SRI-AYUTTHAYA CLUSTER 9th

RAJABHAT UNIVERSITY NATIONAL CONFERENCE

PROCEEDINGS

การประชุมวิชาการระดับชาติ
มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา ครั้งที่ 9
และการประชุมวิชาการระดับชาติ ปริญญาตรี

18-19 ตุลาคม 2561

ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

กลุ่มวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี นวัตกรรมและวิศวกรรม

กลุ่มการเกษตร อาหาร สิ่งแวดล้อม

กลุ่มสาธารณสุข

PROCEEDINGS

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยาครั้งที่ 9
และการประชุมวิชาการระดับชาติ ปริญญาตรี **"วิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคม"**
วันที่ 18-19 ตุลาคม 2561
ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

จัดโดย

มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา อันประกอบด้วย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

ถ้อยแถลง

การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยาครั้งที่ 9 และการประชุมวิชาการระดับชาติ ปริญญาตรี "วิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคม" วันที่ 18-19 ตุลาคม 2561 มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา อันประกอบด้วย มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา และมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ มีการจัดการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยาเป็นประจำทุกปี สำหรับปีนี้เป็นการจัดการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยาครั้งที่ 9 และการประชุมวิชาการระดับชาติ ปริญญาตรี "วิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคม" ระหว่างวันที่ 18-19 ตุลาคม 2561 ซึ่งมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในฐานะเจ้าภาพหลักในการจัดการประชุมรู้สึกเป็นเกียรติและมีความยินดีอย่างยิ่ง กิจกรรมในการประชุมครั้งนี้ประกอบด้วยการบรรยายพิเศษเรื่องปาถกฐาพิเศษ เรื่อง "ศาสตร์พระราชาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นด้วยการวิจัย" การนำเสนอผลงานภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ และนิทรรศการมหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา "นวัตกรรมการวิจัยเพื่อสังคม" ซึ่งถือเป็นความร่วมมือทางวิชาการระหว่างเครือข่าย มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา และเปิดโอกาสให้นักวิจัยได้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างเครือข่ายการวิจัย ขอแสดงความยินดีและขอบพระคุณนักวิชาการ นักวิจัย นักศึกษา และผู้สนใจทุกท่านที่ร่วมการประชุมวิชาการครั้งนี้ เพื่อร่วมพัฒนางานเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นผ่านกระบวนการทำงานการวิจัยและเผยแพร่ผลงานเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ มีความยินดีและพร้อมที่จะสนับสนุนส่งเสริมการจัดกิจกรรมเพื่อสนับสนุนสร้างสรรค์ผลงานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคม นำความสุข ความเจริญของท้องถิ่น สู่การพัฒนาประเทศ ผ่านบทบาทการวิจัยต่อไป

(อาจารย์ ดร.สุพจน์ ทรายแก้ว)
รักษาราชการแทนอธิการบดี
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์

การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยาครั้งที่ 9
และการประชุมวิชาการระดับชาติ ปริญญาตรี
"วิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคม"
วันที่ 18-19 ตุลาคม 2561
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

คณะกรรมการฝ่ายจัดการประชุมวิชาการระดับชาติและกองบรรณาธิการ การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยาครั้งที่ 9 และการประชุมวิชาการระดับชาติ ปริญญาตรี

หน่วยงานร่วมจัดประชุมวิชาการ

เจ้าภาพหลัก มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา

คณะกรรมการฝ่ายจัดการประชุมวิชาการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

คณะกรรมการอำนวยการ

อาจารย์ ดร.สุพจน์	ทรายแก้ว	ประธานกรรมการ	
รองศาสตราจารย์ ดร.กรินทร์	กาญทนานนท์	รองประธาน	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เจษฎา	ความคุ้นเคย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อารีย์	สงวนชื่อ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤมล	ธนานันต์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีร์ธนิกษ์	ศิริโวหาร
รองศาสตราจารย์ศศินันท์	เศรษฐวัฒน์บดี	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร	จันทมฤก
อาจารย์ศิริพร	จิระชัยประสิทธิ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์เศกพร	ตันศรีประภาศิริ
อาจารย์ชัยวุฒิ	เทโพธิ์	อาจารย์ไชย	มีหนองหว้า
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิสา	พักตร์วิไล	นางสาวฉวีวรรณ	ศิละวรรณโณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคนา	กรัณยาธิกุล	อาจารย์ ดร.ภิศักดิ์	กัลยาณมิตร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัณณ์รภัส	ถกลภักดี	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทรงพลธนฤทธ์	มฤครัฐอินแปลง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประพันธ์พงษ์	ชิณพงษ์		
รองศาสตราจารย์ ดร.เบญจลักษณ์	เมืองมีศรี		
ผู้ช่วยศาสตราจารย์มนัญญา	คำวชิระพิทักษ์		

คณะกรรมการฝ่ายประสานงานและจัดการประชุม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนัญญา	คำวชิระพิทักษ์	ผู้ช่วยศาตราจารย์กานต์มณี	ไวยคุรฑ
อาจารย์ ดร.ปิยะ	กล้าประเสริฐ	อาจารย์กนกนาฏ	พรหมนคร
นางสาวชนาพร	วัยทรง	นางสาวปรียา	ยอดจันทร์
นางสาวหทัยชนก	ทองนพคุณ	นางสาวกัญชญาวีร์	กุลพิพัฒน์เตชนาถ
นายนพสิทธิ์	เหมือนสังข์		

คณะกรรมการฝ่ายประชาสัมพันธ์และสารสนเทศ

อาจารย์ ดร.ปิยะ	กล้าประเสริฐ	อาจารย์วิศวรรธน์	พัชรวิชญ์
นายสายัญ	เทียบแสน	นางสาววิษณีย์	ขุนสิงห์
นายพุทธินันต์	โสมรุษ	นางสาวสุวิมล	พิชัยกมล
นางสาวศศิธร	ชื่นขาว	นายทวีศักดิ์	ปานเจริญ
นางสาวมณี	บุญผาย	นางสาวปรียา	ยอดจันทร์

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการคัดเลือกบทความและตรวจทานเอกสาร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนัญญา	คำวชิระพิทักษ์	อาจารย์จินต์จุฑา	ขำทอง
อาจารย์ ดร.อมรรักษ์	สวนชูผล	อาจารย์อมตา	อุตมะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิภา	แพงศรี	อาจารย์ ดร.สุภัชฌาน์	ศรีเอี่ยม
ผู้ช่วยศาสตราจารยอัจฉราวรรณ	สุขเกิด	อาจารย์อรวรรณ	ชำนาญพุดซา
อาจารย์พชรกมล	กลั่นบุศย์	อาจารย์ขวัญแข	สงัดวงค์
อาจารย์ชลลดา	พละราช	อาจารย์ปัทมาภรณ์	เจริญนนท์
อาจารย์ชาลีลักษณ์	ทองประเสริฐ	อาจารย์ลัดดาวัลย์	กงพลี
อาจารย์ ดร.สินีนาถ	สุขทนารักษ์	อาจารย์ศกุลตาล์	มานะกล้า
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เบญจางค์	อัจฉริยะโพธา	อาจารย์มณฑา	วิริยางกูร
อาจารย์ ดร.มัทนภรณ์	ใหม่คามิ	อาจารย์วิกานดา	เกียรติมาโนชญ์
อาจารย์นพพล	จันทร์กระจ่างแจ้ง	อาจารย์สุจาริณี	สังข์วรรณะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดางค์	ศุกระมูล	อาจารย์สายนภา	วงศ์วิศาล
ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.ชุมพล	ปทุมมาเกษร	อาจารย์นิรินธนา	บุษปฤกษ์
อาจารย์ ดร.ปิยะ	กล้าประเสริฐ	อาจารย์ภัทรพร	พุฒพันธ์
ผู้ช่วยศาตราจารย์กานต์มณี	ไวยคุรฑ	นางสาวธิดา	โยธากุล
นางสาวกัญชญาวีร์	กุลพิพัฒน์เตชนาถ	นางสาวสุมาลี	ธรรมนิธา
นางสาวปรียา	ยอดจันทร์	นางสาวปัทมา	พรหมสวัสดิ์

คณะกรรมการฝ่ายการจัดการนำเสนอผลงาน

อาจารย์ ดร.ปิยะ	กล้าประเสริฐ	อาจารย์ ดร.กฤตยชญ์	คำมิ่ง
อาจารย์ จุฑามาศ	เถียรเวช	อาจารย์ชยันต์	พลอาสา
อาจารย์ ดร.วุฒิชัย	วิถาทานัง	อาจารย์ปิยังกูร	ตันวิเชียร

อาจารย์ถนัง	ชาญกิจชัญโญ	ผู้ช่วยศาตราจารย์กานต์มณี	ไวยคุรฑ
อาจารย์วิศวรรธน์	พัชรวิชญ์	นายชูศักดิ์	ขันธชาติ
อาจารย์ ดร.วีระศักดิ์	ศรีลารัตน์	นายนพสิทธิ์	เหมือนสังข์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นเรศ	ยะมะหาร	นางสาวกัญชญาวีร์	กุลพิพัฒน์เตชนาถ
อาจารย์เดือนฉายผู้ชนะ	ภู่ประเสริฐ	นางสาวปรียา	ยอดจันทร์

คณะกรรมการฝ่ายลงทะเบียนและเอกสารประกอบการประชุม

ผู้ช่วยศาตราจารย์กานต์มณี	ไวยคุรฑ	อาจารย์กัตตกมล	พิศแลงาม
อาจารย์นลินอร	นุ้ยปลอด	นางสาวกัญชญาวีร์	กุลพิพัฒน์เตชนาถ
อาจารย์ ดร.เบญญาภา	ไกรทอง	นายชูศักดิ์	ขันธชาติ

คณะกรรมการฝ่ายปฏิคม พิธีการ งานเลี้ยงรับรองและต้อนรับ

ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.มนัญญา	คำวชิระพิทักษ์	อาจารย์ ดร.มัทนภรณ์	ใหม่คามิ
ผู้ช่วยศาตราจารย์ กานต์มณี	ไวยคุรฑ	อาจารย์สุจาริณี	สังข์วรรณะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิภา	แพงศรี	อาจารย์ ดร.สุภัชฌาน์	ศรีเอี่ยม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทิดศักดิ์	อินทโชติ	อาจารย์มณฑา	วิริยางกูร
อาจารย์ ดร.สุภณิดา	พัฒธร	อาจารย์ ดร.ปิยะ	กล้าประเสริฐ
อาจารย์วิกานดา	เกียรติมาโนชญ์	นางสาวหทัยชนก	ทองนพคุณ
อาจารย์สายนภา	วงศ์วิศาล	นายชูศักดิ์	ขันธชาติ
อาจารย์นิรินธนา	บุษปฤกษ์	นายนพสิทธิ์	เหมือนสังข์
นางสาวกัญชญาวีร์	กุลพิพัฒน์เตชนาถ		

คณะกรรมการฝ่ายนิทรรศการ ร้านค้าชุมชน อาคารสถานที่ และ โสตทัศนูปกรณ์

ดร.ฉวีวรรณ	ศิรวรรณโณ	นางกนิษฐา	ศรีคุ้มวงษ์
อาจารย์กนกนาฏ	พรหมนคร	อาจารย์จุฑามาศ	เถียรเวช
อาจารย์ ดร.ปิยะ	กล้าประเสริฐ	อาจารย์วุฒิชัย	วิถาทานัง
ผู้ช่วยศาตราจารย์กานต์มณี	ไวยคุรฑ	อาจารย์เดือนฉาย	ภู่ประเสริฐ
อาจารย์ถนัง	ชาญกิจชัญโญ	อาจารย์กฤตยชญ์	คำมิ่ง
อาจารย์วิศวรรธน์	พัชรวิชญ์	อาจารย์ชยันต์	พลอาสา
อาจารย์วีระศักดิ์	ศรีลารัตน์	อาจารย์ปิยังกูร	ตันวิเชียร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นเรศ	ยะมะหาร	นางนิธิวดี	เจริญสุข
นายพงศ์เนตร	โลกสุวรรณ	นายธรรมรัฐ	สุกรีขันธ์
นายปรีชา	พรหมโชติ	นายสมพร	ฝึกกาย
นางสาวสุดาพร	หงอกสิมมา	นายสาโรจน์	โพธิ์ศรี
นายปราโมทย์	บุญมี	นายสมหมาย	แสงศิริโรจน์
นายมานพ	สุขสุเดช	นายสุธน	บุญพยา
นายชูศักดิ์	ขันธชาติ	นายนพสิทธิ์	เหมือนสังข์
นางสาวกัญชญาวีร์	กุลพิพัฒน์เตชนาถ		

คณะกรรมการฝ่ายอาหารและเครื่องดื่ม

อาจารย์ภัทราพร	ทิพย์มงคล	นายธีระศักดิ์	อยู่มาก
อาจารย์เกียรติสุดา	กลิ่นจันทร์	นายแมน	วุฒสันเทียะ
นางสาวจีรนันท์	จำเนียร	นางสาวจุฑามาศ	แสงพราว
นางสาวหนึ่งฤทัย	ชะนะบุญ	นางสาวลัดดา	จันทมาลา
นายธีวัฒน์	ภู่พานิช	นางรจนา	บุตรแก้ว
นายภาณุพงษ์	ภาคอินทรีย์	นางสุพัตรา	ชลประทิน
นายชัยสิทธิ์	มาหัวเขา	นางณัฐภรณ์	ดีประเสริฐ
นางสาวชลธิยา	วัสนชิน	นางสาวชนาพร	วัยทรง
นางสาวกัญชญาวีร์	กุลพิพัฒน์เตชนาถ		

คณะกรรมการฝ่ายยานพาหนะ

ดร.ฉวีวรรณ	ศิละวรรณโณ	นายนพสิทธิ์	เหมือนสังข์
นางนิธิวดี	เจริญสุข	นายก้องไพร	กล้าสมบูรณ์
นายชูศักดิ์	ขันธชาติ		

คณะกรรมการฝ่ายการเงินและพัสดุ

อาจารย์กนกนาฏ	พรหมนคร	นางสาววิไลลักษณ์	บุญยัง
นางนิธิวดี	เจริญสุข	นางสาวชนาพร	วัยทรง
นางณัฐมน	คำเงิน	นางมลิวัลย์	พลเยี่ยม
นางสาววิรินทร์	ยอดหาญ	นายอัฐพล	ประดับเพชร
นางสาวกัญชญาวีร์	กุลพิพัฒน์เตชนาถ	นางสุวรรณ	ศรีชาติ

คณะกรรมการฝ่ายประเมินผล

ผู้ช่วยศาตราจารย์ อิงอร	วงษ์ศรีรักษา	นายคมสัน	จิตอามาต
ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร. พรรณวิภา	แพงศรี	นายสมรส	คำแก้ว
นางมณฑา	สืบจากศรี	นายแทนคุณ	วงค์สอน
นางสาวปรียา	ยอดจันทร์		

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิตกัลยา มฤครัฐอินแปลง	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ วรรณธนัง	รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศชาย สถิตย์พนาวงศ์	รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
อาจารย์ ดร.สุขรักษ์ แซ่เจี่ย	รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ศรัณย์ จันทร์ชุ่ม	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ บุญกุศล	รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
อาจารย์ ดร.ดวงพร ไม้ประเสริฐ	รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

อาจารย์ ดร.พันธ์ทิพย์ โอฬารรัตน์มณี	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัชฎาภรณ์ ตันตะราวงศา	รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
อาจารย์กรรณิการ์ มาระโภชน์	รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์มาศ สุขกสิ	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภดล แสงแข	รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
อาจารย์ ดร.หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์	รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
อาจารย์ ดร.พัชรินทร์ รุจิรานุกูล	รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

คณะกรรมการพิชญพิจารย์ (Peer Review) ในกองบรรณาธิการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

รองศาสตราจารย์ ดร.กรินทร์ กาญทนานนท์	รองศาสตราจารย์ ดร.มานะ ขาวเมฆ
รองศาสตราจารย์ ดร.อรสา จรูญธรรม	รองศาสตราจารย์ ดร.ศศมล ผาสุข
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์ฤทัย คลังพหล	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา จุ้ยทอง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย วงศ์สิรสวัสดิ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคนา กรัณยาธิกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติพร พิชญกุล	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ คลังวิจิตร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทิดศักดิ์ อินทโชติ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบญจลักษณ์ เมืองมีศรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิสา พักตร์วิไล	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร จันทมฤก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาคริต ศรีทอง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนัญญา คำวชิระพิทักษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมษา นวลศรี	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไททัศน์ มาลา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีร์ธนิกษ์ ศิริโวหาร	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภิญญาพัชญ์ นาคภิบาล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชาย นาคนก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารีย์ สงวนชื่อ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนา สีดี	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวารีย์ ศรีปูณะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎางค์ ศุกระมูล	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล ปทุมมาเกษร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณพัฐอร บัวฉุน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดรุณี หันวิสัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤมล ธนานันต์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัณณ์รภัส ถกลภักดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิภา แพงศรี	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธาสินี นิลแสง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีร์ธนิกษ์ ศิริโวหาร	ผู้ช่วยศาสตราจารย์เศกพร ตันศรีประภาศิริ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เบญจางค์ อัจฉริยะโพธา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทรงพลธนฤทธ์ มฤครัฐอินแปลง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระศักดิ์ สังเมฆ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์พนิดา ชาตยาภา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประกาศิต ประกอบผล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนาวุฒิ วงศ์อนันต์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นเรศ ยะมะหาร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ละเอียด ขจรภัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กานต์มณี ไวยครุฑ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิภาวดี ทูปิยะ
อาจารย์ ดร.สุภณิดา พัฒธร
อาจารย์ ดร.ทัศพร ชูศักดิ์
อาจารย์ ดร.เลอลักษณ์ โอทกานนท์
อาจารย์ ดร.สุภัชฌาน์ ศรีเอี่ยม
อาจารย์ ดร.นพรัตน์ ไวโรจนะ
อาจารย์ ดร.ดรุณศักดิ์ ตติยะลาภะ
อาจารย์ ดร.พิมพรรณ พิมลรัตน์
อาจารย์ ดร.รัฐชาติ ทัศนัย
อาจารย์ ดร.ตีรณรรถ ศรีสุนนท์
อาจารย์ ดร.วีระวัฒน์ อุ่นเสน่หา
อาจารย์ ดร.อภิชัย คุณีพงษ์
อาจารย์ ดร.ปิยะ กล้าประเสริฐ
อาจารย์ ดร.วุฒิชัย วิถาทานัง
อาจารย์ ดร.กฤตยชญ์ คำมิ่ง
อาจารย์ ดร.สินีนาถ สุขทารักษ์
อาจารย์ ดร.โยษิตา เจริญศิริ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประภาวรรณ แพงศรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระญา ปราบปราม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประพันธ์พงษ์ ชิณพงษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัจฉราวรรณ สุขเกิด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เจษฎา ความคุ้นเคย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีร์ธนิกษ์ ศิริโวหาร
อาจารย์ ดร.ดนุชา สลีวงศ์
อาจารย์ ดร.ประพรรธน์ พละชีวะ
อาจารย์ ดร.วัสส์พร จิโรจพันธุ์
อาจารย์ ดร.ไอลดา อรุณศรี
อาจารย์ ดร.คมกฤษณ์ แสงเงิน
อาจารย์ ดร.พรนภา เตียสุธิกุล
อาจารย์ ดร.ภิศักดิ์ กัลยาณมิตร
อาจารย์ ดร.รัตถชล อ่างมณี
อาจารย์ ดร.วรีรัตน์ สัมพัทธ์พงศ์
อาจารย์ ดร.สมทรง บรรจงธิติทานต์
อาจารย์ ดร.อมรรักษ์ สวนชูผล
อาจารย์ ดร.ณัตตยา เอี่ยมคง
อาจารย์ ดร.ณัฐสิมา โทขันธ์
อาจารย์ ดร.กาญจนา เวชบรรพต
อาจารย์ ดร.ณัฐพงค์ จันจุฬา
อาจารย์ ดร.อัณนภา สุขลิ้ม

คณะกรรมการพิชญพิจารย์ (Peer Review) ในกองบรรณาธิการ (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก)

รองศาสตราจารย์ ดร.กาสัก เต๊ะขันหมาก	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
รองศาสตราจารย์จิตติมา อัครธิติพงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
รองศาสตราจารย์ปราณี ตันประยูร	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ วรรณธนัง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรกช เก็จพิรุฬห	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานดา เต๊ะขันหมาก	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประวิทย์ ประมาน	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา บุญสม	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา หล่อตระกูล	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญไท เจริญผล	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภัทราวรรณ จันทร์เนตร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วัชรินทร์ เสมามอญ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิเชษฐ์ ศรีสังข์งาม	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศชาย สถิตย์พนาวงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิตกัลยา มฤครัฐอินแปลง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
อาจารย ดร.พิทยา ใจคำ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
อาจารย์ ดร.วัชรภัทร เตชะวัฒนศิริดำรง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
อาจารย์ ดร.รุ่งทิพย์ รัตนภานุศร	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
อาจารย์ ดร.บริบูรณ์ ชอบทำดี	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
อาจารย์ ดร.ศิริพล แสนบุญส่ง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
อาจารย์ ดร.สุขรักษ์ แซ่เจี่ย	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ บุญกุศล	มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ศรัณย์ จันทร์ชุ่ม	มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร วชิรปัญญาพงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนิตสุภา ธรรมประมวล	มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประชาติ วัชรบัณฑิต	มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นนทรัฐ บำรุงเกียรติ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
อาจารย์ ดร.สยามล เทพทา	มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จารุวรรณ สิงห์ม่วง	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายฝน เสกขุนทด	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะนุช พุฒแก้ว	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนวย ปาอ้าย	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นวัสนันท์ วงศ์ประสิทธิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ครรชิต มาระโภชน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
อาจารย์ ดร.ระพีพัฒน์ ศรีมาลา	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
อาจารย์ผุสดี ภุมรา	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
อาจารย์ทวีทรัพย์ เจือพานิช	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
อาจารย์ ธรรมรัตน์ สิมะโรจนา	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
อาจารย์ ดร.วรพล แวงนอก	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
อาจารย์ณัฐพร สนเผือก	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
อาจารย์วรพจน์ ทำเนียบ	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัชชฎาภรณ์ ตันตะราวงศา	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
อาจารย์ ดร.ณัฐฐาพร สามารถ	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
รองศาสตราจารย์ พรทิพา นิโรจน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภดล แสงแข	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชรินทร์ อรรคศรีวร	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
อาจารย์ ดร.หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
อาจารย์ ดร.พัชรินทร์ รุจิรานุกูล	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

รองศาสตราจารย์ ดร.จิณณวัตร ปะโคทัง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.เพชรสุดา ภูมิพันธุ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
รองศาสตราจารย์ ดร.สัญญา เคณาภูมิ	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล เรืองศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
อาจารย์ ดร.วันเพ็ญ แสงทองพินิจ	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
อาจารย์ ดร.หทัยรัตน์ ปิ่นแก้ว	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
อาจารย์เฉลิมชนม์ ตั้งวชิรพันธุ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รสสุคนธ์ ศุนาลัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์มณิศา วศินารมณ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขวัญใจ คงถาวร	สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชาติ พัฒนวิริยะพิศาล	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พุฒพัณณิน คำวชิระพิทักษ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาวิณี บุญเสริม	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วราลักษณ์ คงอ้วน	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมโภช พจนพิมล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สอาด บรรเจิดฤทธิ์	มหาวิทยาลัยนานาชาติแสตมฟอร์ด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น้องนุช ศิริวงศ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ดร.ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ดร.วิโรชน์ หมื่นเทพ	มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ
อาจารย์ ดร.ชัยอนันต์ นามงาม	วิทยาลัยนครราชสีมา
อาจารย์ ดร. พัชรีวรรณ กิจมี	มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น
อาจารย์ ดร.กัลยารัตน์ ธีระธนชัยกุล	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
อาจารย์ ดร.วิลาสินี ยนต์วิกัย	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
อาจารย์ ดร.สมพร วาสะศิริ	มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี
อาจารย์ ดร.สัญชัย เกียรติทรงชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
อาจารย์ ดร.รุ่งกานต์ อินทวงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
อาจารย์ ดร.ชยารัตน์ ศรีสุนนท์	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
อาจารย์ ดร.ศิริพรรณ ศรัทธาผล	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิให้ข้อเสนอแนะ ภาคบรรยาย ภายในงาน (Commentators)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร วชิรปัญญาพงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มยุรี รัตนเสริมพงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สอาด บรรเจิดฤทธิ์	มหาวิทยาลัยนานาชาติแสตมฟอร์ด
อาจารย์ ดร.วิโรชน์ หมื่นเทพ	มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ
อาจารย์ ดร.กัลยารัตน์ ธีระธนชัยกุล	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
อาจารย์ ดร.ชูวงศ์ อุบาลี	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

อาจารย์ ดร.ภาคิน โชติเวศย์ศิลป์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
อาจารย์ ดร.สุขรักษ์ แซ่เจี่ย	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาวดี เกษมณี	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
รองศาสตราจารย์ ดร.อรสา จรูญธรรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
รองศาสตราจารย์ ดร.มานะ ขาวเมฆ	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
อาจารย์ ดร.สุภัชฌาน์ ศรีเอี่ยม	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมษา นวลศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไททัศน์ มาลา	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภิศักดิ์ กัลยาณมิตร	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
อาจารย์ ดร.วิภาพร ตัณฑสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
อาจารย์ ดร.กัมลาศ เยาวะนิจ	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัณณ์รภัส ถลกภักดี	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภิญญาพัชญ์ นาคภิบาล	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิภา แพงศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
อาจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ จันจุฬา	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
อาจารย์ ดร.อนัญญา โพธิประดิษฐ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
อาจารย์ ดร.วีระวัฒน์ อุ่นเสน่ห์	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิให้ข้อเสนอแนะ ภาคโปสเตอร์ ภายในงาน (Commentators)

รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ บุญกุศล	มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ วรรณธนัง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย วงศ์สิรสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา จุ้ยทอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
อาจารย์ ดร.ศักดิ์ สุวรรณฉาย	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
อาจารย์ ดร.ไอลดา อรุณศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระญา ปราบปราม	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนาวุฒิ วงศ์อนันต์	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
อาจารย์ ดร.ชนินทร สวณภักดี	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
อาจารย์ ดร.สมทรง บรรจงธิติทานต์	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
อาจารย์ ดร.พรนภา เตียสุธิกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณพัฐอร บัวฉุน	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎางค์ ศุกระมูล	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปุณยนุช นิลแสง	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชวาลา ละวาทิน	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัจราวรรณ สุขเกิด	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ

อาจารย์ ดร.สุภณิดา พัฒธร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
อาจารย์ ดร.ทัศพร ชูศักดิ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ

กำหนดการ
การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา ครั้งที่ 9 และการประชุมวิชาการระดับชาติ ปริญญาตรี
"วิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคม"
วันที่ 18 – 19 ตุลาคม 2561

ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

วันที่ 18 ตุลาคม 2561

08.00 – 09.00 น.	ลงทะเบียน
09.00 – 09.30 น.	● พิธีเปิดการประชุมวิชาการ ณ หอประชุม 80 ปี วไลยอลงกรณ์ โดย ผู้ว่าราชการจังหวัดปทุมธานี
09.30 – 10.30 น.	● ปาถกฐาพิเศษ เรื่อง "ศาสตร์พระราชาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นด้วยการวิจัย" โดย ผู้ว่าราชการจังหวัดปทุมธานี วิทยากรกิตติมศักดิ์
10.30 – 11.00 น.	● พิธีมอบโล่สำหรับนักวิจัยดีเด่น ● พิธีมอบมอบธงเจ้าภาพครั้งต่อไป
13.00 - 17.00 น.	นำเสนอผลงานวิจัย ภาคบรรยาย ณ อาคาร 100 ปี สมเด็จพระศรีนครินทร์ ห้องบรรยาย กลุ่มสาขาการศึกษา ห้องบรรยาย กลุ่มสาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ห้องบรรยาย กลุ่มสาขาการจัดการและบริหารธุรกิจ ห้องบรรยาย กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมและนวัตกรรม ห้องบรรยาย กลุ่มสาขาการเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม ห้องบรรยาย กลุ่มสาขาสาธารณสุข
13.00 - 16.30 น.	นำเสนอผลงานวิจัย ภาคโปสเตอร์ ณ หอประชุม 80 ปี วไลยอลงกรณ์ โดย นักวิจัยยืนประจำบอร์ดนำเสนองานตลอดช่วงเวลาที่กำหนด

วันที่ 19 ตุลาคม 2561

08.00 – 8.30 น.	ลงทะเบียน
09.00 – 11.00 น.	นำเสนอผลงานวิจัย ภาคบรรยาย (ต่อ) ณ อาคาร 100 ปี สมเด็จพระศรีนครินทร์
	ห้องบรรยาย กลุ่มสาขาการศึกษา
	ห้องบรรยาย กลุ่มสาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์
	ห้องบรรยาย กลุ่มสาขาการจัดการและบริหารธุรกิจ
	ห้องบรรยาย กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมและนวัตกรรม
	ห้องบรรยาย กลุ่มสาขาการเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม
	ห้องบรรยาย กลุ่มสาขาสาธารณสุข
13.00 – 15.00 น.	• พิธีมอบเกียรติบัตรสำหรับผู้นำเสนอผลงานวิจัยดีเด่น แต่ละสาขา • มอบเกียรติบัตรสำหรับผู้นำเสนอผลงานวิจัย (ภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์) • พิธีปิด

- **การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย** อาคาร 100 ปี สมเด็จพระศรีนครินทร์
- **การนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์** หอประชุม 80 ปี วไลยอลงกรณ์
- **นิทรรศการ "นวัตกรรมการวิจัยเพื่อสังคม"** หอประชุม 80 ปี วไลยอลงกรณ์

หมายเหตุ พักรับประทานอาหารกลางวัน เวลา 12.00 – 13.00 น. อาหารว่าง เวลา 10.30 น. และ 14.30 น.
* กำหนดการอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม

สารบัญ

สารบัญ (ต่อ)

กลุ่มวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี นวัตกรรมและวิศวกรรม
(ภาคโปสเตอร์)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

กลุ่มวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี นวัตกรรมและวิศวกรรม ปริญญาตรี
(ภาคโปสเตอร์)

สารบัญ (ต่อ)

กลุ่มการเกษตร อาหาร สิ่งแวดล้อม
(ภาคบรรยาย)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

กลุ่มการเกษตร อาหาร สิ่งแวดล้อม ปริญญาตรี
(ภาคโปสเตอร์)

กลุ่มสาธารณสุข
(ภาคบรรยาย)

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

กลุ่มสาธารณสุข
(ภาคโปสเตอร์)

บทความวิจัยภาคบรรยาย
(Oral Presentation)
กลุ่ม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี นวัตกรรมและวิศวกรรม

การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา ครั้งที่ 9
“วิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคม”
วันที่ 18-19 ตุลาคม 2561
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

การออกแบบสร้างเครื่องทดสอบเชิงกลสำหรับประเมินทางชีวกลศาสตร์ของข้อเข่าสุนัข

ชาตรี เทาศิริ[1*] ณัฐพล จันทร์พาณิชย์[2] สุจินต์ วันชาติ[3]

บทคัดย่อ

ข้อเข่าเป็นอวัยวะที่ช่วยให้สุนัขสามารถเคลื่อนไหวเดินและกระโดดได้ ส่วนประกอบของข้อเข่าประกอบไปด้วยกระดูกที่เป็นโครงสร้างรับน้ำหนัก และเส้นเอ็นที่ทำหน้าที่ยึดกระดูกเข้าด้วยกันเพื่อให้สามารถเคลื่อนไหวได้ ปัญหาข้อเข่าของสุนัขส่วนใหญ่มักเกิดกับสุนัขพันธ์เล็กและสุนัขทุกพันธ์ที่มีน้ำหนักเกินเกณฑ์ปกติโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัญหากระดูกสะบ้าหลุดและข้อเข่าเสื่อม ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยส่วนใหญ่แล้วสุนัขจะเป็นโรคข้อเข่าเสื่อมโดยเฉพาะพันธุ์เล็ก ในการรักษาอาการข้อเข่าดังกล่าว สุนัขต้องได้รับการเปลี่ยนใส่ข้อเทียมคล้ายกับมนุษย์ แต่การทดสอบและประเมินชีวกลศาสตร์ของภายหลังการเปลี่ยนข้อเทียมนั้น จำเป็นต้องมีเครื่องทดสอบเพื่อประเมิน ในปัจจุบันยังไม่ได้มีผู้ออกแบบไว้อย่างเฉพาะเจาะจง เนื่องจากมีความซับซ้อนทางชีวกลศาสตร์ แต่ได้ใช้เครื่องทดสอบวัสดุอเนกประสงค์มาประยุกต์ใช้ ซึ่งมักให้ผลการทดสอบได้ ไม่ตรงประเด็นของการประเมินชีวกลศาสตร์เท่าที่ควร ดังนั้นการออกแบบสร้างเครื่องทดสอบชีวกลศาสตร์ของข้อเข่าเทียมสุนัข เพื่อประเมินประสิทธิภาพของข้อเข่าเทียมจึงมีความจำเป็น ในการออกแบบเครื่องทดสอบจึงจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลฟังก์ชัน การเคลื่อนที่ของข้อเข่าสุนัขเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบตามฟังก์ชันการเคลื่อนที่ ทั้งนี้น้ำหนักที่จะทำการทดสอบข้อเข่าเทียม ได้ถูกกำหนดให้มีค่าสูงสุดอยู่ที่ 150 นิวตัน และเครื่องทดสอบสามารถรับน้ำหนักแรงกดได้ 150 นิวตัน โดยที่เครื่องทดสอบ ไม่เปลี่ยนรูป ปรับองศาของชิ้นงานได้ทั้งในแนวแกนตั้ง Y (Axial rotation) 30 องศา แนวแกนนอน X (Flexion/Extension) 120 องศา และแรงกดตามกลศาสตร์การเคลื่อนที่ของสุนัขที่ค่าสูงสุด 150 นิวตัน

คำสำคัญ: ออกแบบเครื่องทดสอบ ข้อเข่า ชีวกลศาสตร์

[1] *หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230 e-mail: chatree.thoasiri@gmail.com*

[2] *สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230 e-mail: nattapon@eng.src.ku.ac.th*

[3] *สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230 e-mail: sujin@eng.src.ku.ac.th*

[*] *ผู้นิพนหลัก e-mail: chatree.thoasiri@gmail.com*

DESIGN OF MECHANICAL TESTING MACHINE FOR BIOMECHANICAL EVALUATION OF DOG KNEE

Chatree Thoasiri[1*] Nattapon Chantarapanich[2] Sujin Wanchat[3]

Abstract

Knee is an organ that allows the dog to move and jump. The knee consists of a bone structure. And the ligaments that hold the bone together to be able to move. Knee problems in most dogs are common to all dogs and dogs that are overweight. especially Problems with knee bones and osteoarthritis. The problem is constantly rising. Most of the dogs are osteoarthritis, especially small breeds. For the treatment of the knee. The dog must be replaced with a human implant. But the biomechanical testing and evaluation of the replacement of the artificial Testing machines are required to evaluate. There are currently no specific designers due to the complexity of biomechanics. I have used a versatile material tester. This often results in inadequate biometric evaluation. Therefore, the design of a biomechanical prosthetic knee tester to assess the effectiveness of artificial knees is essential. In the design of the test machine, it is necessary to study the function of the knee joints in the design of the motion function. The weight for the knee test is set to a maximum of 150 Nm, and the tester can hold a load of 150 N. Adjusts the degree of rotation of the workpiece in Y (Axial rotation), 30 degrees of horizontal axis X (Flexion / Extension) 120 degrees and the pressure of the dog's movement mechanics to a maximum of 150 Newton.

Keywords: Testing machine design, Knee, Biomechanic

[1] *Master of Engineering Program, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University, Chonburi, Thailand 20230 Email:chatree.thoasiri@gmail.com*

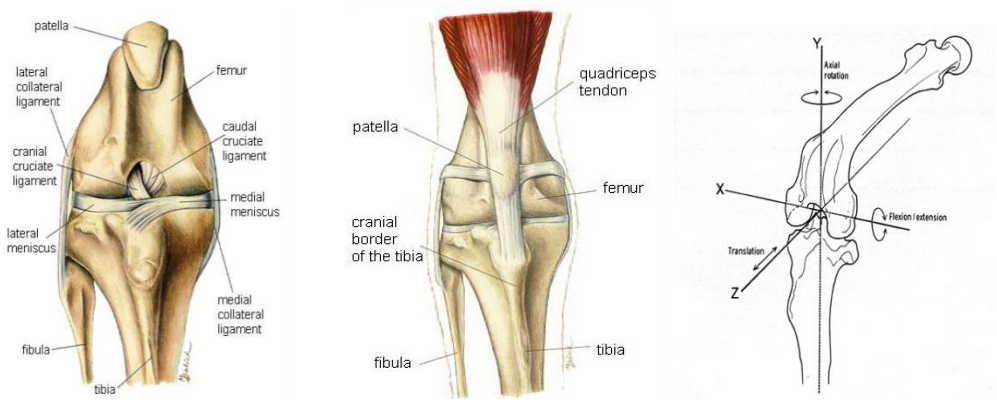
[2] *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University, Chonburi, Thailand 20230 e-mail: nattapon@eng.src.ku.ac.th*

[3] *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University, Chonburi, Thailand 20230 e-mail: sujin@eng.src.ku.ac.th*

[*] *Corresponding author, e-mail: chatree.thoasiri@gmail.com*

บทนำ

ข้อเข่าเป็นอวัยวะที่ช่วยให้การเคลื่อนที่ต่าง ๆ ให้มีความคล้องตัวไม่ว่าจะเป็นการเดินการลุกนั่ง และการกระโดดของสุนัข จึงเป็นอวัยวะที่มีความสำคัญมากต่อการดำรงชีวิตของสุนัข ข้อเข่าซึ่งมีองค์ประกอบทางชีวกลศาสตร์ที่ซับซ้อน ซึ่งประกอบ ไปด้วยกระดูกทำหน้าที่รับน้ำหนักของสุนัขมีอยู่สามส่วนด้วยกัน ได้แก่ กระดูกต้นขาที่เชื่อมต่อกับสะโพก (Femur) กระดูกส่วนล่างหรือกระดูกขากรรไกรที่เชื่อมต่อกับข้อเท้า (Tibia) และกระดูกสะบ้า (Patella) ซึ่งเป็นตัวกำหนดขีดจำกัด การเคลื่อนไหวของข้อเข่า ส่วนที่เป็นเส้นเอ็น (Ligaments) ทำหน้าที่เชื่อมกระดูกทั้งสามส่วนเข้าด้วยกันสร้างความยืดหยุ่น และรักษาสมดุลของข้อเข่าสุนัขอย่างเป็นธรรมชาติ ในปัจจุบันพบปัญหาเกี่ยวกับโรคข้อเข่าสุนัขเพิ่มมากยิ่งขึ้นไม่ว่าจะเป็นโรคข้อเข่าเสื่อม โรคกระดูกสะบ้าหลุด ซึ่งมักเกิดกับสุนัขที่มีขนาดเล็ก และสุนัขที่มีนำหนักเกินเกณฑ์ปกติ ในการรักษาข้อเข่าจำเป็นต้องเปลี่ยนข้อเข่าเทียมคล้ายกับมนุษย์ ลักษณะกลศาสตร์การเคลื่อนที่ของข้อเข่าสุนัขที่มีความซับซ่อนต่าง ๆ ได้แก่ การเคลื่อนที่ในแนวตั้ง การเคลื่อนที่ในแนวนอน และการเคลื่อนที่รอบแกน ในการทดสอบและ การประเมินทางชีวกลศาสตร์ภายหลังการเปลี่ยนข้อเข่าจำเป็นต้องมีเครื่องทดสอบประเมิน



ภาพที่ 1 (ก) ภาพข้อเข่าสุนัขด้านหน้า
(แหล่งที่มา: https://www.dog-health-handbook.com/dog-knee-injuries.html) (ข) ภาพข้อเข่าสุนัขที่มีกระดูกเอ็นสะบ้า (แหล่งที่มา: https://www.dog-health-handbook.com/dog-knee-injuries.html)
(ค) ภาพการเคลื่อนที่พิกัดฉากของข้อเข่าสุนัข (Charles D. Newton et al. 1985)

ปัจจุบันมีได้มีการออกแบบเครื่องทดสอบที่หลากหลายซึ่งเป็นการทดสอบกระดูกของมนุษย์ เช่น กระดูกกราม (Mandibular angle fractures) ดังเช่นผลงานของ Alkan, Çelebi ,Özden, Baş, & İnal (2007) ในปัจจุบันยังไม่มีผู้ออกแบบเครื่องทดสอบข้อเข่าเทียมภายหลังการผ่าตัด ที่มีฟังก์ชันการทดสอบเพื่อประเมินทางชีวกลศาสตร์ที่ซับซ่อนให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของปัญหาการทดสอบ ดังนั้นการออกแบบสร้างเครื่องทดสอบชีวกลศาสตร์ของข้อเข่าเทียมสุนัขเพื่อประเมินประสิทธิภาพของข้อเข่าเทียมจึงมีความจำเป็น ในการออกแบบเครื่องทดสอบจึงจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลฟังก์ชันการเคลื่อนที่ของข้อเข่าสุนัขเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบตามฟังก์ชันการเคลื่อนที่เพื่อหาค่าความแข็งแรงของการเชื่อมต่อกระดูกนั้น

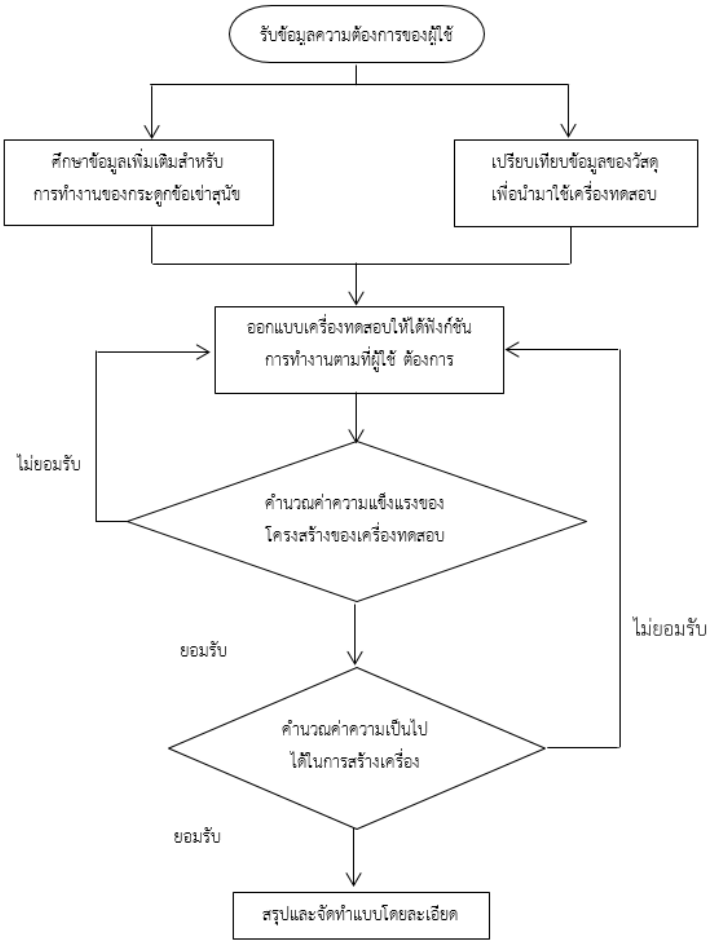
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อสร้างเครื่องทดสอบชีวกลศาสตร์ของข้อเข่าสุนัขทั้งในส่วนของก่อนและหลังการผ่าตัดข้อเข่าเทียมเพื่อเก็บผลทางชีวกลศาสตร์ในช่วงก่อนคลินิก (Pre-Clinical test)

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นความร่วมมือกับบริษัทที่ทำการพัฒนาอุปกรณ์ทางด้านการแพทย์ โดยการทดสอบค่าความแข็งแรงและประเมินชีวกลศาสตร์ของวัสดุฝังเพื่อรักษานั้น จึงจำเป็นต้องนำข้อมูลค่าความแข็งแรงไป

1. สามารถปรับองศาของชิ้นงานทดสอบได้ทั้งแนวแกนตั้งและแนวแกนนอน และปรับสเกลได้อ้างอิงเพื่อสร้างอุปกรณ์ที่ใช้รักษา ซึ่งทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้เพื่อสร้างเครื่องทดสอบตามผังงาน ภาพที่ 2



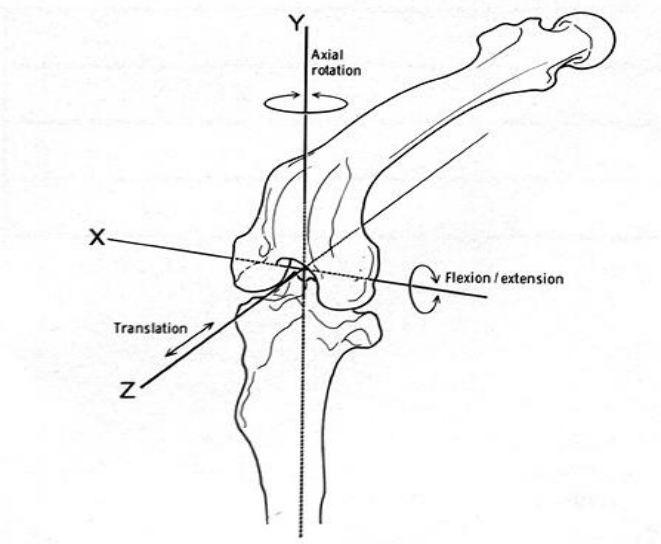
ภาพที่ 2 ผังการวิจัย

ในการสร้างเครื่องทดสอบเชิงกลสำหรับกระดูกข้อเข่าสุนัข นั้นจำเป็นต้องสามารถวัดค่าแรงที่กระทำต่อกระดูกข้อเข่าสุนัขได้เสมือนกับการเคลื่อนที่ของข้อเข่าของสุนัขมากที่สุด โดยทางคณะผู้วิจัยจะได้รับความต้องการจากบริษัทผู้ผลิตฯ ซึ่งได้กำหนดคุณสมบัติของการทดสอบไว้ดังนี้

2. สามารถรับภาระน้ำหนักทดสอบสูงสุดได้ไม่เกิน 150 นิวตัน
3. โครงสร้างไม่ผิดรูประหว่างการทดสอบ
4. สามารถปรับเปลี่ยนน้ำหนักในการทดสอบได้ ตั้งแต่ 0-150 นิวตัน

โดยการออกแบบเครื่องทดสอบเชิงกลสำหรับกระดูกข้อเข่าสุนัขนั้น ได้กำหนดแรงในการทดสอบสูงสุดที่ 150 นิวตัน และเครื่องทดสอบจะต้องสามารถปรับมุมตามแนวแกนได้ทั้งแนวแกนนอน (Horizontal) ซึ่งสามารถปรับค่าได้ 30 องศา แนวแกนตั้ง (Vertical) ซึ่งสามารถปรับค่าได้ 120 องศา และมีระยะกดที่ 100 มิลลิเมตร เพื่อทำการทดสอบให้ได้ค่าที่เสมือนจริงมากยิ่งขึ้น

1. แนวทางการออกแบบ (Concept Design) เพื่อให้เครื่องทดสอบนั้นสามารถทำงานได้ครบตามฟังก์ชันของการเคลื่อนที่ของข้อเข่าสุนัขมากที่สุด โดยการเคลื่อนของข้อเข่านั้นจะมีการขยับที่หลากหลายแบบ (Charles D. Newton et al. 1985) โดยจะกำหนดให้เป็นไปตามแนวแกนพิกัดฉาก x, y, z ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กำหนดการเคลื่อนที่พิกัดฉากของข้อเข่าสุนัข (Charles D. Newton et al. 1985)

เมื่อกำหนดการเคลื่อนที่ของข้อเข่าแล้ว เราจะเห็นได้ว่าทิศทางของการเคลื่อนที่ของข้อเข่านั้นสามารถปรับเปลี่ยนได้หลายท่าทาง โดยการเคลื่อนที่ตามพฤติกรรมต่าง ๆ ของสุนัขนั้นจะมีการรับแรงที่แตกต่างกันออกไปดังภาพที่ 2 จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาการเคลื่อนที่ต่าง ๆ เหล่านี้แล้วนำมาใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องทดสอบ

หลังจากรวบรวมข้อมูลของการทำงานของกระดูข้อเข่าสุนัขแล้ว คณะผู้วิจัยได้ทำการเลือกวัสดุเพื่อนำมาออกแบบสร้างเครื่องทดสอบ โดยทางต้องคำนึงถึงการเลือกใช้วัสดุในการสร้างเครื่องทดสอบนี้เป็นประการแรก ซึ่งมีอยู่ 2 ส่วน คือ

1. ตัวเครื่องทดสอบ
2. โครงสร้างรองรับเครื่องทดสอบ

ในการเลือกวัสดุที่ใช้ในการสร้างตัวเครื่องทดสอบนั้น จะทำการพิจารณาจากคุณสมบัติของวัสดุ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง เหล็กกล้าไร้สนิม 304 (ออสเตนไนต์) กับเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ 400 (ชุบสังกะสี)

	คุณสมบัติของวัสดุ	
	เหล็กกล้าไร้สนิม 304 (ออสเตนไนต์)	เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ 400 (ชุบสังกะสี)
คุณสมบัติความเป็นแม่เหล็ก	ไม่มี	มี เมื่อชุบสังกะสี
การแปรรูปวัสดุ	ยาก	ง่าย
ราคา	สูง	ต่ำ
ความต้านทานการกัดกร่อน	สูง	ดี
อุณหภูมิใช้งาน	สูง – ต่ำ	ปานกลาง

จากข้อจำกัดทางด้านงบประมาณ ทำให้คณะผู้วิจัยเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ 400 ชุบสังกะสี ในการสร้างเครื่องทดสอบ และในการออกแบบโครงสร้างรองรับเครื่องทดสอบดังแสดงในภาพที่ 3 ได้เลือกใช้โครงสร้างอลูมิเนียมโปรไฟล์ HFS5 4040 ซึ่งมีพื้นที่ภาคตัดขวางขนาด 40x40 ตารางมิลลิเมตร โดยวิธีการคำนวณโครงสร้างอลูมิเนียมโปรไฟล์นั้นอ้างอิงจาก MISUMI (Thailand) Co.,Ltd. (2011) โดยมีขั้นตอน ดังนี้

2. การคำนวณโครงสร้างรองรับแรงกระทำ

2.1 เลือกการคำนวณเฉพาะคานที่รับแรงมากที่สุดเนื่องจากคานรองรับน้ำหนักมีความยาวเท่ากันเป็นคานชนิด มีจุดรองรับที่ปลาย 2 ด้าน และมีแรงกระทำตรงกลาง มีความยาว 520 มิลลิเมตร รับแรงกดสูงสุดที่กระทำ 100 นิวตัน น้ำหนักของอุปกรณ์แปลงเป็นน้ำหนักเท่ากับ 50 นิวตัน โดยใช้สมการคำนวณดังนี้

$$\delta_{\text{calculate}} = \frac{P \cdot L}{48E \cdot I} \qquad (1)$$

โดยที่ P คือ น้ำหนัก (นิวตัน)

$\delta_{\text{calculate}}$ คือ ค่าความโก่งตัวของวัสดุที่คำนวณ(มิลลิเมตร)

L คือ ความยาวของคาน (มิลลิเมตร)

E คือ มอดุลัสของยังสำหรับอลูมิเนียม (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)

I คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่หน้าตัดของคาน (มิลลิเมตร^4)

สำหรับค่าความโก่งตัวสูงสุดที่ยอมรับได้ มีสมการคำนวณ ดังนี้

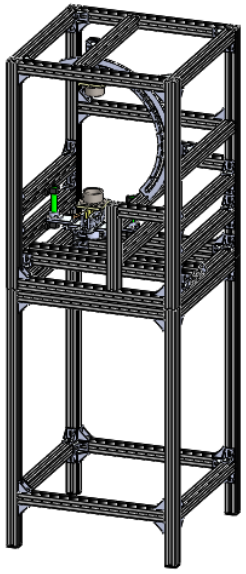
$$\delta_{max} = \frac{1}{100} L \quad (2)$$

เมื่อแทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการที่ (1) และ (2)

$$\delta_{calculate} = \frac{100 \times 520^3}{48 \times 69{,}972 \times 8.9 \times 10^4} \approx 0.04 \quad (3)$$

$$\delta_{max} = \frac{1 \times 520}{1000} = 0.52 \quad (4)$$

ซึ่ง $\delta_{calculate} < \delta_{max}$ ทำให้สามารถเลือกใช้งาน HFS5 4040 มีค่าความโก่งสูงสุด 0.52 มิลลิเมตร สำหรับรองรับแรงที่กระทำสูงสุดได้



ภาพที่ 3 ต้นแบบของเครื่องทดสอบที่จะผลิต

3. การประเมินความเป็นไปได้ในการผลิตโดยการใช้ Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) นั้นเป็นเครื่องมือที่ใช้ประเมินความเป็นไปได้ในการผลิตอย่างแพร่หลาย ซึ่งสามารถช่วยลดความเสียหายและทำให้ทราบถึงปัญหาได้ตรงจุดจากการรวบรวมข้อมูลความเป็นไปได้ด้านต่าง ๆ (Carbone & Tippett, 2004) โดยการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ ความรุนแรงที่เกิดจากการล้มเหลว โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด และความสามารถที่ตรวจพบข้อผิดพลาด ทั้งนี้คณะผู้วิจัยจะทำการประเมินความเสี่ยงโดยอาศัยตัวเลขประเมินลำดับก่อนหลังของความเสี่ยง (Risk Potential Number, RPN) และสรุปผล

ตารางที่ 2 การประเมินความเป็นไปได้ในการผลิตด้วย FMEA

ขั้นตอน/กระบวนการ	สาเหตุที่คาดว่าส่งผลกระทบ	ความน่าจะเป็นของการเกิดผลกระทบ	ความรุนแรงที่เกิดขึ้นจากการล้มเหลว	โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด	ความสามารถที่ตรวจพบข้อผิดพลาด	ตัวเลขประเมินลำดับก่อนหลังของความเสี่ยง
การออกแบบ/การขึ้นรูปเครื่อง CNC 3 แกน	แบบมีมุมอันเดอร์คัท	ไม่สามารถขึ้นรูปได้ด้วย CNC หรือจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนท่าทางการจับยึดของชิ้นงาน	7	0	2	0
	แบบจำเป็นต้องกลับชิ้นงานเพื่อขึ้นรูป	เกิดการคลาดเคลื่อนของตำแหน่งการจับยึดของชิ้นงาน	6	1	2	12
	แบบมีการขึ้นรูปร่องด้านใน	จะเกิดมุมรัศมีของดอกที่ทำการขึ้นรูปชิ้นงาน	3	2	2	12
การออกแบบ/การประกอบชิ้นงาน	การกำหนดค่าพิกัดความเผื่อผิดพลาด	อุปกรณ์ไม่สามารถประกอบได้	6	0	5	0
	เครื่องมือกลในการประกอบไม่ได้มาตรฐาน	อุปกรณ์เกิดการชำรุด	5	1	2	10

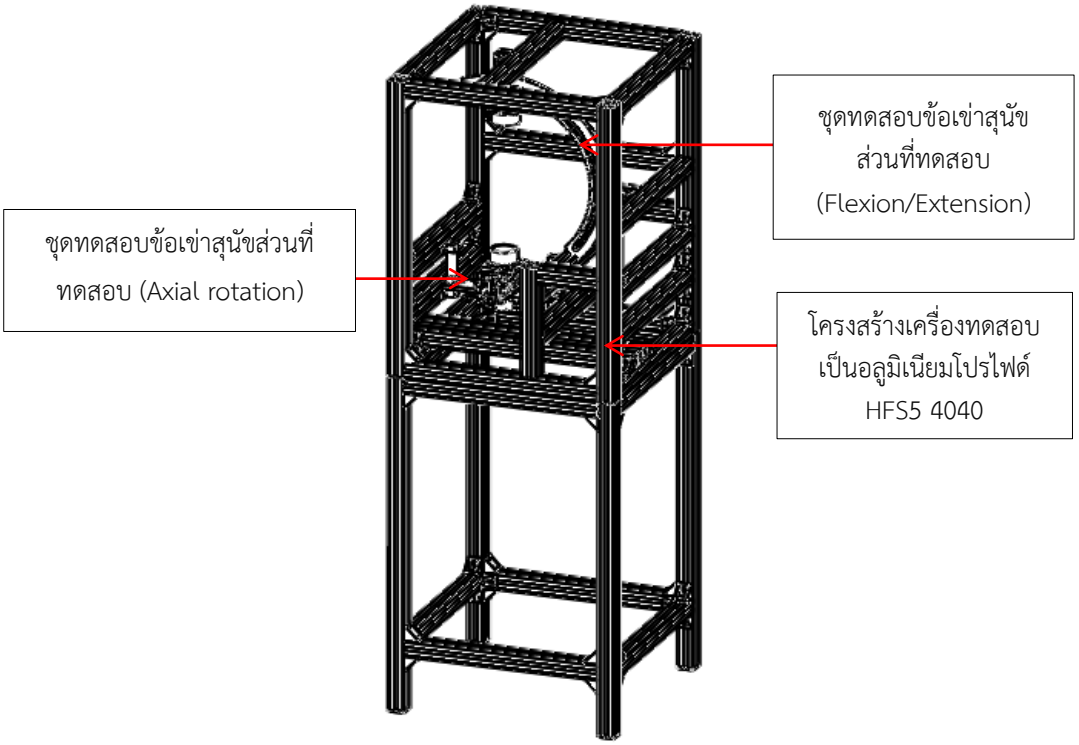
จากตัวเลขการประเมินก่อนหลังของความเสี่ยงชี้ให้เห็นว่า การกลับชิ้นงานเพื่อขึ้นรูปและการกำหนดค่าพิกัดความเผื่อผิดพลาด นั้นมีความเสี่ยงมากที่สุด โดยมีค่าอยู่ที่ 12 ทั้งนี้ทางคณะผู้วิจัยได้กำหนดค่าความเสี่ยงสูงสุดที่ยอมรับได้ไว้ที่ 15 จึงได้ให้ความสำคัญต่อการออกแบบและการทำภาพเขียนแบบเป็นหลัก และการใช้เครื่องมือกลในการประกอบนั้น มีค่าความเสี่ยงอยู่ที่ 10 ซึ่งขึ้นอยู่กับตัวเครื่องมือกลและทักษะของผู้ประกอบ

4. การตรวจสอบชิ้นงานก่อนทำการประกอบ (Inspection) นั้น เป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญ เนื่องด้วยการขึ้นรูปจริงไม่อาจหลีกเลี่ยงค่าความคลาดเคลื่อนจากปัจจัยภายนอก (Dodge, 1943) เช่น เครื่องมือ อุปกรณ์ วัสดุ ผู้ทำการประกอบ และอื่น ๆ อีกมากมาย ทั้งนี้จะต้องทำการตรวจเช็คให้ได้มาตรตามที่กำหนดไว้ก่อนทำการประกอบ โดยกระบวนการตรวจเช็คนั้นจะมุ่งไปเน้นไปที่ภาพเขียนแบบที่ทางคณะผู้วิจัยได้จัดทำไว้ โดยเทียบกับอุปกรณ์จริงที่ทำการขึ้นรูปแล้วนั้นว่าเป็นไปตามภาพเขียนแบบหรือไม่ และความคลาดเคลื่อนจากการตรวจสอบนั้นยังอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้หรือไม่ โดยอ้างอิงจากค่าพิกัดความเผื่อที่ทางคณะผู้วิจัยได้กำหนดไว้

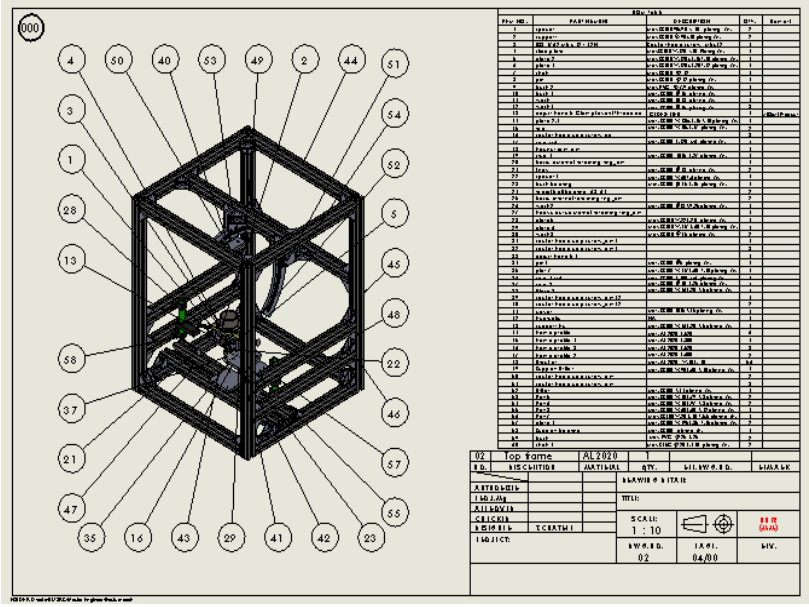
5. การประกอบเครื่องทดสอบ (Assembly) นั้น จำเป็นต้องทำการเตรียมอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในการประกอบ รวมถึงเครื่องมือวัดที่เชื่อถือได้ ซึ่งจะทำให้การประกอบนั้นเป็นไปตามรูปแบบที่กำหนดไว้ ผู้ทำการประกอบจึงจำเป็นต้องมีทักษะและความชำนาญในการใช้เครื่องมือ (Hand tools) และอุปกรณ์การวัด (Measuring instruments) ที่เกี่ยวข้องอีกด้วย

ผลการวิจัย

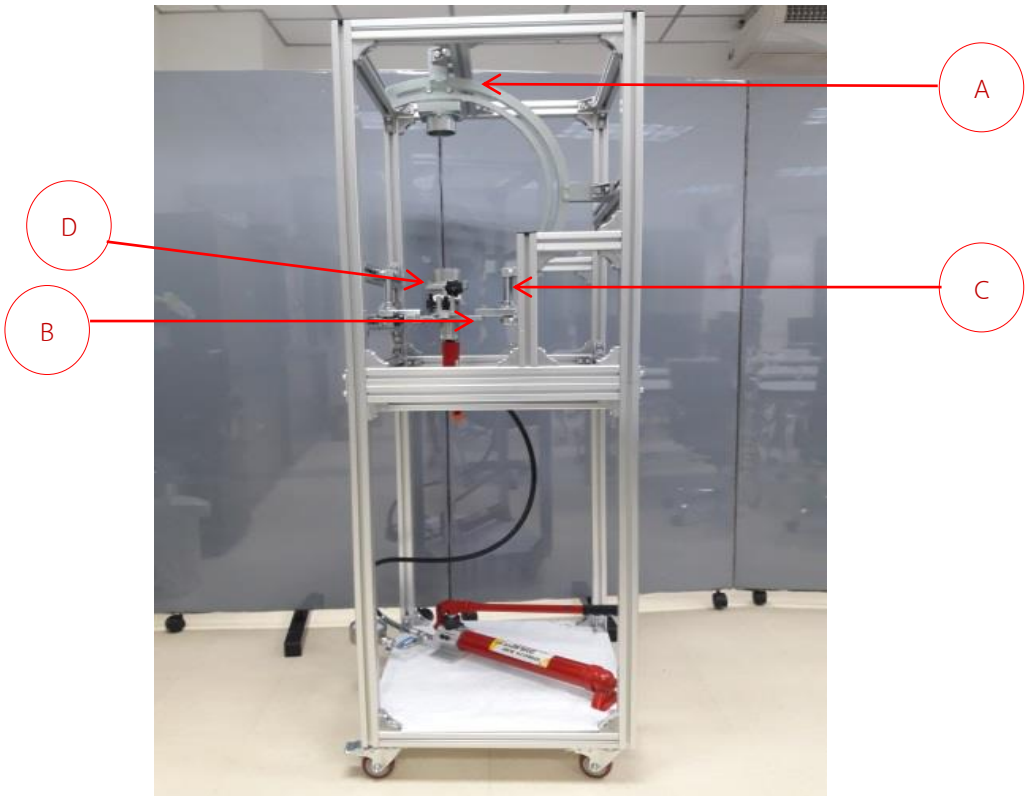
คณะผู้วิจัยได้จัดทำภาพเขียนแบบเครื่องทดสอบเชิงกลสำหรับกระดูกข้อเข่าสุนัข ให้สามารถทำงานได้ตามฟังก์ชัน การทำทั้งหมดตามรายละเอียดที่บริษัทผู้ผลิตฯต้องการและสามารถทำการสั่งผลิตได้ตามแบบในภาพที่ 5 และภาพที่ 6



ภาพที่ 4 ภาพไอโซเมตริกเครื่องทดสอบเชิงกลสำหรับประเมินทางชีวกลศาสตร์ของข้อเข่าสุนัข



ภาพที่ 5 รายละเอียดของการออกแบบ



ภาพที่ 6 ภาพประกอบโครงสร้างเครื่องทดสอบข้อเข่า

สรุปและอภิปรายผล

จากการออกแบบเครื่องทดสอบให้ทำงานได้ตามฟังก์ชันที่บริษัทผู้ผลิตนั้น ได้ทำการรวบรวบข้องมูลด้านฟังก์ชันการทำงานของการเคลื่อนที่กระดูกข้อเข่าสุนัข ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุที่จะนำมาสร้างเครื่องทดสอบทั้งด้านฟังก์ชันการทำงานของข้อเข่าสุนัขและข้อจำกัดทางด้านต่าง ๆ รวมถึงความเป็นไปได้ในการผลิตอุปกรณ์ของเครื่องทดสอบ FMEA เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเพื่อเป็นหลักการออกแบบให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

ในตำแหน่ง A ตามภาพที่ 6 สามารถปรับการหมุนในแนวแกนนอน (Flexion/Extension) ได้ทั้งหมด 120 องศา สามารถปรับละเอียดได้ครั้งละ 10 องศา โดยไม่เกิดการผิดรูปของวัสดุ ตำแหน่ง B ตามภาพที่ 6 สามารถปรับการหมุนในแนวแกนตั้ง (Axial rotation) ได้ 30 องศา สามารถปรับละเอียดได้ครั้งละ 1 องศา โดยไม่เกิดการผิดรูปของวัสดุ ตำแหน่ง C ตามภาพที่ 6 (Bending) สามารถปรับได้ 30 องศา สามารถปรับได้ครั้งละ 1 องศา และตำแหน่ง D ตามภาพที่ 6 เป็นระยะแรงกด (Press) สามารถกดได้ที่ระยะ 100 มิลลิเมตร ใช้แรงกดสูงสุดสำหรับการทดลองที่ 150 นิวตัน โดยที่โครงสร้างไม่มีการเปลี่ยนรูป

ตารางที่ 3 การประเมินผลการทดลองการเปลี่ยนรูปของชุดทดสอบและโครงสร้างเครื่องทดสอบ

ลำดับการทดลอง	แรงทดสอบ (นิวตัน)	โครงสร้างเครื่องทดสอบ	ตำแหน่ง A (Flexion/ Extension)	ตำแหน่ง B (Axial rotation)	ตำแหน่ง C (Bending)	ตำแหน่ง D (Press)
1	150	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป
2	150	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป
3	150	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป
4	150	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป
5	150	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป
6	150	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป
7	150	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป
8	150	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป
9	150	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป
10	150	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป	ไม่เปลี่ยนรูป

ข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบเครื่องทดสอบกระดูกข้อเข่าของสุนัขนั้น เป็นส่วนหนึ่งของการการทดสอบค่าความแข็งแรงทางชีวกลศาสตร์ของกระดูข้อเข่าสุนัขก่อนและหลังคลินิก ซึ่งสามารถนำข้อมูลในการออกแบบและทดลองไปอ้างอิงกับการทดสอบที่คล้ายคลึงกันได้

กิตติมากรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการพัฒนาศักยภาพบุคลากร เพื่อการวิจัยและพัฒนาสาหรับภาคอุตสาหกรรมประจำปี 2561 (STEM Workforce) จาก สานักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

เอกสารอ้างอิง

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2551). **การวิเคราะห์ อาการขัดข้องและผลกระทบ**. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

Alkan, A., Çelebi, N., Özden, B., Baş, B., & İnal, S. (2007). **Biomechanical comparison of different plating techniques in repair of mandibular angle fractures**. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 104(6), 752-756.

MISUMI (Thailand) Co.,Ltd. (n.d.). Retrieved from http://th.misumi-ec.com: http://th.misumi-ec.com/maker/ misumi/mech/campaign/email20110419/aluminium_frame.html. (2018)

Charles D. Newton, D.V.M., M.S. & David M. Nunamaker, V.M.D. **Stifle kinesiology**. The textbook was published by J.B. Lippincott Company in 1985.

Carbone, T. A., & Tippett, D. D. (2004). Project risk management using the project risk FMEA. **Engineering Management Journal**, 16(4), 28-35.

Dodge, H. F. (1943). A sampling inspection plan for continuous production. The Annals of mathematical statistics, 14(3), 264-279.

Kumar, A.; Poola, M. P.; Pandel, U.; Jethoo, A. S. (2011). **FMEA: Methodology, design and implementation in a foundry**. Int. J. Eng. Sci. Technol. 2011,3,5288-5297

แอพพลิเคชั่นแจ้งเตือนการเดินทางสำหรับผู้พิการทางสายตา

จตุพล ศรีวิลาศ[1*] ชนินท์ วงษ์ใหญ่[2]

บทคัดย่อ

ผู้พิการทางสายตามักจะประสบปัญหาในการเดินทางด้วยรถโดยสารประจำทาง เนื่องจากไม่สามารถมองเห็นป้ายรถโดยสารประจำทางปลายทางที่ต้องการจะลงได้ งานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้น เพื่อช่วยเหลือผู้พิการทางสายตาในเรื่องของการเดินทางด้วยรถโดยสารประจำทาง โดยนำเทคโนโลยีของ GPS กับระบบสมาร์ตโฟนเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการแจ้งเตือนตำแหน่งของป้ายรถประจำทาง

งานวิจัยออกแบบระบบเป็นแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือระบบแอนดรอยด์ ซึ่งจะทำการแจ้งเตือน เมื่อผู้พิการทางสายตาเดินทางเข้าไปในระยะห่างที่กำหนดก่อนถึงป้ายปลายทางที่ต้องการจะลงและแจ้งเตือนชื่อป้ายรถโดยสารอื่น ๆ เมื่อเข้าไปในระยะทางที่กำหนด นอกจากนี้แล้วแอพพลิเคชั่นสามารถแจ้งเตือนเมื่อผู้พิการทางสายตาเดินทางออกนอกรัศมี 20 เมตรของป้ายรถโดยสารที่จะลง โดยการวิจัยเป็นการทดสอบระยะทางที่เหมาะสมในการแจ้งเตือน โดยใช้การตรวจจับตำแหน่งของโทรศัพท์มือถือเทียบกับตำแหน่งของป้ายรถโดยสาร และทดสอบกับเส้นทางที่มีลักษณะที่ต่างกันคือพื้นที่โล่ง พื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวางด้านบนและพื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวางด้านข้าง

ผลการทดสอบแอพพลิเคชั่นแจ้งเตือนการเดินทางสำหรับผู้พิการทางสายตา ด้วยพื้นที่ 3 ลักษณะที่แตกต่างกัน พบว่าสามารถแจ้งเตือนตำแหน่งของป้ายรถโดยสารที่ต้องการได้ถูกต้อง 90-100% อย่างไรก็ตามสภาพภูมิอากาศ และสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ทำให้การอ่านค่าของ GPS เกิดความคลาดเคลื่อน ดังนั้น ในอนาคตควรพัฒนาแอพพลิเคชั่นให้สามารถอ่านค่า GPS ได้แม่นยำขึ้น

คำสำคัญ: จีพีเอส ระบบช่วยเดินทาง โปรแกรมทอล์คแบค ผู้พิการทางสายตา

[1] ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี
e-mail: jatupol@rsu.ac.th
[2] ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี
e-mail: chanin.w@rsu.ac.th

AN APPLICATION TO ASSIST A TRAVELING FOR VISUALLY IMPAIRED

Jatupol Srivilas[1*] Chanin Wongyai[2]

Abstract

Visually impaired people always have problems on traveling by bus because they cannot see the bus stop where they want to get off. This project is developed in order to assist those who are visually impaired in traveling by buses using GPS technology and smartphone system.

The system is a development an application on Android smartphones which will alert the visually impaired bus riders when they travel within specific distance before reaching the destination. The application will also announce the name of other bus stop when they enter inside a radius of 20 meters. In addition, the application will notify to the passengers, if they have pass the destination bus stop. Those appropriate alert distances are calculated by comparing the location of mobile phone and the locations of bus stop. This Experiment is repeated with different areas such as open area, top closed area and side closed area.

Experimental results with 3 different scenarios showed that the accuracy of alert method was 90-100%. However, a variation of climates and environments cause some errors in GPS reading. Therefore, in the future, the algorithm should be developed in order to read GPS more accurately.

