีนหรือเจลไอโซเทรทีโนอิน ณ สัปดาห์ที่ 0, 2, 4, 6, 8

2.2 เปรียบเทียบผลการรักษาระหว่างการทาเจลแอลคาร์นิทีนกับเจลไอโซเทรทีโนอินโดยเปรียบเทียบข้อมูล ค่าระดับซีบีบีบริเวณต่าง ๆ ระหว่างกลุ่มที่ใช้เจลแอลคาร์นิทีนเทียบกับกลุ่มที่ใช้เจลไอโซเทรทีโนอิน 0.05% ด้วยสถิติ Repeated Measure ANOVA และทำการเปรียบเทียบก่อนหลังการรักษารายคู่ในกลุ่มเดียวกัน (multiple comparison) ด้วยวิธี bonferoni โดยกำหนดระดับการมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย การศึกษานี้มีผู้เข้าร่วมวิจัยที่ได้รับการตรวจว่ามีไขมันตรงตามเกณฑ์คัดเลือก จำนวน 30 คน โดยมีผู้เข้าร่วมวิจัยที่เข้าร่วมโครงการวิจัยจนเสร็จสิ้นทั้งหมด 28 คน มีอายุตั้งแต่ 22-45 ปี โดยมีค่าเฉลี่ยอายุเท่ากับ 33.68 ± 7.51 ปี จากกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาทั้งหมด พบว่ามีผู้มีโรคประจำตัว จำนวน 2 ราย คือ โรคภูมิแพ้ทางอากาศ คิดเป็นร้อยละ 7.1 และไม่มีผู้มีประวัติการแพ้ยา ในด้านผลกระทบของการมีภาวะหน้ามันที่พบสูงสุดคือ รุขุมขนกว้าง คิดเป็นร้อยละ 47.1 รองลงมาคือ สิว คิดเป็นร้อยละ 35.3 ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย (n=28)

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง	จำนวน	ร้อยละ
อายุ (ปี)		
ต่ำกว่า 25 ปี	5	17.9
25 – 30 ปี	4	14.3
31 – 35 ปี	9	32.1
มากกว่า 35 ปี	10	35.7
Mean±SD	33.68 ± 7.51	
Min-Max	22 – 45	
โรคประจำตัว		
ไม่มี	26	92.9
มี	2	7.1
ประวัติการแพ้ยา		
ไม่มี	28	100
มี	0	0.0
ผลกระทบของการมีภาวะหน้ามัน (ตอบได้มากกว่า 1)		
สิว	18	35.3
รุขุมขนกว้าง	24	47.1
ความกังวล	9	17.6

ผลการเปรียบเทียบปริมาณซีบัมระหว่างการรักษาภาวะหน้ามันด้วยเจลแอลคาร์นิทีน และเจลไอโซเทรทโนอิน แยกตามตำแหน่งบนใบหน้า พบว่า ที่ตำแหน่งเหนือคิ้วด้านนอก และตำแหน่งเหนือคิ้วด้านใน ในสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 4, 6 และ 8 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนที่ตำแหน่งปีกจมูก ในสัปดาห์ที่ 8 พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = <0.001$) นอกจากนี้ยังพบว่าที่ตำแหน่งปีกจมูก ในกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเจลแอลคาร์นิทีนมีค่าเฉลี่ยซีบัมสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 8 ซึ่งแอลคาร์นิทีนอาจจะส่งผลทำให้บริเวณปีกจมูกที่มีต่อมไขมันมากกว่าบริเวณคิ้วก็เลยมีซีบัมกลับมาผลิตมากกว่า และระดับซีบัมเฉลี่ยของทั้ง 3

ตำแหน่ง ในสัปดาห์ที่ 8 พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.009$) ดังรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยซีบัม ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) ที่ตำแหน่งเหนือคิ้วด้านนอก เหนือคิ้วด้านใน บริเวณปีกจมูก และค่าเฉลี่ยซีบัมของทั้ง 3 ตำแหน่ง ในสัปดาห์ที่ 1, 2, 4, 6 และ 8 ระหว่างหน้าครั้งที่ได้รับการรักษาภาวะหน้ามันด้วยเจลแอลคาร์นิทีนและหน้าครั้งที่ได้รับการรักษาด้วยเจลไอโซเทรทีโนอิน ($n = 28$ คน)

ตำแหน่งบนใบหน้า	แอลคาร์นิทีน Mean \pm SD	ไอโซเทรทีโนอิน Mean \pm SD	p-value (between group)			
ตำแหน่งเหนือคิ้วด้านนอก						
สัปดาห์ที่ 0	129.29 \pm 34.28	125.50 \pm 27.74	0.387			
สัปดาห์ที่ 1	108.29 \pm 49.80	103.11 \pm 44.92	0.425			
สัปดาห์ที่ 2	80.54 \pm 60.94	75.39 \pm 50.77	0.271			
สัปดาห์ที่ 4	55.43 \pm 32.96	57.71 \pm 35.23	0.586			
สัปดาห์ที่ 6	52.21 \pm 30.85	48.07 \pm 26.69	0.400			
สัปดาห์ที่ 8	51.14 \pm 35.13	50.96 \pm 28.66	0.959			
p-value (within group)	<0.001	<0.001				
เปรียบเทียบรายคู่สัปดาห์ (multiple comparison)						
แอลคาร์นิทีน	Week 0	Week 1	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8
Mean \pm SD	129.29 \pm 34.28	108.29 \pm 49.80	80.54 \pm 60.94	55.43 \pm 32.96	52.21 \pm 30.85	51.14 \pm 35.13
ไอโซเทรทีโนอิน	Week 0	Week 1	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8
Mean \pm SD	125.50 \pm 27.74	103.11 \pm 44.92	75.39 \pm 50.77	57.71 \pm 35.23	48.07 \pm 26.69	50.96 \pm 28.66
ตำแหน่งเหนือคิ้วด้านใน						
	Week 0					
	Week 1	161.00 \pm 35.32		159.00 \pm 39.18		0.388
	Week 2	141.82 \pm 48.04		140.89 \pm 52.42		0.880
	Week 4	111.61 \pm 71.44		120.14 \pm 67.62		0.084
		85.04 \pm 53.35		83.39 \pm 46.68		0.805

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ตำแหน่งบนใบหน้า	แอลคาร์นิทีน		ไอโซเทรทีโนอิน		<i>p</i> -value	
	Mean ± SD		Mean ± SD		(between group)	
Week 6	81.11 ± 42.84		79.32 ± 47.66		0.764	
Week 8	73.00 ± 53.49		70.46 ± 48.73		0.585	
<i>P</i> -value (within group)	<0.001		<0.001			
เปรียบเทียบรายคู่สัปดาห์ (multiple comparison)						
แอลคาร์นิทีน	Week 0	Week 1	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8
Mean ± SD	161.00 ± 35.32	141.82 ± 48.04	111.61 ± 71.44	85.04 ± 53.35	81.11 ± 42.84	73.00 ± 53.49
	_____		_____		_____	
	_____		_____		_____	
	_____		_____		_____	
ไอโซเทรทีโนอิน	Week 0	Week 1	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8
Mean ± SD	159.00 ± 39.18	140.89 ± 52.42	120.14 ± 67.62	83.39 ± 46.68	79.32 ± 47.66	70.46 ± 48.73
	_____		_____		_____	
	_____		_____		_____	
	_____		_____		_____	
ตำแหน่งปีกจมูก						
Week 0	226.18 ± 48.54		221.21 ± 41.93		0.155	
Week 1	195.86 ± 70.02		203.00 ± 77.96		0.571	
Week 2	140.71 ± 78.25		145.04 ± 86.79		0.702	
Week 4	139.82 ± 89.45		136.14 ± 76.93		0.678	
Week 6	123.46 ± 79.01		118.21 ± 73.37		0.592	
Week 8	137.25 ± 76.97		112.18 ± 76.05		<0.001	
<i>P</i> -value (within group)	<0.001		<0.001			
เปรียบเทียบรายคู่สัปดาห์ (multiple comparison)						
แอลคาร์นิทีน	Week 0	Week 1	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8
Mean ± SD	226.18 ± 48.54	195.86 ± 70.02	140.71 ± 78.25	139.82 ± 89.45	123.46 ± 79.01	137.25 ± 76.97
	_____		_____		_____	
	_____		_____		_____	
	_____		_____		_____	
ไอโซเทรทีโนอิน	Week 0	Week 1	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8
Mean ± SD	221.21 ± 41.93	203.00 ± 77.96	120.14 ± 67.62	136.14 ± 76.93	118.21 ± 73.37	112.18 ± 76.05
	_____		_____		_____	
	_____		_____		_____	
	_____		_____		_____	

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ตำแหน่งบนใบหน้า	แอลคาร์นิทีน Mean ± SD	ไอโซเทรทีโนอิน Mean ± SD	p-value (between group)			
ระดับซีบัมเฉลี่ยของทั้ง 3 ตำแหน่ง						
Week 0	172.08 ± 28.84	168.93 ± 24.19	0.086			
Week 1	163.65 ± 58.06	148.97 ± 47.01	0.214			
Week 2	111.58 ± 64.85	113.76 ± 61.00	0.633			
Week 4	93.46 ± 52.01	91.62 ± 44.63	0.563			
Week 6	85.42 ± 44.75	81.25 ± 41.40	0.349			
Week 8	87.04 ± 51.79	77.70 ± 47.13	0.009			
P-value (within group)	<0.001	<0.001				
เปรียบเทียบรายคู่สัปดาห์ (multiple comparison)						
แอลคาร์นิทีน	Week 0	Week 1	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8
Mean ± SD	172.08 ± 28.84	163.65 ± 58.06	111.58 ± 64.85	93.46 ± 52.01	85.42 ± 44.75	87.04 ± 51.79
ไอโซเทรทีโนอิน	Week 0	Week 1	Week 2	Week 4	Week 6	Week 8
Mean ± SD	168.93 ± 24.19	148.97 ± 47.01	113.76 ± 61.00	91.62 ± 44.63	81.25 ± 41.40	77.70 ± 47.13

ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยซีบัมที่ตำแหน่งเหนือคิ้วด้านนอก เหนือคิ้วด้านใน บริเวณปีกจมูก และค่าเฉลี่ยซีบัมของทั้ง 3 ตำแหน่ง ในสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 4, 6 และ 8 ระหว่างหน้าครึ่งที่ได้รับการรักษาภาวะหน้ามันด้วยเจลแอลคาร์นิทีน และหน้าครึ่งที่ได้รับการรักษาด้วยเจลไอโซเทรทีโนอิน (ตารางที่ 2) พบว่าเมื่อนำค่าเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์มาเปรียบเทียบกัน โดยจำแนกตามการได้รับการรักษาภาวะหน้ามันด้วยเจลแอลคาร์นิทีน และเจลไอโซเทรทีโนอิน (within group) แล้วพบว่า ค่าเฉลี่ยซีบัมที่ตำแหน่งต่างๆ ในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งในกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเจลแอลคาร์นิทีน และกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเจลไอโซเทรทีโนอิน โดยเมื่อนำค่าเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ของแต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกันรายคู่ (multiple comparison) พบว่า ที่ตำแหน่งคิ้วด้านนอก กลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเจลแอลคาร์นิทีน ค่าเฉลี่ยซีบัมในคู่สัปดาห์ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ สัปดาห์ที่ 0 กับสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ 8, สัปดาห์ที่ 1 กับสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ 8 และสัปดาห์ที่ 2 กับสัปดาห์ที่ 6 แสดงว่าค่าเฉลี่ยซีบัมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ หลังได้รับการรักษาเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ส่วนกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเจลไอโซเทรทีโนอิน ค่าเฉลี่ยซีบัมในคู่สัปดาห์ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ สัปดาห์ที่ 0 กับสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบร้อยละของระดับซีบีเอ็ม ที่เปลี่ยนแปลงจากสัปดาห์ที่ 0 ระหว่างหน้าครั้งที่ได้รับการรักษา
ภาวะหน้ามันด้วยเจลแอลคาร์นิทีน 2% กับเจลไอโซเทรทีโนอิน 0.05% ในสัปดาห์ต่าง ๆ โดยแยก
ตามตำแหน่งบนใบหน้า (n=28 คน)

ตำแหน่งบนใบหน้า	แอลคาร์นิทีน %Change ± SD	ไอโซเทรทีโนอิน %Change ± SD	p-value
ตำแหน่งเหนือคิ้วด้านนอก			
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 1	-14.43 ± 37.50	-15.54 ± 41.94	0.832
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 2	-39.40 ± 43.01	-40.52 ± 37.01	0.784
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 4	-56.92 ± 25.36	-52.91 ± 29.71	0.282
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 6	-59.23 ± 21.08	-60.86 ± 23.03	0.675
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 8	-60.77 ± 22.69	-58.84 ± 23.38	0.537
ตำแหน่งเหนือคิ้วด้านใน			
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 1	-10.69 ± 30.72	-11.92 ± 25.41	0.732
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 2	-33.74 ± 36.40	-26.54 ± 37.97	0.045
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 4	-50.04 ± 21.80	-48.45 ± 28.49	0.702
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 6	50.72 ± 22.22	-51.81 ± 23.84	0.783
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 8	-56.78 ± 24.07	-57.02 ± 25.75	0.942
ตำแหน่งปีกจมูก			
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 1	-14.28 ± 23.79	-9.60 ± 28.58	0.473
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 2	-39.91 ± 26.59	-35.41 ± 36.68	0.394
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 4	-37.68 ± 42.84	-37.73 ± 34.43	0.993
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 6	-46.98 ± 28.38	-45.99 ± 31.00	0.831
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 8	-40.29 ± 26.72	-49.89 ± 30.79	0.001
ระดับซีบีเอ็มเฉลี่ยของทั้ง 3 ตำแหน่ง			
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 1	-11.15 ± 27.27	-12.82 ± 21.55	0.584
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 2	-37.62 ± 29.92	-35.01 ± 28.73	0.339
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 4	-47.31 ± 24.74	-47.16 ± 22.45	0.950
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 6	-51.03 ± 22.12	-52.68 ± 20.27	0.549
สัปดาห์ที่ 0 กับ สัปดาห์ที่ 8	-50.53 ± 23.22	-54.91 ± 23.83	0.034

ผลการศึกษเปรียบเทียบร้อยละของระดับซีบีเอ็มที่เปลี่ยนแปลงจากสัปดาห์ที่ 0 ระหว่างหน้าครั้งที่ได้รับการรักษาภาวะหน้ามันด้วยเจลแอลคาร์นิทีน 2% กับเจลไอโซเทรทีโนอิน 0.05% ในสัปดาห์ต่าง ๆ โดยแยก ตาม

ตำแหน่งบนใบหน้า พบว่า ที่ตำแหน่งเหนือคิ้วด้านนอก ร้อยละของระดับซีบัมที่เปลี่ยนแปลงจากสัปดาห์ที่ 0 ระหว่างการรักษาด้วยเจลแอลคาร์นิทีน กับเจลไอโซเทรทีโนอิน ในสัปดาห์ที่ 1, 2, 4, 6 และ 8 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ตำแหน่งเหนือคิ้วด้านใน ร้อยละของระดับซีบัมที่เปลี่ยนแปลงจากสัปดาห์ที่ 0 ไปสัปดาห์ที่ 2 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p = 0.045$) โดยใบหน้าครึ่งที่ได้รับการรักษาด้วยเจลแอลคาร์นิทีน มีความเปลี่ยนแปลงของระดับซีบัมจากสัปดาห์ที่ 0 ไปสัปดาห์ที่ 2 คิดเป็นร้อยละ -33.74 ส่วนด้านที่ได้รับการรักษาด้วยเจลไอโซเทรทีโนอิน มีความเปลี่ยนแปลงของระดับซีบัมคิดเป็นร้อยละ -26.54 ที่ตำแหน่งปีกจมูก พบว่าร้อยละของระดับซีบัมที่เปลี่ยนแปลงจากสัปดาห์ที่ 0 ไปสัปดาห์ที่ 8 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p = 0.001$) โดยใบหน้าครึ่งที่ได้รับการรักษาด้วยเจลแอลคาร์นิทีน มีความเปลี่ยนแปลงของระดับซีบัมจากสัปดาห์ที่ 0 ไปสัปดาห์ที่ 8 คิดเป็นร้อยละ -40.29 ส่วนด้านที่ได้รับการรักษาด้วยเจลไอโซเทรทีโนอิน มีความเปลี่ยนแปลงของระดับซีบัมคิดเป็นร้อยละ -49.89 และร้อยละที่เปลี่ยนแปลงไปของระดับซีบัมเฉลี่ยของทั้ง 3 ตำแหน่ง พบว่าร้อยละของระดับซีบัมที่เปลี่ยนแปลงจากสัปดาห์ที่ 0 ไปสัปดาห์ที่ 8 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p = 0.034$) โดยใบหน้าครึ่งที่ได้รับการรักษาด้วยเจลแอลคาร์นิทีน มีความเปลี่ยนแปลงของระดับซีบัมจากสัปดาห์ที่ 0 ไปสัปดาห์ที่ 8 คิดเป็นร้อยละ -50.53 ส่วนด้านที่ได้รับการรักษาด้วยเจลไอโซเทรทีโนอิน มีความเปลี่ยนแปลงของระดับซีบัมคิดเป็นร้อยละ -54.91 (ตารางที่ 3)

ความพึงพอใจในการรักษา ในสัปดาห์ที่ 4, 6 และ 8 ของการรักษา ผู้เข้าร่วมวิจัย ประเมินความพึงพอใจในการรักษาโดยใช้แบบสอบถาม ระดับความพึงพอใจในสัปดาห์ที่ 4 พบว่ากลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเจลแอลคาร์นิทีน ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในการรักษาในระดับปานกลาง และพบว่ามีจำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีระดับความพึงพอใจมาก คิดเป็นร้อยละ 42.86 ซึ่งมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเจลไอโซเทรทีโนอิน ที่คิดเป็นร้อยละ 28.57 ในสัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 8 พบว่าผู้เข้าร่วมวิจัยส่วนใหญ่มีระดับความพึงพอใจมาก โดยในกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเจลแอลคาร์นิทีน จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีระดับความพึงพอใจมาก คิดเป็นร้อยละ 64.29 ส่วนในกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเจลไอโซเทรทีโนอิน จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีระดับความพึงพอใจมาก คิดเป็นร้อยละ 60.71 โดยผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสองกลุ่มมีแนวโน้มความพึงพอใจมากขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ยา (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบระดับความพึงพอใจระหว่างการรักษาภาวะหน้ามันด้วยเจลแอลคาร์นิทีน 2% กับ
เจลไอโซเทรทีโนอิน 0.05%

ความพึงพอใจในการ รักษา	ไม่พึงพอใจ (ร้อยละ)	รู้สึกเฉยๆ (ร้อยละ)	พึงพอใจ เล็กน้อย (ร้อยละ)	พึงพอใจ ปานกลาง (ร้อยละ)	พึงพอใจ มาก (ร้อยละ)
สัปดาห์ที่ 4					
แอลคาร์นิทีน (n=28)	0 (0)	1 (3.57)	0 (0)	15 (53.57)	12 (42.86)
ไอโซเทรทีโนอิน (n=28)	0 (0)	1 (3.57)	1 (3.57)	18 (64.29)	8 (28.57)
สัปดาห์ที่ 6					
แอลคาร์นิทีน (n=28)	0 (0)	0 (0)	1 (3.57)	9 (32.14)	18 (64.29)
ไอโซเทรทีโนอิน (n=28)	0 (0)	0 (0)	1 (3.57)	10 (35.71)	17 (60.71)
สัปดาห์ที่ 8					
แอลคาร์นิทีน (n=28)	0 (0)	0 (0)	1 (3.57)	9 (32.14)	18 (64.29)
ไอโซเทรทีโนอิน (n=28)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	11 (39.26)	17 (60.71)