Keywords: GPS, Travelling Assistance, Talkback, Visually Impaired

[1] *Department of Computer engineering, College of Engineering, Rangsit University,*
e-mail: jatupol@rsu.ac.th

[2] *Department of Computer engineering, College of Engineering, Rangsit University,*
e-mail: chanin.w@rsu.ac.th

บทนำ

ในชีวิตประจำวันของผู้พิการทางสายตา มักจะประสบปัญหาในการเดินทางด้วยรถโดยสารประจำทาง เนื่องจากไม่สามารถมองเห็น ป้ายรถโดยสารประจำทางปลายทางที่ต้องการจะลงได้ ทำให้ผู้พิการทางสายตานั่งรถเลยป้าย หรือลงผิดป้าย ดังนั้นเพื่อช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา ในเรื่องของการเดินทางด้วยรถโดยสารประจำทาง จึงจำเป็นต้องมีระบบในการแจ้งเตือนตำแหน่งป้ายรถโดยสารสำหรับผู้พิการ

ในการแจ้งเตือนตำแหน่งป้ายรถโดยสารประจำทางสำหรับผู้พิการทางสายตา ได้มีการนำเสนอในหลายวิธีเช่น การสร้างวงจรพิเศษที่ใช้เป็นเครื่องส่งสัญญาณ นำไปติดไว้ในตำแหน่งของป้ายรถโดยสารประจำทาง และออกแบบวงจรรับสัญญาณไว้กับผู้พิการทางสายตา โดยให้สามารถส่งสัญญาณผ่าน Zigbee (Swapnil G., Govind E., Parag N., & Chavan S.D, 2015), (Adarsh H. & S. Mohan Kumar, 2016), (Patil S., Mareeswari V., Amogh G., & Giridhar M. S., 2017) เพื่อแจ้งตำแหน่งของป้ายรถโดยสาร เมื่อใกล้ถึงป้ายรถโดยสาร ในอีกรูปแบบเป็นการออกแบบเป็นวงจรรับส่งสัญญาณ ที่ใช้ติดต่อกับสมาร์ตโฟนผ่านสัญญาณบูลทูธ (Bluetooth) (Vandana K., Varsha V., Shambhavi, & Namitha R.,.2018), (รจเรข ทุ้ยมาก, อารีมน เสริมทรัพย์ และวรินดา เรืองวงษ์, 2559) การออกแบบโดยสร้างเป็นวงจรพิเศษ ทำให้เกิดความไม่สะดวกในการใช้งาน เนื่องจากจำเป็นต้องนำไปติดตั้งในพื้นที่ป้ายรถโดยสารประจำทางที่กำหนดไว้เป็นจำนวนมาก ซึ่งจะเกิดค่าใช้จ่ายที่สูง และอาจเกิดความเสียหายของวงจรที่นำไปติดตั้ง รวมถึงระยะทางที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณของ Zigbee หรือ สัญญาณบูลทูธ มีระยะทางที่ใกล้มากอยู่ระหว่าง 10-30 เมตร ซึ่งอาจจะทำให้การแจ้งเตือนไม่สามารถแจ้งได้ทันเวลา

ดังนั้น จุดสำคัญในการการออกแบบระบบแจ้งเตือนการเดินทางสำหรับผู้พิการทางสายตา ระบบต้องสามารถแจ้งเตือนตำแหน่งของป้ายรถโดยสารได้อย่างถูกต้อง เมื่อผู้ใช้งานเข้าไปในระยะทางที่เหมาะสมก่อนถึงป้ายรถโดยสารประจำทางที่ต้องการจะลง และต้องสามารถบอกชื่อของป้ายรถประจำทาง รวมถึงระบบแจ้งเตือนยังต้องออกแบบให้สะดวกในการนำไปใช้งาน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ออกแบบแอพพลิเคชั่นแจ้งเตือนตำแหน่งป้ายรถโดยสารบนสมาร์ตโฟน เพื่อความสะดวกในการใช้งาน
2. ทดสอบระยะที่เหมาะสมในการแจ้งเตือนตำแหน่งของป้ายรถโดยสาร ให้มีความแม่นยำในการแจ้งเตือนตำแหน่งการขึ้นลงบริเวณป้ายรถประจำทาง

วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบพัฒนาแอพพลิเคชั่นแจ้งเตือนการเดินทางสำหรับผู้พิการทางสายตา มีขั้นตอนการดำเนินการอยู่ 5 ขั้นตอน คือ 1) รวบรวมข้อมูลตำแหน่งป้ายรถประจำทาง 2) บันทึกตำแหน่งพิกัดป้ายรถประจำทางจริง 3) ออกแบบพัฒนาแอพพลิเคชั่นแจ้งเตือน 4) ทดสอบระยะที่เหมาะสมในการแจ้งเตือน 5) ทดสอบการแจ้งเตือนในสถานที่จริง โดยเลือกพื้นที่ทดสอบใน 3 ลักษณะ คือ พื้นที่เส้นทางเปิดโล่ง พื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวางสัญญาณ GPS ด้านบน เช่น ทางด่วน และพื้นที่มีสิ่งกีดขวางสัญญาณ GPS ด้านข้าง เช่น ตึกสูง

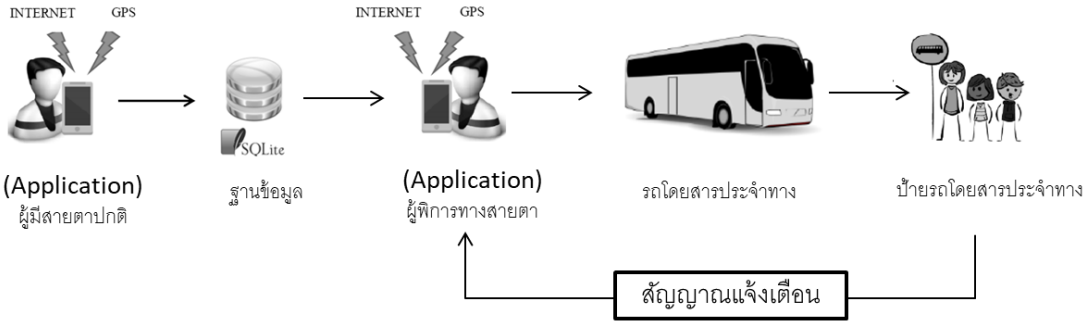
ขั้นตอนที่ 1 เป็นการรวบรวมข้อมูลตำแหน่งป้ายรถโดยสาร โดยการรวบรวมข้อมูลตำแหน่งป้ายรถโดยสารประจำทาง เป็นการนำข้อมูลจากแผนที่ของ Google แต่เนื่องจากตำแหน่งป้ายรถโดยสาร ในแผนที่ของ Google ในบางตำแหน่งยังไม่ถูกต้อง จึงจำเป็นต้องมีการบันทึกพิกัดป้ายรถประจำทางจริง จากพื้นที่จริง

ขั้นตอนที่ 2 บันทึกตำแหน่งพิกัดป้ายรถประจำทางจริง เป็นการบันทึกโดยใช้สมาร์ตโฟน ที่มีระบบ GPS โดยบันทึกเป็น ค่าละติจูดและลองจิจูด ของป้ายรถโดยสารประจำทาง และเก็บไว้ในฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการพัฒนาแอพพลิเคชั่นในขั้นต่อไป ตัวอย่างข้อมูลป้ายรถโดยสารประจำทาง แสดงดังภาพที่ 1

NameBusStop	latitude	longitude
ฟิวเจอร์ปาร์ครังสิต	13.9896776	100.6154135
เซียร์รังสิต	13.960288	100.620821
ดอนเมือง	13.9122988	100.59906
จตุจักร	13.7789098	100.6011714

ภาพที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลป้ายรถโดยสารประจำทาง

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบพัฒนาแอพพลิเคชั่นแจ้งเตือน โดยแอพพลิเคชั่นประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของผู้พิการทางสายตา และส่วนของผู้ใช้งานที่มีสายตาปกติ แผนภาพระบบโดยรวม แสดงในภาพที่ 2

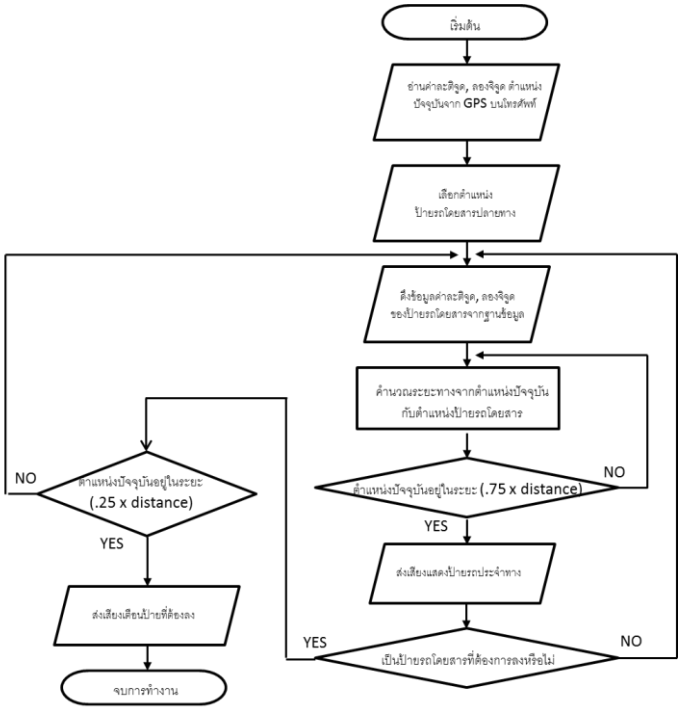


ภาพที่ 2 โครงสร้างการทำงานของระบบ

ส่วนของผู้ใช้งานที่มีสายตาปกติ ผู้ใช้งานที่มีสายตาปกติจะเป็นผู้ที่สามารถ เพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลป้ายรถโดยสารลงในฐานข้อมูล ให้แก่ผู้พิการทางสายตา และผู้ที่มีสายตาปกติต้องตั้งค่าบนโทรศัพท์มือถือเพื่อเปิดใช้งานโปรแกรม Talkback (โปรแกรมช่วยอ่านหน้าจอของระบบปฏิบัติการ Android) ให้แก่ผู้พิการทางสายตา เพื่อให้สามารถใช้งานแอพพลิเคชั่นได้ เมื่อเปิด Talkback จากนั้นแอพพลิเคชั่นจะแสดงรายชื่อป้ายรถประจำทาง บนหน้าจอแสดงผล ผู้พิการทางสายตาจะสามารถเลือกป้ายรถโดยสารที่ต้องการจะไปได้ อีกทั้งยังมีในส่วนการใช้งานของผู้ที่มีสายตาปกติ

ในส่วนของผู้พิการทางสายตา ผู้พิการทางสายตาสามารถเลือกป้ายรถโดยสารที่ต้องการจะลงโดยใช้โปรแกรม Talkback ในการอ่านรายชื่อป้ายรถโดยสารจากรายการของป้ายรถโดยสารที่ถูกบันทึกไว้ เมื่อมีการเดินทางโดยรถโดยสาร เมื่อผู้พิการทางสายตาเดินทางเข้าไปในระยะที่ถูกกำหนดไว้ แอพพลิเคชั่นจะทำการแจ้งเตือนด้วยชื่อป้ายรถโดยสาร ในเบื้องต้นจะกำหนดค่าระยะแจ้งเตือนครั้งแรกไว้ที่ 75% ของระยะห่างระหว่างป้าย และก่อนถึงป้ายปลายทางที่จะลงจะแจ้งเตือนด้วยสัญญาณเสียงเมื่อเข้าใกล้ป้ายรถโดยสาร โดยกำหนดค่าระยะแจ้งเตือนครั้งที่สองในเบื้องต้นไว้ที่ 25% ของระยะห่างระหว่างป้าย แต่ถ้าผู้พิการนั่งรถเลย

ป้ายรถโดยสาร แอพพลิเคชั่นจะแจ้งเตือนว่า “เลยป้ายรถโดยสารปลายทางที่จะลงแล้ว” การทำงานของแอพพลิเคชั่น จะแสดงตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ลำดับการทำงานของแอพพลิเคชั่น

ในการออกแบบแอพพลิเคชั่นแจ้งเตือน ระยะการแจ้งเตือนครั้งที่สองเป็นจุดที่สำคัญที่สุด ดังนั้นในการวิจัยจึงได้ออกแบบวิธีการกำหนดจุดการแจ้งเตือนครั้งที่สอง โดยนำความเร็วของรถมาคำนวณเพื่อกำหนดระยะการแจ้งเตือน ซึ่งแสดงในขั้นตอนที่ 4

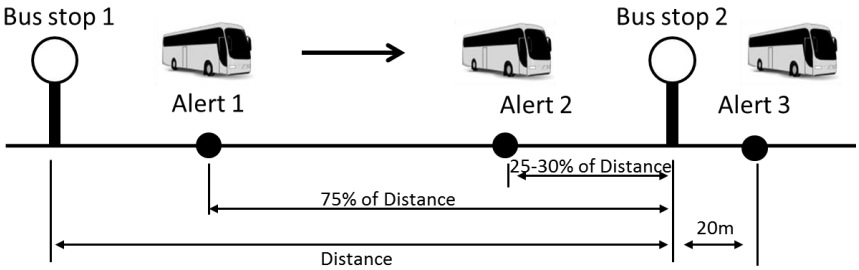
ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบระยะที่เหมาะสมในการแจ้งเตือน เนื่องจากตำแหน่งของป้ายรถประจำทางมีระยะห่างที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นในการหาระยะที่เหมาะสมในการแจ้งเตือนแต่ละป้ายต้องเป็นการหาระยะระหว่างป้ายที่เดินทางถึง ดังนั้นจึงต้องมีการนำพิกัดละติจูดและลองจิจูดของป้ายรถประจำทางปัจจุบันและป้ายถัดไปมาคำนวณเป็นระยะห่างระหว่างป้าย โดยใช้วิธีการคำนวณ ตามสมการที่ 1 (Veness Chris, n.d.)

$$Distance = cos^{-1}(\sin(x1) * \sin(x2) + \cos(x1) * \cos(x2) * \cos(y2 - y1)).R \qquad (1)$$

โดยที่ Distance เป็นระยะห่างระหว่างป้ายรถโดยสาร
X1 เป็นละติจูดของป้ายรถโดยสารที่ 1 ในหน่วย Radian
X2 เป็นละติจูดของป้ายรถโดยสารที่ 2 ในหน่วย Radian
Y1 เป็นลองจิจูดของป้ายรถโดยสารที่ 1 ในหน่วย Radian

Y2 เป็นลองจิจูดของป้ายรถโดยสารที่ 2 ในหน่วย Radian
R เป็นรัศมีของโลกมีค่าเท่ากับ 6371000 เมตร

จากนั้นจะคำนวณระยะการแจ้งเตือน 3 ตำแหน่ง โดยการแจ้งเตือนตำแหน่งที่ 1 (Alert 1) เลือกใช้ค่า 75% ของระยะห่างระหว่างป้าย ในตำแหน่งนี้จะเป็นระยะคงที่ เมื่อตำแหน่งของรถโดยสารเดินทางเข้าใกล้ป้ายรถโดยสารปลายทาง มีระยะห่างจากเท่ากับ 75% ของระยะห่างระหว่างป้าย จะมีการแจ้งเตือนตำแหน่งที่ 1 เป็นการแจ้งเตือนด้วยชื่อป้ายรถโดยสาร โดยตำแหน่งการแจ้งเตือนทั้งหมดเป็นดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ตำแหน่งการแจ้งเตือน

ในการแจ้งเตือนตำแหน่งที่ 2 (Alert 2) เลือกใช้ค่าระหว่าง 25-30% ของระยะห่างระหว่างป้ายเป็นการแจ้งเตือนตำแหน่งที่ 2 การแจ้งเตือนในตำแหน่งนี้จะเปลี่ยนแปลงตามค่าของความเร็วรถขณะนั้น โดยมีการกำหนดความเร็วของรถโดยสารในขณะนั้นไว้ที่ 50-75กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยเมื่อรถโดยสารประจำทางใช้ความเร็วที่ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การแจ้งเตือนจะเลือกใช้ที่ระยะ 25% ของระยะห่างระหว่างป้าย และระยะการแจ้งเตือนจะเพิ่มขึ้นครั้งละ 1% เมื่อความเร็วรถเพิ่มขึ้นจากเดิม 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การแจ้งเตือนตำแหน่งที่ 2 เป็นการแจ้งเตือนด้วยสัญญาณเสียงเมื่อใกล้ถึงป้ายรถโดยสาร และในกรณีที่เลยป้ายรถโดยสารที่ต้องการลงจะเป็นการแจ้งเตือนตำแหน่งที่ 3 (Alert 3) โดยใช้ค่า 20 เมตรจากตำแหน่งของป้ายที่ต้องการลง โดยแจ้งเตือนเป็นข้อความว่า “เลยป้ายรถโดยสารปลายทางที่จะลงแล้ว”

ขั้นตอนที่ 5 เป็นการทดสอบการแจ้งเตือนในสถานที่จริง โดยเลือกพื้นที่ทดสอบใน3 ลักษณะคือ พื้นที่เส้นทางเปิดโล่ง พื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวางสัญญาณ GPS ด้านบน และพื้นที่มีสิ่งกีดขวางสัญญาณ GPS ด้านข้าง เพื่อทดสอบการทำงานโดยรวม

ผลการวิจัย

การทดสอบแอพพลิเคชั่นแจ้งเตือนการเดินทางโดยรถโดยสารประจำทางสำหรับผู้พิการทางสายตา ใช้อุปกรณ์ในการทดสอบ เป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่ Samsung Galaxy Note 5 และใช้ Internet ของ AIS ที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลที่ 384 Kbps เส้นทางที่ใช้ในการทดสอบแบ่งเป็น 3 เส้นทางตามลักษณะพื้นที่ เส้นทางที่ 1 คือ พื้นที่เปิดโล่ง เป็นเส้นทางตั้งแต่ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ศูนย์รังสิต-ฟิวเจอร์ปาร์ครังสิต เส้นทางที่ 2 คือ พื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวางด้านบน เป็นเส้นทางตั้งแต่ หมู่บ้านเมืองเอก-หลักสี่ และเส้นทางที่ 3 คือ พื้นที่มีสิ่งกีดขวางด้านข้าง เป็นเส้นทางตั้งแต่ ถนนรัชดาภิเษก-ลาดพร้าว และเดินทางด้วยความเร็ว 50-70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ในการทดสอบในแต่ละเส้นทางมีการทดสอบ 5 ครั้ง ตามช่วงเวลา โดยจะกำหนดจุดทดสอบการแจ้งเตือน เป็นป้ายรถโดยสาร เส้นทางละ 6 ตำแหน่ง และทดสอบการแจ้งเตือนเมื่อผ่านป้ายรถประจำทางที่กำหนดไว้จุดละ 20 ครั้ง ผลทดสอบการแจ้งเตือนทั้ง 3 เส้นทางจะแสดงดังตารางที่ 1-3 โดยแสดงเป็นจำนวนครั้งที่แจ้งเตือนได้ถูกต้อง และแสดงอัตราในการแจ้งเตือนที่ถูกต้องตลอดเส้นทาง

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนในเส้นทางมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ศูนย์รังสิต-ฟิวเจอร์ปาร์ครังสิต

ครั้งที่	เวลา (น.)	ป้ายรถโดยสารประจำทาง						การแจ้งเตือนตลอดเส้นทาง (%)
		ธรรมศาสตร์ศูนย์รังสิต (ครั้ง)	ไทยพาณิชย์,คลองหลวง (ครั้ง)	ตรงข้ามกอล์ฟแมนชั่น (ครั้ง)	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ (ครั้ง)	โรงงานกษาปณ์ (ครั้ง)	ห้างฟิวเจอร์ปาร์ครังสิต(ครั้ง)	
1	9.00	20	20	20	20	20	20	100
2	10.30	20	18	20	20	20	20	98.3
3	12.00	20	20	20	20	20	20	100
4	15.30	20	20	20	20	20	16	96.6
5	17.00	20	20	20	20	20	20	100

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนในเส้นทางหมู่บ้านเมืองเอก-หลักสี่

ครั้งที่	เวลา(น.)	ป้ายรถโดยสารประจำทาง						การแจ้งเตือนตลอดเส้นทาง (%)
		รพ. แพทย์รังสิต (ครั้ง)	เซียร์รังสิต (ครั้ง)	อนุสรณ์สถาน ฯ(ครั้ง)	สนามบินดอนเมือง (ครั้ง)	เจ้เลิง (ครั้ง)	หลักสี่(ปลายทาง)(ครั้ง)	
1	9.00	16	20	20	20	20	20	96.6
2	10.30	15	20	20	17	20	20	93.3
3	12.00	20	20	16	16	20	20	93.3
4	15.30	20	20	19	17	20	20	96.6
5	17.00	20	20	16	16	20	20	93.3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนในเส้นทางถนนรัชดาภิเษก-ลาดพร้าว

ครั้งที่	เวลา(น.)	ป้ายรถโดยสารประจำทาง						การแจ้งเตือน (%)
		สถานีตำรวจ พหลโยธิน (ครั้ง)	ซอยเสือใหญ่ 1(ครั้ง)	มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม (ครั้ง)	โรงเรียนกุนนทีรุทธาราม(ครั้ง)	ตึกโอลิมเปีย(ครั้ง)	โรงแรมดิเอมเมอรัล (ครั้ง)	
1	9.00	16	20	20	20	20	20	96.6
2	10.30	20	17	19	20	20	20	96.6
3	12.00	20	20	20	20	20	20	100
4	15.30	20	19	18	19	20	20	96.6
5	17.00	20	20	20	20	20	20	100

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

แอพพลิเคชั่นแจ้งเตือนการเดินทางสำหรับผู้พิการทางสายตา เป็นแอพพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในเรื่องของการเดินทางด้วยรถโดยสารประจำทาง ทำให้ผู้พิการทางสายตา สามารถเดินทางโดยรถโดยสารประจำทางได้ด้วยตนเอง และไม่เกิดเหตุการณ์การเลยป้ายรถโดยสาร ประจำทางปลายทางที่จะลง ซึ่งจะมีผู้ที่มีสายตาปกติสามารถช่วยในการเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลป้ายรถโดยสารประจำทางให้กับผู้พิการทางสายตา

จากที่ได้ทำการทดสอบแอพพลิเคชั่น แจ้งเตือนการเดินทางสำหรับผู้พิการทางสายตา ในพื้นที่ 3 ลักษณะ พื้นที่ทีมีลักษณะเปิดโล่งจะให้ผลการแจ้งเตือนที่ถูกต้องมากที่สุด (สามารถลงรถโดยไม่เลยป้าย) ถึง 96-100% และพื้นที่มีสิ่งกีดขวางสัญญาณด้านบนจะให้ผลการแจ้งเตือนที่ถูกต้องน้อยที่สุด ความถูกต้องอยู่ที่ 93-96% แต่อย่างไรก็ตามอัตราความถูกต้องยังต่างกันไม่เกิน 5% ยังคงสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งปัจจัยที่ทำ ให้เกิดปัญหาต่อการทำงานของแอพพลิเคชั่นนี้ คือ ความผิดพลาดในการอ่านค่าตำแหน่งของ GPS เนื่องจากสภาพภูมิอากาศ และสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้ให้การเก็บข้อมูลตำแหน่งของรถโดยสารประจำทางมีความคลาดเคลื่อน รวมถึง ความเร็วของรถโดยสารประจำทางที่อาจมีการเปลี่ยนความเร็วเพิ่มขึ้นระหว่างการคำนวณจุดแจ้งเตือนที่ 2 ซึ่งจะทำให้ตำแหน่งในการแจ้งเตือนไม่สามารถแจ้งเตือนได้ถูกต้อง

จากการทดสอบยังคงพบว่าโทรศัพท์มือถือที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ บางรุ่น บางยี่ห้อนั้นมีความคลาดเคลื่อนของสัญญาณ GPS ที่แตกต่างกัน ทำให้ค่าของตำแหน่ง ที่อ่านขาดความแม่นยำ จึงทำให้เกิดตำแหน่งที่ผิดพลาด

ข้อเสนอแนะ

แอพพลิเคชั่นแจ้งเตือนการเดินทางสำหรับผู้พิการทางสายตา สามารถปรับปรุงให้ใช้งานดีขึ้น เช่น

1. พัฒนาแอพพลิเคชั่นให้สามารถใช้งานได้กับโทรศัพท์มือถือที่มีระบบปฏิบัติการอื่น ๆ ได้
2. พัฒนาแอพพลิเคชั่นให้ระบบสามารถคำนวณระยะการแจ้งเตือนให้สัมพันธ์กับความเร็วของรถโดยสารประจำทางให้ละเอียดมากขึ้น
3. ควรจะพัฒนาแอพพลิเคชั่นให้มีระบบการค้นหาป้ายรถโดยสารประจำทางด้วยเสียง

เอกสารอ้างอิง

รจเรข ทุ้ยมาก, อารีมน เสริมทรัพย์ และวรินดา เรืองวงษ์. (2559, มิถุนายน). **Blind Buddy แอพพลิเคชั่นช่วยเหลือคนพิการทางสายตาในการเดินทางโดยรถโดยสารประจำทาง**. สืบค้น 20 มกราคม 2560, จาก http://www.pr.kmutt.ac.th/pr/?q=node/1034

Adarsh, H. & S. Mohan Kumar. (2016). **Smart Bus Alert System for Easy Navigation of Blind**, International Journal of Advanced Networking & Applications (IJANA). 508-512. Retrieved from http://www.ijana.in/Special%20Issue/S112.pdf

Patil, S., Mareeswari, V., Amogh, G., Giridhar, M. S. (2017). **Bus Alert System for Blind in Real-Time Environment**. Proceedings of Innovations in Computer Science and Engineering. 353-360. From Springer, Singapore

Swapnil, G., Govind, E., Parag, N., Chavan, S. D., (2015). **Navigation of Blind People Using Passenger Bus Alert System**. International Journal of Scientific and Research Publications, 5(12).

Vandana, K., Varsha, V., Shambhavi, Namitha R. (2018). **Bus recognition for the visually impaired person**. International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology 2018, 4(2).

Veness Chris. (n.d.). **Distance Between Pair of Latitude/Longitude Points**. Retrieved from https://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html

STUDY ON PHYLOGENIC POSITION OF SOME *CYRTODACTYLUS* SPECIES IN THAILAND BY USING MITOCHONDRIAL *ND2* GENE

การศึกษาตำแหน่ง Phylogenic ของตุ๊กกายบางสปีชีส์ในประเทศไทยด้วยยีน *ND2* ในไมโตคอนเดรีย

Prapatsorn Areesirisuk[1,2,3], Narongrit Muangmai [3,4], Kirati Kunya[5], Worapong Singchat[1,3], Sorravis Lapbenjakul[1,3], Watcharaporn Thapana[1,3], Attachai Kantachumpoo[1,3], Sudarath Baicharoen[6], Budsaba Rerkamnuaychoke[2], Surin Peyachoknagul[1,7] and Kornsorn Srikulnath[1,3,8,*]

Abstract

The genus *Cyrtodactylus* is one of the largest genera of the gekkonid lizards. There were 279 recognized species totally which 34 species of them were found in Thailand. Currently, some *Crytodactylus* species are endangered extinction in Thailand. The nucleotide sequencing of the *ND2* gene in mitochondrial DNA was applied for studying the diversity and evolution of five *Cyrtodactylus* species in Nakhonrachasrima Zoo compared with the species in different areas. The *ND2* gene and geographic information were used to compare the phylogenetic composition. Five studied *Cyrtodactylus* species were separated into two groups. The first group contained four *Cyrtodactylus* species such *Cyrtodactylus peguensis*, *Cyrtodactylus tigroides*, *Cyrtodactylus thirakhupti*, and *Cyrtodactylus auribalteatus* and closed with species located in Malaysia clade. While the *Cyrtodactylus chanhomeae* was in a different group and closely related with widely distributed species in India and Sri Lanka peninsular.

Keywords: *Cyrtodactylus,* mitochondrial DNA, *ND2* gene, Phylogenetic tree

---

[1] *Laboratory of Animal Cytogenetics and Comparative Genomics (ACCG), Department of Genetics, Faculty of Science, Kasetsart University, 50 Ngamwongwan, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand*

[2] *Human Genetic Laboratory, Department of Pathology, Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital, Mahidol University, Bangkok 10400, Thailand*

[3] *Animal Breeding and Genetics Consortium of Kasetsart University (ABG-KU), 50 Ngamwongwan, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand*

[4] *Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, 50 Ngamwongwan, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand*

[5] *Nakornratchasima Zoo, 111 Nakhon Ratchasima-Pak Thong Chai Rd., Amphoe Mueang, Nakhon Ratchasima* 30000*, Thailand*

[6] *Bureau of Conservation and Research, Zoological Park Organization under the Royal Patronage of His Majesty the King, 71 Rama V Rd., Dusit, Bangkok 10300, Thailand*

[7] *Department of Biology, Faculty of Science, Naresuan University, 99/9 Amphoe Mueangphitsanulok, Phitsanulok 65000, Thailand*

[8] *Center of Excellence on Agricultural Biotechnology: (AG-BIO/PERDO-CHE), Bangkok 10900, Thailand*

* *Corresponding author, e-mail:* kornsorn.s@ku.ac.th

Introduction

Cyrtodactylus is one of the largest genera of globally gecko lizards, with over 200 described species, it is widely distributed in Southern to Southeast Asia, Himalayas, Indonesia, northern Australia as well as Oceania (Nazarov *et al*., 2014; Wood *et al*., 2012). It contains 34 recognized species in Thailand is a diverse genus of Asian geckos, commonly known as curve-toed geckos. Currently, thirteen species from thirty-four species of *Cyrtodactylus* that are found in Thailand, which is listed as protected species under the Thai Wildlife Protection Act of 2003. Those list does not include seven species that have been described most recently (Ellis & Pauwels, 2012; Sumontha *et al*., 2010). *Cyrtodactylus peguensis*, *Cyrtodactylus thirakupti*, *Cyrtodactylus auribaltealus* are an endangered species in Thailand. Recently, molecular phylogenies of *Cyrtodactylus* were revealed biodiversity such as investigated samples from west to east pattern of diversification, moreover, basal divergences correlated with the India–Asia collision. There were make the genus the candidate for exploring faunal impacts of the collision. Over the last decade, the diversity of the *Cyrtodactylus* are increased as a consequence of numerous descriptions of new species, most of them was discovered in karst and caves of Southeast Asia and Oceania area. Additionally, phylogenetic information with a large number of species and variable genetic markers on *Cyrtodactylus* is needed to require and elucidated more conclusive evidence of *Cyrtodactylus* diversity.

Surprisingly, although the diversity of this lizard is very critical. Previous phylogenetic studies based on *ND2* and/or COI genes may not be sufficient to delimit several cryptic species (Agarwal *et al*., 2014; Lohse, 2009; Nguyen *et al*., 2014). In this study, *ND2* gene of five *Cyrtodactylus*: *Cyrtodactylus peguensis, C. tigroides, C. thirakhupti, C. auribalteatus*, and *C. chanhomeae* was found and characterized in Thailand. Based on the phylogenetic relationships of *ND2* gene with the largest molecular dataset, the evolutionary process of *ND2* within *Cyrtodactylus* diversity was discussed. The aim of this research was to study the phylogenic position of some *Crytodactylus* species in Thailand.

Materials and Methods

Specimen collection and DNA Extraction

An individual of five species (*C. peguensis, C. tigroides, C. thirakhupti, C. auribalteatus, and C. chanhomeae*) that kept in 100% ethanol during 2012-2014 were taken from Nakornratchasima zoo. Individual species were morphologically classified based on morphology (Nazarov *et al*., 2014). A piece of muscle clipped from curve-toed geckos in each sample was collected as source of DNA. Whole genomic DNA was extracted following the standard salting-out protocol as described previously (Supikamolseni *et al*., 2015). Animal care and all experimental procedures were approved by the Animal Experiment Committee, Kasetsart

University, Thailand (approval no. ACKU-SCI-022), and conducted according to the Regulations on Animal Experiments at Kasetsart University.

Primers and PCR conditions were previously described (Kumazawa & Endo, 2004). PCR amplification was performed using 20 μl of 1× ThermoPol buffer containing 1.5 mM $MgCl_2$, 0.2 mM dNTPs, 5.0 μM of primers, 0.5 U of *Taq* polymerase (Apsalagen Co. Ltd., Bangkok, Thailand), and 25 ng of genomic DNA. PCR conditions were as follows: initial denaturation at 94°C for 3 min, followed by 35 cycles of 94°C for 30 s, 45 – 60°C for 30 s, and 72°C for 1 min 30 s, and then a final extension at 72°C for 5 min. The PCR products were detected by electrophoresis on 1% agarose gels. The PCR products were purified using FavorPrep GEL/PCR Purification Mini Kit (Favorgen Biotech Corp., Ping-Tung, Taiwan), and the nucleotide sequences of the DNA fragments were determined using an Applied Biosystem 3500 Genetic Analyzer (Life Technology, California, USA).

Nucleotide sequence annotation and analysis

Sequence assembly was performed to combine all overlapping PCR fragments into one contig strand using SeqScape software v 2.5 (Applied Biosystem, California, USA) and re-checked by visual inspection to ensure the accuracy of variable sites identified by the program. Multiple sequence alignment of mitochondrial *ND2* gene was performed for 119 *Cyrtodactylus* species and five species as the outgroup (*Gekko gecko, Gekko japonicus, Hemidactylus bowringii, Hemidactylus frenatus and Iguana iguana*), using the default parameters of MEGA 6 software (Tamura *et al*., 2013). Phylogenetic analysis of both two data sets was then performed, using Bayesian inference (BI) and Maximum Likelihood (ML). The best-fit model of DNA substitution was determined for each gene using Kakusan4 (Tanabe, 2007). BI analyses were performed with MrBayes v3.2.6 (Huelsenbeck & Ronquist, 2001). The Markov chain Monte Carlo process was used to run four chains simultaneously for one million generations, sampling every 100 generations. Log likelihood and parameter values were assessed with Tracers v. 1.6 (Rambaut, 2014). A burn-in of 25% of saved trees was removed, and the remaining trees were used to generate a majority-rule consensus tree with average branch lengths. The Bayesian posterior probability in the sampled tree population was obtained in percentage terms. ML analyses for all data sets were performed using RAxML, followed by bootstrap analysis conducted with 1000 replications. Combining the definite phylogenetic relationships of different species, with the distributed information of each mitogenome type in the phylogenetic lineage of curve-toed geckos, the evolutionary process of the mitogenome structure were determined. The genome arrangements with the same components and order were classified as identical type.

Result and Discussion

The mitochondrial *ND2* gene of *C. peguensis*, *C. tigroides,* and *C. chanhomeae* have been reported in Genbank database. However, *C. thirakhupti* and *C. auribalteatus* have been not reported in the database. This study was the first report of mitochondrial *ND2* gene of *Crytodactylus* in Thailand. The *ND2* gene of these species was sequenced and carried out for building the phylogenic tree. To investigate the phylogenetic position of all studied *Cyrtodactylus* in *Cyrtodactylus* phylogeny, the phylogenetic tree was constructed and analyzed based on *ND2* data set from 119 *Cyrtodactylus* species, together with those for 114 gecko lizard species obtained from the GenBank database were conducted. The results showed that the most sequences of *Cyrtodactylus* species were arranged distinctively into 17 clusters according to geographic distribution (Figure 1). The results from ML and BI divided the phylogeny trees into A-Q clades. Phylogeny tree was added *Cyrtodactylus* sequences database from slightly 21 Papua New Guinea data and 14 Malaysia data. Their results were revealed as follows: clade F can divided samples from Papua New Guinea. Malaysia samples clade has belonged into clade G, which closely related with clade H (Figure 1). Whereas, four *Cyrtodactylus* in Thailand (*C. peguensis, C. thirakhupti, C. auribalteatus*, and *C. tigroides*) were showed monophyletic clade and grouped in clade H. Moreover, the comparing of geological distribution in our samples data was relatively closed in habitat living (Figure 1). Nevertheless, the position of *C. chanhomeae* in the phylogeny was found in Clade C and closely related with Clade D (Geckoella species) which similar with previous research of Grismer *et al*. (2010) and Wood *et al*. (2012) (Figure 1). Normally, the group of Geckoella species in Clade D is distributed in India and Sri Lanka peninsular. Thai *Cyrtodactylus* in Clade C of phylogeny tree was the most interesting feature in this study. The geological comparison between Thai *Cyrtodactylus* species in Clade C (*C. chanhomeae*, *C. chanhomeae* (in this study), *C. angularis* and *C. jarujini*) and Clade H (*C. tigroides*, *C.auribalteatus* (in this study), *C. oldhami*, *C.payarhtanensis*, *C.tigroides* (in this study), *C.thirakhupti* (in this study), *C. lenya*, *C. peguensis* and *C.peguensis* (in this study)) was found that the *Cyrtodactylus* species in clade C distributed in northeast area of Thailand while the species in clade H located at the west and south area of Thailand nearly Thai-Malay peninsula. However, *C. chanhomeae* in clade C widely distributed in the northeastern part of Thailand. This species located in similar area with the previous study of *Geckoella* species where was the dry geological zone (Agarwal & Karanth, 2015). Furthermore, in clade H, the genetic information of *C. tigroides* from Genbank was not monophyletic group with *C. tigroides* of this study. It was possible to be misidentified species or revealed cryptic species.

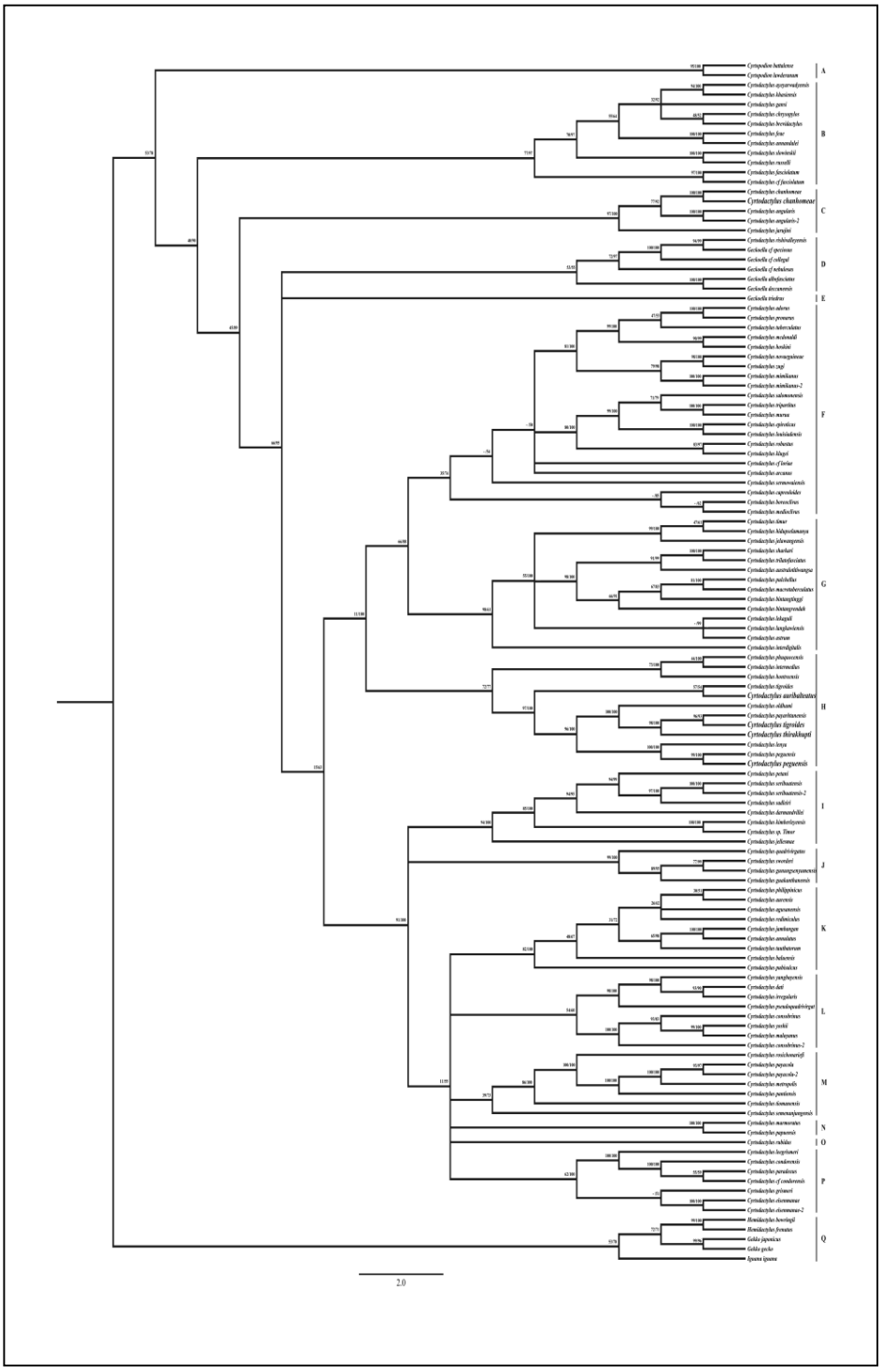


Figure 1 Phylogenic relationship among 119 *Crytodactylus* constructed using the *ND2* gene sequences.

Conclusion

The pattern of phylogenies of *ND2* gene separated five *Cyrtodactylus* collected in Thailand as two groups. The phylogeny of *C. chanhomeae* closely related with *Geckoella* species which widely distributed in India and Sri Lanka peninsular (Clade D). In contrast, four *Cyrtodactylus* were closely related with Malaysia Clade.

Suggestion

According to this study, some cryptic species was not identified successfully by using ND2 gene marker. The study of the whole mitochondrial genome would clarify the identification of cryptic species.

Acknowledgements

We would like to thank Nakhon Ratchasima Zoo and the Conservation Research and Education Division, Zoological Park Organization, Dusit, Bangkok, Thailand for sample collection. This study was financially supported by grants from the Fellowship of Capacity Building for Kasetsart University on Internationalization at Kasetsart University (No. 0513.10109/8384).

References

Agarwal, I., Bauer, A. M., Jackman, T. R., & Karanth, K. P. (2014). Insights into Himalayan biogeography from geckos: A molecular phylogeny of *Cyrtodactylus* (Squamata: Gekkonidae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 80, 145–155.

Agarwal, I., & Karanth, K. P. (2015). A phylogeny of the only ground-dwelling radiation of *Cyrtodactylus* (Squamata, Gekkonidae): diversification of *Geckoella* across peninsular India and Sri Lanka. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 82, 193–199.

Ellis, M., & Pauwels, O. S. (2012). The bent-toed geckos (*Cyrtodactylus*) of the caves and karst of Thailand. **Cave and Karst Science**, 39(1), 16–22.

Grismer, J. L., Grismer, L. L., & Chav, T. (2010). New species of *Cnemaspis strauch* 1887 (Squamata: Gekkonidae) from southwestern Cambodia. **Journal of Herpetology**, 44(1), 28–36.

Huelsenbeck, J. P., & Ronquist, F. (2001). MRBAYES: Bayesian inference of phylogenetic trees. **Bioinformatics (Oxford, England)**, 17(8), 754–755.

Kumazawa, Y., & Endo, H. (2004). Mitochondrial genome of the Komodo dragon: efficient sequencing method with reptile-oriented primers and novel gene rearrangements. **DNA Research**, 11(2), 115–125.

Lohse, K. (2009). Can mtDNA barcodes be used to delimit species? A response to Pons et al. (2006). **Systematic Biolog***y*, 58(4), 439–442; discussion 442-444.

Nazarov, R. A., Poyarkov, N. A., Orlov, N. L., Nguyen, S. N., Milto, K. D., Martynov, A. A., Chulisov, A. S. (2014). **A review of genus *Cyrtodactylus* (Reptilia: Sauria: Gekkonidae) in fauna of Laos with description of four new species**. Proceedings of the Zoological Institute RAS, 318(4), 391–423.

Nguyen, S. N., Yang, J. X., Le, T. N. T., Nguyen, L. T., Orlov, N. L., Hoang, C. V., Zhang, Y. P. (2014). DNA barcoding of Vietnamese bent-toed geckos (Squamata: Gekkonidae: *Cyrtodactylus*) and the description of a new species. **Zootaxa**, 3784(1), 48.

Rambaut, A. (2014). **FigTree version 1.4.2**. Retrieved from http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree

Sumontha, M., Panitvong, N., & Deein, G. (2010). *Cyrtodactylus auribalteatus* (Squamata: Gekkonidae), a new cave-dwelling gecko from Phitsanulok Province, Thailand. **Zootaxa**, 2370, 53–64.

Supikamolseni, A., Ngaoburanawit, N., Sumontha, M., Chanhome, L., Suntrarachun, S., Peyachoknagul, S., & Srikulnath, K. (2015). Molecular barcoding of venomous snakes and species-specific multiplex PCR assay to identify snake groups for which antivenom is available in Thailand. **Genetics and Molecular Research**, 14, 13981–13997.

Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A., & Kumar, S. (2013). MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. **Molecular Biology and Evolution**, *30*(12), 2725–2729.

Tanabe, A. S. (2007). Kakusan: a computer program to automate the selection of a nucleotide substitution model and the configuration of a mixed model on multilocus data. **Molecular Ecology Notes**, 7(6), 962–964.

Wood, P. L., Heinicke, M. P., Jackman, T. R., & Bauer, A. M. (2012). Phylogeny of bent-toed geckos (*Cyrtodactylus*) reveals a west to east pattern of diversification. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 65(3), 992–1003.

การศึกษาพารามิเตอร์ของการขึ้นรูปยางด้วยวิธีการอัดที่ส่งผลต่อความดันภายในเบ้าของแม่พิมพ์และความสมบูรณ์ของชิ้นงานด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ปฏิพัทธ์ โฆสิโต[1*] ณัฐพล จันทร์พาณิชย์[2*]

บทคัดย่อ

ความดันภายในเบ้าแม่พิมพ์ (Cavity Pressure) ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบแม่พิมพ์ และกำหนดขนาดเครื่องจักรในการขึ้นรูป โดยทั่วไปวัสดุที่ใช้อัดขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ที่แตกต่างกันส่งผลให้เกิดความดันในเบ้าที่ต่างกันด้วยนอกจากปัจจัยด้านวัสดุแล้ว มิติของแม่พิมพ์ก็ส่งผลต่อความดันและรวมไปถึงความสมบูรณ์ของชิ้นงานด้วยเช่นกัน ในปัจจุบันองค์ความรู้ด้านวัสดุศาสตร์และแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการขึ้นรูปของพลาสติกค่อนข้างแพร่หลายและค่อนข้างสมบูรณ์ แต่ในยางเหล่านี้นั้นยังมีผู้ศึกษาปัจจัยเหล่านี้น้อย และยังไม่สามารถยกข้อมูลที่อ้างอิงได้โดยง่าย ซึ่งหากทำการศึกษาปัจจัยเหล่านี้แล้วย่อมทำให้ผู้ออกแบบในภาคอุตสาหกรรมได้รับประโยชน์เป็นอย่างดี ถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการอัดขึ้นรูปยางด้วยแม่พิมพ์แบบอัด (Compression Mold) ซึ่งประกอบไปด้วยปริมาตรของยางดิบเพื่อขึ้นรูป (Rubber Compound) ขนาดและระยะของช่องที่ได้ออกแบบไว้เพื่อการล้นของยาง และรัศมีความโค้งของมุมของช่องที่ยางไหลเข้าร่องล้นของแม่พิมพ์ โดยได้นำปัจจัยดังกล่าวมาศึกษาด้วยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ และพบว่าในการออกแบบแม่พิมพ์ยางแบบอัดขึ้นรูปนั้นผู้วิจัยได้พบว่าปัจจัยดังกล่าวที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นมีผลกระทบต่อแรงดันที่เกิดขึ้นภายในเบ้าพิมพ์ โดยปริมาตรของยางดิบเพื่อขึ้นรูป (Rubber Compound) ที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ความดันที่เกิดขึ้นในเบ้าสูงตามไปด้วย ขนาดและระยะของช่องล้นของยางที่มีระยะที่มากขึ้นจะส่งผลทำให้ความดันภายในเบ้าลดลง และรัศมีความโค้งของมุมของช่องที่ยางไหลเข้าร่องล้นนั้นยังมีรัศมีความโค้งมากขึ้น จะทำให้การไหลของยางเข้าสู่ช่องล้นนั้นทำได้ง่ายอันส่งผลทำให้ความดันภายในเบ้าลดลง

คำสำคัญ : แม่พิมพ์ยางแบบอัด ความดันภายในเบ้าแม่พิมพ์ยางแบบอัด

[1] นิสิตปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเครื่องกลและการออกแบบ คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา e-mail: patiphatkhosito@gmail.com

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: nattapon@eng.src.ku.ac.th*

EFFECT OF COMPRESSION MOLDING PARAMETERS TO THE PRESSURE CAVITY AND PERFECTION OF WORKPIECE USING FINITE ELEMENT ANALYSIS

Patiphat Khosito[1*] Nattapon Chantarapanich[2]

Abstract

Cavity pressure is an important factor in mold design and identify the size of compression machine. Generally, the different materials results in different pressure level in cavity. In addition to materials, the dimension of mold also affects the pressure and perfection of final workpiece. At present day, knowledge of materials and molds affecting plastic forming is widespread, but for rubbers, these factors has so far been little studied. The study of these factors will be the benefit to the mold designer. In this study, factors of the compressive mold dimensions and processing parameters, including rubber compound, size and length of rubber overflow, and radius of cavity angle are conducted to monitor the perfection of final workpiece using finite element method. Result was found that the design of compressive mold affecting to the pressure inside the mold cavity. The higher volume of rubber compound leads to higher pressure in the cavity. The larger size and longer of the rubber flow affects to the lower cavity pressure. In addition, the more radius of curvature affects to easier the rubber flow to the land and the cavity pressure lower.

Keyword : Compressive Mold, Pressure Cavity

[1] *Graduate Student, Master Degree in Mechanical and Design Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University e-mail: best_logician@hotmail.com*

[2] *Assistant professor, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University Sriracha Campus e-mail: nattapon@eng.src.ku.ac.th*

** Corresponding author, e-mail: nattapon@eng.src.ku.ac.th*

บทนำ

ปัจจุบันมีการใช้ยางในชีวิตประจำวันของประชาชนทั่วไป รวมไปถึงการใช้งานในชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักรทั้งในภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมเป็นจำนวนมาก การขึ้นรูปยางเป็นสิ่งที่สำคัญต่อการแปรรูปยางดิบเพื่อการขึ้นรูป (Rubber Compound) อย่างยิ่ง ซึ่งวิธีการขึ้นรูปยางนั้นจำเป็นที่ต้องใช้แม่พิมพ์เป็นอุปกรณ์หลักในการคงรูปยางด้วยการให้ความร้อน เพื่อทำให้ยางดิบเกิดปฏิกิริยาจัดเรียงโครงสร้างแบบตาข่าย (Crosslink Reaction) เพื่อให้ยางคงรูปและได้สมบัติของยางตามที่ต้องการซึ่งกระบวนการดังกล่าวนี้เรียกว่า กระบวนการคงรูปของยาง (Vulcanization)

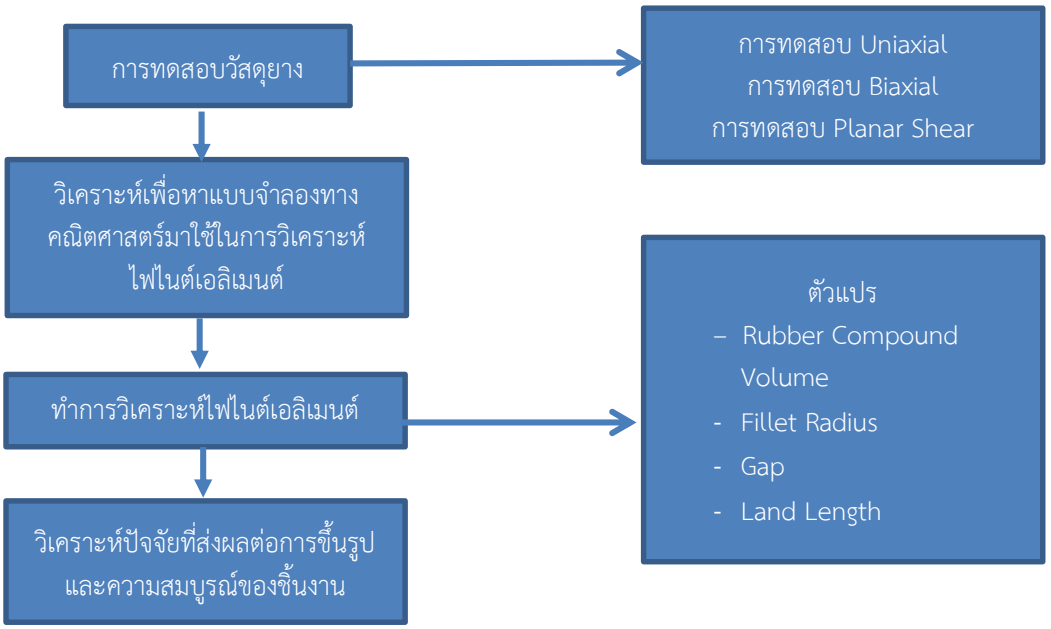
แม่พิมพ์ยางที่ใช้ในการขึ้นรูปในการผลิตยางแบ่งเป็น 3 แบบ คือ แม่พิมพ์แบบกดอัด (Compression Mold) แม่พิมพ์แบบกึ่งฉีด (Transfer Mold) และแม่พิมพ์แบบฉีด (Injection Mold) ซึ่งผู้วิจัยเลือกทำการวิจัยการศึกษาพารามิเตอร์ของการขึ้นรูปยางด้วยแม่พิมพ์แบบกดอัด เนื่องด้วยการใช้แม่พิมพ์แบบกดอัดนั้นเป็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมขึ้นรูปยางเนื่องจากเป็นแม่พิมพ์ที่ราคาถูก สามารถทำการขึ้นรูปของชิ้นงานที่รูปทรงไม่ซับซ้อนมาก การผลิตแม่พิมพ์ง่าย สะดวก และรวดเร็ว การใช้งานและบำรุงรักษาทำได้อย่างสะดวกไม่ยุ่งยาก อีกปัจจัยหนึ่งคือมีผู้ที่ทำการศึกษาพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์แบบกดอัดน้อยเมื่อเทียบกับการใช้งานของแม่พิมพ์ประเภทอื่นในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมรถยนต์ที่มีการใช้ชิ้นงานที่ประกอบขึ้นจากโลหะและยางที่เป็นตัวรับแรงกระแทก แม้ว่าจะมีงานวิจัยที่ศึกษาก่อนหน้านี้ให้ความสำคัญในเรื่องของการวัดอุณหภูมิและความดันภายในแม่พิมพ์แบบฉีด (Kyas et al., 2012) แต่ยังไม่มีงานวิจัยที่ได้ศึกษาในแม่พิมพ์แบบอัดโดยคำนึงถึงความสมบูรณ์ของชิ้นงาน ซึ่งถือเป็นความรู้ (Know-How) ที่สำคัญที่ส่งผลให้การออกแบบแม่พิมพ์และขึ้นรูปนั้นประสบความสำเร็จ ดังนั้น จึงเป็นที่มาของการศึกษาค่าพารามิเตอร์ของการขึ้นรูปยาง ด้วยวิธีการอัดขึ้นรูปนั้น โดยสร้างแบบจำลองการเกิดแรงดันที่เกิดขึ้นภายใน Mold ด้วยกระบวนการทาง CAE (Computer Aided Engineering) และวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาพารามิเตอร์ด้านมิติของแม่พิมพ์และกระบวนการขึ้นรูปที่ส่งผลต่อความดันภายในเบ้าของแม่พิมพ์และความสมบูรณ์ของชิ้นงานด้วยกระบวนการทาง CAE (Computer Aid Engineering) ผ่านวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

วิธีดำเนินการวิจัย

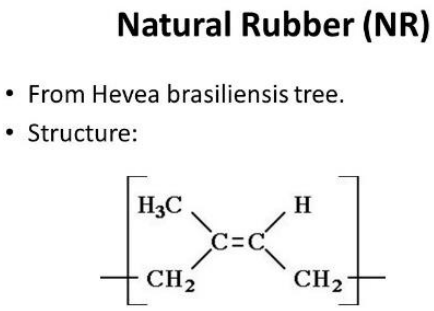
ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนที่ได้แสดงในแผนภาพโดยเริ่มจากการทดสอบยาง วิเคราะห์หาแบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์ และวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการขึ้นรูปและความสมบูรณ์ของชิ้นงาน



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำยางที่จะนำมาทดสอบคุณสมบัติทางพฤติกรรมของยางซึ่งเป็นยางชนิด ยางธรรมชาติ หรือ NR มาทำการผสมสารเคมีต่าง ๆ เพื่อที่จะได้ยางคอมปาวด์ที่สามารถนำมาขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ยางแบบกดอัดได้ ซึ่งสารเคมีต่าง ๆ จะประกอบไปด้วย

1. ยาง จะเป็นยางธรรมชาติ (natural rubber; NR)
2. สารวัลคาไนซ์ (vulcanizing agent)
3. สารตัวเร่งปฏิกิริยา (accelerator)
4. สารกระตุ้นปฏิกิริยา (activator)
5. สารป้องกันการเสื่อมสภาพ (antidegradants)
6. สารตัวเติม (fillers)
7. สารทำให้ยางนิ่มและสารช่วยในกระบวนการผลิต (plasticizers and processing aids)
8. สี (pigments)

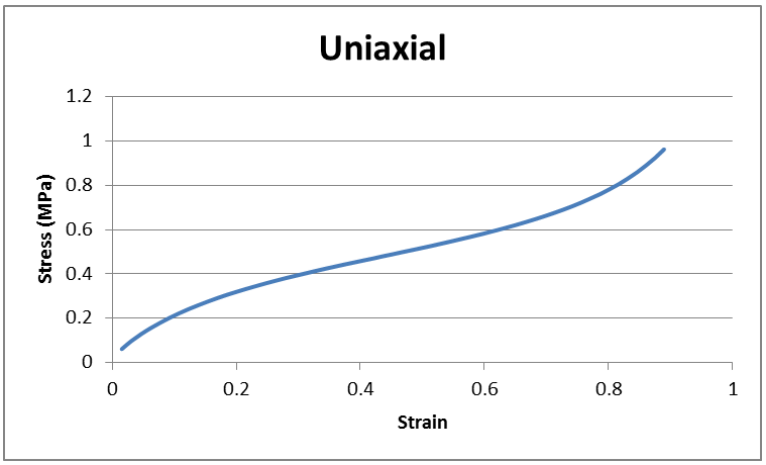


ภาพที่ 2 สูตรโครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ

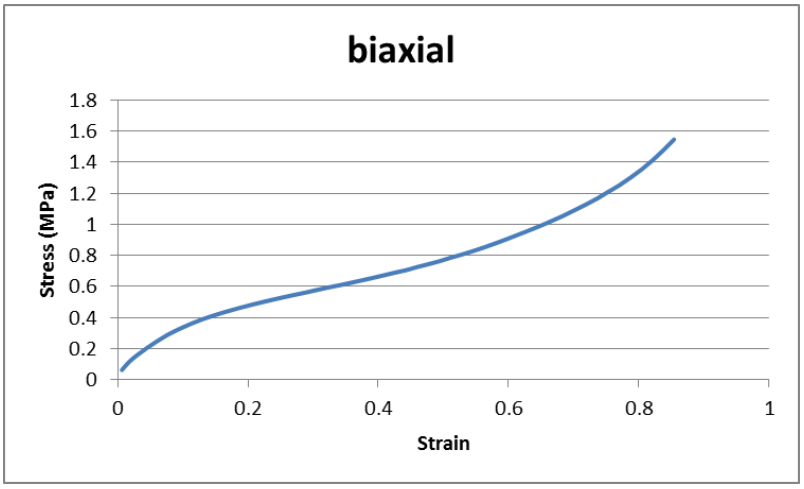
การทดสอบหาสมบัติของวัสดุยางเพื่อใช้ในการจำลองความดันที่เกิดขึ้นจากการกดอัดของยาง ซึ่งได้ทำการทดสอบสมบัติของยางทั้งหมด 3 แบบ คือ

1. การทดสอบการดึงในแกนเดียว (Uniaxial)
2. การทดสอบการดึงในสองแกน (Biaxial)
3. การทดสอบการดึงในแนวระนาบ (Planar Shear)

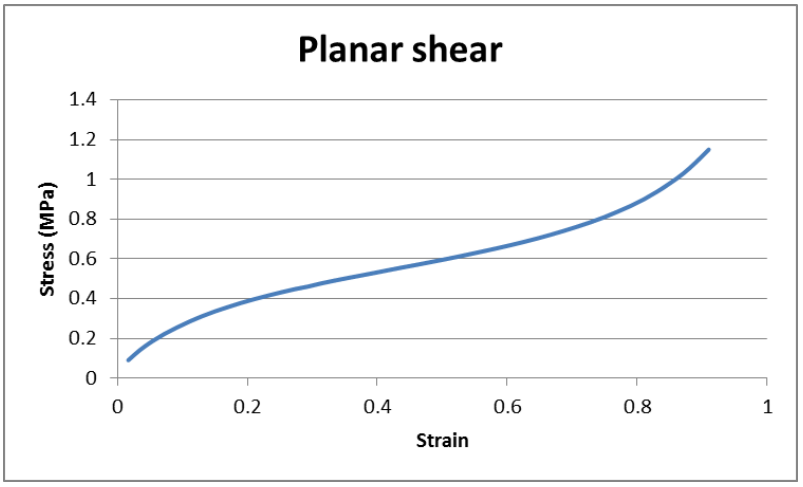
ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D575-91 (ASTM, 2018) และได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดและความเค้นดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดและความเค้นแบบการดึงในแกนเดียว

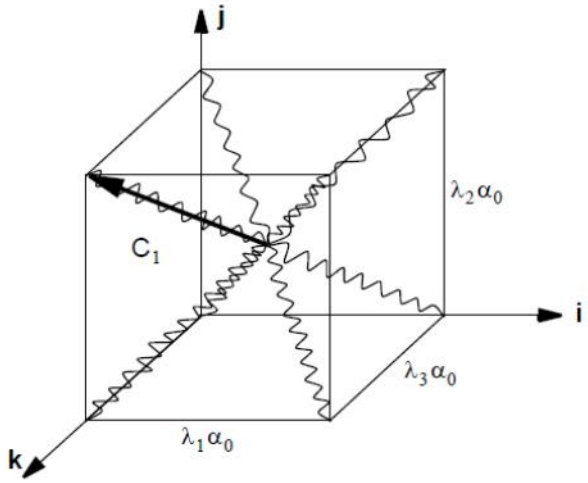


ภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเครียดและความเค้นแบบดึงสองแกน



ภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเครียดและความเค้นแบบ ดึงในแนวระนาบ

สมบัติวัสดุยางที่ใช้เนื่องจากเป็นวัสดุประเภทไฮเปอร์อีลาสติก จึงเลือกใช้โมเดลในการจำลองการเกิดแรงดันภายในเบ้าที่เกิดขึ้นด้วย Arruda Boyce Model เนื่องจากมีผู้ทำวิจัยโดยอาศัยแบบจำลอง Arruda Boyce Model ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ศึกษาในระดับ Micro-Mechanical Models ซึ่งจะให้ผลที่มีความแม่นยำสูงกว่าโมเดลอื่น



$$W_{dev}^{\text{Arruda-Boyce}} = nk\Theta\left[\frac{1}{2}(I_1 - 3) + \frac{1}{20N}(I_1^2 - 9) + \frac{11}{1050N^2}(I_1^3 - 27) + \frac{19}{7000N^3}(I_1^4 - 81) + \frac{519}{673750N^4}(I_1^5 - 243)\right]$$

โดย	n	คือ	ความหนาแน่นของห่วงโซ่โมเลกุล
	K	คือ	ค่าคงที่ของ Boltzmann
	T	คือ	อุณหภูมิ
	N	คือ	โอกาสที่สายโซ่โมเลกุลมาจับตัวกันจนเกิดโครงสร้างแบบร่างแห

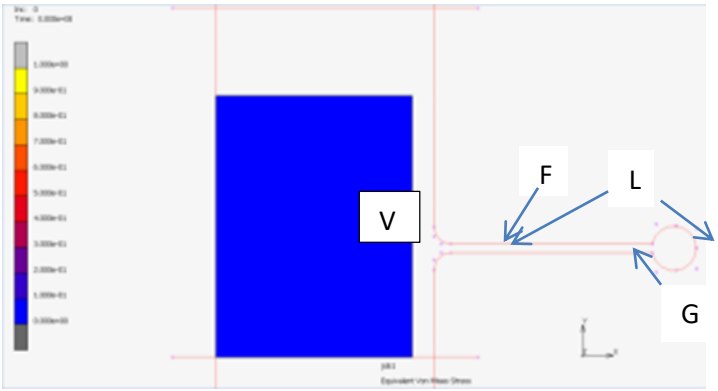
ภาพที่ 6 แสดงแบบจำลอง Arruda boyce

ซึ่งในที่นี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมทางคณิตศาสตร์คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของยางที่ใช้ใน Arruda Boyce Model ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ทางคณิตศาสตร์ของ Arruda Boyce Model

Nkt	Chain Length
0.534609	13.405400

นำค่าพารามิเตอร์ที่จะทำการทดสอบซึ่งประกอบไปด้วย



ภาพที่ 7 ตำแหน่งของพารามิเตอร์

1. ปริมาณยางที่ใช้ทดสอบ (Rubber Compound Volume)
2. รัศมีความโค้งของร่องยางล้น (Fillet Radius)
3. ความกว้างของร่องยางล้น (Gap)
4. ความยางของร่องยางล้น (Land Length)

มาจำลองการเกิดแรงดันภายในเบ้าในรูปแบบการจำลองแบบสองมิติและทำการออกแบบการทดลองของค่าพารามิเตอร์ที่มีผลกระทบต่อความดันภายในเบ้าแม่พิมพ์ยางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 การออกแบบการทดลองของค่าพารามิเตอร์ Case ต่าง ๆ ที่ใช้หาค่าแรงดันภายในเบ้าแม่พิมพ์

	Volume (20%)	Land Length (25mm)	Gap (1mm)	Fillet (N/A)
Volume (10%)	Change	10% 20%	10% 20%	10% 20%
Land Length(15mm)	15mm 25mm	Change	15mm 25mm	15mm 25mm
Gap (0.5mm)	0.5 1	0.5 1	Change	0.5 1
Fillet (R2mm)	R 2 mm No	R 2 mm No	R 2 mm No	Change

ตารางที่ 3 case ต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุมความดันภายในเบ้าแม่พิมพ์

	V	L	S	F
CASE R1	10%	-	-	-
CASE R2	20%	-	-	-
CASE I	10%	15mm	1mm	N/A
CASE II	10%	25mm	1mm	N/A
CASE III	10%	15mm	0.5mm	2mm
CASE IV	10%	25mm	0.5mm	2mm
CASE V	20%	15mm	1mm	N/A
CASE VI	20%	25mm	1mm	N/A
CASE VII	20%	15mm	0.5mm	2mm
CASE VIII	20%	25mm	0.5mm	2mm

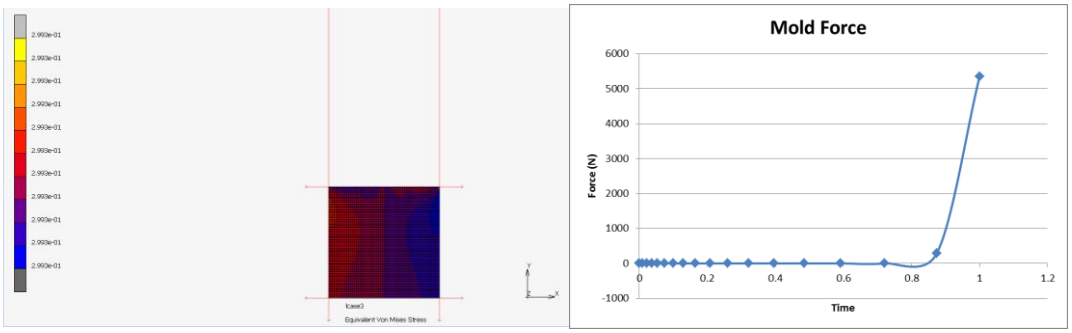
ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ผลการจำลองความดันภายในเบ้าแม่พิมพ์อัดยางสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของแม่พิมพ์ยางแบบอัดกับความดันยางที่เกิดขึ้นและความสมบูรณ์ของชิ้นงานได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4 ผลแรงดันภายในเบ้าแม่พิมพ์ยางและความสมบูรณ์ของชิ้นงาน

CASE	Parameter				ความดันภายในเบ้า (MPa)	ความสมบูรณ์ของชิ้นงาน
	V	L	G	F		
R-1	10%	-	-	-	9.616	เต็มเบ้า
R-2	10%	-	-	-	27.68	เต็มเบ้า
I	10%	15	1	No	0.048	เต็มเบ้า / ไม่ไหลเข้าร่องล้น
II	10%	25	1	2mm	4.32	เต็มเบ้า
III	10%	15	0.5	2mm	4.48/3.20	เต็มเบ้า
IV	10%	25	0.5	2mm	2.8/2.16	เต็มเบ้า
V	20%	15	1	No	0.565761	เต็มเบ้า / ไม่ไหลเข้าร่องล้น
VI	20%	25	1	2mm	0.187	เต็มเบ้า / ไหลเข้าช่องร่องล้น แต่ไม่ถึงร่องล้น
VII	20%	15	0.5	2mm	0.048	เต็มเบ้า / ไม่ไหลเข้าร่องล้น
VIII	20%	25	0.5	2mm	0.048	เต็มเบ้า / ไม่ไหลเข้าร่องล้น

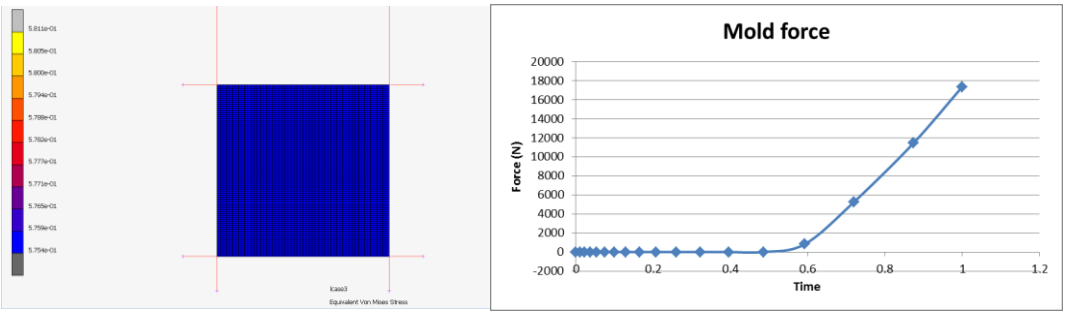
Case R-1 : V=10% , 20%, L=0mm, G=0mm, F=No



ภาพที่ 8 การจำลองความดันภายในเบ้า Case R-1(ซ้าย) กราฟแสดงแรงที่ยางกระทำกับแม่พิมพ์ Case R-1(ขวา)

จากการวิจัยพบว่าแรงดันจะเกิดขึ้นในการกดอัดยางที่มีปริมาตรมากกว่าปริมาตรของเบ้าแม่พิมพ์ 10% จะได้ความดันภายในเบ้าเท่ากับ 9.616 MPa

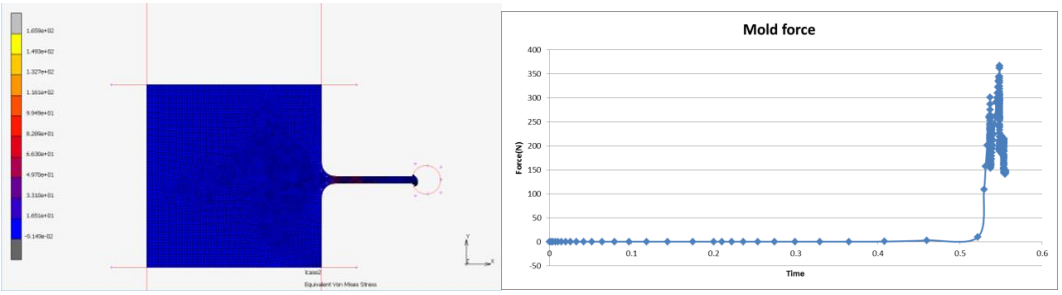
Case R-2 : V = 20% , 20%, L = 0mm, G = 0mm, F = No



ภาพที่ 9 การจำลองความดันภายในเบ้า Case R-2(ซ้าย) กราฟแสดงแรงที่ยางกระทำกับแม่พิมพ์ Case R-2(ขวา)

จากการวิจัยพบว่าแรงดันจะเกิดขึ้นในการกดอัดยางที่มีปริมาตรมากกว่าปริมาตรของเบ้าแม่พิมพ์ 20% จะได้ความดันภายในเบ้าเท่ากับ 27.68 MPa

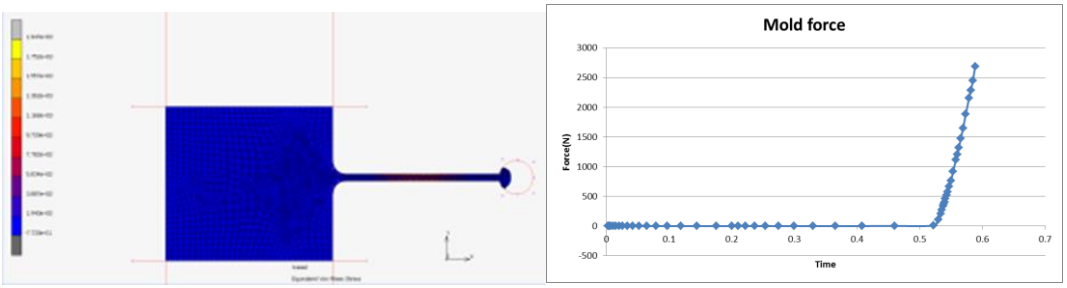
Case I : V=10% , L=15mm, G=1mm, F=No



ภาพที่ 10 การจำลองความดันภายในเบ้า I (ซ้าย) กราฟแสดงแรงที่ยางกระทำกับแม่พิมพ์ Case I (ขวา)

จากการจำลองความดันภายในเบ้าแม่พิมพ์อัดยางด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Arruda Boyce Model พบว่าเมื่อไม่มีรัศมีความโค้งของร่องยางล้น (Fillet Radius) นั้น ยางที่ถูกอัดลงมาจะไม่สามารถไหลเข้าร่องรูล้นยางได้อันเป็นเหตุให้แรงดันภายในเบ้าขึ้นสูงสุดจนไม่สามารถกดอัดแม่พิมพ์ลงไปได้

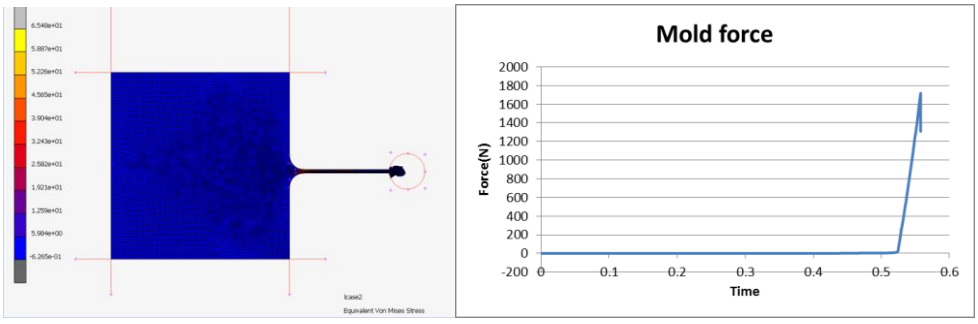
Case II : V=10% , L=25mm, G=1mm, F=2mm



ภาพที่ 11 การจำลองความดันภายในเบ้า Case II (ซ้าย) กราฟแสดงแรงที่ยางกระทำกับแม่พิมพ์ Case II (ขวา)

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแรงดันภายในเบ้าที่จำลองด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ Arruda Boyce นั้นมีค่าเท่ากับ 4.32 MPa และความสมบูรณ์ของชิ้นงานคือเต็มเบ้าสมบูรณ์แบบ

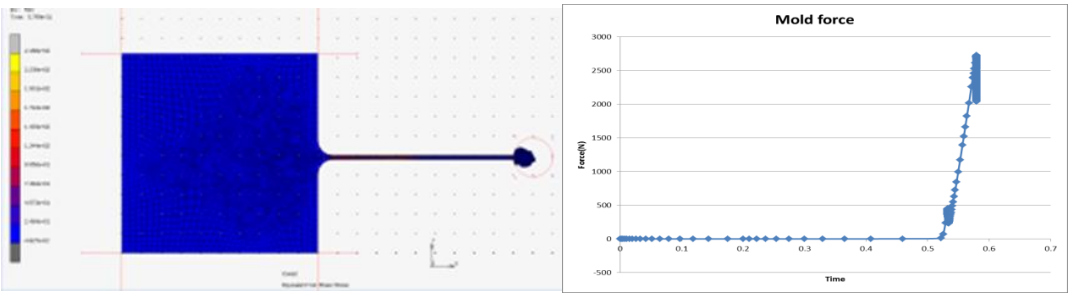
Case III : V=10% , L=15mm, G=0.5mm, F=2mm



ภาพที่ 12 การจำลองความดันภายในเบ้า Case III (ซ้าย) กราฟแสดงแรงที่ยางกระทำกับแม่พิมพ์ Case III (ขวา)

จากผลการวิจัยนั้นแรงดันภายในเบ้าที่จำลองด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ Arruda Boyce ที่ไหลเข่าช่องรูล้น 0.5mm จะมีแรงดันที่เกิดขึ้นในเบ้าแม่พิมพ์เท่ากับ 4.48 MPa จากนั้นเมื่อยางไหลเข้าส่วนของช่องล้นภายในเบ้าพิมพ์ แรงดันจะลดลงมาที่ 3.20MPa และสภาพยางเต็มเบ้าแม่พิมพ์สมบูรณ์แบบ

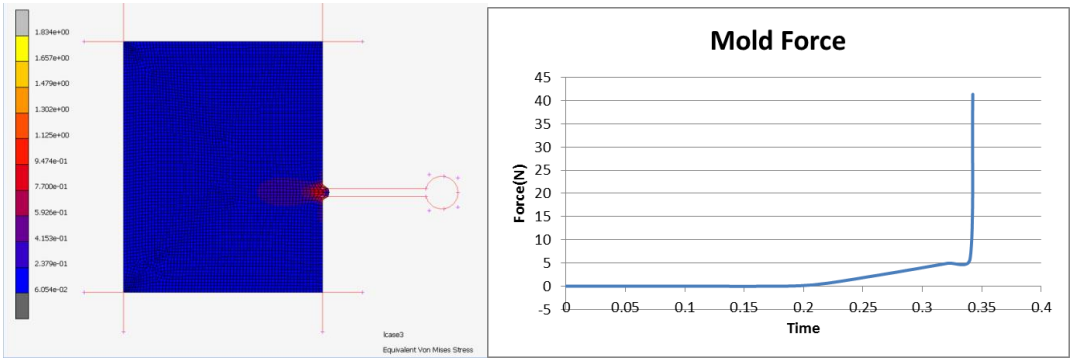
Case IV : V=10%, L=25mm, G=0.5mm, F=2mm



ภาพที่ 13 การจำลองความดันภายในเบ้า Case IV (ซ้าย) กราฟแสดงแรงที่ยางกระทำกับแม่พิมพ์ Case IV (ขวา)

จากผลการวิจัยพบว่า แรงดันภายในเบ้าที่จำลองด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ Arruda Boyce ในสภาพที่ไหลเข้ารูล้น 0.5mm จะมีแรงดันเกิดขึ้นในเบ้าเท่ากับ 2.8 MPa และเมื่อยางไหลผ่านเข้าสู่ช่องรูล้นภายในเบ้าพิมพ์ แรงดันจะลดลงมาที่ 2.16 MPa สภาพของชิ้นงานเต็มเบ้าและสมบูรณ์

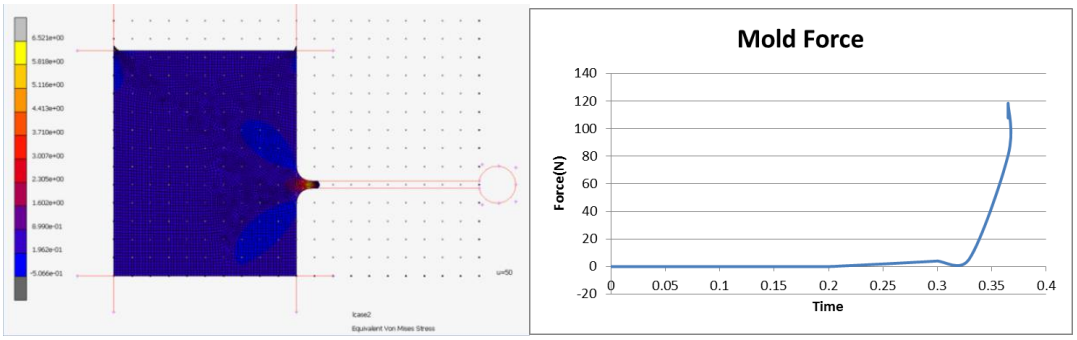
Case V : V=20%, L=15mm, G=1mm, F=No



ภาพที่ 14 การจำลองความดันภายในเบ้า Case V (ซ้าย) กราฟแสดงแรงที่ยางกระทำกับแม่พิมพ์ Case V (ขวา)

จากการจำลองความดันภายในเบ้าแม่พิมพ์อัดยางด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Arruda Boyce Model พบว่าเมื่อไม่มีรัศมีความโค้งของร่องยางล้น (Fillet Radius) นั้น ยางที่ถูกอัดลงมาจะไม่สามารถไหลเข้าร่องรูล้นยางได้อันเป็นเหตุให้แรงดันภายในเบ้าขึ้นสูงสุดจนไม่สามารถกดอัดแม่พิมพ์ลงไปได้

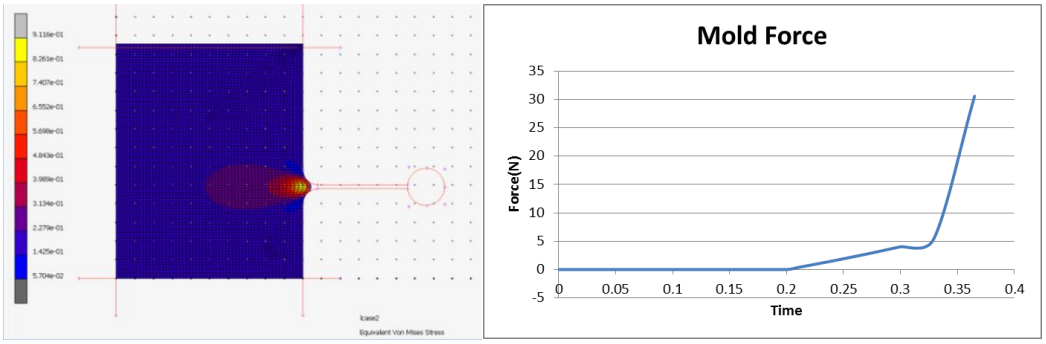
Case VI : V=20%, L=25mm, G=1mm, F=2mm



ภาพที่ 15 การจำลองความดันภายในเบ้า Case VI (ซ้าย) กราฟแสดงแรงที่ยางกระทำกับแม่พิมพ์ Case VI(ขวา)

จากการวิจัยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาตรของยางก่อนการอัดมาที่ 20% และมีช่องรูล้นของยางที่ 1mm และ Fillet ที่ 2mm ยางจะสามารถไหลเข้าช่องรูล้นแต่จะไหลไปไม่ถึงช่องรูล้น หรือ overflow และมีแรงดันเกิดขึ้นภายในเบ้าแม่พิมพ์ที่ 0.1872 MPa แต่ไม่สามารถกดแม่พิมพ์ลงไปที่ระยะที่ต้องการได้

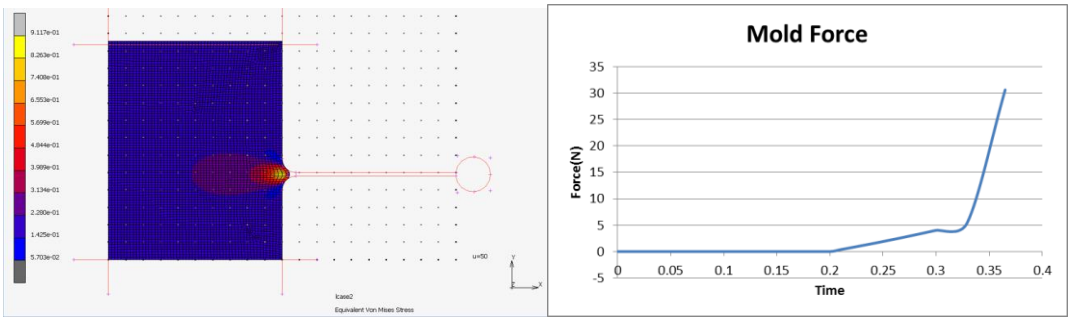
Case VII : V=20%, L=15mm, G=0.5mm, F=2mm



ภาพที่ 16 การจำลองความดันภายในเบ้า Case VII (ซ้าย) กราฟแสดงแรงที่ยางกระทำกับแม่พิมพ์ Case VII (ขวา)

จากการวิจัยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของยางมาที่ 20% ยางจะไม่สามารถที่จะไหลเข้าผ่านไปสู่รูล้นได้ โดยความดันภายในเบ้าที่ได้จากการจำลองจะขึ้นสูงอย่างทันทีทันใดโดยสังเกตดูจากความชันในกราฟของ Land ที่กระทำต่อแม่พิมพ์ด้านบนที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว แสดงให้เห็นว่าแรงดันภายในเบ้าจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วขึ้น

Case VIII : V=20%, L=25mm, G=0.5mm, F=2mm



ภาพที่ 17 การจำลองความดันภายในเบ้า Case VII I(ซ้าย) กราฟแสดงแรงที่ยางกระทำกับแม่พิมพ์ Case VIII (ขวา)

จากการวิจัยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของยางมาที่ 20% ยางจะไม่สามารถที่จะไหลเข้าผ่านไปสู่รูล้นได้ โดยความดันภายในเบ้าที่ได้จากการจำลองจะขึ้นสูงอย่างทันทีทันใดโดยสังเกตดูจากความชันในกราฟของ Land ที่กระทำต่อแม่พิมพ์ด้านบนที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว แสดงให้เห็นว่าแรงดันภายในเบ้าจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วขึ้น

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาค่าพารามิเตอร์อันประกอบไปด้วยปริมาตรของยางที่ใช้ในการผลิต รัศมีความโค้งของร่องยางล้น ขนาดของความกว้างของช่องยางล้น และความยาวของร่องยางล้นของแม่พิมพ์ยางแบบกดอัดผ่านกระบวนการทาง CAE (Computer Aided Engineering) ด้วยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Arruda Boyce พบว่า พารามิเตอร์ที่ผู้วิจัยได้ทำการจำลองเพื่อหาแรงดันภายในเบ้าพิมพ์อัดยาง และความสมบูรณ์ของชิ้นงานที่ทำการกดอัดด้วยแม่พิมพ์นั้นส่งผลต่อความดันภายในเบ้าทุกพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

1. ปริมาตรยางก่อนทำการกดอัดที่ผู้วิจัยได้ทำการจำลองไว้ที่ 10% offset และ 20% offset จะส่งผลต่อแรงดันที่เกิดขึ้นภายในแม่พิมพ์ยางตามการเพิ่มขึ้นของปริมาตรยางที่เพิ่มขึ้น
2. รัศมีความโค้งของทางเข้าของร่องยางล้นเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการกดอัดของแม่พิมพ์ยางนั้นคือเมื่อให้รัศมีความโค้งของยางที่เพิ่มขึ้น การไหลของยางเข้าสู่ช่องล้นของยางจะกระทำได้ง่ายซึ่งทำให้แรงดันภายในแม่พิมพ์ลดลง ซึ่งในกระบวนการผลิตจะสามารถทำการผลิตได้ง่ายและปลอดภัย ซึ่งจากการจำลองแรงดันภายในเบ้าที่ไม่มีช่องรูล้นจะพบว่า แรงดันจะขึ้นสูงถึง 27.68 MPa ในปริมาตรของยางที่มากกว่าเบ้าแม่พิมพ์ 20% จากการออกแบบแม่พิมพ์ยางที่ใช้ภายในอุตสาหกรรมการขึ้นรูปยางด้วยแม่พิมพ์ยางแบบอัดนั้นจะควบคุมแรงดันภายในเบ้าแม่พิมพ์ไม่ให้เกิน 20 MPa ซึ่งจะเห็นได้ว่าการที่ออกแบบแม่พิมพ์ยางแบบอัดโดยที่ไม่ได้ออกแบบช่องล้นของยางนั้นอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อการผลิตยางด้วยวิธีการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ยางแบบอัดได้
3. ขนาดความกว้างของช่องยางล้นก็เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการควบคุมแรงดันภายในเบ้าด้วยเช่นกัน คือเมื่อขนาดความกว้างของช่องยางล้นสูงมากขึ้น การไหลผ่านช่องล้นของยางจะทำได้ดีและแรงดันภายในเบ้าจะลดลงตามผลการทดลอง แต่ความกว้างของช่องยางล้นควรจะอยู่ในขนาดความกว้างที่เหมาะสมเพราะถ้าช่องมีขนาดที่กว้างเกินไป ปริมาตรของยางจะไหลออกจากเบ้าทำให้ยางไม่เต็มเบ้า แต่ถ้าขนาดช่องแคบเกินไปจะทำให้แรงดันภายในเบ้าสูงเกินความจำเป็น
4. ความยาวของช่องยางล้น ถ้าความยาวของช่องยางล้นมีความยาวมากเกินไป จะทำให้ยางไหลเข้าร่องยางล้น (Overflow) ไม่เต็มและทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตแม่พิมพ์ยางแบบอัดนั้นสูงขึ้น อันเนื่องมาจาก

ขนาดของแม่พิมพ์ยางที่ใหญ่ขึ้น แต่ในในขณะเดียวกันถ้าความยาวของช่องยางล้นมีระยะที่สั้นเกินไปอันเป็นเหตุให้ยางไหลเข้าช่องยางล้น (Overflow) จนเต็มและความดันจากภายในเบ้าไม่สามารถที่จะถ่ายเทมาสู่ร่องยางล้นได้ จะทำให้แรงดันภายในเบ้าแม่พิมพ์สูงขึ้น

ดังนั้น การออกแบบค่าพารามิเตอร์ของแม่พิมพ์ยางแบบอัดผ่านกระบวนการทาง CAE (Computer Aided Engineering) ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Arruda Boyce จะช่วยในการควบคุมและหาปริมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการที่จะผลิตชิ้นงานประเภทยางด้วยวิธีการกดอัดด้วยแม่พิมพ์ยางอันนำไปสู่ต้นทุนและระยะเวลาในการผลิตที่ต่ำที่สุด และได้คุณภาพของชิ้นงานที่เหมาะสมที่สุดต่อความต้องการของอุตสาหกรรมนั้น ๆ

ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยในส่วนของแรงดันที่เกิดขึ้นภายในแม่พิมพ์ควรทำวิจัยการขยายตัวของยางขณะที่ได้รับความร้อนเพิ่มเติม และ ทำ Design of Experiment (DOE) หาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันภายในเบ้าพิมพ์กับค่าพารามิเตอร์ทั้ง 4 ค่าพารามิเตอร์ในการวิจัยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

K. Kyas, J. Cerny, M. Stanek, M. Manas, D. Manas, V. Senkerik, และคนอื่น ๆ. (2012). Measuring of Temperature and Pressure in Injection Mold. **International Journal of Mathematics and Computers in Simulation**, *6*(6), 600-607.

ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ. (2548). **พฤติกรรมการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลวและการนำไปใช้**. กรุงเทพฯ.

นายธนะวิทย์ ทองวิเชียร. (2550). **การวิเคราะห์กระบวนการปั๊มขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ที่มีแป้ง เป็นองค์ประกอบโดยใช้ไฟไนต์เอลิเมนต**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พัชรพันธ์, ส. (2555). **โครงการ การศึกษาพฤติกรรมการไหลของยางขณะไหลผ่านช่องทางขนาดเล็ก**.

วราภรณ์ ขจรไชยกุล. (2552). **ผลิตภัณฑ์ยาง: กระบวนการผลิตและเทคโนโลยี**. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

สุทธินันท์ ลีวุฒินันท์ ชาญยุทธ โกลิตะวงษ์ และวิบูลย์ เลิศวิมลนันท์ (2557). การจำลองสถานการณ์การอัดรีดยางคอมพาวด์แผ่นผ่านแม่พิมพ์. **วารสารวชิาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**.

ASTM. (2018). ASTM D575-91 Standard Test Methods for Rubber Properties in

กรดไขมันจากยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *Rhodosporidium toruloides* ที่เพาะเลี้ยงด้วยผำ (*Wolffia* sp.) เพื่อการผลิตไบโอดีเซล

อัจฉราภรณ์ ศุภกาญจนกุล[1] สุนิสา บุญมา[2] อัยยะ จันทรศิริ[3*]

บทคัดย่อ

ไบโอดีเซล คือ อัลคิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (Fatty Acid Alkyl Esters) ที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) ระหว่างแอลกอฮอล์กับไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ซึ่งพบมากในรูปแบบกรดไขมันที่สะสมในอาหารของมนุษย์และสัตว์ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตกรดไขมันจากยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *Rhodosporidium toruloides* TISTR 5186 ซึ่งไม่จัดเป็นอาหาร ด้วยการเพาะเลี้ยงยีสต์น้ำมันสายพันธุ์ดังกล่าวในอาหารเพาะเลี้ยงที่เตรียมจากผำ (*Wolffia* sp.) ในท้องถิ่น การเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 ในอาหารเพาะเลี้ยงที่เตรียมจากผำ (ผำแห้งบดเป็นผง 3 กรัมในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เขย่า 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่ายีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 สามารถเจริญเติบโตและสามารถผลิตกรดไขมันสะสมไว้ในเซลล์ได้ การวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี พบว่า ยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 สามารถผลิตกรดไขมันได้จำนวน 12 ชนิด โดยกรดปาล์มมิติก (C16:0) เป็นกรดไขมันที่ผลิตได้ปริมาณสูงสุดที่ 0.847 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร คิดเป็นร้อยละ 61.97 ของกรดไขมันทั้งหมด กรดปาล์มมิติกจัดเป็นกรดไขมันที่สามารถนำไปผลิตเป็นไบโอดีเซลได้

คำสำคัญ: กรดไขมัน ยีสต์ผลิตน้ำมัน ผำ ไบโอดีเซล

[1] นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงานและการจัดการ คณะวิทยาศาสตร์ พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง จังหวัดระยอง e-mail: atcharaporn.supa@gmail.com

[2] อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง จังหวัดระยอง e-mail: sunisa.b@sciee.kmutnb.ac.th

[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง จังหวัดระยอง e-mail: aiya.c@sciee.kmutnb.ac.th

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: aiya.c@sciee.kmutnb.ac.th*

FATTY ACIDS FROM *Rhodosporidium toruloides* CULTURED BY *Wolffia* sp. FOR BIODIESEL PRODUCTION

Atcharaporn Suphakanchanakul[1] Sunisa Boonma[2] Aiya Chantarasiri[3 *]

Abstract

Biodiesel is a mixture of fatty acid alkyl esters that are conventionally produced through the transesterification chemical reaction of alcohol and triglycerides. Triglycerides are mainly found as the lipid or fatty acid storage of living organisms including human food and animal feedstocks. This research aimed to conduct the production of fatty acids from an oleaginous yeast, *Rhodosporidium toruloides* strain TISTR 5186, non-food ingredients, using local *Wolffia* sp. or duckweed as the culture medium of the oleaginous yeast. The culture of *R. toruloides* strain TISTR 5186 using duckweed as culture medium (3 g of dried and ground duckweed powder in 100 mL of distilled water) at 30 $^{\circ}$C with an agitation rate of 150 rpm for 72 h showed that the oleaginous yeasts could be grown with lipid accumulation in their cells. Gas chromatograph analysis demonstrated the production of twelve fatty acids and the palmitic acid (C16:0) was maximum production by 0.847 μg/μL or 61.97 % of total fatty acid. This palmitic acid could be promising feedstock for biodiesel production.

Keywords: Fatty acid, Oleaginous yeast, *Wolffia* sp., Biodiesel

[1] *Student, Master of Science in Energy Technology and Management, Faculty of Science, Energy and Environment, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Rayong campus, e-mail: atcharaporn.supa@gmail.com*

[2] *Lecturer, Faculty of Science, Energy and Environment, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Rayong campus, e-mail: sunisa.b@sciee.kmutnb.ac.th*

[3] *Assistant Professor, Faculty of Science, Energy and Environment, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Rayong campus, e-mail: aiya.c@sciee.kmutnb.ac.th*

** Corresponding author, e-mail: aiya.c@sciee.kmutnb.ac.th*

บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานในการขับเคลื่อนการเติบโตทางเศรษฐกิจ เทคโนโลยี และสังคม จึงมีความจำเป็นต้องจัดหาแหล่งพลังงานให้มีปริมาณที่เพียงพอ มีราคาที่เหมาะสม และมีคุณภาพที่ดี สอดคล้องกับอุปสงค์ของมนุษย์และการขยายตัวของกระบวนการผลิตในภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และคมนาคม ปัจจุบันแหล่งพลังงานที่มีความสำคัญและมีบทบาทหลักต่ออุปสงค์ของมนุษย์ คือ พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล พลังงานในรูปแบบดังกล่าวจัดเป็นแหล่งพลังงานประเภทที่ใช้แล้วหมดไป รวมถึงมีการผลิตได้เฉพาะบางประเทศ จึงมีความเป็นไปได้ที่สังคมจะดำเนินเข้าสู่ภาวะการขาดแคลนพลังงาน รวมถึงภาวะพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลมีราคาสูงเนื่องจากการผูกขาดด้านราคาของประเทศผู้ผลิตและผู้ส่งออกพลังงาน นอกจากนี้กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงฟอสซิลและกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลยังก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อม อาทิ ปัญหาก๊าซเรือนกระจก และปัญหามลพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุผลดังกล่าวการผลิตพลังงานทางเลือกหรือพลังงานทดแทนที่มีคุณภาพสูง ราคาถูก และมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมและยั่งยืนต่อการบริหารจัดการพลังงานในอนาคต

ไบโอดีเซล (Biodiesel) หรืออัลคิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (Fatty Acid Alkyl Esters) เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) ระหว่างไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ที่ได้จากกรดไขมันในสิ่งมีชีวิตกับแอลกอฮอล์โดยมีกรดหรือด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ไบโอดีเซลมีสมบัติการเผาไหม้ที่ดีไม่ต่างจากน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียม อีกทั้งมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากการเผาไหม้ต่ำ (นภาทิพย์และคณะ, 2561) ความเสี่ยงในการผลิตไบโอดีเซล คือ แหล่งของไตรกลีเซอไรด์ที่ได้จากกรดไขมันในสิ่งมีชีวิต เช่น น้ำมันปาล์ม เนื่องจากปาล์มเป็นพืชอาหารและพืชน้ำมันที่สำคัญ การนำพืชอาหารไปใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลอาจก่อให้เกิดภาวะขาดแคลนอาหาร รวมถึงส่งผลให้สินค้าอาหารมีราคาสูงขึ้น การวิจัยและพัฒนาแหล่งของกรดไขมันจากสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นที่มิใช่พืชอาหาร มีราคาถูก และมีผลผลิตสูง จึงเป็นประเด็นท้าทายที่ต้องดำเนินการศึกษาวิจัยต่อไป

ยีสต์ผลิตน้ำมันหรือยีสต์ไขมันสูง (Oleaginous yeast) คือ ยีสต์ที่สามารถสะสมไขมันไว้ภายในเซลล์ได้มากกว่าร้อยละ 20 โดยน้ำหนักเซลล์แห้ง เช่น ยีสต์ *Rhodosporidium* sp. และยีสต์ *Rhodotorula* sp. (รัตนภรณ์ ลีสิงห์ และ งามนิจ นนทโส, 2554) งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ายีสต์ *Rhodosporidium toruloides* สามารถสะสมไขมันได้ร้อยละ 55 ถึงร้อยละ 68 (Wu *et al*., 2010) และยีสต์ *Rhodotorula gracilis* สามารถสะสมไขมันได้ร้อยละ 72 (Choi *et al*., 1982) ซึ่งไขมันที่สะสมภายในเซลล์ของยีสต์สามารถนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตไบโอดีเซลได้เช่นเดียวกับน้ำมันจากปาล์ม (มาลินีและคณะ, 2557) ข้อดีของยีสต์ผลิตน้ำมัน คือ เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ใช้พื้นที่ในการเพาะเลี้ยงน้อย มีผลผลิตไขมันต่อน้ำหนักแห้งสูง และมิใช่สิ่งมีชีวิตที่ใช้เป็นอาหารหลักของมนุษย์รวมถึงสัตว์ นอกจากนี้ยังสามารถเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันได้ด้วยของเหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมที่มีแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนสูง อย่างไรก็ตามการผลิตไขมันจากยีสต์ผลิตน้ำมันด้วยของเหลือทิ้งยังอยู่ในระดับห้องปฏิบัติการ จึงมีความจำเป็นที่ต้องวิจัยและพัฒนาให้มีผลผลิตและมีต้นทุนการผลิตที่คุ้มค่าในระดับอุตสาหกรรม

งานวิจัยนี้จึงให้ความสนใจในการศึกษาความเป็นไปได้ในการเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันด้วยวัชพืชน้ำ ซึ่งวัชพืชน้ำที่นำมาศึกษา คือ ผำหรือไข่น้ำ (*Wolffia* sp.) โดยนำมาใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนในเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมัน ผำเป็นพืชดอกที่มีขนาดเล็กที่สุด อาศัยลอยอยู่บนผิวของแหล่งน้ำ จัดเป็นวัชพืชน้ำและเป็นอาหารเฉพาะถิ่น พบได้ทั่วไปในเขตศูนย์สูตรและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าผำ สายพันธุ์ *W. microscopica* มีแหล่งคาร์บอนในรูปแป้ง ร้อยละ 5 และแหล่งไนโตรเจนในรูปโปรตีน ร้อยละ 28

(Appenroth *et al*., 2017) กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ได้ทำการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผำพบว่ามีคาร์โบไฮเดรตปริมาณ 1.5 กรัม โปรตีนปริมาณ 0.6 กรัม และไขมันปริมาณ 0.1 กรัมต่อน้ำหนักผำ 100 กรัม (กรมอนามัย, 2544) ด้วยสถานภาพของผำที่เป็นวัชพืชน้ำซึ่งพบได้ทั่วไปและมีองค์ประกอบทางโภชนาการที่ประกอบด้วยแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจน ทำให้ผำมีความน่าสนใจในการนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันเพื่อการผลิตไบโอดีเซล ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการผลิตไบโอดีเซลจากของเหลือทิ้งหรือของไม่มีมูลค่า และมีความเป็นไปได้ในการนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อการผลิตไบโอดีเซลที่มีต้นทุนต่ำในระดับอุตสาหกรรม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 ในระดับเบื้องต้นโดยใช้ผำที่หาได้จากในท้องถิ่นเป็นแหล่งสารอาหารในการเพาะเลี้ยง
2. เพื่อศึกษาปริมาณไบโอดีเซลในรูปของเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน (Fatty Acid Methyl Ester หรือ FAME) ซึ่งผลิตได้จากกรดไขมันที่สกัดจากยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สารเคมี สายพันธุ์ยีสต์ผลิตน้ำมัน และวัตถุดิบ

สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัยมีคุณภาพอยู่ในระดับวิเคราะห์ (Analytical grade) และระดับมาตรฐานทางจุลชีววิทยา (Microbiological grade) ยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 จัดซื้อมาจากฝ่ายวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) และผำได้จากการเก็บในแหล่งน้ำของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง ตำบลหนองละลอก อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง (พิกัด 12° 49′ 29.3′′ N, 101° 12′ 55.7′′ E)

2. การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันจากผำบดผง

การเตรียมผำเพื่อใช้เป็นแหล่งสารอาหารในการเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมัน ดำเนินการโดยล้างผำให้สะอาดด้วยน้ำประปาและคัดแยกขยะที่ไม่เกี่ยวข้องออก ตากผำด้วยแสงแดดให้แห้งเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมงจนได้ผำที่แห้งสนิท นำผำแห้งที่ได้บดให้เป็นผงและร่อนด้วยเครื่องเขย่าตะแกรงร่อน (Retsch, USA) ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตะแกรงร่อน 500 ไมครอน เก็บผำบดผงไว้ในโถดูดความชื้นเพื่อใช้ในการเตรียมเป็นอาหารเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันต่อไป

การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันจากผำบดผง เตรียมโดยดัดแปลงจากวิธีการเตรียมของ Xu *et al*. (2014) ผสมผำบดผงกับน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นของผำบดผงร้อยละ 3 (น้ำหนักต่อปริมาตร) และปรับค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 1 นอร์มอล (N) ให้ได้ค่าความเป็นกรดด่างที่ 5.5 จากนั้นนำอาหารเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันที่เตรียมได้ไปนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอ (Tomy Digital Biology, USA) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นตัว และนำไปใช้เพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันในขั้นตอนต่อไป

3. การเตรียมหัวเชื้อและการเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมัน

การเตรียมหัวเชื้อยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 ดำเนินการโดยปลูกเชื้อ (Inoculation) จำนวน 1 โคโลนี (Colony) ลงในอาหารเหลวสูตร Yeast Malt Broth (HiMedia, India) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เขย่า 150 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ภายในเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิ (LabTech, Taiwan) จนได้หัวเชื้อยีสต์ จากนั้นปลูกหัวเชื้อยีสต์ลงในอาหารเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันจากผำบดผงปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่ความเข้มข้นของหัวเชื้อยีสต์ร้อยละ 10 (ปริมาตรต่อปริมาตร) เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เขย่า 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างสารแขวนลอยยีสต์ (Suspension) ทุก 24 ชั่วโมง เพื่อติดตามผลการเพาะเลี้ยงและการเจริญเติบโตของยีสต์ผลิตน้ำมัน ได้แก่ การวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่นแสง 600 นาโนเมตร (OD_{600}) ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (Thermo Scientific, USA) และการชั่งน้ำหนักเซลล์แห้งของยีสต์ผลิตน้ำมันด้วยเครื่องชั่ง โดยเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของยีสต์ผลิตน้ำมันที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร Yeast Malt Broth ซึ่งเป็นอาหารสูตรมาตรฐาน ภายใต้สภาวะเพาะเลี้ยงเดียวกัน

4. การติดตามการผลิตกรดไขมันภายในเซลล์ยีสต์ผลิตน้ำมันและการวิเคราะห์ปริมาณไบโอดีเซลในรูปของเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน (FAME)

การติดตามการผลิตกรดไขมันภายในเซลล์ยีสต์ผลิตน้ำมันในเชิงคุณภาพ ดำเนินการโดยย้อมเซลล์ยีสต์ด้วยสีย้อมไนล์เรด (Nile Red) และส่องดูการเรืองแสงฟลูออเรสเซนต์ของหยดน้ำมันภายในเซลล์ยีสต์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนต์ (Nikon, Japan) ที่ความยาวคลื่น Excitation 430 นาโนเมตร และความยาวคลื่น Emission 690 นาโนเมตร การย้อมเซลล์ยีสต์ด้วยสีย้อมไนล์เรดและส่องดูการเรืองแสงฟลูออเรสเซนต์ของหยดน้ำมันเป็นไปตามวิธีของ Pugkaew *et al.* (2018)

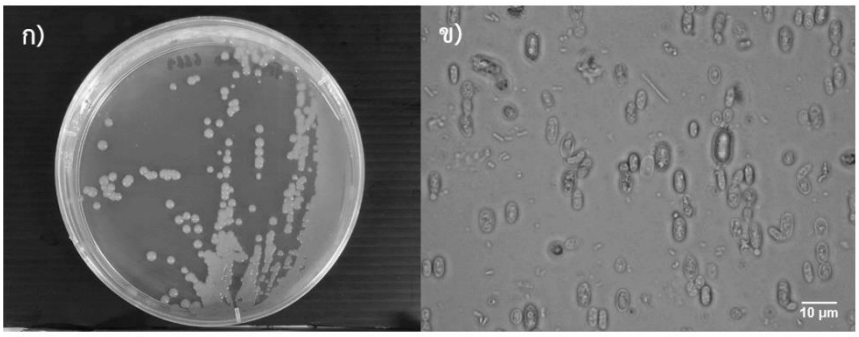
การสกัดกรดไขมันจากเซลล์ยีสต์ผลิตน้ำมันดัดแปลงจากวิธีของ Byreddy *et al*. (2015) เก็บเกี่ยวเซลล์ยีสต์โดยปั่นเหวี่ยงสารแขวนลอยยีสต์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง (Orto Alresa, Spain) ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 5 นาที จากนั้นทำให้เซลล์ยีสต์ผลิตน้ำมันแตกเพื่อปลดปล่อยกรดไขมันออกจากเซลล์ด้วยการใช้ตัวทำละลายและคลื่นเสียงกำลังสูง (Ultra-sonication) ตัวทำละลายที่ใช้ในการวิจัย คือ สารละลายคลอโรฟอร์ม ($CHCl_3$) ผสมเมทานอล (CH_3OH) ในอัตราส่วน 2:1 (ปริมาตรต่อปริมาตร) ส่วนคลื่นเสียงกำลังสูงใช้ความถี่ 13 เฮิร์ต (H_z) แอมพลิจูด (Amplitude) ร้อยละ 40 จากเครื่องสลายเซลล์ด้วยคลื่นเสียง (Sonics, USA) การทำให้เซลล์ยีสต์ผลิตน้ำมันแตกดำเนินการโดยละลายเซลล์ยีสต์ที่เก็บเกี่ยวได้ในตัวทำละลายปริมาตร 3 มิลลิลิตร และยิงคลื่นเสียงกำลังสูงสลับกับการหยุดยิงคลื่นเสียงรอบละ 20 วินาที เป็นเวลา 10 นาที เก็บเกี่ยวกรดไขมันที่ผลิตได้ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 5 นาที โดยหลังจากการปั่นเหวี่ยงให้เก็บเฉพาะสารละลายส่วนใส (Supernatant) ลงในหลอดทดลอง และทำการระเหยตัวทำละลายทั้งหมดออกจากหลอดทดลองเพื่อให้ได้กรดไขมัน

การวิเคราะห์ปริมาณไบโอดีเซลในรูปของเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน (FAME) ซึ่งผลิตได้จากกรดไขมันที่สกัดจากยีสต์ผลิตน้ำมันด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ดำเนินการโดยบริการวิเคราะห์ของศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา การเตรียมไบโอดีเซลในรูปของเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน (FAME) จากกรดไขมันที่สกัดได้จากยีสต์ผลิตน้ำมันด้วยปฏิกิริยาเคมีทรานส์เอสเทอริฟิเคชันดัดแปลงจากวิธีของ Lepage และ Roy (1984) โดยผสมกรดไขมันที่สกัดได้จากยีสต์ผลิตน้ำมันกับเมทานอล (CH_3OH) และสารละลายโบรอนไตรฟลูออไรด์ (BF_3) บ่มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี โดยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีที่ใช้วิเคราะห์ คือ Agilent 7890 GC (USA) ที่มี Flame ionization detector (FID) และคอลัมน์ (Column) ที่ใช้วิเคราะห์ คือ SP-2560 (Sigma-Aldrich, USA) สภาวะในการวิเคราะห์ดัดแปลงจากวิธีของรัตนภรณ์และงามนิจ (2554)

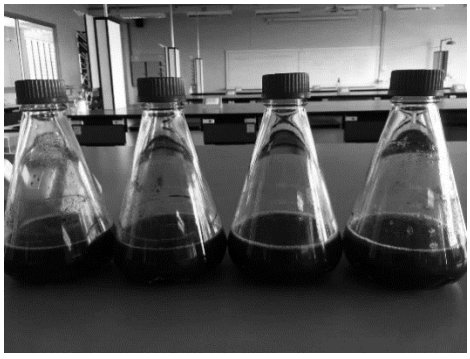
ผลการวิจัย

1. สัณฐานวิทยาของยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 และลักษณะของอาหารเพาะเลี้ยง

ยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 มีโคโลนีเป็นสีแดงอ่อน รูปร่างโคโลนีแบบกลม ขอบโคโลนีเรียบ (Entire) และโคโลนียกตัวนูน (Convex) มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เป็นดังภาพที่ 1 อาหารเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันเตรียมได้จากผำบดผง เป็นดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ก) สัณฐานวิทยาโคโลนี และ ข) สัณฐานวิทยาเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ของยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186

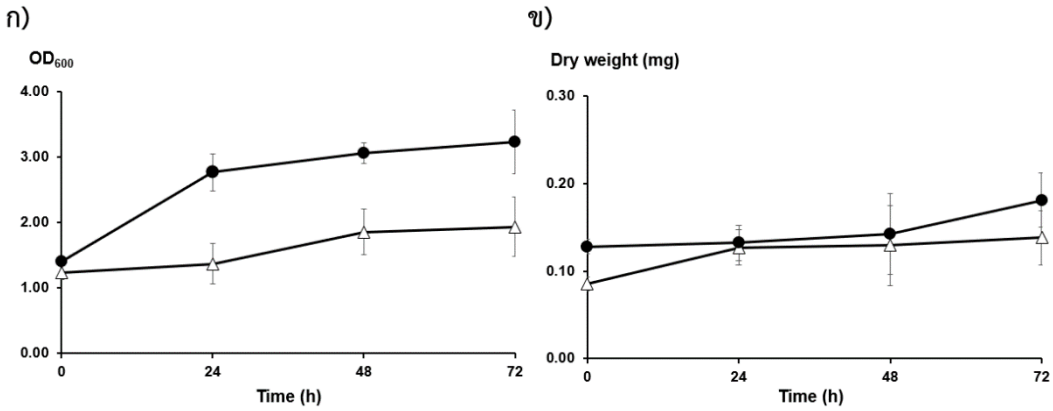


ภาพที่ 2 อาหารเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันเตรียมจากผำบดผงและน้ำกลั่น

2. การเจริญเติบโตของยีสต์ผลิตน้ำมันในอาหารเพาะเลี้ยงที่เตรียมได้จากผำ

การติดตามการเจริญเติบโตของยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 ในอาหารเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันซึ่งเตรียมได้จากผำบดผง ดำเนินการติดตามจากผลค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของเซลล์ยีสต์ที่ความยาวคลื่นแสง 600 นาโนเมตร และผลน้ำหนักเซลล์แห้งของยีสต์ ทุก 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลารวม 72 ชั่วโมง ผลการเจริญเติบโตของยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารที่เตรียมจากผำบดผง มีค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของเซลล์ยีสต์ที่ความยาวคลื่นแสง 600 นาโนเมตรเพิ่มขึ้น

อย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาของการเพาะเลี้ยง โดยเพิ่มจาก 1.406 ± 0.042 เป็น 3.231 ± 0.490 ซึ่งหมายถึงยีสต์มีปริมาณเซลล์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลน้ำหนักเซลล์แห้งของยีสต์ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาของการเพาะเลี้ยงเช่นกัน โดยเพิ่มจาก 0.128 ± 0.008 มิลลิกรัม เป็น 0.181 ± 0.031 มิลลิกรัม แสดงให้เห็นว่ายีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันที่เตรียมจากผำ เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเหลวสูตร Yeast Malt Broth ซึ่งเป็นอาหารสูตรมาตรฐาน พบว่ายีสต์ผลิตน้ำมันสามารถเจริญเติบโตในอาหารเพาะเลี้ยงที่เตรียมจากผำได้ดีกว่าอาหารสูตรมาตรฐาน โดยอาหารเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันที่เตรียมจากผำมีประสิทธิภาพสูงกว่า 1.3 เท่า (คิดจากผลน้ำหนักเซลล์แห้งของยีสต์ที่ระยะเวลาการเพาะเลี้ยง 72 ชั่วโมง) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ก) ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของเซลล์ยีสต์ที่ความยาวคลื่นแสง 600 นาโนเมตร
ข) ผลน้ำหนักเซลล์แห้งของยีสต์ ภายใต้สภาวะเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเพาะเลี้ยงต่างกัน
(● อาหารเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันที่เตรียมจากผำ Δ อาหารเหลวสูตร Yeast Malt Broth)

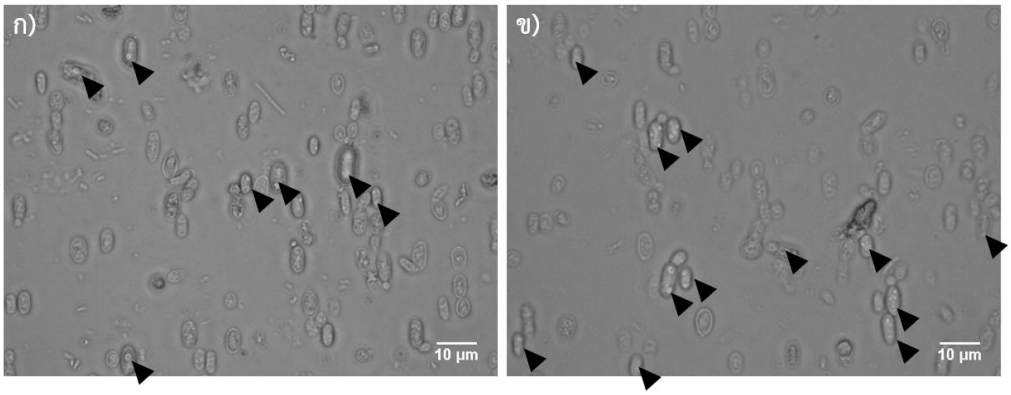
3. การติดตามการผลิตกรดไขมันภายในเซลล์ยีสต์ผลิตน้ำมันในเชิงคุณภาพ

การติดตามการผลิตกรดไขมันภายในเซลล์ยีสต์ผลิตน้ำมันในเชิงคุณภาพ โดยการย้อมเซลล์ยีสต์ด้วยสีย้อมไนล์เรดและส่องดูการเรืองแสงฟลูออเรสเซนต์ของหยดน้ำมันภายในเซลล์ พบว่ายีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 มีการผลิตกรดไขมันตั้งแต่ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงของการเพาะเลี้ยง และผลิตเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการเพาะเลี้ยงดังภาพที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นทั้งการเพิ่มขึ้นของจำนวนเซลล์ยีสต์ที่พบหยดน้ำมันและความสว่างของการเรืองแสงฟลูออเรสเซนต์ของหยดน้ำมันภายในเซลล์ เมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงของการเพาะเลี้ยงและระยะเวลา 72 ชั่วโมงของการเพาะเลี้ยง

4. ผลการวิเคราะห์ปริมาณไบโอดีเซลในรูปของเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน (FAME) ซึ่งผลิตได้จากกรดไขมันที่สกัดจากยีสต์ผลิตน้ำมันด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี

การสกัดกรดไขมันออกจากเซลล์ยีสต์ผลิตน้ำมันดำเนินการด้วยการใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นเสียงกำลังสูง พบว่ากรดไขมันที่สกัดได้มีสีเหลืองอ่อนและมีความลื่นเมื่อถูบนนิ้วมือในลักษณะเดียวกับน้ำมันพืช การวิเคราะห์ปริมาณไบโอดีเซลในรูปของเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน (FAME) ดำเนินการโดยนำกรดไขมันที่สกัดได้ไปทำปฏิกิริยาเคมีทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน และวิเคราะห์ชนิดรวมถึงปริมาณของไบโอดีเซลในรูปของ

เมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันที่เกิดขึ้นด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ผลการวิเคราะห์พบเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันในยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 จำนวน 12 ชนิด ปริมาณรวมทั้งสิ้น 1.367 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร โดยพบเมทิลเอสเตอร์ของกรดปาล์มมิติก (Palmitic-AME) เป็นปริมาณสูงสุดที่ 0.847 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร คิดเป็นร้อยละ 61.97 ของเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันที่พบทั้งหมด ลำดับรองลงมาคือ เมทิลเอสเตอร์ของกรดลิโนเลอิก (Cis-Linoleic AME) ที่ 0.197 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร คิดเป็นร้อยละ 14.46 และเมทิลเอสเตอร์ของกรดสเตียริก (Stearic-AME) ที่ 0.195 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร คิดเป็นร้อยละ 14.28 ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งกรดไขมันหลักทั้งสามชนิดที่พบในยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 เป็นกรดไขมันหลักที่พบได้ในน้ำมันพืชหลายชนิดซึ่งใช้ในการผลิตไบโอดีเซล



ภาพที่ 4 การติดตามการผลิตกรดไขมันภายในเซลล์ยีสต์ผลิตน้ำมันในเชิงคุณภาพด้วยการย้อมสีไนล์เรด ก) ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงของการเพาะเลี้ยง ข) ที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมงของการเพาะเลี้ยง ลูกศรสีดำแสดงเซลล์ยีสต์ที่พบการเรืองแสงฟลูออเรสเซนต์ของหยดน้ำมันภายในเซลล์

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณของเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน (FAME) ที่พบในยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186

ชนิดเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน	จำนวนคาร์บอนอะตอมในกรดไขมัน	ปริมาณ (ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร)	ร้อยละ
เมทิลเอสเตอร์ของกรดปาล์มมิติก	C16:0	0.847	61.97
เมทิลเอสเตอร์ของกรดลิโนเลอิก	C18:2	0.197	14.46
เมทิลเอสเตอร์ของกรดสเตียริก	C18:0	0.195	14.28
เมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันอื่น		0.128	9.29
รวม		1.367	100

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผำที่หาได้จากในท้องถิ่นสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารในการเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 ได้ โดยมีประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงสูงกว่าอาหารเหลวสูตร Yeast Malt Broth ซึ่งเป็นอาหารสูตรมาตรฐานในสภาวะทดลองของห้องปฏิบัติการ ข้อดีของอาหารเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันที่เตรียมจากผำ คือ สามารถเตรียมได้ง่ายโดยใช้เพียงผำบดผงผสมกับน้ำกลั่น รวมถึงมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าอาหารเพาะเลี้ยงทางการค้า การเจริญเติบโตของยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 เพาะเลี้ยงด้วยอาหารเพาะเลี้ยงที่เตรียมจากผำมีการเจริญเติบโตที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นจากจำนวนเซลล์ทั้งหมด (ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของเซลล์ยีสต์ที่ความยาวคลื่นแสง 600 นาโนเมตร) และน้ำหนักเซลล์แห้งที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเพาะเลี้ยง พบว่าหลังจาก 24 ชั่วโมงของการเพาะเลี้ยง ยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 จะเริ่มเข้าสู่ระยะคงจำนวนเซลล์ (Stationary phase) อย่างไรก็ตามในการวิจัยนี้ยังไม่สามารถระบุได้อย่างแน่ชัดว่าปัจจัยทางโภชนาการใดในผำที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตให้แก่ยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 แต่การที่ผำเป็นแหล่งของโปรตีนโดยมีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 28 (Appenroth *et al*., 2017) เป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้ยีสต์มีการผลิตกรดไขมัน งานวิจัยของมาลินีและคณะ (2557) แสดงให้เห็นว่าการเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* ด้วยแหล่งไนโตรเจนอินทรีย์ช่วยส่งเสริมการผลิตกรดไขมันให้กับยีสต์ได้มากกว่าการใช้แหล่งไนโตรเจนอนินทรีย์ เช่น ยูเรีย (Urea)

ด้านการผลิตกรดไขมันพบว่ายีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารเพาะเลี้ยงที่เตรียมจากผำมีการผลิตกรดไขมันตั้งแต่ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงของการเพาะเลี้ยง และสะสมกรดไขมันสูงสุดที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมงของการเพาะเลี้ยง ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักเซลล์แห้งของยีสต์ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้การเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันไม่ควรใช้เวลาในการเพาะเลี้ยงที่ยาวนาน เนื่องจากเมื่อเกิดภาวะขาดแคลนอาหาร ยีสต์จะนำไขมันที่สะสมไว้เปลี่ยนเป็นพลังงานเพื่อการดำรงชีวิต (มาลินีและคณะ, 2557)

เมื่อนำกรดไขมันที่สกัดจากยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารเพาะเลี้ยงที่เตรียมจากผำไปสังเคราะห์เป็นไบโอดีเซล (เมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน) และทำการวิเคราะห์ชนิดรวมถึงปริมาณเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน พบว่ากรดไขมันที่สกัดจากยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์ *R. toruloides* TISTR 5186 ประกอบด้วย เมทิลเอสเตอร์ของกรดปาล์มมิติก เมทิลเอสเตอร์ของกรดลิโนเลอิก และเมทิลเอสเตอร์ของกรดสเตียริก ซึ่งพบได้ในไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชในปัจจุบัน เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่างานวิจัยนี้สามารถผลิตกรดปาล์มมิติกได้ในปริมาณที่สูงกว่าพืชน้ำมันหลายชนิด เช่น เมล็ดเรพ (Rapeseed) ถั่วเหลือง รวมถึงยีสต์ผลิตน้ำมันที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารเพาะเลี้ยงที่เตรียมจากสาหร่ายทะเล (Xu *et al*., 2015) งานวิจัยนี้จึงแสดงให้เห็นถึงแนวทางในการผลิตกรดไขมันจากยีสต์ผลิตน้ำมันที่เพาะเลี้ยงด้วยแหล่งอาหารที่มีต้นทุนต่ำหรือหาได้ง่ายในท้องถิ่น และสามารถนำกรดไขมันที่ผลิตได้ไปผลิตเป็นไบโอดีเซลต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น ซึ่งมีการใช้ผำเป็นแหล่งสารอาหารในการเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันเพียงสายพันธุ์เดียว ดังนั้นเพื่อเป็นการยืนยันว่าผำเป็นแหล่งอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงยีสต์ที่มีประสิทธิภาพและควรได้รับการสนับสนุนต่อไปในระดับอุตสาหกรรม จึงควรนำผำไปเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันสายพันธุ์อื่นเพิ่มเติม รวมถึงควรศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ในการเพาะเลี้ยงยีสต์ผลิตน้ำมันด้วยอาหารเพาะเลี้ยงที่เตรียมจากผำเช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

อัจฉราภรณ์ ศุภกาญจนกุล ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 จัดสรรครั้งที่ 1 จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สัญญาเลขที่ บ007/2561

เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัย. (2544). **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก.

นภาทิพย์ ปรางทอง, สุภาพร บุญสาน, ตริตาภรณ์ กาญจนากร, สุรีย์พร หอมวิเศษวงศา และปิยาภรณ์ สุภัคดำรงกุล. (2561). การผลิตไบโอดีเซลโดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้เอนไซม์อิสระและเอนไซม์ตรึงรูป. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ**, 4(1), 87-102.

มาลินี ศรีอริยนันท์, จิรภา เพชรสม และศศิธร คงเรือง. (2557). การผลิตไขมันจากยีสต์ที่มีไขมันสูงเพื่อใช้เป็นไบโอดีเซลยุคที่สอง. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม**, 33(3), 300-306.

รัตนภรณ์ ลีสิงห์ และ งามนิจ นนทโส. (2554). การคัดเลือกและเพาะเลี้ยงยีสต์ไขมันสูงเพื่อผลิตน้ำมันจากจุลินทรีย์. **วารสารวิจัย มข.**, 16(2), 112-126.

Appenroth, K., Sree, K.S., Böhm, V., Hammann, S., Vetter, W., Leiterer, M., & Jahreis, G. (2017). Nutritional value of duckweeds (Lemnaceae) as human food. **Food Chemistry**, 217, 266.273.

Byreddy, A.R., Gupta, A., Barrow, C.J., & Puri, M. (2015). Comparison of cell disruption methods for improving lipid extraction from Thraustochytrid strains. **Marine Drugs**, 13, 5111-5127.

Choi, S., Ryu, D.Y., & Rhee, J.S. (1982). Effects of growth rate and oxygen on lipid synthesis and fatty acid composition of Rhodotorula gracilis. **Biotechnology and Bioengineering**, 14, 1165-1172.

Lepage, G. & Roy, C.C. (1984). Improved recovery of fatty acid through direct transesterification without prior extraction or purification. **The Journal of Lipid Research**, 25, 1391-1396.

Pugkaew, W., Meetam, M., Ponpuak, M., Yokthongwattana, K., & Pokethitiyook, P. (2018). Role of autophagy in triacylglycerol biosynthesis in Chlamydomonas reinhardtii revealed by chemical inducer and inhibitors. **Journal of Applied Phycology**, 30, 15-22.

Wu, S., Hu, C., Jin, G., Zhao, X., & Zhao, Z.K. (2010). Phosphate-limitation mediated lipid production by Rhodosporidium toruloides. **Bioresource Technology**, 101(15), 6124-6129.

Xu, X., Kim, J.Y., Cho, H.U., Park, H.R., & Park, J.M. (2015). Bioconversion of volatile fatty acids from macroalgae fermentation into microbial lipids by oleaginous yeast. **Chemical Engineering Journal**. 264, 735-743.

Xu, X., Kim, J.Y., Oh, Y.R., & Park, J.M. (2014). Production of biodiesel from carbon sources of macroalgae, Laminaria japonica. **Bioresource Technology**, 169, 455-461.

สายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวอีและตัวแอล และสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดตัวแอลกลับด้านและตัวอีกลับด้าน สำหรับระบบสื่อสารไร้สาย

พลวัฒน์ สุริยะ[1*] สุวัฒน์ ภัทรมาลัย[2]

บทคัดย่อ

จากการวิจัยบทความนี้ได้นำเสนอสายอากาศไมโครสตริปสองรูปแบบ แบบที่หนึ่งคือสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวอีและตัวแอล แบบที่สองคือสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวแอลกลับด้านและตัวอีกลับด้านหรืออาจจะมองเป็นตัวเจและเลขสามได้เช่นกัน โดยสายอากาศทั้งสองแบบทำงานที่ช่วงความถี่ 2.4 และ 3.69 GHz ส่วนโครงสร้างของสายอากาศนั้น จะใช้แผ่นวงจรพิมพ์ชนิด FR4 และมีอินพุตออิมพีแดนซ์คือ 50 โอห์ม ในส่วนการทำงานของสายอากาศทั้งสองรูปแบบนั้น ทั้งสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวอีและตัวแอลและสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวแอลกลับด้านและตัวอีกลับด้านนั้น จะมีค่าการสูญเสียย้อนกลับน้อยกว่า -30 dB ที่ช่วงความถี่ทำงานของสายอากาศทั้งสองรูปแบบคือ 2.4 และ 3.69 GHz ส่วนของอัตราขยายเป็น 2.49, 2.48 และ 4.2, 4.19 dBi ตามลำดับ และรูปแบบของการแผ่พลังงานของสายอากาศทั้งสองรูปแบบนั้นเป็นการแผ่พลังงานแบบสองทิศทาง ไม่ว่าจะเป็นตัวสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวอีและตัวแอลและตัวสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวแอลกลับด้านและตัวอีกลับด้าน ส่วนในเรื่องของการสร้างแบบจำลองและการจำลองการทำงานของสายอากาศทั้งสองรูปแบบเพื่อวิเคราะห์ผลนั้น ได้ใช้โปรแกรม CST STUDIO SUITE 2016

คำสำคัญ: สายอากาศไมโครสตริป ร่องตัวรูปตัวอี ร่องตัดรูปตัวแอล

[1] *ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร e-mail: ponlawat.marky@mail.kmutt.ac.th*

[2] *ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร e-mail: suwat.pat@mail.kmutt.ac.th*

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: ponlawat.marky@mail.kmutt.ac.th*

E-SLOT AND L-SLOT MICROSTIP PATCH ANTENNA AS INVERTED L-SLOT AND INVERTED E-SLOT MICROSTRIP PATCH ANTENNA FOR WIRELESS SYSTEM

Ponlawat Suriya[1*] Suwat Pattaramalai[2]

Abstract

The research article presents two types of microstrip patch antenna, E-L-Slot microstrip patch antenna and Invert L-Invert E-Slot microstrip patch antenna (look like J-3 shaped slot). Both microstrip patch antenna can operate on frequency bands of 2.4 and 3.69 GHz. The structure of antenna used FR4 as the substrate and their input impedance are 50 Ohms. The results of both antenna simulation are that the return loss value is less than -30 dB at operation frequency band 2.4 and 3.69 GHz and the part gains are 2.49, 2.48, 4.2, and 4.19 dBi respectively. In addition, both microstrip patch antenna have bidirectional radiation pattern. For designing model and simulating of both microstrip antenna, CST STUDIO SUITE 2016 is used to analyzed and simulated the results.

Keywords: Microstrip Patch Antenna, E-Slot, L-Slot

[1] *Department of Electronic and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology*
Thonburi, e-mail: ponlawat.marky@mail.kmutt.ac.th
[2] *Department of Electronic and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology*
Thonburi, e-mail: suwat.pat@mail.kmutt.ac.th
**Corresponding author, e-mail: ponlawat.marky@kmutt.ac.th*

บทนำ

ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย ยังคงได้รับความนิยมอยู่เป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารผ่านดาวเทียม โทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นต้น และเนื่องจากประโยชน์ของเทคโนโลยีนี้นั้นมีอยู่มากมาย ไม่ว่าจะเป็นการลดปัญหาในการติดตั้งระบบเครือข่าย ลดการใช้สายเคเบิลสายโทรศัพท์ต่าง ๆ ช่วยให้เกิดความเป็นระเบียบมากขึ้น จุดเด่นที่สำคัญของระบบไร้สายโดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือ ความสะดวกสบาย และความอิสระในการใช้บริการ เพราะผู้ใช้สามารถติดต่อกับผู้ใช้รายอื่น ๆ ได้จากบริเวณที่คลื่นสัญญาณสามารถเข้าไปถึง และปริมาณการเติบโตของการใช้งานระบบไร้สายในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา บ่งชี้ว่าความต้องการระบบสื่อสารไร้สายจะยิ่งเพิ่มขึ้น เพราะว่าในปัจจุบันการให้บริการเริ่มมีความหลากหลายมากขึ้น ไม่จำกัดแค่การสื่อสารทางเสียงเท่านั้น การสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน สัญญาณภาพหรือรวมถึงวิดีทัศน์ก็มีแนวโน้มให้เห็นมากยิ่งขึ้นเช่นกัน เมื่อความต้องการใช้งานรูปแบบการให้บริการใหม่ ๆ เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจากการพัฒนาขีดความสามารถของโครงข่ายหรือระบบให้สามารถรองรับความต้องการนี้ ก็รวมถึงต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์โครงข่ายด้วย ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ (2559) ตัวกลางที่เป็นตัวเชื่อมต่อการรับส่งข้อมูลไร้สายนั่นก็คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยข้อมูลจะถูกแปลงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และส่งไปพร้อมกับแถบความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และมีอุปกรณ์ที่สำคัญต่าง ๆ ที่ใช้ในการแปลงข้อมูลเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อการรับส่งแลกเปลี่ยนข้อมูลในระบบเครือข่ายไร้สายนั้น และหนึ่งในอุปกรณ์สำคัญที่เป็นอุปกรณ์รับส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั่นก็คือสายอากาศ แต่สายอากาศก็จำเป็นที่ต้องทำงานในช่วงความถี่ที่อยู่ในมาตรฐานของเครือข่ายไร้สายด้วยเช่นกัน โดยสายอากาศที่ใช้ในงานระบบสื่อสารไร้สายนั้นก็มีหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นสายอากาศ เส้นลวด สายอากาศอะเพอร์เจอร์ สายอากาศไมโครสตริป สายอากาศอาเรย์ สายอากาศแบบตัวสะท้อน สายอากาศเลนส์ เป็นต้น แต่การเลือกสายอากาศก็ต้องคำนึงถึงขนาด ราคา ประสิทธิภาพ ความสะดวกสบายในการติดตั้งและสถานที่ที่ติดตั้งด้วย ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ดังนั้น สายอากาศที่น่าจะสอดคล้องกับเงื่อนไขต่าง ๆ น่าจะเป็นสายอากาศไมโครสตริป ไม่ว่าจะเป็นเหตุผลเรื่อง มีขนาดเล็ก ปริมาตรน้อย น้ำหนักเบา แข็งแรงทนทาน การสร้างไม่ยากมากและราคาถูก สามารถใช้กระบวนการทำแผ่นพิมพ์วงจรได้ และสามารที่จะออกแบบช่วงความถี่ที่สายอากาศทำงานได้ ศราวุธ ชัยมูล (2556), ประยุทธ อัครเอกฒาลิน (2553), David (2012), Constantine (2005)

เพื่อให้การใช้งานของสายอากาศมีการรองรับการใช้งานได้หลากหลายความถี่ รูปแบบของสายอากาศที่ออกแบบจึงต้องมีความซับซ้อนขึ้นเล็กน้อยแต่ก็ต้องไม่มากเกินไป เพราะจะทำให้สร้างจริงได้ยากและเมื่อเกิดความผิดพลาดในการสร้างก็อาจจะเสียอุปกรณ์ไปโดยเสียเปล่า โดยปกติสามารถคำนวณหาค่าขนาดของสายอากาศไมโครสตริปได้ทันที แต่อาจจะใช้ได้เพียงย่านความถี่เดียว การทำร่องตัดบนสายอากาศ ก็จะทำโครงสร้างของสายอากาศมีความซับซ้อนขึ้น เป็นเหตุผลให้สามารถทำงานได้หลากหลายความถี่ขึ้นแต่เพื่อไม่ให้ซับซ้อนมากจนเกินไป การทำร่องตัดบนสายอากาศอาจจะทำเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ เพื่อความง่ายในการทำร่องตัดและยังได้ช่วงความถี่ที่เพิ่มขึ้นด้วย Lei Chen, Xuetian Wang, Jiawei Zang, Mingyou Li & Guan Wang (2014) แต่ถ้าหากใช้ร่องตัดเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษที่มีลักษณะโค้ง อาจจะทำได้ค่อนข้างยากกว่าร่องตัดตัวอักษรภาษาอังกฤษที่มีลักษณะเหมือนใช้รูปสี่เหลี่ยมมาต่อรวมกัน จึงใช้ร่องตัดตัวอักษรในภาษาอังกฤษตัวอย่างเช่น ตัวแอล (L) หรือตัวแอลกลับด้าน (Invert L) เป็นต้น Budhadeb Maity (2017), Nirmen Mahmoud & Ehab Hamad (2016), Chadrabhan, Vivek Singh, Brijesh Mishra & Anil Kumar (2015) หรืออีกรูปแบบอาจจะใช้เป็นตัวอี (E) หรือตัวอีกลับด้าน (Invert E) Jothi Chitra, Jeyanthi & Nagarajan (2013), Sairam & Arunmozhi (2014) แต่ก็ต้องได้ความถี่ที่ต้องการใช้งานหรือสามารถใช้งานได้ และต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพ

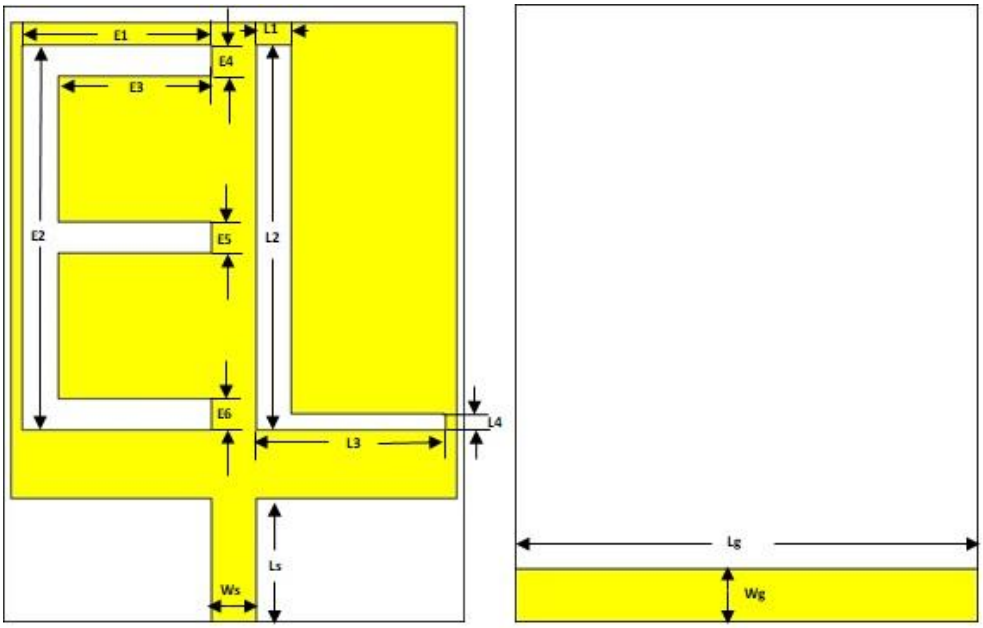
ด้วยว่า ณ ช่วงความถี่ที่ต้องการมีค่าการสูญเสียย้อนกลับเป็นอย่างไร และเพื่อไม่ให้เป็นการสร้างสายอากาศที่มีความซับซ้อนมากเกินไป จึงอาจจะใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษทั้งสองตัวมาใช้เป็นร่องตัดบนสายอากาศไมโครสตริป โดยจะใช้เป็นคู่ผสมตัวอีและตัวแอลหรือตัวแอลกลับด้านและตัวอีกลับด้าน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

จากเหตุผลต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น ในบทความนี้จึงได้นำเสนอสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวอีและตัวแอล และสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวแอลกลับด้านและตัวอีกลับด้าน โดยจะทำการสร้างแบบจำลองและจำลองการทำงานโดยโปรแกรม CST STUDIO SUITE 2016 เพื่อวิเคราะห์ดูว่าการทำงานของสายอากาศไมโครสตริปทั้งสองรูปแบบนั้น จะมีคุณลักษณะของสายอากาศเป็นอย่างไร ทำงานในช่วงความถี่ที่ต้องการหรือช่วงความถี่ที่สามารถใช้งานได้หรือไม่ และสายอากาศทั้งสองรูปแบบที่ได้นำเสนอนี้ จะมีผลการทำงานที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร หากเหมือนสามารถที่จะนำมาใช้งานทดแทนกันได้หรือไม่ และถ้าหากมีการปรับเปลี่ยนค่าขนาดต่าง ๆ ของร่องตัดของสายอากาศไมโครสตริปทั้งสองรูปแบบ เมื่อถึงเวลาที่จะนำไปสร้างจริงและเกิดความผิดพลาดในกระบวนการสร้างสายอากาศ จะยังสามารถนำไปใช้งานหรือมีค่าความผิดพลาดที่ยังสามารถยอมรับได้หรือไม่

วิธีดำเนินการ

สายอากาศไมโครสตริปทั้งแบบร่องตัดรูปตัวอีและตัวแอล และแบบร่องตัดรูปตัวแอลกลับกลับด้านและตัวอีกลับด้านที่ได้นำเสนอนั้น จะใช้แผ่นวงจรพิมพ์ชนิด FR4 เป็นตัววัสดุรองฐาน (Substrate) โดยมีค่าความยินยอมสัมพัทธ์ ε_r = 4.3 มีค่าความหนาแน่นของวัสดุรองฐาน h = 0.8 ม.ม. และค่าการสูญเสียแทนเจนท์ (Loss Tangent, tan δ) = 0.025 โดยแบบที่หนึ่งจะมีร่องตัด (Slot) ที่ตัดส่วนที่เป็นทองแดงด้านบนของแผ่นวงจรพิมพ์ออกให้เป็นรูปตัวอักษรภาษาอังกฤษสองตัวคือ ตัวแรกจะมีลักษณะเป็นตัวอักษรรูปตัวอีและอีกตัวจะมีลักษณะเป็นรูปตัวแอล แสดงตามภาพที่ 1 (ก) และส่วนทองแดงที่อยู่ด้านล่างของแผ่นวงจรพิมพ์จะตัดให้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อใช้เป็นระนาบกราวด์ (Ground Plane) ให้กับสายอากาศ แสดงตามภาพที่ 1 (ข)

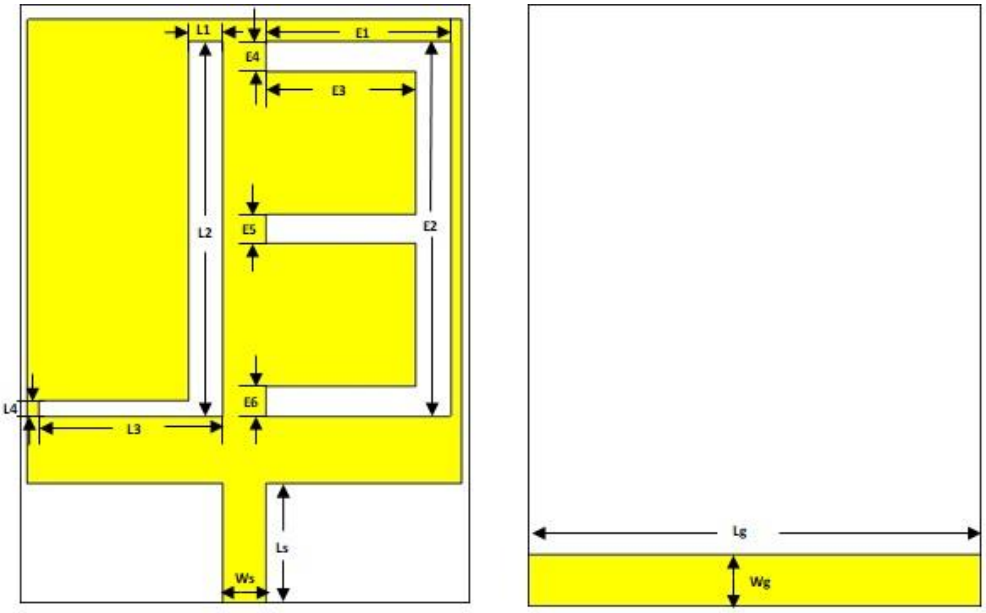


(ก) มุมมองสายอากาศจากด้านบน (ข) มุมมองสายอากาศจากด้านล่าง

ภาพที่ 1 โครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวแอลและตัวอีจากมุมมองด้านบนและด้านล่าง

และแบบที่สองจะเป็นร่องตัดที่เป็นรูปตัวอักษรภาษาอังกฤษเช่นกัน โดยแบบที่สองนั้นด้านบนของแผ่นวงจรพิมพ์นั้นทำการตัดส่วนที่เป็นทองแดงออก ให้มีลักษณะเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกับตัวแอลกลับด้านขึ้นก่อน (ในลักษณะนี้อาจจะมองเป็นตัวเจ (J) ก็ได้) และอีกตัวจะเป็นตัวอีที่มีลักษณะกลับด้าน (ซึ่งอาจจะมองเป็นเลขสาม (3) ได้เช่นกัน) แสดงตามภาพที่ 2 (ก) และในส่วนด้านล่างของแผ่นวงจรพิมพ์ ก็จะตัดส่วนที่เป็นทองแดงให้เป็นลักษณะเหมือนสี่เหลี่ยมผืนผ้าเช่นเดียวกับในสายอากาศไมโครสตริปแบบที่หนึ่งเช่นกัน แสดงตามภาพที่ 2 (ข)

สำหรับสายอากาศไมโครสตริปทั้งสองแบบที่ได้ออกแบบนั้น จะมีค่าขนาดความกว้างความยาวความสูงของสายอากาศนั้นเป็น 30x40x0.8 ม.ม. รายละเอียดของแต่ละส่วนที่เป็นทองแดง ไม่ว่าจะเป็นสายไมโครสตริป (Microstrip Line) ความกว้างและความยาวระนาบกราวด์ (Ground Plane) รวมไปถึงความกว้างความยาวของร่องตัดแต่ละส่วนในตัวอักษรภาษาอังกฤษแต่ละตัว ทั้งตัวอี, ตัวแอล, ตัวแอลกลับด้าน (ตัวเจ) และตัวอีกลับด้าน (เลขสาม (3)) โดยทั้งหมดนั้น จะแสดงค่าตามตารางที่ 1 และตารางที่ 2 โดยตารางที่ 1 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ความกว้างความยาวของสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวแอลกลับข้างและตัวอีกลับข้าง



(ก) มุมมองสายอากาศจากด้านบน (ข) มุมมองสายอากาศจากด้านล่าง

ภาพที่ 2 โครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวแอลกลับด้านและตัวอีกลับด้านจากมุมมองด้านบนและด้านล่าง

ตารางที่ 1 ค่าความกว้างความยาวแต่ละส่วนของสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวอีและตัวแอล

ค่าพารามิเตอร์	มิลลิเมตร (ม.ม.)
Wp	29
Lp	31
Ws	2.9
Ls	8
E1	12.3
E2	25
E3	10
E4	2
E5	2
E6	2
L1	2.3

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ค่าพารามิเตอร์	มิลลิเมตร (ม.ม.)
L2	25
L3	12.3
L4	1
Wg	30
Lg	3.4

ตารางที่ 2 ค่าความกว้างความยาวแต่ละส่วนของสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวแอลกลับข้างและตัวอีกลับข้าง

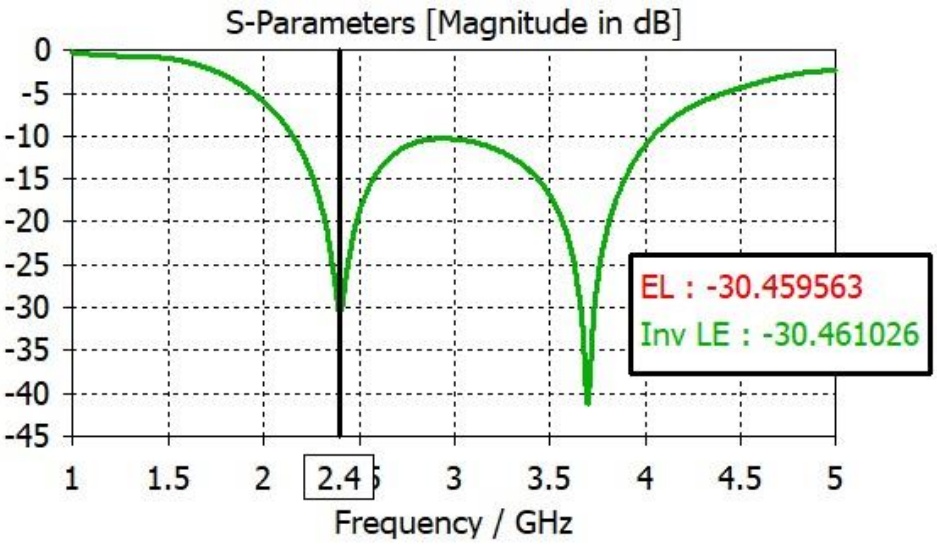
ค่าพารามิเตอร์	มิลลิเมตร (ม.ม.)
Wp	29
Lp	31
Ws	2.9
Ls	8
L1	2.3
L2	25
L3	12.3
L4	1
E1	12.3
E2	25
E3	10
E4	2
E5	2
E6	2
Wg	30
Lg	3.4

ผลการวิจัย

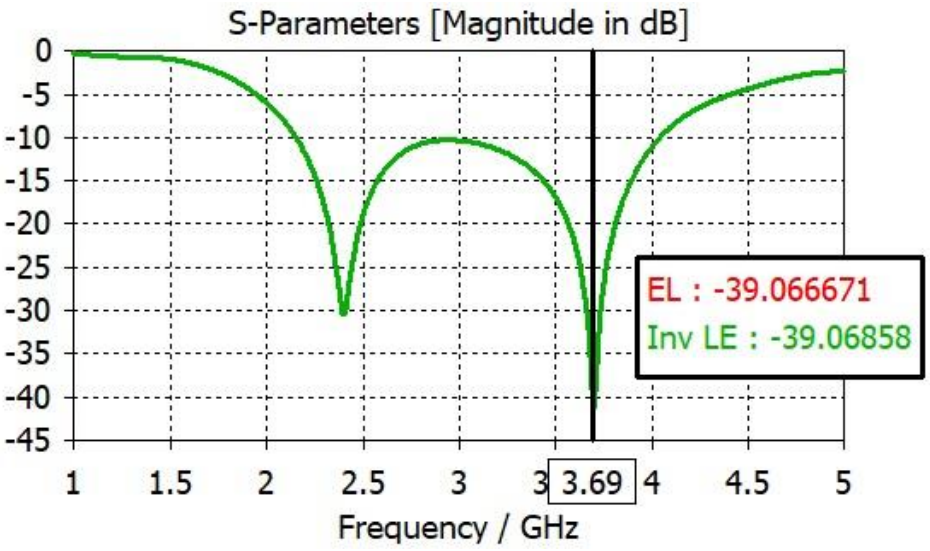
สำหรับสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวอีและตัวแอล และสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวแอลกลับด้านและตัวอี-กลับด้าน หลังจากที่ได้ทำการสร้างสายอากาศจำลองด้วยโปรแกรม CST STUDIO SUITE โดยขนาดของสายอากาศที่ได้ทำการสร้างเป็น 30x40x0.8 ม.ม. และมีร่องตัดตามค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้แสดงไว้ก่อนหน้าเพื่อจำลองการทำงานและตรวจสอบผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์คุณลักษณะของสายอากาศ โดยการจำลองการทำงานของสายอากาศนี้ จะเป็นการจำลองเพื่อเปรียบเทียบผลของการทำงานของสายอากาศทั้งสองรูปแบบข้างต้นที่ได้ออกแบบไว้

ค่าการสูญเสียย้อนกลับ (Return Loss, S11)

ในส่วนของค่าการสูญเสียย้อนกลับเป็นค่าที่แสดงผลว่า การทำงานของสายอากาศ ณ ย่านความถี่ทำงานนั้น มีการสะท้อนกลับของสัญญาณมากน้อยอย่างไร หลังจากที่ได้จำลองผลการทำงานของสายอากาศไมโครสตริปทั้งสองรูปแบบที่ได้ออกแบบ โดยค่าการสูญเสียย้อนกลับมีค่าเป็น -30.459563 dB และ -30.461026 dB ที่ความถี่ 2.4 GHz โดยค่าแรกเป็นของสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวอีและตัวแอล และค่าถัดมาเป็นของสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวแอลกลับด้านและตัวอีกลับด้านตามลำดับ โดยแสดงตามภาพที่ 3 (ก) และที่ช่วงความถี่ 3.69 GHz เป็น -39.066671 dB และ -39.06858 dB ตามลำดับ โดยแสดงตามภาพที่ 3 (ข)



(ก) ค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ความถี่ 2.4 GHz

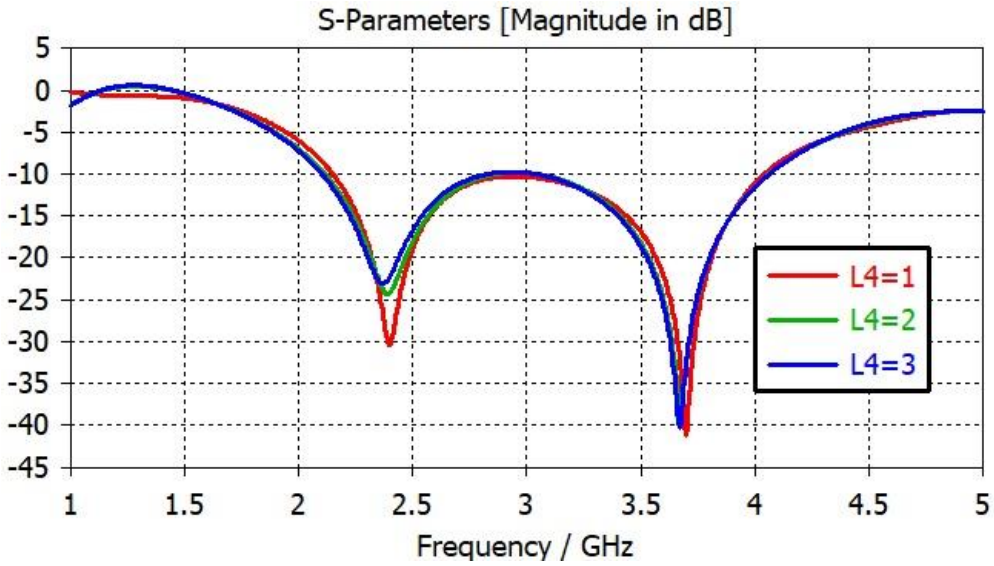


(ข) ค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ความถี่ 3.69 GHz

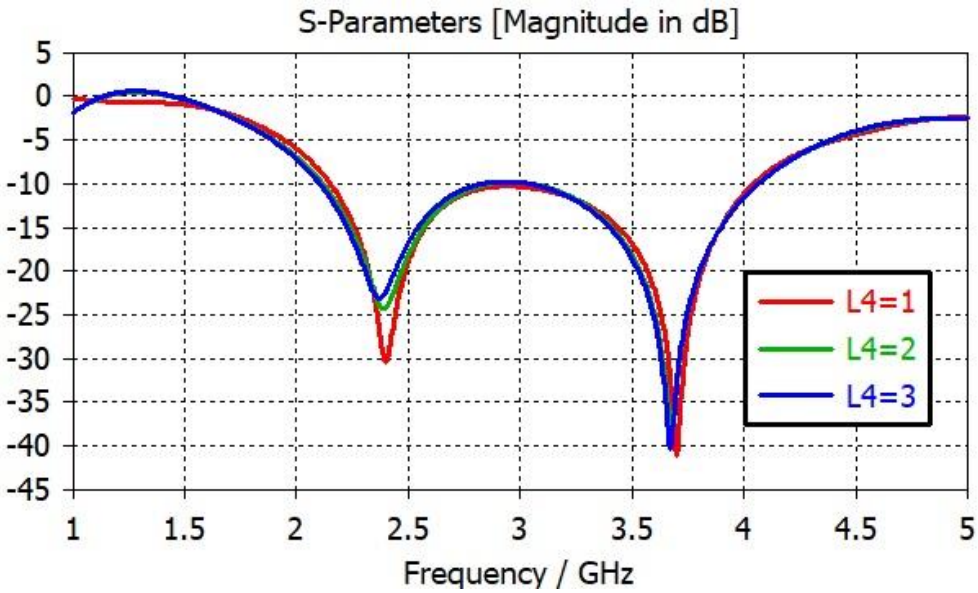
ภาพที่ 3 ค่าการสูญเสียย้อนกลับของอากาศไมโครสตริปทั้งสองแบบ

ซึ่งจะพบว่าช่วงความถี่ทำงานของสายอากาศทั้งสองแบบนั้น มีความถี่ทำงานเหมือนกัน และค่าการสูญเสียย้อนกลับที่เปรียบ-เทียบกันนั้น ก็ไม่ได้มีค่าต่างกันมากนัก นอกจากนี้ จากขนาดความกว้างของร่องตัดในส่วนของตัวแอลที่ค่า L4 ค่อนข้างเล็ก มีขนาดเพียง 1 ม.ม. จึงทำการจำลองผลโดยการปรับขนาดค่า L4 ของสายอากาศทั้งสองรูปแบบเพิ่มขึ้น เพื่อดูว่า ถ้าหากมีการปรับค่าตัวนี้เพิ่มขึ้นแล้วผลจะเป็นอย่างไร จะมีค่าเหมือนกันอย่างการจำลองผลก่อนหน้าหรือไม่

หลังจากที่ได้จำลองผลปรับค่า L4 และได้พบว่าค่าการสูญเสียย้อนกลับมีค่าเพิ่มขึ้น ณ ช่วงความถี่ที่ทำงานก่อนหน้า และปรากฏว่า ช่วงความถี่ที่มีค่าการสูญเสียย้อนกลับใกล้เคียงกับก่อนหน้า กลายเป็นช่วงความถี่ที่มีค่าน้อยกว่า 2.4 GHz และ 3.69 GHz เล็กน้อย เมื่อยิ่งเพิ่มขนาดของ L4 ผลก็เป็นเช่นเดิมคือช่วงความถี่ที่มีค่าการสูญเสียย้อนกลับใกล้เคียงกับการจำลองผลที่ค่า L4=1 ขยับไปเป็นช่วงความถี่ที่ต่ำกว่าการจำลองก่อนหน้าอีกเล็กน้อย ผลเปรียบเทียบแสดงในภาพที่ 4 โดยภาพที่ 4 (ก) เป็นของสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวอีและตัวแอล และภาพที่ 4 (ข) เป็นของสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวแอลกลับด้านและตัวอีกลับด้าน หลังจากที่ได้จำลองการทำงานหลังปรับค่า L4 ของสายอากาศทั้งสองรูปแบบ พบว่าถึงแม้ค่า L4 จะถูกปรับและผลการทำงานเปลี่ยนไป แต่ผลการทำงานที่เปลี่ยนไปนั้นก็เปลี่ยนไปในทิศทางเดียว ดังนั้น คาดว่าหากลองปรับผลค่า Lg ของสายอากาศแบบใดแบบหนึ่ง ผลการทำงานของสายอากาศก็น่าจะเปลี่ยนทั้งสองรูปแบบ และน่าจะเปลี่ยนไปในทิศทางเดียวกันเช่นเดียวกับการจำลองผลการทำงานก่อนหน้านี้ โดยผลของการปรับค่า Lg แสดงตามภาพที่ 5

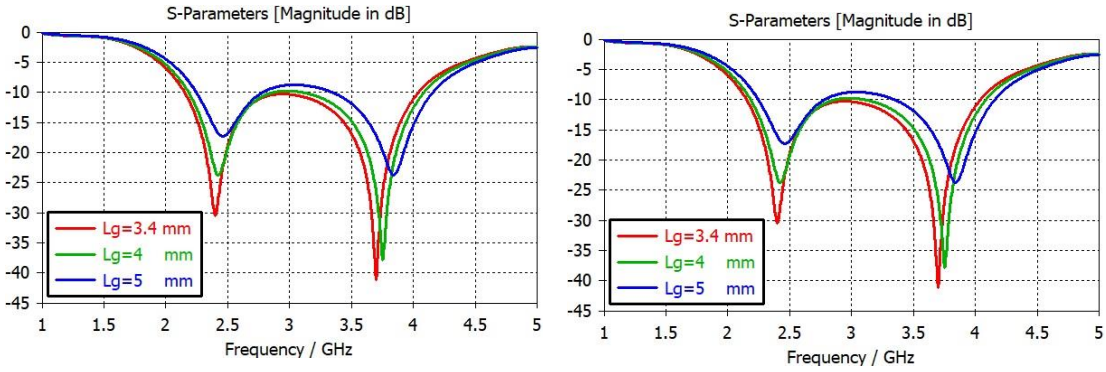


(ก) แสดงค่าการสูญเสียย้อนกลับหลังปรับค่า L4 ของสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดตัวอีและตัวแอล



(ข) แสดงค่าการสูญเสียย้อนกลับหลังปรับค่า L4 ของสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดตัวแอลกลับด้านและตัวอีกลับด้าน

ภาพที่ 4 ค่าการสูญเสียย้อนกลับหลังปรับค่า L4 ของสายอากาศทั้งสองรูปแบบ

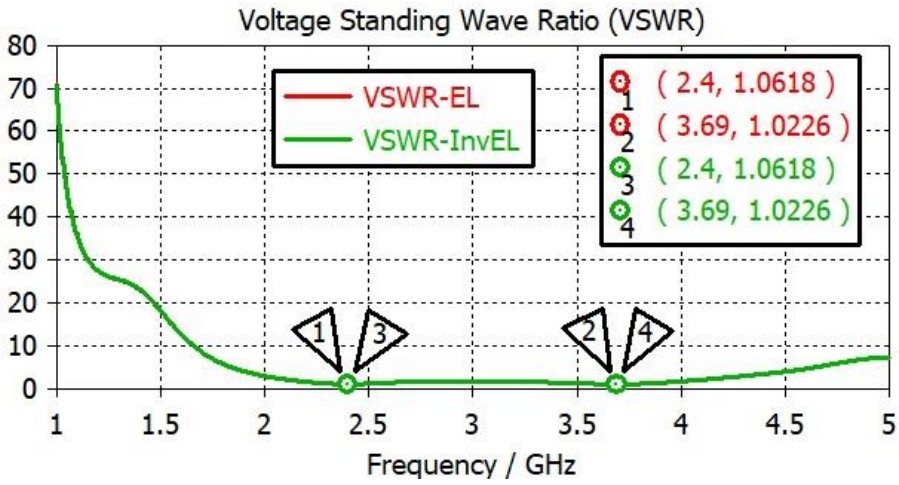


ภาพที่ 5 ค่าการสูญเสียย้อนกลับหลังปรับค่า Lg ของสายอากาศทั้งสองรูปแบบ

จากภาพที่ 5 พบว่ายิ่งเพิ่มขนาดค่า Lg ก็จะยิ่งมีค่าการสูญเสียย้อนกลับเพิ่มมากขึ้น และไม่ได้ทำงานที่ช่วงความถี่ที่ต้องการ

อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR: Voltage Standing Wave Ratio)

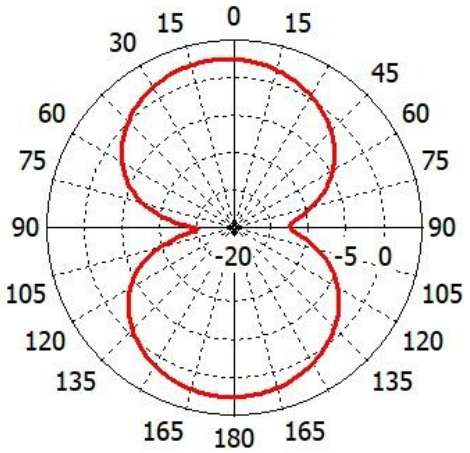
อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งเป็นอัตราส่วนของแรงดันสูงสุดและต่ำสุดของคลื่นนิ่ง โดยอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งนี้จะสัมพันธ์กับค่าการสูญเสียย้อนกลับ ณ ความถี่ที่ทำงาน โดยอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งนี้ จะต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ไม่เกิน 2 ยิ่งค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าผลการทำงานของสายอากาศค่อนข้างดี มีการส่งผ่านคลื่นได้ดี ไม่ค่อยมีการสะท้อนกลับ ณ ความถี่ที่ทำงาน หลังจากการจำลองผลการทำงานของสายอากาศไมโครสตริปทั้งสองรูปแบบ พบว่าช่วงความถี่ที่ทำงานของสายอากาศทั้งสองรูปแบบได้ผลของอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งเท่ากันที่ความถี่ 2.4 GHz ได้อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งเป็น 1.0618 และที่ความถี่ 3.69 GHz ได้เป็น 1.0226 โดยผลของอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งของสายอากาศทั้งสองรูปแบบ แสดงตามภาพที่ 4



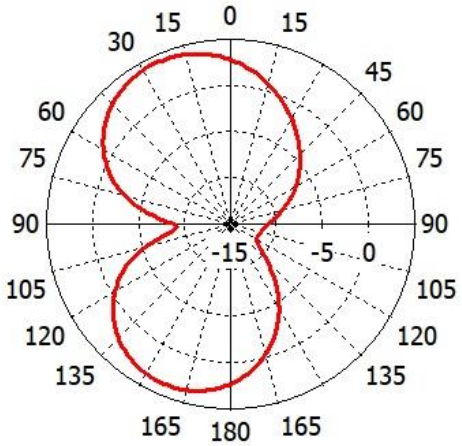
ภาพที่ 4 อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งของสายอากาศไมโครสตริปทั้งสองรูปแบบ

อัตราขยายและรูปแบบการแผ่พลังงาน

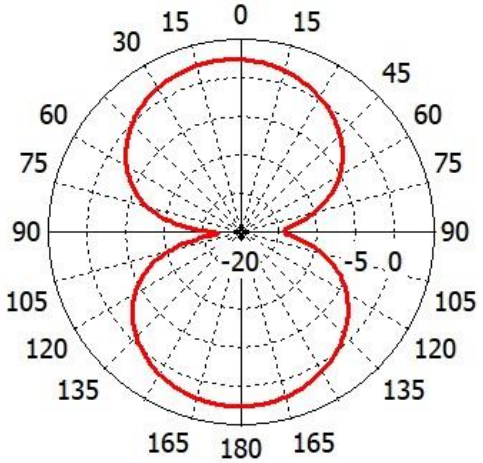
สิ่งหนึ่งที่ใช้อธิบายประสิทธิภาพของสายอากาศคือ อัตราขยาย (Gain) โดยอัตราขยายจะวัดคุณสมบัติในการชี้ทิศทางของรูปแบบการแผ่พลังงานและรวมประสิทธิภาพของสายอากาศเข้าด้วยกัน โดยผลที่ได้จากการจำลองการทำงานของสายอากาศทั้งสองรูปแบบพบว่าค่าอัตราขยายสูงสุดในทิศทางของการแผ่พลังงานของสายอากาศที่ช่วงความถี่ 2.4 GHz เป็น 2.49, 2.48 dBi และที่ช่วงความถี่ 3.69 GHz เป็น 4.2, 4.19 dBi ตามลำดับ และรูปแบบการแผ่พลังงานจะแสดงตามภาพที่ 5



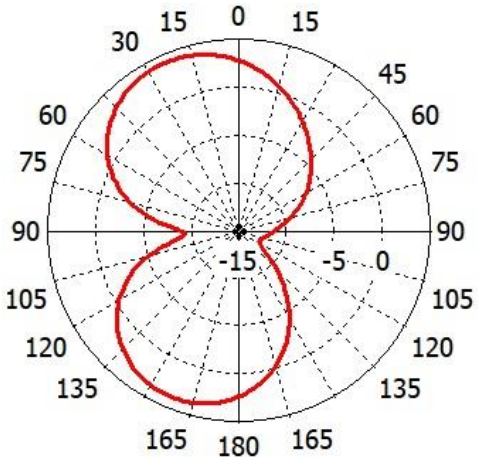
(ก) รูปแบบการแผ่พลังงานที่ความถี่ 2.4 GHz



(ข) รูปแบบการแผ่พลังงานที่ความถี่ 3.69 GHz



(ค) รูปแบบการแผ่พลังงานที่ความถี่ 2.4 GHz



(ง) รูปแบบการแผ่พลังงานที่ความถี่ 3.69 GHz

ภาพที่ 5 รูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปทั้งสองรูปแบบ

โดยในภาพที่ 5 (ก) และ 5 (ข) จะเป็นรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดแบบตัวอีและตัวแอล และในภาพที่ 5 (ค) และ 5 (ง) เป็นรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดแบบตัวแอลกลับด้านและตัวอีกลับด้าน โดยรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศทั้งสองรูปแบบจะเป็นการแผ่พลังงานแบบสองทิศทางทั้งที่ความถี่ 2.4 GHz และ 3.69 GHz

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวอีและตัวแอล และสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวแอลกลับด้านและตัวอีกลับด้าน (หรืออาจจะมองได้เป็นตัวเจและเลข 3) ตามที่ได้นำเสนอไปนั้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานจำพวกเครือข่ายไร้สายที่อยู่ในช่วงความถี่ 2.4 GHz และช่วงความถี่ 3.69 GHz จากผลการสร้างแบบจำลองและจำลองการทำงานของสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวอีและตัวแอล มีค่าการสูญเสียย้อนกลับเป็น -30.459563 dB, -39.066671 dB อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง 1.0618, 1.0226 และอัตราขยายเป็น 2.49, 4.2 dBi ที่ช่วงความถี่ 2.4 และ 3.69 GHz ตามลำดับ และในส่วนสายอากาศไมโครสตริปร่องตัดรูปตัวแอลกลับด้านและตัวอีกลับด้าน มีค่าการสูญเสียย้อนกลับเป็น -30.461026 dB, -39.06858 dB อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง 1.0618, 1.0226 และอัตราขยายเป็น 2.48, 4.19 dBi ที่ช่วงความถี่ 2.4 และ 3.69 GHz ตามลำดับเช่นเดียวกับสายอากาศแบบแรก โดยสายอากาศทั้งสองรูปแบบนั้นมีรูปแบบการแผ่พลังงานแบบสองทิศทางทั้งสองความถี่เหมือนกัน แต่มุมในการแผ่พลังงานสูงสุดของแต่ละความถี่จะแตกต่างกัน จากการจำลองการทำงานของสายอากาศทั้งสองรูปแบบจะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศ มีค่าใกล้เคียงกันมาก ไม่ว่าจะเป็นค่าการสูญเสียย้อนกลับ ค่าอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง อัตราขยาย รวมไปถึงรูปแบบการแผ่พลังงาน เพราะฉะนั้นหากต้องการสายอากาศที่ทำงานที่ช่วงความถี่ 2.4 และ 3.69 GHz สามารถนำสายอากาศไมโครสตริปทั้งสองรูปแบบที่ได้นำเสนอนี้ไปใช้งานได้ โดยเลือกการทำร่องตัดให้เป็นไปตามรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง

ข้อเสนอแนะ

สายอากาศไมโครสตริปทั้งสองรูปแบบที่ได้นำเสนอไปนั้น มีคุณสมบัติที่เหมือนกันจึงสามารถใช้งานทดแทนกันได้ แต่การนำไปสร้างจริง อาจจะต้องละเอียดในเรื่องของการทำร่องตัดในส่วนของตัวแอลมาก เนื่องจากบางส่วนของตัวแอลมีขนาดความกว้างเพียง 1 มิลลิเมตร ซึ่งค่อนข้างเล็กมาก ถ้าไม่ได้ขนาดที่ต้องการก็อาจจะทำให้ประสิทธิภาพที่ผิดเพี้ยนตามผลการทำงานที่ได้นำเสนอไป และรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศทั้งสองรูปแบบนั้น เป็นรู)แบบการแผ่พลังงานแบบสองทิศทาง อาจจะทำให้เวลาใช้งานต้องมีการปรับทิศทางของสายอากาศให้มีทิศทางการแผ่พลังงานตรงกับอุปกรณ์ที่ใช้ควบคู่ ทำให้มีความลำบากเล็กน้อยในการใช้งาน ในการวิจัยครั้งต่อไป อาจจะต้องมีการปรับหรือเปลี่ยนแปลงวัสดุในการทำสายอากาศ เพื่อให้รูปแบบการแผ่พลังงานเป็นแบบทิศรอบตัว

เอกสารอ้างอิง

ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ. (2559). **หลักการวิศวกรรมโทรคมนาคม**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศราวุธ ชัยมูล. (2556). **วิศวกรรมสายอากาศ**. กรุงเทพฯ: ศูนย์ผลิตตำราเรียนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ประยุทธ อัครเอกฒาลิน. (2553). **การออกแบบวงจรไมโครเวฟ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ศูนย์ผลิตตำราเรียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

David, M. Pozar. (2012). **Microwave Engineering**. 4th ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.

Constantine A. Balanis. (2005). **Antenna Theory Analysis and Design**. (3rd Edition). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.

Lei Chen, Xuetian Wang, Jiawei Zang, Mingyou Li & Guan Wang. (2014). **Compact dual-band C-Shaped printed antenna for WLAN applications [Electronic version]**. Proceeding for 2014 3rd Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation, 265-268.

Budhadeb Maity. (2017). **Design of Dual band L-Slot Microstrip Patch Antenna for Wireless Communication [Electronic version]**. 2017 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI-2017), 1-4.

Nirmen Mahmoud and Ehab K. I. Hamad. (2016). **Tri-Band Microstrip Antenna with L-Shaped Slots for Bluetooth/WLAN/WiMAX Application [electronic version]**. 33rd National Radio Science Conference (NRSC 2016), 73-80

Chadrabhan, Vivek Singh, Brijesh Mishra & Anil Kumar. (2015). **A Dual Band Double Inverted L-Slot Microstrip Patch Antenna [Electronic version]**. 2015 Second International Conference on Advances in Computing and Communication Engineering, 89-91

R. Jothi Chitra, K. Jeyanthi & V.Nagarajan. (2013). **Design of E Slot rectangular microstrip slot antenna for WiMAX Application [electronic version]**. 2013 International Conference on Communication and Signal Processing, 1048-1052

SD. Sairam & S.A. Arunmozhi. (2014). **A novel dual-band E and T-shaped planar inverted antenna for WLAN applications [electronic version]**. 2014 International Conference on Communication and Signal Processing, 1922-1926

การพัฒนาตัวควบคุมสำหรับควบคุมอุณหภูมิ

ธนพร พยอมใหม่[1*]

บทคัดย่อ

การออกแบบตัวควบคุมฟัซซีลอจิกสำหรับกระบวนการเตาอบขนาดเล็ก ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะออกแบบตัวควบคุมที่สามารถควบคุมกระบวนการอันดับหนึ่ง ซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม และใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ในการเขียนคำสั่งควบคุม ในส่วนของการแสดงผลจะแสดงผลโดยการดึงข้อมูลจากบอร์ดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์มาแสดงผลโดยผ่านโปรแกรม MALAB และแสดงผลด้วยจอ ในส่วนของกระบวนการควบคุมนั้นจะจำลองด้วยเตาอบขนาดเล็ก ซึ่งจะใช้หลอดไฟเป็นตัวทำอุณหภูมิความร้อนภายในเตาอบและจะใช้ตัวตรวจวัดระดับอุณหภูมิภายในเตาอบที่เป็นแบบค่าความต้านทานแปรผันกับอุณหภูมินั้นก็คือตัววัดอุณหภูมิ

คำสำคัญ: ฟัซซีลอจิก คอนโทรลเลอร์

[1] *สาขาวิชาอิเล็คทรอนิกส์สื่อสารและคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: j_payommai@hotmail.com*

DEVELOPMENT CONTROLLER FOR CONTROLLING TEMPERATURE

Tanaporn Payommai[2*]

Abstract

Fuzzy Logic design for controlling temperature applied with the small oven. The aim to design controls with fuzzy logic that can control well. The microcontroller and MATLAB / Simulink are used for designing. The display will show by pulling data from the microcontroller board. The display is shown by using LCD on the control process with oven which is used 2 halogen lamps for heating conduction.