ผลข้างเคียง ประเมินโดยผู้วิจัยและผู้เข้าร่วมวิจัยในสัปดาห์ที่ 1, 2, 4, 6 และ 8 โดยการประเมินผลข้างเคียงโดยผู้เข้าร่วมวิจัย พบว่าด้านที่รักษาด้วยเจลแอลคาร์นิทีน ร้อยละ 78.58 ไม่มีอาการข้างเคียงใด ๆ โดยอาการข้างเคียงที่พบได้แก่ อาการลอก คัน และอาการแสบร้อน ส่วนในด้านที่รักษาด้วยเจลไอโซเทรทีโนอิน มีผลข้างเคียงจากการรักษา โดยอาการข้างเคียงที่พบได้แก่ แสบร้อน แดง คัน ลอก และผลข้างเคียงที่พบมากที่สุดคือ อาการลอก จำนวน 6 ราย คิดเป็นร้อยละ 21.43 (ตารางที่ 5) ส่วนผลข้างเคียงที่ประเมินโดยผู้วิจัย พบว่ากลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเจลแอลคาร์นิทีน มีเพียง 5 ราย ที่พบผลข้างเคียง โดยพบมี Dryness จำนวน 3 ราย คิดเป็นร้อยละ 10.71 และมี Exfoliation จำนวน 2 ราย คิดเป็นร้อยละ 7.14 ซึ่งอาการข้างเคียงที่พบเป็นเพียง mild dryness and exfoliation ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเจลไอโซเทรทีโนอินมีผลข้างเคียง จำนวน 15 ราย คิดเป็นร้อยละ 53.57 โดยผลข้างเคียงที่พบมากที่สุด คือ Dryness จำนวน 7 ราย คิดเป็นร้อยละ 25 รองลงมาคือ Exfoliation มีจำนวน 6 รายคิดเป็นร้อยละ 21.43 (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 จำนวนร้อยละของอาการข้างเคียงของใบหน้าแต่ละครั้งที่เกิดขึ้นจากการรักษาประเมิน โดยผู้เข้าร่วมวิจัยในสัปดาห์ที่ 1, 2, 4, 6 และ 8 (n = 28 คน)

อาการข้างเคียง	แอลคาร์นิทีน (ร้อยละ)	ไอโซเทรทีโนอิน (ร้อยละ)
แสบร้อน	1 (3.57)	5 (17.86)
แดง	0 (0.00)	2 (7.14)
คัน	2 (7.14)	4 (14.29)
ลอก	3 (10.71)	6 (21.43)
ผื่น	0 (0.00)	0 (0.00)
ไม่มีอาการข้างเคียง	22 (78.58)	11 (39.28)

ตารางที่ 6 จำนวนร้อยละของอาการข้างเคียงของใบหน้าแต่ละครั้งที่เกิดขึ้นจากการรักษาประเมินโดยผู้วิจัยในสัปดาห์ที่ 1, 2, 4, 6 และ 8 (n= 28 คน)

อาการข้างเคียงประเมินโดยผู้วิจัย	แอลคาร์นิทีน (ร้อยละ)	ไอโซเทรทีโนอิน (ร้อยละ)
Erythema	0 (0.00)	2 (7.14)
Edema	0 (0.00)	0 (0.00)
Exfoliation	2 (7.14)	6 (21.43)
Dryness	3 (10.71)	7 (25.00)
ไม่มีอาการใดๆ	23 (82.14)	13 (46.43)

อภิปรายผล

ก่อนทำการรักษาระดับน้ำมันเฉลี่ยในแต่ละตำแหน่ง และในแต่ละซีกหน้า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) การติดตามผลการรักษาโดยตรวจวัดระดับซีบัมที่สัปดาห์ที่ 1, 2, 4, 6 และ 8 พบว่า ที่ตำแหน่งเหนือคิ้วด้านนอกและระดับซีบัมเฉลี่ยของทั้ง 3 ตำแหน่ง เริ่มมีค่าเฉลี่ยซีบัมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังการรักษาเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ทั้งกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเจลแอลคาร์นิทีนและกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเจลไอโซเทรทีโนอิน ที่ตำแหน่งเหนือคิ้วด้านใน เริ่มมีค่าเฉลี่ยซีบัมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังการรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทั้ง 2 กลุ่ม ที่ตำแหน่งปีกจมูก ในกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเจลแอลคาร์นิทีน เริ่มมีค่าเฉลี่ยซีบัมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังการรักษาเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ส่วนกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเจลไอโซเทรทีโนอิน เริ่มมีค่าเฉลี่ยซีบัมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ หลังการรักษาเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ สอดคล้องกับการศึกษาของ วีโต ปีราโน (Peirano et al., 2012, p.30-36) ที่ทำการศึกษากทางคลินิกแบบ vehicle-controlled, randomized study, split-face design ในอาสาสมัครที่มีปัญหาผิวหนังหน้ามัน ใช้ครีมที่มีส่วนผสมของแอลคาร์นิทีน 2% เปรียบเทียบกับยาหลอก พบว่าแอลคาร์นิทีนสามารถลดการผลิตซีบัมได้อย่างมีนัยสำคัญ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 หลังใช้ เมื่อเทียบกับก่อนใช้ และเห็นผลชัดเจนขึ้น 3 สัปดาห์หลัง

ใช้ เมื่อเทียบกับยาหลอก โดยแอลคาร์นิทีนมีบทบาทสำคัญในการลำเลียงกรดไขมันเข้าสู่ไมโทคอนเดรียและเกิด β -oxidation ตามมา การเพิ่มการกำจัดกรดไขมันโดยแอลคาร์นิทีน ส่งผลให้ไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งเป็นไขมันส่วนประกอบในชีบับลดลง จึงมีผลลดระดับชีบับได้

การรักษาหน้ามันด้วยเจลคาร์นิทีนและเจลไอโซเทรทีโนอินนั้น จากการศึกษาพบว่าต้องใช้เวลาในการรักษาเพื่อให้เห็นผลแตกต่าง ระดับชีบับลดลงชัดเจนหลังจากรักษา อย่างน้อย 2 สัปดาห์ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่ม พบว่ากลุ่มที่รักษาด้วย เจลไอโซเทรทีโนอินวัดระดับชีบับเฉลี่ยที่ตำแหน่งปีกจมูกและระดับชีบับเฉลี่ยของทั้ง 3 ตำแหน่ง ได้ค่าต่ำกว่าข้างที่รักษาด้วยเจลแอลคาร์นิทีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 8 สำหรับค่าเฉลี่ยร้อยละที่เปลี่ยนแปลงไปของระดับชีบับหลังการรักษาเทียบกับก่อนการรักษาในสัปดาห์ที่ 0 นั้นพบว่ากลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเจลไอโซเทรทีโนอินมีการเปลี่ยนแปลงลดลงของระดับชีบับที่ตำแหน่งปีกจมูกและค่าเฉลี่ยชีบับของทั้ง 3 ตำแหน่ง มากกว่ากลุ่มที่รักษาด้วยเจลแอลคาร์นิทีน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในสัปดาห์ที่ 8

จากผลการศึกษาวิจัยพบว่าไอโซเทรทีโนอินมีประสิทธิภาพสูงกว่าเจลแอลคาร์นิทีน ในการลดระดับชีบับ ซึ่งจะเห็นความแตกต่างชัดเจนในสัปดาห์ที่ 8 โดยเจลไอโซเทรทีโนอินสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ 5α reductase ทำให้ยับยั้งการเปลี่ยนแปลงจาก เทสโทสเตอโรน เป็น 5α ไดไฮโดรเทสโทสเตอโรน ซึ่งเป็นแอนโดรเจนที่ออกฤทธิ์ได้มากที่สุด ทำให้การกระตุ้นการทำงานของต่อมไขมันลดลง การผลิตชีบับจึงน้อยลงด้วย และยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ซีไบโอไซท์เป็นผลให้ต่อมไขมันมีขนาดเล็กลงอีกด้วย (Stewart et al., 1984, p.74-78) ประสิทธิภาพในการลดหน้ามันจึงสูงกว่าเจลแอลคาร์นิทีน

ความพึงพอใจภายหลังการรักษาภาวะหน้ามันด้วยเจลแอลคาร์นิทีน 2% และเจลไอโซเทรทีโนอิน 0.05% โดยประเมินระดับความพึงพอใจในสัปดาห์ที่ 4, 6 และ 8 จากแบบสอบถาม พบว่าผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสองกลุ่มมีแนวโน้มความพึงพอใจมากขึ้นตามระยะเวลาที่เข้ายา

อาการข้างเคียงจากการรักษา ประเมินโดยผู้วิจัยและผู้เข้าร่วมวิจัยสอดคล้องกัน โดยพบอาการข้างเคียงจากการรักษาด้วยเจลไอโซเทรทีโนอินมากกว่ากลุ่มที่รักษาด้วยเจลแอลคาร์นิทีน

สรุปผลและเสนอแนะ

สรุปผล

จากการศึกษาถึงผลของการรักษาภาวะหน้ามันโดยใช้เจลแอลคาร์นิทีน 2% เปรียบเทียบกับเจลไอโซเทรทีโนอิน 0.05% พบว่า เจลแอลคาร์นิทีนมีประสิทธิภาพในการลดระดับหน้ามันบนใบหน้าได้ โดยเชื่อว่าเป็นผลจากบทบาทสำคัญในการลำเลียงกรดไขมันเข้าสู่ไมโทคอนเดรียของแอลคาร์นิทีน และเกิด β -oxidation ตามมา การเพิ่มการกำจัดกรดไขมันโดยแอลคาร์นิทีน ส่งผลให้ไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งเป็นไขมันส่วนประกอบในชีบับลดลง จึงมีผลลดระดับชีบับได้ ประสิทธิภาพในการลดภาวะหน้ามันของเจลแอลคาร์นิทีน 2% ไม่แตกต่างกับเจลไอโซเทรทีโนอิน 0.05% ในช่วงแรกของการรักษา แต่เจลไอโซเทรทีโนอิน 0.05% สามารถลดระดับหน้ามันได้ดีกว่าเจลแอลคาร์นิทีนในสัปดาห์ที่ 8 เมื่อพิจารณาร่วมกับผลข้างเคียงจากการใช้เจลแอลคาร์นิทีนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับการใช้เจลไอโซเทรทีโนอิน ซึ่งมักเป็นสาเหตุให้ส่วนใหญ่ไม่สามารถเข้ายาต่อเนื่องได้นาน การรักษาภาวะหน้ามันด้วยเจลแอลคาร์นิทีน จึงถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยนี้มีระยะเวลาการศึกษาเพียง 8 สัปดาห์และทำการศึกษาเฉพาะในเพศหญิง จึงควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลการรักษาในเพศชาย มีการติดตามผลการรักษาในระยะที่ยาวนานขึ้น เพื่อศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการรักษา ความถี่ในการรักษา ผลการรักษาสามารถคงทนมากเพียงใด และควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เกี่ยวกับการใช้ความเข้มข้นอื่น ๆ ของเจลแอลคาร์นิทีนที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการรักษาภาวะผิวหน้ามันที่ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ถนอมกิต เพราะสุนทร สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ที่ให้คำแนะนำ และคำปรึกษาตลอดจนชี้แนะวิธีการศึกษาวิจัยในทุกขั้นตอน และขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. ธีรภัทน์ นรรัตน์วันชัย และ รองศาสตราจารย์ ดร. วงเดือน บันดี ที่ให้คำปรึกษาแนะนำสิ่งที่มีประโยชน์เพื่อปรับปรุงการศึกษาวิจัยให้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- โชติกา หาญนรเศรษฐ (2558). การศึกษาประสิทธิภาพของยาทาสารสกัดจากชะเอมเทศ 5% เปรียบเทียบกับยาทาสารไอโซเทรทีนอิน 0.05% ในการลดการผลิตซีบัมในผู้ที่มีภาวะหน้ามัน [วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต] มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.
- Arbuckle, R., Atkinson, M. J., Clark, M., et al. (2008). Patient experiences with oily skin: the qualitative development of content for two new patient reported outcome questionnaires. *Health Qual Life Outcomes*, 6, 80.
- Cave, M.C., Hurt, R. T., Frazier, T. H., Matheson, P. J., Garrison, R. N., McClain, C. J., & McClave, S. A. (2008). Obesity, inflammation, and the potential application of pharmaconutrition. *Nutr Clin Pract*, 23, 16-34.
- Craven, N. M. & Griffiths, C. E. M. (1996). Topical retinoids and cutaneous biology, *Clinical and Experimental Dermatology*, 21, 1–10.
- del Marmol, V., Teichmann, A., & Gertsen, K. (2004). The role of combined oral contraceptives in the management of acne and seborrhea. *The European journal of contraception & reproductive health care: the official journal of the European Society of Contraception*, 9(2), 107–124.
- Endly, D. C., & Miller, R. A. (2017). Oily Skin: A review of Treatment Options. *The Journal of clinical and aesthetic dermatology*, 10(8), 49–55.
- Man, M. Q., Xin, S. J., Song, S. P., et al. (2009). Variation of skin surface pH, sebum content and stratum corneum hydration with age and gender in a large Chinese population. *Skin Pharmacol Physiol*, 22(4), 190–9.