Keywords: Fuzzy, microcontroller

[2] *Faculty of industrial technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: j_payommai@hotmail.com*

บทนำ

การอบแห้งคือการกำจัดความชื้นจำนวนที่ค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ การอบแห้งมักเป็นกระบวนการสุดท้ายก่อนการบรรจุ เพื่อป้องกันความเสียหายของผลิตภัณฑ์จากการมีความชื้นเกินค่า ปลอดภัย ในวัสดุอาหารการมีความชื้นอาจทำให้เกิดเชื้อรา หรือการเกาะติดเป็นก้อนของผลิตภัณฑ์ที่เป็นเม็ดหรืออาจมีผลเสียต่อการนำไปใช้ในกระบวนการผลิตขั้นต่อไป การอบแห้งเป็นการกำจัดความชื้นออกด้วยวิธีทางความร้อนโดยการให้ความร้อนเพื่อการระเหยความชื้นออกสู่ตัวกลางซึ่งส่วนใหญ่เป็นอากาศร้อนและแห้ง โดยอากาศดังกล่าวนอกจากจะเป็นแหล่งความร้อนเพื่อการระเหยแล้วยังทำหน้าที่พาความชื้นจากการระเหยออกจากห้องอบด้วย ความชื้นสุดท้ายในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ นั้นมากน้อยแตกต่างกันออกไป ของแข็งบางชนิด สามารถอบจนแห้งปราศจากน้ำ เรียก bone dry solid แต่ส่วนใหญ่แล้วจะยังมีความชื้นเหลืออยู่บ้าง ตัวอย่างเช่น เกลือแกงที่แห้งจะมีความชื้นประมาณ 0.5% ถ่านหินแห้งมีความชื้นประมาณ 4% การอบแห้งโดยแท้จริงแล้วหมายถึงการทำความชื้นให้ลดลงด้วยวิธีทางความร้อนให้ได้ความชื้นในระดับที่รับได้ มิได้หมายความว่าอบจนมีค่าความชื้นเป็นศูนย์เนื่องจากของแข็งมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น เป็นเกล็ด (flakes) เป็นเม็ด เป็นผลึก เป็นผงเป็นแผ่น ความชื้นที่จะถูกอบให้แห้งก็อาจอยู่ในของแข็งใน หลายรูปแบบ เช่น อาจเคลือบอยู่บนผิวผลึกอย่างในการอบเกลือ เป็นน้ำที่อยู่ในเนื้อวัสดุ เช่น แผ่นยาง หรือไม้กระดาน หรืออาจจะเป็นแบบผสม คือบางส่วนเป็นความชื้นที่อยู่ข้างนอกบางส่วนอยู่ข้างใน เนื้อ วัสดุอบอาจจะอยู่ในสภาพของแข็ง ของเหลว หรือเป็น slurry สภาวะของวัสดุเหล่านี้เป็นกำหนดรูปแบบของอุปกรณ์ ที่ใช้ในการอบ ซึ่งก็มีอยู่หลากหลายชนิด เช่น เครื่องอบแบบถาด แบบอุโมงค์แบบ ถังหมุน แบบพ่นฝอย แบบ rotary ดังนั้นการอบแห้งจึงเป็นเทคโนโลยีที่มีขอบข่ายกว้างมาก

จากเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาตู้อบแห้งอเนกประสงค์นี้ทำหน้าที่อบแห้งไล่ความชื้นออกจากวัตถุดิบ ให้สามารถอบวัตถุดิบได้หลากหลาย ซึ่งเป็นการเก็บวัตถุดิบได้นานขึ้นวัตถุดิบที่นิยมนำมาอบแห้งคือ การอบพริก การอบทุเรียนทอด การอบแคปหมู การอบกล้วยตาก การอบลำไยการอบข้าวเกรียบ การอบผลไม้แห้ง ลักษณะของเตาอบลมร้อนจะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมทรงเหมือนตู้เย็น มีประตู 1 บานและมีถาดสำหรับใส่ของที่จะอบ โดยตู้อบแห้งตัวนี้ทำหน้าที่เหมือนกับเรานำของไปตากแดด แต่ถ้าแตกแดดเราจะควบคุมความสะอาด รวมถึงสภาพแวดล้อมไม่ได้ ตัวตู้อบแห้งตัวนี้จึงมาแทนที่การแตกแดด ตู้อบตัวนี้เหมาะสำหรับการอบแห้ง หรือ การไล่น้ำมันจากของที่เราจะอบแห้ง เนื่องจากอุณหภูมิที่ตู้นี้สามารถทำได้นั้นไม่อยู่สูงมากนัก โดยอุณหภูมิจะอยู่ที่ประมาณ 60 ถึง 80 องศาเซลเซียสเท่านั้น ซึ่งข้อดีของเตาอบแห้งคือสามารถอบได้ทุกช่วงเวลา ไม่ขึ้นกับปัจจัยสภาพแวดล้อม ลมฟ้าอากาศ และใช้เวลาให้การอบแห้งน้อยลง โดยหลักการควบคุมอุณหภูมิด้วยตัวควบคุมที่สร้างจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดี คือ สามารถควบคุมให้อุณหภูมิมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาในการอบ และวงจรแบบฟัซซีลอจิกใช้สำหรับควบคุมแรงดันซึ่งสามารถทำให้เกิดความร้อนได้ดีและใช้กระแสไฟฟ้าน้อยลง ทำให้ประหยัดพลังงานและความร้อนที่สามารถกำหนดได้จะทำให้รักษาคุณภาพของวัสดุที่อบได้ดีไม่แห้งหรือชื้นจนเกินไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

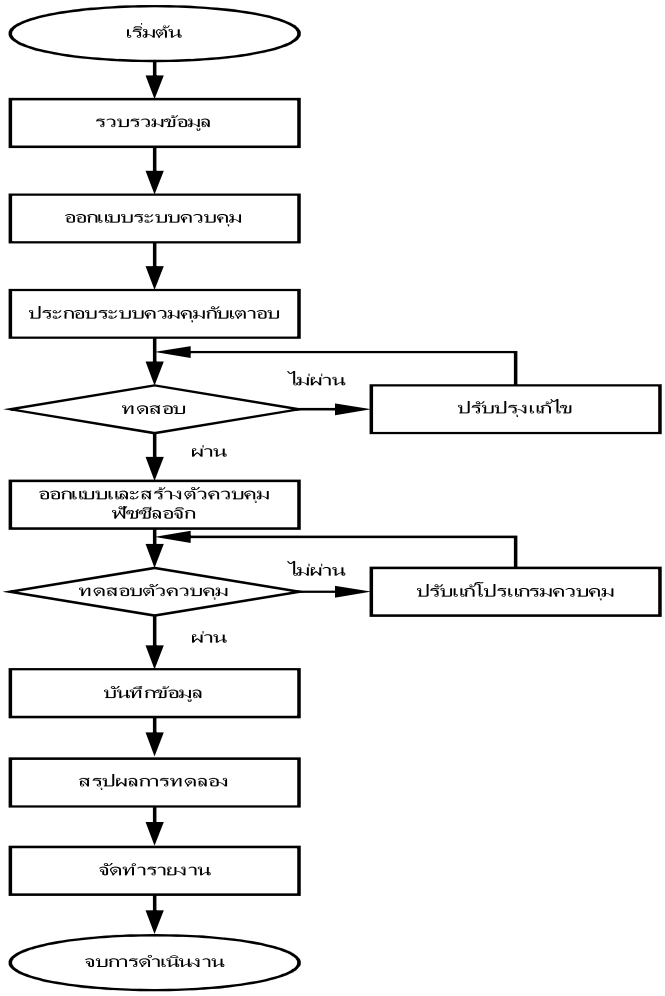
เพื่อออกแบบและสร้างตัวควบคุมแบบฟัซซีลอจิกสำหรับควบคุมอุณหภูมิของตู้อบแห้งพืชผลทางการเกษตรที่ต้องการแปรรูปและเพื่อพัฒนาตู้อบแห้งพืชผลทางการเกษตรที่ต้องการแปรรูปให้สามรถควบคุมอุณหภูมิได้คงที่และต่อเนื่องโดยใช้เวลาในการอบแห้งลดลง

วิธีดำเนินการวิจัย

ระบุวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. หาข้อมูลเกี่ยวกับเตาอบ ขดลวดทำความร้อน หลอดฮาโลเจนและระบบควบคุม
2. เก็บรายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ ของเตาอบที่ใช้ขดลวดทำความร้อน เช่น เวลา
3. ในการทำความร้อนการรักษาอุณหภูมิอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่สามารถทำได้ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าเป็นต้น เพื่อเอาไว้สำหรับเป็นข้อเปรียบเทียบ
4. หาข้อมูลการเขียนโปรแกรม MATLAB/Simulink เพื่อสร้างแบบฟัซซีลอจิก
5. ออกแบบชิ้นงานวงจรปรับแรงดันไฟฟ้าสำหรับควบคุมหลอดฮาโลเจน
6. วงจรแปลงค่าจากตัววัดอุณหภูมิเป็นแรงดันไฟฟ้า และวงจรภาคอินพุตกับวงจรภาคเอาต์พุต

1. ประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดที่ได้ออกแบบไว้ พร้อมตรวจเช็คเก็บรายละเอียดชิ้นงาน



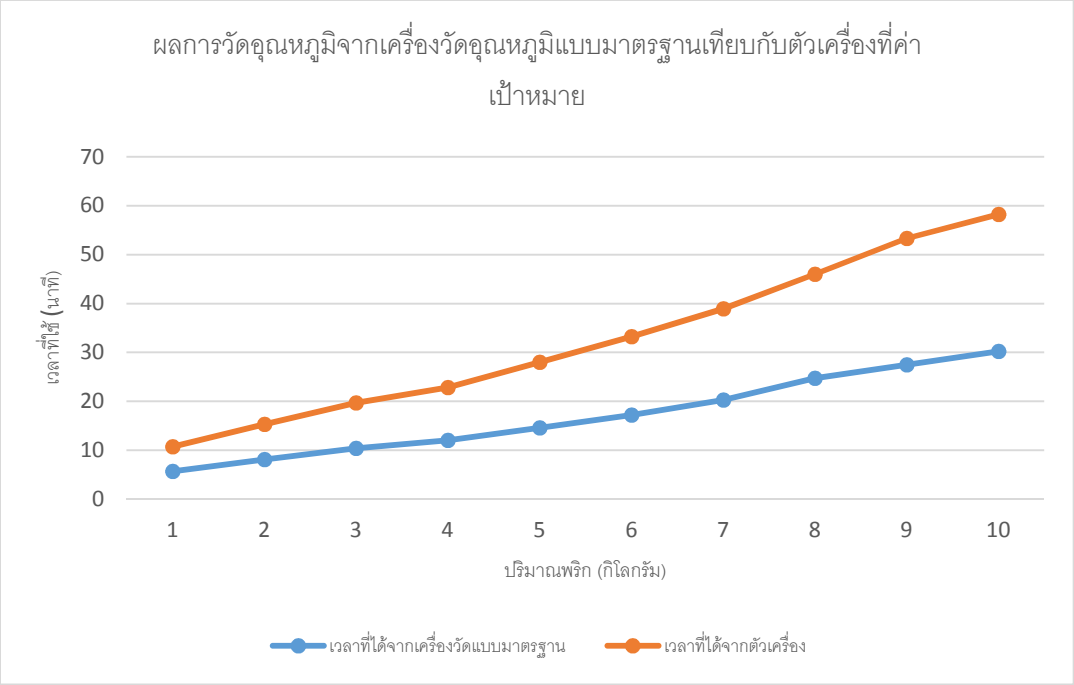
ภาพที่ 1 ผังการออกแบบและสร้างแบบจำลองกระบวนการ

ผลการวิจัย

การดูผลผลตอบสนองของแบบจำลองกระบวนการที่มีเวลาหน่วงที่ทำการสร้างขึ้น แล้วนำผลตอบสนองที่ได้นั้นไปหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อที่จะนำไปออกแบบตัวควบคุมต่อไป โปรแกรมที่ใช้ในการหาผลตอบสนองวงรอบแบบเปิดแสดง

ตารางที่ 1 ผลการทดลอง

ลำดับที่	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)
1	2.51	27.16
2	5.01	37.43
3	7.52	49.52
4	10.03	59.36
5	12.54	66.33
6	15.04	71.30
7	17.55	75.20
8	20.06	77.60
9	22.56	79.58
10	25.07	81.13
11	27.58	82.31
12	30.09	83.18
13	32.59	84.88
14	35.10	85.60
15	37.61	86.23
16	40.11	86.68
17	42.62	87.28
18	45.13	87.60
19	47.64	87.17
20	50.14	88.12



ภาพที่ 2 ผลการวัดอุณหภูมิจากเครื่องวัดอุณหภูมิแบบมาตรฐานเทียบกับตัวเครื่องที่ค่าเป้าหมาย

ผลการวัดอุณหภูมิจากเครื่องวัดอุณหภูมิแบบมาตรฐานเทียบกับตัวเครื่องที่ค่าเป้าหมาย 80 องศาเซลเซียส จากการศึกษาการอบพริกด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เวลาเที่ยงวันจะให้อุณหภูมิที่สูงสุดประมาณ 70-80 องศาเซลเซียส ซึ่งจะนำค่าที่วัดได้มาสรุปลงในภาพที่ 2

ซึ่งลักษณะการทำงานของตู้อบแห้งอเนกประสงค์ใช้หลอดไฮโลเจนในการทำความร้อน และมีมอเตอร์หมุนให้ความร้อนทั่วถึงทั้งตู้อบ ความร้อนในตู้อบจะมีความร้อนประมาณ 60 ถึง 80 องศาเซลเซียส เนื่องจากต้องการให้มอเตอร์สร้างแรงลมไว้หมุนเวียนในเตาอบได้อย่างดีเพื่อเน้นว่าการใช้งานต้องใช้งานได้ดีและลดการใช้พลังงานและการอบขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพแวดล้อม

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการออกแบบตัวควบคุมฟัซซีลอจิกสำหรับกระบวนการอันดับหนึ่ง ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม ในการจำลองกระบวนการอันดับหนึ่งนั้น จะใช้กับการจำลองกระบวนการเตาอบที่มีเวลาหน่วงซึ่งมีหนึ่งอินพุตและหนึ่งเอาต์พุต และมีชุดวงจรขับหลอดฮาโลเจนซึ่งสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าให้โหลดได้สูงสุดและปรับลดกำลังไฟฟ้าให้โหลดได้ต่ำสุดและมีชุดตรวจวัดระดับอุณหภูมิที่สามารถปรับระดับของสัญญาณให้เหมาะแก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ในการหาแบบจำลองกระบวนการนั้นจะใช้วิธีการวิเคราะห์ค่าของกราฟด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อให้ได้แบบจำลองที่ใกล้เคียงกับกระบวนการควบคุมจริงเพื่อที่จะใช้ในการออกแบบตัวควบคุม ในการออกแบบตัวควบฟัซซีลอจิกจะใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อที่จะวิเคราะห์ผลตอบสนองของกระบวนการก่อนที่จะทดสอบกับกระบวนการจริง

เอกสารอ้างอิง

ธารารัตน์ จินดาไทย, วรรณภา ชูเสียง และ กอบศักดิ์ กาญจนาพงศ์กุล. (2558). ผลของอุณหภูมิและความสุกต่อค่าการนำไฟฟ้า ความชื้น และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการให้ความร้อนแบบโอห์มมิค. **วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม**. 10(1 ตุลาคม 2557 - กันยายน 2558)

รชฏ เชื้อวิโรจน์ และเธียรชัย สันดุษฎี. (2532). ศึกษาทดลองและเปรียบเทียบการทำกล้วยตากด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์กับการทำกล้วยตากด้วยตู้ไฟฟ้า. **วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร**. 6(3): 144-148.

วรวัช พาหา และสุชาติ แย้มเม่น. (2016). **ระบบควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบ โดยใช้พลังงานร่วมระหว่างแสงอาทิตย์และก๊าซปิโตรเลียมเหลว.** The National and International Graduate Research Conference 2016 หน้า 183-190.

Ho, W. K., Hand, C. C., & Zhou, J. H., (1995). Performance and gain and phase margins of well-known PI tuning formulas. **IEEE Trans. Contr.Syst.Technol**. 3, pp.245-248.

J. G. Ziegler & N. B. Nichols. (1942). “Optimum Settings for Automatic Controller.” **ASME Trans**., Vol. 64, pp.759-768

L. A. Zadeh. (1965). **Fuzzy sets. Information Control**. Vol. 8, June, pp.338-353.

การออกแบบชุดลำดับไฟฟ้าพลังดันเพื่อใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงาน

จุไรรัตน์จินดา อรรคนิตย์[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้เป็นการออกแบบวงจรโดยใช้พิโซอิเล็กทริคให้สามารถกำเนิดพลังงานไฟฟ้าได้โดยใช้ก้าวเดินของมนุษย์และทำการเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าที่ได้ซึ่งมีวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ในการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าจากโมดูลพิโซอิเล็กทริคและใช้ตัวเก็บประจุในการทำหน้าที่สะสมแรงดันไฟฟ้าในการออกแบบได้ใช้พิโซอิเล็กทริคแบบวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 27 mm จำนวน 64 ตัว เพื่อสร้างแผ่นพื้นกำเนิดไฟฟ้า โดยออกแบบโมดูลพิโซอิเล็กทริค 4 แบบ ได้แก่ แบบขนาน แบบอนุกรม แบบผสม และแบบก้นหอย จากผลการทดลองพบว่า เมื่อมีน้ำหนัก 117 kg กดลงบนโมดูลพิโซอิเล็กทริคทั้ง 4 แบบโดยไม่ต่อโหลดพบว่า โมดูลพิโซอิเล็กทริคแบบอนุกรมเมื่อต่อเข้ากับวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์จะใช้เวลาในการชาร์จและคายประจุมากที่สุด ส่วนในการก้าวเท้าซ้ายและขวา 1 ครั้ง สำหรับคนที่มีน้ำหนัก 117 kg สามารถทำให้โมดูลพิโซอิเล็กทริคแบบขนานผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 0.02542 W และประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้ามากที่สุด 0.03679 % ในการก้าวเท้า 1 ครั้ง เมื่อคนที่หนัก 25 kg เหยียบลงบนแผ่นพื้นพิโซอิเล็กทริคได้กำลังไฟฟ้า 0.045 nW ซึ่งน้ำหนักที่ต่างกัน 78.63 % จะทำให้กำลังไฟฟ้าต่างกัน 95.12 %

คำสำคัญ : พิโซอิเล็กทริคโมดูล การเก็บเกี่ยว กำลังไฟฟ้า

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี
e-mail: churairatchinda@yahoo.com

DESIGNING PIEZOELECTRIC ARRAY FOR USE IN ENERGY HARVESTING

Churairatchinda Akkanit[1*]

Abstract

This research were designed circuits using piezoelectric to generate electrical energy. The pace of human and harvested energy available, with full-wave bridge rectifier to change the voltage of the Piezoelectric and use capacitors to serve cumulative voltage. The piezoelectric has diameter of 27 mm were used amount 64 pieces for build floor to generated electrical energy .The designed have 4 types are parallel , series , combination and spiral. The results show when a 117 kg weight pressing down on the 4 types of piezoelectric modules, the serial piezoelectric modules have almost a charged time and discharged time of capacitor in bridge rectifier circuit. When a person weighing 117 kg step left and right on it the parallel piezoelectric module can generating maximum power up to 0.02542 W and efficiency in power generation maximum 0.03679%. The a person weighing 25 kg pressing down on piezoelectric module has generate electric power 0.045 nW. So when the different weight 78.63% can generated the difference power 95.12%.

Keywords : Piezoelectric Module, Harvest, Electric power

[1] Assistant Professor of Electrical Engineering , Udonthani Rajabhat University ,*
e-mail: churairatchinda@yahoo.com

บทนำ

พลังงานกลที่เกิดขึ้นในขณะที่ออกแรงเดินหรือวิ่งได้แก่ พลังงานจลน์ (Kinetic Energy) และการลงเท้า ซึ่งเกี่ยวข้องกับพลังงานศักย์ (Potential Energy) ผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์เท่ากับพลังงานกล (Mechanical Energy) โดยทั่วไป ขณะเดิน แรงซึ่งกดบนพื้นขณะการลงเท้าจะมีขนาดประมาณ 1.3 เท่าของน้ำหนักตัว หากหญิงไทยโดยเฉลี่ยซึ่งหนัก 57.40 กิโลกรัม เดินโดยยกก้าวเท้าสูงจากพื้นประมาณ 1 เซนติเมตร แล้วลงเท้า โดยทั่วไปขณะการลงเท้าภายในระยะเวลาประมาณ 1 วินาที เรามักจะใช้ส้นเท้ากดแตะพื้นก่อน แล้วจึงใช้ปลายเท้ากดแตะพื้นก่อนจะยกก้าวเท้าเดินต่อไปในการลงเท้าครั้งหนึ่งจึงอาจคิดว่ามีแรงกดที่พื้นประมาณ 2 ครั้ง เราอาจจะคำนวณพลังงานศักย์ขณะการลงเท้าหนึ่งครั้งของหญิงไทยโดยเฉลี่ยได้จาก 1.3 x 57.40 กิโลกรัม x 9.81 เมตรต่อวินาที^{2} x 0.01 เมตร x 2 = 14.64 จูล ภายใน 1 วินาที หรือคิดเป็นกำลัง 14.64 จูล / 1 วินาที = 14.64 วัตต์ (Watt) สำหรับชายไทยโดยเฉลี่ยซึ่งหนัก 68.83 กิโลกรัม คำนวณด้วยวิธีเดียวกันจะได้กำลังขณะการลงเท้าหนึ่งครั้งเท่ากับ 17.56วัตต์ พลังงานขณะการลงเท้าส่วนใหญ่จะสูญเสียไปในรูปของพลังงานความร้อน ในปัจจุบันได้มีการนำพิโซอิเล็กตริก มาใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงานจากการก้าวเท้าเป็นพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างแผ่นพื้นที่สามารถกำเนิดไฟฟ้าได้จากการเดินหรือการก้าวเท้าโดยใช้พิโซอิเล็กตริก ไม่จำกัดสถานที่และเวลาโดยเฉพาะในพื้นที่ที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าใช้งาน ซึ่งการกำเนิดไฟฟ้าจะอาศัยแรงทางกลมาทำการผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา โดยที่ผ่านมาได้มีการวิจัยเรื่องการพัฒนาโครงสร้างของพิโซอิเล็กตริกในเชิงโครงสร้างโมเลกุลและสามารถเก็บเกี่ยวพลังงานได้ พลังงานไฟฟ้าได้ 2.53 μW แรงทางกล 500 N สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการเลือกใช้พิโซอิเล็กตริกที่มีขายอยู่ในท้องตลาด ซึ่งทั่วไป นิยมนำพิโซอิเล็กตริกไปใช้เป็นลำโพงเพื่อให้เกิดเสียงจำนวน 4 ชนิดมาออกแบบวงจรแบบชุดลำดับและตัวแปลงผันกำลังไฟฟ้าเพื่อให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากแรงกดให้ได้พลังงานสูงสุด 4 w ต่อการก้าว 1 ครั้ง

นิธิพจน์ พุทธงชัย (2552) ได้ทำการศึกษาการเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุพิโซอิเล็กตริกพีซีทีที่มีรูปทรงแบบบัค (bulk) เพื่อศึกษาผลของสมบัติของวัสดุ PZTs ต่อการเก็บเกี่ยวพลังงานกลเมื่อวัสดุได้รับแรงทางกล 100 N – 500 N พบว่า ค่ารูปร่างของเมอร์ริทของวัสดุ พิโซอิเล็กตริก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นวัสดุมีผลต่อพลังงานไฟฟ้าที่วัสดุ PZTs เก็บเกี่ยวได้ โดยที่ชนิด PZT ชนิด Pz29 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ที่ต่อกับความต้านทานภายนอก 25 MΩ สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าได้ 2.53 μW แรงทางกล 500 N ความถี่ทางกลในช่วง 0.5 -0.8 Hz

Sunghwan Kim, PhD (2002) ได้ศึกษาการนำพิโซอิเล็กตริกมาใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงาน ซึ่งพลังงานที่ได้จากพิโซอิเล็กตริกขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความหนาของชั้น ทิศทางของไดอิเล็กทริค และแรงกดที่กระทำลงบนพื้นผิว โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้โครงสร้างแบบยูนิมอร์ท (Unimorph) และทริปเปิลมอร์ท (Triplemorph) โดยพิจารณาโครงสร้างในการจัดเรียงตัวของขั้ววัสดุ ซึ่งสามารถคำนวณค่าพลังงานที่ได้โดยใช้อัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงความหนาและทิศทางของขั้วที่ตำแหน่งต่าง ๆ จากผลการศึกษาพบว่าการวางตัวของอิเล็กโทรดแบบที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้ได้ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุด

Yimming Liu (2006) ได้ศึกษาการเก็บเกี่ยวพลังงานจากสิ่งแวดล้อมโดยรอบซึ่งใช้อุปกรณ์ในการแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าแบบใหม่ได้แก่ พิโซอิเล็กตริก และอิเล็กโตรสตริกทีพ โดยศึกษาเปรียบการแปลงพลังงานจากวัสดุทั้งสอง ซึ่งต่อเข้ากับวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและวงจรรักษาระดับแรงดัน ผลการศึกษาการเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุทั้งสองชนิด ขึ้นอยู่กับแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงพลังงาน และเงื่อนไขขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงทางกล

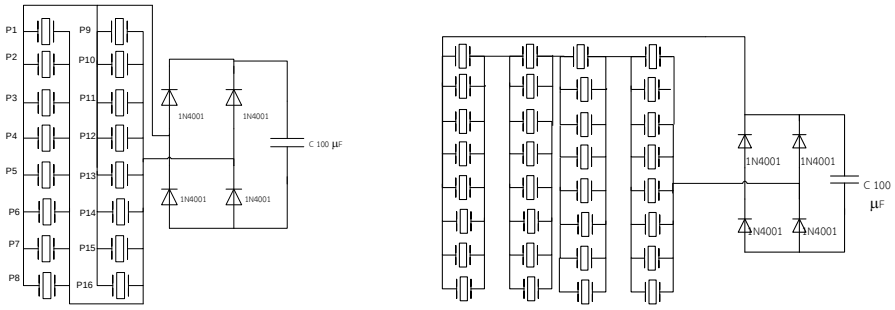
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาการเก็บเกี่ยวพลังงานของพิโซอิเล็กตริก
2. ออกแบบและจัดวางโครงสร้างของพิโซอิเล็กตริกแบบชุดลำดับเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าสูงสุด
3. ออกแบบและสร้างวงจรตัวแปลงผันที่เหมาะสมสำหรับพิโซอิเล็กตริกแบบชุดลำดับ
4. ทดสอบประสิทธิภาพของวงจรและพิโซอิเล็กตริกแบบชุดลำดับ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ออกแบบโมดูลเพียโซอิเล็กทริกแบบ 4 แบบ ได้แก่ การต่อแบบขนาน การต่อแบบอนุกรม การต่อแบบผสม และการวางแบบก้นหอย และจำลองการทำงานของระบบโดยใช้โปรแกรมด้านอิเล็กทรอนิกส์

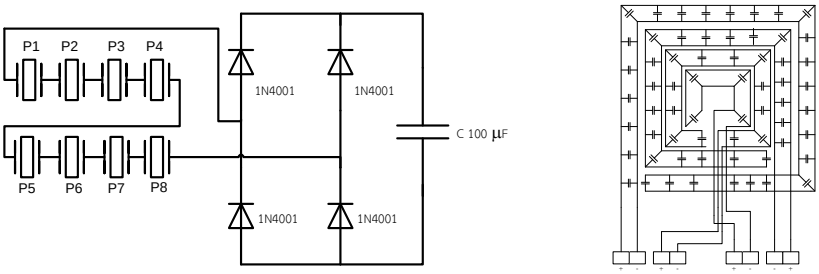
1.1 การต่อพิโซอิเล็กทริคแบบขนานกัน 16 ตัวต่อวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ 1 ชุด และต่อขนาน 8 ตัวอนุกรม 4 ชุดต่อไดโอดบริดจ์ 1 ชุด



(ก) แบบขนานจำนวน 16 ตัว (ข) แบบผสม

ภาพที่ 1 การเพียโซอิเล็กทริก ต่อบริดจ์ 1 ชุด

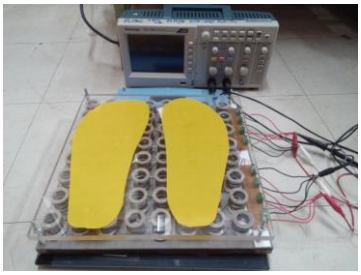
1.2 การออกแบบโมดูลเพียโซอิเล็กทริกแบบอนุกรม 8 ตัว แล้วต่อเข้าวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ จำนวน 8 ชุด และการต่อโมดูลพิโซอิเล็กทริคแบบขนาน เป็นการต่อแบบขนานโดยทำเป็นชั้น 4 ชั้น ชั้นที่ 1 วางขนานกัน 4 ตัว ชั้นที่ 2 วางขนาน 12 ตัว ชั้นที่ 3 วางขนาน 20 ตัว ชั้นที่ 4 วางขนาน 27 ตัว



(ก) การต่อแบบอนุกรม (ข) การวางแบบก้นหอย

ภาพที่ 2 การต่อวงจรบริดจ์เข้ากับพิโซอิเล็กทริคแบบอนุกรม 8 ตัว

2. การวัดรูปคลื่นขาออกของชุดโมดูลเพียโซอิเล็กทริคทั้ง 4 แบบ และวัดรูปคลื่นแรงดันขาออกของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์



ภาพที่ 3 การต่อโมดูลพิโซอิเล็กทริคเพื่อวัดรูปคลื่น

3. วัดค่าความต้านทาน ค่าการเก็บประจุของพิโซอิเล็กทริค ขนาด 27 มม. ที่ความถี่ 3.5 kHz โดยใช้ LCR มิเตอร์ GWinstek รุ่น 819 ตามรูปที่ 4 คำนวณค่าอิมพีแดนซ์ของพิโซอิเล็กทริคตามสมการที่ 1 และ 2

$$Z = R - j\,X_C \qquad (1)$$

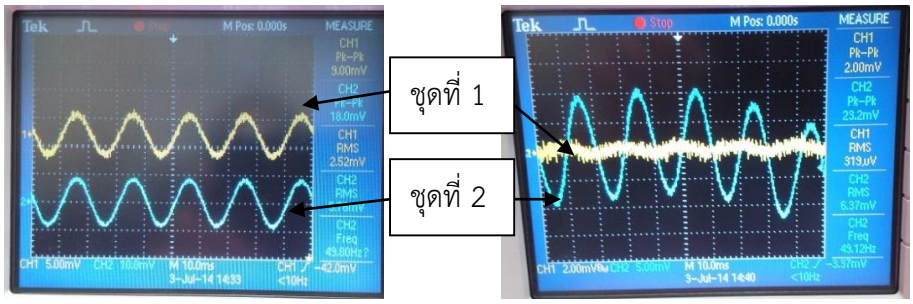
$$\text{เมื่อ } X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \qquad (2)$$

ภาพที่ 4 การวัดค่าความต้านทานและค่าการเก็บประจุของพิโซอิเล็กทริค

4. ใช้ประชากรที่มีน้ำหนักต่างกัน 5 คน ได้แก่ น้ำหนัก 117 kg, 80kg, 68 kg, 50 kg และ 25 kg ขึ้นเหยียบบนแผ่นพื้นและลงจำนวนคนละ 10 ครั้ง ของแผ่นพื้นทั้ง 4 ชนิด โดยมีรูปเท้าวางบนแผ่นพื้นเพื่อให้ผู้ทดลองวางเท้าบนตำแหน่งใกล้เคียงกัน ทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า หาค่าเฉลี่ยในเวลา 10 วินาที

ผลการวิจัย

1. การวัดรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าของโมดูลพิโซอิเล็กทริคแบบขนาน 16 ตัว เมื่อมีน้ำหนักกดทับและไม่มีน้ำหนักกดทับ



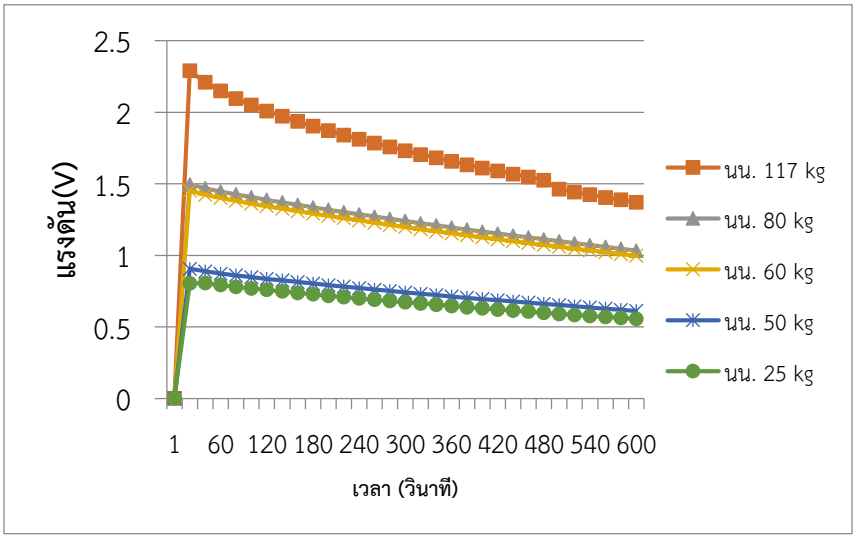
(ก) เมื่อไม่มีน้ำหนัก ข) น้ำหนัก 50 kg

ภาพที่ 5 แรงดันขาออกของเพียโซอิเล็กทริกแบบขนาน 16 ตัว ชุดที่ 1 และ 2

จากภาพที่ 5 แรงดันขาออกของโมดูลพิโซอิเล็กทริคแบบขนาน 16 ตัว ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 เป็นรูปไซน์ เมื่อไม่มีน้ำหนักกดลงชุดที่ 1 ได้ค่าแรงดันขาออก 9 mV และชุดที่ 2 ได้ค่าแรงดันค่าออก 18 mV นำหนักหนักขนาด 50 kg วางลงบนแผ่นโมดูลพิโซอิเล็กทริก ได้ค่าแรงดันขาออกชุดที่ 1 มีค่า 2 mV ค่าแรงดันขาออกชุดที่ 2 มีค่า 23.2 mV

1. การคำนวณหาค่าอิมพีแดนซ์ของพิโซอิเล็กทริค ที่ความถี่ 3.5 kHz เมื่อความต้านทานได้ 976.7 kΩ ค่าการเก็บประจุ 0.0026 nF ได้ค่าอิมพีแดนซ $Z = (0.9767 - j17.49)\ M\Omega$

2. ค่าแรงดันไฟฟ้าของแผ่นพื้นเมื่อต่อพิโซอิเล็กทริคแบบขนาน และมีน้ำหนักขนาดต่าง ๆ บนแผ่นพื้น

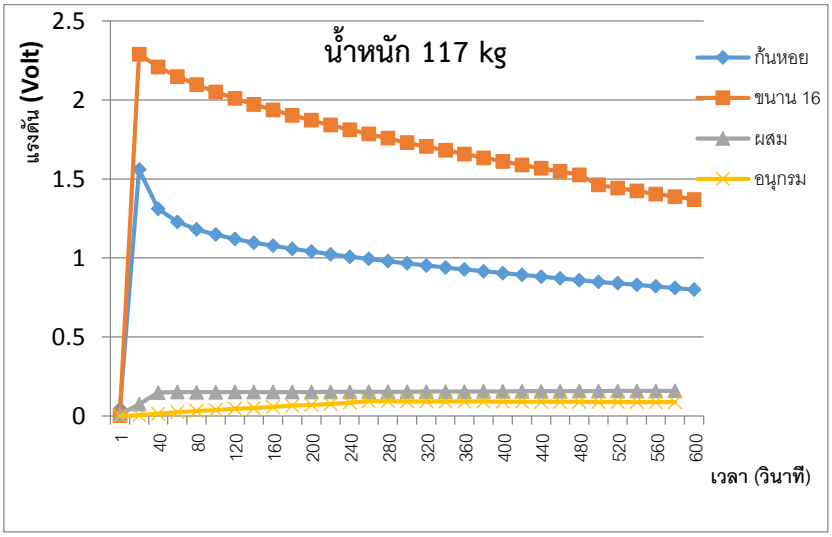


ภาพที่ 6 แรงดันและเวลาเมื่อต่อแผ่นพิโซอิเล็กทริคแบบขนาน

จากรูปที่ 6 เมื่อมีน้ำหนัก 117 kg กดลงบนแผ่นพื้นค่าแรงดันสูงสุดมีค่า 2.3 V ที่เวลา 20 วินาที และเมื่อเวลาที่ 21 วินาที ค่าแรงดันจะค่อย ๆ ลดลงในช่วง 240 วินาที มีค่าแรงดันลดลงอย่างรวดเร็ว และหลังจากนั้นค่าแรงดันจะค่อย ๆ ลดลง ซึ่งอัตราการลดลงของแรงดันคืออัตราการคายประจุของตัวเก็บประจุมีค่า 1.5 ms

4. ค่าแรงดันไฟฟ้าของแผ่นพื้นเมื่อต่อพิโซอิเล็กทริคทั้ง 4 แบบ ได้แก่ แบบอนุกรม 8 ตัว 8 ชุด แบบขนาน 16 ตัว 4 ชุด แบบผสม และการวางแบบก้นหอย โดยใช้น้ำหนัก 117 kg โดยการต่อแบบขนานจะให้ค่าแรงดันสูงที่สุด 2.3 V ส่วนการต่อแบบอนุกรมมีค่าแรงดันน้อยที่สุด 0.2 V ตามภาพที่ 7

5.ลักษณะของฝาเท้าของแต่ละคนมีลักษณะไม่เท่ากันซึ่งขนาดของฝ่าเท้าจะแปรผันกับความสูงซึ่งมีสมการความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันระหว่างเพศหญิงและเพศชาย โดยถ้าระยะก้าวเดินเพิ่มขึ้นความสูงก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นในการทดลองจึงติดรูปตำแหน่งของเท้าที่จะวางเท้าลงบนแผ่นพื้นเพื่อให้แรงกดที่กระทำบนแผ่นพื้นเป็นตำแหน่งใกล้กันมากที่สุด จะได้ค่าของกระแสและแรงดันที่ออกมาจากชุดโมดูลพิโซอิเล็กตริคชุดเดิม



ภาพที่ 7 แรงดันของแผ่นพื้นแบบพิโซอิเล็กทริคเมื่อต่อทั้ง 4 แบบ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. พิโซอิเล็กทริคเป็นอุปกรณ์ที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้โดยใช้หลักการของการสั่นสะเทือน ซึ่งทำให้โครงสร้างของพิโซอิเล็กทริคเปลี่ยนแปลงได้

2. การใช้พิโซอิเล็กทริคในการเก็บเกี่ยวพลังงานจากการก้าวเท้าโดยต่อกันแบบขนานจะให้ค่าแรงดันสูงสุด 2.3 V โดยให้คนที่มีน้ำหนัก 117 kg ก้าวเท้าบนแผ่นพื้น โดยใช้วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ในการแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงและมีตัวเก็บประจุขนาด 100 μF เพื่อทำหน้าที่ในการสะสมพลังงานไฟฟ้า

3. การต่อพิโซอิเล็กทริคแบบขนานให้ค่าแรงดันมากที่สุด รองลงมาได้แก่ แบบขนาน ส่วนการต่อแบบอนุกรมมีค่าแรงดันน้อยที่สุด 0.2 V ซึ่งมีลักษณะการวางแบบก้นหอย โดยปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ ชนิดของพิโซอิเล็กทริค ลักษณะการต่อวงจร และการจัดวาง

4. สัญญาณแรงดันขาออกที่ได้จากพิโซอิเล็กทริคมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซด์ซึ่งความสูงของรูปคลื่นจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักที่กดลงบนแผ่นพื้นและขนาดของฝ่าเท้าที่วางบนพื้น ถ้ามีขนาดฝ่าเท้าใหญ่จะทำให้เพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสกับชุดโมดูลพิโซอิเล็กทริคทำให้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ในการออกแบบชุดลำดับไฟฟ้าพลังงานดันควรมีการจัดวางวงจรให้เหมาะสม และถ้าความถี่ในการเหยียบที่แผ่นพื้นเพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ค่าแรงดันสูงสุด
2. ควรใช้แผ่นพิโซอิเล็กทริคที่ใช้ในงานเก็บเกี่ยวพลังงานเพื่อให้ได้ค่าแรงดันเพิ่มขึ้น
3. ออกแบบวงจรเพื่อเพิ่มแรงดันของแผ่นพื้นโดยใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

นิธิพจน์ พุทธงชัย. (2552). **ผลของสมบัติวัสดุ PZTs ต่อการเก็บเกี่ยวพลังงาน**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเซรามิก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, **ผลการสำรวจ รูปร่างทั่วประเทศ**. เข้าถึงได้จาก :http://www.sizethailand.org/ region_all.html. 19 สิงหาคม 2555.

Verma, N. K. Singla, P. & Roy, A. (2012). Energy Harvesting by Foot-Propelled Battery Charger using Shoe-Model, **Advanced Materials Research**, 1, 488-489, 1268-1273.

Shenck, N. S. & Paradiso, J. A. (2001). Energy Scavenging with Shoe-Mounted Piezoelectrics, **IEEE Micro**, 21, 30-42.

Sunghwan Kim. (2002). **Low power energy harvesting with piezoelectric generator**. Retrieved October 10, 2004. From website http://d-scholarship.pitt.edu/10228/1/SHKIMA.pdf

Starner, T. & Paradisco, J. A. (2004). **Human Generated Power for Mobile Electronics**. in Low Power Electronics Design, C. Piquet (editor), CRC Press.

Yiming Liu, Geng Tian, Yong Wang, Junhong Lin, Qiming Zhang, Heath F. Hofmann. Active. (2008). **Piezoelectric Energy Harvesting: General Principle and Experimental Demonstration**. Retrieved November 28, 2008.From website https://doi.org/10.1177/1045389X08098195

เทคนิคการจำลองภาพเสมือนจริงเพื่อประเมินสมรรถนะของระบบส่องสว่างภายในอาคาร กรณีศึกษา ห้องเรียนคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

อโศก ศรีทองธรรม[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้ นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองภาพเสมือนจริงเพื่อประเมินสมรรถนะของระบบส่องสว่างภายในกรณีศึกษา ห้องเรียนอาคารคณะสาธารณสุข มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จำแนกห้องเรียนด้วยจำนวนดวงโคมไฟฟ้าต่อพื้นที่เพื่อทำวิจัยออกเป็น 2 ประเภท ห้องเรียนประเภทที่ 1 ดวงโคมไฟฟ้า 2×36 วัตต์ (T8) จำนวน 9 ชุดต่อห้อง และ ห้องเรียนประเภทที่ 2 ดวงโคมไฟฟ้า 2×36 วัตต์ (T8) 12 ชุดต่อห้อง เพื่อเปรียบเทียบ ความเข้มการส่องสว่าง และการใช้พลังงานระหว่างมาตรฐานระบบแสงสว่าง และการจำลองภาพเสมือนจริงจากแบบระบบไฟฟ้าประจำอาคาร ผลการวิจัย พบว่า ความเข้มของการส่องสว่างในห้องเรียนทั้งสองประเภทมีค่าสูงกว่ามาตรฐานระบบแสงสว่าง เท่ากับ 115 ลักซ์ และ 149 ลักซ์ ในขณะที่ การใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่ามาตรฐานระบบแสงสว่างเท่ากับ 2.88 วัตต์ต่อตารางเมตร และ 2.89 วัตต์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ นั้นคือ เมื่อปรับปรุงระบบส่องสว่างภายในอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐานระบบส่องสว่างจะสามารถเพิ่มสมรรถนะของระบบส่งสว่างภายในอาคารให้สูงขึ้น โดยช่วยลดปริมาณของความเข้มการส่องสว่างลงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงเท่ากับ 21.5 กิโลวัตต์ หรือ 172 หน่วยต่อวัน นั่นคือ เมื่อระบบแสงสว่างได้รับการปรับปรุงตามมาตรฐานระบบแสงสว่าง ผลที่ได้คือ ความเข้มของการส่องสว่างลดลง 30 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง 21.5 กิโลวัตต์ หรือ 172 หน่วย

คำสำคัญ: การจำลองภาพเสมือนจริง ความเข้มการส่องสว่าง ระบบส่องสว่าง

[1] *อาจารย์ สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี e-mail:* asoke_ubu@hotmail.com

COMPUTER SIMULATION TECHNIQUES FOR ASSESSING THE EFFICACY OF AN ILLUMINATION SYSTEM CASE STUDY CLASSROOM FACULTY OF PUBLIC HEALTH UBON RATCHATHANI RAJABHAT UNIVERSITY

Asoke Shithongtum[1*]

Abstract

This research Computer simulation techniques for assessing the effectiveness of an illumination system case study Classroom Faculty of Public Health Ubon Ratchathani Rajabhat University. In this research, the researcher classifies the classrooms with the number of Fixture Units per area into two categories. Classroom Type 1 Fixture Unit 2 × 36 watt (T8) 9 sets per room and Classroom Type 2 Fixture Unit 2 × 36 watt (T8) 12 sets per room to compare luminous intensity and power consumption between lighting system standard and computer simulation from as build drawing. The research found that the luminous intensity in both type of classroom gave a higher value than the lighting system standard Equal to 115 lux and 149 lux. While electrical energy consumption was higher than the lighting system standard equal as well as luminous intensity of 2.88 watts per square meter and 2.89 watts per square meter, respectively. That is, when the lighting system is improved, follow the lighting system standard. It will increase the performance of the lighting system. The result: luminous intensity is reduced by 30 percent while the electrical energy consumption is reduced to 21.5 kilowatts or 172 units.

Keywords:computer simulation, luminous intensity, lighting system

[1] *Teacher, Electrical Technology Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Ratjabhat University. Ubon Ratchathani, e-mail:* asoke_ubu@hotmailcom

บทนำ

การใช้ประโยชน์จากระบบส่องสว่างภายในอาคารมีขึ้นอย่างแพร่หลาย และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับความเจริญก้าวหน้าทางเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งพอสรุปได้เป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ การใช้ประโยชน์จากระบบส่องสว่างเพื่อความสะดวกสบาย การใช้ประโยชน์จากระบบส่องสว่างเพื่อความสวยงาม และการใช้ประโยชน์จากระบบส่องสว่างเพื่อความปลอดภัย ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของ ข้อกำหนดด้านวิศวกรรมส่องสว่าง ยกตัวอย่างเช่น คู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคาร. (2559) โดย สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย (Illuminating Engineering Association of Thailand, TIEA) กฎกระทรวง (2559) ได้กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อม ในการทำงานที่เกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง และกฎกระทรวง (2522) ได้กำหนดมาตรฐานของระบบส่องสว่างในแต่ละพื้นที่ด้วยระดับความเข้มของการส่องสว่าง (E) ซึ่งคำนวณได้จากปริมาณของฟลักซ์ การส่องสว่าง (I) ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (A) ยกตัวอย่างเช่น ค่ามาตรฐานของความเข้มการส่องสว่างบริเวณพื้นที่ ห้องสมุดและห้องเรียน ต้องไม่น้อยกว่า 300 ลักซ์ ในขณะที่ กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2552) ได้กำหนดมาตรฐานการใช้พลังงานไฟฟ้าให้สอดคล้องกับสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย ด้วยปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยของที่เป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในกรณีของอาคารที่ขออนุญาตก่อสร้าง หรือดัดแปลงอาคารเพิ่มเติมที่มีพื้นที่ของอาคารมากกว่า 2,000 ตารางเมตร เช่น สถานศึกษาและสำนักงาน ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าตามเกณฑ์มาตรฐานต้องไม่เกิน 14 วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) ในขณะที่ระดับความสว่างต้องเป็นไปตามมาตรฐานของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย งานวิจัยด้านวิศวกรรมส่องสว่างเกิดขึ้นมากมายในปัจจุบันแบ่งออกเป็น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานระดับการส่องสว่างและการอนุรักษ์พลังงาน เช่น กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (2561) มาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง ได้กล่าวถึงความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อมเรื่องการกำหนดระดับความเข้มการส่องสว่างที่เหมาะสมภายในสถานประกอบการแก่ลูกจ้าง ระบุให้แบ่งพื้นที่การปฏิบัติงานตามความละเอียดต่าง ๆ เป็น 4 ระดับ ได้แก่ งานที่ไม่ต้องการความละเอียด เช่น การขนย้าย ความสว่างไม่น้อยกว่า 50 ลักซ์ งานที่ต้องการความมละเอียดเล็กน้อย เช่น การผลิต ความสว่างไม่น้อยกว่า 100 ลักซ์ งานที่ต้องการความละเอียดปานกลาง เช่น การเย็บผ้า เย็บหนัง มีความสว่างไม่น้อยกว่า 200 ลักซ์ และงานที่ต้องการความละเอียดสูง เช่น งานตกแต่ง งานกลึง มีความสว่างไม่น้อยกว่า 300 ลักซ์ เจริญ คันธวงศ์ (2555) ได้ศึกษาผลกระทบของเข้มแสงที่ไม่เหมาะสม เช่น แสงน้อยเกินไปหรือมากเกินไปทำให้ผู้ทำงานไม่สบาย ด้วยวิธีตรวจวัดความเข้มแสง 2 วิธี คือ ตรวจวัดแบบจุด และตรวจวัดแสงเฉลี่ยแบบพื้นที่ทั่วไป และเช่นเดียวกัน ได้ศึกษาแนวทางในการลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ด้วยมาตรการการอนุรักษ์พลังงานดังนี้ 1) การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ปิดแสงสว่างเวลากลางวัน ลดชั่วโมงการเปิดไฟฟ้าแสงสว่าง ปิดไฟแสงสว่างในพื้นที่ที่มีแสงสว่างธรรมชาติ 2) ปรับปรุงและติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน เช่น ใช้หลอด T5 แทน T8 และพบว่า ผลรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างลดลง 212,063 KWh/ปี คิดเป็นเงิน 740,849 บาท/ปี งานวิจัยที่ศึกษาการใช้พลังงานในอาคารและงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวข้องกับการประเมินสมรรถนะของอาคาร ประภาศิลป์ เอนกสุวรรณมณี (2555) ได้ศึกษาความคุ้มค่าของโครงการเปลี่ยนหลอดไฟเพื่อความมั่นคง ด้านพลังงานรวมทั้งวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้านการลงพบว่าผลการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) กรณีฐานคือไม่มีโครงการมีค่าเท่ากับ -12,604,704.05 บาท หมายความว่ากองดุริยางค์ทหารบกจะมีค่าใช้จ่ายเป็นค่าไฟฟ้า เท่ากับ 12,604,704.05 บาท ทั้งนี้หากมีโครงการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าจะช่วยประหยัดไฟฟ้าได้ร้อยละ 28 พบว่า NPV จะเท่ากับ -9,832,475.46 บาท หมายความว่า

กองดุริยางค์ทหารบกจะมีค่าใช้จ่ายเป็นค่าไฟฟ้าลดลงเหลือเท่ากับ 9,832,475.46 บาท และแม้ว่าโครงการเกิดการประหยัดร้อยละ 15 ก็ยังพบว่า ค่า NPV จะมีค่า เท่ากับ -10,173,230.74 บาท หมายความว่า กองดุริยางค์ทหารบกก็ยังจะมีค่าใช้จ่ายเป็นค่าไฟฟ้าลดลงเท่ากับ 10,173,230.74 บาท อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ (2552) ได้วิจัยและพบว่า องค์ประกอบของการอนุรักษ์พลังงานประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ 1) ที่ตั้ง สภาพภูมิอากาศตัวอาคาร 2) ผู้ใช้อาคาร 3) การบริหารจัดการ ศิวาวุธ ปิ่นอ่อน (2553) ได้ศึกษาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างภายในและภายนอกอาคาร และพบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อการประสิทธิภาพของการออกแบบระบบไฟฟ้าได้แก่ ลักษณะทางกายภาพของแสงการเลือกใช้ดวงโคมรูปแบบการติดตั้งการส่องสว่างศูนย์การค้า และการออกแบบแสงสว่างให้ประหยัดพลังงาน วัลลภ ภูผา และคณะ. (2556) ได้ศึกษาและออกแบบดวงโคมไฟฟ้าแสงสว่างด้วยระบบพลังงานระบบผสมผสานโดยใช้พลังงานธรรมชาติร่วมกัน 2 ชนิด คือ พลังงานแสงอาทิตย์ด้วยแผงโซล่าเซล และพลังงานลมด้วยกังหันผลิตแรงดัน เพื่อเสนอแนวทางการพลังงานอย่างประหยัดและหันมาใช้พลังงานทดแทนมากขึ้น เช่นเดียวกันกับงานวิจัยที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการประเมินสมรรถนะด้านระบบส่องสว่างภายในอาคารด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองภาพเสมือนจริงด้วยวิธีการแบ่งโพรงในแนวดิ่ง ด้วยเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานภายในอาคาร ภายใต้สมมุติฐาน 2 ข้อ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้สมรรถนะด้านระบบส่องสว่างภายในอาคารมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานภายในอาคาร ดังนี้ 1) การออกแบบระบบส่องสว่างเดิมอาจคำนึงถึงเฉพาะค่าความเข้มการส่องสว่างตามมาตรฐานการส่องสว่างที่กำหนดโดยสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทยเพียงอย่างเดียว 2) วัสดุอุปกรณ์ในการประหยัดพลังงานด้านระบบไฟฟ้าแสงสว่างในขณะนั้นมีราคาสูงยังไม่เป็นที่นิยมใช้แพร่หลายและเป็นเรื่องใหม่ส่งผลกระทบต่องบประมาณการก่อสร้าง

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยเรื่องนี้ 1) ได้ผลการประเมินสมรรถนะเบื้องต้นของระบบส่องสว่างภายในอาคาร 2) เกิดความเชี่ยวชาญและเป็นตัวอย่างที่ดีในการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร 3) เป็นแนวทางในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและเสนอแนวทางการปรับปรุงสมรรถนะด้านระบบส่องสว่างภายในอาคารของมหาวิทยาลัยให้สูงขึ้นต่อไป 4) ประโยชน์ต่อสาธารณะได้แนวทางในการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคารให้มีสมรรถนะด้านระบบส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงพลังงานได้เกณฑ์การประเมินสมรรถนะของระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร ได้แก่ ปริมาณการส่องสว่าง และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ได้เผยแพร่ผลงานทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อชุมชนและสังคม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

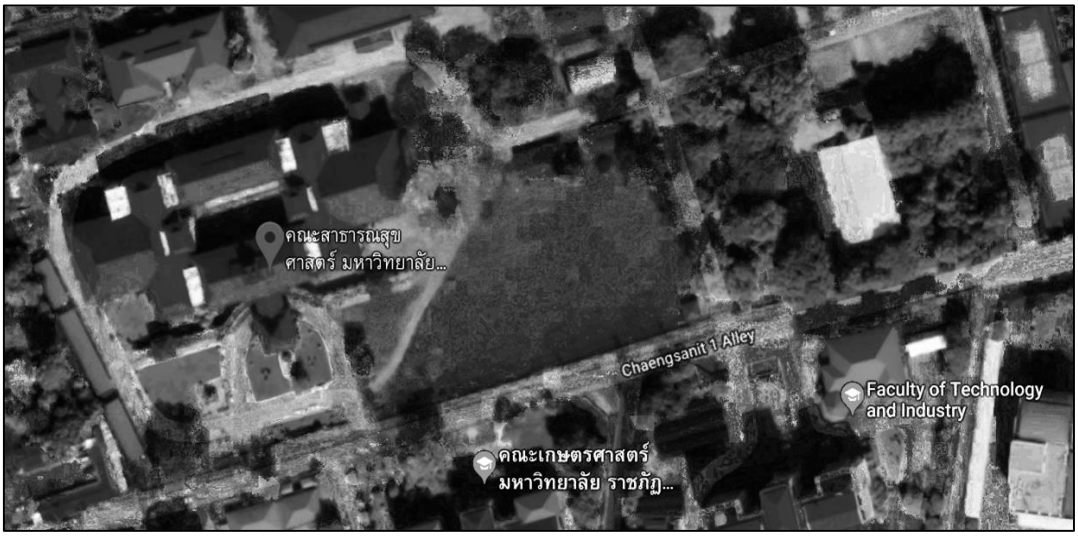
1. เพื่อประเมินสมรรถนะด้านระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคารภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
2. เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคารให้มีสมรรถนะด้านระบบส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงพลังงาน
3. เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงสมรรถนะด้านระบบส่องสว่างภายในอาคาร

วิธีดำเนินการวิจัย

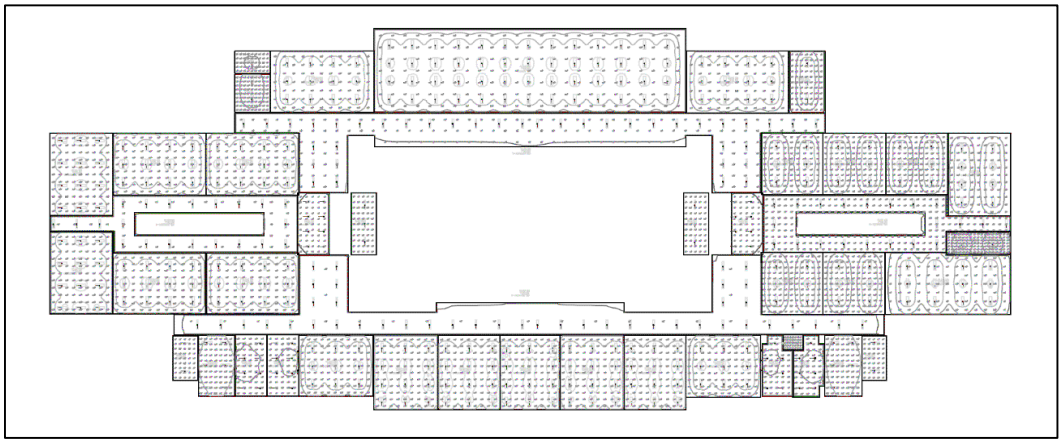
1. ข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร

อาคารที่ทำการวิจัย คือ คณะสาธารณสุขศาสตร์ (อาคาร 52C) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี พื้นที่รวมของอาคารเท่ากับ 16,300 ตารางเมตร ที่ตั้งของอาคาร แสดงในภาพที่ 3 ลักษณะทั่วไปของอาคารเป็น

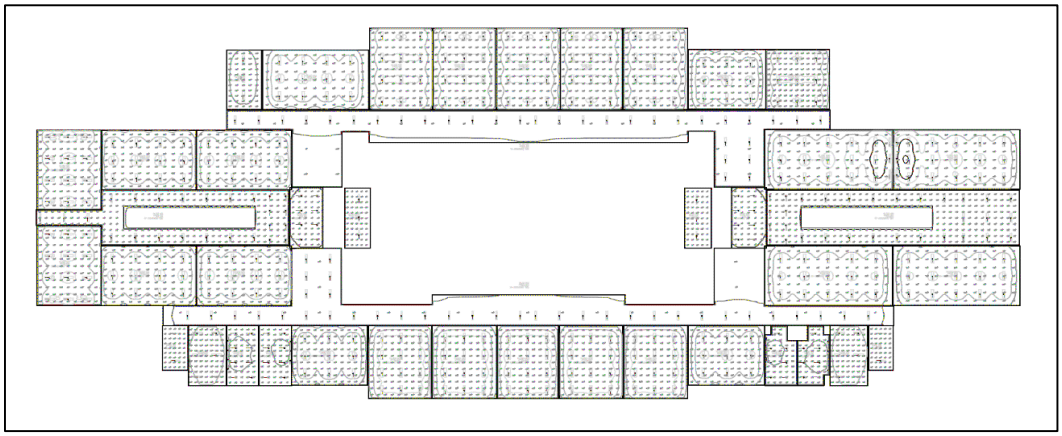
อาคาร 3 ชั้น ชั้นที่ 1 ประกอบด้วย พื้นที่โล่ง ร้านขายอาหาร และห้องเครื่องทั่วไป ชั้นที่ 2 ประกอบด้วยห้องพักอาจารย์จำนวน 7 ห้อง ห้องเรียน 13 ห้อง ชั้นที่ 3 ประกอบด้วย ห้องเรียนจำนวน 25 ห้อง เมื่อพิจารณาการออกแบบระบบส่องสว่างภายในอาคารทั้งหมดแล้ว ผู้วิจัยแบ่งประเภทของห้องเรียนด้วยพื้นที่และจำนวนดวงโคมไฟฟ้า เป็น 2 ประเภท คือ ห้องเรียนประเภทที่ 1 พื้นที่ประมาณ 64 ตารางเมตร ประกอบด้วย ดวงโคมไฟฟ้า 2 × 36 วัตต์ จำนวน 9 ชุด และห้องเรียนประเภทที่ 2 พื้นที่ประมาณ 80 ตารางเมตร ประกอบด้วย ดวงโคมไฟฟ้า 2 × 36 วัตต์ จำนวน 12 ชุด พื้นที่ของอาคารตั้งแต่ชั้นที่ 1 ถึง ชั้นที่ 3 แสดงในภาพที่ 5 ถึงภาพที่ 7



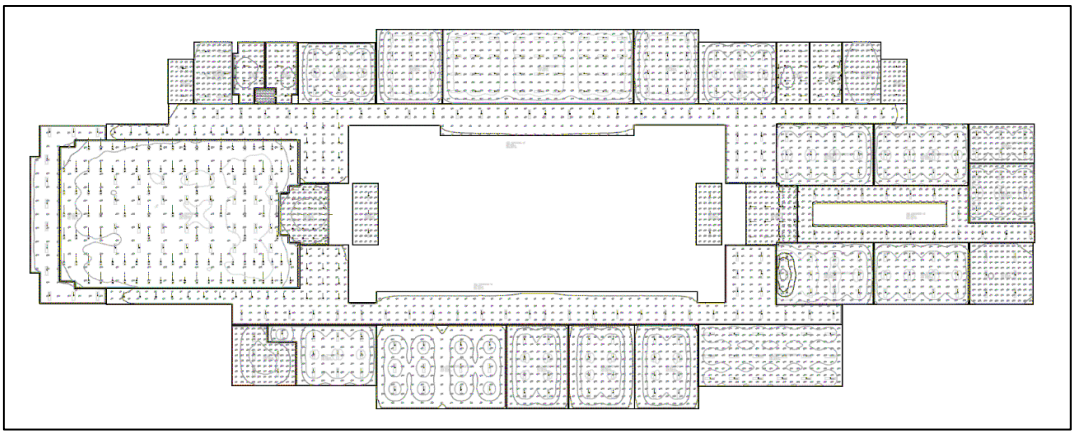
ภาพที่ 3 ตำแหน่งของ อาคารคณะสาธารณสุขศาสตร์ (อาคาร 52C)



ภาพที่ 5 การแบ่งพื้นที่และภาพรวมของค่าความเข้มการส่องสว่างชั้นที่ 1



ภาพที่ 6 การแบ่งพื้นที่และภาพรวมของค่าความเข้มการส่องสว่างชั้นที่ 2



ภาพที่ 7 การแบ่งพื้นที่และภาพรวมของค่าความเข้มการส่องสว่างชั้นที่ 3

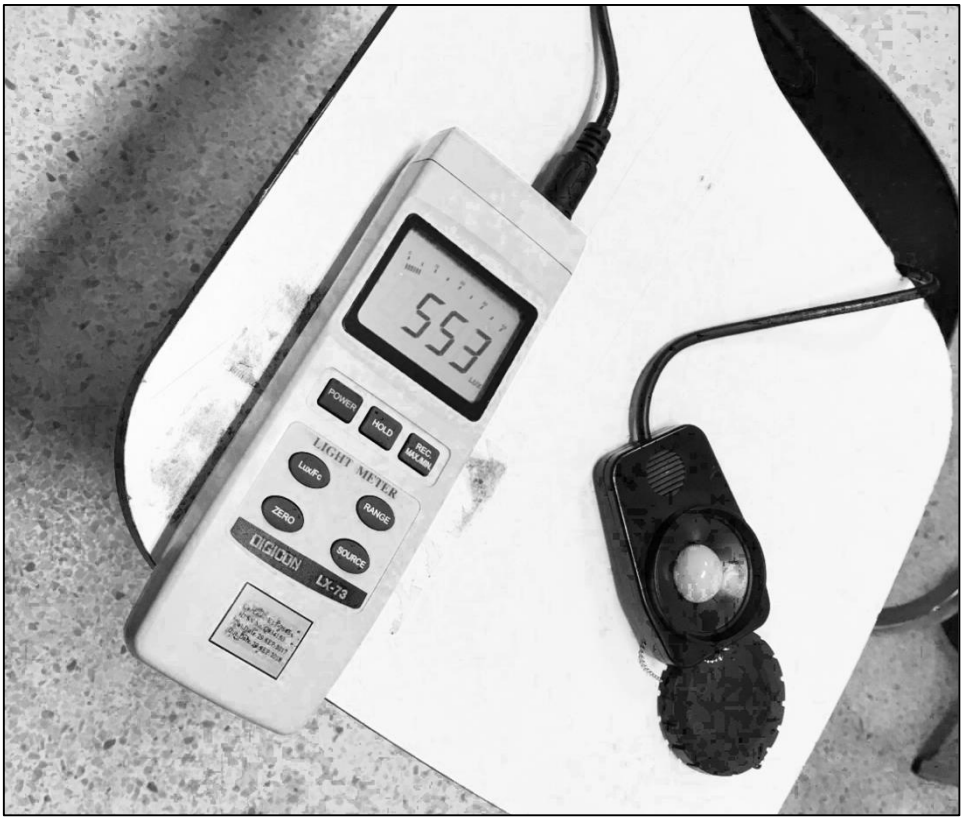
ทำการวิจัย วันที่ 18 กรกฎาคม พ.ศ. 2561 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ในพื้นที่ของห้อง เรียนอาคารคณะสาธารณสุขศาสตร์ เนื่องจากพื้นที่รวมทั้งหมดของอาคารเท่ากับ 16,300 ตารางเมตร มากที่สุดใน มหาวิทยาลัยที่เปิดใช้งาน ณ ขณะนี้ และมากกว่า 2,000 ตารางเมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของอาคารควบคุม ตำแหน่งของอาคารแสดงในภาพที่ 2 การแบ่งพื้นที่และภาพรวมของค่าความเข้มการส่องสว่างชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 3 แสดงในภาพที่ 5 ถึง ภาพที่ 7 จากภาพรวมของการจัดสรรพื้นที่ของห้องเรียนภายในอาคารวิทยาศาสตร์สุขภาพที่ ช่วงเวลาของการวิจัยอยู่ระหว่าง เวลา 8.00 น. ถึง 16.00 น. การวิจัยเพื่อประเมินสมรรถนะของระบบส่องสว่างภายในอาคารครั้งนี้ แบ่งการประเมินเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ทำการเปรียบเทียบ ค่าความเข้ม การส่องสว่างระหว่าง ความเข้มการส่องสว่างตามเกณฑ์มาตรฐาน และความเข้มของการส่องสว่างจากการจำลองภาพเสมือนจริงโดยใช้ข้อมูลจากแบบงานระบบไฟฟ้าและสื่อสารประจำอาคาร และ ค่าความเข้ม การส่องสว่างที่ได้จากผลรวมของค่าความเข้มการส่องสว่างที่ได้จากการจำลองและค่าความเข้มการส่องสว่าง จากแสงธรรมชาติโดยเครื่องวัดความเข้มแสง และ ส่วนที่ 2 ทำการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเนื่องจากคำ

ความเข้มการส่องสว่างตามเกณฑ์มาตรฐาน และ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเนื่องจากแบบงานระบบไฟฟ้าและสื่อสารประจำอาคาร เช่นเดียวกับแบบที่ 1

2. เครื่องมือวัด

2.1 เครื่องมือวัดค่าความเข้มการส่องสว่าง

วัดค่าความเข้มแสงด้วย ลักซ์มิเตอร์ ผลิตภัณฑ์ DIGICON รุ่น LX-73 (Cert.no. E 17-0646 ID SN No. Q834150, Cal.Date. 29 SEP/2017, Due.Date. 29 SEP/2018) ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 เครื่องวัดค่าความเข้มการส่องสว่าง

2.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิสีของแสง และ ความถูกต้องของแสง

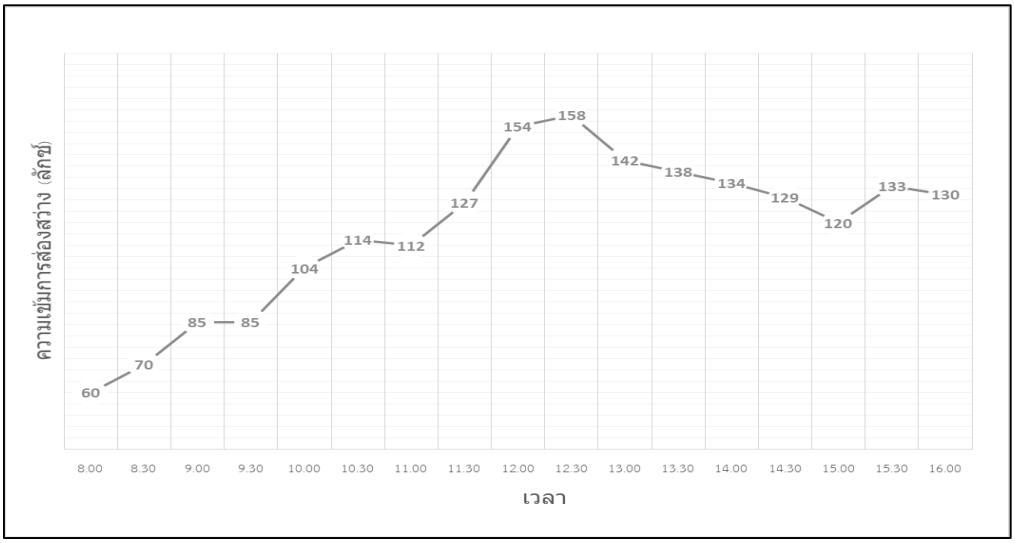
วัดอุณหภูมิของสีของแสง (CCI) และความถูกต้องของแสง (CRI) ด้วย แอลอีดีมิเตอร์ ผลิตภัณฑ์ UPRtek รุ่น MK350D LED หมายเลขเครื่อง P75MK350D ค่าที่วัดได้และยอมรับได้ คือ อุณหภูมิของสีของแสง (CCI) ประมาณ 6,500 เคลวิน และความถูกต้องของแสง (CRI) ต้องไม่น้อยกว่า 80 ดังแสดงในภาพที่ 9

ภาพที่ 9 เครื่องมือวัดอุณหภูมิแสง และความถูกต้องของแสง

ผลการวิจัย

1. แสงธรรมชาติ

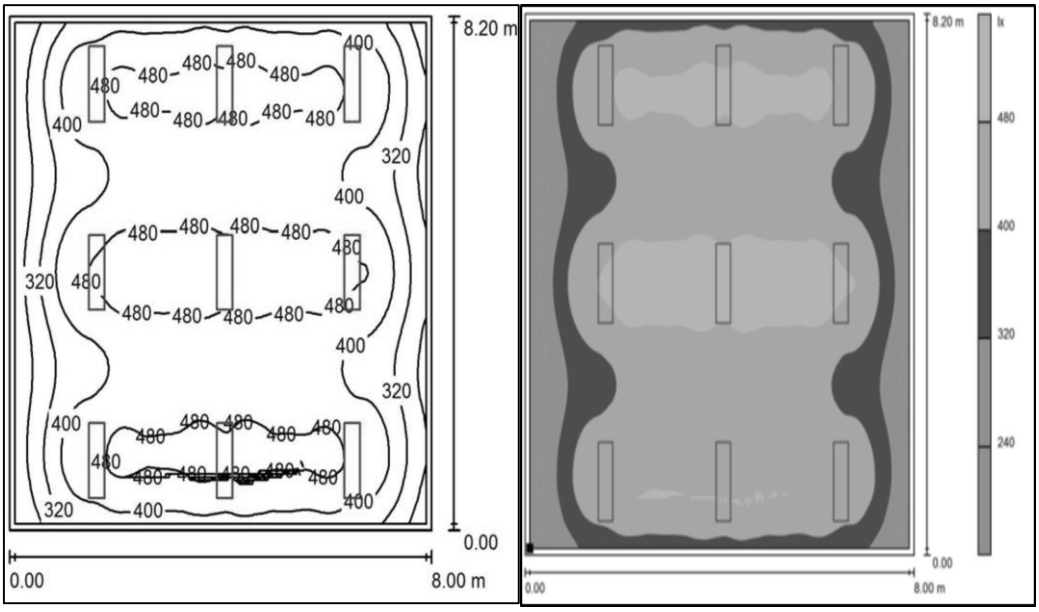
วัดคำแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลาที่ทำการวิจัย (8.00 น. ถึง 16.00 น.) ด้วย ลักซ์ มิเตอร์ จากผลการวัดค่าความเข้มแสงธรรมชาติ พบว่า ค่าเริ่มต้นของความเข้มแสงธรรมชาติเท่ากับ 60 ลักซ์ ที่เวลา 8.00 น. และเพิ่มขึ้นต่อเนื่องสูงสุดเท่ากับ 158 ลักซ์ ที่เวลา 12.30 น. และมีค่าค่อนข้างคงที่อยู่ที่ประมาณ 138 ถึง 130 ลักซ์ ที่เวลา 13.30 น. ถึง 16.00 น. ค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงธรรมชาติตลาดทั้งช่วงเวลาที่ทำการวิจัยเท่ากับ 117.35 ลักซ์ ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ค่าความเข้มแสงธรรมชาติ

2. ความเข้มของการส่องสว่างจากการจำลองภาพเสมือนจริง ในห้องเรียนประเภทที่ 1

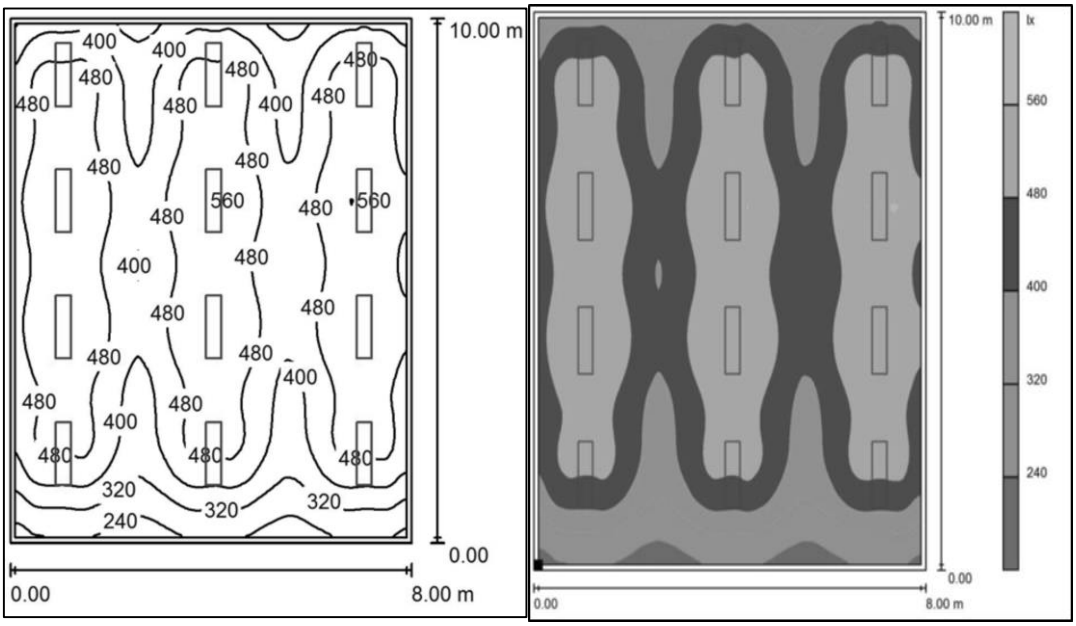
ผลการจำลองความเข็มแสงในห้องเรียนประเภทที่ 1 พบว่า ความต่อเนื่องของเส้นความเข้มการส่องสว่างส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับ 480 ลักซ์ ความเข้มการส่องสว่าง สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ย เท่ากับ 538 ลักซ์ 168 ลักซ์ และ 415 ลักซ์ ตามลำดับ ที่ระดับของความสูงของโพรงในส่วนพื้น (H_{fc}) เท่ากับศูนย์ ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 การจำลองภาพเสมือนจริง ในห้องเรียนประเภทที่ 1

3. ความเข้มของการส่องสว่างจากการจำลองภาพเสมือนจริง ในห้องเรียนประเภทที่ 2

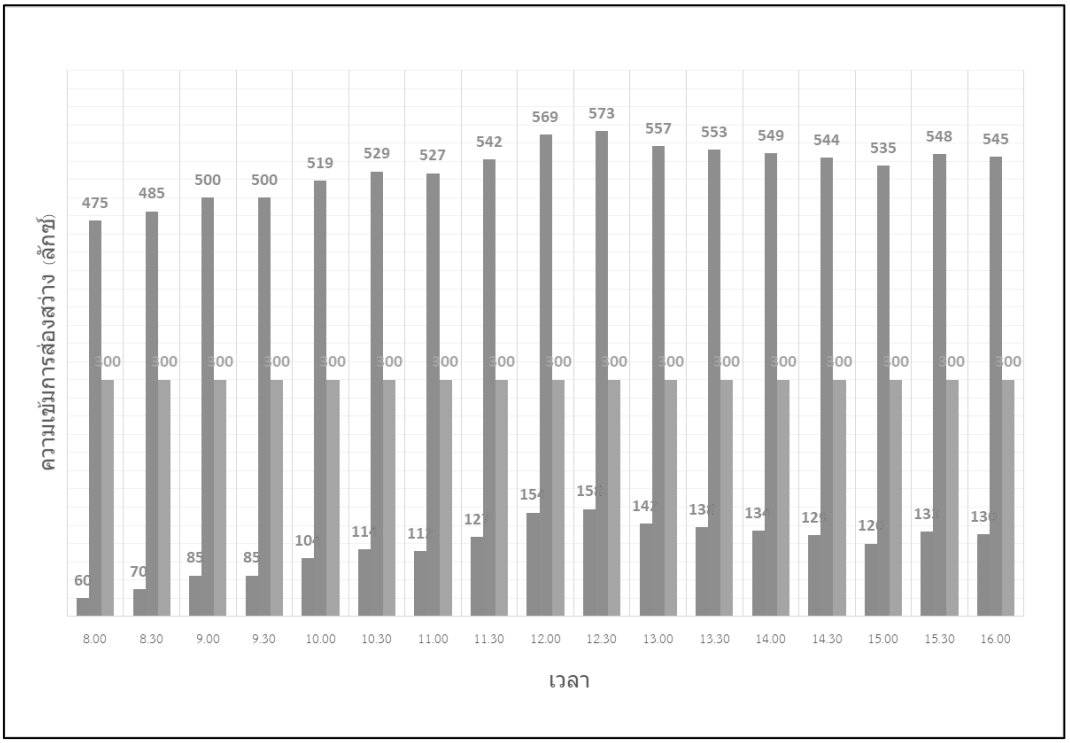
ผลการจำลองความเข็มแสงในห้องเรียนประเภทที่ 2 พบว่า ความต่อเนื่องของเส้นความเข้มการส่องสว่างส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับ 480 ลักซ์ เช่นเดียวกับห้องเรียนประเภทที่ 1 ความเข้มการส่องสว่าง สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ย เท่ากับ 565 ลักซ์ 207 ลักซ์ และ 449 ลักซ์ ตามลำดับ ที่ระดับของความสูงของโพรงในส่วนพื้น (H_{fc}) เท่ากับศูนย์ ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 การจำลองภาพเสมือนจริง ในห้องเรียนประเภทที่ 2

4. เปรียบเทียบความเข้มการส่องสว่างตามเกณฑ์มาตรฐาน และความเข้มของการส่องสว่างจากการจำลองภาพเสมือนจริง ในห้องเรียนประเภทที่ 1

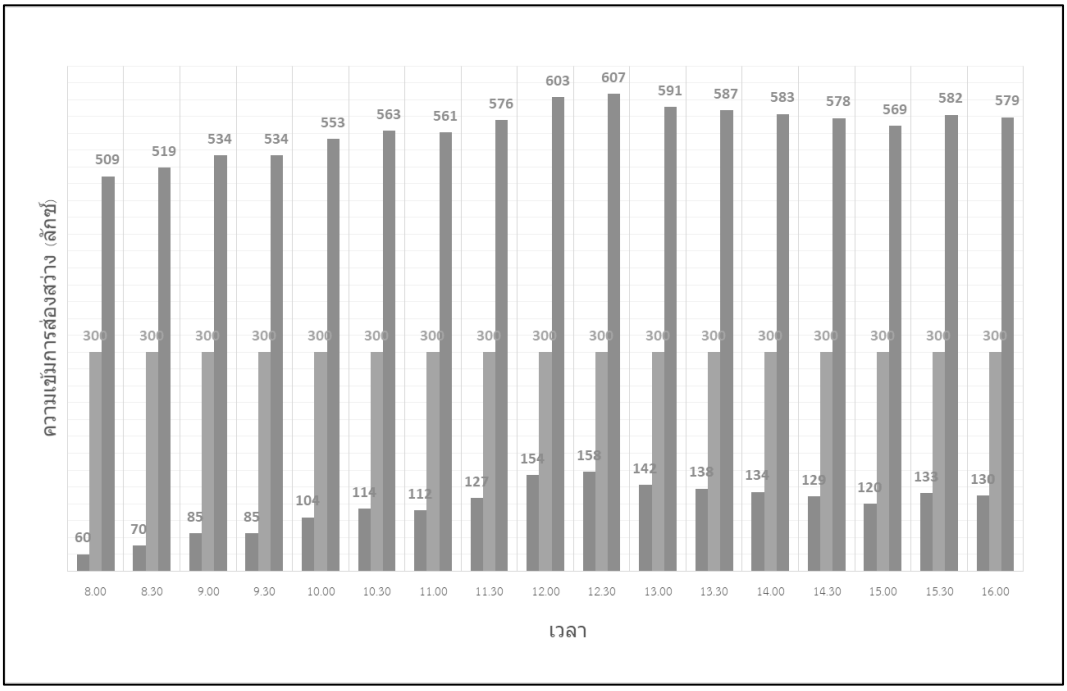
จากผลการทดลองที่แสดงในภาพที่ 11 พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มการส่องสว่าง มีค่าเท่ากับ 565 ลักซ์ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 115 ลักซ์ แต่เมื่ออยู่ในสภาวะการใช้งานจริงความเข้มการสองสว่างทั้งหมดที่เกิดขึ้นต้องประกอบด้วย ความเข้มการส่องสว่างจากการจำลอง และ ความเข้มการส่องว่างจากแสงธรรมชาติ (ดังแสดงในภาพที่ 10) ดังนั้น ผลการเปรียบเทียบผลการเปรียบเทียบความเข้มการส่องสว่างตามเกณฑ์มาตรฐาน และความเข้มของการส่องสว่างจากการจำลองภาพเสมือนจริงในห้องเรียนประเภทที่ 1 จึงแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ความเข้มการส่องสว่างตามเกณฑ์มาตรฐาน และการจำลองภาพเสมือนจริงในห้องเรียนประเภทที่ 1

5. เปรียบเทียบความเข้มการส่องสว่างตามเกณฑ์มาตรฐาน และความเข้มของการส่องสว่างจากการจำลองภาพเสมือนจริง ในห้องเรียนประเภทที่ 2

จากผลการทดลองที่แสดงในภาพที่ 12 พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มการส่องสว่าง มีค่าเท่ากับ 449 ลักซ์ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 149 ลักซ์ แต่เมื่ออยู่ในสภาวะการใช้งานจริงความเข้มการสองสว่างทั้งหมดที่เกิดขึ้น ต้องประกอบด้วย ความเข้มการส่องสว่างจากการจำลอง และ ความเข้มการส่องว่างจากแสงธรรมชาติ (ดังแสดงในภาพที่ 10) ดังนั้น ผลการเปรียบเทียบผลการเปรียบเทียบความเข้มการส่องสว่างตามเกณฑ์มาตรฐานและความเข้มของการส่องสว่างจากการจำลองภาพเสมือนจริงในห้องเรียนประเภทที่ 2 จึงแสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ความเข้มการส่องสว่างตามเกณฑ์มาตรฐาน และการจำลองภาพเสมือนจริงในห้องเรียนประเภทที่ 2

6. เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

ผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างเกณฑ์มาตรฐาน และการจำลองภาพเสมือนจริงแสดงดังตารางที่ 1 พบว่า ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการจำลองภาพเสมือนจริงในห้องเรียนประเภทที่ 1 และห้องเรียนประเภทที่ 2 มีค่าเท่ากับ 2.24 และ 2.41 วัตต์ต่อตารางเมตรต่อ 100 ลักซ์ ($W/m^2/100lx$) เมื่อคิดที่ 300 ลักซ์ จะได้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 9.30 และ 10.82 วัตต์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ ในขณะที่พลังงานไฟฟ้าจากเกณฑ์มาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 6.72 และ 7.23 วัตต์ต่อตารางเมตร พลังงานสูญเปล่ามีค่าเท่ากับ 2.58 และ 3.59 วัตต์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างมาตรฐาน และการจำลองภาพเสมือนจริง

ห้องเรียน	W/m^2/100 lx	**ค่าความเข้มการส่องสว่าง (x100 lx)**		**ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (w/m^2)**		**เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่าง ตามมาตรฐาน และการจำลองภาพเสมือนจริง**
		ตามมาตรฐาน	**การจำลองจากแบบ**	**ตามมาตรฐาน**	**การจำลองจากแบบ**	
ห้องเรียนประเภทที่ 1	2.24	3	4.15	6.72	9.30	2.58
ห้องเรียนประเภทที่ 2	2.41	3	4.49	7.23	10.82	3.59

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยที่ได้พอสรุปได้ดังนี้

ความเข้มการส่องสว่างที่ได้จากการจำลองภาพเสมือนจริงมีค่าสูงกว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน การออกแบบมากพอสมควร ในห้องเรียนประเภทที่ 1 มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานเท่ากับ 115 ลักซ์ และห้องเรียนประเภทที่ 2 มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานเท่ากับ 149 ลักซ์ ถึงแม้การจำลองจะเลือกใช้ระดับความสูงของโพรงในส่วนพื้น (H_{fc}) เท่ากับศูนย์ ซึ่งในการใช้งานจริงแล้วค่าของระดับความสูงของโพรงในส่วนพื้นจะอยู่ที่ประมาณ 1 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 1 และภาพที่ 2

นอกเหนือจากค่าความเข้มการส่องสว่างที่ได้การจำลองภาพเสมือนจริงแล้ว ค่าความเข้มการส่องสว่างจริงในขณะใช้งานยังประกอบด้วยความเข้มแสงธรรมชาติ ซึ่งในระหว่างการทำวิจัยครั้งนี้ค่าความเข้มแสงดังกล่าวมีค่าอยู่ระหว่าง 60 ลักซ์ ถึง 158 ลักซ์ โดยค่าเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาที่ทำการวิจัยโดยวิธีถ่วงน้ำหนักมีค่าเท่ากับ 117.35 ลักซ์ ดังแสดงในภาพที่ 4 คิดเป็น 39.1 เปอร์เซ็นต์ ของค่าความเข้มการส่องสว่างตามเกณฑ์มาตรฐาน

จากผลเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่าง เกณฑ์มาตรฐาน และการจำลองภาพเสมือนจริง จะได้สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า ในห้องเรียนประเภทที่ 1 และ ห้องเรียนประเภทที่ 2 พบว่า การใช้เกณฑ์มาตรฐานปริมาณการใช้พลังงานน้อยกว่า การจำลองภาพเสมือนจริง 2.58 และ 3.59 วัตต์ต่อตารางเมตร ในห้องเรียนประเภทที่ 1 และ ห้องเรียนประเภทที่ 2 ตามลำดับ เฉลี่ยแล้วปริมาณการใช้พลังงานลดลง 3.08 วัตต์ต่อตารางเมตร จากภาพที่ 5 ถึง ภาพที่ 7 พบว่า พื้นที่ของห้องเรียนอยู่ที่ 43 เปอร์เซ็นต์ การลดปริมาณการใช้พลังงานของอาคาร มีค่าเท่ากับ 21,587 วัตต์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

เอกสารอ้างอิง

กฎกระทรวง. (2522). **ฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ. ศ. 2522**, 15 ตุลาคม 2559. www.apsthailand.com/.../กฎกระทรวง-ฉบับที่-39-พ.ศ. 2537.html.

กฎกระทรวง. (2559). **กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง**, 20 ตุลาคม 2559. http://www.oshthai.org/index.php?option=com_content&view=article&id=418%3A-m-m-s&catid=1%3Anews-thai&Itemid=1.

กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2552). **หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552**, 10 ตุลาคม 2559. http://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=102.

กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. (2561). **มาตรฐานความเข้มการของแสงสว่าง**, 10 ตุลาคม 2559. http://www.oshthai.org/attachments/article/1264/1264.PDF.

เจริญ คันธวงศ์. (2555). **การจัดการอาคารสานักงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรณีศึกษาอาคารดรเจริญคันธวงศ์มหาวิทยาลัยกรุงเทพ วิทยาเขตกล้วยน้าไท มหาวิทยาลัยกรุงเทพ**. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

ประภาศิลป์ เอนกสุวรรณมณี. (2555). **การศึกษาความคุ้มค่าของโครงการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเพื่อความมั่นคงด้านพลังงาน กองดุริยางค์ทหารบก**. ปริญญานิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี.

วัลลภ ภูผา และคณะ. (2556). **การศึกษาโคมไฟฟ้าแสงสว่างด้วยระบบพลังงานระบบผสมผสาน**. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5, 15-16 กรกฎาคม 2556 ณ ศูนย์ประชุมบางกอกคอนเวนชั่นเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลเวิลด์ ปทุมวัน กรุงเทพฯ.

อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ. (2552). The Assessment of Building Energy Performance: Thammasat University, Rangsit Campus. **Journal of Architectural/Planning Research and Studies**. 6(1), 13-30.

สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. (2559). **คู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคาร**. กรุงเทพฯ: สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย.

ศิวาวุธ ปิ่นอ่อน. (2553). **การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างภายในและภายนอกอาคารศูนย์การค้าชุมชน กรณีศึกษา ศูนย์การค้า ลา วิลล่า**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

บทบาทของดีเอ็นเอภายนอกเซลล์ (eDNA) ต่อการสร้างไบโอฟิล์มของ *Burkholderia pseudomallei*

รัตติยาภรณ์ ปักกุลนันท์[1*] สกาวรัตน์ กันทะวงศ์[2] โสรัจสิริ เจริญสุดใจ[2]

บทคัดย่อ

Burkholderia pseudomallei เป็นแบคทีเรียแกรมลบที่พบในสิ่งแวดล้อม และก่อให้เกิดโรคเมลิออยโดสิส ความสามารถในการสร้างไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* มีความสำคัญต่อการอยู่รอดในสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม สัมพันธ์กับการกลับซ้ำของโรคเมลิออยโดสิสและการทนยาปฏิชีวนะ ไบโอฟิล์มของแบคทีเรียประกอบด้วย พอลิแซ็กคาไรด์ โปรตีน ลิพิด และดีเอ็นเอภายนอกเซลล์ (eDNA) การศึกษาในแบคทีเรียหลายชนิด พบว่า eDNA เป็นส่วนประกอบที่จำเป็นต่อกระบวนการสร้างไบโอฟิล์ม การศึกษานี้ได้วัดปริมาณไบโอฟิล์มอายุ 2 วันของ *B. pseudomallei* จำนวน 8 ไอโซเลท ที่เพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ LB และ MVBM บ่มที่อุณหภูมิ 37 °ซ ผลการวัดไบโอฟิล์มด้วยสีคริสตัล ไวโอเล็ต และวัดปริมาณ eDNA ด้วยฟลูออเรสเซนซ์ แสดงให้เห็นว่า *B. pseudomallei* แต่ละไอโซเลทสร้างไบโอฟิล์มและพบ eDNA ในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยสร้างไบโอฟิล์มมากสุด เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MVBM และสร้าง eDNA มากสุดเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ LB *B. pseudomallei* จำนวน 3 ไอโซเลท (*B. pseudomallei* L1, P1 และ H777) ถูกเลือกเพื่อศึกษาบทบาทของ eDNA ต่อการสร้างไบโอฟิล์ม ด้วยการเติมเอนไซม์ DNase I เปรียบเทียบกับไม่เติมเอนไซม์ DNase I และติดตามเป็นเวลา 3 วัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เอนไซม์ DNase I สลายไบโอฟิล์มในวันที่ 2 และ 3 ดังนั้น การเติมเอนไซม์ DNase I สามารถยืนยันบทบาทของ eDNA ในกระบวนการสร้างไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* แสดงให้เห็นว่า eDNA เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่สำคัญในไบโอฟิล์มเมทริกซ์ของ *B. pseudomallei* ซึ่งการใช้เอนไซม์ DNase I อาจจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการป้องกัน หรือทำลายไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei*

คำสำคัญ: *Burkholderia pseudomallei* ดีเอ็นเอภายนอกเซลล์ ไบโอฟิล์ม

[1] *นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาจุลชีววิทยาทางการแพทย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
e-mail: p.rattiyaphorn@kkumail.com

[2] *อาจารย์ สาขาจุลชีววิทยาทางการแพทย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ศูนย์วิจัยโรคเมลิออยโดสิส มหาวิทยาลัยขอนแก่น, กลุ่มวิจัยไบโอฟิล์ม มหาวิทยาลัยขอนแก่น e-mail: sakawrat@kku.ac.th; sorujsr@kku.ac.th*

THE ROLE OF EXTRACELLULAR DNA IN BIOFILM FORMATION OF *Burkholderia pseudomallei*

Rattiyaphorn Pakkulnan[1*] Sakawrat Kanthawong[2] Sorujsiri Chareonsudjai[2]

Abstract

Burkholderia pseudomallei is a Gram negative environmental bacterium and a causative agent of melioidosis. *B. pseudomallei* biofilm-forming ability is crucial for its survival in unsuitable environments, correlated with relapse melioidosis and antibiotic resistance. Bacterial biofilm composed of polysaccharides, proteins, lipids, and extracellular DNA (eDNA). The eDNA has been demonstrated as an essential component for biofilm development in number of bacteria. In this study, the 2-day biofilm in Luria-Bertani (LB) and modified Vogel and Bonner medium (MVBM) media at 37°C of eight *B. pseudomallei* isolates were examined for their biofilm formation and eDNA quantification using crystal violet staining and fluorescent dye-based quantification. The results demonstrated the variation of *B. pseudomallei* biofilm formation and eDNA quantification. *B. pseudomallei* grown in MVBM demonstrated higher biofilm formation compared to that of LB. Whereas *B. pseudomallei* grown in LB demonstrated higher eDNA quantity. Clinical *B. pseudomallei* isolates (L1, P1 and H777) were chosen to determine the role of eDNA on biofilm formation using DNase I treatment. The DNase I treated and untreated biofilm were examined daily for 3 days. The results demonstrated that DNase I treatment lessen *B. pseudomallei* biofilm pellicle in LB at day 2 and day 3. These findings indicated that eDNA is a key component of *B. pseudomallei* biofilm matrix during biofilm formation. DNase I treatment may be an option to prevent or disperse *B. pseudomallei* biofilm.

Keywords: *Burkholderia pseudomallei*, extracellular DNA, biofilm formation

[1] *Master of Science Program in Medical Microbiology, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, e-mail: p.rattiyaphorn@kkumail.com*

[2] *Lecturer, Department of Medical Microbiology, Faculty of Medicine, Melioidosis Research Center, Biofilm Research Group, Khon Kaen University, e-mail: sakawrat@kku.ac.th; sorujsr@kku.ac.th*

บทนำ

Burkholderia pseudomallei เป็นแบคทีเรียแกรมลบ ที่เป็นสาเหตุของโรคเมลิออยโดสิส (melioidosis) ที่พบการระบาดได้ทั่วโลก โดยจะพบการระบาดของโรคมากที่สุดในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และตอนเหนือของประเทศออสเตรเลีย (Cheng & Currie, 2005) จำนวนผู้ป่วยโรคเมลิออยโดสิสในประเทศไทยพบได้สูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและสัมพันธ์กับจำนวนแบคทีเรียในดินที่ตรวจพบได้สูงกว่าในภาคอื่น ๆ ของประเทศ (Smith et al., 1995; Suputtamongkol et al., 1994) ผู้ป่วยโรคเมลิออยโดสิสจะได้รับเชื้อที่ปนเปื้อนในดิน ฝุ่น น้ำ เข้าสู่ร่างกายผ่านทางระบบทางเดินหายใจ ผิวหนัง หรือการรับประทาน ผู้ป่วยจะมีอาการไข้ ปอดติดเชื้อเฉียบพลัน ไอมีเสมหะ ติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ ติดเชื้อในข้อ ฝีในตับ ม้าม ต่อมน้ำเหลือง ตามผิวหนัง และอาจพบได้ในทุกอวัยวะในร่างกาย รวมทั้งเข้าสู่กระแสเลือด และทำให้มีอัตราการเสียชีวิตจากโรคเมลิออยโดสิสสูงมากถึง 40% (Chaowagul et al., 1989; Currie et al., 2000; White, 2003) ในปัจจุบันยังไม่มีวัคซีนป้องกันโรคเมลิออยโดสิส การรักษาด้วยยาปฏิชีวนะ อาจไม่ได้ผลดีเท่าที่ควรหากผู้ป่วยไม่ได้รับการรักษาอย่างถูกต้องและทันเวลา การป้องกันการติดเชื้อสาเหตุของโรคเมลิออยโดสิสคือการหลีกเลี่ยงการสัมผัสเชื้อที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะในดินของพื้นที่ที่มีการระบาดของโรค รวมทั้งการดื่มน้ำที่สะอาด แต่ด้วยกิจกรรมของเกษตรกรในฤดูเพาะปลูก ทำให้มีโอกาสสัมผัส *B. pseudomallei* ในดินได้สูง โดยที่ไม่มีการสวมใส่อุปกรณ์ที่ป้องกันการติดเชื้อ ดังนั้น ปัญหาของโรคเมลิออยโดสิสในพื้นที่ระบาดในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังคงเป็นปัญหาสุขภาพที่สำคัญอย่างยิ่ง

ไบโอฟิล์ม มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต และช่วยให้แบคทีเรียคงทนต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสม *B. pseudomallei* สามารถสร้างไบโอฟิล์ม นอกจากนี้ ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ความเข้มข้นของเกลือ เหล็ก และอุณหภูมิ ช่วยส่งเสริมความสามารถในการสร้างไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* (Kamjumphol et al., 2013) และอาจมีผลทำให้แบคทีเรียคงทนได้ในสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ ไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* ยังมีความสัมพันธ์กับการก่อให้เกิดโรคในมนุษย์ เช่น ทำให้เกิดการยึดเกาะ (adherence) กับเซลล์ของโฮสต์ ทำให้เกิดการหลบเลี่ยง (evasion) จากระบบภูมิคุ้มกัน (Kunyanee et al., 2016) และ มีรายงานแสดงให้เห็นว่า ไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* ทำให้แบคทีเรียทนต่อยาปฏิชีวนะที่ใช้ในการรักษาโรค (Sawasdidoln et al., 2010) อาจทำให้เกิดการกลับเป็นซ้ำ (relapse) ของโรคเมลิออยโดสิส (White, 2003) มีรายงานแสดงให้เห็นว่าการกลับเป็นซ้ำของผู้ป่วยโรคเมลิออยโดสิสสัมพันธ์กับความสามารถของการสร้างไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* (Limmathurotsakul et al., 2014)

ดีเอ็นเอภายนอกเซลล์ (extracellular DNA, eDNA) เป็นส่วนประกอบสำคัญใน extracellular polymeric substance (EPS) matrix ของไบโอฟิล์มของแบคทีเรียก่อโรคหลายชนิด มีรายงานว่า eDNA มีความสำคัญต่อความสมบูรณ์ของโครงสร้างไบโอฟิล์มของ *Pseudomonas aeruginosa* ซึ่งพบ eDNA ในไบโอฟิล์มปริมาณมาก และเอนไซม์ DNase สามารถทำลายไบโอฟิล์มที่พัฒนาเต็มที่แล้วของ *P. aeruginosa* ได้ (Whitchurch et al., 2002) นอกจากนี้การศึกษาบทบาทของ eDNA ต่อการสร้างไบโอฟิล์มของ *Campylobacter sp.* ด้วยเอนไซม์ DNase ก็สามารถลดปริมาณของไบโอฟิล์มของ *Campylobacter sp.* ได้เช่นกัน (Kim et al., 2017) การศึกษาผลของ eDNA ต่อการสร้างไบโอฟิล์มของ *Listeria monocytogenes* ซึ่งเป็นแบคทีเรียก่อโรคทางเดินอาหาร พบว่า eDNA มีบทบาทสำคัญต่อการยึดเกาะ และช่วงแรกของการสร้างไบโอฟิล์มของแบคทีเรียชนิดนี้ (Harmsen et al., 2010)

แต่ยังไม่มีรายงานถึงบทบาท eDNA ในการสร้างไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* ซึ่งจะมีความสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้เข้าใจส่วนประกอบที่สำคัญของไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* ดังนั้นหากทราบถึงบทบาท

ของ eDNA ต่อการสร้างไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* ก็จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมการสร้างหรือทำลายไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* และจะเป็นประโยชน์สำหรับลดความรุนแรงในการติดเชื้อได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อตรวจหา eDNA ในไบโอฟิล์มเมทริกซ์ของ *B. pseudomallei* ด้วยการใช้เอนไซม์ DNase I

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียม *B. pseudomallei*

1.1 *B. pseudomallei* จำนวน 8 ไอโซเลท ประกอบด้วย เชื้อที่คัดแยกจากสิ่งส่งตรวจ (clinical isolate) จำนวน 4 ไอโซเลท ได้แก่ B1, L1, P1 และ H777 และเชื้อที่คัดแยกจากสิ่งแวดล้อม (environmental isolate) จำนวน 4 ไอโซเลท ได้แก่ 3E, 8E, 23E และ ST39 (ตารางที่ 1)

1.2 เพาะเลี้ยง *B. pseudomallei* จากเชื้อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -80 °ซ ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Ashdown’s agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 °ซ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำ *B. pseudomallei* จำนวน 1 โคโลนี เพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Luria-Bertani (LB) (ประกอบด้วย tryptone 10 กรัม yeast extract 5 กรัม sodium chloride 10 กรัม น้ำกลั่น 1 ลิตร) ชนิดเหลว 3 มิลลิลิตรหรืออาหารเลี้ยงเชื้อ modified Vogel and Bonner medium (MVBM) ชนิดเหลว (ประกอบด้วย $MgSO_4$ 0.2 กรัม citric acid 2 กรัม $NaNH_4HPO_4$ 3.5 กรัม K_2HPO_4 10 กรัม 25% D-glucose 80 มิลลิลิตร 36% $CaCl_2$ 1 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 919 มิลลิลิตร) นำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อแบบเขย่า (incubator shaker) ที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 37 °ซ เป็นเวลา 18 ชั่วโมง เพื่อทำเป็นเชื้อเริ่มต้น

1.3 นำ 2% ของเชื้อเริ่มต้นเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ LB หรือ MVBM ชนิดเหลว 25 มิลลิลิตร และนำไปบ่มเขย่า ที่อุณหภูมิ 37 °ซ เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ก่อนที่จะนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร (OD_{540}) ด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer) เพื่อปรับค่า OD_{540} ให้ได้ค่าความขุ่นประมาณ 0.8-0.9 สำหรับใช้ในการทดลองต่อไป (Kunyanee et al., 2016; Taweechaisupapong et al., 2005)

ตารางที่ 1 *B. pseudomallei* ที่ใช้ในการศึกษานี้

***B. pseudomallei* isolates**	**แหล่ง**
B1	เลือด
L1	ปอด
P1	หนอง
H777	เลือด
3E	ดิน
8E	ดิน
23E	ดิน
ST39	ดิน

2. การวิเคราะห์การสร้างไบโอฟิล์ม (Biofilm formation analysis)

นำ *B. pseudomallei* แต่ละไอโซเลท (OD_{540} 0.8-0.9) ปริมาตร 200 ไมโครลิตร เติมลงในแต่ละหลุมของ 96-well microtiter plate จำนวน 8 หลุมบ่มที่อุณหภูมิ 37 °ซ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นดูดแบคทีเรียที่ไม่ยึดเกาะออก และเติมอาหารเลี้ยงเชื้อใหม่ปริมาตร 200 ไมโครลิตรและบ่มต่อที่อุณหภูมิ 37 °ซ เป็นเวลา 21 ชั่วโมง จากนั้นดูดแบคทีเรียที่ไม่ยึดเกาะออกและล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 1 ครั้ง ก่อนเติมอาหารเลี้ยงเชื้อใหม่ปริมาตร 200 ไมโครลิตร และบ่มที่อุณหภูมิ 37 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ไบโอฟิล์มที่มีอายุ 2 วัน (2-day biofilm) จากนั้นล้างไบโอฟิล์มด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 3 ครั้ง แล้วเติม 99% เมธานอล (methanol) ปริมาตร 200 ไมโครลิตร เป็นเวลา 15 นาที แล้วดูดเมธานอลออกและเติม 2% คริสตัล ไวโอเล็ต (crystal violet) เพื่อย้อมไบโอฟิล์มเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นล้างไบโอฟิล์มด้วยน้ำประปา ทิ้งให้แห้งแล้วเติม 33% กรดอะซิก (acetic acid) ปริมาตร 200 ไมโครลิตร แล้ววัดค่าดูดกลืนแสงของสารละลายที่ 620 นาโนเมตร (OD_{620}) ด้วยเครื่อง microplate reader (TECAN Safire, Port Melbourne, Australia) (Kunyanee et al., 2016; Taweechaisupapong et al., 2005)

3. การวัดปริมาณดีเอ็นเอภายนอกเซลล์ (eDNA)

3.1 การวัดปริมาณ eDNA ของ *B. pseudomallei* ทำการตรวจวัดตามวิธีการที่อธิบายในคู่มือของชุดตรวจ QuantiFluor dsDNA System (Promega, WI, USA) โดยทำควบคู่กับการวัดการสร้างไบโอฟิล์ม โดยนำ *B. pseudomallei* ที่ปรับค่า OD_{540} 0.8-0.9 ดูดเชื้อปริมาตร 200 ไมโครลิตร ลงใน 96-well black plate (SPL Life Sciences, Korea) จำนวน 3 หลุม และทำการทดสอบการสร้างไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* ตามวิธีที่อธิบาย ในข้อ 2 เมื่อทำการล้างไบโอฟิล์ม อายุ 2 วัน ด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 3 ครั้ง แล้ว จึงทำการเติมสีย้อม dsDNA ใน TE buffer (QuantiFluor dsDNA System, Promega, WI, USA) ปริมาตร 200 ไมโครลิตร นำเพลทวางไว้ในที่มืด 5 นาที แล้วจึงนำไปวัดแสงฟลูออเรสเซนซ์ ด้วยเครื่อง Fluorometer (Varioskan Flash Multimode Reader) ปริมาณ eDNA ที่ตรวจได้ในตัวอย่างไบโอฟิล์ม คำนวณจากกราฟมาตรฐานของ eDNA

3.2 การทำกราฟมาตรฐานของ eDNA โดยเตรียมสารละลาย dsDNA ความเข้มข้น 0, 1.0, 3.9, 16, 62.5, 250 และ 1,000 นาโนกรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตรลงใน 96-well black plate จำนวน 3 หลุม และเติมสีย้อม dsDNA ใน TE buffer ปริมาตร 100 ไมโครลิตร นำเพลทวางในที่มืด 5 นาที แล้วจึงนำไปวัดแสงฟลูออเรสเซนซ์ ที่ความยาวคลื่นแสงตกกระทบ 504 นาโนเมตร และที่ความยาวคลื่นที่คายแสง 531 นาโนเมตร

4. การทดสอบ DNase I ต่อการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อ *B. pseudomallei* ในหลอดทดลอง

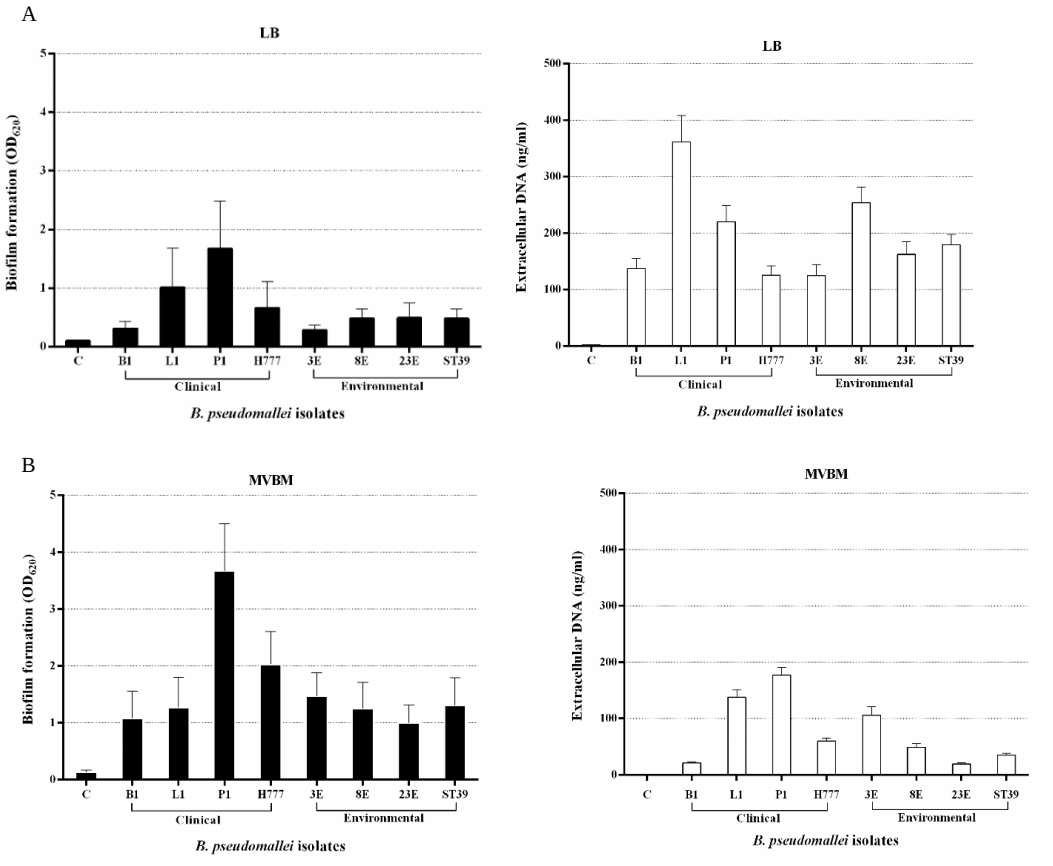
นำ *B. pseudomallei* (OD_{540} 0.8-0.9) ปริมาตร 40 ไมโครลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ LB 2 มิลลิลิตร (1:50) แล้วเติมเอนไซม์ DNase I (Roche, Mannheim, Germany) เพื่อให้ได้ความเข้มข้นสุดท้าย (final concentration) เท่ากับ 0.01 ยูนิต/มิลลิลิตร จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 37 °ซ และติดตามผลการสร้างไบโอฟิล์มทุกวันเป็นเวลา 3 วัน เปรียบเทียบกับหลอดที่มี *B. pseudomallei* แต่ไม่เติมเอนไซม์ DNase I (Mangalea et al., 2017)

ผลการวิจัย

1. ปริมาณไบโอฟิล์มและ eDNA ของ *B. pseudomallei* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ LB และ MVBM

ผลการเพาะเลี้ยง *B. pseudomallei* จำนวน 8 ไอโซเลท ประกอบด้วย ไอโซเลทที่คัดแยกได้จากสิ่งส่งตรวจ (B1, L1, P1 และ H777) และไอโซเลทที่คัดแยกได้จากสิ่งแวดล้อม (3E, 8E, 23E และ ST39) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ LB และ MVBM เพื่อให้มีการสร้างไบโอฟิล์ม อายุ 2 วัน การติดตามผลการสร้างไบโอฟิล์มทำโดยการย้อมด้วยสีคริสตัล ไวโอเล็ต และวัดปริมาณ eDNA จากความเข้มของฟลูออเรสเซนซ์ที่จับกับ eDNA ในไบโอฟิล์ม แสดงให้เห็นว่า *B. pseudomallei* จำนวน 8 ไอโซเลทที่ใช้ทดสอบมีความสามารถในการสร้างไบโอฟิล์มที่แตกต่างกัน ปริมาณไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* ที่เพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MVBM สูงกว่าเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ LB นอกจากนี้ยังพบว่า *B. pseudomallei* แต่ละไอโซเลท มีความสามารถในการสร้างไบโอฟิล์มที่แตกต่างกันเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเดียวกัน นอกจากนี้ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า *B. pseudomallei* P1 ที่คัดแยกมาจากหนองของผู้ป่วย มีปริมาณไบโอฟิล์มมากที่สุดเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อทั้งสองชนิด (ภาพที่ 1 A และ B)

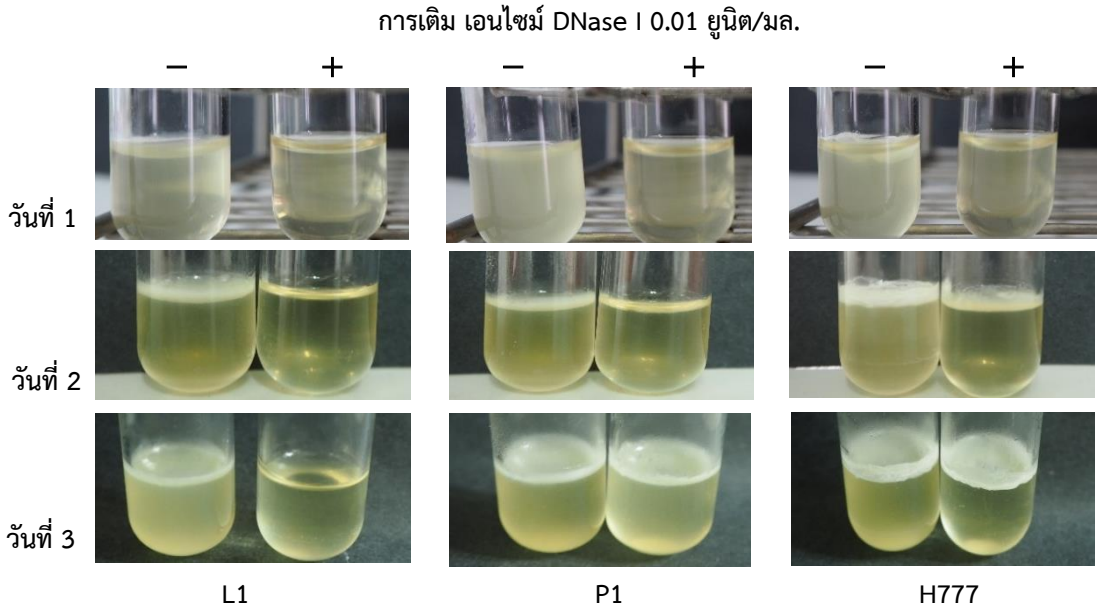
การวัดปริมาณ eDNA ของ *B. pseudomallei* จำนวน 8 ไอโซเลท แสดงให้เห็นว่า *B. pseudomallei* ทุกไอโซเลทมีความสามารถในการสร้าง eDNA ที่แตกต่างกัน เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเดียวกัน โดยการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อ LB ทำให้มีการสร้าง eDNA สูงกว่าเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MVBM นอกจากนี้ ผลการทดสอบได้แสดงให้เห็นว่า *B. pseudomallei* L1 ที่คัดแยกมาจากปอดของผู้ป่วย มีปริมาณ eDNA มากที่สุด (361.40 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ LB (ภาพที่ 1 A และ B)



ภาพที่ 1 ผลการสร้างไบโอฟิล์มและปริมาณ eDNA ที่ตรวจพบในไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* ที่แยกจากสิ่งส่งตรวจ (clinical isolates) 4 ไอโซเลท และสิ่งแวดล้อม (environmental isolates) 4 ไอโซเลท ในอาหารเลี้ยงเชื้อ LB (A) และ MVBM (B) ที่อุณหภูมิ 37 °ซ

2. ผลของเอนไซม์ DNase I ต่อการสร้างไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei*

ผลการศึกษาบทบาทของ eDNA ในการสร้างไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* ที่คัดแยกจากสิ่งส่งตรวจ จำนวน 3 ไอโซเลท (L1, P1 และ H777) ที่เพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ LB ด้วยการใช้เอนไซม์ DNase I ความเข้มข้น 0.01 ยูนิต/มิลลิลิตร และสังเกตปริมาณไบโอฟิล์มที่เกิดเป็นฝ้าบริเวณผิวหน้าของอาหารเลี้ยงทุกวัน เป็นเวลา 3 วัน พบว่า การเติมเอนไซม์ DNase I สามารถสลายไบโอฟิล์มที่อยู่บนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อเมื่อเทียบกับหลอดทดลองที่ไม่มีการเติมเอนไซม์ DNase I (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ผลของเอนไซม์ DNase I (0.01 ยูนิต/มิลลิลิตร) ที่สามารถลดปริมาณไบโอฟิล์มของ B. pseudomallei L1, P1 และ H777 ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร LB อุณหภูมิ 37 °ซ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการสร้างไบโอฟิล์มและ eDNA ของ *B. pseudomallei* จำนวน 8 ไอโซเลท ที่แยกได้จากสิ่งส่งตรวจและสิ่งแวดล้อม แสดงให้เห็นว่า *B. pseudomallei* มีความสามารถในการสร้างไบโอฟิล์มที่แตกต่างกันอาหารเลี้ยงเชื้อ MVBM ทำให้ *B. pseudomallei* สร้างไบโอฟิล์มได้สูงกว่าเมื่อทำการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อ LB เนื่องจากอาหารเลี้ยงเชื้อ MVBM เป็นอาหารเลี้ยงแบคทีเรียชนิด อาหารสังเคราะห์ (chemically defined medium) ที่ทราบองค์ประกอบทางเคมีที่แน่นอน และมีกลูโคส คิดเป็นร้อยละ 25 ทำให้เกิดออสโมแลลิตีสเตรส (osmolality stress) ทำให้แบคทีเรียสร้างไบโอฟิล์มมากขึ้น และนิยมใช้สำหรับเพาะเลี้ยงแบคทีเรียเพื่อให้เกิดการสร้างไบโอฟิล์ม (Anutrakunchai et al., 2015; Sawasdidoln et al., 2010) อาหารชนิดนี้ทำให้แบคทีเรียเจริญเติบโตได้ช้ากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ LB ที่มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์มากมายที่ได้จาก yeast extract และ tryptone

ผลการวัดปริมาณ eDNA ที่อยู่ในไบโอฟิล์ม พบว่า *B. pseudomallei* ทั้ง 8 ไอโซเลท มีการสร้าง eDNA ที่แตกต่างกัน และ *B. pseudomallei* สามารถสร้าง eDNA ในอาหารเลี้ยงเชื้อ LB สูงกว่าในอาหารเลี้ยง

เชื้อ MVBM เนื่องมาจาก อาหารเลี้ยงเชื้อ LB มีสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรีย ทำให้เชื้อเจริญได้ดีกว่าในอาหารเลี้ยงเชื้อ MVBM ซึ่งอาจส่งผลให้ *B. pseudomallei* มีการปล่อย eDNA ออกมามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ MVBM สอดคล้องกับที่พบ eDNA ใน *Xanthomonas citri* subsp. citri (Sena-Velez et al., 2016), *Neisseria meningitidis* (Lappann et al., 2010) และ *Staphylococcus epidermidis* (Kaplan et al., 2011)

การศึกษาบทบาทของ eDNA ในการสร้างไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* ที่แยกจากสิ่งส่งตรวจโดยการเติมเอนไซม์ DNase I พบว่า เอนไซม์ DNase I สามารถลดปริมาณไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* ได้ แสดงว่า eDNA เป็นองค์ประกอบหนึ่งของโครงสร้างไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* ซึ่งสอดคล้องกับ eDNA ที่พบในไบโอฟิล์มของ *B. thailandensis* (Garcia et al., 2013), *P. aeruginosa* (Whitchurch et al., 2002), *Campylobacter sp.* (Kim et al., 2017) และ *L. monocytogenes* (Harmsen et al., 2010)

จากผลการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่า *B. pseudomallei* ที่แยกได้จากสิ่งส่งตรวจและสิ่งแวดล้อมสามารถสร้างไบโอฟิล์มได้แตกต่างกันในแต่ละไอโซเลท ซึ่งไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* มี eDNA เป็นองค์ประกอบหนึ่งของโครงสร้างไบโอฟิล์ม ดังนั้นการยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของ *B. pseudomallei* ที่แยกจากสิ่งส่งตรวจสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อส่งเสริมการกำจัดเชื้อสาเหตุของโรคเมลิออยโดสิสในผู้ป่วยและช่วยลดความรุนแรงในการก่อโรคได้

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาบทบาทของ eDNA ในการสร้างไบโอฟิล์ม ควรมีการตรวจติดตามด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบคอนโฟคอลชนิดใช้แสงเลเซอร์ในการย้อมสี เพื่อติดตามโครงสร้างของไบโอฟิล์มที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากทุนงบประมาณแผ่นดิน ปี 2561 มหาวิทยาลัยขอนแก่น และทุนพัฒนาขีดความสามารถในการทำวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปี 2558 สำหรับ นางสาว รัตติยาภรณ์ ปักกุลนันท์

เอกสารอ้างอิง

Anutrakunchai, C., Sermswan, R. W., Wongratanacheewin, S., Puknun, A., & Taweechaisupapong, S. (2015). Drug susceptibility and biofilm formation of *Burkholderia pseudomallei i*n nutrient-limited condition. **Trop Biomed**, 32(2), 300-309.

Chaowagul, W., White, N. J., Dance, D. A., Wattanagoon, Y., Naigowit, P., Davis, T. M., et al. (1989). Melioidosis: a major cause of community-acquired septicemia in northeastern Thailand. **Journal of Infectious Diseases**, 159(5), 890-899.

Cheng, A. C., & Currie, B. J. (2005). Melioidosis: epidemiology, pathophysiology, and management. **Clinical Microbiology Reviews**, 18(2), 383-416.

Currie, B. J., Fisher, D. A., Howard, D. M., Burrow, J. N., Lo, D., Selva-Nayagam, S., et al. (2000). Endemic melioidosis in tropical northern Australia: a 10-year prospective study and review of the literature. **Clinical Infectious Diseases***,* 31(4), 981-986.

Garcia, E. C., Anderson, M. S., Hagar, J. A., & Cotter, P. A. (2013). *Burkholderia* BcpA mediates biofilm formation independently of interbacterial contact-dependent growth inhibition. **Molecular Microbiology***,* 89(6), 1213-1225.

Harmsen, M., Lappann, M., Knochel, S., & Molin, S. (2010). Role of extracellular DNA during biofilm formation by *Listeria monocytogenes*. **Applied and Environmental Microbiology***,* 76(7), 2271-2279.

Kamjumphol, W., Chareonsudjai, S., Chareonsudjai, P., Wongratanacheewin, S., & Taweechaisupapong, S. (2013). Environmental factors affecting *Burkholderia pseudomallei* biofilm formation. **Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health***,* 44(1), 72-81.

Kaplan, J. B., Jabbouri, S., & Sadovskaya, I. (2011). Extracellular DNA-dependent biofilm formation by *Staphylococcus epidermidis* RP62A in response to subminimal inhibitory concentrations of antibiotics. **Research in Microbiology***,* 162(5), 535-541.

Kim, S.-H., Park, C., Lee, E.-J., Bang, W.-S., Kim, Y.-J., & Kim, J.-S. (2017). Biofilm formation of *Campylobacter* strains isolated from raw chickens and its reduction with DNase I treatment. **Food Control***,* 71, 94-100.

Kunyanee, C., Kamjumphol, W., Taweechaisupapong, S., Kanthawong, S., Wongwajana, S., Wongratanacheewin, S., et al. (2016). *Burkholderia pseudomallei* Biofilm Promotes Adhesion, Internalization and Stimulates Proinflammatory Cytokines in Human Epithelial A549 Cells. **PloS One***,* 11(8), e0160741.

Lappann, M., Claus, H., van Alen, T., Harmsen, M., Elias, J., Molin, S., et al. (2010). A dual role of extracellular DNA during biofilm formation of *Neisseria meningitidis*. **Molecular Microbiology***,* 75(6), 1355-1371.

Limmathurotsakul, D., Paeyao, A., Wongratanacheewin, S., Saiprom, N., Takpho, N., Thaipadungpanit, J., et al. (2014). Role of *Burkholderia pseudomallei* biofilm formation and lipopolysaccharide in relapse of melioidosis. **Clinical Microbiology and Infection***,* 20(11), O854-856.

Mangalea, M. R., Plumley, B. A., & Borlee, B. R. (2017). Nitrate Sensing and Metabolism Inhibit Biofilm Formation in the Opportunistic Pathogen *Burkholderia pseudomallei* by Reducing the Intracellular Concentration of c-di-GMP. **Front Microbiol***,* 8, 1353.

Sawasdidoln, C., Taweechaisupapong, S., Sermswan, R. W., Tattawasart, U., Tungpradabkul, S., & Wongratanacheewin, S. (2010). Growing *Burkholderia pseudomallei* in biofilm stimulating conditions significantly induces antimicrobial resistance. **PloS One***,* 5(2), e9196.

Sena-Velez, M., Redondo, C., Graham, J. H., & Cubero, J. (2016). Presence of Extracellular DNA during Biofilm Formation by *Xanthomonas citri* subsp. citri Strains with Different Host Range. **PloS One***,* 11(6), e0156695.

Smith, M. D., Wuthiekanun, V., Walsh, A. L., & White, N. J. (1995). Quantitative recovery of *Burkholderia pseudomallei* from soil in Thailand. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene***,* 89(5), 488-490.

Suputtamongkol, Y., Hall, A. J., Dance, D. A., Chaowagul, W., Rajchanuvong, A., Smith, M. D., et al. (1994). The epidemiology of melioidosis in Ubon Ratchatani, northeast Thailand. **International Journal of Epidemiology***,* 23(5), 1082-1090.

Taweechaisupapong, S., Kaewpa, C., Arunyanart, C., Kanla, P., Homchampa, P., Sirisinha, S., et al. (2005). Virulence of *Burkholderia pseudomallei* does not correlate with biofilm formation. **Microbial Pathogenesis***,* 39(3), 77-85.

Whitchurch, C. B., Tolker-Nielsen, T., Ragas, P. C., & Mattick, J. S. (2002). Extracellular DNA required for bacterial biofilm formation. **Science**, 295(5559), 1487.

White, N. J. (2003). Melioidosis. **Lancet***,* 361(9370), 1715-1722.

ศักยภาพของตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งในการผลิตพลังงานทดแทน

นิสา พักตร์วิไล[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งและเศษวัสดุธรรมชาติ และเพื่อศึกษาศักยภาพในการนำตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งผสมกับเศษวัสดุธรรมชาติในอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับผลิตเป็นพลังงานทดแทนในรูปแบบของเชื้อเพลิงแท่ง ตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งเก็บตัวอย่างจากโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลางนวนครและบ่อบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลสมุทรปราการ

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเชื้อเพลิงของตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง กากมะพร้าว และแกลบพบว่า เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด แต่ค่าความร้อนของกากตะกอนน้ำเสียต่ำกว่าเกณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของเสียขั้นต่ำทางเชื้อเพลิงที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงได้กำหนดไว้ คุณสมบัติทางชีวภาพของตะกอนน้ำเสียโรงพยาบาลสมุทรปราการพบว่ามีเชื้อโรคซึ่งอาจต้องมีการปรับปรุงคุณภาพก่อนที่จะนำมาใช้

ผลการศึกษาอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมร่วมกับตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งเก็บตัวอย่างจากโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลางนวนคร แล้วนำไปทดสอบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งอัตราส่วน 4:1 เป็นอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดที่จะนำไปพัฒนาเป็นเชื้อเพลิงสามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงประเภท RDF 5 หรือ Densified RDF เนื่องจากเป็นขยะมูลฝอยที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการอัดแท่ง (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547) แม้ค่าพลังงานความร้อนที่สูง แต่ก็ยังไม่เหมาะสมแก่การนำมาใช้หุงต้มในครัวเรือน เพราะจากการทดสอบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงอัดแท่ง มีค่าคาร์บอนคงตัวที่ต่ำ และมีค่าปริมาณสารระเหยที่สูง เมื่อเกิดการจุดติดไฟหรือการเผาไหม้จะทำให้เกิดควันมาก และมีคราบควันมันและดำ ติดอยู่ตามภาชนะที่นำมาทำการทดสอบ

สรุปได้ว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคติเวเตดสลัดจ์มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ประโยชน์ด้านเชื้อเพลิง โดยตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งเก็บตัวอย่างจากโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลางนวนคร สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเมื่อทำการผสมร่วมกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อเป็นการเพิ่มค่าความร้อนให้เชื้อเพลิง แต่สำหรับตะกอนน้ำเสียโรงพยาบาลเมื่อผ่านการปรับปรุงเบื้องต้นและลดความชื้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยไม่ต้องอัดแท่ง นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้โดยตรงในเตาเผาขยะอันตราย

คำสำคัญ: ตะกอนน้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคติเวเตดสลัดจ์ พลังงานทดแทน

---

[1] *หลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาสาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail:* nisa@vru.ac.th, pakvilai_n@hotmail.com

POTENTIAL OF WASTEWATER SLUDGE FROM ACTIVATED SLUDGE WASTEWATER TREATMENT FOR RENEWABLE ENERGY PRODUCTION

Nisa Pakvilai[1*]

Abstract

This research aims were 1) to study the physical, chemical and biological properties of wastewater from activated sludge wastewater treatment systems 2) to study the ability of sludge from wastewater treatment system mixed with natural materials to produce alternative energy. Activated sludge wastewater treatment systems were collected from Navanakorn waste water treatment plant and Samutprakarn hospital waste water treatment pond.

The result of analysis of physical properties, fuel properties and fuel combustion test showed that physical characteristics and fuel properties of activated sludge, coconut and rice husk were in accordance with the standard. However, the wastewater sludge is below the threshold when compared with the minimum waste specifications that can be processed into fuel. Biological properties of wastewater sludge in Samutprakarn hospital were found to be pathogenic, which may require improvement before being used as fuel. It is possible to use the fuel without burning the fuel directly into the fuel.

The results of the study showed that the mixture of coconut husk fuel mixed with sludge was tested for fuel properties. The 4: 1 ratio was the best mixture ratio for fuel development. RDF 5 or Densified RDF is used as the waste sludge from the treatment system as solid waste that is burned through the process of compression. Although the solid fuel has high thermal energy content, it is not suitable for use in household cooking because it has low carbon content and volatile content. High place Ignition and combustion will cause a lot of smoke and smoke and black stains on the container to be tested.

In conclusion, that the sludge from activated sludge wastewater treatment are possible use of fuels after mixed with agricultural waste. The sludge from the hospital, after initial improvement and dehumidification, can be utilized without the need to compact the briquette as a direct combustion fuel in the hazardous waste incinerator.

Keywords: Wastewater sludge, activated sludge wastewater treatment, renewable energy

[1] *Environmental Science Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: nisa@vru.ac.th, pakvilai_n@hotmail.com*

บทนำ

พลังงานนับว่ามีความสำคัญต่อมนุษย์ เพื่อตอบสนองต่อความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศที่ขยายตัวอย่างต่อเนื่องและเพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน ในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยมีการนำเข้าเป็นมูลค่า 862,797 ล้านบาท โดยเป็นน้ำมันดิบมากที่สุด ()สำหรับการใช้พลังงานมีปริมาณที่ 79,929 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี 2558 ร้อยละ 2.6 คิดเป็นมูลค่า 868,105 ล้านบาท แหล่งพลังงานที่ใช้มีทั้งผลิตได้จากแหล่งภายในประเทศ และนำเข้าจากต่างประเทศ สามารถแบ่งเป็นประเภทดังนี้ น้ำมันสำเร็จรูปมากที่สุด 49.7% ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด รองลงมาคือไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียน ก๊าซธรรมชาติ พลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม และถ่านหิน ร้อยละ 20.3 9.0 7.6 6.8 และ 6.6 ตามลำดับ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2560)

ในสภาวะวิกฤติการณ์ราคาน้ำมันเพิ่มสูงขึ้น พลังงานทดแทนจึงเป็นทางเลือกที่รัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมมาอย่างต่อเนื่อง การเลือกใช้พลังงานทางเลือกอื่น ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานความร้อน พลังงานชีวมวล ขยะ และก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดใช้ไม่มีวันหมด โดยในปี 2560 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานหมุนเวียนปริมาณ 11,698 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปี 2558 ร้อยละ 5.9 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2561) เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จึงทำให้มีแหล่งพลังงานชนิดนี้อยู่ภายในประเทศเป็นจำนวนมาก และมีผลเสียต่อสภาวะแวดล้อมน้อย พลังงานชีวมวล จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่รัฐต้องหันมา ให้ความสำคัญในการพัฒนาศักยภาพ และสร้างความเชื่อมั่นให้ประชาชนเห็นความสำคัญของการใช้พลังงานหมุนเวียน จากแหล่งพลังงานภายในประเทศ เพื่อลดการพึ่งพาพลังงานจากฟอสซิล จากการที่ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทางการเกษตร มีผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมแปรรูปอยู่มากมาย โดยที่ผลผลิตหลักและเศษวัสดุหรือของเหลือจากภาคเศรษฐกิจสามารถนำมาใช้ประโยชน์หรือแปรรูปให้เป็นพลังงานหรือเชื้อเพลิง เพื่อทดแทนการใช้พลังงานจากฟอสซิล ซึ่งส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและอาจหมดไปในอนาคตอันใกล้ในขณะที่พลังงานชีวมวลนั้นเป็นผลผลิตซึ่งหาได้ง่ายและมีอยู่ทั่วไป (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552) ประเทศไทยมีการใช้พลังงานจากชีวมวลเท่ากับ 12,455 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ โดยจำแนกเป็นการใช้ถ่านเท่ากับ 2,996 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552) และมีการนำเข้าถ่านอัดแท่ง ถ่านอัดแท่งถูกนำไปใช้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการประกอบอาหาร เชื้อเพลิงในงานอุตสาหกรรม และใช้เป็นฟืนและถ่านในการหุงต้ม (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2547)

น้ำเสียเป็นอีกปัญหาที่สำคัญของหน่วยงานเกือบทุกประเภท เพราะน้ำที่มาสู่ระบบบำบัดมาจากหลายส่วน ไม่ว่าจะมาจากระบบการผลิต การล้างทำความสะอาด และในกิจกรรมต่าง ๆ ของหน่วยงานภายในโดยน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะต้องมีการบำบัดให้ตรงตามมาตรฐานก่อนปล่อยสู่แหล่งรองรับ อันตรายของของเสียที่ปล่อยออกจากแหล่งกำเนิด โดยของเสียจากการบำบัดน้ำเสียที่สามารถนำมาผลิตพลังงานทดแทนคือในส่วนของแข็ง ตัวอย่างเช่นกากตะกอนน้ำเสีย และไขมันเป็นต้น โดยส่วนมากระบบบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมและน้ำเสียชุมชนจะใช้การบำบัดทางชีววิทยา ซึ่งจะได้กากตะกอนที่เรียกว่าสลัดจ์ (Sludge) ออกมาเป็นจำนวนมาก จากการศึกษาของ เอ็นไวรอนเม็นทอลแคร์เซ็นเตอร์ (2538) พบว่า ปกติน้ำเสียในชุมชนของประเทศไทยจะมีปริมาณการเกิดตะกอนน้ำเสียระหว่าง 160-180 ลิตรต่อคนต่อวัน (ประเทศไทยซึ่งมีประชากรประมาณ 62 ล้านคน จะเกิดตะกอนน้ำเสียถึงวันละประมาณ 10,500 ตัน หรือเดือนละประมาณ 315,000 ตัน ซึ่งเป็นปริมาณที่เป็นปัญหาอย่างยิ่งในการกำจัด จากปริมาณการเกิดตะกอนน้ำเสียข้างต้นพบว่า ยิ่งอัตราการเกิด

น้ำเสียมากเท่าใดอัตราการเกิดตะกอนน้ำเสียก็ยิ่งจะมีมากขึ้นตามไปด้วย อีกทั้งการเพิ่มขึ้นของระบบบำบัดน้ำเสียเป็นเหตุให้มีการเพิ่มของตะกอนน้ำเสียอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทำให้ต้องมีการทำลายปริมาตรของตะกอนน้ำเสีย

ตะกอนน้ำเสียจัดเป็นสารชีวมวลคือสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบของธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นหลัก ซึ่งสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ (สามารถ เวชศาสตร์, 2554), (นิสา พักตร์วิไล, 2546), (สมชาย สกุลอิสริยาภรณ์, 2540) ซึ่งการแปรสภาพของชีวมวลในครั้งนี้ใช้กระบวนการแปรรูปเชิงกายภาพโดยการอัดแท่ง (นคร, 2552), (ธนวัตน์, 2556) ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะนำตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียมาทำการปรับปรุงคุณภาพโดยผสมกับเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อนำมาผลิตเชื้อเพลิงทดแทน เพื่อเป็นการนำของเสียหรือเศษวัสดุเหลือใช้มาแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ลดภาวะโลกร้อน ทำให้มนุษยชาติสามารถดำรงชีวิตอยู่อย่างยั่งยืนตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงและประเทศมีความเจริญก้าวหน้าต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ของตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง
2. เพื่อศึกษาศักยภาพของตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งผสมกับเศษวัสดุธรรมชาติมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge wastewater treatment) จากโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลางนวนคร และบ่อบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลสมุทรปราการ เศษวัสดุธรรมชาติคือแกลบและกากมะพร้าวจากตลาดพระอินทร์ราชาและตลาดไท คุณสมบัติของกากตะกอนน้ำเสียทางกายภาพ ได้แก่ สี ความหนาแน่น กลิ่น (ตามมาตรฐาน ASTM 679-91) ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ คุณสมบัติของกากตะกอนน้ำเสียในการนำมาผลิตเชื้อเพลิง ได้แก่ ความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อน การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งในครั้งนี้ใช้เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบใช้แรงงานคน

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

คุณสมบัติทางกายภาพของกากตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียและเศษวัสดุธรรมชาติ พบว่าความหนาแน่นของตะกอนน้ำเสียของโรงพยาบาลมีความหนาแน่นมากกว่าของโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลางนวนคร สำหรับความหนาแน่นของเศษวัสดุธรรมชาติ พบว่า กากมะพร้าวสูงกว่าแกลบ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพของของเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียและเศษวัสดุธรรมชาติ

คุณสมบัติทางกายภาพ	กากตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสีย		เศษวัสดุธรรมชาติ	
	โรงบำบัดน้ำเสีย ส่วนกลางนวนคร	โรงพยาบาล สมุทรปราการ	แกลบ	กาก มะพร้าว
ความหนาแน่น (kg/m^3)	500.3	680.0	31.5	103.2
ลักษณะทั่วไป	คล้ายดิน เนื้อละเอียด สีดำปนน้ำตาล	คล้ายดิน เนื้อละเอียด มีโพลิเมอร์ใส ๆ ปนอยู่ สีดำ	เป็นเศษเล็ก หยาบ ๆ สีเหลืองอ่อน	เป็นขุย สีขาว ปนน้ำตาล
กลิ่น	40	99	0	30
ค่าความชื้น (%)	72.5	60.9	8.85	53.2

ลักษณะทั่วไปของกากตะกอนน้ำเสียจะเหมือนกันคือคล้ายดินมีเนื้อละเอียดแต่กากตะกอนน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลางนวนครมีสีดำปนน้ำตาล และกลิ่นไม่แรงมีความชื้นร้อยละ 72.5 ส่วนกากตะกอนน้ำเสียของโรงพยาบาลจะมีสีดำและมีโพลิเมอร์ใส ๆ ปนอยู่ด้วย มีกลิ่นแรงมาก ความชื้นร้อยละ 60.9 สำหรับแกลบมีลักษณะเป็นชิ้นหยาบ ๆ สีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่น ความชื้นต่ำร้อยละ 8.85 ส่วนกากมะพร้าวจะเป็นขุยมีสีขาวปนน้ำตาลของเปลือก มีกลิ่นไม่มาก ความชื้นที่ร้อยละ 53.2

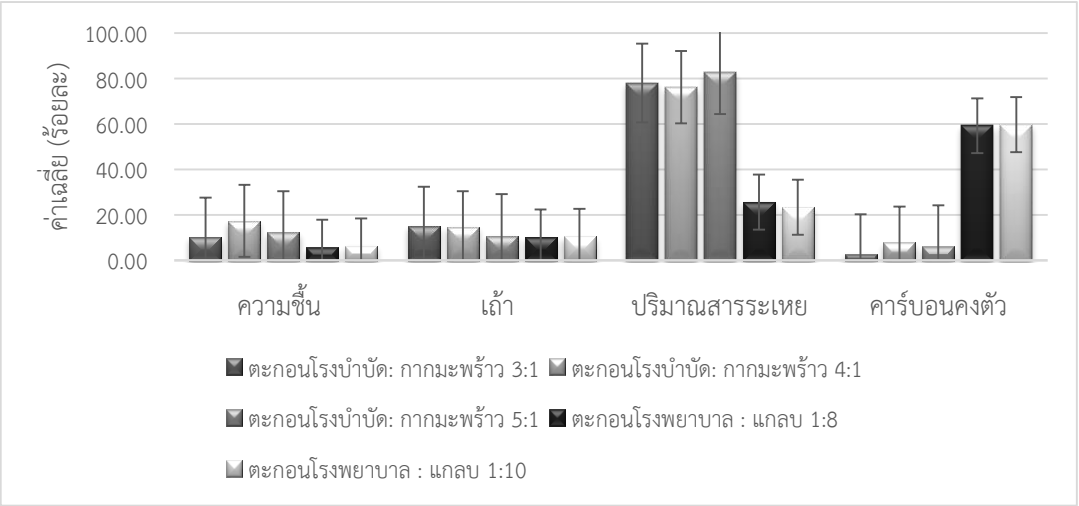
คุณสมบัติคุณสมบัติทางเคมีของกากตะกอนน้ำเสียและเศษวัสดุธรรมชาติ แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าปริมาณความชื้นหลังจากทำการผึ่งลมเพื่อลดความชื้นพบว่า แกลบมีปริมาณความชื้นน้อยที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 2.95±0.31 ตะกอนของโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง นวนครปริมาณความชื้นมากที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 32.15±0.11 รองลงมาคือกากมะพร้าวและกากตะกอนน้ำเสียของโรงพยาบาลสมุทรปราการอยู่ที่ร้อยละ 28.42±2.80 และ 23.32±0.56 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณสมบัติของเสียที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงกำหนดปริมาณความชื้นไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) จะเห็นได้ว่าทั้งตะกอนของโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง นวนครมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ สำหรับกากตะกอนน้ำเสียของโรงพยาบาลต้องเพิ่มความชื้นโดยลดเวลาในการตากลง

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีของของเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียและเศษวัสดุธรรมชาติ

คุณสมบัติทางเคมี	กากตะกอนน้ำเสีย		เศษวัสดุธรรมชาติ	
	โรงบำบัดน้ำเสีย	โรงพยาบาล	แกลบ	กากมะพร้าว
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	32.15±0.11	23.32±0.56	2.95±0.31	28.42±2.80
ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	7.40±0.41	19.41±0.16	18.40±0.54	4.01±0.10
ปริมาณสารระเหย (ร้อยละ)	94.02±0.10	42.61±0.77	45.60±0.89	99.73±0.01
ปริมาณคาร์บอนคงตัว (ร้อยละ)	87.57±0.26	14.66±0.35	19.30±0.54	48.56±2.72
ค่าความร้อน (แคลอรี่ต่อกรัม)	2,855±89.8	3,264±54.2	3,285±34.4	3,922.73±62.2

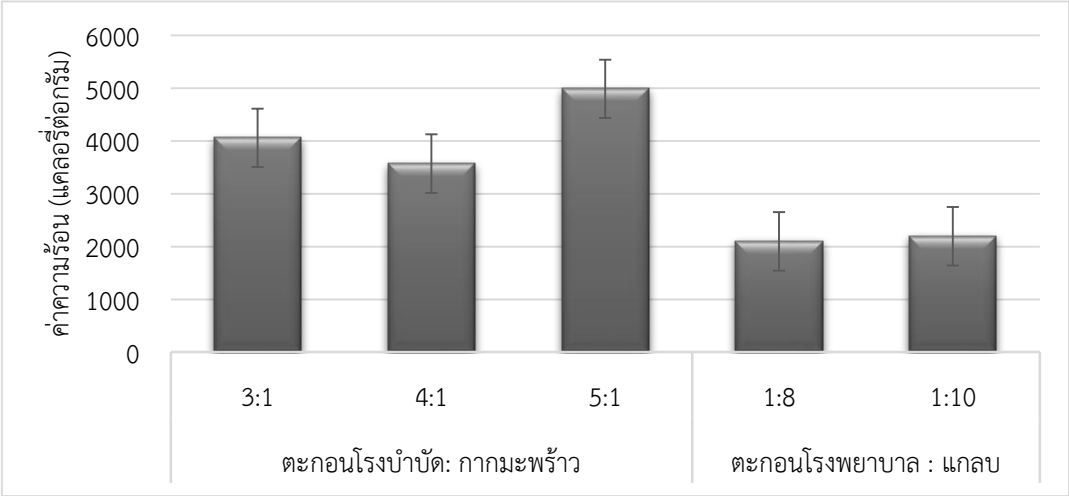
ปริมาณเถ้าของตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียและเศษวัสดุธรรมชาติ มีคุณสมบัติตามเกณฑ์กำหนดปริมาณเถ้า ไม่ควรสูงกว่าร้อยละ 20 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) ปริมาณสารระเหยของกากมะพร้าวมากที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 99.73±0.01 รองลงมาคือ กากตะกอนน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลางนวนคร แกลบ และกากตะกอนน้ำเสียของโรงพยาบาลอยู่ที่ร้อยละ 94.02±0.10 45.60±0.89 และ 42.61±0.77 ตามลำดับ ปริมาณคาร์บอนคงตัวของตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียและเศษวัสดุธรรมชาติ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณสมบัติของเสียที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงซึ่งกำหนดว่าไม่ต่ำกว่าร้อยละ 15 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) จะเห็นได้ว่าทั้งของเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียและเศษวัสดุธรรมชาติมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ ค่าความร้อนของกากมะพร้าวมีมากที่สุดอยู่ที่ 3,922.73±62.2 แคลอรี่ต่อกรัม รองลงมาคือ แกลบ กากตะกอนน้ำเสียของโรงพยาบาล และกากตะกอนน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลางนวนคร อยู่ที่ 3,285±34.4 3,264±54.2 และ 2,855±89.8 แคลอรี่ต่อกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณสมบัติของเสียที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง กำหนดค่าพลังงานความร้อนไม่ต่ำกว่า 3,000 แคลอรี่ต่อกรัม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) จะเห็นได้ว่าทั้งของเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียและเศษวัสดุธรรมชาติมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ ยกเว้นตะกอนน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลางนวนคร

เมื่อเปรียบเทียบเชื้อเพลิงแท่งในอัตราส่วนต่าง ๆ กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้ม (มผช. 657/2554) แสดงดังภาพที่ 1 พบว่า ปริมาณความชื้นสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้คือไม่ควรสูงกว่าร้อยละ 10 ซึ่งเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนน้ำเสียโรงพยาบาลสมุทรปราการกับแกลบมีความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่ปริมาณเถ้าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้คือไม่ควรสูงกว่าร้อยละ 8 และปริมาณสารระเหยยังไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนดคือไม่สูงกว่าร้อยละ 25 ยกเว้นเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนน้ำเสียโรงพยาบาลกับแกลบอัตราส่วน 1:10 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยเชื้อเพลิงแท่งจากการตะกอนน้ำเสียโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง นวนครกับกากมะพร้าวมีปริมาณสารระเหยสูงกว่าเชื้อเพลิงเท่งตะกอนน้ำเสียโรงพยาบาลกับแกลบถึง 2 เท่า ดังนั้น ในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนน้ำเสียจึงไม่มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในงานหุงต้มในครัวเรือน



ภาพที่ 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติเชื้อเพลิงอัดแท่งของเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียกับเศษวัสดุธรรมชาติ

ในการศึกษาศักยภาพของตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งผสมกับเศษวัสดุธรรมชาติ ทำโดยเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อน แสดงดังภาพที่ 1 พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งของโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลางนวนครกับกากมะพร้าว ให้ค่าความร้อนสูงกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งตะกอนน้ำเสียของโรงพยาบาลกับแกลบพบว่าในทุกอัตราส่วน แต่ยังต่ำกว่าเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ซึ่งกำหนดไว้คือไม่ควรต่ำกว่า 6,000 แคลอรี่ต่อกรัม แต่อย่างไรก็ตามเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลางนวนครกับกากมะพร้าวยังมีศักยภาพพอต่อการที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากยังจัดอยู่ในเชื้อเพลิงขยะประเภท RDF5 หรือ Densified RDF ที่เป็นขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ มาผ่านกระบวนการอัดแท่ง โดยให้มีความหนาแน่นมากกว่า 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียกับแกลบและมะพร้าว

สรุปผลการวิจัย

คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของกากมะพร้าวและแกลบเป็นไปตามเกณฑ์และกำหนด แต่ผลการทดสอบค่าความร้อนทางด้านเชื้อเพลิงของตะกอนน้ำเสียมีค่าความร้อนที่ต่ำกว่าเกณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพลังงานความร้อนจากวัสดุทางชีวมวลโดยทั่วไป ซึ่งได้ผลการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และตามคุณสมบัติของเสียขั้นต่ำทางเชื้อเพลิงที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงได้กำหนดไว้ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555)

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนน้ำเสียผสมกากมะพร้าวควรมีการเพิ่มขนาดหรือปริมาณความยาวของแท่งเชื้อเพลิงเพื่อยืดระยะเวลาการจุดติดไฟให้นานขึ้น ในอนาคตควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเลือกใช้ชีวมวลและการใช้ตัวผสาน นอกจากนี้ควรศึกษากำลังแรงอัดและเครื่องอัดของเชื้อเพลิงอัดแท่งจะสามารถนำเชื้อเพลิงอัดแท่งประเภทนี้ไปใช้งานในระดับอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาเชื้อเพลิงหรือพลังงานทดแทนในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำหรับทุนสนับสนุนการวิจัย “ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย (ทุน วช.) จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีงบประมาณ 2559”

ขอขอบคุณผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของโรงบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของนิคมอุตสาหกรรมนวนคร และบ่อบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลสมุทรปราการ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตะกอนน้ำเสียและอำนวยความสะดวก และขอบคุณนักศึกษาที่เป็นผู้ช่วยนักวิจัย นางสาวเสาวนีย์ อินกาย นางสาวนภารัตน์ ชุ่มเย็น นางสาวศิริเนตร ท่วมกระโทก นางสาวพิชญานิน ดอกสันเทียะ ที่ร่วมทำวิจัย จนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2543). **พลังงานชีวมวล**. [Online]. http://www.dede.go.th/renew/bio_p.htm. (Online available, 10 กรกฎาคม 2561).

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2552). **ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย**. http://www.dede.go.th (Online available, 10 กรกฎาคม 2561).

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2560). **สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย**. มกราคม - ธันวาคม 2559. ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กระทรวงพลังงาน.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2561). **สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย**. มกราคม - ธันวาคม 2560. ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กระทรวงพลังงาน.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). **คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน**. http://www2.diw.go.th/iwmb/from/iwd040_ผนวก%20ง_คู่มือนำร่อง.pdf. (Online available, 10 กรกฎาคม 2561).

ธนวัตน์ แสนสุวงษ์ และนฤมล ศรีกาญจนา. (2556). **การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส**. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นคร ทิพยาวงศ์. (2553). **เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล**. ฉบับที่ 2. สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น)

นิสา พักตร์วิไล. (2546). **การศึกษากากตะกอนน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทอินทรียสารเพื่อการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง**. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2547). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้ม**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.charcoal. snmcenter.com/charcoalthai/standard.php. (Online available, 10 กรกฎาคม 2561).

วัฒนา เสถียรสวัสดิ์. (2530). **รายงานวิจัยโครงการแท่งเชื้อเพลิงแข็ง**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมชาย สกุลอิสริยาภรณ์. (2540). การพัฒนารูปแบบการจัดการน้ำเสียในโรงพยาบาลของกระทรวงสาธารณสุข. **วารสารการส่งเสริมสุขภาพ และอนามัยสิ่งแวดล้อม**.

สามารถ เวชศาสตร์. (2554). **เทคโนโลยีเตาเผาฟลูอิไดซ์เบด**. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อิทธิพลของอัตราส่วนผสมเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์และโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการสึกหรอของยางสไตรีนบิวทาไดอีน

อธิวัชร์ วิริยะอมรชัย[1*] เกริกไกร พลายงาม[2] จิรายุ ปัญจรัก[2] เสาวนีย์ คงภักดี[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์และโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบยางสไตรีนบิวทาไดอีน/คาร์บอนแบล็ค โดยมีอัตราส่วนผสมระหว่างเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์และโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ที่ปริมาณร้อยละ 10/0, 7.5/2.5, 5/5, 2.5/7.5 และ 10/0 โดยน้ำหนัก ผสมกับยางคอมพาวด์ด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two roll mill) ทดสอบลักษณะการคงรูปด้วยเครื่อง MDR แล้วนำมาอัดขึ้นรูป (Compression molding) เป็นชิ้นงานทดสอบ ผลการทดสอบพบว่า ค่าอัตราจำเพาะการสึกหรอ (Specific wear rate) ของวัสดุเชิงประกอบมีค่าลดลง เมื่อเพิ่มสัดส่วนของโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์และจะมีค่าต่ำที่สุดที่ปริมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM) นอกเหนือจากนั้นค่าการกลับคืนตัวหลังได้รับแรงกด (Compression set) ของวัสดุเชิงประกอบหลังการเติมสารหล่อลื่นชนิดแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามมีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญเมื่อสัดส่วนของสารหล่อลื่นชนิดแข็งเปลี่ยนแปลงไป

คำสำคัญ: ยางสไตรีนบิวทาไดอีน เฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ โมลิบดีนัมไดซัลไฟด์

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมวัสดุและกระบวนการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง e-mail: atiwat.w@eat.kmutnb.ac.th
[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพอลิเมอร์ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง
**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: atiwat.w@eat.kmutnb.ac.th*

INFLUENCE OF HEXAGONAL BORON NITRIDE AND MOLYBDENUM DISULFIDE ON FRICTION/WEAR BEHAVIOR OF STYRENE BUTADIENE RUBBER

Atiwat Wiriya-amornchai[1*] Kreakkrai Plaingam[2] Jirayu Panjarak[2]
Saowanee Khongpukdee[2]

Abstract

This research studied on the effect of hexagonal boron nitride (h-BN) and molybdenum disulfide (MoS_2) on friction/wear behavior of rubber composites. The rubber composites filled h-BN/MoS_2 with different mix ratios (10/0, 7.5/2.5, 5/5, 2.5/7.5 and 0/10 wt%). Composites were prepared by using two roll mill. Cure characteristic was analyzed by moving die rheometer, after that formed sample by compression molding. The result showed that specific wear rate increased by adding h-BN and MoS_2. However, specific wear rate decreased when increasing MoS_2 content and that composites added MoS_2 10 wt% which the lowest specific wear rate. This is corresponding to the morphology of worn surface after abrasion test was investigated by scanning electron microscope (SEM). Furthermore, compression set was increase, while as solid lubricant increases. Finally, there were change insignificant when added the difference ratio of solid lubricants in rubber composites.