- Peirano, R. I., Hamann, T., Dusting, H. J., et al. (2012). Topically applied l-carnitine effectively reduces sebum secretion in human skin. *J Cosmet Dermatol*, 11, 30–36.
- Pie´rard-Franchimont, C., Quatresooz, P., Pie´rard, G. E. (2010). Sebum production. In: MA Farage, KW Miller, HI Maibach, eds. *Textbook of Aging Skin*. Springer.
- Rizer, R. L. (1999). Oily skin: claim support strategies. In: Elsner, P., Merk, H. F., & Maibach, H. I., eds. *Cosmetics: Controlled Efficacy Studies and Regulation*. Springer.
- Schaller, M. & Plewig, G. (2008). Structure and function of eccrine, apocrine, and sebaceous glands. In J. L. Bologna, J. L. Jorizzo & R. P. Rapani (Eds). *Dermatology* (2nd ed.). Mosby Elsevier.
- Speroff, L., & Decherney, A. (1983). Evaluation of a new generation of oral contraceptives. *Obstet Gynecol*, 81, 1034–1047.
- Stewart, M. E., Benoit, A. M., Downing, D. T., & Strauss, J. S. (1984). Suppression of sebum secretion with 13-cis-retinoic acid: effect on individual skin surface lipids and implications for their anatomic origin. *The Journal of investigative dermatology*, 82(1), 74–78.
- Von Stuttgart, G. (1975). The therapeutic use of vitamin A acid. *Acta Derm Venereol* (Stockh), (supp 74), 174.
- Wood, A. M., White, I. R., & Thompson, S. G. (2004). Are missing outcome data adequately handled? A review of published randomized controlled trials in major medical journals. *Clinical trials (London, England)*, 1(4), 368–376.

ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกที่ปลูกด้วยเทคนิคแทนลอยน้ำในการบำบัดน้ำเสียจาก
โรงงานผลิตปุ๋ยเทียมแช่เยือกแข็ง

Efficiency of Vetiver Grass Cultivated with Floating Platform Technique in Wastewater
Treatment from Imitation Crab Stick Industrial Factory

ศิริธร แก้วเนตร^{1*} สุณี ภูสีม่วง² กุลธิดา บรรจงศิริ³

แขนงวิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช^{1,2}

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช³

*Corresponding author: E-mail: Sirithon621@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกที่ปลูกด้วยเทคนิคแทนลอยน้ำในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตปุ๋ยเทียมแช่เยือกแข็ง จังหวัดสมุทรสาคร โดยใช้หญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี อายุประมาณ 3 สัปดาห์ ทำการทดลองเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ทดลองเริ่มต้น เป็นเวลา 1 เดือน ที่ขนาดบ่อทดลอง ฐานกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.70 สูง 0.30 เมตร ประกอบด้วยชุดควบคุมและชุดที่ปลูกด้วยหญ้าแฝก จำนวน 3 บ่อ พบว่า หญ้าแฝกสามารถเจริญเติบโตและบำบัดน้ำเสียได้ ช่วงที่ 2 ทดลองในบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงาน เป็นระยะเวลา 3 เดือน ทั้งนี้บ่อ 1 และบ่อ 2 มีขนาด 12x28x3 เมตร บ่อ 3 มีขนาด 21.5x28x2.1 เมตร ใช้แทนลอยน้ำ ขนาด 1.08x4.12 เมตร ที่ปลูกด้วยหญ้าแฝกจำนวน 12,600 ต้น และ บ่อ 3 จำนวน 16,695 ต้น ซึ่งค่าอัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำเข้าเท่ากับ 60 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ค่าบีโอดี 833 ซีโอดี 995 ของแข็งแขวนลอย 338 ของแข็งละลายน้ำ 1,985 (หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร) และค่าพีเอช 10.1 ผลการทดลองพบว่าหญ้าแฝกมีประสิทธิภาพในการลดค่าพารามิเตอร์ได้ร้อยละ 81.67 95.32 94.53 44.32 และ 26.73 ตามลำดับ เมื่อศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกพบว่า หญ้าแฝกมีความยาวรากเพิ่มขึ้นจาก 1.5 เซนติเมตร เป็น 93 เซนติเมตร และหญ้าแฝกสามารถดูดซับธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำเสียที่มาจาก การย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีสามารถบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตปุ๋ยเทียมแช่เยือกแข็งได้ตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน

คำสำคัญ: หญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี; การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติ; เทคนิคแทนลอยน้ำ;
โรงงานผลิตปุ๋ยเทียมแช่เยือกแข็ง

Abstract

This research aimed to study the efficiency of vetiver grass cultivated with floating platform technique in wastewater treatment from imitation crab stick industrial factory, Samut Sakhon province. The Surat Thani vetiver grass was, about 3 weeks old. The experiment was conducted in 2 phases: phase 1, the initial experiment for 1 month at the experimental pond size with diameter 0.70 and height 0.30 meter consisted of a control unit and 3 ponds planted with vetiver grass. It was found that vetiver grass could grow and treat wastewater. Phase 2 was an experiment in the factory's wastewater treatment pond for a period of 3 months. Pond 1 and Pond 2 have dimensions of 12x28x3 meter, pond 3 has dimensions of 21.5x28x2.1 meter, using floating platforms of 1.08x4.12 meter, planted with 12,600 vetiver grasses, and Pond 3, 16,695 trees. The influent wastewater has an average flow rate of 60 cubic meters per day with a BOD of 833 mg/l, COD 995 mg/l, suspended solids 338 mg/l Soluble solids were found at 1,985 mg/l and pH as 10.1. The results showed that the vetiver grass was 81.67 percent effective in reducing parameters by 81.67, 95.32, 94.53, 44.32, and 26.73, respectively. Vetiver grass length increased from 1.5 to 93 centimeter, and vetiver grass was able to absorb nutrients in wastewater by decomposing organic matter for their growth. Therefore, Surat Thani vetiver grass species can treat wastewater from imitation crab stick industrial factory according to the standard for control of wastewater from the factory.

Keywords: Surat Thani vetiver grass; wastewater treatment by natural; Floating Platform Technique; Imitation Crab Stick Industrial Factor

บทนำ

ปัจจุบันทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรที่จำเป็นและสำคัญต่อมนุษย์ เนื่องจากน้ำเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องใช้ในชีวิตรประจำวัน และนำมาใช้ประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ไม่ว่าจะเป็นอุปโภค บริโภค นำมาใช้ทางด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และยังเป็นที่อยู่อาศัยของปลา สิ่งมีชีวิตในน้ำ ที่มนุษย์สามารถนำไปบริโภคได้ ซึ่งในประเทศไทยมีการขยายตัวของอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น โรงงานอุตสาหกรรมทางด้านอาหารแปรรูปเป็นอุตสาหกรรมที่ไทยมีการส่งออกถึงร้อยละ 89.5 (ศูนย์วิจัยกสิกร, 2559) เนื่องจากมีผลผลิตทางวัตถุดิบที่หลากหลาย และสิ่งที่เหลือทิ้งไม่ได้เมื่อมีการขยายของโรงงานอุตสาหกรรมคือ น้ำเสียหรือน้ำทิ้งจากโรงงานที่มาจากกระบวนการผลิต กระบวนการชะล้างอุปกรณ์ต่าง ๆ สารเคมีที่ใช้ในโรงงาน โดยภัยจากสารเคมี ไม่ได้มีเพียงแต่ในรูปของก๊าซพิษที่ปล่อยออกสู่อากาศจากโรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้น แต่ยังมีสารเคมีในรูปของสารละลายลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ ทำให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสีย รวมถึงการส่งกลิ่นเหม็นรบกวน จึงทำให้เกิดมลภาวะทางน้ำ การบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีหลายวิธีในการบำบัด ซึ่งวิธีการที่จะสามารถช่วยลดต้นทุนในการทำระบบแล้ว และไม่ต้องการจัดเตรียมพื้นที่มาก คือวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืช โดยการใช้พืชนั้นจะดูดซับธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำเสียเพื่อไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืช

การบำบัดน้ำเสียแบบใช้ธรรมชาติในการบำบัด ต้องอาศัยกลไกทั้งจากธรรมชาติทั้งที่เป็นกระบวนการทางกายภาพ เคมี และทางชีวภาพ ที่มีอยู่ในพืช ดิน น้ำ และจุลินทรีย์เพื่อช่วยในการปรับสภาพน้ำเสียจากที่มีการปนเปื้อนทั้งสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และสารเคมีต่าง ๆ ให้เป็นน้ำที่มีสารปนเปื้อนลดน้อยลง ซึ่งจะไม่มีการใช้เครื่องจักรกล ดังนั้นจะช่วยให้สามารถลดการใช้พลังงานต้นทุนในการดูแลเครื่องจักร และการซ่อมบำรุงอีกด้วย วิธีการบำบัดน้ำเสียแบบพืชลอยน้ำ เป็นวิธีปลูกพืชในน้ำโดยตรง ซึ่งจะมีแท่นลอยน้ำเพื่อให้พืชเจริญลอยอยู่ในระดับผิวน้ำ และรากลอยอยู่ใต้น้ำ การเลือกพืชที่จะนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียควรจะศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อมของพืช สามารถปรับตัวและเจริญได้ดี ทนต่อสภาพน้ำท่วมขัง ทนต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความเข้มข้นของสารพิษต่าง ๆ สามารถดูดซึมและเก็บสะสมสารต่าง ๆ ได้ดี และสามารถนำออกจากระบบได้ง่าย ซึ่งหญ้าแฝกเป็นหญ้ายืนต้นที่มีรากลึกและมีชีวมวลสูงนักวิจัยได้พิสูจน์ว่า หญ้าแฝกมีความสามารถในการทนต่อสภาวะแวดล้อม เช่น ความเป็นกรด ต่าง สูง โลหะหนัก ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสสูง (Mathew, 2015) เนื่องจากหญ้าแฝกมีลำต้นที่แข็งแรง มีการเจริญเติบโตและแตกกอหนาแน่น ทำให้สามารถช่วยกรองและดักตะกอนในแหล่งน้ำได้ และรากพืชสามารถดูดซับธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำเสียที่มาจากกร่อยยาสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์เพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืช (ธีรนาท, 2556) ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของหญ้าแฝกปลูกแบบพืชลอยน้ำในศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำชุมชนของสวนอุตสาหกรรมศรีสุพรรณ มีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีได้ร้อยละ 78.21 ซีโอดีได้ร้อยละ 41.28 ของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 80.69 (มณฑล, 2558)

สำหรับการศึกษานี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานีต่อการบำบัดน้ำเสียในโรงงานผลิตปุ๋ยเทียมแช่เยือกแข็งด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ ซึ่งโรงงานได้มีการใช้กรดเกลือ (HCL) และสารส้ม ในการบำบัดน้ำ จากข้อมูล ปี 2562 พบว่า น้ำเสียมีค่าความเป็น

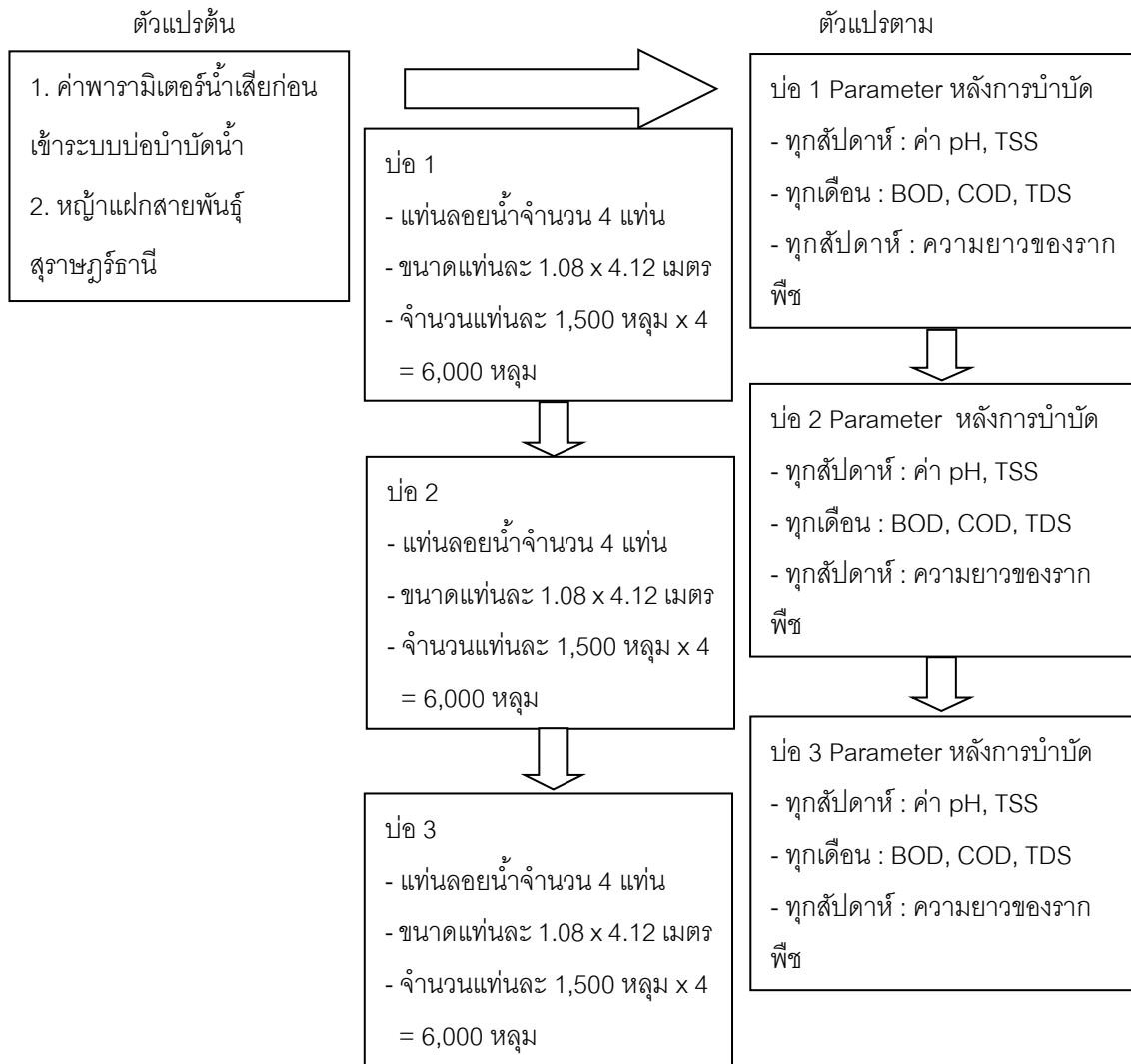
กรด - ด่าง (pH) เฉลี่ย 9.9 ค่าของแข็งแขวนลอย (TSS) เฉลี่ย 106.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) เฉลี่ย 1,137.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าบีโอดี (BOD) เฉลี่ย 268 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าซีโอดี (COD) เฉลี่ย 481.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการใช้สารเคมีดังกล่าวในการแก้ปัญหาเป็นราคาสูงมาก

ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ โดยวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำและศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีในโรงงานผลิตปุ๋ยเทียมแช่เยือกแข็งด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของหญ้าแฝกในโรงงานผลิตปุ๋ยเทียมแช่เยือกแข็งด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

กรอบแนวคิดการวิจัย



1. แผนการทดลอง

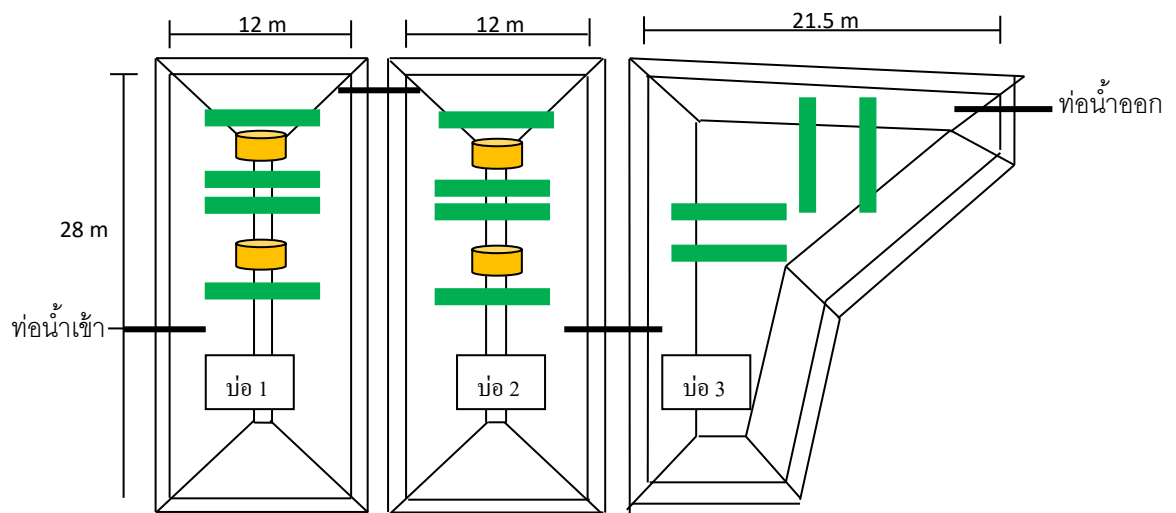
1.1 การออกแบบการทดลอง

ใช้หลุมำแผกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี อายุประมาณ 3 สัปดาห์ ทำการทดลองเป็น 2 ช่วง คือ

ช่วงที่ 1 ทดลองเริ่มต้น เป็นระยะเวลา 1 เดือน ที่ขนาดบ่อทดลอง ฐานกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.70 สูง 0.30 เมตร ประกอบด้วยชุดควบคุมและชุดที่ปลูกด้วยหลุมำแผก จํานวน 3 บ่อ ปลูกหลุมำแผกจํานวน 60 ต้น ทดลองกับน้ำเสียของโรงงานโดยการนำน้ำเสียมาใส่ในบ่อทดลอง เบื้องต้นจํานวน 4 บ่อ ประกอบด้วยบ่อควบคุม (ไม่มีการปลูกพืช) บ่อที่ 1 บ่อที่ 2 และ บ่อที่ 3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของหลุมำแผกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีเบื้องต้นว่าสามารถบำบัดน้ำเสียและเจริญเติบโตได้ ซึ่งระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเป็นเวลา 1 เดือนและเป็นแบบ Batch

ช่วงที่ 2 ทดลองในบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงาน เป็นระยะเวลา 3 เดือน ใช้แทนลายน้ํ่าเท่ากันที่ขนาด 1.08x4.12 เมตร ขนาดของบ่อที่ 1 และบ่อที่ 2 มีขนาดเท่ากันที่ 12x28x3 เมตร ปลูกหลุมำแผกจํานวน 12,600