Keywords: Styrene-Butadiene Hexagonal Boron Nitride (h-BN) Molybdenum Disulfide (MoS_2)

[1] Division of Materials and Processing Technology, Faculty of Engineering and technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok Rayong Campus e-mail: atiwat.w@eat.kmutnb.ac.th
[2] Division of Polymer Technology, Department of Mechanical Engineering Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok Rayong Campus
** Corresponding author, e-mail: atiwat.w@eat.kmutnb.ac.th*

บทนำ

ในปัจจุบันสารหล่อลื่นชนิดของแข็ง (Solid lubricants) ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เมื่อเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสารหล่อลื่นชนิดของแข็งมีความบริสุทธิ์สูงและสามารถหล่อลื่นได้ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงมาก รวมถึงในสภาวะที่เป็นสุญญากาศและในที่ที่มีกัมมันตรังสี ซึ่งน้ำมันหล่อลื่นไม่สามารถใช้ได้ในสภาวะดังกล่าว และจากการศึกษาโครงสร้างและคุณสมบัติของเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ (Hexagonal boron nitride; h-BN) และโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ (Molybdenum disulfide; MoS_2) พบว่า วัสดุทั้งสองมีโครงสร้างเป็นผลึกมีแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals Forces) ยึดเกาะกันระหว่างชั้นเป็นแรงยึดเกาะอย่างอ่อน โดยมีการจัดเรียงชั้นโครงสร้างเป็นชั้นบาง ๆ (Lamellar structure) หลายชั้น เมื่อมีแรงมากระทำกับโครงสร้างจึงทำให้ง่ายต่อการเฉือน อีกทั้งมีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ต่ำ ส่งผลทำให้มีสมบัติเป็นสารหล่อลื่น Rudnick (1947) ดังนั้น เฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ และโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ จึงเป็นวัสดุที่มีความน่าสนใจที่จะนำมาใช้เป็นสารตัวเติมในวัสดุทั่วไป

ยางสไตรีนบิวตาไดอีน (Styrene-butadiene rubber; SBR) เป็นยางสังเคราะห์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดในวงการอุตสาหกรรมยาง เนื่องจากยางชนิดนี้มีการผลิตในปริมาณมาก ราคาไม่แพงเมื่อเปรียบเทียบกับยางธรรมชาติ อีกทั้งยางสไตรีนบิวตะไดอีน มีคุณภาพสม่ำเสมอกว่า การนำไปใช้งานและสมบัติของยางคงรูปจึงสม่ำเสมอ มีสิ่งเจือปนน้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องผสมสารเสริมแรง (Reinforcement) เช่น เขม่าดำ, ซิลิกา เพื่อเพิ่มคุณสมบัติเชิงกลและความต้านทานต่อแรงดึง

เนื่องมาจากปัญหาหลักเรื่องการสึกหรอของยาง ทำให้เกิดการสูญเสียสมบัติการหล่อลื่นของวัสดุซึ่งทำให้เกิดความเสียหายในระหว่างการใช้งาน ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการนำสารหล่อลื่นชนิดของแข็ง โดยใช้อัตราส่วนผสมระหว่างเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ (h-BN) และโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ (MoS_2) มาทำการศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ปริมาณสารหล่อลื่นชนิดของแข็งที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานด้านความต้านทานการสึกหรอในวัสดุเชิงประกอบยางสไตรีนบิวทาไดอีน/คาร์บอนแบล็ค

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการนำสารหล่อลื่นชนิดของแข็งมาใช้เป็นสารตัวเติมในยางสไตรีนบิวทาไดอีน
2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมของสารหล่อลื่นชนิดของแข็งที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการสึกหรอของวัสดุเชิง-ประกอบยางสไตรีนบิวทาไดอีน/คาร์บอนแบล็ค
3. เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของอนุภาคสารหล่อลื่นชนิดของแข็ง และพื้นผิวชิ้นงานภายหลังการทดสอบการสึกหรอ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย

1.1 ยางสไตรีนบิวทาไดอีน เกรด 1502 (Styrene butadiene rubber; SBR) : จากบริษัท บีเอสที อีลาสโตเมอร์ จำกัด

1.2 สารกระตุ้นปฏิกิริยาซิงก์ออกไซด์ (Zinc oxide; ZnO) : เป็นสารกระตุ้นปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตยางคอมพาวด์ จากบริษัท อุทิศ เอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด

1.3 สารกระตุ้นปฏิกิริยากรดสเตียริก (Stearic acid) : เป็นสารกระตุ้นปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตยางคอมพาวด์ จากบริษัท KLK-OLEO

1.4 สารเร่งปฏิกิริยาไซโคลเฮกซิลเบนโซไทอะโซลซัลฟีนาไมด์ (N-cyclohexyl-2-benzothiazole sulfenamide; CBS) : เป็นสารเร่งการกระตุ้นปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตยางคอมพาวด์

1.5 คาร์บอนแบล็ค เกรด N330 (Carbon black N330) : เป็นสารตัวเติมเสริมแรงในยางคอมพาวด์ จากบริษัท ไทยคาร์บอนแบล็ค จำกัด (มหาชน)

1.6 สารป้องกันการเสื่อมสภาพ 6 พีพีดี (N(1,3-dimethyl-butyl)-N'-phenyl-p-phenylene diamine; 6PPD) : เป็นสารป้องกันการเสื่อมสภาพในยางคอมพาวด์ จากบริษัท Solutia

1.7 กำมะถัน (Sulfur) : เป็นสารคงรูปในกระบวนการผลิตยางคอมพาวด์ ในงานวิจัยนี้ใช้การคงรูปด้วยวิธีดั้งเดิม (Conventional vulcanization system; CV) จากบริษัท สยาม เฆมี จำกัด

1.8 เฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ (h-BN) : เป็นสารหล่อลื่นชนิดของแข็งจากบริษัท Sigma aldrich

1.9 โมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ (MoS_2) : เป็นสารหล่อลื่นชนิดของแข็งจากบริษัท Sigma Aldrich

2. แผนการดำเนินงานวิจัย

2.1 การผสมยางด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two roll mill)

เตรียมการผสมยางคอมพาวด์ด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง โดยเติมปริมาณของสารหล่อลื่นชนิดแข็งชนิด h-BN และ MoS_2 ที่อัตราส่วนร้อยละ 10/0, 7.5/2.5, 5/5, 2.5/7.5 และ 0/10 โดยน้ำหนัก และใช้เวลาในการผสม 30 นาที โดยปริมาณ ลำดับขั้นตอน และระยะเวลาในการผสมดังแสดงในตารางที่ 1

2.2 การทดสอบสมบัติของยางคอมพาวด์

ศึกษาลักษณะการคงรูปของยางคอมพาวด์ (Cure characteristics) ด้วยเครื่องรีโอมิเตอร์แบบดายเคลื่อนที่ (Moving die rheometer) ที่ 90 เปอร์เซ็นต์ (T_{c90}) ตามมาตรฐาน ASTM D5289 ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของยางคอมพาวด์ รวมถึงปริมาณ ลำดับขั้นตอน และเวลาที่ใช้ในการผสม

ส่วนประกอบ	หน้าที่	ปริมาณ (phr)	เวลาที่ใช้ (นาที)
1. SBR grade 1502	เมทริกซ์	100.0	3
2. ZnO	สารกระตุ้นปฏิกิริยา	5.0	3
3. Stearic acid	สารกระตุ้นปฏิกิริยา	2.0	
4. 6PPD	สารป้องกันการเสื่อมสภาพ	0.5	3
5. h-BN/MoS_2	สารหล่อลื่นชนิดของแข็ง	10/0, 7.5/2.5, 5.0/5.0, 2.5/7.5, 0/10 wt%	5
6. Carbon black grade N330	สารตัวเติมเสริมแรง	45.0	10
7. CBS	สารกระตุ้นปฏิกิริยา	0.5	3
8. Sulfur	สารคงรูป	2.5	3

2.3 การขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ

เตรียมขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่องอัดขึ้นรูป (Compression molding) โดยใช้อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส และใช้แรงดันที่ 10 MPa เป็นเวลาประมาณ 16 นาที

2.4 การทดสอบ

2.4.1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพ โดยใช้เครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM) ใช้ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของอนุภาคสารหล่อลื่นชนิดของแข็ง และลักษณะของพื้นผิวที่เกิดการเปลี่ยนแปลงหลังการทดสอบความต้านทานการสึกหรอ

2.4.2 เครื่องทดสอบความต้านทานการสึกหรอ (DIN abrasion tester) [1] ตามมาตรฐาน ASTM D5963 โดยชิ้นงานทดสอบมีลักษณะเป็นทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร และมีความหนา 12 มิลลิเมตร ชิ้นงานทดสอบจะถูกกดด้วยแรงคงที่ 10 นิวตัน โดยให้สัมผัสกับพื้นผิวขัดที่หมุนด้วยความเร็ว 40 รอบต่อนาที เป็นระยะทาง 40 เมตร และทำการหาอัตราการสึกหรอจำเพาะ (Specific wear rate, K) ตามสมการที่ (1)

$$K = \frac{Vi}{F.S} \qquad (1)$$

โดยที่ V_i = ปริมาตรการสึกหรอของยาง (ลูกบาศก์มิลลิเมตร)

F = แรงกระทำของตัวอย่างทดสอบ (นิวตัน)

S = ระยะทางทดสอบ (เมตร)

2.4.3 ทดสอบการกลับคืนตัวหลังได้รับแรงกด (Compression set) ตามมาตรฐาน ASTM D395 โดยชิ้นงานทดสอบมีลักษณะเป็นทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 29 มิลลิเมตร ความหนาหนา 12

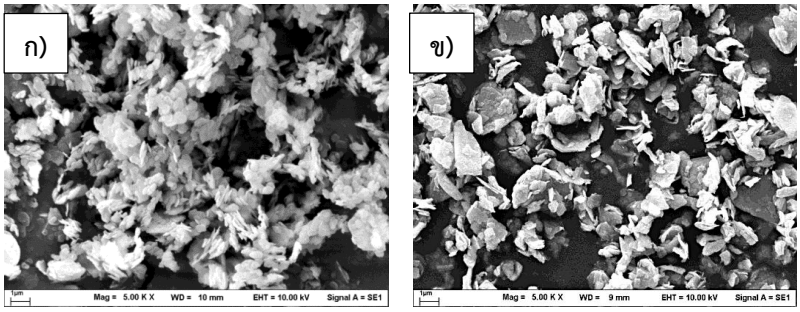
มิลลิเมตร ทำการวัดความหนาชิ้นงานก่อนทดสอบ แล้วให้แรงกดจนชิ้นงานยุบตัวลง จากนั้นวัดความหนาของชิ้นงานหลังการให้แรงกด แล้วคำนวณหาค่าการเสียรูปหลังการกดอัด (C) จากสมการที่ (2)

$$C = \frac{t_o - t_f}{t_o - t_n} \text{ x } 100 \qquad (2)$$

โดยที่ t_o = ความหนาตั้งต้นของชิ้นงานทดสอบ (มิลลิเมตร)
t_f = ความหนาสุดท้ายของชิ้นงานทดสอบ (มิลลิเมตร)
t_n = ความหนาของแผ่นโลหะที่ใช้ทดสอบ (มิลลิเมตร)

ผลการวิจัย

1. สัณฐานวิทยา (Morphology) ของเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์และโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์



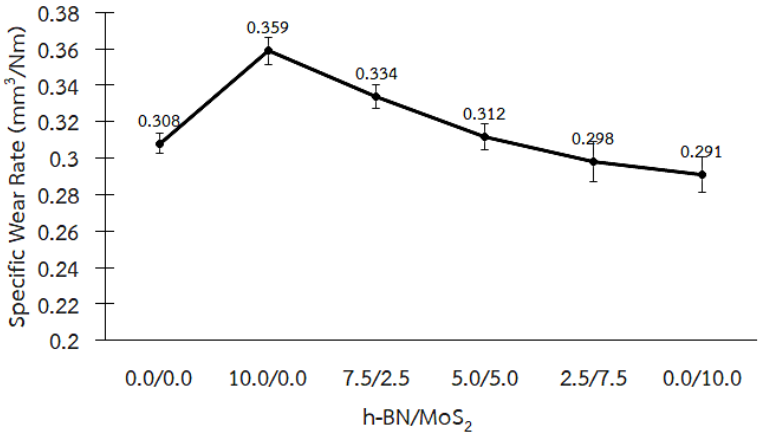
ภาพที่ 1 ลักษณะอนุภาคของสารหล่อลื่นชนิดของแข็งของ (ก) เฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ และ (ข) โมลิบดีนัมไดซัลไฟด์

จากการศึกษาสัณฐานวิทยาของสารหล่อลื่นชนิดของแข็งด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า พบว่าอนุภาคของเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์และโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ มีรูปร่างเป็นแผ่นบางจัดเรียงตัวกันเป็นชั้น และเกิดการเกาะกลุ่มกันอย่างกระจัดกระจาย เนื่องจากอนุภาคสารหล่อลื่นชนิดแข็งมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นโครงสร้างเป็นแรงแวนเดอวาลส์ จึงทำให้เห็นถึงการเกาะกลุ่มกันระหว่างอนุภาคของสารหล่อลื่นชนิดแข็ง นอกจากนั้น ยังพบว่าอนุภาคของโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์มีการเกาะกลุ่มที่น้อยกว่าอนุภาคเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ เนื่องมาจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นโครงสร้างของอนุภาคของโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ที่น้อยกว่า จึงทำให้โครงสร้างระหว่างชั้นยึดติดกันด้วยพลังงานที่ต่ำกว่า จึงทำให้เห็นอนุภาคที่กระจัดกระจายมากกว่า [2]

2. อัตราการสึกหรอจำเพาะ (Specific wear rate) ของวัสดุเชิงประกอบยางสไตรีนบิวทาไดอีน/คาร์บอนแบล็ค

จากผลการทดสอบความต้านทานการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบยางสไตรีนบิวทาไดอีน/คาร์บอนแบล็คดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่า อัตราการสึกหรอจำเพาะของวัสดุเชิงประกอบที่มีการเติมสัดส่วนของเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ปริมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนักส่งผลให้อัตราการสึกหรอจำเพาะของวัสดุมีค่าเพิ่ม

สูงขึ้นถึง 17.36 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุเชิงประกอบยางสไตรีนบิวทาไดอีน/คาร์บอนแบล็คตรงข้ามกับวัสดุเชิงประกอบที่มีการเติมสัดส่วนของโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ที่ปริมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนักส่งผลให้อัตราการสึกหรอจำเพาะของวัสดุมีค่าลดลงถึง 4.82 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุเชิงประกอบยางสไตรีนบิวทาไดอีน/คาร์บอนแบล็ค และเมื่อทำการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมระหว่างเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์และโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ ที่ปริมาณร้อยละ 7.5/2.5, 5/5, และ 2.5/7.5 โดยน้ำหนัก พบว่า อัตราการสึกหรอจำเพาะของวัสดุเชิงประกอบมีแนวโน้มลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณสัดส่วนของโมลิบดินัมไดซัลไฟด์ เนื่องจากอนุภาคของโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นโครงสร้างที่น้อยกว่า จึงทำให้เมื่อมีแรงเฉือนจากภายนอกมากระทำกับวัสดุเชิงประกอบ จะทำให้อนุภาคมีการเปลี่ยนแปลงรูปได้ง่าย ส่งผลให้ความต้านทานการสึกหรอเพิ่มขึ้น นอกเหนือจากนั้นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมภายในโมเลกุลที่เป็นพันธะโคเวเลนซ์ของอนุภาคของสารหล่อลื่นชนิดเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์มีระยะห่างระหว่างอะตอมโบรอนและไนโตรเจนที่น้อยกว่าระยะห่างระหว่างอะตอมของโมลิบดีนัมและซัลเฟอร์ในอนุภาคของสารหล่อลื่นชนิดโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ จึงทำให้อนุภาคเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์มีความแข็งที่มากกว่า เมื่อทำการทดสอบอัตราการสึกหรอจำเพาะจึงมีแนวโน้มที่สูงกว่าอนุภาคโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ [3]



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสึกหรอจำเพาะของวัสดุเชิงประกอบยางสไตรีนบิวทาไดอีน/คาร์บอนแบล็คกับอัตราส่วนผสมของสารหล่อลื่นชนิดของแข็งที่ปริมาณต่าง ๆ

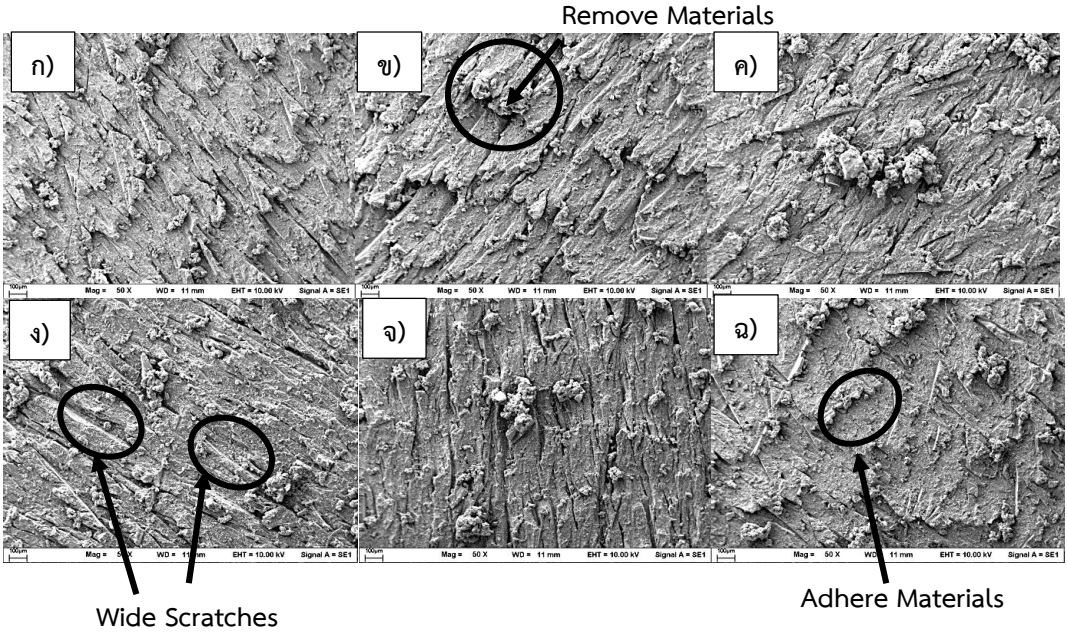
3. การตรวจสอบผิวชิ้นงานภายหลังการทดสอบการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบยางสไตรีนบิวทาไดอีน/คาร์บอนแบล็ค

จากการศึกษาผิวชิ้นงานภายหลังการทดสอบการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบยางสไตรีนบิวทาไดอีน/คาร์บอนแบล็คที่มีการเติมอัตราส่วนผสมระหว่างเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์และโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ที่สัดส่วนต่าง ๆ กัน พบว่า บริเวณผิวหน้าของวัสดุเชิงประกอบเกิดองค์ประกอบของการสึกหรอขึ้นได้แก่ การขัดถู (Abrasion), บริเวณพื้นที่ของการเกาะติด (Area of adhere material) และบริเวณการหลุดออกของวัสดุ (Area of remove material) ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยลักษณะการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบจะมีลักษณะเป็นร่องลึก เนื่องมาจากสาเหตุของสารหล่อลื่นชนิดของแข็งเกิดการหลุดออกหลังได้รับการขัดถูกับผิวกระดาษทราย และสามารถกลับมายึดติดกับผิวหน้าของวัสดุเชิงประกอบ ส่งผลให้สารหล่อลื่นชนิดของแข็งมีหน้าที่เป็นอนุภาคขัดถู จึงทำให้เกิดความกว้างของรอยขีดข่วน (Wide scratch) บนพื้นผิวของวัสดุเชิงประกอบ

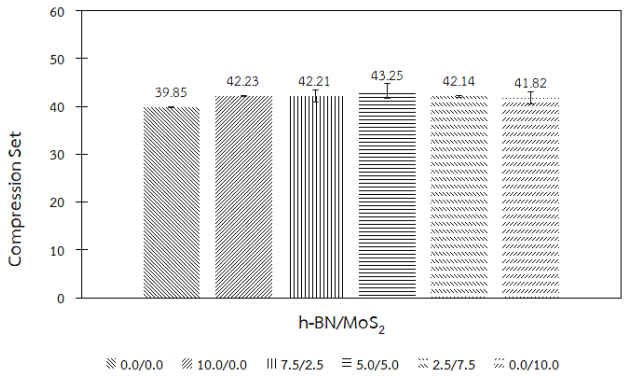
ดังแสดงในภาพที่ 3ข ถึง 3ฉ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราการสึกหรอจำเพาะของวัสดุเชิงประกอบโดยตรง โดยพิจารณาจากค่าอัตราการสึกหรอจำเพาะของวัสดุเชิงประกอบที่มีการเติมสัดส่วนของเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ปริมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนักที่มีค่าอัตราการสึกหรอจำเพาะที่สูงสุดดังแสดงในภาพที่ 2 เปรียบเทียบกับภาพผิวชิ้นงานภายหลังการทดสอบการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบที่มีการเติมสัดส่วนของเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ปริมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ดังแสดงในภาพที่ 3ข พบว่า วัสดุเชิงประกอบยางสไตรีนบิวทาไดอีน/คาร์บอนแบล็คที่มีค่าอัตราการสึกหรอจำเพาะสูงที่สุดจะมีความกว้างของรอยขีดข่วนมากและเกิดการหลุดออกของวัสดุ ตรงข้ามกับวัสดุเชิงประกอบที่มีการเติมสัดส่วนของโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ปริมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนักที่มีค่าอัตราการสึกหรอจำเพาะต่ำที่สุด จะมีความกว้างของรอยขีดข่วนน้อยและมีอนุภาคของสารหล่อลื่นชนิดของแข็งเกิดการเกาะติดกับผิวหน้าของวัสดุเชิงประกอบ ดังแสดงในภาพที่ 3ฉ และเมื่อทำการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมระหว่างเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์และโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ที่ปริมาณร้อยละ 7.5/2.5, 5/5 และ 2.5/7.5 โดยน้ำหนัก พบว่า ค่าอัตราการสึกหรอจำเพาะลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับภาพผิวชิ้นงานภายหลังการทดสอบการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบ พบว่า ความกว้างของรอยขีดข่วนลดต่ำลง และมีอนุภาคของสารหล่อลื่นชนิดของแข็งเกิดการเกาะผิวที่วัสดุเพิ่มมากขึ้น ตามปริมาณสัดส่วนของโมลิบดินัมไดซัลไฟด์ที่เพิ่มขึ้น

4. ค่าการกลับคืนตัวหลังได้รับแรงกด (Compression set) ของวัสดุเชิงประกอบยางสไตรีนบิวทาไดอีน/คาร์บอนแบล็ค

ค่าการกลับคืนตัวหลังได้รับแรงกด เป็นการวัดสมบัติการรักษาความยืดหยุ่นของวัสดุภายหลังจากที่วัสดุได้รับแรงกดเป็นระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งสามารถทำนายการเกิดการเสียรูปของวัสดุภายหลังการได้รับแรงที่ระยะเวลาหนึ่ง ๆ ได้ ซึ่งจากผลการทดสอบค่าการกลับคืนตัวหลังได้รับแรงกดของวัสดุเชิงประกอบยางสไตรีนบิวทาไดอีน/คาร์บอน ดังแสดงในภาพที่ 4 พบว่า ค่าการกลับคืนตัวหลังได้รับแรงกดของวัสดุเชิงประกอบที่มีการเติมอนุภาคของสารหล่อลื่นชนิดแข็งมีค่าที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุเชิงประกอบยางสไตรีนบิวทาไดอีน/คาร์บอนแบล็คที่ไม่ผ่านการเติมอนุภาคของสารหล่อลื่นชนิดของแข็ง นั่นแสดงให้เห็นว่าการเติมอนุภาคของสารหล่อลื่นชนิดแข็งทำให้ไม่สามารถรักษาสมบัติความยืดหยุ่นของวัสดุเชิงประกอบได้ โดยเมื่อเติมอนุภาคของสารหล่อลื่นชนิดของแข็งชนิดเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์ปริมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนักมีค่าการกลับคืนตัวหลังได้รับแรงกดเพิ่มสูงขึ้นถึง 5.98 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ วัสดุเชิงประกอบที่มีการเติมสัดส่วนของโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ที่ปริมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนักส่งผลให้ค่าการกลับคืนตัวหลังได้รับแรงกดเพิ่มสูงขึ้นถึง 4.96 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับวัสดุเชิงประกอบยางสไตรีนบิวทาไดอีน/คาร์บอนแบล็ค ดังนั้น การเพิ่มสารหล่อลื่นชนิดแข็งส่งผลให้ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยง (Crosslink Density) เพิ่มขึ้นและการเคลื่อนไหวของสายโซ่ (Chain Mobility) ลดลง จึงทำให้วัสดุมีความแข็งตึงมากขึ้น (Stiffness) [4] และเมื่อทำการทดสอบค่าการกลับคืนตัวจะทำให้เกิดการแตกหักของพันธะเชื่อมโยง จึงไม่สามารถกลับคืนตัวได้ นอกเหนือจากนั้นเมื่อทำการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมระหว่างเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์และโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ที่ปริมาณร้อยละ 7.5/2.5, 5/5, และ 2.5/7.5 โดยน้ำหนัก พบว่า ค่าการกลับคืนตัวหลังได้รับแรงกดของวัสดุเชิงประกอบยางสไตรีนบิวทาไดอีน/คาร์บอนแบล็คมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มปริมาณสัดส่วนของโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ (Weng, Wei, Tang, Lin & Guo, 2015)



ภาพที่ 3 ภาพผิวชิ้นงานภายหลังการทดสอบการสึกหรอ: (ก) SBR/CB, (ข) h-BN 10 wt%, (ค) h-BN/MoS_2 7.5/2.5 wt%, (ง) h-BN/MoS_2 5/5 wt%, (จ) h-BN/MoS_2 2.5/7.5 wt% และ (ฉ) MoS_2 10 wt%



ภาพที่ 4 ค่าการกลับคืนตัวของวัสดุเชิงประกอบยางสไตรีนบิวทาไดอีน/คาร์บอนแบล็ค กับอัตราส่วนผสมของสารหล่อลื่นชนิดของแข็งที่ปริมาณต่าง ๆ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. อัตราการสึกหรอจำเพาะของวัสดุเชิงประกอบยางสไตรีนบิวทาไดอีน/คาร์บอนแบล็คมีค่าลดลงตามปริมาณสัดส่วนของโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ที่เพิ่มขึ้น
2. พื้นผิวชิ้นงานภายหลังการทดสอบการสึกหรอ มีร่องรอยความเสียหายลดลงตามปริมาณสัดส่วนของโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ที่เพิ่มขึ้น
3. ค่าการกลับคืนตัวหลังได้รับแรงกดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมสารหล่อลื่นชนิดของแข็ง

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาปริมาณการเติมของเฮกซะโกนอลโบรอนไนไตรด์และโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ที่ปริมาณต่าง ๆ เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมที่สุดก่อนนำมาใช้เป็นอัตราส่วนผสมร่วม นอกเหนือจากนั้นหากเป็นยางชนิดอื่น ๆ ต้องพิจารณาปริมาณสัดส่วนที่เหมาะสมอีกครั้ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนายเกริกไกร พลายงาม นายจิรายุ ปัญจรัก นางสาวเสาวนีย์ คงภักดี นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมพอลิเมอร์ที่ร่วมปฏิบัติงานวิจัยในครั้งนี้ อีกทั้งขอขอบคุณห้องปฏิบัติการสาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมวัสดุและกระบวนการผลิต และ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มจพ. ระยอง ที่ให้ใช้สถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

พงษ์ธร แซ่อุย, ชาคริต สิริสิงห. (2550). **ยางกระบวนการผลิตและการทดสอบ**. ปทุมธานี: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค).

Rudnick, L. R. (1947). **Lubricant Additives Chemistry and Applications**. 2nd ed. United States of America: CRC Press.

Tang, Z. H., Zhang. C., Wei. Q., Weng. P., Guo. B. (2016). Remarkably improving performance of carbon black-filled rubber composites by incorporating MoS_2 nanoplatelets. **Composites Science and Technology**. 132(2016): 93 - 100.

Mostafa, A., Abouel-Kasem, A., Bayoumi, M. R., El-Sebaie, M. G. (2009). Effect of carbon clack loading on the swelling and compression set behavior of SBR and NBR rubber compounds. **Materials and Design**. 30(2009): 1561 - 1568.

Weng,P., Wei.Q, Tang.Z.H., Lin.T. Guo.B. (2015). The influence of molybdenum disulfide nanoplatelets on the dispersion of nano silica in natural rubber composites. Applied **Surface Science**. 359(2015): 782 - 789.

เครื่องดูดฝุ่นควบคุมด้วยสมาร์ทโฟน

วิศรุต เพชรจรัส[1*] ธนะพัฒน์ เชี่ยวชาญวัฒนา[2] กฤษณพงศ์ สมสุข[2] ธนพนธ์ แก้วแก่น[3]

บทคัดย่อ

โครงงานเครื่องดูดฝุ่นควบคุมด้วยสมาร์ทโฟนได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกผู้ใช้งานให้สามารถทำความสะอาดสถานทีต่าง ๆ ได้ในระยะไกลผ่านการควบคุมด้วยสมาร์ทโฟน หลักการทำงานคือการประยุกต์ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้บอร์ด ESP8266 เป็นตัวควบคุมคำสั่งการทำงานของระบบ โดยสั่งการผ่านโทรศัพท์มือถือและใช้ระบบไวไฟ เป็นตัวกลางในการสั่งการ มีกล้องจับภาพได้ 90 องศา เพื่อสังเกตการณ์ทำงาน มีมอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อน ใช้ไฟกระแสตรงที่แปลงมาจากไฟกระแสสลับโดยผ่านวงจรแปลงกระแส ผลการทดลองพบว่าเครื่องดูดฝุ่นสามารถควบคุมได้โดยผ่านสัญญาณไวไฟ สามารถควบคุมได้ที่ระยะไกลสุด 200 เมตร สามารถแสดงภาพการทำงานได้ในระยะไกลสุด 100 เมตร การเคลื่อนที่บนพื้นสามารถเคลื่อนที่ได้ดีบนพื้นที่มีความเรียบ แรงเสียดทานน้อย เช่น พื้นกระเบื้องพื้นไม้ แต่เคลื่อนที่ได้ไม่ดีบนพื้นที่มีแรงเสียดทานมาก เช่น พื้นปูน พื้นที่มีพรม นอกเหนือจากนั้น ผลงานนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ชนิดอื่นได้ เช่น เครื่องตัดหญ้า รถบังคับ เป็นต้น

คำสำคัญ: เครื่องดูดฝุ่น อินเตอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง แอนดรอยด์

[1] สำนักวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี

e-mail:

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี

[3] สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และระบบอัตโนมัติ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี

THE VACUUM CLEANER CONTROLLED BY SMART PHONE

Vitsarut Phetcharat [1*] Thanapat Cheawchanwattana[2] Kritsanapong Somsuk[2]
Thanapon Kaewkaen[3]

Abstract

The smartphone vacuum project t has been developed to facilitate users to clean any stations especially distant stations. The concept is the applying between vacuum cleaner and microcontroller. In the part of microcontroller, ESP8266 board which is a type of microcontrollers is chosen because this device can be connected with WIFI to communicate with other device. In fact, it is ordered by using mobile phones and using WIFI system as intermediaries in order. It has also a camera to capture a 90 degree to observe the work, DC motor driven. In addition, DC power converted from AC power is generated from the switching supply. The experimental result shows that the vacuum cleaner and video display can be controlled via wifi within 200 meter and 100 meter, respectively. This work can be applied to other devices such as lawnmower, car controller etc.

Keywords: Vacuum Cleaner, Internet of Things, Android

[1] *Office of General Education UDRU Udon Thani Rajabhat University Udon Thani Province*
e-mail:
[2] *Department of Computer and Communication Engineering, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University Udon Thani Province*
[3] *Department of Electronics Engineering and Automation Systems, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University Udon Thani Province*

บทนำ

ในปัจจุบันอินเตอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT) [1, 4] ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมากเนื่องจากความสะดวก และรวดเร็วในการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดจากการนำ IoT มาประยุกต์ใช้งานร่วมด้วย โดยระบบสมาร์ทโฮมซึ่งเป็นหนึ่งในระบบที่เกิดจากการนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้เป็นระบบที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน มีการนำเอาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ระบบควบคุม ไปใช้ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เพื่อความสะดวกในการใช้งาน เช่น การติดตั้งระบบเปิด-ปิดไฟอัตโนมัติภายในบ้าน การควบคุมการเปิด-ปิดไฟด้วยระบบเสียง และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านชนิดอื่นที่ไม่ได้กล่าวถึงสามารถนำไปประยุกต์ให้ใช้งานแบบสมาร์ทโฮมได้ทั้งหมด

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านในปัจจุบัน ส่วนมากจะอยู่ในรูปแบบของระบบควบคุมด้วยมนุษย์ ซึ่งอาจเกิดปัญหาในการดำเนินกิจกรรมในกรณีที่อยู่ไกลจากอุปกรณ์ ในปัจจุบันประชากรส่วนมากจะใช้เวลาในการทำงานนอกบ้าน จึงไม่มีเวลาในการดูแลทำความสะอาดภายในบ้าน ดังนั้นผู้พัฒนาจึงได้เสนอเครื่องดูดฝุ่นควบคุมผ่านสมาทโฟนขึ้นมาเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการทำความสะอาดพื้นที่ภายในบ้าน โดยการนำเอาองค์ความรู้อิเล็กทรอนิกส์ ไฟฟ้า และการสื่อสาร [1, 3] มาประยุกต์ใช้กับเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัว ถือว่าเป็นการเพิ่มความสะดวกสบายต่อชีวิตประจำวันมาก

เครื่องดูดฝุ่นคือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถนำมาใช้งานภายในบ้านได้ชนิดหนึ่ง โดยปกติการใช้งานจำเป็นต้องใช้มนุษย์เพื่อควบคุมการทำงาน ซึ่งอาจเกิดปัญหาขึ้นกรณีที่ผู้ใช้งานอยู่ไกลจากอุปกรณ์แต่ต้องการใช้งานในเวลานั้น ดังนั้นหากนำเอาองค์ความรู้ทางอิเล็กทรอนิกส์ และ IoT มาประยุกต์ใช้กับตัวเครื่องดูดฝุ่นให้สามารถทำงานได้ผ่านการควบคุมระยะไกลจะสามารถช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้ หลักการดำเนินการพอสังเขปคือติดตั้งโปรแกรมคำสั่งผ่านบอร์ดควบคุม และเชื่อมต่อกับรีโมทควบคุมเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมได้เองผ่านกล้องที่ติดอยู่กับตัวเครื่องดูดฝุ่น และใช้ระบบสัญญาณไวไฟสั่งการผ่านโทรศัพท์เพื่อให้สามารถสั่งการให้เครื่องดูดฝุ่นทำงานได้เอง ซึ่งจะทำให้สามารถทำการดูดฝุ่นได้ ไม่ว่าจะอยู่ส่วนไหนของบ้าน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่ออำนวยสะดวกแก่ผู้ใช้งานให้สามารถทำความสะอาดพื้นห้องระยะไกลด้วยระบบ IoT
2. เพื่อใช้เครื่องดูดฝุ่นผ่านพื้นต่าง ๆ ที่มีลักษณะแตกต่างกันภายในสถานที่ต่าง ๆ ได้
3. เพื่อเป็นเครื่องต้นแบบในการนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดอื่น ๆ

วิธีดำเนินการวิจัย

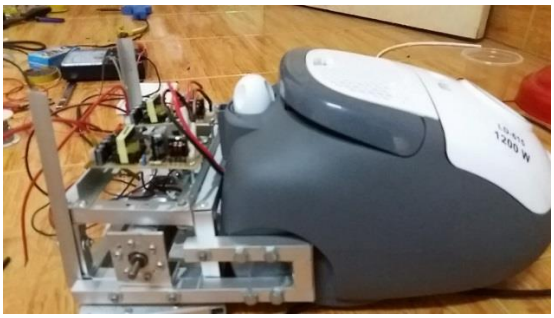
เครื่องดูดฝุ่นประกอบไปด้วย NodeMCU ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการหมุนของมอเตอร์เพื่อบังคับทิศทางการเคลื่อนที่ของเครื่องดูดฝุ่น และควบคุมเซอร์โวมอเตอร์เพื่อบังคับทิศทางของส่วนหัวให้หันซ้ายขวาได้ นอกเหนือจากนั้น NodeMCU ถูกกำหนดให้ทำหน้าที่เป็นเครื่องให้บริการเพื่อปล่อยสัญญาณและรับสัญญาณไวไฟ ระหว่าง NodeMCU กับโทรศัพท์มือถือระบบแอนดรอยด์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นเครื่องลูกข่ายเป็นตัวควบคุมการทำงานซึ่งเชื่อมต่อกันสำหรับองค์ประกอบที่สำคัญประกอบไปด้วยดังนี้

1. บอร์ดแปลงไฟจากกระแสสลับเป็นไฟกระแสตรง

เนื่องจากตัวเครื่องดูดฝุ่นใช้ไฟฟ้ากระแสสลับในการทำงาน เพื่อให้เกิดความง่ายและลดขนาดของอุปกรณ์ ผู้พัฒนาจึงเลือกใช้สวิตชิ่งพาวเวอร์ซัพพลาย ในการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง

ซึ่งในการดำเนินการใช้บอร์ด สวิตชิ่งพาวเวอร์ซัพพลาย จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับบอร์ดควบคุมสองชนิด คือ NodeMCU 8266 และบอร์ดขับมอเตอร์

การต่อวงจรการทำงานในตัวเครื่องดูดฝุ่น เริ่มจากต่อไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220V เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟจาก 220V เป็นไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 V และ 12 V ไฟกระแสตรงขนาด 5V ใช้ป้อนให้กับ บอร์ดควบคุมคือ NodeMCU 8266 รีเลย์ และเซอร์โวมอเตอร์ส่วน ไฟกระแสตรงขนาด 12 V ใช้ป้อนให้กับบอร์ดขับมอเตอร์ ซึ่งนอกจากนั้นแล้วยังต้องเชื่อมวงจรของบอร์ดควบคุมเข้ากับบอร์ดขับมอเตอร์ เซอร์โวมอเตอร์ และรีเลย์ ซึ่งการส่งสัญญาณจากบอร์ด ไปยังอุปกรณ์เหล่านี้จะเป็นการส่งสัญญาณแบบ ดิจิตอล และอุปกรณ์เหล่านั้นจะทำงานแบบแอนาล็อก



ภาพที่ 1 การต่อไฟฟ้ากระแสสลับเข้ากับบอร์ด สวิตชิ่งพาวเวอร์ซัพพลาย

2. การต่อบอร์ดขับมอเตอร์เข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและ NodeMCU 8266

ในการต่อบอร์ดขับมอเตอร์เข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ทำได้ดังนี้

2.1 ต่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเข้ากับเอาท์พุต ของบอร์ดขับมอเตอร์ โดยต่อขั้วบวกของมอเตอร์เข้ากับขั้วบวก และขั้วลบเข้ากับขั้วลบ ที่เอาท์พุตของบอร์ด ขับมอเตอร์

2.2 ต่อไฟฟ้ากระแสสลับจากแหล่งจ่ายในตัวเครื่องดูดฝุ่นเข้ากับอินพุตของบอร์ด สวิตชิ่งพาวเวอร์ซัพพลาย SSP5V4 - 12V2 หลังจากนั้น ต่อไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 V จากบอร์ด สวิตชิ่งพาวเวอร์ซัพพลาย SSP5V4 - 12V2 เข้ากับ อินพุตของบอร์ดขับมอเตอร์

2.3 ต่อไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5V จากบอร์ด สวิตชิ่งพาวเวอร์ซัพพลาย SSP5V4 – 12V2 เข้ากับอินพุตของ NodeMCU 8266

2.4 เชื่อมกราวน์จากบอร์ดขับมอเตอร์ทั้งสองบอร์ดเข้ากับกราวน์ของ NodeMCU 8266

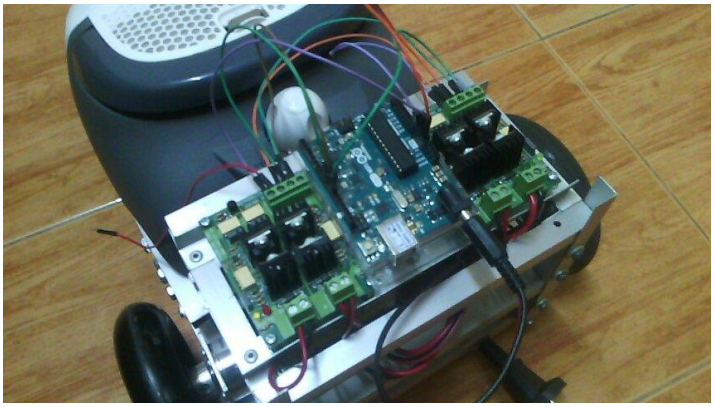
2.5 เชื่อม IN1 ของบอร์ดขับมอเตอร์ตัวที่ 1 เข้ากับพอร์ต IN1 D5 ของ NodeMCU 8266 และเชื่อม IN1 ของบอร์ดขับมอเตอร์ตัวที่ 2 เข้ากับพอร์ต IN1 D7 ของ NodeMCU 8266

2.6 เชื่อม IN2 ของบอร์ดขับมอเตอร์ตัวที่ 1 เข้ากับพอร์ต IN1 D6 ของ NodeMCU 8266 และเชื่อม IN2 ของบอร์ดขับมอเตอร์ตัวที่ 2 เข้ากับพอร์ต IN1 D8 ของ NodeMCU 8266เชื่อมกราวน์ ของบอร์ดขับมอเตอร์ทั้งสองตัวเข้ากับพอร์ตกราวน์ ของ Node MCU 8266

2.7 เชื่อมขาปกติปิด (NC) ของรีเลย์ เข้ากับพอร์ต D4 ของ NodeMCU 8266

2.8 เชื่อมขาอินพุตของเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนกล้อง เข้ากับพอร์ต D2 ของ NodeMCU 8266

2.9 เชื่อมขาอินพุตของเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนส่วนแขน เข้ากับพอร์ต D3 ของ NodeMCU 8266



ภาพที่ 2 การเชื่อมบอร์ด

ภาพที่ 3 การติดตั้งรีเลย์

3. การเขียนโปรแกรม Arduino IDE

ในการเขียนโปรแกรมใช้ซอฟแวรต์ Arduino IDE ในการพัฒนาคำสั่งสำหรับควบคุมพอร์ตต่าง ๆ ที่ถูกกำหนดไว้ข้างต้น โดยรูปแบบการสั่งงานควบคุมการทำงานของเครื่องดูดฝุ่นประกอบไปด้วยกันดังนี้

3.1 มอเตอร์ทั้งสองตัวหมุนตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งจะเป็นการสั่งให้เดินหน้าหรือถอยหลัง

3.2 มอเตอร์ทั้งสองทำงานโดยหมุนกลับทิศกัน ซึ่งจะเป็นการสั่งให้เลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวา

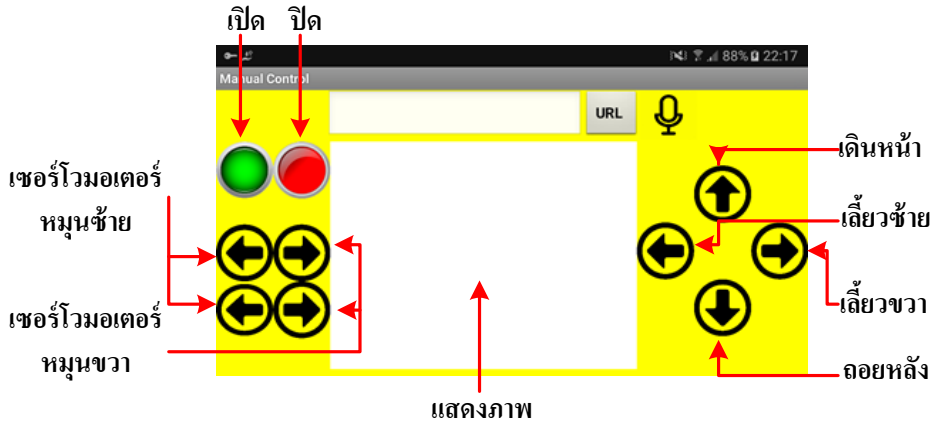
3.3 เซอร์โวมอเตอร์หมุนซ้าย – ขวา ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการหมุนของส่วนกล้องเพื่อจับภาพด้านหน้า และส่วนแขนในการดูดฝุ่น

3.4 เปิด - ปิด การทำงานของเครื่องดูดฝุ่น โดยจะสั่งผ่านรีเลย์ เพื่อตัดกระแสไฟที่เข้ามาเลี้ยงในการทำงาน

3.5 แลกเปลี่ยนสัญญาณและคำสั่งระหว่าง NodeMCU 8266 ซึ่งทำหน้าที่เป็นเซิร์ฟ เวอร์ (Server) และโทรศัพท์มือถือระบบแอนด์ดรอยด์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นไคลเอนท์ (ผู้รับบริการ) เพื่อเป็นการสั่งการควบคุมผ่านหน้าอินเตอร์เฟส

4. การเขียนโปรแกรมประยุกต์ด้วยแอนดรอยด์

แอนดรอยด์ [2] คือระบบปฏิบัติการสำหรับอุปกรณ์แบบพกพาซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ซึ่งผู้พัฒนาเลือกใช้อุปกรณ์แบบพกพาที่ใช้ระบบปฏิบัติการดังกล่าวนี้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องดูดฝุ่น โดยเลือกใช้ App Inventor [5] เป็นเครื่องมือในการพัฒนาเนื่องจากใช้งานง่าย



ภาพที่ 4 หน้าอินเตอร์เฟสบนโทรศัพท์มือถือ

ผลการวิจัย

จากการทดลองการทำงานของเครื่องดูดฝุ่น ได้ทำการทดสอบการทำงานในด้านต่างทั้งการทดสอบระยะสัญญาณควบคุม การทดสอบระยะสัญญาณแสดงภาพ และการทดสอบความเร็วบนพื้นที่ต่าง ๆ ดังนี้

1. การทดลองระยะสัญญาณควบคุม

สัญญาณอินเตอร์เน็ตที่ใช้เชื่อมต่อในการทำงาน มีผลต่อระยะควบคุมการทำงานของตัวเครื่องดูดฝุ่น สัญญาณอินเตอร์เน็ตที่มีความแรงมาก จะทำให้สามารถควบคุมการทำงานของตัวเครื่องดูดฝุ่นได้ระยะที่ไกล ซึ่งจากการทดสอบระยะที่สามารถควบคุมได้ ระยะไกลที่สุดที่สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องดูดฝุ่นได้ จะมีระยะไกลได้สูงสุดประมาณ 200 เมตร โดยระยะที่วัดได้เป็นระยะที่มีสิ่งกีดขวาง สามารถควบคุมได้แม้ผู้ควบคุมอยู่อีกห้องหนึ่งที่เครื่องดูดฝุ่นทำงาน

2. การทดลองระยะสัญญาณที่สามารถแสดงภาพได้ดี

สัญญาณอินเตอร์เน็ตที่ใช้เชื่อมต่อในการทำงาน มีผลต่อระยะการแสดงภาพของตัวเครื่องดูดฝุ่น สัญญาณอินเตอร์เน็ตที่มีความแรงมาก จะทำให้สามารถแสดงภาพการทำงานของตัวเครื่องดูดฝุ่นได้โดยไม่กระตุก ซึ่งจากการทดสอบระยะที่สามารถแสดงภาพได้โดยไม่กระตุก ระยะไกลที่สุดที่สามารถแสดงภาพได้โดยไม่กระตุก

จะมีระยะไกลได้สูงสุดประมาณ 100 เมตร โดยระยะที่วัดได้เป็นระยะที่มีสิ่งกีดขวาง สามารถควบคุมได้แม้ผู้ควบคุมอยู่อีกห้องหนึ่งที่เครื่องดูดฝุ่นทำงาน

3. การทดสอบความเร็วบนพื้นต่าง ๆ

พื้นที่ในการทำงานของเครื่องดูดฝุ่น มีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของตัวเครื่องดูดฝุ่น พื้นที่มีความเรียบกว่า แรงเสียดทานน้อยกว่า จะทำให้เครื่องดูดฝุ่นเคลื่อนที่ได้ดีกว่า ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบความเร็วบนพื้นชนิดต่าง ๆ

ชนิดของพื้น	การเคลื่อนที่ของเครื่องดูดฝุ่น			การเคลื่อนที่ส่วนดูด
	ระยะทาง(m)	ใช้เวลา(s)	ความเร็ว(m/s)	
พื้นกระเบื้อง	5	4	1.25	ดี
พื้นปูน	5	6	0.83	ช้า
พื้นไม้	5	4	1.25	ดี
พรม	5	8	0.625	ช้า

จากตารางที่ 1 เครื่องดูดฝุ่นสามารถเคลื่อนที่ผ่านพื้นต่าง ๆ ประกอบไปด้วยพื้นกระเบื้อง พื้นปูน พื้นไม้ และพรมได้ทั้งหมด โดยสามารถเคลื่อนที่ได้เร็วสุดบนพื้นกระเบื้อง และพื้นไม้เนื่องจากมีแรงเสียดทานน้อย อย่างไรก็ตามเครื่องดูดฝุ่นเคลื่อนที่ช้าที่สุดบนพื้นที่ถูกปูทับด้วยพรม

จากทั้ง 3 การทดลองสรุปได้ว่า สามารถนำเครื่องดูดฝุ่นควบคุมระยะไกลผ่านสมาร์ทโฟนไปประยุกต์ใช้งานได้จริง ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถทำความสะอาดสถานที่ต่าง ๆ ได้ ถึงแม้ว่าจะไม่อยู่ที่บริเวณดังกล่าวก็ตาม

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาและทดลองพัฒนาเครื่องดูดฝุ่นควบคุมโดยสมาร์ทโฟน ซึ่งใช้สัญญาณวายฟายในการเชื่อมต่อผ่าน NodeMCU 8266 ได้ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในงาน ซึ่งอุปกรณ์เหล่านั้นประกอบไปด้วย เครื่องดูดฝุ่น เป็นเครื่องดูดฝุ่นตัวเดิมที่ สามารถทำงานได้ปกติ ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลต์ ในการทำงาน เป็นตัวเริ่มในการทำชิ้นงาน ใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาด 12 โวลต์ 2 ตัว เพื่อใช้ในการขับเคลื่อน ใช้ล้อยาง 2 ล้อ เชื่อมติดกับมอเตอร์กระแสตรง เพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ สวิชชิ่งพาวเวอร์ซัพพลายใช้ในการ แปลงไฟกระแสสลับเป็นกระแสตรงขนาด 12 โวลต์ และ 5 โวลต์ บอร์ดขับมอเตอร์ใช้บอร์ด H-Bridge เพื่อใช้ในการขับมอเตอร์ จ่ายกระแสให้กับมอเตอร์กระแสตรง ใช้รีเลย์เพื่อเป็นสวิตช์ในการเปิด-ปิด การทำงานของเครื่องดูดฝุ่น ใช้บอร์ด ESP เป็นศูนย์กลางในการควบคุม ซึ่งเลือกใช้ NodeMCU 8266 เชื่อมต่อกับส่วนต่าง ๆ ของระบบ ใช้กล้องจากโทรศัพท์ เพื่อแสดงภาพในการทำงาน และโทรศัพท์มือถือระบบ Android เพื่อใช้ในการเขียนแอปพลิเคชั่นในการควบคุมการทำงาน ใช้โปรแกรมอาร์ดุยโน่เพื่อเขียนโค้ดคำสั่งในการทำงาน และใช้แอปพลิเคชั่น MIT App Inventor เพื่อเขียนคำสั่งเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือสำหรับควบคุมการทำงาน จากการทดลองพบว่าสามารถควบคุมเครื่องดูดฝุ่นผ่านสมาร์ทโฟนได้ระยะไกลสุดคือ 200 เมตร ส่วนการแสดงภาพที่ไม่เกิดการกระตุกได้ระยะสูงสุด 100 เมตร เครื่องดูดฝุ่นสามารถเคลื่อนที่ผ่านพื้นกระเบื้อง พื้นปูน พื้นไม้ และพรม ที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงสามารถนำโครงงานนี้ไปประยุกต์ใช้งานได้จริง ซึ่งจะช่วย

อำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถทำความสะอาดสถานที่ต่าง ๆ ได้ ถึงแม้ว่าจะไม่อยู่ที่บริเวณดังกล่าวก็ตาม

เอกสารอ้างอิง

สนธยา นงนุช. (2560). **การใช้งาน ESP32 เบื้องต้น**. ชลบุรี: ร้านไอโอเอ็กซ์ฮ๊อบ.

พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร. (2555). คู่มือเขียนแอพ Android สำหรับผู้เริ่มต้น. กรุงเทพฯ: บริษัท โปรวิชั่น จำกัด (มหาชน).

เจษฎา ชินรุ่งเรือง. (2557). **ทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Keyur K Patel, Sunil M Patel. (2016). Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture,Enabling Technologies, Application & Future Challenges. **International Journal of Engineering Science and Computing**. 6(5), 6122-6131.

MIT App Inventor. Retrieved July 2018, http://appinventor.mit.edu/explore /ai2/tutorials.html

การศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของซีเมนต์เพสต์และมอร์ต้าร์ที่ผสมน้ำยางพารา

พงศธร จันทร์ตรี[1*] จักรพันธุ์ วงษ์พา[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการใช้น้ำยางข้นธรรมชาติ เพื่อเป็นส่วนผสมในซีเมนต์เพสต์และมอร์ต้าร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์และเพื่อหากำลังอัดของมอร์ต้าร์ กำหนดตัวแปรต้นที่ศึกษาคือ ปริมาณน้ำยางข้น เท่ากับร้อยละ 0, 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักของน้ำ ตามลำดับ โดยส่วนผสมของมอร์ต้าร์จะใช้อัตราส่วนวัสดุประสานต่อทรายเท่ากับ 1:2.75 โดยน้ำหนัก ทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่อายุ 1, 3, 7 และ 28 วัน ผลการวิจัยพบว่า การใช้น้ำยางข้นมาเป็นส่วนผสมของซีเมนต์เพสต์และมอร์ต้าร์ ในอัตราร้อยละ 2, 4 และ 6 ส่งผลให้ซีเมนต์เพสต์มีระยะเวลาการก่อตัวนานขึ้นกว่าซีเมนต์เพสต์ที่ไม่ได้ผสมน้ำยางข้นเท่ากับ 31, 43 และ 47 นาที ตามลำดับ และส่งผลให้มอร์ต้าร์มีกำลังอัดลดลง จากมอร์ต้าร์ที่ไม่ได้ผสมน้ำยางข้นที่มีค่ากำลังอัดเท่ากับ 266.8 กก/ตร.ซม เป็น 181.1, 56.9 และ 22.0 กก/ตร.ซม เมื่อผสมน้ำยางข้นในอัตราส่วนร้อยละ 2, 4 และ 6 ที่อายุ 28 วัน ตามลำดับ

คำสำคัญ : กำลังอัด มอร์ต้าร์ ระยะเวลาการก่อตัว ซีเมนต์เพสต์

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

[*] ผู้นิพนธ์หลัก e-mail : tuikmutt@hotmail.com

A STUDY ON BASIC PROPERTY OF CEMENT PASTE AND MORTAR CONTAINING PARA RUBBER LATEX

PONGSATON CHANTRI[1] JAKRAPAN WONGPA[2]

Abstract

This research was to study of using natural para rubber latex as an ingredient in cement paste and mortars. The objective was to find out the setting time of cement paste and the compressive strength of mortar. The independent variable was the para rubber latex content of 0, 2, 4, and 6 percent by weight of water in each mixture, respectively. The cement by sand ratio was 1: 2.75 by weight for all mortars mixtures. The compressive strength of mortars was investigated at the ages of 1, 3, 7, and 28 days. The results showed that para rubber latex of 2, 4, and 6 percent by weight affected in increasing of setting time while compared to that of normal cement paste, about 31, 43, and 47 minutes, Moreover, compressive strength reduction was found from 266.8 ksc of normal mortar to 181.1, 56.9, and 22.0 ksc of mortar containing para rubber latex of 2, 4, and 6 percent at the age of 28 days, respectively.

Keywords: Compressive strength, Mortar, Setting time, Cement paste

[1] *Civil Engineering Program, Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat University*

[2] *Civil Engineering Program, Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat University*

[*]*Corresponding author e-mail : tuikmutt@hotmail.com*

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการใช้คอนกรีตในการทำงานก่อสร้างต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ซึ่งการก่อสร้างอาคารบ้านเรือน การสร้างตึกสูง การสร้างถนน ล้วนแต่ใช้คอนกรีตทั้งสิ้น และในการก่อสร้างต้องมีการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบ ตลอดจนปัจจัยต่าง ๆ เช่น กำลังของคอนกรีต ระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีต และความสามารถในการทำงานได้ ที่เป็นปัจจัยให้งานก่อสร้างนั้นมีความแข็งแรงทนทาน และมีประสิทธิภาพเป็นไปตามที่ออกแบบไว้

ในประเทศไทยปลูกยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจมีจำนวนพื้นที่เพาะปลูก 22,176,714 ล้านไร่ (รัตนา จีนกลาง, 2558) ในช่วงสภาวะยางพาราล้นตลาดจะทำให้ยางพาราเกินความต้องการในตลาด ทำให้ราคายางพาราตกต่ำ เช่น ในเดือนกุมภาพันธ์ 2554 ราคายางไทยแตะระดับสูงสุดเป็นประวัติการณ์ด้วยราคา 174.44 บาทต่อกิโลกรัม แต่หลังจากนั้นกลับมีแนวโน้มลดลงต่อเนื่อง จนกระทั่งเดือนสิงหาคม 2557 ราคายางลดลงเหลือ 53.63 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นราคาที่ต่ำสุดในรอบ 5 ปี และเป็นราคาที่ต่ำกว่าต้นทุนการผลิตที่ราคา 64.90 บาทต่อกิโลกรัม (Sator4u_Team, 2015) จึงได้มีการนำยางพารามาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างเพื่อช่วยลดปัญหาราคายางพาราตกต่ำ เช่น ผิวทางแบบพาราสเลอรี่ซีล (Para slurry seal) และ ผิวทางพาราแอสฟัลต์คอนกรีต (พิศักดิ์ จิตวิริยะวศิน, 2017) และเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีในการก่อสร้าง เนื่องจากยางพารามีลักษณะเด่นคือ ทนทานต่อแรงดึง และทนทานต่อการขัดสี ถึงแม้จะมีงานวิจัยบางชิ้นพบว่าคอนกรีตผสมน้ำยางจะมีกำลังอัดลดลงตามปริมาณน้ำยางที่เพิ่มขึ้น (สิทธิชัย และคณะ, 2548) แต่การใช้น้ำยางพาราในงานคอนกรีตยังมีผู้วิจัยไม่มาก และยังต้องการข้อมูลอีกมาก เพื่อพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตที่ผสมน้ำยางพาราให้เป็นไปตามต้องการ

จากประเด็นดังกล่าว จึงได้เลือกศึกษาระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์และกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่ผสมน้ำยางข้นธรรมชาติ เนื่องจากเป็นคุณสมบัติพื้นฐานที่สำคัญในการนำน้ำยางพารามาประยุกต์ใช้จริงในงานคอนกรีตต่อไป ซึ่งผลที่อาจจะเป็นทางเลือกใหม่ของวัสดุคอนกรีตในงานวิศวกรรมโยธา อีกทั้งเป็นการประยุกต์ผลผลิตยางธรรมชาติที่มีอยู่ภายในประเทศให้มีความก้าวหน้ายิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของซีเมนต์เพสต์และมอร์ต้าร์ที่ผสมน้ำยางข้น
2. เพื่อศึกษากำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่ผสมน้ำยางข้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การทำวิจัยครั้งนี้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ใช้น้ำยางข้นประเภทแอมโมเนียต่ำ (LA-TZ) จาก บริษัท ดี.เอส.รับเบอร์แอนด์ลาเท็กซ์ จำกัด จังหวัดระยอง ใช้ทรายแม่น้ำล้างสะอาด ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 16 และน้ำสะอาด สำหรับมอร์ต้าร์ ใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทรายเท่ากับ 1:2.75 โดยน้ำหนัก ใช้อัตราส่วนน้ำในน้ำยางข้นต่อปริมาณน้ำ (R/W) ร้อยละ 0, 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ทำการทดสอบเพื่อหาค่าความข้นเหลวปกติ (Normal consistency) ตามมาตรฐาน ASTM C187-16 (American Society for Testing and Materials, 2016) ทดสอบเพื่อหาค่าระยะการก่อตัวตามมาตรฐาน ASTM C191-18 (American Society for Testing and Materials, 2018) ทดสอบหาค่าการไหล ตามมาตรฐาน ASTM C230/C230M-14 (American Society for Testing and Materials, 2014) และทดสอบกำลังอัด ตามมาตรฐาน ASTM C109/109M-16 (American Society for Testing and Materials, 2016) และงานวิจัยนี้กำหนดให้ใช้สัญลักษณ์เพื่อบอกความหมายของสัญลักษณ์ในแต่ละอัตราส่วนผสมโดยกำหนดให้ “Control” หมายถึง มอร์ต้าร์มาตรฐานที่ไม่ผสมน้ำยางข้น “R” หมายถึง น้ำยางข้นประเภทแอมโมเนียต่ำ (LA-TZ)

ส่วนตัวเลข “2%, 4% และ 6%” ที่อยู่ด้านหลังสัญลักษณ์ “R” หมายถึงปริมาณน้ำยางข้นที่แทนที่น้ำในส่วนผสม โดยน้ำหนักของน้ำ ในอัตราส่วนร้อยละ 2, 4 และ 6 ตามลำดับ ตัวอย่างการอ่านสัญลักษณ์ เช่น “R 2%” หมายถึง มอร์ต้าร์ที่มีการแทนที่น้ำด้วยน้ำยางข้นในอัตราส่วนร้อยละ 2 โดยน้ำหนักของน้ำ เป็นต้น

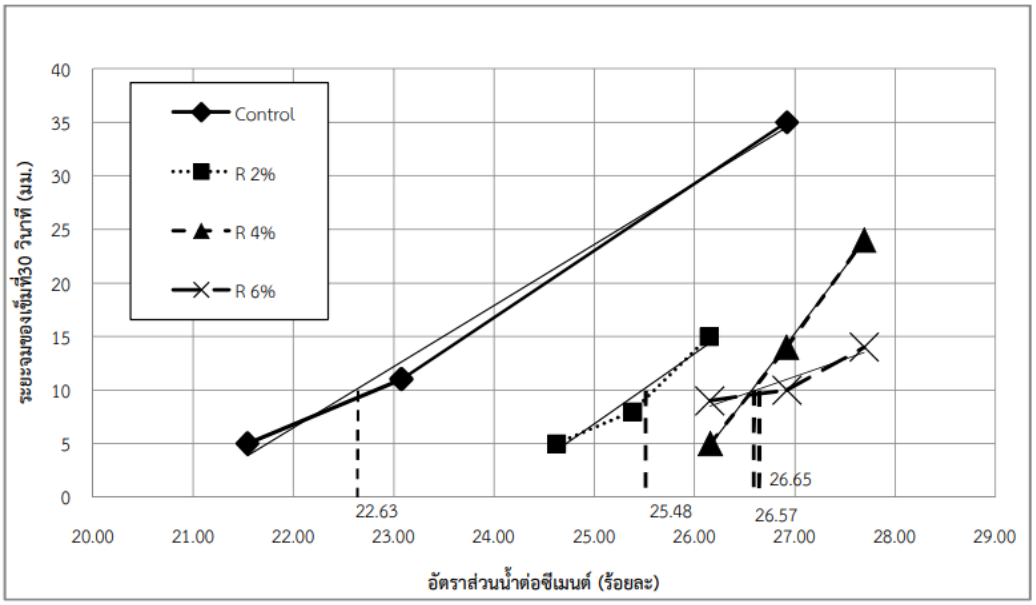
ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบหาความข้นเหลวปกติของซีเมนต์เพสต์ ผลการทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์โดยใช้ปริมาณน้ำที่เหมาะสมจากการทดสอบข้างต้น และผลการทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน ดังนี้

1. ผลการทดสอบหาปริมาณน้ำที่เหมาะสม

ภาพที่ 1 เป็นผลการทดสอบความข้นเหลวปกติของปูนซีเมนต์ เพื่อหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของซีเมนต์เพสต์ พบว่า ปริมาณน้ำที่เหมาะของซีเมนต์เพสต์ เท่ากับร้อยละ 22.63 และเมื่อผสมน้ำยางข้นร้อยละ 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักน้ำ พบว่า ปริมาณน้ำที่เหมาะสมเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 25.48, 26.57 และ 26.65 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความข้นเหลวปกติมีค่าสูงขึ้น เมื่อใส่ปริมาณน้ำยางข้นมากขึ้น ซึ่งหมายความว่าการใส่น้ำยางข้นในส่วนผสม จะทำให้ส่วนผสมมีความต้องการน้ำเพิ่มมากขึ้น เพื่อที่จะรักษาความข้นเหลวปกติให้คงที่ และยังพบว่า การเพิ่มปริมาณน้ำจะทำให้ระยะการจมที่ 30 วินาที เพิ่มขึ้นไปด้วย

นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมน้ำยางข้นร้อยละ 2 จะมีความต้องการน้ำเพิ่มขึ้นอย่างมาก จากซีเมนต์เพสต์ปกติ และความต้องการน้ำจะลดลงเรื่อย ๆ ตามปริมาณน้ำยางข้นที่เพิ่มขึ้นซึ่งจะเห็นได้จากความต้องการน้ำที่น้ำยางร้อยละ 4 เท่ากับ 26.57 ในขณะที่ส่วนผสมที่มีน้ำยางข้น ร้อยละ 6 มีความต้องการน้ำเท่ากับ 26.65 ซึ่งต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

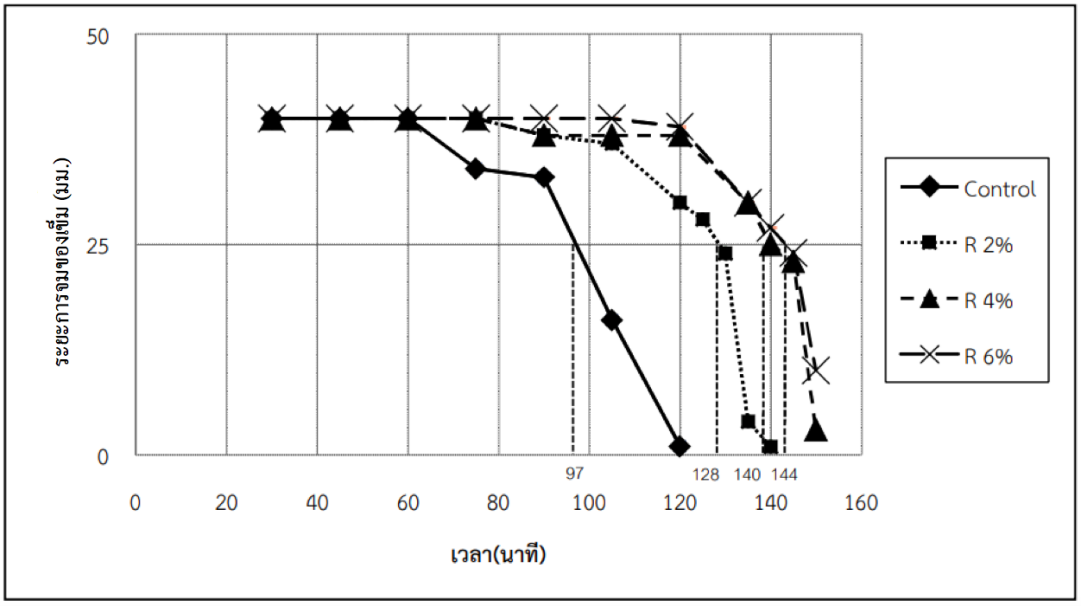


ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะจมของเข็มที่ 30 วินาที และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ของส่วนผสมต่าง ๆ

2. ผลการทดสอบหาระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์

ภาพที่ 2 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างระยะจมของเข็มไวแคตและระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์ พบว่า ระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมน้ำยางข้นร้อยละ 2, 4 และ 6 มีค่าเท่ากับ 128, 140 และ 144 นาที โดยระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมน้ำยางข้นร้อยละ 4 และ 6 มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับซีเมนต์เพสต์ที่ไม่ได้ผสมน้ำยางข้น พบว่าระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งหมายความว่าการใส่น้ำยางข้นในส่วนผสม จะทำให้ระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์ใช้เวลานานขึ้น เพื่อที่จะทำให้ซีเมนต์เพสต์ที่ผสมน้ำยางข้นนั้นเซ็ตตัว และสามารถทำงานได้ในสภาวะความข้นเหลวที่เหมาะสม

สาเหตุที่ทำให้ระยะเวลาการก่อตัวเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำยางข้นที่เพิ่มขึ้น อาจจะเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำยางข้นกับปูนซีเมนต์ทำให้ใช้ระยะเวลาการก่อตัวเพิ่มขึ้นหรืออาจเกิดจากการที่น้ำยางข้นไปขัดขวางการเกิดปฏิกิริยา ไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ ซึ่งจะพบว่าในช่วงแรกที่เติมน้ำยางพาราร้อยละ 2 จะมีระยะเวลาการก่อตัวเพิ่มขึ้นอย่างมาก ในส่วนของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมน้ำยางข้นร้อยละ 4 และ 6 จะมีค่าระยะการก่อตัว เท่ากับ 140 นาที และ 144 นาที ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างของระยะเวลาการก่อตัวน้อยมากเมื่อเทียบกับส่วนผสมชุด Control และส่วนผสมที่มีน้ำยางข้นร้อยละ 2 มีค่าเท่ากับ 97 นาทีและ 128 นาที ตามลำดับ

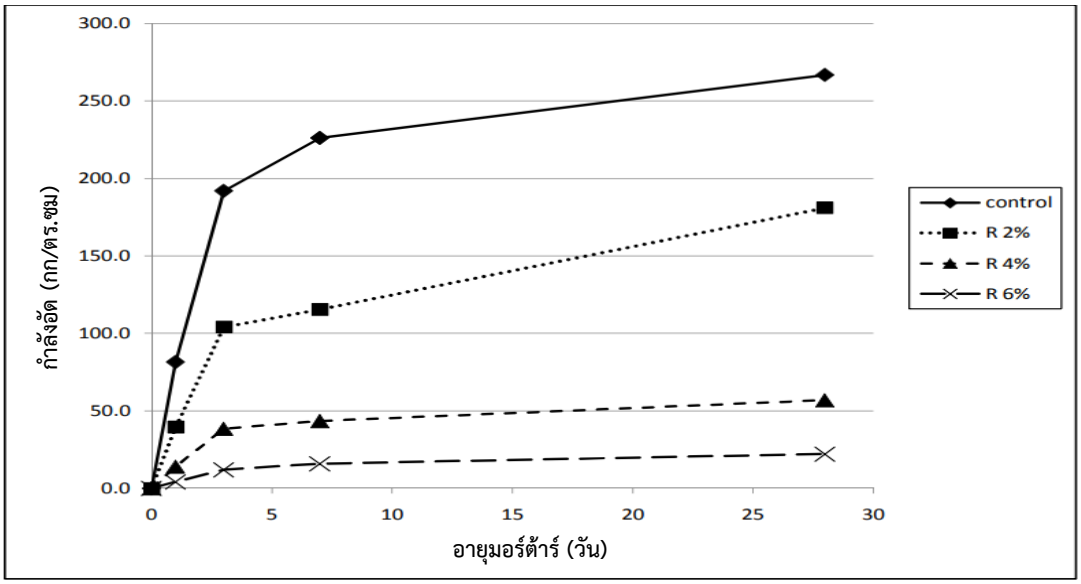


ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะการจมของเข็มและเวลาของส่วนผสมต่าง ๆ

3. ผลการทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้าร์

ภาพที่ 3 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและอายุของมอร์ต้าร์ พบว่ามอร์ต้าร์ที่ไม่ได้ผสมน้ำยางข้นมีค่ากำลังอัดที่เฉลี่ยอายุ 28 วัน เท่ากับ 266.8 กก/ตร.ซม เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ต้าร์ที่ผสมน้ำยางข้นร้อยละ 2, 4 และ 6 มีค่ากำลังอัดเท่ากับ 181.1, 56.9 และ 22.0 กก/ตร.ซม ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ

เนื่องมาจากในการทดสอบนี้มีการคุมค่าการไหลให้อยู่ในช่วงมาตรฐาน จึงจำเป็นต้องเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) เพื่อให้ได้ค่าการไหลที่ต้องการ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้มอร์ต้าร์ที่ผสมน้ำยางข้นในงานวิจัยนี้ มีค่ากำลังอัดลดลงซึ่งหมายความว่าการที่ใส่น้ำยางข้นลงไปในส่วนผสมของมอร์ต้าร์นั้นจะมีผลต่อความสามารถในการรับแรงอัดอย่างมาก



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและอายุมอร์ต้าร์

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ ใช้น้ำยางข้นประเภท LA-TZ มาเป็นส่วนผสมของซีเมนต์เพสต์และมอร์ต้าร์ เพื่อทดสอบหาระยะเวลาการก่อตัว และกำลังอัดของมอร์ต้าร์ สามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

1. การใช้น้ำยางข้นมาเป็นส่วนผสมในซีเมนต์เพสต์ร้อยละ 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักของน้ำ ส่งผลให้ซีเมนต์เพสต์มีระยะเวลาในการก่อตัวนานขึ้นกว่าปกติ 31, 43 และ 47 นาที ตามลำดับ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในงานที่ต้องการระยะเวลาการก่อตัวนานกว่าปกติ และเหมาะกับการขนส่งคอนกรีตที่มีระยะทางไกล โดยไม่ต้องใช้น้ำยาเคมีผสมเพิ่ม
2. การใช้น้ำยางพารามาเป็นส่วนผสมในมอร์ต้าร์ร้อยละ 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักของน้ำ ส่งผลให้มอร์ต้าร์มีกำลังอัดลดลงจากตัวอย่างมอร์ต้าร์ที่ไม่ได้ผสมน้ำยางข้นที่กำลังอัด 266.8 กก/ตร.ซม เป็น 181.1, 56.9 และ 22.0 กก/ตร.ซม ที่ อายุ 28 วัน หรือคิดเป็นร้อยละ 67.9, 21.3 และ 8.3 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ไม่สามารถลุล่วงได้ หากไม่ได้รับการสนับสนุนที่ดีจาก ห้องปฏิบัติการคอนกรีต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านวัสดุวิจัยและเครื่องมือทดสอบ นายอัครพล ธรรมศรีและนายเพิ่มพล ทองพิทักษ์ นักศึกษาสาขาวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่ช่วยเหลือด้านการเก็บข้อมูลงานวิจัย และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในส่วนงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

พิศักดิ์ จิตวิริยะวศิน. (2017). **ทางหลวงชนบทหนุนใชยางพารามาเป็นส่วนผสมในโครงการก่อสร้างและซอมบำรุงถนน**. สืบค้นจาก http://ww.komchadluek.net/news/economic/289233

รัตนา จีนกลาง. (2558). **สวนยางพารา 22 ล้านไร่ ปลูก-ขายแบบเดิม ๆ ไม่ได้แลว**. สืบค้นจาก http://www.prachachat.net/news_detail.php?newsid=1423541541.

สิทธิชัย ศิริพันธุ์ และคณะ. (2548). **คอนกรีตผสมน้ำยางพารา**. สืบค้นจาก http://www.rubber.oie.go.th.

SATOR4U_TEAM. (2015). **วิกฤตน้ำยางพารา**. สืบค้นจาก http://www.satorau.com/paer/1911.

American Society for Testing and Materials. (2016). **ASTM C109/C109M-16a Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)**. ASTM International, West Conshohocken, PA.

American Society for Testing and Materials. (2016). **ASTM C187-16 Standard Test Method for Amount of Water Required for Normal Consistency of Hydraulic Cement Paste**. ASTM International, West Conshohocken, PA.

American Society for Testing and Materials (2018). **ASTM C191-18 Standard Test Methods for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle**. ASTM International, West Conshohocken, PA.

American Society for Testing and Materials. (2002). **ASTM C230/C230M-14 Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement**. ASTM International, West Conshohocken, PA.

ประสิทธิภาพในการต้านทานแรงแผ่นดินไหวของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก หลังจากการซ่อมแซมโดยวิธีหุ้มเสาด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก

เจษฎาพร ศรีภักดี[1*] รัฐพล เกติยศ[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กหลังจากการซ่อมแซม โดยเริ่มจากการทดสอบ เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่ได้มาตรฐานของการรับแรงแผ่นดินไหวจนเสียหายภายใต้แรงวัฏจักร โดยเสาที่ใช้ในการทดลองมีขนาดหน้าตัด 200 มิลลิเมตร X 200 มิลลิเมตร และมีค่าอัตราส่วนเหล็กเสริมต่อพื้นที่หน้าตัดเสาเท่ากับ 0.0113 (4-DB12) และทำการหุ้มเสาเพื่อซ่อมแซมด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 400 มิลลิเมตร X 400 มิลลิเมตร บริเวณตำแหน่งที่เสียหาย โดยเหล็กปลอกที่ใช้ในคอนกรีตหุ้มเสาจะเป็นไปตามมาตรฐาน มยผ. 1301-54 จากนั้นนำเสาที่ซ่อมแซมแล้วไปทดสอบอีกครั้งภายใต้แรงกระทำที่เท่ากัน และนำผลการทดลองที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเสาเดิม พบว่าเสาที่ซ่อมแซมนั้นสามารถกำลังได้สูงขึ้น แต่มีการสลายพลังงานได้น้อยกว่าเพราะว่าเสามีค่าความแข็งเกร็งใกล้เคียงศูนย์เมื่อมีค่าอัตราการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์สูงขึ้น

คำสำคัญ: วิธีการหุ้มเสาด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก แรงวัฏจักร การซ่อมแซมเสา

[1]*สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่*
e-mail: jedsadaporn@rmutl.ac.th
[2]*สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงราย*
e-mail: rattapon.ste7@rmutl.ac.th
** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:* jedsadaporn@rmutl.ac.th

SEISMIC PERFORMANCE OF REPAIRED REINFORCED CONCRETE COLUMN USING CONCRETE JACKETING METHOD

Jedsadaporn Sureepakdee[1*] Ruttapol Ketiyos[2]

Abstract

In this research, an experimental investigation was conducted to evaluate the seismic performance of a repaired reinforced concrete column. First, a seismic substandard reinforced concrete column was tested to failure under lateral cyclic loading. The cross section of the column was 200 millimeter x 200 millimeter and the longitudinal reinforcement ratios was 0.0113 (4- DB12). Then, concrete jacketing method with the cross section 400 millimeter x 400 millimeter was used for repairing the concrete column at the damaged zone. Transverse reinforcement in the jacketing column was arranged according to DPT 1301-54 seismic design code. Next, the repaired column was retested again under the same loading. The test result showed that, compared with the original column, the maximum strength of the repairing column was higher. However, energy dissipation was lower because the pinching effect was observed at the high level of drift ratio.

Keywords: Concrete jacketing method Cyclic loading Column Repair

[1]*Department of Industrial Education and Technology, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai,e-mail:* jedsadaporn@rmutl.ac.th

[2]*Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Rai,e-mail: rattapon.ste7@rmutl.ac.th*

**Corresponding author, e-mail:* jedsadaporn@rmutl.ac.th

บทนำ

บ้านพักอาศัยโดยทั่วไปนั้นจะมีขนาดของเสาโครงสร้างขนาด 200 มิลลิเมตร X 200 มิลลิเมตร โดยไม่ได้ทำการออกแบบโครงสร้างมาเพื่อต้านทานแรงแผ่นดินไหวตาม ACI318-14 (American Concrete Institute, 2014) และ ACI352R-02 (American Concrete Institute, 2002) และได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว มยผ.1301-54 (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2554) ดังนั้น เมื่อเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวบ้านพักอาศัยเสาของบ้านพักอาศัยจะเกิดความเสียหายได้ จากเหตุการณ์แผ่นดินไหว 6.3 ริกเตอร์ เมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2557 มีจุดศูนย์กลางที่ อ.แม่ลาว จ.เชียงราย จากเหตุการณ์ครั้งนี้มีพื้นที่ประสบภัยพิบัติ รวมทั้งสิ้น 7 อำเภอ 50 ตำบล 609 หมู่บ้าน บ้านเรือนเสียหายรวมทั้งสิ้น 8,935 หลัง ประมาณการความเสียหายรวมทั้งสิ้น 781,415,042 บาท(สำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหว (2557))ซึ่งส่งผลกระทบสร้างความเสียหายทำให้โครงสร้างอาคารบ้านเรือนได้รับความเสียหายเป็นจำนวนมาก ระดับความเสียหายต่อโครงสร้างในพื้นที่มีทั้งหมด 4 ระดับ (อมร, ภาณุวัฒน์, 2557) ซึ่งความเสียหายระดับที่ 1 และ 2 สามารถซ่อมแซมได้ดังนั้นจึงมีการซ่อมแซมโครงสร้าง โดยจะมีการซ่อมแซมในส่วนของเสาคอนกรีตเป็นหลัก ซึ่งวิธีการซ่อมเสามีอยู่หลายวิธีและวิธีที่ใช้ในพื้นที่คือ การหุ้มเสาด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก (Jacketing) ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของอาคารบ้านเรือนหลังการซ่อมแซมจึงจะต้องมีการตรวจสอบหาความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวของเสาคอนกรีตหลังการซ่อมแซมเพื่อที่จะเตรียมพร้อมรับมือกับเหตุการณ์แผ่นดินไหวในอนาคต ดังนั้นโครงงานวิจัยนี้จะมาจำลองตัวอย่างความเสียหายของโครงสร้างเสาและทำการซ่อมแซม ตามรูปแบบในพื้นที่จริงตามที่กำหนด แล้วนำตัวอย่างมาทดสอบแรงกระทำจากแผ่นดินไหวด้วยวิธีแรงวัฏจักร ตาม ACI T1.1-01(American Concrete Institute (2001))เพื่อประเมินความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวของเสาคอนกรีตหลังการซ่อมแซม จากการศึกษาของ สรินทร (2559) พบว่า ค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาตัวอย่างที่ได้รับความเสียหายจากการบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัดและได้รับการซ่อมแซมรอยแตกร้าวด้วยปูนทรายชนิดไม่หดตัวและทำการเสริมกำลังด้วยเฟอร์โรซีเมนต์ มีค่ากำลังรับแรงอัดและความเหนียวที่เพิ่มขึ้นเทียบกับเสาเดิม นอกจากนี้ S. M. Mourad & M. J. Shannag (2012) ได้ซ่อมแซมเสาสี่เหลี่ยมจตุรัสโดยใช้เฟอร์โรซีเมนต์และลวดตาข่าย พบว่าเสาที่ได้รับการซ่อมแซมมีค่ากำลังรับแรงอัดไม่ต่างจากเดิมแต่มีความเหนียวมากกว่าเสาเดิม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้เพื่อหาค่าประสิทธิภาพในการต้านทานแรงแผ่นดินไหวของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กหลังการซ่อมแซมด้วยการหุ้มเสาด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก (Concrete Jacketing) และเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมที่ไม่ได้ทำการออกแบบเพื่อต้านทานแรงแผ่นดินไหว โดยการทดสอบประสิทธิภาพจะเป็นการให้แรงกระทำด้านข้างแบบวัฏจักรสลับทิศ โดยพิจารณา พฤติกรรมการวนซ้ำ กำลังสูงสุด ความเหนียว การเสื่อมถอยของความแข็งเกร็ง และการวิบัติ

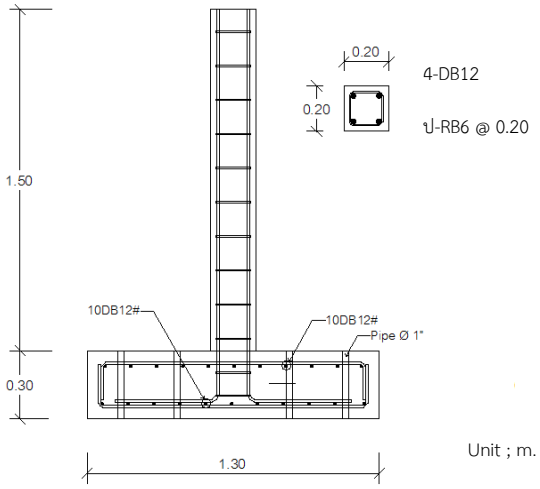
วิธีดำเนินการวิจัย

1. ตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้ในงานวิจัยจะประกอบไปด้วยเสาคอนกรีตเสริมเหล็กก่อนการซ่อมแซม และ เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหลังการซ่อมแซมโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 เสาคอนกรีตเสริมเหล็กก่อนการซ่อมแซม OC

เสาคอนกรีตเสริมเหล็กก่อนการซ่อมแซม OC ขนาด 200 มิลลิเมตร×200 มิลลิเมตร สูง 1.50 เมตร เสริมเหล็กข้ออ้อย DB12 มิลลิเมตร จำนวน 4 เส้น เหล็กปลอก RB6 มิลลิเมตร @ 200 มิลลิเมตร ในกรณีที่ไม่ได้เสริมกำลังเสา โดยใช้กำลังอัดคอนกรีต 210 กก./ตร.ซม. โดยมีรูปแบบดังภาพที่ 1



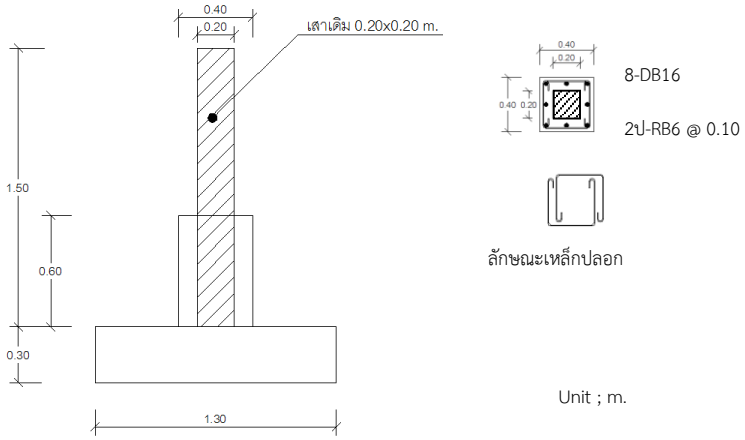
ภาพที่ 1 เสาคอนกรีตเสริมเหล็กก่อนการซ่อมแซม

1.2 เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหลังการซ่อมแซม RC

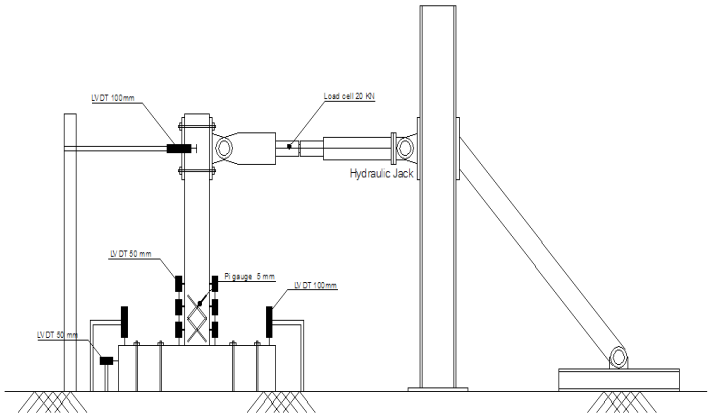
เมื่อทำการทดสอบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก OC จนวิบัติแล้ว จะนำเสามาซ่อมแซมโดยใช้คอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 400 มิลลิเมตร x 400 มิลลิเมตร เสริมเหล็กข้ออ้อย 8- DB16 มิลลิเมตร จำนวน 4 เส้น เหล็กปลอก 2ป- RB6 มิลลิเมตร @ 100 มิลลิเมตร โดยหุ้มตำแหน่งที่เสียหาย สูง 600 มิลลิเมตร จากฐาน ดังภาพที่ 2

1.3 การติดตั้งตัวอย่างทดสอบ

ในการติดตั้งตัวอย่างทดสอบแสดงในภาพที่ 3 และ ภาพที่ 4 โดยการนำฐานของตัวอย่างทดสอบมาวางไว้ในตำแหน่งที่ต้องการของเครื่องทดสอบแรงกระทำด้านข้างแบบวัฏจักรสลับทิศ และยึดติดกับพื้นห้องปฏิบัติการให้แข็งแรง และในการทดสอบนั้นจะทำการให้แรงด้านข้างจากเครื่องให้แรง โดยที่ระดับความสูงจากฐานถึงตำแหน่งที่ให้แรงมีระยะเท่ากับ 1.35 ม.



ภาพที่ 2 เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหลังการซ่อมแซม



ภาพที่ 3 รูปแบบการติดตั้งการทดสอบ

ภาพที่ 4 การติดตั้งตัวอย่างทดสอบในห้องปฏิบัติการ

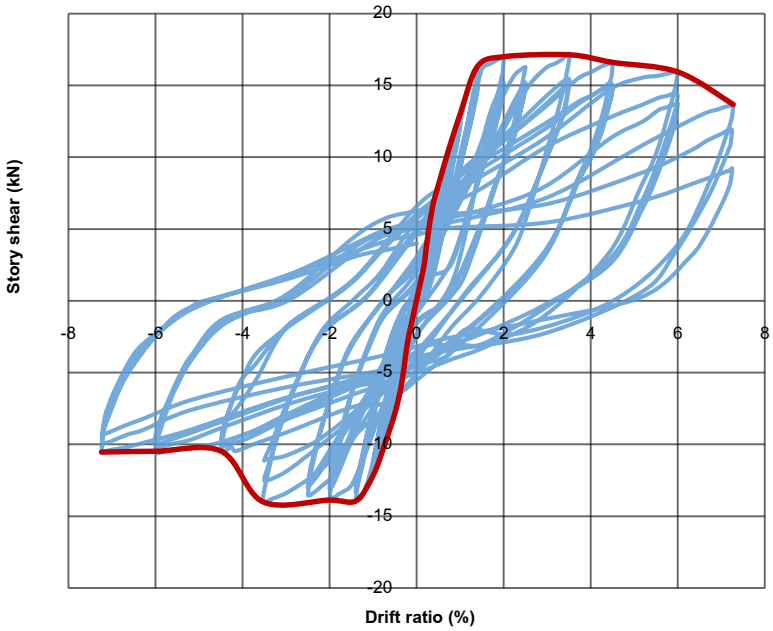
ผลการวิจัย

1. พฤติกรรมการวนซ้ำ

1.1 เสาคอนกรีตเสริมเหล็กก่อนการซ่อมแซม

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำทางด้านข้างกับระยะการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ของตัวอย่างเสาคอนกรีตก่อนทำการซ่อมแซมดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งจะเห็นว่าวงรอบของเส้นกราฟมีลักษณะที่เสถียรภาพจนสิ้นสุดการทดสอบ โดยมีค่าแรงกระทำทางด้านข้างสูงสุดเท่ากับ 17.13 kN ที่ระยะการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์เท่ากับ 3.51% และ -13.93 kN ที่ระยะการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์เท่ากับ -1.40% เมื่อทำการทดสอบให้แรงกระทำต่อไป กำลังรับน้ำหนักจะลดลงจนถึงระดับระยะการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ที่ 7.27%

จะเห็นว่าตัวอย่างทดสอบมีพฤติกรรมแบบยืดหยุ่น (Elastic) ถึงช่วงระยะการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์± 1.40% และหลังจากนั้นเส้นกราฟวนรอบจะมีลักษณะที่กว้างแสดงให้เห็นว่ามีการสลายพลังงานที่ดี



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ของเสาก่อนการซ่อมแซม

1.2 ตัวอย่างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กหลังการซ่อมแซม

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำทางด้านข้างกับระยะการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ของตัวอย่างเสาคอนกรีตก่อนทำการซ่อมแซมดังภาพที่ 6 ซึ่งจะเห็นว่าวงรอบของเส้นกราฟมีลักษณะที่เสถียรภาพจนสิ้นสุดการทดสอบ โดยมีค่าแรงกระทำทางด้านข้างสูงสุดเท่ากับ 18.33 kN ที่ระยะการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์เท่ากับ 0.74% และ -16.33kNที่ระยะการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์เท่ากับ -2.00% เมื่อทำการทดสอบให้แรงกระทำต่อไป กำลังรับน้ำหนักจะลดลงจนถึงระดับระยะการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ที่ 4.52% เห็นได้ว่าโครงสร้างที่ซ่อมแซมนั้นจะเริ่มการเสียหายที่ ช่วงระยะการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ ±0.50% ซึ่งมีการเสียหายที่เร็วกว่าโครงสร้างก่อนการซ่อมแซม

ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ของเสาหลังการซ่อมแซม

2. กำลังสูงสุดและค่าความเหนียว

จากการทดสอบทำให้ได้ค่ากำลังสูงสุดและค่าความเหนียวของเสาทั้ง 2 รูปแบบดังแสดงในตารางที่ 1 เห็นได้ว่าเสาคอนกรีตเสริมเหล็กหลังการซ่อมแซมให้ค่ากำลังสูงสุดและความเหนียวมากกว่าเสาคอนกรีตเสริมเหล็กก่อนการซ่อมแซม

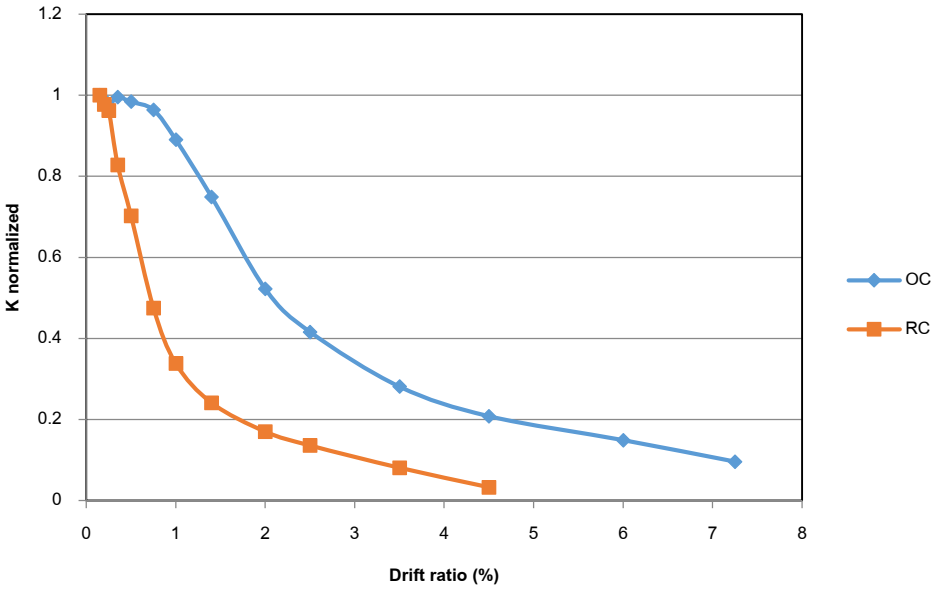
ตารางที่ 1 ค่ากำลังสูงสุดและค่าความเหนียวของตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่าง	กำลังสูงสุด (กิโลนิวตัน)	ตำแหน่งวิบัติ [i] (เมตร)	ค่าความเหนียว
เสา OC	17.13	1.20	5.31
เสา RC	18.20	0.50	7.84

[i] ตำแหน่งวิบัติวัดจากจุดให้แรง

3. การเสื่อมถอยของความแข็งเกร็ง

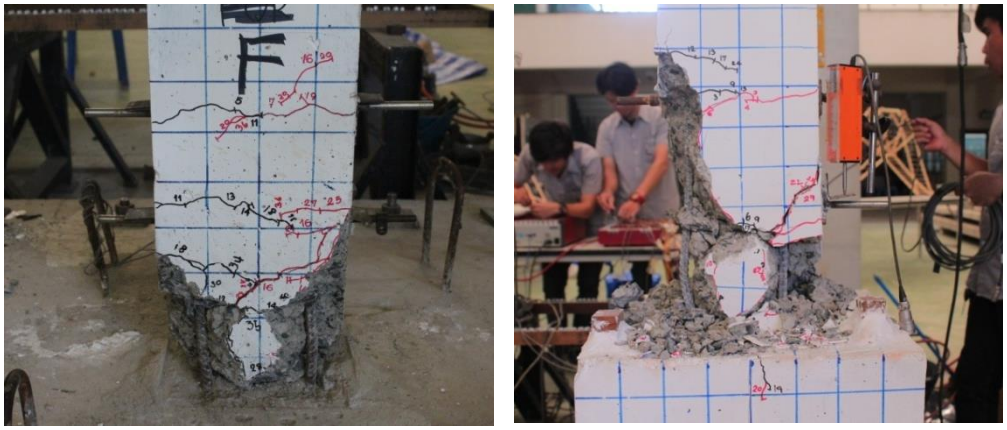
อัตราการเสื่อมลดความแข็งเกร็งกับการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ของตัวอย่างเสาทั้ง 2 ตัวอย่างจากภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่าในแต่ละรอบการทดสอบการค่าความแข็งเกร็งจะลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากเริ่มมีรอยร้าวและการหลุดร่อนของคอนกรีตโดยแนวโน้มของการลดลงของค่าความแข็งเกร็งใกล้เคียงกันและยังสังเกตได้อีกว่าตัวอย่างเสาหลังการซ่อมแซม มีการลดลงของความแข็งเกร็งที่เร็วกว่าตัวอย่างเสาก่อนการซ่อมแซม เนื่องจากเสามีค่าความแข็งเกร็งใกล้เคียงศูนย์เมื่อมีค่าอัตราการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์สูงมากกว่า 5%



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์การเสื่อมลดความแข็งเกร็งอัตราเคลื่อนตัวสัมพัทธ์

4. การวิบัติ

การวิบัติของเสาทั้ง 2 ตัวอย่างมีลักษณะการวิบัติที่ใกล้เคียงกันคือคอนกรีตบริเวณที่เสียหายถูกบดอัดจนคอนกรีตกะเทาะหลุดออกมา จนสามารถเห็นเหล็กเสริมหลักและเหล็กปลอกภายในเสาคอนกรีต ซึ่งทำให้เห็นถึงพฤติกรรมที่เสียหายเนื่องจากแรงดัดที่มากระทำกับเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก แต่เสาคอนกรีตเสริมเหล็กก่อนการซ่อมแซมเสียหายบริเวณโคนเสา ส่วนเสาคอนกรีตเสริมเหล็กหลังการซ่อมแซมเสียหายบริเวณรอยต่อระหว่างตำแหน่งที่ซ่อมแซมและเสาเดิม ดังภาพที่ 8



(a) เสา OC (b) เสา RC

ภาพที่ 8 ลักษณะความเสียหายของตัวอย่างเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดสอบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กก่อนและหลังการซ่อมแซมพบว่า เมื่อซ่อมแซมเสาโดยวิธีหุ้มด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กนั้น เสาสามารถให้ค่ากำลังสูงสุดและความเหนียวที่สูงกว่าเสาคอนกรีตเสริมเหล็กก่อนการซ่อมแซม แต่เสาที่ซ่อมแซมจะมีการเริ่มต้นการเสียหายที่เร็วกว่าและมีการสลายพลังงานที่น้อยกว่า เนื่องจากเสามีค่าความแข็งเกร็งใกล้เคียงศูนย์เมื่อมีค่าอัตราการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์สูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าการซ่อมแซมเสาโดยวิธีหุ้มด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กนั้นสามารถนำมาใช้ในการซ่อมแซมเสาที่เสียหายได้แต่เสาไม่ควรเสียหายในระดับที่มากเกินไปเพราะเสาที่ซ่อมแซมมีการสลายพลังงานที่ไม่ดี

เอกสารอ้างอิง

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2554). **มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว**. (มยผ.1301-54).

สำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหว. (2557). **รายงานการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณจังหวัดเชียงราย** วันที่ 5 พฤษภาคม 2557 เวลา 18.08 น. เอกสารวิชาการ เลขที่ 550.341-01-2557:กรมอุตุนิยมวิทยา.

สรินทร แก้วฟัก. (2559). **พฤติกรรมของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเสริมกำลังโดยการหุ้มด้วยเฟอร์โรซีเมนต์**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อมร พิมานมาศ, ภาณุวัฒน์ จ้อยกลัด. (2557). **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กต้านแผ่นดินไหวขั้นสูง**. กรุงเทพฯ: ซีวิลเอ็นจิเนียริ่งคอนซัลแตนท์แอนด์ เทรนนิ่ง.

American Concrete Institute. (2001). **Acceptance Criteria for Moment Frame Based on Structural Testing** (ACI T1.1-01).

American Concrete Institute. (2002). **Recommendations for Design of Beam Column Connection in Monolithic Reinforced Concrete Structures** (ACI 352R-02).

American Concrete Institute. (2014). **Building Code Requirements for Structural Concrete** (ACI 318-14) and Commentary.

S. M. Mourad, M. J. Shannag. (2012). Repair and strengthening of reinforced concrete square columns using ferrocement jackets. **Cement and Concrete Composites**. Volume 34, Issue 2, February 2012, Pages 288-294.

การควบคุมการหมุนของมอเตอร์กระแสสลับด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อสร้างการเคลื่อนที่ของสมุนไพรในงานออกแบบและพัฒนาเครื่องอบพร้อมบดสมุนไพรควบคุมโดยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

ณมน วรธนานุวงศ์[1*]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาปัจจัยของสภาวะในการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์กระแสสลับ การหมุนนี้จะเป็นการสร้างการเคลื่อนที่ของสมุนไพรในการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบพร้อมบดสมุนไพรควบคุมโดยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ การควบคุมมอเตอร์กระแสสลับที่ส่วนใหญ่เป็นมอเตอร์กำลังสูงทำให้เคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วจะเกิดการตัดขาดและบดสมุนไพร หากสมุนไพรมีความชื้นสูงจะส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อใบมีดและคุณภาพของสมุนไพรลดลง เกิดความเสียหายต่อสมุนไพรได้ นอกจากนี้ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการทำให้สมุนไพรเกิดการเคลื่อนที่จะทำให้เกิดการกระจายความชื้นในการอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 40-80 องศาเซลเซียส ตามประเภทของพืชสมุนไพร การควบคุมมอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส ให้สามารถกระจายความชื้นได้พร้อมกับทำการบดจะสูญเสียพลังงานต่ำกว่าการเพิ่มชุดสร้างลมร้อน โดยกระบวนการอบแห้ง 2 ขั้นตอน 1) การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมมอเตอร์กระแสสลับ 2) ขั้นตอนการพาความร้อนของด้วยฮีสเตอร์จากการเคลื่อนที่ด้วยมอเตอร์ให้สมุนไพรกระจายการแผ่รังสีความร้อนในกระบวนการอบแห้ง ผลทดลองพบว่า การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสสลับให้เกิดการหมุนเพื่อกระจายความสามารถควบคุมระดับกระแสให้มอเตอร์เกิดการทำงานได้ 1,000 ระดับ โดยการควบคุมนี้กระแสจะสัมพันธ์กับช่วงของเวลาแบ่งการทำงานของมอเตอร์จากเส้นใต้กราฟของกระแสสลับ เพื่อให้เกิดพื้นที่ในกราฟเท่ากันเมื่อเข้าใกล้จุดศูนย์ช่วงเวลาของกราฟจะมีช่วงเวลากว้างขึ้น โดยการควบคุมนี้จะแบ่งจากรอบกระแสที่ป้อนให้เกิดการหมุนของมอเตอร์อย่างเดียวมีอัตราการอบแห้ง การแพร่ความร้อนยังผลสูงที่สุด เริ่มกระแสจากเฟส 0 ถึงช่วงเวลาหนึ่งจะทำการตัดเพื่อนำไปใช้งาน สรุปได้ว่าการให้ช่วงเวลาที่เหมาะสมแก่มอเตอร์กระแสสลับให้ทำงานที่ช่วงเวลาหนึ่งสร้างการเคลื่อนที่ให้กับสมุนไพรทำให้เกิดการแพร่กระจายความร้อนได้ดีกว่าการให้ความร้อนแบบคงที่

คำสำคัญ: การอบแห้ง ลมร้อน มอเตอร์กระแสสลับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ บดสมุนไพร

[1] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี *e-mail:emailit62@gmail.com*

CONTROLLING A SINGLE PHASE AC MOTOR ROTATION WITH A MICROCONTROLLER IN THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF THE MICROCONTROLLER-BASED HERB MILLING MACHINE

Namon Vorathnanuwong[1*]

Abstract

The objective of this research was to study the conditions of a single phase AC motor rotation control by using a microcontroller in order to design and develop the herb milling machine. Typically, AC motor control relies on high-speed motor that can achieve high speed movement to cut and grind herbs. Herbs with high moisture may damage blade and deteriorate herb quality. Besides, the experimental results showed that the movement of herbs induced moisture diffusion through drying at 40-80 degrees, according to the type of herbs. A single phase AC motor rotation could be controlled, resulting in moisture diffusion while grinding requires lower energy compared to the addition of hot air generator. 2-phase drying process used in this study consisted of 1. AC motor control using a microcontroller and 2. The process of heat convection using a heater. Through the motor’s function, herb heat were diffused in drying process. The experimental result showed that a microcontroller could be used to control and rotate AC motor for achieving 1,000-level capacity. For this control, the current was proportional to time range of the motor functions from the line below the graph of AC to achieve the same area in the graph; when it was closer to zero, the time interval of the graph was wider. This control system was divided from the feed cycle, resulting in rotation of the motor only, with a drying rate and maximum thermal diffusivity. The function started from current phase 0 and would cut-off when reaching a certain period of time. In sum, the appropriate time for AC motor control to work at a certain time could move herbs, resulting in higher thermal diffusivity than static heating.

Keywords: Drying, Hot air, AC motor, Microcontroller, Herb grinding

[1] Industrial Technology *Thepsatri Rajabhat University* Lop Buri *e-mail:emailit62@gmail.com*

บทนำ

ปัจจุบันการลดต้นทุนมีความสำคัญพอ ๆ กับคุณภาพที่ได้เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ประกอบการในการเลือกใช้ และ ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับกระบวนการผลิต โดยยังคงรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ได้นาน (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ สากีนา ลาแมปะ และยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล, 2540) ลดการสูญเสียคุณภาพพืชสมุนไพรที่มีความสำคัญทั้ง การนำไปใช้เป็นการรักษาโรค การใช้เพื่อปรุงอาหาร หรือใช้ในเครื่องสำอาง เครื่องอบพลังงานต่าง ๆ จึงเข้ามามีบทบาทหน้าที่เช่น การอบแห้งโดยใช้ คลื่นไมโครเวฟเป็นเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจ (Sharma *et al*., 2005) ผลกระทบของอุณหภูมิ (Soponronnarit *et al*., 2005) การอบแห้งแบบฟลูอิไดเซชัน (Tirawanichakul, 2004) เทคนิคการใช้สตรีมความร้อนจากฮีสเตอร์ (Soponronnarit *et al*., 2005) การอบแห้งแบบความดันต่ำกว่าบรรยากาศ การอบแห้งด้วย ลมร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Bala & Janjai, 2009) การเร่งกระบวนการอบแห้งด้วยสนามไฟฟ้า (Tirawanichakul, *et al*., 2007) การอบแห้งด้วยรังสีใต้แดง (Tirawanichakul *et al*., 2008) การอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ (Tulasidas *et al*., 1995) หรือการอบแห้งด้วยความร้อนจากชีวมวลแทนการใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว ทั้งเพื่อคุณภาพและการเก็บรักษา อย่างไรก็ดีพืชสมุนไพรหลายชนิดเมื่อทำการอบแห้งจำเป็นต้องนำมาบด เมื่อเกิดการเคลื่อนย้ายสมุนไพร ระหว่างการเคลื่อนย้ายบางสถานที่อาจเกิดความชื้นจากการเคลื่อนย้ายสมุนไพรที่ไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้น จึงมีแนวความคิดสร้างเครื่องอบพร้อมบดสมุนไพรเพื่อลดการปนเปื้อนในสมุนไพรระหว่างการบด การอบพร้อมบดสามารถทำได้ง่ายหากเพิ่มชุดการทำงานไว้ในหม้อเดียวกันแต่ต้นทุนการผลิตจะสูงขึ้นเท่าตัว กระบวนการอบแห้งนั้นสามารถทำได้โดยใช้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส แทนการเพิ่มมอเตอร์เพื่อสร้างลมร้อน จะมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำกว่ากรณีเพิ่มชุดการทำงานแยกระหว่างการอบด้วยชุดลมร้อนแล้วบด ความเร็วลมเพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการคืนตัว (สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล, 2555) ด้วยเหตุนี้การใช้แหล่งพลังงานความร้อนจากรังสีใต้แดงร่วมกับลมร้อนจึงมีความเหมาะสมสำหรับการ อบแห้งผลิตภัณฑ์อาหาร

ในกรณีการสร้างเครื่องอบพร้อมบดสมุนไพร ทำนายจลนพลศาสตร์ของการหมุนของมอเตอร์เพื่อสร้างการอบแห้งภายใต้มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส (Ba-thunya, Rahul, Kixin, Toliyat, 2001) ด้วยวิธีการจัดพื้นที่ใต้กราฟของมอเตอร์กระแสสลับทำให้การจ่ายกระแสในคาบเวลาที่ไม่เท่ากันตามการขึ้นของกราฟให้เครื่องอบพร้อมบดสมุนไพรควบคุมโดยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์สร้างความสามารถในการควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่รอบใบพัดของมอเตอร์ได้ 1,000 ระดับ

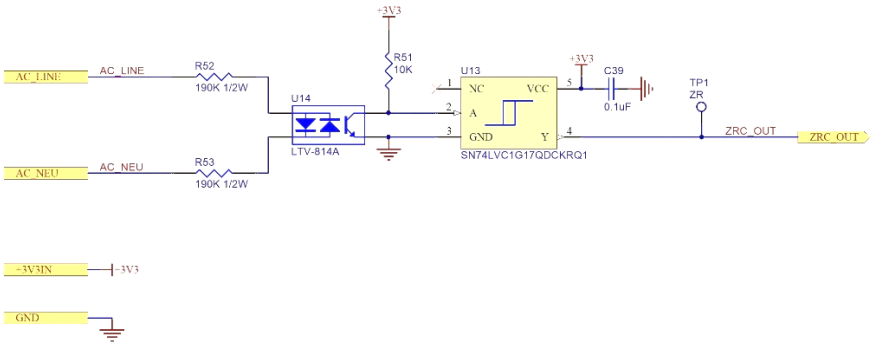
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อให้เกิดการอบแห้งที่มีประสิทธิภาพ ลดการเพิ่มชุดควบคุมโดยการใช้การโปรแกรมการควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้มอเตอร์เกิดการทำงานในช่วงเวลาหนึ่งเพื่อสร้างการเคลื่อนที่ของสมุนไพร
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการควบคุมมอเตอร์กระแสสลับแบบ 1 เฟส โดยควบคุมจากการป้อนแรงดันให้มอเตอร์ โดยแบ่งคลื่นแรงดันให้ได้พื้นที่เท่ากันตั้งแต่ช่วงแรก

วิธีดำเนินการวิจัย

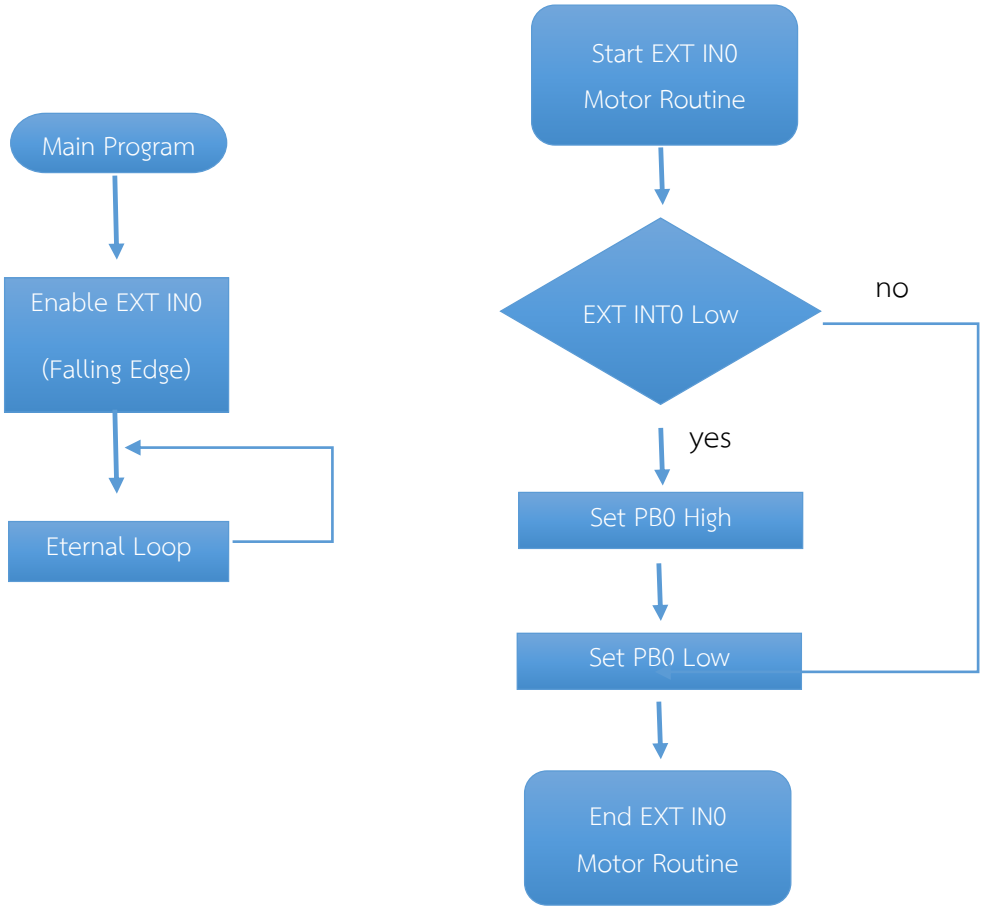
จากการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบพร้อมบดสมุนไพรควบคุมโดยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนของการควบคุมการอบเป็นการควบคุมการหมุนของมอเตอร์เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของสมุนไพร

1. ใช้มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส 1,800 วัตต์เพื่อสามารถใช้งานได้ในเวลาบดสมุนไพรให้ละเอียด
2. จากกำลังมอเตอร์ทำให้การอบไม่สามารถทำได้เนื่องจากสมุนไพรจะถูกบดก่อนที่อุณหภูมิความร้อนจะถึง จึงทำการปรับความถี่โดยใช้กฎอัตราส่วนต่อความถี่มีค่าคงที่เพื่อการพัฒนาสมรรถนะของแรงบิดที่ย่าน ความถี่ต่ำ (Sharma, Verma, & Pathare, 2005) การประหยัดพลังงานในมอเตอร์เหนี่ยวนำอยู่ในรูปแบบของเทคนิคการควบคุมการทำงาน ของชุดขับเคลื่อนเพื่อให้ได้จุดที่เหมาะสมที่ทำให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพสูงสุดหรือมีกำลังงานการ สูญเสียน้อยที่สุด
3. โดยวิธีการควบคุมแรงดันมอเตอร์ตามหลักการ Zero Crossings สำหรับจ่ายแรงดันให้มอเตอร์เหนี่ยวนำที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เทคนิคดังกล่าวคือ การควบคุม ความถี่ของโรเตอร์ (perturbing rotor frequency control) และการควบคุมอัตราส่วนระหว่าง แรงดันกับความถี่ (V/f control) โดยนำเสนอผลในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ของประสิทธิภาพกับ เปอร์เซ็นต์ของความเร็ว โดยค่าประสิทธิภาพจะอยู่ในรูปของฟังก์ชันของค่าสลิป ค่าความถี่ และค่าแรงดันของแหล่งจ่าย

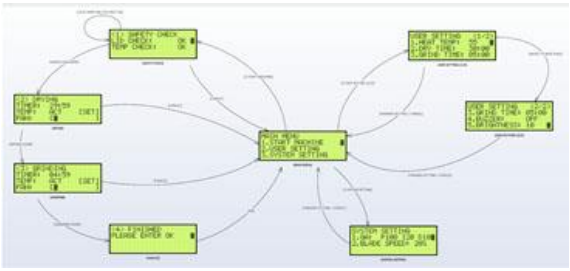


ภาพที่ 1 วงจร Zero Crossings สำหรับจ่ายแรงดันให้มอเตอร์

4. กำหนดลักษณะการควบคุมมอเตอร์เพื่อออกแบบ LED ในการเคลื่อนที่สมุนไพรเพื่อให้อุณหภูมิในการอบพร้อมบดสมุนไพร

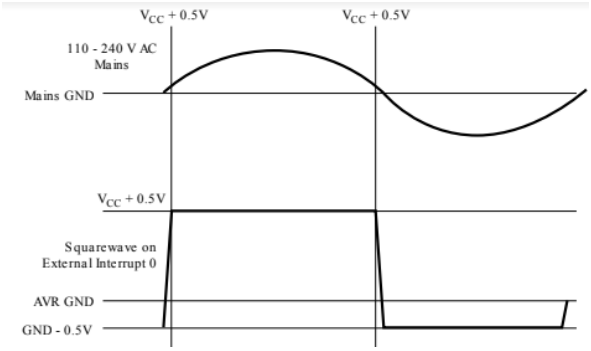


ภาพที่ 2 Flowchart ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์

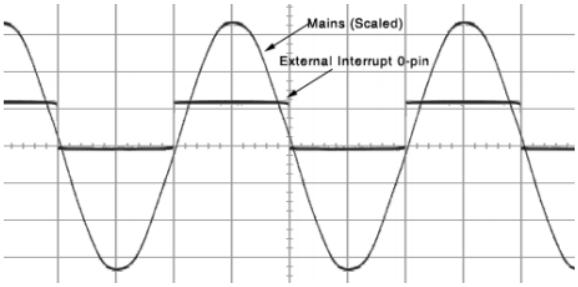


ภาพที่ 3 รูปแบบการออกแบบ LED ส่วนการควบคุมโดยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

5. ทำการปรับค่าแรงดันโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) ปรับมุมจุดชนวน (firing delay angle) ของไตรแอก การปิดการใช้งานเมื่อมีการตรวจจับแรงดันที่ข้ามศูนย์จะปิดกั้น เนื่องจากแรงดันมีการเข้าใกล้ศูนย์มากเกินไป ความแม่นยำที่เพิ่มขึ้นซึ่งการตรวจจับด้วย zero-crossing ให้เลือกค่าจาก Maximum order หน้าต่าง Solver ของกล่องโต้ตอบพารามิเตอร์การกำหนดค่า



ภาพที่ 4 การตรวจจับสัญญาณคลื่นเพื่อเริ่มการทำงานมอเตอร์



ภาพที่ 5 การตรวจจับสัญญาณว่าเงื่อนไขถูกต้องในการเริ่มการทำงานหรือไม่

6. ทำการออกแบบการควบคุมด้วยสมการที่แสดงนี้ จะปรับเกณฑ์การข้ามศูนย์ เพื่อเพิ่มความถูกต้องและทำให้การทำงานของมอเตอร์เท่า ๆ กันทุกช่วง จะมีตัวเลือกในการระบุช่วงเวลาที่ยอมรับได้และเกณฑ์สัญญาณ จากภาพที่ 1 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมควบคุมภายใต้เงื่อนไขสมการ

t = เวลาเส้นใต้กราฟ

A = พื้นที่ที่มอเตอร์ทำงานที่เส้นใต้กราฟ

f1 = ความถี่รอบมอเตอร์ทำงาน

Restart

$$f1 = t \rightarrow A.\sin(2.Pi.f.t)$$

$$\int_{a}^{\frac{1}{2,f}} f1(t)dt = area$$

$$\frac{A(\cos(2\pi fa) + 1)}{2\pi f} = area$$

Solve for a

$$\left[a = -\frac{-\pi + \cos^{-1}\left(\frac{-2area\pi f + A}{A}\right)}{2\pi f}\right]$$

เพื่อที่ให้ได้คาบเวลาแรกจึงจำเป็นต้องหาโดย

$$t_{FireDelay} = area \rightarrow -\frac{-\pi + \cos^{-1}\left(\frac{-2area\pi f + A}{A}\right)}{2\pi f}$$

$$fullArea = \int_0^{\frac{1}{2f}} f1(t)dt$$

$$fullArea = \frac{A}{\pi f}$$

$$solve(fullAera = maxRes, A)$$

$$\pi f maxRes = 1000$$

$$A = solve(fullAera = maxRes, A)$$

$$A = 1000\pi f$$

$$f = 50$$

$t_{FireDelay^{(aera)}}$

$$-\frac{-\pi + \cos^{-1}\left(\frac{-100\pi area + 50000A}{50000\pi}\right)}{100\pi}$$

$$evalf\left[\int_0^{\frac{1}{2f}} f1(t)dt\right] = 1000$$

การตรวจจับสัญญาณของสมการนี้ขึ้นอยู่กับการสร้างสัญญาณในรูปแบบ Zero Crossings สำหรับการป้องกันความอิ่มตัวสัญญาณ การตรวจจับสัญญาณเป็นศูนย์ที่ตัดกราฟเงื่อนไขตามคาบเวลาที่ต้องการทำงาน การทำงานนี้มอเตอร์จะทำงานในช่วงเวลาหนึ่งก่อนจะหยุดการทำงาน

ผลการวิจัย

การทดลองเพื่อให้เห็นได้ชัดจึงทำการปรับการควบคุมมอเตอร์เป็น 10 ระดับเป็นการแสดงพื้นที่ใต้กราฟ ทำงานจะเช็คที่เฟสศูนย์องศา ซึ่งค่าของกระแสเริ่มทำงานจะต่ำที่สุด ซึ่งเป็นผลดีกับ Load ทำงานในช่วงหลังเช็คศูนย์ที่ตัดกราฟเงื่อนไข

ภาพที่ 6 แสดงการหาเส้นแรงดันที่ 0 ที่เข้ามาเพื่อหาช่วงเวลาในการทำงานของมอเตอร์

ภาพที่ 7 จากการแบ่งเส้นศูนย์ที่เข้ามาในช่วงแรกสมการจะหาพื้นที่ช่วงเวลาในการทำงานของมอเตอร์ระยะที่ 2

จากภาพที่ 6-7 แสดงถึงการควบคุมมอเตอร์ให้ทำงานในระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งในการทดลองจริงเป็นส่วนหนึ่งของการแบ่งพื้นที่ใต้กราฟที่ 1,000 ส่วน ทำการจำลองและเก็บค่าที่ 10 ค่าเพื่อให้กราฟครบช่วงลูกคลื่น จากการดำเนินการวิจัย การเขียนโปรแกรมตามสมการเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสสลับ การควบคุมการทำงานจะเกิดการกระจายตัวของความร้อนกับสมุนไพรให้เกิดการอบและไล่ความชื้น

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลทดลองพบว่าการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) เพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์กระแสสลับให้เกิดการกระจายตัวสามารถควบคุมระดับกระแสให้มอเตอร์เกิดการทำงานได้ 1,000 ระดับ โดยการควบคุมแรงดันจะสัมพันธ์กับช่วงของเวลาดังกราฟการทดลอง ตารางการทดลองเป็นการกำหนดให้มอเตอร์ทำงานที่ 18% แบ่งการทำงานของมอเตอร์ต้องหาจุดที่จะเกิดการแบ่งกราฟจากเส้นใต้กราฟของกระแสสลับ เพื่อให้เกิดพื้นที่ในกราฟเท่ากันเมื่อเข้าใกล้จุดศูนย์ช่วงเวลาของกราฟจะมีช่วงเวลากว้างขึ้น โดยทำงานที่ 25 ms แล้วหยุดการทำงาน 1 ms ทำให้เครื่องอบพร้อมบดสมุนไพรควบคุมโดยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์(microcontroller) ความสามารถในการควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่รอบใบพัดของ

มอเตอร์ได้ 1000 ระดับ โดยการควบคุมนี้จะแบ่งจากการหมุนของมอเตอร์อย่างเดียวมีอัตราการอบแห้งและค่าสัมประสิทธิ์ การแพร่ความร้อนยังผลสูงที่สุด ในกรณีการสร้างเครื่องอบพร้อมบดสมุนไพร ทำนายจลนพลศาสตร์ของการหมุนของมอเตอร์เพื่อสร้างการอบแห้งภายใต้มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส ด้วยวิธีการจัดพื้นที่ใต้กราฟของมอเตอร์กระแสสลับทำให้การจ่ายกระแสในคาบเวลาที่ไม่เท่ากันตามการขึ้นของกราฟเริ่มกระแสจากเฟส 0 ถึงช่วงเวลาหนึ่งจะทำการตัดเพื่อนำไปใช้งาน สรุปได้ว่า การให้ช่วงเวลาที่เหมาะสมแก่มอเตอร์กระแสสลับให้ทำงานที่ช่วงเวลาหนึ่ง สร้างการเคลื่อนที่ให้กับสมุนไพรทำให้เกิดการแพร่กระจายความร้อนได้ดีกว่าการให้ความร้อนแบบคงที่

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานตามสมการเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสสลับ

	Input			ตั้งค่าการทำงานของมอเตอร์	
t	Δt (ms)	1/Δt (Hz)	ΔV (V)	ร้อยละการทำงาน	เวลาจริง (ms)
0	2.500	400	22	18	25
1	3.400	294	27.2	18	25
2	4.100	243.9	29.6	18	25
3	4.900	204.1	30.0	18	25
4	5.500	181.8	30.0	18	25
5	6.100	163.9	29.2	18	25
6	6.800	147.1	26.4	18	25
7	7.600	131.6	22.6	18	25
8	8.500	117.6	16.0	18	25
9	10.00	100.0	0.8	18	25

ข้อเสนอแนะ

เครื่องอบพร้อมบดสมุนไพรควบคุมโดยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์สร้างความสามารถในการควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่รอบใบพัดของมอเตอร์ได้ 1000 ระดับ ซึ่งบางครั้งอาจเพียงพอต่อการควบคุมการทำงานในการอบสมุนไพรต้องใช้ความละเอียดในการควบคุมเพราะสมุนไพรมีความชื้นที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

การแสดงผลในการเก็บข้อมูลค่อนข้างยากเพราะความแตกต่างที่ 1000 ระดับ กราฟจะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ แขนงวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี สถานที่และเครื่องมือเพื่อใช้ในการทำการ ทดลอง คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ วช ที่มีส่วนสนับสนุนทุนวิจัย การทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. (2540). **การอบแห้งเมล็ดธัญพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 5. คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี. 338 หน้า.

สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล, สากีนา ลาแมปะ และยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล. (2555). **การอบแห้งขนุนด้วยพลังงานความร้อนร่วมของรังสีอินฟราเรด/ไมโครเวฟ และลมร้อน**.

Bala, B. K. & Janjai, S. (2009). **Solar drying of fruits, vegetables, spices, medicinal plants and fish: Developments and Potentials**. International Solar Food Processing Conference 2009, 1-24.

Nuthong, P., Achariyaviriya, A., Namsanguan, K. & Achariyaviriya, S. (2011). Kinetics and modeling of whole longan with combined infrared and hot air. **Journal of Food Engineering**, 102, 233-239.

Sharma, G. P. & Suresh, P. (2005). Optimization of process parameters for microwave drying of garlic cloves. **Journal of Food Engineering**. 75, 441-446.

Sharma, G. P., Verma, R. C. & Pathare, P. B. (2005). Thin-layer infrared radiation drying of onion slices. **Journal of Food Engineering**. 67, 361-366.

Soponronnarit, S., Nathakaranakule, A., Jirajindalert, A. & Taechapairoj, C. (2005). Parboiling brown rice using super heated steam fluidization technique. **Journal of Food Engineering**, 75, 423-432.

Tirawanichakul, S. (2004). **Influence of fluidized-bed drying temperature on chemical and physical properties of paddy, PhD**. Dissertation, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, Thailand, 127 pages.

Tirawanichakul, S., Tasara, J. & Tirawanicahkul, Y. (2007). Thermo-physical properties and effect of electrical field on drying process of paddy. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, May (Suppl 2), 325-333.

Tirawanichakul, S., Na Phatthalung, W. & Tirawanichakul. Y. (2008). Drying strategy of shrimp using hot air convection and hybrid infrared radiation and hot air convection. **Walailak Journal of Science and Technology**. 55, 77-100.

Tulasidas, T. N., Raghavan, G.S.V. & Mujumdar, A.S. (1995). Microwave drying of grapes in a single mode at 2450 MHz-II and energy aspect. **Drying Technology**. 13, 1973-1992.

A. S. Ba-thunya, K. Rahul, W. Kixin, H. A. Toliyat, (2001). **Single-phase Induction Motor Drives-A Literature Survey**. IEEE International Electric Machines and Drives Conference. June 17 - 20, 2001, pp.911 - 916.

Varith, J., Dijkanarukkul, P., Achariyaviriya, A. & Achariyaviriya, S. (2007). Combined microwave-hot air drying of peeled longan. **Journal of Food Engineering**. 81, 459-466.

บทความวิจัยภาคโปสเตอร์
(Poster Presentation)
กลุ่ม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี นวัตกรรมและวิศวกรรม

การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา ครั้งที่ 9
“วิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคม”
วันที่ 18-19 ตุลาคม 2561
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

การพัฒนาตัวแบบวิเคราะห์การเพิ่มผลผลิต สำหรับฟาร์มปลูกพืชไร้ดินอัจฉริยะ โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก

การณ์ไกล สุนทร[1*] ธนา สุขวารี[2] กฤษณะ ธรรมวิมล[3]

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์เป็นที่นิยมและได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการปลูกแบบ NFT แม้ว่าจะมีระบบปลูกที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน แต่ผลผลิตที่ได้กลับแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ เนื่องจากการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเติบโตของพืช ยังไม่แม่นยำมากพอที่จะสามารถควบคุมผลผลิตให้ได้ตามความต้องการ บทความนี้ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเติบโตของพืช โดยนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง เข้ามาช่วยในการรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการเติบโตของผักกรีนโอ๊ค เพื่อพัฒนาตัวแบบวิเคราะห์การเพิ่มผลผลิต สำหรับไฮโดรโปนิกส์ฟาร์มอัจฉริยะ โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก จากการทดลองปลูกผักกรีนโอ๊คบนระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT อัตราส่วนแสงสีน้ำเงิน (430-460 nm) แสงสีแดง (630-660 nm) ที่แตกต่างกัน 2 สูตร คือ 50:50, 75:25 และนำวิธีการเรียนรู้ของเครื่องจักรมาประยุกต์ใช้ในการประมวลผลวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบกับข้อมูล และพยากรณ์ความน่าจะเป็นของค่าที่ใช้ในการเพาะปลูกล่วงหน้า เพื่อพัฒนาตัวแบบวิเคราะห์ที่จะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการหาค่าที่แม่นยำตอบโจทย์การเพิ่มผลผลิตที่ดีขึ้น โดยได้รับความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิจัยพบว่า ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกบนความยาวคลื่นแสงสูตร 2 ความสูงเพิ่มขึ้น 16 % ความกว้างทรงพุ่มเพิ่มขึ้น 14 % ตัวแบบวิเคราะห์มีความแม่นยำ 89.7 %

คำสำคัญ: ไฮโดรโปนิกส์ ข้อมูลขนาดใหญ่ การเรียนรู้เชิงลึก อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง ไมโครคอนโทรลเลอร์

[1] *นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม จังหวัดกรุงเทพ e-mail:* boss.reebok@gmail.com

[2] *คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม จังหวัดกรุงเทพ e-mail: sukvaree@gmail.com*

[3] *ผู้ก่อตั้ง บริษัท อ็อกซิเจน อินเทลลิเจนท์ จำกัด จังหวัดเชียงใหม่ e-mail: krisana.t@gmail.com*

* *ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:* boss.reebok@gmail.com

DEVELOPMENT OF PRODUCTIVITY IMPROVEMENT ANALYTICAL MODEL FOR SMART HYDROPONICS FARM USING DEEP LEARNING TECHNIQUE

Karnkrai Soonthorn[1*] Thana Sukvaree[2] Krisana Tamvimol[3]

Abstract

Nowadays, hydroponics is popular for vegetable production especially Nutrient Film Technique (NFT) system. This system works with the same standard but output produce varies from area to area because of the control factors which still not accurate enough to be able to control that affect growth of plants The objectives of this study the factors that affect the growth of plants. By bringing Internet of thing To Assist in collecting data from experiment to grow vegetables green oak. To develop analytical models to improve productivity. For smart hydroponics farm. Using deep Learning technique. On the Planting of NFT Hydroponic System. The ratio of blue light (430-460 nm) red light (630-660 nm) for different formula 2 is 50:50, 75:25 and theoretical deep learning. The application of spatial analysis processing in comparison with the data. And predict the probability of a value used in cultivation in advance. To develop analytical models that can be optimized to find the precise value. Our goal is to increase the productivity improved. By the cooperation of experts. The research found that: Vegetable green oak grown on the wavelength of light, the formula 2 increase 16% width increase 14% the analytical model accuracy 89.7 %

Keywords: Hydroponics, Big Data, Deep Learning, Internet of Things, Microcontroller.

[1] *Student in Master of Science Program in Information Technology, Sripatum University, e-mail:* boss.reebok@gmail.com

[2] *Head of Department of Computer Science, School of Information Technology, Sripatum University e-mail: sukvaree@gmail.com*

[3] *CEO, Oxygen Intelligent Co.,Ltd., chiangmai, e-mail: krisana.t@gmail.com*

** Corresponding author, e-mail:* boss.reebok@gmail.com

บทนำ

การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ยังคงดำเนินกิจกรรมในรูปแบบดั้งเดิมตลอดหลายปีที่ผ่านมา โดยการใช้ปัจจัยที่มีผลต่อการเติบโตจากธรรมชาติในการควบคุมการผลิต ทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่ตรงตามความต้องการยุคสมัยที่เปลี่ยนไปประกอบกับการพัฒนาประเทศอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ปริมาณความต้องการอาหารเพิ่มสูงขึ้น ทุกวันนี้เทคโนโลยีต่าง ๆ ได้เข้ามามีบทบาทในการพัฒนารูปแบบของการปลูกผัก ให้ได้ประสิทธิภาพและความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ทางผู้วิจัยจึงได้ศึกษาพัฒนาตัวแบบวิเคราะห์การเพิ่มผลผลิต สำหรับไฮโดรโปนิกส์ฟาร์มอัจฉริยะ โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก ด้วยการนำเทคโนโลยี IoT ติดตั้งบนระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ที่ควบคุมปัจจัยในการเติบโตทั้งหมดในระบบปิด ซึ่งคาดหวังว่าระบบจะสามารถช่วยวิเคราะห์ติดตามและวางแผนการเพาะปลูกเพื่อให้กระบวนการผลิตเป็นไปอย่างมีระบบรวดเร็ว สามารถคาดการณ์ผลผลิตและผลตอบแทนจากข้อมูลบนฐานข้อมูลออนไลน์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และมีประสิทธิภาพเพื่อแก้ไขปัญหาได้อย่างตรงจุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

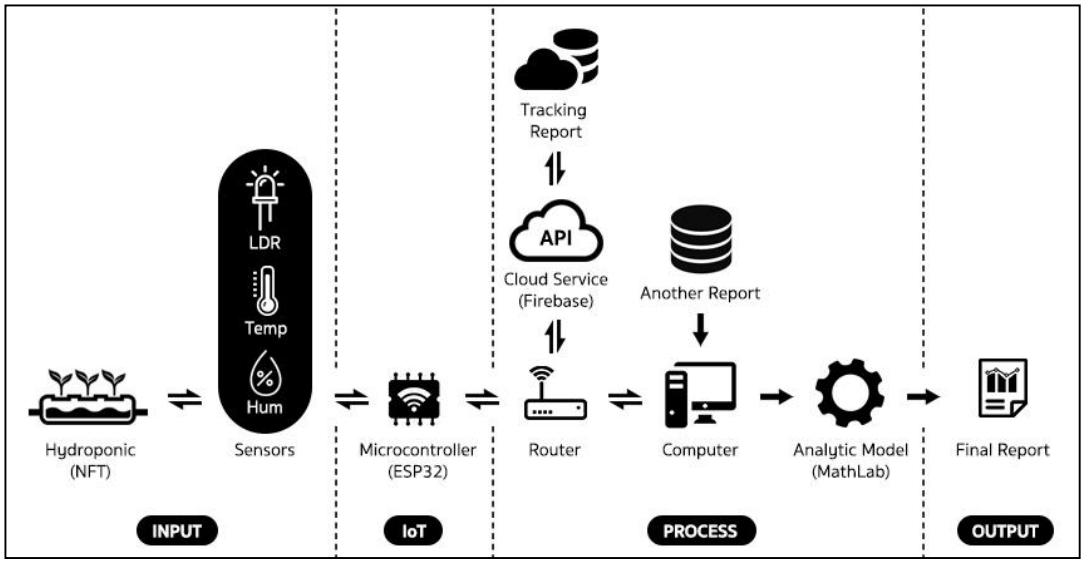
1. เพื่อพัฒนาตัวแบบวิเคราะห์การเพิ่มผลผลิต สำหรับไฮโดรโปนิกส์ฟาร์มอัจฉริยะ โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์ โดยใช้เทคโนโลยี IoT และ Big Data

วิธีดำเนินการวิจัย

จากการวิเคราะห์และออกแบบตัวแบบวิเคราะห์การเพิ่มผลผลิต สำหรับไฮโดรโปนิกส์ฟาร์มอัจฉริยะ โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก ระบบแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้ (ดังภาพที่ 1)

1. Input ทำหน้าที่เก็บข้อมูลจากเซนเซอร์แสง อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป บนระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยวิธี NFT
2. IoT ทำหน้าที่ 2 ส่วนด้วยกัน ส่วนแรกทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์เซ็นเซอร์ให้ทำงานตามคำสั่งของผู้ใช้งาน และส่วนที่ 2 ทำหน้าที่ในการส่งผ่านข้อมูลเข้าสู่ระบบเครือข่าย โดยอาศัยการรับส่งข้อมูลผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (ESP32) ที่ทำหน้าติดต่อกับระบบเครือข่าย คลาวด์เซิฟเวอร์ และเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
3. Process หลังจากที่มีการเก็บข้อมูลบนฐานข้อมูลออนไลน์ (Firebase) โดยมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่าย (Router) เป็นศูนย์กลางการเชื่อมต่อระหว่าง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32, คลาวด์เซิฟเวอร์, และคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน การเรียกใช้ชุดข้อมูลจากคลาวด์เซิฟเวอร์จะใช้ Firebase ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูล และมีการเชื่อมต่อข้อมูลแบบ Real time กับทุกอุปกรณ์เซนเซอร์ หลังจากนั้นข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาประมวลผล กับชุดข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Analytic Model)

4. Output ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก ที่จะตอบโจทย์ในเรื่องของการเพิ่มผลผลิต มีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด



ภาพที่ 1 แนวคิดโดยรวมของระบบ

การอธิบายการออกแบบโครงสร้างตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยลักษณะของงานจะเป็นการส่งผ่านข้อมูลผ่านทางระบบเครือข่าย และผ่านทางหน้าเว็บที่ให้บริการฐานข้อมูลออนไลน์โดยมีรายละเอียด ดังนี้ (ดังภาพที่ 2)

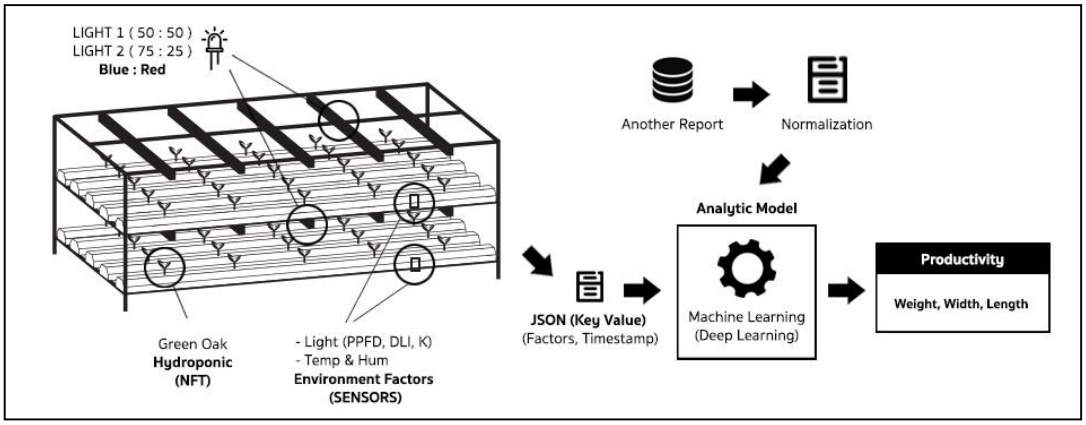
1. ส่วนของการเก็บบันทึกค่าต่าง ๆ ในระบบปลูกไฮโดรโปนิกส์ เริ่มจากการปลูกผักกรีนโอ๊คในแปลงปลูกด้วยวิธี NFT ปลูกบนอัตราส่วนสเปกตรัมสีน้ำเงินและสีแดงที่แตกต่างกัน 2 สูตรโดยในงานวิจัยจะมีตัวแปรต้น คือ ค่า PPFD, ค่า DLI, ค่าความอุ่นแสง, อัตราส่วนสเปกตรัมสีน้ำเงินและสีแดง 2 สูตร และตัวแปรควบคุม คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าความเข้มข้นของธาตุอาหาร อุปกรณ์ IoT ที่ติดตั้งในแปลงผัก จะทำการบันทึกข้อมูลเก็บค่าพารามิเตอร์ทุก ๆ 10 นาที ตลอดระยะเวลาการเพาะปลูกเป็นเวลา 28 วัน โดยเก็บข้อมูลเหล่านี้เข้าสู่ฐานข้อมูลออนไลน์

2. ข้อมูลจะถูกส่งมาในรูปแบบของ JSON โครงสร้างลักษณะที่ไม่ซับซ้อน (Key Value) ในทุก ๆ 1 Key จะมีการเก็บข้อมูล ค่า PPFD, ค่า DLI, ค่าความอุ่นแสง, อัตราส่วนสเปกตรัมสีน้ำเงินและสีแดง 2 สูตร, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์ และเวลา (Timestamp) กำกับ เพื่อแยกตามช่วงเวลาที่จัดเก็บข้อมูลจากแปลงผัก

3. ส่วนของฐานข้อมูลเดิม (Another Report) เนื่องจากชุดข้อมูลที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ มีโครงสร้างข้อมูลที่แตกต่างกับข้อมูลในการทดลอง จึงจะต้องผ่านการจัดรูปแบบให้เป็นในลักษณะเดียวกันกับข้อมูลที่เก็บในข้อ 2 เพื่อนำไปใช้เปรียบเทียบความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลที่เกิดขึ้นในการวิจัย

4. นำข้อมูลมาเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ชุด ที่เกิดจากการทดลอง ผลทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของผลผลิตโดยข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบประกอบไปด้วย ข้อมูลที่จัดเก็บจากการปลูกผักกรีนโอ๊คบนอัตราส่วนสเปกตรัมสีน้ำเงินและสีแดงที่แตกต่างกัน 2 สูตร จากระบบไฮโดรโปนิกส์ที่ติดตั้งขึ้น

5. ผลของการเปรียบเทียบเกิดจากการนำชุดข้อมูลทั้ง 2 ชุด เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ซึ่งเป็นหนึ่งในอัลกอริทึมที่ใช้ในการหาคำตอบของการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) การทำให้เครื่องเรียนรู้ได้จากข้อมูลตัวอย่าง หรือจากสภาพแวดล้อม จุดมุ่งหมายคือการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของตัวแบบวิเคราะห์ เพื่อให้ทราบถึงค่าที่แม่นยำที่ใช้ในการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ให้ตอบโจทย์การเพิ่มผลผลิตที่ดีขึ้น



ภาพที่ 2 สถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture)

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวแปรอิสระ คือ ความยาวคลื่นแสงช่วง 430-460 นาโนเมตร (แสงสีน้ำเงิน) และความยาวคลื่นแสงช่วง 630-660 นาโนเมตร (แสงสีแดง), ค่าPPFD, ค่าDLI, ค่าความอุ่นแสง (K)

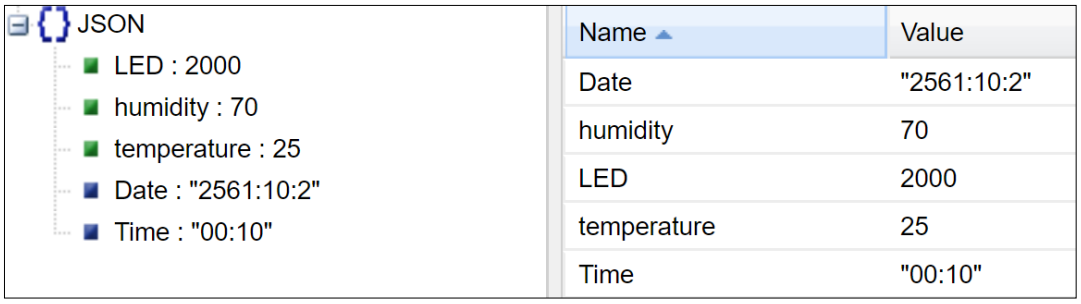
2. ตัวแปรตาม คือ ความกว้างทรงพุ่ม และความสูงของต้นผัก

3. ตัวแปรควบคุม คือ อุณหภูมิ (Temp) ความชื้นสัมพัทธ์ (rH) ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำ (pH) ค่าความเข้มข้นของสารละลาย (EC) และชนิดของผัก

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

เพาะเมล็ดผักกรีนโอ๊ค ในฟองน้ำขนาด 3*3 เซนติเมตร ที่กรีดตรงกลางลึก 1 เซนติเมตร นำฟองน้ำมาแช่ในกระบะพลาสติกขนาด 60*60*10 เซนติเมตร (กว้าง*ยาว*สูง) ที่บรรจุน้ำกลั่นประมาณ 5 ลิตร เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายต้นกล้ามาเพาะในระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ (NFT) ขนาด 120*300*90 เซนติเมตร (กว้าง*ยาว*สูง) ทั้งหมดจำนวน 96 ต้น แบ่งชั้นละ48 ต้น แต่ละชั้นสูง 60 เซนติเมตร แต่ละช่องปลูกห่างกัน 25 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับผัก 20 เซนติเมตรจำนวน 2 ชั้น บนความยาวคลื่นแสง 2 สูตร คือ ความยาวคลื่นแสงช่วง 430 - 460 นาโนเมตร(แสงสีน้ำเงิน) และความยาวคลื่นแสงช่วง 630 - 660 นาโนเมตร (แสงสีแดง) ในอัตราส่วน 50 : 50 และ 75 : 25 โดยใช้ค่าที่คาดว่าจะสามารถเพิ่มผลผลิตของผักที่ดีขึ้นได้ คือ ค่าความหนาแน่นของโฟตอน (PPFD) 150 μmol/m2/d ค่าความอุ่นแสง 5000 K และค่าของแสงที่พืชได้รับต่อวัน (DLI) 15 μmol/m2/s ตัวแปรควบคุม 3 ตัวแปร คือ อุณหภูมิ 23-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50 -60 % ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำที่ใช้ 5.5 และค่าความเข้มข้นของสารละลาย 1.8 mS/cm อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลในระบบ (IoT) ทำหน้าที่ 2 ส่วนด้วยกัน ส่วนแรกทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์เซ็นเซอร์ให้ทำงานตามคำสั่งของผู้ใช้งาน คือ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (DHT22), เซ็นเซอร์วัดแสงแอลดีอาร์ (LDR) และ

ส่วนที่ 2 ทำหน้าที่ในการส่งผ่านข้อมูลเข้าสู่ระบบเครือข่ายโดยอาศัยการรับส่งข้อมูลผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (ESP32) ที่ทำหน้าติดต่อกับระบบเครือข่าย คลาวด์เซิฟเวอร์ และเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล (ดังภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ตัวอย่างค่าสถานะต่าง ๆ ที่ถูกเก็บมาจากเซ็นเซอร์ตามช่วงเวลาที่กำหนด

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทดสอบการทำงานของระบบเก็บข้อมูล ผ่านระบบเครือข่ายจากเซนเซอร์ทุก ๆ 10 นาที ตลอดระยะเวลาการเพาะปลูกผักกรีนโอ๊ค บนระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ (NFT) ประกอบด้วยข้อมูลอุณหภูมิ (Temp), ความชื้นสัมพัทธ์ (rH), ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำ (pH) และค่าความเข้มข้นของสารละลาย (EC) ซึ่งทำการทดสอบระหว่างวันที่ 1 - 28 มิถุนายน 2561 ข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาเปลี่ยนรูปข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการนำไปวิเคราะห์ข้อมูล โดยผลลัพธ์ใน 1 วัน จะได้ข้อมูลทั้งหมด 144 เรคคอร์ด เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว (28 วัน) ใน 1 สูตร (อัตราส่วนที่แตกต่างกัน) จะได้ข้อมูลทั้งหมด 4,032 เรคคอร์ด (ดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ตัวอย่างชุดข้อมูลการเติบโตของผักกรีนโอ๊ค ที่ปลูกบนความยาวคลื่นแสงสีน้ำเงินและสีแดงในอัตราส่วน 50:50 เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

ช่วงเวลา (นาที)	อุณหภูมิ (Temp)	ความชื้น (rH)	กรด-ด่าง (pH)	ค่าความเข้มข้น (EC)	ความสูงต้น (CM)	ความกว้างทรงพุ่ม (CM)
00:10	25	50%	5.5	1.8	11	20
00:20	25	50%	5.5	1.8	11	20
00:30	25	50%	5.5	1.8	11	20
00:40	25	50%	5.5	1.8	11	20
00:50	25	50%	5.5	1.8	11	20
00:60	25	50%	5.5	1.8	11	20
01:00	25	50%	5.5	1.8	11	20
01:10	25	50%	5.5	1.8	11	20

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ช่วงเวลา (นาที)	อุณหภูมิ (Temp)	ความชื้น (rH)	กรด-ด่าง (pH)	ค่าความเข้มข้น (EC)	ความสูงต้น (CM)	ความกว้างทรงพุ่ม (CM)
01:20	25	50%	5.5	1.8	11	20
01:30	25	50%	5.5	1.8	11	20
01:40	25	50%	5.5	1.8	11	20
01:50	25	50%	5.5	1.8	11	20
01:60	25	50%	5.5	1.8	11	20
02:00	25	50%	5.5	1.8	11	20
02:10	26	49%	5.5	1.8	11	20
02:20	26	49%	5.5	1.8	11	20
02:30	26	49%	5.5	1.8	11	20
02:40	26	49%	5.5	1.8	11	20
02:50	26	49%	5.5	1.8	11	20
02:60	26	49%	5.5	1.8	11	20
03:00	26	49%	5.5	1.8	11	20

จากการทดลองปลูกผักกรีนโอ๊คในระบบปิด ระยะเวลา 28 วัน ในระบบปลูกไฮโดรโปนิกส์ (NFT) ที่เปรียบเทียบกันระหว่างแสงสีน้ำเงินและสีแดง ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 2 สูตรโดยจะเปรียบเทียบทั้งหมด 2 ข้อ คือ 1) ความสูงต้น 2) ความกว้างทรงพุ่ม (ดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ข้อมูลเปรียบเทียบการเติบโตของผักกรีนโอคที่ปลูกบนความเขมแสงที่แตกตางกัน ในแตละชวงเวลา

วันหลังเพาะเมล็ด	ความสูงต้น (Length)		ความกว้างทรงพุ่ม (Width)	
	สูตร 1 (50:50)	สูตร 2 (75:25)	สูตร 1 (50:50)	สูตร 2 (75:25)
7	2	2	2	2
14	6	7	6	6
21	8	9	10	11
28	11	11	20	21

ความสูงของต้น

เมื่อต้นมีอายุ 7 และ 28 วันหลังเพาะเมล็ด พบว่าความสูงต้นของผักกรีนโอ๊ค ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ที่อายุ 14 และ 21 วันหลังเพาะเมล็ด พบว่า ต้นที่ปลูกบนความยาวคลื่นแสงที่อัตราส่วน 75:25 มีความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 7 และ 9 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับต้นที่ปลูกบนความยาวคลื่นแสงสูตร 1

ความกว้างทรงพุ่ม

เมื่อต้นมีอายุ 7 และ 14 วันหลังเพาะเมล็ด พบว่าความกว้างทรงพุ่มของผักกรีนโอ๊ค ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ที่อายุ 21 และ 28 วันหลังเพาะเมล็ด พบว่า ต้นที่ปลูกบนความยาวคลื่นแสงที่อัตราส่วน 75:25 มีความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 11 และ 21 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับต้นที่ปลูกบนความยาวคลื่นแสงสูตร 1

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากจุดประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองออกแบบและพัฒนาตัวแบบวิเคราะห์การเพิ่มผลผลิต สำหรับไฮโดรโปนิกส์ฟาร์มอัจฉริยะ โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก โดยผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลผ่านเทคโนโลยี IoT บนระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ (NFT) ติดตั้งในระบบปิด

ผลการวิจัยวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ตัวแบบวิเคราะห์มีความแม่นยำ 89.7 % ค่าที่ได้จากเซนเซอร์มีความถูกต้องแม่นยำ 95 % เนื่องจากอุปกรณ์เซนเซอร์ที่นำมาทดลองมีค่าความขาดเคลื่อนอยู่ที่ 5 %

ผลการวิจัยวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 นำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการหาคำตอบที่ตอบโจทย์ในเรื่องของการเพิ่มผลผลิต 2 รูปแบบด้วยกัน โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญบนความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกัน พบว่า ความยาวคลื่นแสงสูตร 2 ที่อัตราส่วน 75:25 สามารถเพิ่มผลผลิตได้ดีกว่าสูตร 1 โดยมีความสูงต้นและความกว้างทรงพุ่มที่เพิ่มมากขึ้น ในระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่เท่ากัน 28 วัน ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกบนความยาวคลื่นแสงสูตร 2 ความสูงเพิ่มขึ้น 16 % ความกว้างทรงพุ่มเพิ่มขึ้น 14 %

ข้อเสนอแนะ

1. ความแม่นยำของตัวแบบวิเคราะห์ ขึ้นอยู่กับปริมาณข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า ยิ่งข้อมูลมีปริมาณมาก ค่าความคลาดเคลื่อนยิ่งลดน้อยลง
2. ผู้ที่สนใจสามารถนำแบบจำลองนี้ ไปพัฒนาเป็นแอพพลิเคชันสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์การเติบโตของผักกรีนโอ๊ค แทนการใช้ซอฟท์แวร์ต่าง ๆ ในงานวิจัยฉบับนี้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.ธนา สุขวารี และคุณกฤษณะ ธรรมวิมล ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ท่านได้สละเวลาในการให้คำปรึกษา คำแนะนำต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ทั้งยังคอยสนับสนุน และส่งเสริมในการจัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ พร้อมทั้งให้กำลังใจกับผู้วิจัยด้วยดีมาโดยตลอด และขอกราบขอบพระคุณท่านคณะกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ท่านศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ประณีตพลกรัง และคุณกฤษณะ ธรรมวิมล ที่ได้ให้คำแนะนำ และแนวทางการแก้ไขปรับปรุงต่าง ๆ จนเกิดความสมบูรณ์ของงานวิจัยมากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว ผู้เป็นที่เคารพรักยิ่ง ที่ให้การช่วยเหลือสนับสนุน พร้อมทั้งยังเป็นผู้ที่ให้กำลังใจด้วยดีเสมอ ทำให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คุณความดีและผลประโยชน์อันพึงมี จากการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทางผู้วิจัยขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัว และคณะครู อาจารย์ทุกท่าน ผู้ที่ให้ความรู้กับผู้วิจัยด้วยความเคารพยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

กฤษณะ ธรรมวิมล. (2561). **Plant Factory**. Oxygen Inteligent.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2558). **การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์” กรมส่งเสริมการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร.

ณรงค์ฤทธิ์ มโนมัยพิบูลย์. (2556). **“Big Data” is (now) all around Big Data. G-Able**. วันที่สืบค้น 8 ธันวาคม 2560. ที่มา https://www.g-able.com/digital-review/5-factors-of-successful-big-data

พีรศักดิ์ ฉายประสาท. (2557). การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics). **การฟื้นฟูและเยียวยาผู้ประสบอุทกภัยหลังน้ำลดด้วยงานวิจัย วช**. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ภารกิจโครงการและประสานงานวิจัย.

ฝ่ายวิทยาศาสตร์ชีวภาพ. (2559). **การปลูกพืชไร้ดิน**. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. วันที่สืบค้น 4 ธันวาคม 2560. ที่มาhttp://www.tistr.or.th/bsd/hydroponic.html

วิวัฒน์ มีสุวรรณ์. (2558). อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things). **วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม**. 4(2): 84-86.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2559). **จดหมายข่าว**. วันที่สืบค้น 1 ธันวาคม 2560. ที่มา https://www.nstda.or.th/th/all-newsletter

สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ. (2558). **ความจำเป็นในการเพิ่มผลผลิต การเพิ่มผลผลิต Productivity**. วันที่สืบค้น 26 เมษายน 2561. ที่มา http://www.tpa.or.th/writer

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2559). **สรุปผลการสำรวจ ภาวะการทำงานของประชากร**. วันที่สืบค้น 2 ธันวาคม 2560. ที่มา http://service.nso.go.th/nso/nsopublish

De Laat, Membrey. (2014). **6Vs of big data. Components of Big Data Analytics for Strategic Management of Enterprise Architecture**. วันที่สืบค้น 9 ธันวาคม 2560. ที่มา https://www.researchgate.net/figure/318338677_Figure-1-6V-s-of-big-data

Growlaboratory. (2560). **อย่าซื้อไฟปลูกต้นไม้เด็ดขาด ถ้ายังไม่เข้าใจค่าต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้ PAR, PPF, PPFD และ DLI**. วันที่สืบค้น 10 สิงหาคม 2561 ที่มา http://www.growlaboratory.com/th/blog/whatisppfd

Jump startinnovation. (2556). **ไมโครคอนโทรลเลอร์คืออะไร**. Technology for Agriculture Project วันที่สืบค้น 5 มกราคม 2561. ที่มา http://jumpstartinnovation.blogspot.com

Li Deng, Dong Yu. (2014). Deep Learning: Methods and Applications. Foundations and Trends in Signal Processing. **Now the essence of knowledge**. 7(3-4).

RS Components Co., Ltd. (2559). **อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things)**. วันที่สืบค้น 11 ธันวาคม 2560. ที่มา https://th.rs-online.com/web

Steps DSLR. (2560). **อุณภูมิสีของแสง**. วันที่สืบค้น 10 สิงหาคม 2561 ที่มา https://sites.google.com/site/stepsdslr/chapter7-night-scene/1-xun-phumi-si-khxng-saeng

Vithan Minaphinant. (2560). **Deep Learning คืออะไร**. วันที่สืบค้น 30 เมษายน 2561 ที่มา https://blog.finnomena.com/deep-learning

Wikipedia. (2560). **การเรียนรู้เชิงลึก. วิกิพีเดียสารานุกรมเสรี**. วันที่สืบค้น 10 ธันวาคม 2560 ที่มา https://th.wikipedia.org/wiki/การเรียนรู้เชิงลึก.

ลักษณะเฉพาะและการตอบสนองต่อปริมาณรังสีเบต้าของเกลือสมุทร

กนกวรรณ บุญศุข[1] ธนกร ทองพุ่ม[1] วีรนุช แก้ววิเศษ[2] กิตติศักดิ์ชัย แนมจันทร์[1*]

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้นำเกลือสมุทรจากจังหวัดชลบุรี เพชรบุรี และสมุทรสงคราม มาศึกษาโครงสร้างผลึกและธาตุองค์ประกอบด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction; XRD) และเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray fluorescence spectroscopy; XRF) ตามลำดับ และศึกษาการตอบสนองต่อรังสีเบต้าด้วยเทคนิคการวัดการเรืองแสงเชิงแสง (thermoluminescence and optically simulated luminescence reader; TL-OSL) จากผลการทดลองพบว่าผลึกของตัวอย่างเกลือเป็นเฟสเฮไลต์ที่มีโครงสร้างผลึกเป็นแบบลูกบาศก์ และมีองค์ประกอบของธาตุ โซเดียม (Na) และคลอรีน (Cl) เป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้พบว่า ตัวอย่างเกลือจากจังหวัดสมุทรสงครามมีโลหะหนักเจือปนมากกว่าตัวอย่างเกลือจากจังหวัดชลบุรี และเพชรบุรี จากนั้นเมื่อศึกษาการตอบสนองต่อรังสีเบต้าของผลึกเกลือ พบว่าตัวอย่างเกลือจากจังหวัดสมุทรสงครามมีการตอบสนองต่อปริมาณรังสีเบต้าได้ดีที่สุด จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างเกลือจากจังหวัดสมุทรสงครามสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนประกอบในอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีประจำตัวบุคคลชนิดการเรืองแสงเชิงแสง (thermoluminescence and optically simulated luminescence) ได้

คำสำคัญ: การตอบสนองต่อปริมาณรังสี เกลือสมุทร อุปกรณ์วัดปริมาณรังสีประจำตัวบุคคลชนิดการเรืองแสงเชิงแสง

[1] *ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร*

[2] *โครงการจัดตั้งภาควิชาฟิสิกส์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม*

* *ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:* puri_kit@hotmail.com

CHARACTERISTICS AND BETA DOSE RESPOND OF SEA SALT

Kanokwan BoonsooK[1] Thanakorn Thongpum[1] Weeranut Kaewwiset[2]
Kittisakchai Naemchanthara[1*]

Abstract

In this research, the sea salt which collected from Chonburi, Phetchaburi and Samut Songkhram provinces was investigated by X-ray diffraction (XRD), X-ray fluorescence spectroscopy (XRF) and thermoluminescence and optically stimulated luminescence reader (TL-OSL) for study the crystal structure, chemical compositions and beta dose respond, respectively. The results showed that the sea salt is halite phase with a cubic structure. Moreover, the sea salt consists of sodium (Na) and chlorine (Cl) which is the major compositions. Nevertheless, the sea salt from Samut Songkhram province has the heavy metal impurities higher than the other provinces. After beta irradiation, the sea salt from Samut Songkhram province has higher dose response than the others. All the results indicated that the sea salt from Samut Songkhram province could be applied as the material for the thermoluminescence and optically stimulated luminescence dosimeter.

Keywords: Dose respond, Optically stimulated luminescence dosimeter, Sea salt

[1] *Department of Physics, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi*
[2] *Department of Physics, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus*
** Corresponding author, e-mail:* puri_kit@hotmail.com

บทนำ

ในปัจจุบันการปฏิบัติงานทางด้านรังสี ผู้ที่ปฏิบัติงานจะต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญพิเศษหรือผ่านการอบรมทางด้านรังสีเท่านั้น ซึ่งผู้ปฏิบัติงานทางด้านรังสีก็ยังคงได้รับการปนเปื้อนจากรังสีอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัย และป้องกันผู้ปฏิบัติงานได้รับปริมาณรังสีเกินกว่าที่กฎหมายกำหนด จึงจำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี (dosimeter) เพื่อบ่งบอกถึงปริมาณรังสีที่ปนเปื้อนแก่ผู้ปฏิบัติงาน ปัจจุบันอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายนั้นเป็น อุปกรณ์วัดปริมาณรังสีด้วยเทคนิคการวัดการเรืองแสงเชิงแสง (optical stimulated luminescent dosimeter; OSL) (Faiz, 2010) ซึ่ง OSL นั้นถือว่าเป็นอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีที่มีความแม่นยำสูง โดยจะใช้หลักการของการเรืองแสงของผลึกเช่น โพแทสเซียมโบรไมด์ (KBr) โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) แต่โดยทั่วไปจะนิยมใช้อลูมิเนียมออกไซด์เจือคาร์บอน (Al_2O_3:C) เนื่องจากมีความไวทางการวัดสูงรวมถึงมีความแม่นยำในการตอบสนองต่อปริมาณรังสีในช่วงที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับอย่างปลอดภัย แต่อย่างไรก็ตามในกระบวนการสังเคราะห์ Al_2O_3:C ก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการเตรียมที่ค่อนข้างสูง ส่งผลให้กระบวนการสังเคราะห์ Al_2O_3:C ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร จึงทำให้มีหลายงานวิจัยได้ทำการศึกษาการเรืองแสงที่เกิดจากการฉายรังสีในตัวอย่างผลึกที่ได้จากธรรมชาติ เช่น เซรามิก น้ำตาล เป็นต้น (Pradhan, et al., 2008) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผลึกเกลือ ซึ่งเป็นผลึกธรรมชาติที่สามารถพบได้ทั่วไป มีความเป็นผลึกสูงอีกทั้งยังมีสมบัติการเรืองแสงที่ใกล้เคียงกับ Al_2O_3:C ประกอบกับภูมิประเทศของประเทศไทยเป็นพื้นที่ติดทะเล และเป็นแหล่งผลิตเกลือที่สำคัญของประเทศ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำเอาผลึกเกลือจากจังหวัดสมุทรสงคราม ชลบุรี และเพชรบุรี มาศึกษาลักษณะเฉพาะทางกายภาพ ธาตุองค์ประกอบและการตอบสนองต่อปริมาณรังสีของตัวอย่างเกลือจากแหล่งผลิตที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการนำเอาเกลือสมุทรมาใช้เป็นอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างทางผลึก และธาตุองค์ประกอบของผลึกเกลือจากแหล่งผลิตที่แตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาการตอบสนองต่อปริมาณรังสีเบต้าของผลึกเกลือ

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาลักษณะเฉพาะ และการตอบสนองต่อปริมาณรังสีของผลึกเกลือ โดยเริ่มจากการเตรียมตัวอย่างเกลือจากแหล่งธรรมชาติทั้งหมด 3 จังหวัดได้แก่ สมุทรสงคราม ชลบุรี และ เพชรบุรี จากนั้นนำตัวอย่างเกลือที่ได้มาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 48 ชั่วโมง บดให้ละเอียด แล้วทำการแบ่งตัวอย่างเกลือแต่ละจังหวัดปริมาณ 0.5 กรัม บรรจุในซองสีชา และเก็บไว้ในบริเวณทึบแสง จากนั้นทำการศึกษาลักษณะโครงสร้างของผลึกของตัวอย่างเกลือที่ได้จากทั้ง 3 จังหวัด โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ด้วยเครื่องเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction) ยี่ห้อ Bruker AXS รุ่น D8 Advance ที่มุมการเลี้ยวเบน 20 - 60 องศา พร้อมทั้งวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างเกลือด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray fluorescence) ยี่ห้อ Bruker รุ่น S8 Tiger นอกจากนี้ทำการศึกษาการตอบสนองต่อปริมาณรังสีเบต้าของตัวอย่างเกลือที่ได้จากทั้ง 3 จังหวัด โดยนำตัวอย่างเกลือทั้งหมดไปฉายรังสีเบต้าที่ปริมาณรังสี 0.1 เกรย์ พร้อมทั้งทำการอ่านค่าสัญญาณ OSL ด้วยเครื่องTL/OSL Reader ยี่ห้อ lexsygsmart โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ของเครื่อง TL/OSL Reader แสดงดังตารางที่ 1

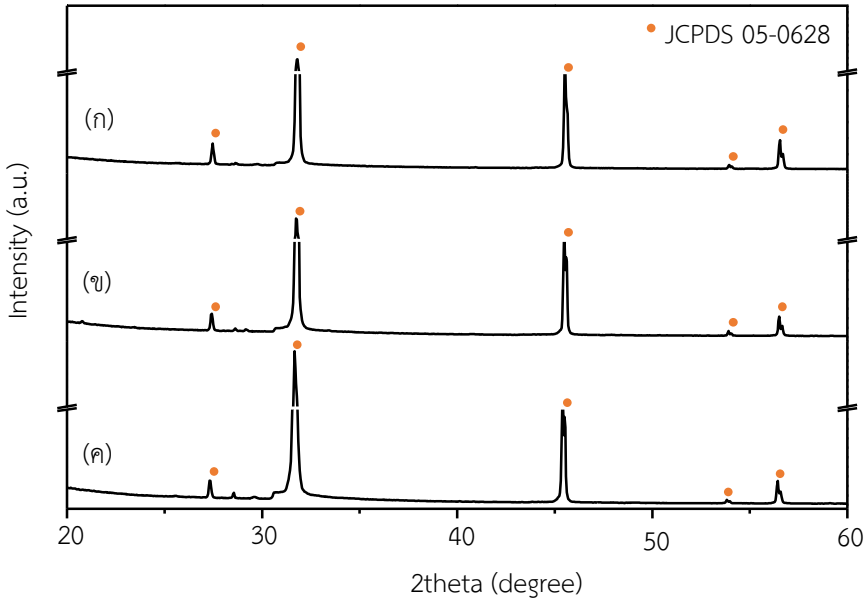
ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ของเครื่อง TL/OSL reader ที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	ค่า
Stimulate light	458 nm
Stimulated time	35 s
Heat settings	5°C/s to 125°C for 50 s, cool to 50°C
Irradiation setting	100 mW/cm^3 for 35 s

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาโครงสร้างผลึกของตัวอย่างเกลือ

เมื่อนำตัวอย่างเกลือ 3 จังหวัดได้แก่ สมุทรสงคราม ชลบุรี และเพชรบุรี มาทำการศึกษาโครงสร้างผลึกด้วยเครื่องเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction) ซึ่งมีรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของเกลือก่อนฉายรังสีโดยที่(ก) เกลือจากเพชรบุรี (ข) เกลือจากชลบุรี (ค) เกลือจากสมุทรสงคราม

จากภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่ารูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของตัวอย่างเกลือก่อนฉายรังสีจากทั้ง 3 จังหวัด ได้แก่ สมุทรสงคราม ชลบุรี และ เพชรบุรี ปรากฏพีคที่มีความเข้มของการเลี้ยวเบนสูงสุดอยู่ในช่วงมุม 27.334 31.692 45.449 53.852 และ 56.477 องศา ซึ่งสอดคล้องกับเฟสมาตรฐานอ้างอิงของแฟ้ม (joint committee on powder diffraction standard; JCPDS) หมายเลข 05-0628 ซึ่งเป็นโครงสร้างผลึกของเฮไลต์ ที่มีโครงสร้างเป็นแบบลูกบาศก์ จะเห็นว่าเกลือจากจังหวัดสมุทรสงครามมีพีคความเข้มของรังสีเอกซ์มากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกลือจากจังหวัดสมุทรสงครามมีค่าความเป็นผลึกมากที่สุด จากนั้น

เมื่อคำนวณหาขนาดของผลึก (crystallite size) ของตัวอย่างเกลือจากทั้ง 3 จังหวัด ได้แก่ สมุทรสงคราม ชลบุรี และ เพชรบุรี ด้วยสมการเชอเรอร์ (Scherrer's equation) (Wijesinghe, et al., 2014)

$$D = \frac{0.9\lambda}{\beta \cos\theta}$$

ซึ่ง D คือ ขนาดผลึก (angstrom, "Å")

λ คือ ความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์มีค่าเท่ากับ 1.5406 Å

β คือ full width at half-maximum (FWHM) ของความเข้มรังสีเอกซ์

θ คือ มุมการเลี้ยวเบนของสารตัวอย่าง

จากการคำนวณขนาดผลึกของตัวอย่างเกลือจากทั้ง 3 จังหวัด ได้แก่ สมุทรสงคราม ชลบุรี และ เพชรบุรี ด้วยสมการเชอเรอร์ พบว่าจะมีขนาดผลึกเท่ากับ 1131.010 1147.150 และ 786.660 Å ตามลำดับ โดยแสดงให้เห็นว่าขนาดผลึกของตัวอย่างเกลือจากสมุทรสงครามมีขนาดผลึกที่ใหญ่ที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลของรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์

การศึกษาองค์ประกอบของธาตุของตัวอย่างเกลือ

เมื่อนำตัวอย่างเกลือ 3 จังหวัดได้แก่ สมุทรสงคราม ชลบุรี และเพชรบุรี มาทำการศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray fluorescence) ซึ่งมีปริมาณธาตุองค์ประกอบของตัวอย่างเกลือ แสดงดังตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 แสดงธาตุองค์ประกอบของตัวอย่างเกลือจากจังหวัดสมุทรสงคราม ชลบุรี และเพชรบุรี พบว่าตัวอย่างเกลือมีธาตุองค์ประกอบหลักเป็นคลอรีนปริมาณร้อยละ 55.540 56.270 และ 55.340 ตามลำดับ และธาตุองค์ประกอบรองเป็นโซเดียมปริมาณร้อยละ 39.1 41.13 และ 36.91 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาองค์ประกอบธาตุเจือปนภายในตัวอย่างทั้งหมดจะพบว่าตัวอย่างเกลือจากจังหวัดสมุทรสงครามมีองค์ประกอบธาตุของ ซิลิกอน อะลูมิเนียม โบรอน เหล็ก และ สตรอนเชียม เนื่องจากเกลือที่ได้จากจังหวัดสมุทรสงครามมีการปนเปื้อนจากน้ำเสียที่ถูกปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมมากกว่าตัวอย่างเกลือจากจังหวัดอื่น (Callister, 2007)

ตารางที่ 2 ปริมาณร้อยละความเข้มข้นของธาตุในเกลือที่ตรวจสอบโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์

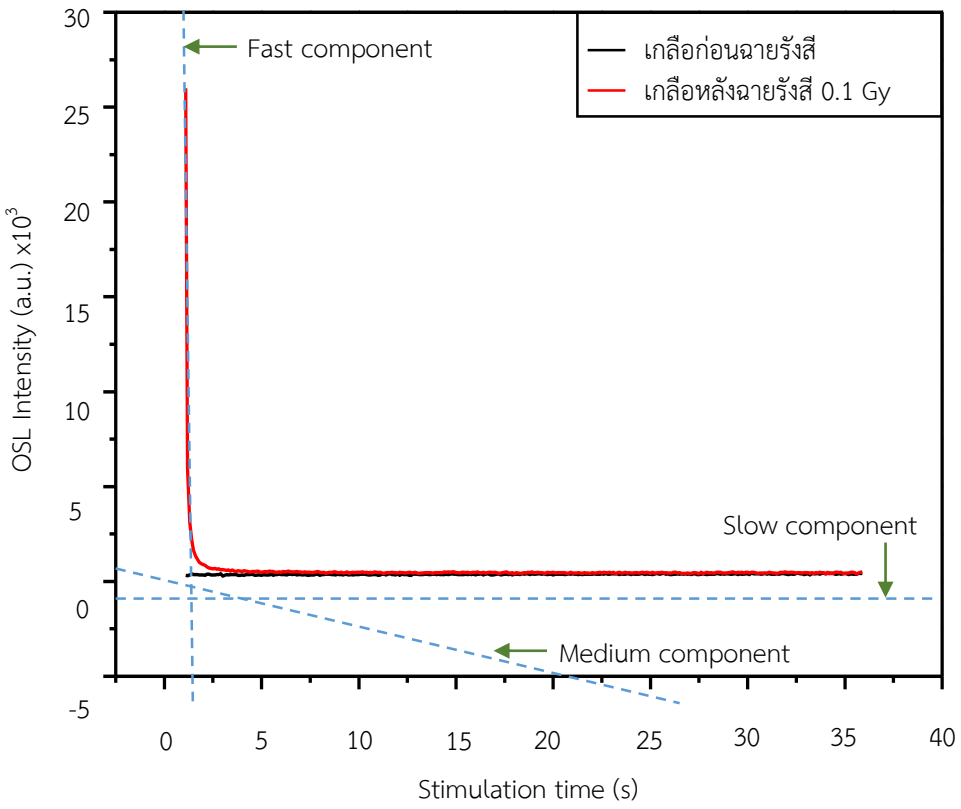
ธาตุองค์ประกอบ	ความเข้มข้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		
	เกลือสมุทรสงคราม	เกลือชลบุรี	เกลือเพชรบุรี
Cl	55.540	56.270	55.340
Na	39.100	41.130	36.910
Mg	1.180	0.140	2.540
S	0.720	0.490	0.880
Ca	0.740	0.700	0.610

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ธาตุองค์ประกอบ	ความเข้มข้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		
	เกลือสมุทรสงคราม	เกลือชลบุรี	เกลือเพชรบุรี
K	0.090	0.010	0.160
Si	0.090	0.030	No detect
Sr	0.070	No detect	0.020
Al	0.030	0.020	No detect
Br	0.030	No detect	0.060
Fe	0.003	No detect	0.007

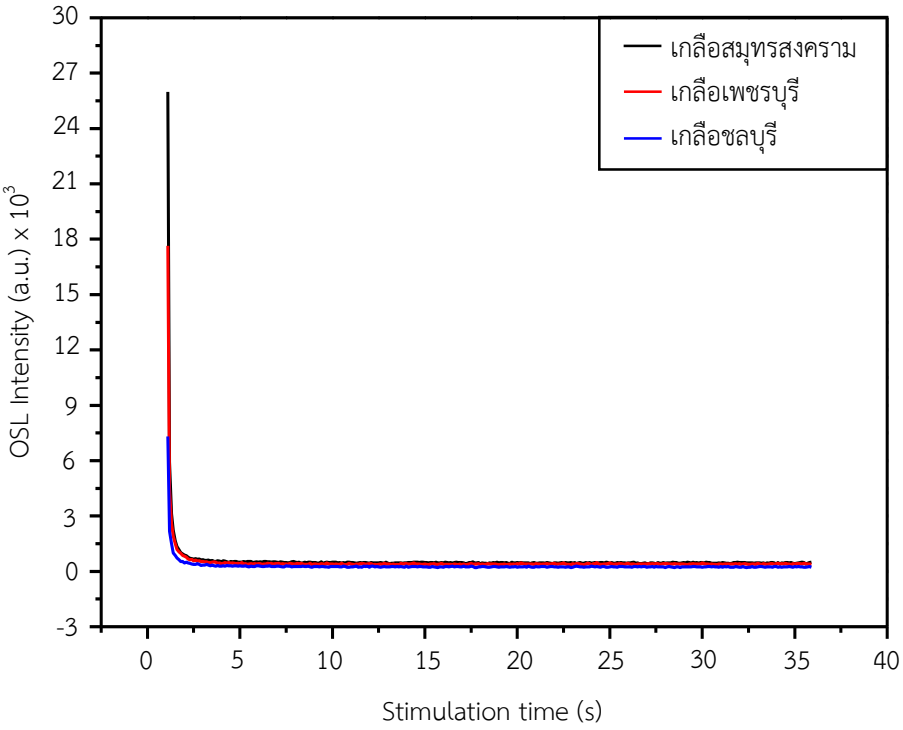
การตอบสนองต่อปริมาณรังสีเบต้าของผลึกเกลือ

จากการทดลองนำตัวอย่างเกลือก่อนและหลังฉายรังสีมาทำการวัดสัญญาณ OSL โดยทำการฉายรังสีเบต้าที่ปริมาณรังสี 0.1 เกรย์ เพื่อนำไปศึกษาการตอบสนองต่อปริมาณรังสี ด้วยเครื่องอ่านค่าปริมาณรังสี TL/OSL reader ซึ่งผลการทดลองได้แสดงดังภาพที่ 2



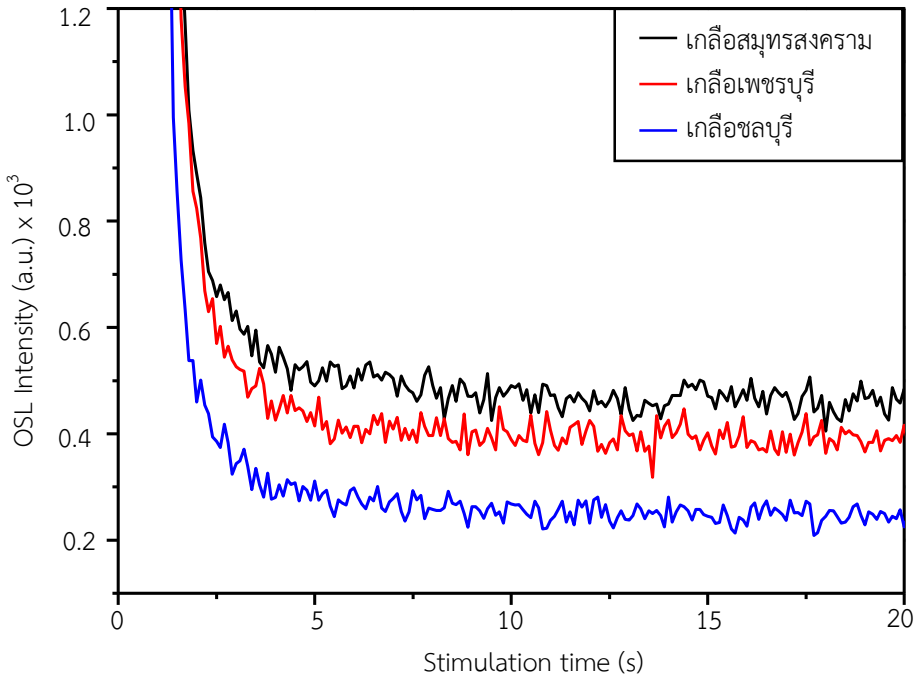
ภาพที่ 2 ลักษณะสัญญาณ OSL ของตัวอย่างเกลือที่ก่อนและหลังฉายรังสี

จากภาพที่ 2 แสดงถึงรูปแบบสัญญาณ OSL ของตัวอย่างเกลือที่ได้จากก่อนและหลังฉายรังสีเบต้า 0.1 เกรย์ จากการศึกษาพบว่าสัญญาณ OSL ที่ได้จากตัวอย่างเกลือที่ไม่ได้ทำการฉายรังสีจะมีลักษณะสัญญาณอยู่ในช่วง slow component ส่วนตัวอย่างเกลือที่ทำการฉายรังสีเบต้า 0.1 เกรย์ จะมีลักษณะสัญญาณเป็นฟังก์ชันการลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล ซึ่งจะประกอบไปด้วยส่วนของ fast medium และ slow component ตามลำดับ โดยลักษณะสัญญาณ OSL ของตัวอย่างเกลือก่อนและหลังฉายรังสีจะมีการซ้อนทับกันที่ช่วง slow component ทำให้เห็นว่าเมื่อนำตัวอย่างเกลือมาฉายรังสีจะทำให้ความเข้มสัญญาณสูงกว่าตัวอย่างเกลือที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสี โดยเมื่อทำการฉายรังสีไปยังตัวอย่างเกลือจะทำให้ตัวอย่างเกลือเกิดการแตกตัวเป็น Na^+ กับ Cl^- ซึ่ง Cl^- จะเป็นตัวดักจับอิเล็กตรอนปรากฏการณ์ดังกล่าวจะมีความสอดคล้องกับความเข้มสัญญาณของ OSL ที่จะขึ้นกับปริมาณอิเล็กตรอนที่อยู่ในระดับชั้นพลังงานกับดักอิเล็กตรอน (Yukihara, & Mckeever, 2011; Lesley & Elaine, 2011) จากนั้นทำการศึกษาการตอบสนองต่อปริมาณรังสีของเกลือจากจังหวัดสมุทรสงคราม ชลบุรี และเพชรบุรี โดยทำการฉายรังสีของตัวอย่างที่ปริมาณ 0.1 เกรย์ แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องอ่าน TL/OSL reader ซึ่งผลการทดลองแสดงได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ลักษณะสัญญาณ OSL ของตัวอย่างเกลือแต่ละจังหวัด ที่ผ่านการฉายรังสีเบต้า 0.1 เกรย์

จากภาพที่ 3 แสดงลักษณะสัญญาณ OSL ของตัวอย่างเกลือแต่ละจังหวัด ที่ผ่านการฉายรังสีเบต้า 0.1 เกรย์ ซึ่งจากรูปแบบสัญญาณจะแสดงให้เห็นลักษณะเป็นฟังก์ชันการลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล ดังนั้นในการพิจารณาความเข้มสัญญาณ OSL จะพิจารณาจากค่าสัญญาณในช่วง 0 - 20 วินาที ซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ลักษณะสัญญาณ OSL ของตัวอย่างเกลือแต่ละจังหวัดในช่วงเวลา 0 – 20 วินาที

จากภาพที่ 4 แสดงลักษณะสัญญาณ OSL ของตัวอย่างเกลือทั้ง 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดสมุทรสงคราม ชลบุรี และเพชรบุรี ที่ผ่านการฉายรังสี 0.1 เกรย์ เมื่อนำไปคำนวณค่าความเข้มสัญญาณ OSL ผลการคำนวณที่ได้แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความเข้มสัญญาณ OSL ของเกลือจากจังหวัดสมุทรสงคราม ชลบุรี และเพชรบุรี

ตัวอย่างเกลือ	ความเข้มสัญญาณ (a.u.)
สมุทรสงคราม	91279
ชลบุรี	41667
เพชรบุรี	72547

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าความเข้มสัญญาณ OSL ของตัวอย่างเกลือจากจังหวัดสมุทรสงครามจะมีค่าความเข้มสัญญาณที่มากที่สุด รองลงมาเป็นเกลือจากจังหวัดเพชรบุรีและชลบุรี ตามลำดับ ซึ่งความเข้มสัญญาณ OSL ที่ได้จากเกลือสมุทรสงครามมีค่ามากที่สุดนั้นจะเกิดจากตัวอย่างเกลือดังกล่าวมีองค์ประกอบของธาตุที่เป็นสิ่งเจือปนโดยธาตุดังกล่าวจะส่งผลทำให้ระดับชั้นพลังงานดักจับอิเล็กตรอน (electron trap) โดยจะทำให้มีความเข้มสัญญาณมีค่าสูงขึ้น ซึ่งจากเหตุผลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ที่แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างเกลือจากจังหวัดสมุทรสงครามที่ไม่ผ่านการตกผลึก

มีองค์ประกอบของธาตุโลหะหนักมากที่สุด และสามารถนำตัวอย่างเกลือมาพัฒนาเป็นอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีประจำตัวบุคคลชนิด OSL

สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาลักษณะเฉพาะและการตอบสนองต่อปริมาณรังสีของเกลือสมุทรเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาเป็นอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีประจำตัวบุคคลชนิด OSL จากการศึกษาพบว่าโครงสร้างผลึกของตัวอย่างเกลือจากจังหวัดสมุทรสงคราม ชลบุรี และเพชรบุรี มีเฟสเป็นเฮไลต์ที่มีโครงสร้างผลึกเป็นแบบลูกบาศก์ และมีธาตุองค์ประกอบของโซเดียม (Na) และคลอรีน (Cl) เป็นองค์ประกอบหลักโดยเกลือจากจังหวัดสมุทรสงครามมีความเป็นผลึกสูงที่สุด และมีธาตุเจือปนในปริมาณที่มากกว่าจังหวัดอื่น จากนั้นเมื่อทำการศึกษาการตอบสนองต่อปริมาณรังสีของเกลือทั้ง 3 จังหวัด พบว่าเกลือจากจังหวัดสมุทรสงครามมีการตอบสนองต่อปริมาณรังสีเบต้าได้ดีที่สุด จึงสามารถนำมาเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการนำเอาเกลือสมุทรมาใช้เป็นอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ควรทำการวิเคราะห์สารตัวอย่างทั้งหมดด้วยเครื่องมือวิเคราะห์เครื่องเดียวกันเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ พร้อมทั้งการศึกษาเพิ่มในเรื่องของตัวอย่างเกลือที่ส่งผลต่อความเข้มสัญญาณ OSL ที่ได้ในแต่ละปริมาณรังสี และศึกษาเพิ่มในเรื่องของธาตุเจือปนภายในตัวอย่างเกลือที่มีผลต่อการตอบสนองต่อปริมาณรังสี

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่สนันสนุนงบประมาณในการทำวิจัย สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องคก์รมหาชน) และสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติที่อนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูงสำหรับวิเคราะห์ผลการทดลองในงานวิจัยนี้ให้ได้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้และลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Callister, D. (2007). **Materials Science and Engineering an Introduction**. United States of America: Quebecor Versailles

Faiz, M. (2003). **The Physics of Radiation Therapy**. (3rd ed.) United States of America: Lippincott Williams & Wilking, 127-130.