ต้น และบ่อที่ 3 มีขนาด 21.5x28x2.1 เมตร ปลูกหญ้าแฝกจำนวน 16,695 ต้น มีระยะเวลาในการกักเก็บน้ำโดยบ่อที่ 1 คือ 8.4 ชั่วโมง บ่อที่ 2 คือ 8.4 ชั่วโมง และบ่อที่ 3 คือ 11.1 ชั่วโมง ซึ่งเป็นการทดลองในบ่อบำบัดน้ำเสียเดิมของโรงงานผลิตปุ๋ยเทียมแซ่เยือกแข็งที่มีอยู่เป็นการไหลแบบต่อเนื่อง ดำเนินการทดลองภายในโรงงานผลิตปุ๋ยเทียมแซ่เยือกแข็ง จังหวัดสมุทรสาคร ระหว่างเดือน มิถุนายน – เดือน สิงหาคม 2562 เพื่อศึกษาค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสียและศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีในบ่อบำบัดน้ำเสียจริงของโรงงานผลิตปุ๋ยเทียมแซ่เยือกแข็งด้วยเทคนิคแทนลอยน้ำ



หมายเหตุ : - Scale : 1 : 500 cm

ท่อน้ำเข้า เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว

ท่อเชื่อมบ่อ 1 และบ่อ 2 เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว

ท่อเชื่อมบ่อ 2 และบ่อ 3 เส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว

— ท่อน้ำเข้า ท่อเชื่อมระหว่างบ่อ และท่อน้ำออก

■ แทนแพหญ้าแฝก

● Aerator

ภาพที่ 1 ขนาดบ่อบำบัดน้ำเสียภายในโรงงาน

2. การเก็บตัวอย่างน้ำเสียวิเคราะห์

การเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนและภายหลังการปลูกหญ้าแฝกในแต่ละบ่อบำบัดจริงของโรงงานทั้ง 3 บ่อ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกในการบำบัดน้ำเสีย

ช่วงที่ 1 พารามิเตอร์ที่ตรวจได้ในห้องปฏิบัติการของโรงงาน คือ การวัดค่าพีเอช ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และค่าของแข็งแขวนลอย (TSS) โดยทำการตรวจพารามิเตอร์ดังกล่าวเพื่อศึกษาการบำบัดน้ำเสียและการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีก่อนทำการทดลองในบ่อบำบัดน้ำเสียจริงของโรงงานผลิตปุ๋ยเทียมแซ่เยือกแข็งในช่วงที่ 2

ช่วงที่ 2 พารามิเตอร์และความถี่ในการเก็บตัวอย่างน้ำเสียวิเคราะห์ภายนอกห้องปฏิบัติการมีละเอียดตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าพารามิเตอร์และความถี่ในการวิเคราะห์น้ำเสีย

พารามิเตอร์	ความถี่
ค่าบีโอดี (BOD)	ทุกเดือน
ค่าซีโอดี (COD)	ทุกเดือน
ค่าของแข็งแขวนลอย (TSS)	ทุกสัปดาห์
ค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS)	ทุกเดือน
ค่าพีเอช (pH)	ทุกวัน
ความยวรากพีช	ทุกสัปดาห์

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การใช้หน้าแปกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกด้วยเทคนิคแทนลอนน้ำในการบำบัดน้ำเสีย จากโรงงานผลิตปุ๋ยเทียมแช่เยือกแข็ง

ช่วงที่ 1 ผลการทดลองพบว่าค่าพีเอช (pH) จาก 10.1 ลดลงเป็น 6.9 ค่าของแข็งแขวนลอย (TSS) จาก 90 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลงเป็น 27 มิลลิกรัมต่อลิตร และความยวรากพีชเพิ่มขึ้นจาก 1.5 เซนติเมตร เป็น 18 เซนติเมตร หลังจากทดลองช่วงที่ 1 หน้าแปกมีประสิทธิภาพและสามารถเจริญเติบโตในน้ำเสียได้

ตารางที่ 2 ผลการทดลองช่วงที่ 1 บ่อที่ 1

ระยะเวลา (วัน)	pH	ค่า DO (mg/l)	ค่า TSS (mg/l)	Appearance	ความยวรากพีช (cm.)
0	10.1	6.6	90	น้ำเสียมีสีเขียวเข้มมีตะกอนแขวนลอยจำนวนมากและกลิ่นเหม็นเล็กน้อย	1.5
7	9.6	6.3	86	น้ำเสียมีสีเขียวเล็กน้อยมีตะกอนแขวนลอยปานกลางและมีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย	6.5
14	9.1	5.1	77	น้ำเสียมีสีเขียวเล็กน้อยมีตะกอนแขวนลอยเล็กน้อยและกลิ่นเหม็นลดน้อยลง	9.5
21	8.7	4.9	69	น้ำเสียขาวใสยังมีตะกอนเล็กน้อยและกลิ่นลดน้อยลง	13
28	8.3	4.2	54	น้ำเสียขาวใสมีตะกอนเล็กน้อยมากและมีกลิ่นน้อย	18



ภาพที่ 2 ความยาวรากหญ้าแฝก บ่อที่ 1

ตารางที่ 3 ผลการทดลองช่วงที่ 1 บ่อที่ 2

ระยะเวลา (วัน)	pH	ค่า DO (mg/l)	ค่า TSS (mg/l)	Appearance	ความยาว รากพืช (cm.)
0	9.8	6.5	75	น้ำเสียมีสีเขียวเข้มมีตะกอนแขวนลอย จำนวนมากและกลิ่นเหม็นเล็กน้อย	1.1
7	9.1	6.1	67	น้ำเสียมีสีเขียวเล็กน้อยมีตะกอนแขวนลอย ปานกลางและมีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย	5.3
14	8.5	4.9	50	น้ำเสียมีสีเขียวเล็กน้อยมีตะกอนแขวนลอย เล็กน้อยและกลิ่นเหม็นลดน้อยลง	9.0
21	7.7	4.5	38	น้ำเสียขาวใสยังมีตะกอนเล็กน้อยและกลิ่น ลดน้อยลง	13
28	6.9	4.2	27	น้ำเสียขาวใสมีตะกอนเล็กน้อยมากและมี กลิ่นน้อย	17.8



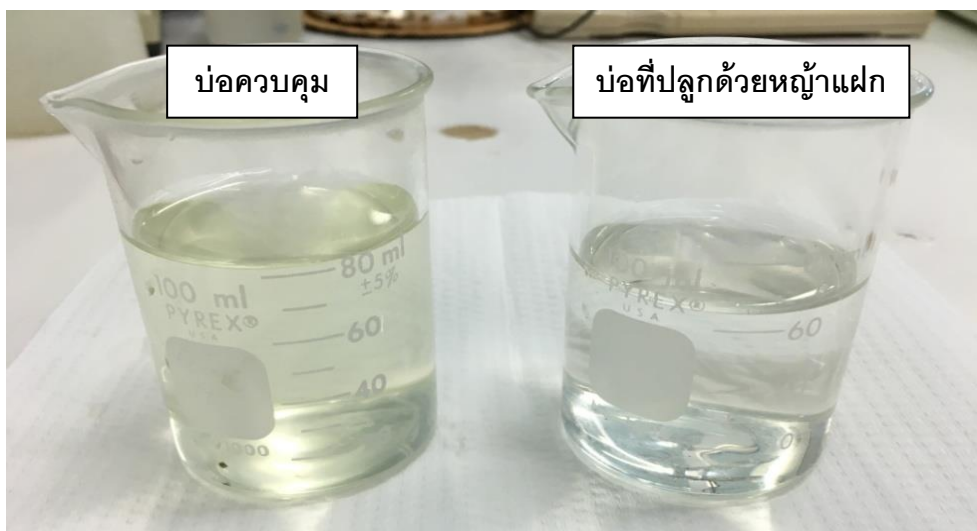
ภาพที่ 3 ความยาวรากหญ้าแฝก บ่อที่ 2

ตารางที่ 4 ผลการทดลองช่วงที่ 1 บ่อที่ 3

ระยะเวลา (วัน)	pH	ค่า DO (mg/l)	ค่า TSS (mg/l)	Appearance	ความยาว รากพืช (cm.)
0	9.8	6.5	75	น้ำเสียมีสีเขียวเข้มมีตะกอนแขวนลอย จำนวนมากและกลิ่นเหม็นเล็กน้อย	1
7	9	6.2	67	น้ำเสียมีสีเขียวเล็กน้อยมีตะกอนแขวนลอย ปานกลางและมีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย	5
14	8.1	5	50	น้ำเสียมีสีเขียวเล็กน้อยมีตะกอนแขวนลอย เล็กน้อยและกลิ่นเหม็นลดน้อยลง	8.5
21	7.4	4.9	38	น้ำเสียขาวใสยังมีตะกอนเล็กน้อยและกลิ่น ลดน้อยลง	13
28	6.9	4.4	27	น้ำเสียขาวใสมีตะกอนเล็กน้อยมากและมี กลิ่นน้อย	17.3



ภาพที่ 4 ความยาวรากหญ้าแฝก บ่อที่ 3

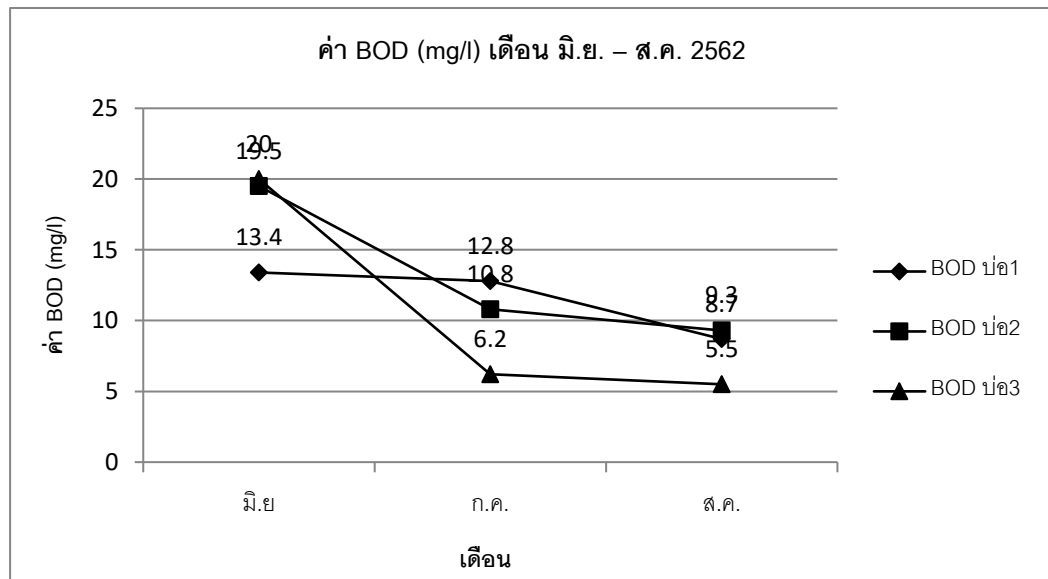


ภาพที่ 5 น้ำเสียบ่อควบคุมและบ่อที่ปลูกด้วยหญ้าแฝกบ่อที่ 3

ช่วงที่ 2 ทดลองการใช้หญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีในการบำบัดน้ำเสียจริงของโรงงาน ซึ่งก่อนการบำบัดมีค่าพารามิเตอร์ดังนี้

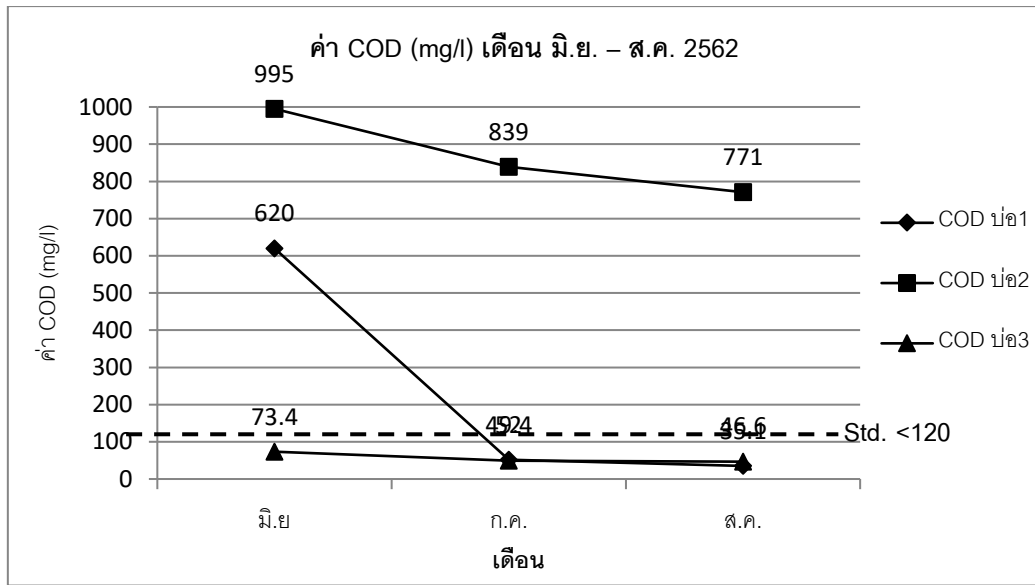
ค่าบีโอดี (BOD) 833 มิลลิกรัมต่อลิตร ซีโอดี (COD) 995 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งแขวนลอย (TSS) 338 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งละลายน้ำ (TDS) 1,985 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าพีเอช (pH) 10.1 และหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกพบว่าน้ำมีคุณภาพ ดังนี้

ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร) พบว่าบ่อที่ 1 ลดลงจาก 13.4 เป็น 8.7 บ่อที่ 2 ลดลงจาก 19.5 เป็น 9.3 และบ่อที่ 3 ลดลงจาก 20 เป็น 5.5 (ตามภาพที่ 6) ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน พ.ศ. 2560 (ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร) หญ้าแฝกมีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี คิดเป็นร้อยละ 81.67 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกในการบำบัดน้ำเสียจากสถาบันอาหารพบว่า หญ้าแฝกสามารถลดค่าบีโอดีได้ร้อยละ 80-85 (Mathew, 2015)



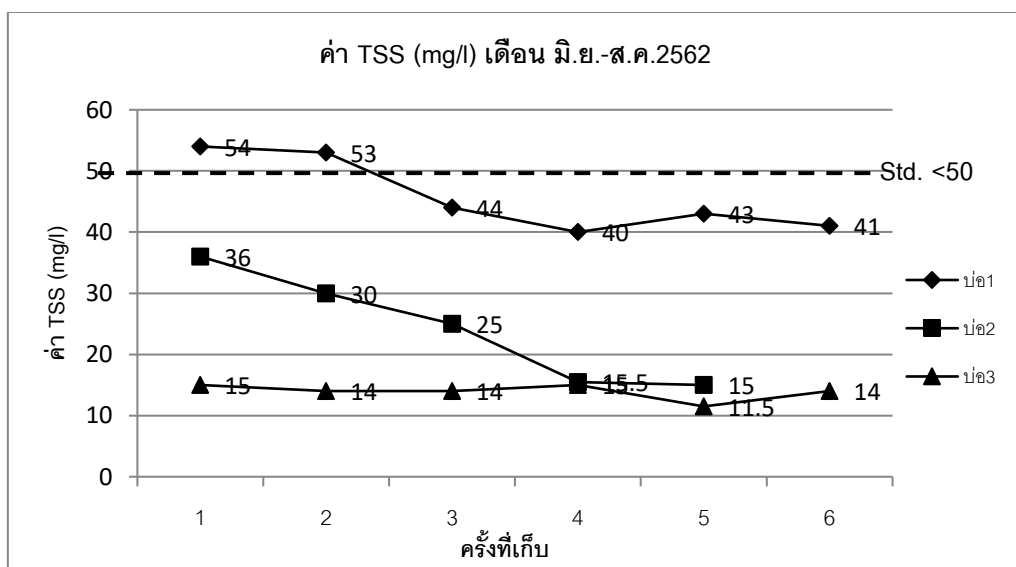
ภาพที่ 6 ค่า BOD (mg/l) เดือน มิ.ย.-ส.ค.2562

ค่าซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร) พบว่า บ่อที่ 1 ลดลงจาก 620 เป็น 35.1 บ่อที่ 2 ลดลงจาก 995 เป็น 771 และบ่อที่ 3 ลดลงจาก 73.4 เป็น 46.6 (ตามภาพที่ 7) ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน พ.ศ. 2560 (ไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร) คิดเป็นร้อยละ 95.32 ซึ่งการทดลองบำบัดน้ำเสียด้วยระบบสวนพืชลอยน้ำในการบำบัดน้ำทิ้งจากการฟอกย้อม พบว่าอายุของหญ้าแฝกมีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย โดยหญ้าแฝกที่มีอายุ 3 เดือน จะมีประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีได้ร้อยละ 36 (ชนิษฐา, 2555) ซึ่งงานวิจัยพบว่าถ้าหากต้องการประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดีที่ดีต้องเพิ่มระยะเวลาการกักเก็บให้นานขึ้น (ลลินี และมณฑล, 2554)



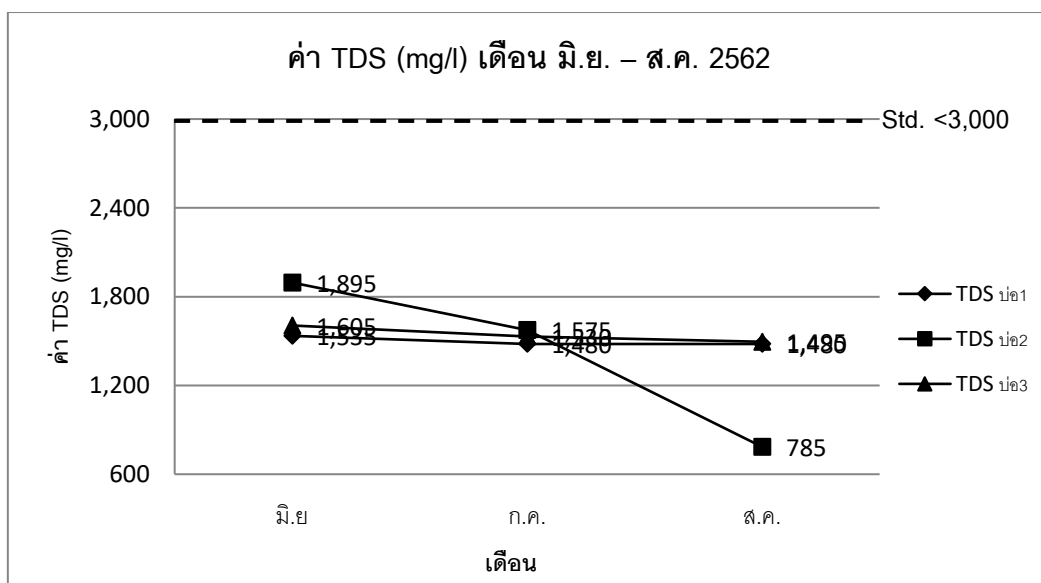
ภาพที่ 7 ค่า COD (mg/l) เดือน มิ.ย.-ส.ค.2562

ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) บ่อที่ 1 ลดลงจาก 54 เป็น 41 บ่อที่ 2 ลดลงจาก 36 เป็น 15 และบ่อที่ 3 ลดลงจาก 15 เป็น 14 (ตามภาพที่ 8) ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน พ.ศ. 2560 (ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร) คิดเป็นร้อยละ 94.53 เช่นเดียวกับงานวิจัยศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของหญ้าแฝกปลูกแบบพีชลอยน้ำในศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำชุมชนของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์กบินทร์บุรีพบว่า มีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยร้อยละ 80.69 (มวงค., 2558)



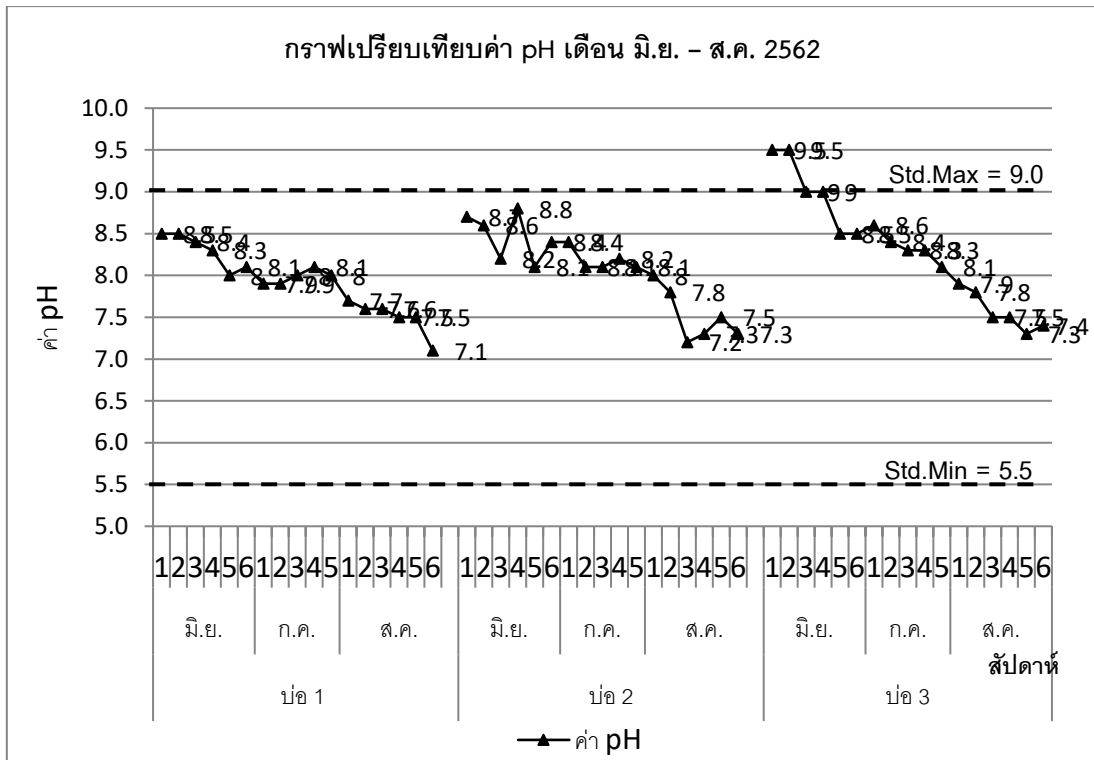
ภาพที่ 8 ค่า TSS (mg/l) เดือน มิ.ย.-ส.ค.2562

ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) บ่อที่ 1 ลดลงจาก 1,535 เป็น 1,480 บ่อที่ 2 ลดลงจาก 1,895 เป็น 785 และบ่อที่ 3 ลดลงจาก 1,605 เป็น 1,495 (ตามภาพที่ 9) ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน พ.ศ. 2560 (ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร) คิดเป็นร้อยละ 44.32 พบว่าห้วยแฝกดูดซับของแข็งละลายน้ำเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต สอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้หญ้าแฝกในการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดโดยระบบผลิตก๊าซชีวภาพของฟาร์มสุกรพบว่าหญ้าแฝกมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้ดีที่สุดในบึงประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวดินในแนวตั้งสามารถลดค่าของแข็งละลายน้ำได้ร้อยละ 55.97 และแบบไหลใต้ดินในแนวนอนได้ร้อยละ 42.59 (พัฒน์ โกจิณอก, รูปน ชื่นบาล, ศิราภรณ์ ชื่นบาล, และศรียาญญา คล้ายเวือง, 2558)



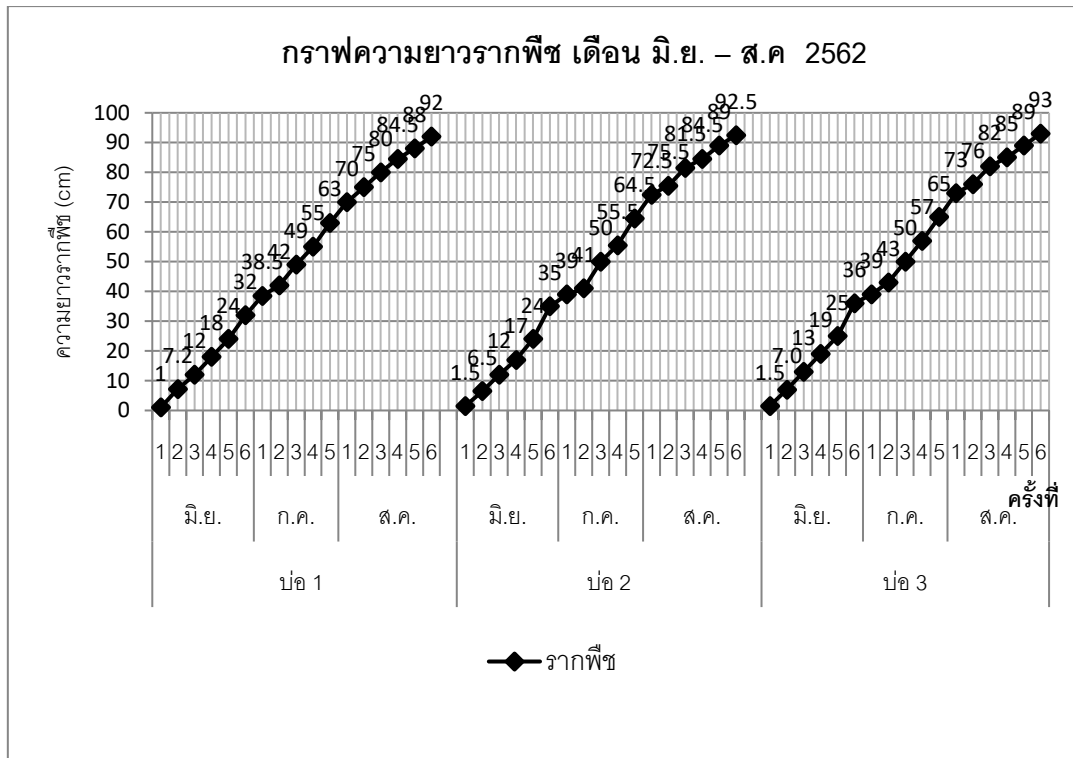
ภาพที่ 9 ค่า TDS (mg/l) เดือน มิ.ย.-ส.ค.2562

ค่าพีเอช พบว่าบ่อที่ 1 ลดลงจาก 8.5 เป็น 7.1 บ่อที่ 2 ลดลงจาก 8.7 เป็น 7.3 และบ่อที่ 3 ลดลงจาก 9.5 เป็น 7.4 (ตามภาพที่ 10) ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน พ.ศ. 2560 (5.5-9.0) และหญ้าแฝกมีประสิทธิภาพในการลดค่า pH ได้ร้อยละ 26.73 สอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่าหญ้าแฝกมีความสามารถในการทนต่อสภาวะแวดล้อมได้ดี เช่น ความเป็นกรดสูง ความเป็นด่างสูง (Mathew, 2015)



ภาพที่ 10 ค่า pH เดือน มิ.ย.-ส.ค.2562

ความยาวรากพืช (เซนติเมตร) พบว่า บ่อที่ 1 เพิ่มขึ้นจาก 1 เป็น 92 เซนติเมตร บ่อที่ 2 เพิ่มขึ้นจาก 1.5 เป็น 92.5 เซนติเมตรและบ่อที่ 3 เพิ่มขึ้นจาก 1.5 เป็น 93 เซนติเมตร (ตามภาพที่ 11) ซึ่งพบว่าหญ้าแฝกสามารถดูดซับธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำเสียที่มาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์เพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืช (ธีรนาถ, 2556) ซึ่งจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่บริเวณรากพืช โดยพืชจะทำหน้าที่ในการส่งผ่านออกซิเจนจากใบสู่ราก ซึ่งจะช่วยในการสนับสนุนการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ทำให้เกิดการออกซิไดซ์ (oxidize) สารอินทรีย์และลดความเป็นพิษของสารพิษต่าง ๆ ได้อีกด้วย



ภาพที่ 11 ความยาวรากพืช เดือน มิ.ย.-ส.ค.2562

สรุปผลและเสนอแนะ

การศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกที่ปลูกด้วยเทคนิคแทนลายน้ําในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตปุ๋ยเทียมแฉะเยือกแข็ง พบว่า หญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีประสิทธิภาพในลดค่าบีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายน้ำ และพีเอช ได้ร้อยละ 81.67 95.32 94.53 44.32 และ 26.73 ตามลำดับ และศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกพบว่า หญ้าแฝกมีความยาวรากเพิ่มขึ้นจาก 1.5 เซนติเมตร เป็น 93 เซนติเมตร หญ้าแฝกสามารถดูดซับธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำเสียที่มาจากกรย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีสามารถบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตปุ๋ยเทียมแฉะเยือกแข็งได้ตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน

อย่างไรก็ตามในการใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำเสีย เมื่อหญ้าแฝกเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว ควรตัดหญ้าแฝกให้สั้นลง เพื่อให้หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตขึ้นใหม่

เมื่อมีการใช้น้ำเสียจริงของโรงงานในการบำบัดทำให้ไม่สามารถควบคุมน้ำเข้า หรือสภาวะแวดล้อมที่เกิดขึ้นกับน้ำเสียในบ่อบำบัดเนื่องจากการบำบัดด้วยวิธีธรรมชาติ

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยฉบับนี้สามารถดำเนินการสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสามารถจากรองศาสตราจารย์ สุณี ภูสีม่วง อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤติดา บรรจงศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมในการวิจัย ซึ่งให้คำปรึกษา ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนถึงแนวคิด หลักการดำเนินงานวิจัยและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนทำให้การ ค้นคว้าวิจัยครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- ชนิษฐา เจริญลาภ. (2555). *ประสิทธิภาพของระบบสวนพืชลอยน้ำในการบำบัดน้ำเสียจากการฟอก ย้อม*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.
- ธีรนาท สุวรรณเรือง. (2556). *การฟื้นฟูสภาพน้ำเสียทางชีวภาพโดยพืช*. คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์.
- พัฒน โกจิнок, ฐปน ชื่นบาล, ศิราภรณ์ ชื่นบาล, และศรีกาญจนา คล้ายเรือง. (2558). *การบำบัดน้ำเสียที่ผ่าน การบำบัดโดยระบบผลิตก๊าซชีวภาพของฟาร์มสุกรโดยใช้ไส้เดือนดินร่วมกับบึงประดิษฐ์*. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- มงคล เจริญฟู, เปรมจิตร บุญสาย, และศศมล ผาสุข. (2558). *ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของหญ้าแฝก ปลูกแบบแปลงพืชลอยน้ำในศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำชุมชนของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์กบินทร์บุรี อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี*. มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์.
- ลลิตี ทับทิมทอง และมณฑล ฐานุตตมวงศ์. (2554). *การบำบัดน้ำเสียจากหอพักนิตติด้วยระบบบึงประดิษฐ์*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2559). *ส่งออกอาหารแปรรูปไทยสร้างรายได้ติดอันดับโลก*. ศูนย์วิจัยกสิกรไทย.
- Mini, M., Sr. Claramma, R., Mathukutty, S., & Sandra M. C. (2015). *Effectiveness of Vetiver System for the Treatment of Wastewater from an Institutional Kitchen*. Amal Jyothi College of Engineering.



จัดรวบรวมโดย

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

เลขที่ 80 ถ.นครสวรรค์ ต.ตลาดอ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

โทรศัพท์ : 043-712620 โทรสาร : 043-712620

e-mail : scirmu2564@gmail.com

<http://sci.rmu.ac.th>