Kimura, K., Onishi, S., & Moriyama, K. (2018). Fluorescence-Based High-Throughput Salt Screening. **Journal of Pharmaceutical Sciences**. 107, 1870-1878.

Lesley, E. S. & Elaine, A. M. (2012). **Solid State Chemistry an Introduction**. (4th ed.). United States of America: Taylor & Francis Group, 239.

Pradhan, A. S., Lee, J. I., & Kim, J. L. (2008). Recent Developments of Optically Stimulated Luminescence Materials and Techniques for Radiation Dosimetry and Clinical Applications. **Journal of Medical Physics**. 33, 3-5.

Wijesinghe, W. P., Mantilaka, M. M., Premalal, E. V., Herath, H. M., Mahalingam, S., Edirisinghe, M., Rajapakse, R.P., & Rajapakse, R.M. (2014). Facile Synthesis of Both Needle-like and Spherical Hydroxyapatite Nanoparticles: Effect of Synthetic Temperature and Calcination on Morphology, Crystallite Size and Crystallinity. **Materials Science and Engineering** 42, 83-90.

Yukihara, E. G. & Mckeever, W. S. (2011). **Optically Stimulated Luminescence Fundamentals and Applications**. United States of America: John Wiley & Sons Ltd, 1-103.

การศึกษาการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์บนแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ชีวภาพ

ฉลองวุฒิ บุญประถัม[1] ธนาภรณ์ วงษ์ธานี[1] วีรนุช แก้ววิเศษ[2] กิตติศักดิ์ชัย แนมจันทร์[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาก่อตัวของไฮดรอกซีอะพาไทต์บนแผ่นฟิล์มชีวภาพจากไคโตซานและเจลาติน ด้วยเทคนิคการจุ่มเคลือบเพื่อประยุกต์ใช้ในด้านวิศวกรรมเนื้อเยื่อกระดูก โดยแผ่นฟิล์มชีวภาพไคโตซานสังเคราะห์ขึ้นจากผงไคโตซานปริมาณ 13 กรัม ละลายในกรดอะซิติกร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ส่วนแผ่นฟิล์มชีวภาพเจลาตินสังเคราะห์ขึ้นด้วยผงเจลาตินปริมาณ 13 กรัม ละลายในน้ำกลั่น จากนั้นนำแผ่นฟิล์มชีวภาพแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมซิลิเกต และสารละลายเลือดเทียมที่ปริมาณความเข้มข้น 1.5 เท่า แล้วนำไปศึกษารูปร่างสัณฐานและหาปริมาณของธาตุองค์ประกอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและเครื่องวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบ ตามลำดับ จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารละลายโซเดียมซิลิเกตสามารถกระตุ้นการก่อตัวของไฮดรอกซีอะพาไทต์บนแผ่นฟิล์มไคโตซานและเจลาตินได้ดี เมื่อนำแผ่นฟิล์มตัวอย่างแช่สารละลายเลือดเทียมเป็นเวลา 7 วัน นั้น แผ่นฟิล์มไคโตซานมีปริมาณของอนุภาคไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่ก่อตัวเพิ่มขึ้นแต่แผ่นฟิล์มเจลาตินเกิดการย่อยสลายตัว จากผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าไฮดรอกซีอะพาไทต์สามารถก่อตัวขึ้นบนแผ่นฟิล์มไคโตซานได้ดีกว่าแผ่นฟิล์มเจลาติน

คำสำคัญ: ไคโตซาน เจลาติน โซเดียมซิลิเกต สารละลายเลือดเทียม ไฮดรอกซีอะพาไทต์

[1] ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร

[2] โครงการจัดตั้งภาควิชาฟิสิกส์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: puri_kit@hotmail.com*

INVESTIGATION OF HYDROXYAPATITE FORMING ON NATURAL BIOPOLYMERS

Chalongwut Boonpratum[1] Tanaporn Wongtanee[1] Weeranut Kaewwiset[2]
Kittisakchai Naemchanthara[1*]

Abstract

This work describes the formation of hydroxyapatite growth over the natural films based on chitosan (CS) and gelatin (GE) by dip coating technique for several applications in the field of bone tissue engineering. The natural chitosan films were synthesized from 13 g of chitosan powder dissolved in 3% acetic acid and the natural gelatin films were synthesized from 13 g of gelatin powder dissolved in distilled water. Natural films were immersed in a sodium hydroxide (NaOH), sodium silicate (Na_2SiO_3) and 1.5 SBF (simulated body fluid) solution. The morphology and chemical composition were investigated by scanning electron microscope (SEM) and electron dispersive spectroscopy (EDS), respectively. The results showed that Na_2SiO_3 solution accelerate the nucleation of hydroxyapatite on the chitosan and gelatin film. The number of hydroxyapatite particle increased after the chitosan film sample exposure to the SBF for 7 days. On the other hand, the gelatin film was degradation after SBF immersion. From this result, the hydroxyapatite can be growth on chitosan than gelatin film.

Keywords: Chitosan, Gelatin, Hydroxyapatite, Simulated body fluid, Sodium silicate

[1] Department of Physics, Faculty of Science, King Mongkut’s University of Technology Thonburi
[2] Department of Physics, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kampaeng Sean Campus
** Corresponding author, e-mail: puri_kit@hotmail.com*

บทนำ

กระดูกเป็นอวัยวะที่สำคัญของร่างกาย หากได้รับความเสียหายจากอุบัติเหตุหรือโรคที่เกี่ยวข้องกระดูก ย่อมต้องหาวิธีที่เหมาะสมในการรักษาเพื่อให้กระดูกที่เสียหายกลับคืนสู่สภาพเดิมและเกิดผลข้างเคียงน้อยที่สุด โดยสามารถทำได้ทั้งวิธีการเข้าเฝือกหากผู้ป่วยได้รับอุบัติเหตุเพียงเล็กน้อยและการผ่าตัดใส่โลหะดามกระดูกหากบริเวณที่ได้รับอุบัติเหตุนั้นเกิดความเสียหายรุนแรง ซึ่งการผ่าตัดใส่โลหะดามกระดูกจะยังคงมีช่องว่างหรือรอยแตกระหว่างกระดูกที่ยังไม่เชื่อมติดกันเพื่อรอให้เซลล์กระดูกในร่างกายสังเคราะห์สารอินทรีย์มาเติมเต็มบริเวณรอยแตกนั้น (วิทเชษฎ์ พิชัยศักดิ์, 2560) ทำให้ใช้ระยะเวลานาน เสี่ยงต่อการติดเชื้อและเกิดอันตรายจากโรคแทรกซ้อนหลังการรักษา โดยปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมเนื้อเยื่อกระดูก (bone tissue engineering) มาช่วยในการรักษาผู้ป่วย โดยการนำความรู้เกี่ยวกับวัสดุชีวภาพมาพัฒนาเป็นโครงเลี้ยงเซลล์กระดูกเพื่อเติมเต็มกระดูกส่วนที่เสียหายไป โดยการฝังโครงเลี้ยงเซลล์กระดูกลงไปในช่องว่างของรอยแตกระหว่างส่วนที่เสียหาย เพื่อช่วยให้ร่างกายสามารถสร้างกระดูกใหม่ได้รวดเร็วยิ่งขึ้นและสามารถสลายได้เองโดยไม่ก่อให้เกิดผลข้างเคียงใดๆ (ลือพงศ์ แก้วศรีจันทร์ และเจษฎี แก้วศรีจันทร์, 2554) โครงเลี้ยงเซลล์กระดูกจึงทำหน้าที่รองรับให้เซลล์ต่างๆ มาเกาะและเจริญเติบโตเกิดเป็นเนื้อเยื่อกระดูกใหม่ได้ ดังนั้นโครงเลี้ยงเซลล์กระดูกจึงต้องมีคุณสมบัติที่มีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในร่างกาย (biocompatibility) ตอบสนองกับเนื้อเยื่อในร่างกาย (bioactive) สามารถย่อยสลายได้ในร่างกาย (biodegradable) ไม่เกิดการอักเสบ (non-inflammatory) ไม่เป็นอันตรายต่อภูมิคุ้มกัน และมีลักษณะใกล้เคียงกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหรือเส้นใยคอลลาเจนที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกระดูก (อรวรรณ สุวรรณทอง, 2558) โดยคอลลาเจนจัดเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งเมื่อย่อยสลายแล้วจะอยู่ในรูปของเจลาติน (สามารถ ยานวงษ์, 2557) เช่นเดียวกับไคโตซานที่เป็นวัสดุชีวภาพที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันกับเจลาตินและยังมีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในร่างกาย นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงทำการสังเคราะห์วัสดุชีวภาพจากไคโตซานและเจลาตินเพื่อนำมาทำเป็นโครงเลี้ยงเซลล์เพื่อใช้ศึกษาความเข้ากันได้ทางชีวภาพ ซึ่งวัสดุชีวภาพที่สังเคราะห์ได้จะนำไปศึกษาการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite; HAp) โครงสร้างกายภาพ รูปร่างสัณฐาน และการย่อยสลายของโครงเลี้ยงเซลล์ในสารละลายเลือดเทียม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการสังเคราะห์โครงเลี้ยงเซลล์จากไคโตซานและเจลาตินด้วยวิธีการจุ่มเคลือบ
2. เพื่อศึกษาการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์บนโครงเลี้ยงเซลล์

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมแผ่นฟิล์มไคโตซานและเจลาติน

ทำการเตรียมสารละลายไคโตซาน โดยนำผงไคโตซานปริมาณ 13 กรัม ละลายในกรดแอซิติกความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ปริมาตร 200 มิลลิลิตร และสารละลายเจลาตินเตรียมได้โดยนำผงเจลาตินปริมาณ 13 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 200 มิลลิลิตร ต้มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นนำแผ่นกระจกสไลด์มาจุ่มเคลือบในสารละลายแต่ละชนิดแล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ได้เป็นแผ่นฟิล์มไคโตซานและเจลาติน

การเตรียมสารละลายเลือดเทียม

ทำการเตรียมสารละลายจำลองเลือดเทียม (simulated body fluid; SBF) โดยเริ่มจากเตรียมน้ำกลั่นปริมาตร 700 มิลลิลิตร ต้มที่อุณหภูมิ 37.5 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมสารเคมีดังแสดงในตารางที่ 1 จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรสุทธิที่ 1000 มิลลิลิตร จึงจะได้สารละลายจำลองเลือดเทียมสำหรับการทดลองต่อไป

การศึกษาการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์

ในการศึกษาการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์เริ่มจากนำแผ่นฟิล์มทั้ง 2 ชนิดแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายโซเดียมซิลิเกต โดยแช่สารละลายชนิดละ 30 นาที จากนั้นจึงนำไปแช่ในสารละลายจำลองเลือดเทียม (SBF) เป็นระยะเวลาแตกต่างกันที่ 1 3 5 และ 7 วัน จากนั้นนำแผ่นฟิล์มทั้ง 2 ชนิด มาศึกษารูปร่างสัณฐานด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ตามลำดับ

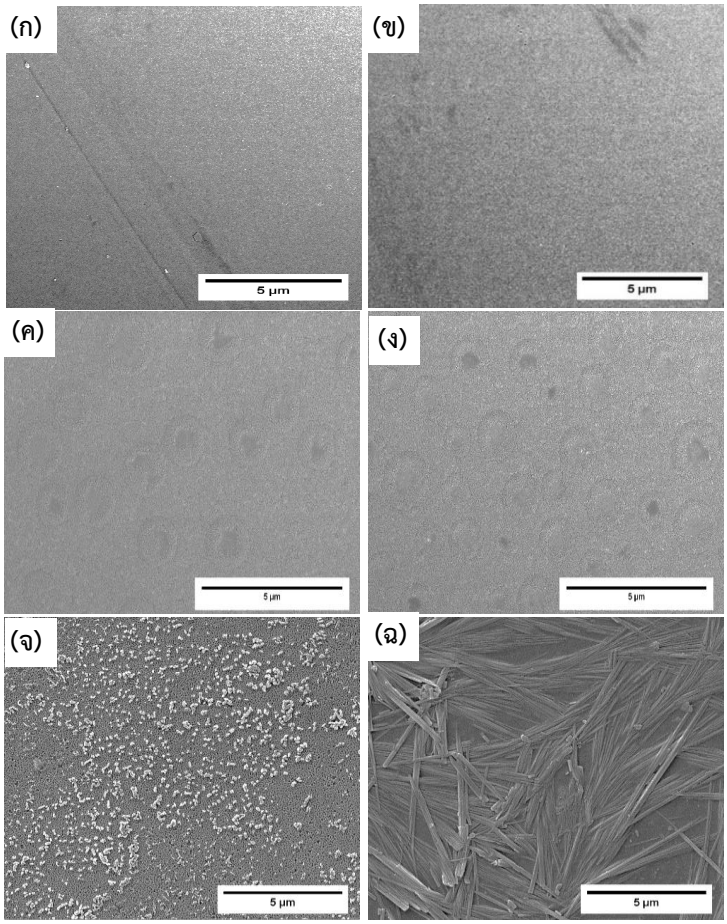
ตารางที่ 1 สารเคมีในการเตรียมสารละลาย SBF

ลำดับ	สารเคมี	ปริมาณ
1	NaCl	12.053 g
2	$NaHCO_3$	0.533 g
3	KCl	0.338 g
4	$K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$	0.347 g
5	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	0.467 g
6	1.0M-HCl	50 ml
7	$CaCl_2$	0.438 g
8	Na_2SO	0.108 g
9	Tris	9.177 g
10	1.0M-HCl	8.5 ml

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ศึกษารูปร่างสัณฐานของแผ่นฟิล์มไคโตซานและเจลาติน

ทำการศึกษารูปร่างสัณฐานของแผ่นฟิล์มไคโตซานและเจลาติน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่าแผ่นฟิล์มทั้ง 2 ชนิดหลังผ่านการจุ่มเคลือบมีลักษณะเป็นผิวเรียบ ไม่มีหลุม ดังภาพที่ 1 (ก-ข) แต่เมื่อนำแผ่นฟิล์มทั้ง 2 ชนิดไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่า แผ่นฟิล์มมีลักษณะเป็นผิวแบบขรุขระ เนื่องมาจากการกัดกร่อนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ดังภาพที่ 1 (ค-ง) และเมื่อนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมซิลิเกต พบว่า แผ่นฟิล์มไคโตซานมีลักษณะเป็นเม็ดที่เกิดจากการเกาะกลุ่มของชั้นโซเดียมซิลิเกต แต่แผ่นฟิล์มเจลาตินมีลักษณะเป็นริ้วยาว ดังภาพที่ 1 (จ-ฉ) เนื่องจากโครงสร้างของไคโตซานมีหมู่ไฮดรอกซิล (OH^-) ที่สามารถทำปฏิกิริยากับหมู่เซลานอล (Si-OH) ในสารละลายโซเดียมซิลิเกตได้ดีกว่าเจลาติน (Takara et al., 2015)

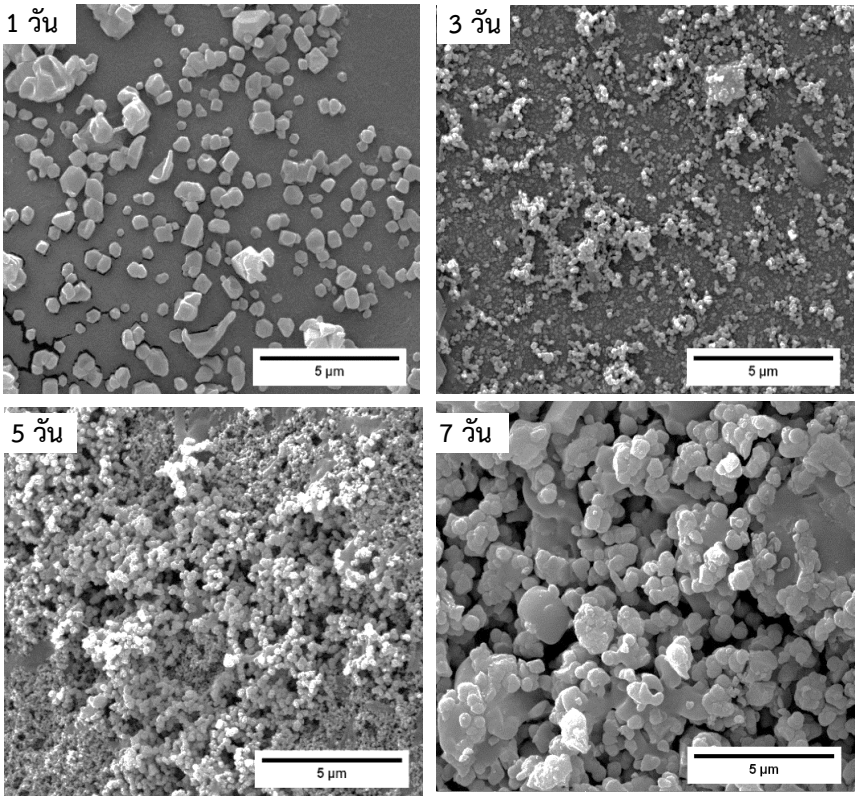


ภาพที่ 1 ภาพถ่ายพื้นผิวของแผ่นฟิล์ม (ก) ไคโตซานและ (ข) เจลาติน หลังแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ค) ไคโตซาน (ง) เจลาติน และหลังแช่สารละลายโซเดียมซิลิเกต (จ) ไคโตซาน (ฉ) เจลาติน ที่กำลังขยาย 5000 เท่า

ศึกษาการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์บนแผ่นฟิล์มที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ทำการศึกษาการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์บนแผ่นฟิล์มไคโตซานที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วนำไปแช่ในสารละลาย SBF เป็นระยะเวลา 1 3 5 และ 7 วัน พบว่า ที่ระยะเวลา 1 วัน ไม่มีการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์ จะสังเกตเห็นเพียงการก่อตัวของชั้นโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เนื่องจากในสารละลาย SBF มีองค์ประกอบของไอออน Na^+ และ Cl^- ในปริมาณที่สูงทำให้มีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยา จึงเกิดการก่อตัวของชั้น NaCl บนแผ่นฟิล์มได้อย่างรวดเร็ว ที่ระยะเวลา 3 วัน จะเริ่มเห็นการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์ขึ้น เนื่องจากเมื่อระยะเวลาในการแช่สารละลาย SBF มากขึ้น ทำให้ชั้น NaCl เกิดการแตกตัวเป็นไอออนรวมไปกับสารละลาย SBF และเกิดการจับตัวใหม่ของไอออน Ca^{2+} และ HPO_4^{2-} ที่อยู่ในสารละลาย SBF มาเกาะกับหมู่ OH^- บนแผ่นฟิล์ม และที่ระยะเวลา 5 และ 7 วัน ชั้นไฮดรอก

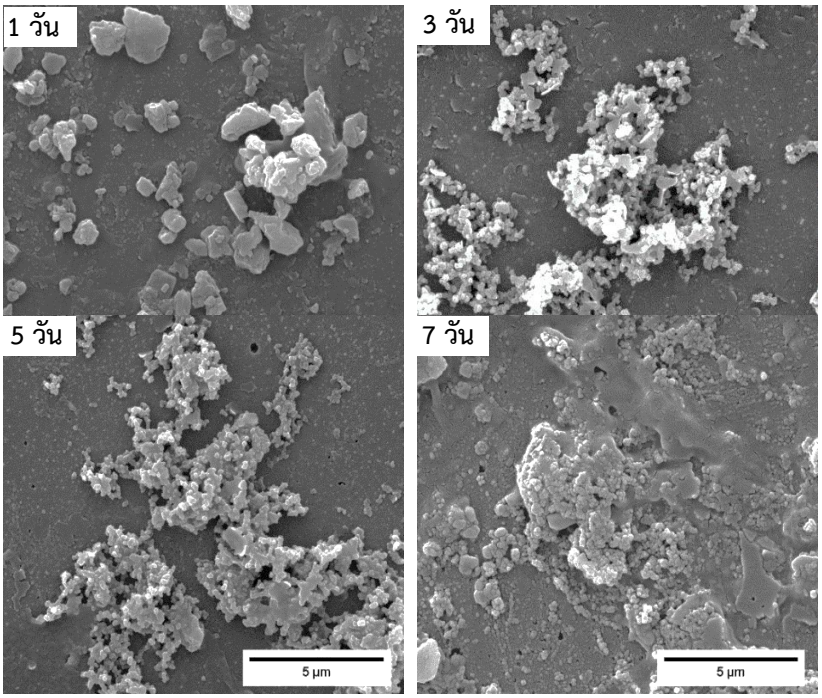
ซีอะพาไทต์มีการก่อตัวเพิ่มมากขึ้นทั่วบริเวณแผ่นฟิล์ม เนื่องจากระยะเวลาในการแช่สารละลาย SBF ที่มากขึ้น ทำให้การจับตัวของไอออน Ca^{2+} และ HPO_4^{2-} มีมากขึ้นตามไปด้วย ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ภาพถ่ายพื้นผิวของแผ่นฟิล์มไคโตซานที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วนำไปแช่ในสารละลาย SBF ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

ต่อมาทำการศึกษาการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์บนแผ่นฟิล์มเจลาตินที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วนำไปแช่ในสารละลาย SBF ที่ระยะเวลา 1 3 5 และ 7 วัน พบว่าที่ระยะเวลา 1 วัน ไม่มีการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์ จะสังเกตเห็นเพียงการก่อตัวของชั้นโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ต่อมาที่ระยะเวลา 3 วัน จะเริ่มเห็นการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์ขึ้น เนื่องจากเมื่อระยะเวลาในการแช่สารละลาย SBF มากขึ้น ทำให้ชั้น NaCl เกิดการแตกตัวเป็นไอออนรวมไปกับสารละลาย SBF และเกิดการจับตัวใหม่ของไอออน Ca^{2+} และ HPO_4^{2-} ที่อยู่ในสารละลาย SBF มาเกาะกับหมู่ OH^- บนแผ่นฟิล์มที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้นเป็น 5 วัน ชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์ก่อตัวเพิ่มจำนวนมากขึ้นทั่วบริเวณแผ่นฟิล์ม เนื่องจากระยะเวลาในการแช่สารละลาย SBF ที่มากขึ้น ทำให้การจับตัวของไอออน Ca^{2+} และ HPO_4^{2-} มีมากขึ้นตามไปด้วย และที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้นเป็น7 วัน แผ่นฟิล์มเจลาตินเกิดการย่อยสลายทำให้ชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์หลุดหายไป เนื่องจากโมเลกุลของน้ำในสารละลาย SBF เข้าไปจับกับหมู่ไฮดรอกซิล (OH^-) ของเจลาติน

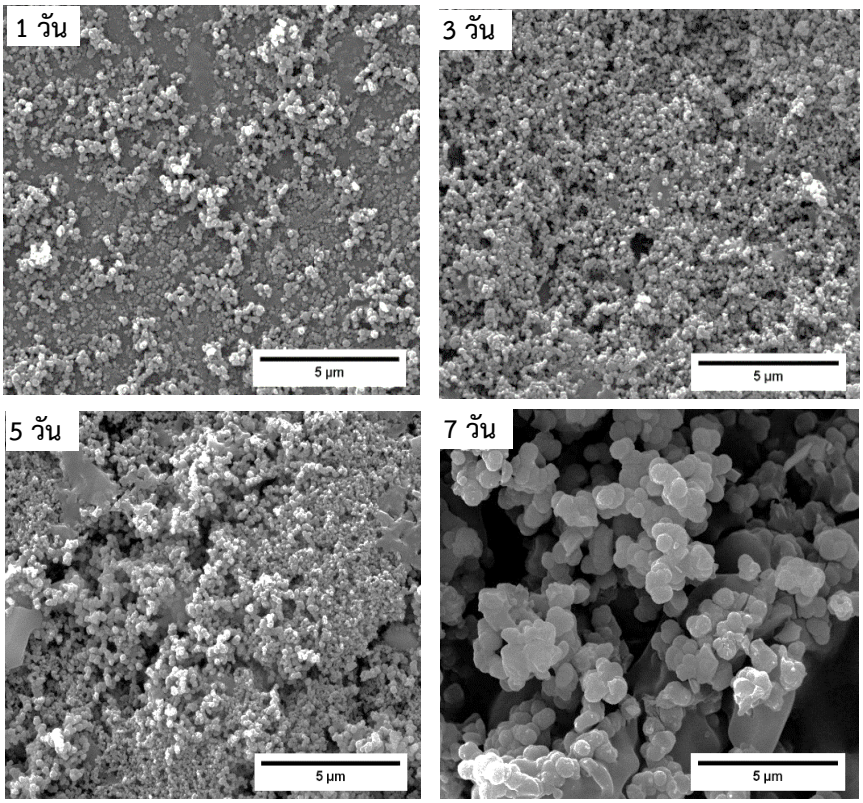
เกิดการแทนที่ของโครงสร้างภายในโมเลกุลส่งผลทำให้ลักษณะของแผ่นฟิล์มไม่แข็งแรงจึงเกิดการย่อยสลาย (Hayakawa et al., 1999; Park et al., 2018) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ภาพถ่ายพื้นผิวของแผ่นฟิล์มเจลาตินที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วนำไปแช่ในสารละลาย SBF ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

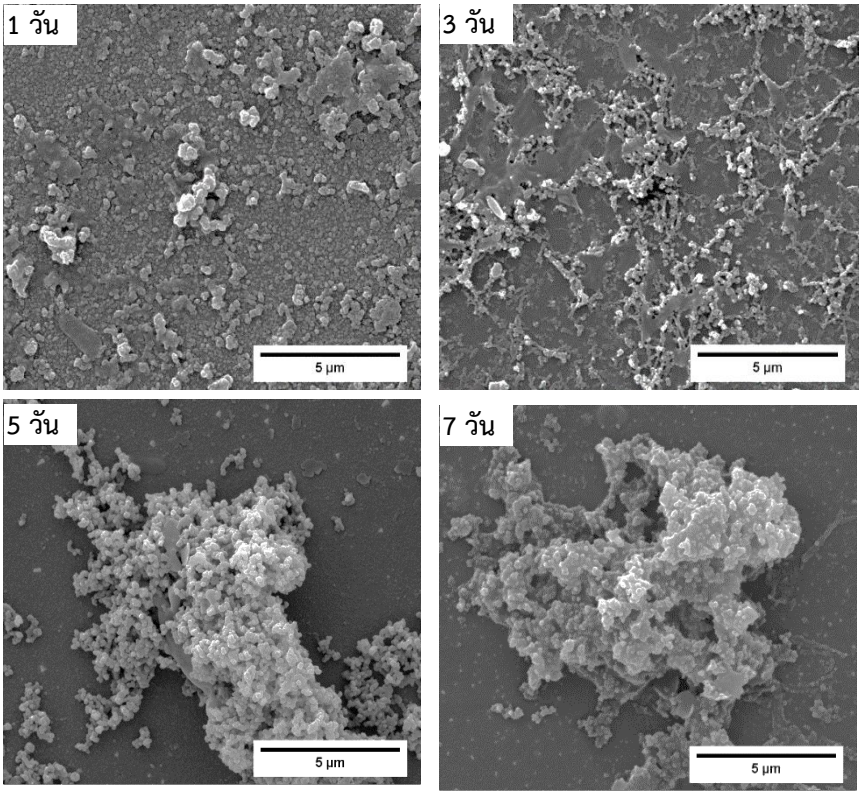
ศึกษาการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์บนแผ่นฟิล์มที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมซิลิเกต

ทำการศึกษาการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์บนแผ่นฟิล์มไคโตซานที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมซิลิเกต แล้วนำไปแช่ในสารละลาย SBF เป็นระยะเวลา 1 3 5 และ 7 วัน พบว่าที่ระยะเวลา 1 วัน ไม่มีการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์ จะสังเกตเห็นเพียงการก่อตัวของชั้นโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เนื่องจากในสารละลาย SBF มีองค์ประกอบของไอออน Na^+ และ Cl^- ในปริมาณที่สูงทำให้มีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยา จึงเกิดการก่อตัวของชั้น NaCl บนแผ่นฟิล์มได้อย่างรวดเร็ว ที่ระยะเวลา 3 วัน จะเริ่มเห็นการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์ขึ้นทั่วบริเวณแผ่นฟิล์ม เนื่องจากเมื่อระยะเวลาในการแช่สารละลาย SBF มากขึ้น ทำให้ชั้น NaCl เกิดการแตกตัวเป็นไอออนรวมไปกับสารละลาย SBF และเกิดการจับตัวใหม่ของไอออน Ca^{2+} และ HPO_4^{2-} ที่อยู่ในสารละลาย SBF มาเกาะกับหมู่ OH^- บนแผ่นฟิล์ม และที่ระยะเวลา 5 และ 7 วัน ชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์มีการก่อตัวเพิ่มมากขึ้นทั่วบริเวณแผ่นฟิล์ม เนื่องจากระยะเวลาในการแช่สารละลาย SBF ที่มากขึ้น ทำให้การจับตัวของไอออน Ca^{2+} และ HPO_4^{2-} มีมากขึ้นตามไปด้วย ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ภาพถ่ายพื้นผิวของแผ่นฟิล์มไคโตซานที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายโซเดียมซิลิเกต แล้วนำไปแช่ในสารละลาย SBF ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

ต่อมาทำการศึกษาการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์บนแผ่นฟิล์มเจลาตินที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายโซเดียมซิลิเกต แล้วนำไปแช่ในสารละลาย SBF เป็นะยะเวลา 1 3 5 และ 7 วัน พบว่าที่ระยะเวลา 1 วัน มีการเจริญเติบโตของเม็ดไฮดรอกซีอะพาไทต์เล็กๆ ขึ้นบนบริเวณแผ่นฟิล์ม เนื่องจากสารละลายโซเดียมซิลิเกตมีความสามารถเป็นตัวเหนี่ยวนำให้ไอออนของ Ca^{2+} และ HPO_4^{2-} ที่อยู่ในสารละลาย SBF มาก่อตัวเป็นชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์ได้อย่างรวดเร็ว ที่ระยะเวลา 3 วัน จะเริ่มเห็นการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์ขึ้นทั่วบริเวณแผ่นฟิล์ม ที่ระยะเวลา 5 วัน ชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์ก่อตัวเพิ่มจำนวนมากขึ้นทั่วบริเวณแผ่นฟิล์ม เนื่องจากระยะเวลาในการแช่สารละลาย SBF ที่มากขึ้น ทำให้การจับตัวของไอออน Ca^{2+} และ HPO_4^{2-} มีมากขึ้นตามไปด้วย และที่ระยะเวลา 7 วัน พบว่าแผ่นฟิล์มเจลาตินเกิดการย่อยสลายทำให้ชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์หลุด เนื่องจากโมเลกุลของน้ำในสารละลาย SBF เข้าไปจับกับหมู่ OH^- ของเจลาตินเกิดการแทนที่ของโครงสร้างภายในโมเลกุลส่งผลทำให้ลักษณะของแผ่นฟิล์มไม่แข็งแรงจึงเกิดการย่อยสลาย (Fraga et al., 2010; Kokubo, 1998) ดังภาพที่ 5



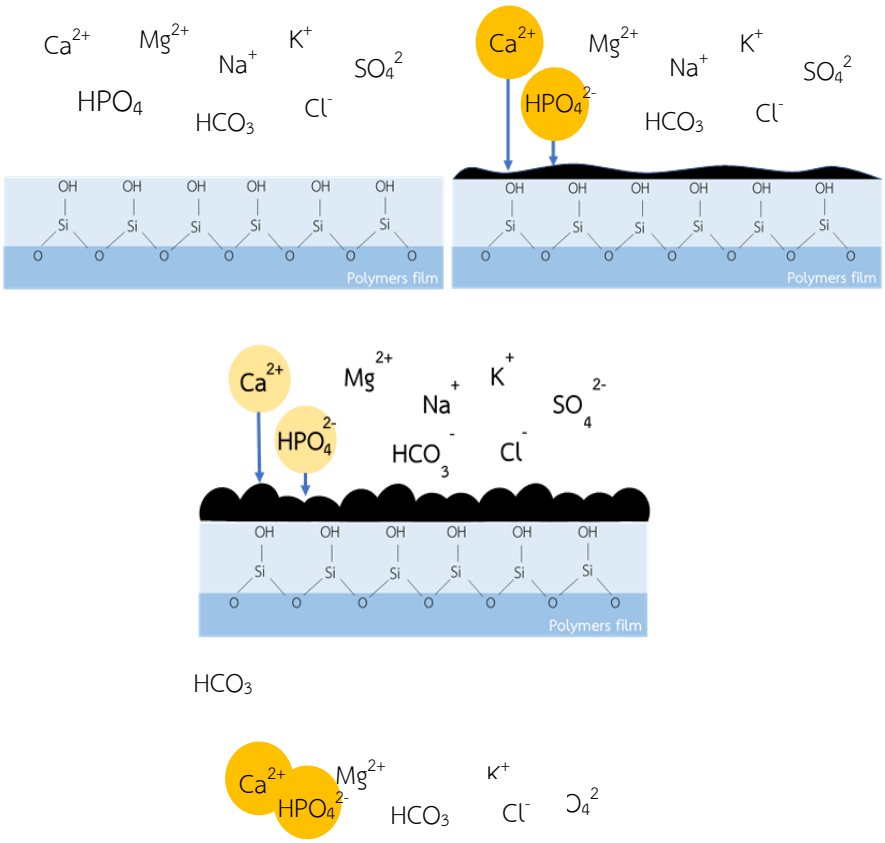
ภาพที่ 5 ภาพถ่ายพื้นผิวของแผ่นฟิล์มเจลาตินที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายโซเดียมซิลิเกต แล้วนำไปแช่ในสารละลาย SBF ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

จากนั้นทำการศึกษาขนาดของเม็ดไฮดรอกซีอะพาไทต์ด้วยโปรแกรม image J โดยคำนวณขนาดเฉลี่ยของเม็ดไฮดรอกซีอะพาไทต์ ดังแสดงผลในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ขนาดเฉลี่ยของเม็ดไฮดรอกซีอะพาไทต์บนแผ่นฟิล์มไคโตซานและเจลาติน

ระยะเวลาในการแช่สารละลาย SBS (วัน)	ขนาดเฉลี่ยของเม็ดไฮดรอกซีอะพาไทต์ (nm)			
	NaOH/CS	NaOH/GE	Na_2SiO_3/NaOH/CS	Na_2SiO_3/NaOH/GE
1	ผลึกเกลือ	ผลึกเกลือ	134.4	105.5
3	186.9	180.5	193.6	158.6
5	210.2	198.7	235.1	209.9
7	518.5	แผ่นฟิล์มย่อยสลาย	642.1	แผ่นฟิล์มย่อยสลาย

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มไคโตซานและเจลาตินเมื่อนำไปแช่ในสารละลาย SBF เป็นระยะเวลาที่มากขึ้นจะส่งผลให้เกิดชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์ปริมาณเพิ่มขึ้น และการแช่ในสารละลายโซเดียมซิลิเกตจะช่วยกระตุ้นต่อการเกิดชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์ได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากสารละลายโซเดียมซิลิเกตมีหมู่เซลานอล (-Si-OH) ที่มีหน้าที่คอยดักจับไอออน Ca^{2+}และ HPO_4^{2-} ในสารละลาย SBF ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ลักษณะการเกิดชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์บนแผ่นฟิล์มไคโตซานและเจลาติน

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์บนแผ่นฟิล์มไคโตซานและเจลาตินด้วยวิธีการจุ่มเคลือบ โดยนำแผ่นฟิล์มทั้ง 2 ชนิด ไปแช่ในสารละลาย SBF เป็นระยะเวลา 7 วัน จากผลการศึกษารูปร่างสัณฐานแสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มทั้ง 2 ชนิดที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะเริ่มเกิดการเจริญเติบโตของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์เมื่อระยะเวลาผ่านไป 3 วัน โดยการเจริญเติบโตของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์บนแผ่นฟิล์มไคโตซานจะมีมากกว่าบนแผ่นฟิล์มเจลลาติน เนื่องจากโครงสร้างของไคโตซานมีหมู่ไฮดรอกซิลที่ช่วยในการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์ แต่เมื่อทำการศึกษาแผ่นฟิล์มที่ผ่านการแช่โซเดียมซิลิเกต จะเริ่มเกิดการเจริญเติบโตของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์เมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 วัน และเมื่อระยะเวลาในการแช่สารละลาย SBF เพิ่มขึ้น ขนาดของผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์จะมีขนาดใหญ่ขึ้น

ตามไปด้วย แต่ที่ระยะเวลา 7 วัน แผ่นฟิล์มเจลาตินเกิดการย่อยสลายทำให้ผลึกของไฮดรอกซีอะพาไทต์หลุดหายไป ดังนั้นการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์จะสามารถก่อตัวได้ดีบนแผ่นฟิล์มไคโตซานที่มีสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายโซเดียมซิลิเกตเป็นตัวช่วยในการเกิดปฏิกิริยา

ข้อเสนอแนะ

ในขั้นตอนการเตรียมแผ่นฟิล์มไคโตซานและเจลาตินด้วยวิธีการจุ่มเคลือบ ควรควบคุมอุณหภูมิในการอบแห้งให้คงที่ที่ 60 องศาเซลเซียส ส่วนการแช่สารละลาย SBF ควรกำหนดอุณหภูมิของสารละลายให้คงที่ ที่ 37 องศาเซลเซียส และในการศึกษาการก่อตัวของชั้นไฮดรอกซีอะพาไทต์โดยการนำแผ่นฟิล์มไคโตซานและเจลาตินไปแช่ในสารละลาย SBF ควรแช่เกิน 7 วัน เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ผลการทดลองในงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

วิทเชษฎ์ พิชัยศักดิ์. (สิงหาคม 2560). **การรักษากระดูกหักด้วยการผ่าตัดดามโลหะ**. ภาควิชาศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิคส์และกายภาพบาบัด: คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล. สืบค้นจาก http://www.si.mahidol.ac.th/sidoctor/e-pl/articledetail.asp?id=158

ลือพงศ์ แก้วศรีจันทร์ และเจษฎี แก้วศรีจันทร์. (2554). **ประเมินสมบัติทางกายภาพและชีวภาพของกระดูกเทียมที่เตรียมจากพอลิโปรเลคโตนและสารอนินทรีย์ฟอตเฟส**. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

อรวรรณ สุวรรณทอง. (2558). กระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตสาหรับประยุกต์ใช้ทางการแพทย์. **วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 43(4), 564-578. ค้นคืนจาก http://scijournal.kku.ac.th/files/Vol_43_No_3_P_564-578.pdf

สามารถ ยานวงษ์. (2557). **ผลของน้ำมันหอมระเหยและสารเชื่อมขวางต่อสมบัติของฟิล์มเจลาตินกินได้จากหนังปลา**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์ ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Fraga, A. F., Filho, E. A., Rigo, E. C. S. & Boschi, A. O. (2010). Synthesis of Chitosan/Hydroxyapatite Membranes Coated with Hydroxycarbonate Apatite for Guided Tissue Regeneration Purposes. **Applied Surface Science**. 257, 3888-3892.

Hayakawa, S., Tsuru, K., Ohtsuki, C. & Osaka, A. (1999). Mechanism of Apatite Formation on a Sodium Silicate Glass in a Simulated Body Fluid. **The Journal of the American Ceramic Society**. 82(8), 2155-2160.

Kokubo, T. (1998). Apatite Formation on Surfaces of Ceramics. **Metals and Polymers in Body Environment. Great Britain**. 46, 2519-2527.

Park, K. H., Kim, S. J., Jeong, Y. H., Moon, H. J. & Song, H. J. (2018). Fabrication and Biological Properties of Calcium Phosphate/chitosan Composite Coating on Titanium in Modified SBF. **Materials Science & Engineering**. 90, 113 - 118.

Takara, E. A., Marchese, J. & Ochoa, N. A. (2015). NaOH Treatment of Chitosan Films: Impact on Macromolecular Structure and Film Properties. **Carbohydrate Polymers**. 132, 25 - 30.

การคัดกรองแบคทีเรียกรดแลคติกที่ผลิตแบคทีริโอซินที่ต้านการเจริญต่อเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus*

นิโรบล มาอุ่น[1*] อรภัค เรี่ยมทอง[2] พรพรรณ ดีระพัฒน์[3]

บทคัดย่อ

ในประเทศไทย *Vibrio parahaemolyticus* เป็นสาเหตุอันดับหนึ่งของโรคอาหารเป็นพิษ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคกระเพาะอาหารและลำไส้อักเสบทั่วโลกที่มีความสัมพันธ์กับการบริโภคอาหารทะเลดิบหรือปรุงไม่สุก ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดกรองแบคทีเรียกรดแลคติกที่สามารถผลิตแบคทีริโอซินต่อต้านเชื้อ *V. parahaemolyticus* แบคทีเรียกรดแลคติกที่แยกได้จากอาหารทั้งหมด 86 สายพันธุ์ถูกนำมาคัดกรองหาแบคทีเรียผู้ผลิตแบคทีริโอซิน โดยวิธี Agar disc diffusion assay พบ 19 สายพันธุ์ที่สามารถยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus* และเพื่อเป็นการยืนยันฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียนี้เกิดจากแบคทีริโอซิน จึงนำมาทดสอบด้วยวิธี agar well diffusion assay พบว่ามีเพียง 16 สายพันธุ์ที่ยังคงสามารถยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus* โดยสายพันธุ์ LAB 19 ถูกเลือกมาศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากออกฤทธิ์ได้มากต่อเชื้อ *V. parahaemolyticus* นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *P. aeruginosa* ATCC 27853 และ *S. maltophilla* ATCC 51331 ได้อีกด้วย สายพันธุ์ LAB 19 เพาะแยกได้จากแหนมเห็ด ซึ่งมีกิจกรรมของแบคทีริโอซินต่อเชื้อ *V. parahaemolyticus* เท่ากับ 160 Au ต่อมิลลิลิตร และได้รับการระบุว่าเป็น *Pediococcus pentosaceus* โดยวิธี MALDI-TOF mass spectrometry สารยับยั้งนี้ได้รับการทดสอบยืนยันว่าเป็นโปรตีนซึ่งเป็นคุณสมบัติของแบคทีริโอซิน โดยจะออกฤทธิ์ต่อต้านเชื้อจุลชีพได้ในสภาวะที่เป็นกรดเท่านั้น และสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้ทั้ง 30 สายพันธุ์ที่นำมาทดสอบ สายพันธุ์เหล่านี้ประกอบไปด้วยสายพันธุ์ที่สามารถก่อโรคได้ร้อยละ 80 และสายพันธุ์ที่ไม่มีปัจจัยก่อโรครุนแรงร้อยละ 20 ของสายพันธุ์ที่ได้รับการทดสอบ

คำสำคัญ: แบคทีริโอซิน แบคทีเรียกรดแลคติก *Vibrio parahaemolyticus* *Pediococcus pentosaceus*

[1] *หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโรคติดเชื้อและวิทยาการระบาด มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร e-mail:* Nirobon.maoon@gmail.com

[2] *ภาควิชาชีวโมเลกุลและพันธุศาสตร์โรคเขตร้อน คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร e-mail: onrapak.rea@mahidol.ac.th*

[3] *ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร e-mail: pornphan.dir@mahidol.ac.th*

* *ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:* Nirobon.maoon@gmail.com

SCREENING OF BACTERIOCIN PRODUCING LACTIC ACID BACTERIA AGAINST *Vibrio parahaemolyticus*

Nirobon Maoon[1*] Onrapak Reamtong[2] Pornphan Diraphat [3]

Abstract

In Thailand, *V. parahaemolyticus* is the major cause of food poisoning. It causes acute gastroenteritis that associated with raw or undercooked seafood consumption around the world. The aim of this study was to screen bacteriocin producing lactic acid bacteria against *V. parahaemolyticus.* Lactic acid bacteria 86 isolates from food samples were screened for bacteriocin production using agar-disc diffusion assay. Nineteen isolates that inhibited growth of *V. parahaemolyticus* were confirmed for the bacteriocin activity using agar-well diffusion assay. It was found that 16 isolates could inhibit *V. parahaemolyticus*. Isolate LAB 19 that isolated from fermented mushroom was selected for further study due to the high antimicrobial activity against *V. parahaemolyticus*. Moreover, it could also inhibit growth of *P. aeruginosa* ATCC 27853 and *S. maltophilla* ATCC 51331.The bacteriocin activity against *V. parahaemolyticus* was 160 Au/ml. LAB 19 was identified as *Pediococcus pentosaceus* by MALDI-TOF mass spectrometry. The inhibitory substance was confirmed for proteinaceous nature which is the property of bacteriocin. The bacteriocin has antimicrobial activity only under acidic condition. Bacteriocin LAB 19 could also inhibit growth of the 30 selected strains of *V. parahaemolyticus* including pathogenic strains 80 % and non-virulent strains 20 %

Keywords: Bacteriocin*, Lactic acid bacteria, Vibrio parahaemolyticus*, *Pediococcus pentosaceus*

[1] *Master of Science (Public Health) Program in Infectious Diseases and Epidemiology, Mahidol University, e-mail:* Nirobon.maoon@gmail.com

[2] *Department of Molecular Tropical Medicine and Genetics, Faculty of Tropical Medicine, Mahidol University, e-mail: onrapak.rea@mahidol.ac.th*

[3] *Department of Microbiology, Faculty of Public Health, Mahidol University, e-mail: pornphan.dir@mahidol.ac.th*

** Corresponding author, e-mail:* Nirobon.maoon@gmail.com

บทนำ

Vibrio parahaemolyticus เป็นแบคทีเรียแกรมลบที่เจริญได้ดีในสภาวะที่มีความเข้มข้นของเกลือสูง แบคทีเรียนี้จะอาศัยอยู่บริเวณปากแม่น้ำ ทะเล และแนวชายฝั่งทะเล (Johnson et al., 2012) *V. parahaemolyticus* มักพบในสภาวะที่เคลื่อนที่ได้โดยอาศัยแฟลกเจลลัมขั้วเดี่ยวและเคลื่อนที่ไปเกาะติดอยู่กับแพลงก์ตอน ปลา สัตว์น้ำจำพวกมีเปลือก (เช่น กุ้ง ปู หอย) หรือสารแขวนลอยอื่น ๆ ใต้น้ำ (Gode-Potratz, Kustusch, Breheny, Weiss, & McCarter, 2011) ทำให้ตรวจพบเชื้อ *V. parahaemolyticus* ในตัวอย่างอาหารทะเล เช่น ปลา หอย กุ้ง เป็นต้น (Nakaguchi, 2013) นอกจากนี้ในประเทศไทยยังพบการปนเปื้อนเชื้อ *V. parahaemolyticus* ในตัวอย่างเลือดไก่ทั้งในขั้นตอนก่อนต้ม และในเลือดไก่ที่ต้มแล้ว (นิภาพรรณ สฤษดิ์อภิรักษ์, 2558) *V. parahaemolyticus* เป็นเชื้อสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดโรคกระเพาะอาหารและลำไส้อักเสบที่มีความสัมพันธ์กับการบริโภคอาหารทะเลดิบหรือปรุงไม่สุกซึ่งพบได้ทั่วโลก (Daniels et al., 2000) เชื้อนี้ทำให้เกิดอาการทางคลินิกที่สำคัญ 3 กลุ่ม คือ โรคกระเพาะและลำไส้อักเสบ (โรคที่พบมากที่สุด) การติดเชื้อที่แผล และภาวะโลหิตเป็นพิษ (Tena et al., 2010) ประเทศญี่ปุ่นพบการระบาดของการติดเชื้อนี้เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1950 โดยพบผู้ป่วย 272 คน เสียชีวิต 20 คน เนื่องจากการรับประทานปลาชิราสุ (FUJINO et al., 1953) จากนั้นพบการระบาดอย่างต่อเนื่องทั่วโลก ในประเทศไทย *V. parahaemolyticus* เป็นสาเหตุอันดับหนึ่งของโรคอาหารเป็นพิษ พบมากถึงร้อยละ 51.08 รองลงมา ได้แก่ *Salmonella* spp. ร้อยละ 26.04 และ *Staphylococcus aureaus* ร้อยละ 22.22 (นิภาพรรณ สฤษดิ์อภิรักษ์, 2558) ในผู้ป่วยที่อาการรุนแรงยาปฏิชีวนะที่แนะนำให้ใช้ในการรักษาคือ Tetracycline แต่ปัจจุบันพบว่า *V. parahaemolyticus* ดื้อต่อยา Tetracycline (Labella et al., 2013) ดังนั้น จึงต้องมีการใช้ยาหลายขนานในการรักษาเช่นการใช้ยากลุ่ม cephalosporins ร่วมกับ doxycycline หรือใช้ยา fluoroquinolone อย่างเดียว (Tang et al., 2002) อย่างไรก็ตามพบเชื้อ *V. parahaemolyticus* ดื้อต่อยาหลายชนิด ทำให้การรักษาด้วยยาปฏิชีวนะล้มเหลว ดังนั้น การหาทางเลือกใหม่เพื่อนำมาใช้ทดแทนยาปฏิชีวนะถือว่าเป็นทางเลือกที่ดี และทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจคือ แบคทีริโอซิน

แบคเทอริซินเป็นเปปไทด์ต้านจุลชีพชนิดหนึ่งที่มีขนาดเล็กสังเคราะห์มากจากไรโบโซม แบคทีริโอซินจะถูกหลั่งออกมาจากแบคทีเรียเพื่อออกฤทธิ์ต่อต้านแบคทีเรียชนิดเดียวกันหรือสปีชีส์ใกล้เคียงกัน (Riley & Wertz, 2002) โดยพบว่า ร้อยละ 99 ของแบคทีเรียจะผลิตอย่างน้อยหนึ่งแบคทีริโอซิน (Klaenhammer, 1993) สารพันธุกรรมของแบคทีริโอซินประกอบไปด้วย ยีนที่ควบคุมการสร้างแบคทีริโอซิน และยีนที่ควบคุมการสร้างโปนตีนที่ทำหน้าที่จับกับแบคทีริโอซินเพื่อปกป้องแบคทีเรียผู้ผลิตจากแบคทีริโอซินของตัวเอง (Cotter, Hill, & Ross, 2005) แบคทีริโอซินดีกว่ายาปฏิชีวนะ เนื่องจากแบคทีเรียจะดื้อต่อแบคทีริโอซินได้ยากกว่ายาปฏิชีวนะ เพราะแบคทีริโอซินจะออกฤทธิ์ฆ่าแบคทีเรียเป้าหมายโดยการทำลายโดยตรงที่องค์ประกอบของเซลล์แบคทีเรีย เช่น ผนังเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ ดีเอ็นเอ เป็นต้น อีกทั้งยังไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์มนุษย์และสัตว์ (Zasloff, 2002) ปัจจุบันแบคทีริโอซินที่ผลิตมาจากแบคทีเรียกรดแลกติก (Lactic acid bacteria : LAB) เช่น *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Pediococcus, Lactobacillus* spp. กำลังเป็นที่น่าสนใจ เนื่องจากองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาจัดแบคทีเรียกรดแลกติกและผลิตภัณฑ์สุดท้ายของแบคทีเรียกลุ่มนี้ว่ามีความปลอดภัย (Generally Regarded as Safe: GRAS) สามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารของมนุษย์ได้ (Silva, Silva, & Ribeiro, 2018) และหน่วยงานความปลอดภัยด้านอาหารแห่งสหภาพยุโรป (European Food Safety Authority : EFSA) ก็รับรองความปลอดภัยในการบริโภคแบคทีเรียกรดแลคติกเช่นกัน (Qualified Presumption of safety : QPS) (EFSA, 2007) แบคทีเรียกรดแลกติกเป็นแบคทีเรียแกรมบวก ไม่สร้างเอนไซม์

คะตะเลส และส่วนใหญ่จะผลิตกรดแลกติกเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการหมักคาร์โบไฮเดรต สามารถเจริญได้ในค่าความเป็นกรดเช่นเดียวกับสภาวะในกระเพาะอาหาร (Perumal & Venkatesan, 2017) แบคทีริโอซินที่ผลิตจากแบคทีเรียกรดแลคติกสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของอาหารเน่าเสีย และเชื้อก่อโรคที่เป็นปัญหาทางด้านสาธารณสุข เช่น *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, และ *Staphylococcus aureus* เป็นต้น (Song, Zhu, & Gu, 2014) ยิ่งไปกว่านั้นแบคทีเรียกรดแลคติกยังสามารถช่วยป้องกันหรือลดความรุนแรงของโรคอุจจาระร่วงได้อีกด้วย (K. M. Yang, Jiang, Zheng, Wang, & Yang, 2014) ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำแบคทีริโอซินและแบคทีเรียกรดแลคติกมาใช้ในการถนอมอาหาร การแพทย์ และการปศุสัตว์ (Yang, Lin, Sung, & Fang, 2014)

จากสถานการณ์ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงจะทำการคัดกรองแบคทีเรียกรดแลคติก ซึ่งสามารถผลิตแบคทีริโอซินที่มีฤทธิ์ในการต่อต้านเชื้อ *V. parahaemolyticus* จากนั้นทำการคัดเลือกแบคทีริโอซินที่มีฤทธิ์ต่อต้านแบคทีเรียเป้าหมายได้ดี ระบุสายพันธุ์ของแบคทีเรียผู้ผลิตและศึกษาคุณลักษณะของแบคทีริโอซิน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อแยกและคัดกรองแบคทีเรียกรดแลคติกที่สามารถผลิตแบคทีริโอซินต่อต้านเชื้อ *V. parahaemolyticus*
2. เพื่อระบุสายพันธุ์ของแบคทีเรียผู้ผลิต
3. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของแบคทีริโอซิน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเพาะเลี้ยงแบคทีเรียผู้ผลิตและแบคทีเรียเป้าหมาย

เพาะเลี้ยงแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกซึ่งแยกได้จากตัวอย่างอาหารบนอาหาร de Man Rogosa Sharpe (MRS) ชนิดแข็ง บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง ในสภาวะที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ จากนั้นเขี่ยโคโลนีเดี่ยวของแบคทีเรียลงในอาหาร MRS ชนิดเหลวและบ่มในสภาวะเดียวกันกับอาหารชนิดแข็ง ส่วนแบคทีเรียเป้าหมายที่เก็บในตู้แช่แข็ง -85 องศาเซลเซียสนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหาร Luria bertani ชนิดแข็ง บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง จากนั้นเขี่ยโคโลนีเดี่ยวของแบคทีเรียลงในอาหาร Luria bertani ชนิดเหลว บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมงในสภาวะที่มีออกซิเจน

2. การคัดกรองแบคทีเรียกรดแลคติกที่สามารถผลิตแบคทีริโอซินที่ต่อต้าน *V. parahaemolyticus* โดยวิธี agar disc diffusion

2.1 การเตรียมของเหลวที่ปราศจากเซลล์แบคทีเรียผู้ผลิต (Cell free culture supernatant: CFCS)

นำเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่บ่มแล้วในอาหาร MRS ชนิดเหลวมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง เพื่อแยกตะกอนเซลล์ออกจากของเหลว ซึ่งของเหลวนี้ประกอบด้วยอาหารชนิดเหลว และสารต่าง ๆ ที่แบคทีเรียหลั่งออกมา (เช่น แบคทีริโอซิน) หลังจากนั้นเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หรือใช้ทดสอบได้ทันที

2.2 การทดสอบ agar disc diffusion

นำเชื้อแบคทีเรียเป้าหมายที่ผ่านการบ่มในอาหารชนิดเหลวนาน 18 ชั่วโมงมาปรับให้ได้ปริมาณเชื้อประมาณ 10^8 CFU/ml ด้วยน้ำเกลือ 0.85% โดยเทียบความขุ่นกับ 0.5 McFarland จากนั้นใช้สำลี

ปราศจากเชื้อป้ายเชื้อลงบนจานอาหาร Luria bertani ชนิดแข็ง ต่อมานำกระดาษกรองปราศจากเชื้อที่ตัดเป็นรูปวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 6 มิลลิเมตรวางบนจานเชื้อแบคทีเรียเป้าหมาย หลังจากนั้นหยด CFCS ปริมาตร 10 ไมโครลิตรลงบนแผ่นกระดาษกรอง และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง ผลการยับยั้งแบคทีเรียจะแสดงให้เห็นเป็นบริเวณยับยั้งรอบ ๆ กระดาษ

3. การทดสอบฤทธิ์การยับยั้ง *V. parahaemolyticus* ของแบคทีริโอซินโดยวิธี agar well diffusion

3.1 การเตรียมของเหลวที่ปราศจากเซลล์แบคทีเรียผู้ผลิต (Cell free culture supernatant: CFCS)

นำเชื้อแบคทีเรียผู้ผลิตที่บ่มแล้วในอาหาร MRS ชนิดเหลวมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอนเซลล์ออกจากของเหลวซึ่งของเหลวนี้ประกอบด้วยอาหารชนิดเหลว และสารต่าง ๆ ที่แบคทีเรียหลั่งออกมา (เช่น แบคทีริโอซิน) จากนั้นนำของเหลวส่วนเหนือตะกอนมากรองผ่านกระดาษกรองรูขนาด 0.2 ไมโครเมตร เพื่อกำจัดเซลล์ของแบคทีเรีย ไวรัส หรือสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ หลังจากนั้นเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสหรือใช้ทดสอบได้ทันที

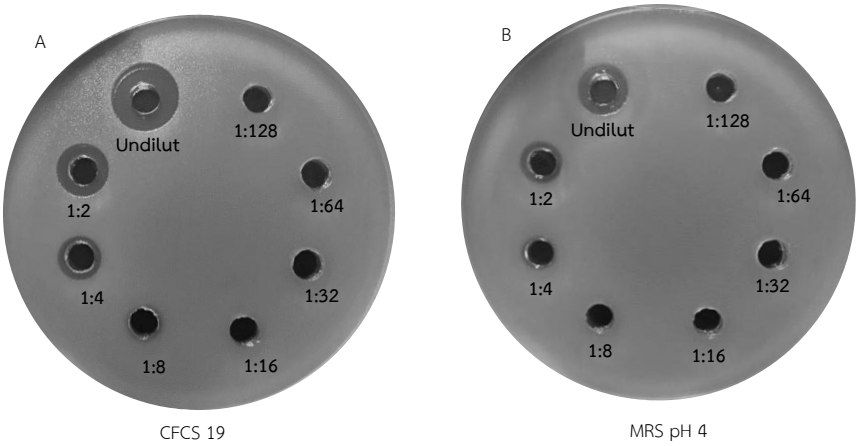
3.2 การทดสอบ Agar well diffusion

นำเชื้อ *V. parahaemolyticus* ที่บ่มแล้วในอาหารชนิดเหลวมาปรับให้ได้ความเข้มข้นของเชื้อ ประมาณ 10^8 CFU ต่อมิลลิลิตร โดยเทียบความขุ่นกับ 0.5 McFarland จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอนเซลล์แบคทีเรียกับของเหลวส่วนบน เทของเหลวส่วนบนทิ้งแล้วผสมแบคทีเรียลงในอาหาร Luria bertani ชนิดกึ่งแข็งที่ผ่านการต้มและทำให้อุ่นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (ปริมาณเชื้อ 10^7 CFU ต่อมิลลิลิตร) หลังจากนั้นเทส่วนผสมข้างต้นลงบนจานอาหาร Luria bertani ชนิดแข็ง และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนอาหารแข็ง จากนั้นทำการเจาะหลุมกว้าง 6 มิลลิเมตรด้วย Pasteur pipette ที่ปลอดเชื้อ และหยอด CFCS ปริมาณ 50 ไมโครลิตรลงในหลุมบนจานอาหารที่มีเชื้อ *V. parahaemolyticus* แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง ผลการยับยั้งแบคทีเรียจะแสดงให้เห็นเป็นบริเวณยับยั้งรอบ หลุมตัวควบคุมที่ใช้ในการทดลองนี้คือ MSR ที่ปรับ pH ให้เท่ากับ pH ของ CFCS คือ pH 4 เนื่องจาก MRS มีส่วนประกอบของ Sodium acetate ซึ่งกดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียคู่แข่ง และ pH 4 เป็น pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ผ่านการบ่มมาแล้ว (Tagg & McGiven, 1971)

เพื่อวัดกิจกรรมของแบคทีเรียต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *V. parahaemolyticus* CFCS ถูกนำมาเจือจางแบบลำดับสอง (two fold serial dilution) โดยใช้อาหาร Luria bertani ชนิดเหลวที่ปรับ pH เท่ากับ 4 เป็นตัวเจือจาง และหยอด CFCS ปริมาณ 50 ไมโครลิตรของแต่ละความเจือจางลงในหลุมบนจานอาหารที่มีเชื้อ *V. parahaemolyticus* ตัวควบคุมคือ MSR pH4 ที่เจือจางด้วยอาหาร Luria bertani ชนิดเหลว pH 4 เช่นเดียวกัน ผลการยับยั้งแบคทีเรียจะแสดงให้เห็นเป็นบริเวณยับยั้งรอบ ๆ หลุมดังแสดงในภาพที่ 1 โดยรูป A คือ ผลการยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus* ของ CFCS แต่ละความเจือจาง และรูป B คือผลการยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus* ของ MSR pH4 แต่ละความเจือจาง จากนั้นนำมาวัดค่ากิจกรรมของแบคที-ริโอซินในหน่วยของ Arbitrary unit (AU ต่อมิลลิลิตร) ซึ่งคำนวณได้จากส่วนกลับของค่าอัตราการเจือจางสูงสุดที่มีค่ากิจกรรมของแบคทีริโอซินต่อมิลลิลิตร ทุกการทดลองจะทำอย่างน้อย 2 ซ้ำ

4. การระบุสายพันธุ์ของแบคทีเรียผู้ผลิต

การระบุสายพันธุ์ของแบคทีเรียผู้ผลิตแบคทีริโอซินสายพันธุ์ LAB 19 ทำได้โดยวิธี MALDI-TOF mass spectrometry



ภาพที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียสายพันธุ์ LAB 19 ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio parahaemolyticus* โดยโดยวิธี Agar-well diffusion assay

5. การทดสอบความไวต่อเอนไซม์

การทดสอบนี้เป็นการยืนยันว่าสารยับยั้งนี้คือ แบคทีริโอซิน ซึ่งแบคทีริโอซินจะมีคุณสมบัติเป็นโปรตีน โดยสามารถทดสอบด้วยเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนคือ เอนไซม์ทริปซินและโปรติเนสเค และทดสอบด้วยเอนไซม์คะตาเลสเพื่อยืนยันว่าฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียครั้งนี้ไม่ได้เกิดจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งเป็นสารที่แบคทีเรียบางสายพันธุ์สามารถผลิตออกมา เพื่อยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียคู่แข่ง การทดสอบเริ่มจากการผสมแบคทีริโอซินกับเอนไซม์ 3 ชนิดที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยปรับค่า pH ให้เหมาะสมต่อการทำงานของแต่ละเอนไซม์ ดังนี้ เอนไซม์คะตาเลส pH 4, ทริปซิน pH 7.5 และโปรติเนสเค pH 7.5 หลังจากการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมงแล้ว ทำการปรับค่า pH ของ CFCS ให้เป็น pH 4 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีริโอซิน จากนั้นทดสอบฤทธิ์การยับยั้ง *V. parahaemolyticus* ที่คงเหลืออยู่ของแบคทีริโอซินโดยใช้วิธี Agar well diffusion ตามข้อ 3.3 โดยจะใช้ CFCS ที่ผสมกับน้ำกลั่นปราศจากเชื้อแทนการเติมเอนไซม์เป็นตัวควบคุม

6. การทดสอบความทนต่อความเป็นกรด-ด่าง

ปรับ pH ของแบคทีริโอซินให้อยู่ในช่วง 5.0 - 8.0 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เมื่อปรับ pH แล้วให้นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นแบ่ง CFCS ออกเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งปรับค่า pH กลับมาให้เท่ากับ pH ดั้งเดิมคือ pH 4 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) อีกส่วนหนึ่งไม่ต้องปรับกลับ หลังจากนั้นทดสอบฤทธิ์การยับยั้ง *V. parahaemolyticus* ของแบคทีริโอซินโดยใช้วิธี Agar well diffusion ตามข้อ 3.3 โดยจะใช้ CFCS (pH 4) ที่ไม่ผ่านการปรับ pH เป็นตัวควบคุม

7. การทดสอบฤทธิ์การยับยั้ง *V. parahaemolyticus* หลายสายพันธุ์ของแบคทีริโอซิน

การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งของแบคทีริโอซินต่อเชื้อ *V. parahaemolyticus* 30 สายพันธุ์ โดยใช้วิธี Agar well diffusion ดังแสดงในข้อ 3.3 โดยจะใช้ *V. parahaemolyticus* สายพันธุ์ที่สามารถก่อโรคได้ 24 สายพันธุ์ และสายพันธุ์ที่ไม่มีปัจจัยก่อโรครุนแรงอีก 6 สายพันธุ์

ผลการวิจัย

1. การคัดกรองแบคทีเรียกรดแลกติกที่สามารถผลิตแบคทีริโอซินที่ยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus*

แบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมด 86 สายพันธุ์ถูกนำไปคักดกรองเบื้องต้นโดย Agar disc diffusion assay พบว่าสามารถยับยั้ง *V. parahaemolyticus* ได้ทั้งหมด 19 สายพันธุ์ จากนั้นนำทั้ง 19 สายพันธุ์นี้ไปทดสอบยืนยันด้วยวิธี agar well diffusion assay พบว่า 16 สายพันธุ์ยังคงสามารถยับยั้ง *V. parahaemolyticus* ได้ โดยสายพันธุ์ที่ถูกเลือกสำหรับการศึกษานี้คือ LAB 19 ซึ่งถูกแยกได้จากแหนมเห็ด เนื่องจากสามารถยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้ดี อีกทั้งยังสามารถยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa* ATCC 27853 และ *S. maltophilla* ATCC 51331 ได้อีกด้วย เมื่อทำการทดสอบกิจกรรมของแบคทีริโอซินต่อเชื้อ *V. parahaemolyticus* โดยการเจือจาง CFCS แบบลำดับสอง (two fold serial dilution) ผลแสดงดังตารางที่ 1 พบว่า สารยับยั้งนี้ออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *V. parahaemolyticus* มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งมากกว่า 10 มิลลิเมตร ที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด และสามารถยับยั้งเชื้อเป้าหมายได้ถึงความเจือจางสูงสุดที่ 1:8 และนำมาคำนวณกิจกรรมของแบคทีริโอซินต่อมิลลิลิตร โดยคำนวณจากส่วนกลับของอัตราเจือจางสูงสุดที่ยังสามารถยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้ดังนี้ $\frac{8\times1000\ \mu l}{\text{ปริมาณที่หยอด}=50\mu l}$ เท่ากับ 160 AU ต่อมิลลิลิตร โดยเมื่อทำการระบุสายพันธุ์ของ LAB 19 พบว่าเป็น *Pediococcus pentosaceus* โดยให้ค่า Score value เท่ากับ 1.951 ซึ่งเป็นระดับที่เชื่อถือได้โดยเกณฑ์กำหนดค่า Score value ที่เชื่อถือได้คือค่าที่มากกว่า 1.7

ตารางที่ 1 การทดสอบฤทธิ์ของแบคทีริโอซินในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus*

ระดับความเจือจางของแบคทีริโอซิน	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง[ก]	กิจกรรมของแบคทีริโอซิน (AU ต่อมิลลิลิตร)
เข้มข้น	+++	160
1:2	+++	
1:4	++	
1:8	+	
1:16	-	
1:32	-	

[ก] ช่วงการให้คะแนนของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-8 มม. +, 8-10 มม. ++, >10 มม. +++, ไม่มีโซนยับยั้ง -

2. การศึกษาคุณลักษณะของแบคทีริโอซิน

เมื่อทดสอบความไวต่อเอนไซม์ทริปซินและโปรติเนสเค พบว่ากิจกรรมของแบคทีริโอซินต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *V. parahaemolyticus* ลดลงเมื่อเทียบกับตัวควบคุมที่เติมน้ำกลั่นปลอดเชื้อแทน การเติมเอนไซม์มีกิจกรรมของแบคทีริโอซินเท่ากับ 160 Au ต่อมิลลิลิตร คิดเป็นร้อยละ 100 ลดลงเหลือ 80 Au ต่อมิลลิลิตร คิดเป็นร้อยละ 50 สำหรับการทดสอบความไวต่อเอนไซม์คะตาเลส พบว่าฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียคงเดิมเมื่อเทียบกับตัวควบคุมดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาชนิดของเอ็นไซม์ต่อกิจกรรมของแบคทีริโอซิน

เอนไซม์	ร้อยละของฤทธิ์การยับยั้งที่เหลืออยู่
ตัวควบคุม [ข]	100.0
คะตาเลส	100.0
โปรติเนสเค	50.0
ทริปซิน	50.0

[ข] ตัวควบคุมคือ แบคทีริโอซินที่เติมน้ำกลั่นปลอดเชื้อแทนการเติมเอนไซม์

เมื่อเลี้ยง LAB 19 ในอาหารเหลวชนิด MRS นาน 12 - 48 ชั่วโมง เชื้อจะสร้างกรดทำให้อาหาร MRS มีค่า pH เท่ากับ 4 ซึ่งแบคทีริโอซินนี้จะออกฤทธิ์ต่อต้านเชื้อจุลชีพได้ในสภาวะที่เป็นกรดเท่านั้นดังแสดงในตารางที่ 3 โดยเห็นได้จากการปรับ pH ของแบคทีริโอซินให้เป็น pH 5 - 8 แล้วไม่ได้ปรับค่า pH กลับมาให้เท่ากับ pH 4 แบคทีริโอซินจะไม่สามารถออกฤทธิ์ต้านจุลชีพได้ แต่เมื่อปรับ pH ของแบคทีริโอซินกลับมายัง pH ดั้งเดิม แบคทีริโอซินที่ปรับเป็น pH 5 - 8 ยังคงออกฤทธิ์ต้านจุลชีพได้ แสดงให้เห็นว่าสภาวะที่เป็นด่างไม่ทำลายแบคทีริโอซิน แต่อาจทำให้โครงสร้างเปลี่ยนไปส่งผลให้ไม่สามารถทำงานได้

ตารางที่ 3 ผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่อความคงตัวของแบคทีริโอซิน

ค่า pH	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง[ก]	
	ไม่ปรับค่า pH กลับมาที่ pH 4	ปรับค่า pH กลับมาที่ pH 4
pH 4[ค]	+++	+++
pH 5	-	+++
pH 6	-	+++
pH 7	-	+++
pH 8	-	+++

[ก] ช่วงการให้คะแนนของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-8 มม. +, 8-10 มม. ++, >10 มม. +++, ไม่มีโซนยับยั้ง -
[ค] ตัวควบคุมคือ แบคทีริโอซินที่ค่า pH ดั้งเดิมเท่ากับ pH 4

ตารางที่ 4 แสดงถึงผลการยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus* ของแบคทีริโอซินที่ผลิตจาก LAB 19 สามารถยับยั้งได้ทั้ง 30 สายพันธุ์ที่นำมาทดสอบ อันประกอบไปด้วยสายพันธุ์ที่สามารถก่อโรคได้ร้อยละ 80 (24/30 สายพันธุ์) และสายพันธุ์ที่ไม่มีปัจจัยก่อโรครุนแรงร้อยละ 20 (6/30 สายพันธุ์) ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งมากกว่า 10 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้ง *V. parahaemolyticus* หลายสายพันธุ์ของแบคทีริโอซิน

ลำดับ	สายพันธุ์	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง[ก]
1	89	+++
2	90	+++
3	129	+++
4	144	+++
5	180	++
6	225	+++
7	227-1	+++
8	309-1	+++
9	323	+++
10	337-1	+++
11	357	+++
12	365	+++
13	375	+++
14	526	+++
15	566	+++
16	843	+++
17	52	+++
18	77	+++
19	108	+++
20	111	+++
21	307	+++
22	319	+++
23	320	+++
24	321	+++
25	4-1	+++
26	362	+++
27	577	+++
28	578	+++
29	579	+++
30	580-1	+++

[ก] ช่วงการให้คะแนนของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-8 มม. +, 8-10 มม. ++, >10 มม. +++, ไม่มีโซนยับยั้ง -

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดกรองแบคทีเรียกรดแลคติกที่สามารถผลิตแบคทีริโอซินต่อต้านเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* โดยทดสอบแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมด 86 สายพันธุ์ที่แยกได้จากตัวอย่างอาหาร โดยนำมาคัดกรองเบื้องต้นเพื่อค้นหาแบคทีเรียที่สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus* โดยวิธี Agar disc diffusion assay พบว่า ร้อยละ 22.1 (19/86 สายพันธุ์) ของแบคทีเรียกรดแลคติกสามารถออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้ และเพื่อเป็นการยืนยันฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียนี้เกิดจากแบคทีริโอซิน ผู้วิจัยนำทั้ง 19 สายพันธุ์มาทดสอบด้วยวิธี agar well diffusion assay ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบแบคทีริโอซิน จากผลการทดสอบพบว่ามีเพียง 16 สายพันธุ์ที่สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้ที่ 10^7 CFU ต่อมิลลิลิตร ซึ่งเป็นปริมาณของเชื้อที่สามารถก่อโรคได้ ส่วนอีก 3 สายพันธุ์ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้ การทดสอบด้วยวิธี Agar disc diffusion assay ที่ให้ผลบวกอาจเกิดจากสารยับยั้งจุลชีพอื่นที่แบคทีเรียกรดแลคติกผลิตออกมา เช่น H_2O_2 เอทานอล หรือกรดอินทรีย์อื่น เป็นต้น (Ocana, de Ruiz Holgado, & Nader-Macias, 1999) จากผลการทดสอบข้างต้นผู้วิจัยได้เลือกสายพันธุ์ LAB 19 มาใช้ในการศึกษานี้ เพราะนอกจากสามารถยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus* แล้วยังสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *P. aeruginosa* ATCC 27853 และ *S. maltophilla* ATCC 51331 ได้อีกด้วย เมื่อทดสอบกิจกรรมของแบคทีริโอซินต่อเชื้อ *V. parahaemolyticus* โดยการเจือจาง CFCS แบบลำดับสอง (two fold serial dilution) คำนวณกิจกรรมของแบคทีริโอซินได้เท่ากับ 160 AU ต่อมิลลิลิตร ซึ่งระดับของการยับยั้งนี้ถือว่ายังไม่สูงมาก เนื่องจากเยื่อหุ้มชั้นนอกของผนังเซลล์ในแบคทีเรียแกรมลบจะทำหน้าที่เป็นตัวกีดกั้นโดยธรรมชาติต่อต้านแบคทีริโอซินที่ผลิตจากแบคทีเรียแกรมบวก (Prudencio, Dos Santos, & Vanetti, 2015) อย่างไรก็ตามแบคทีริโอซินที่ผลิตมากจากแบคทีเรียกรดแลคติกก็ยังคงเป็นที่น่าสนใจ เนื่องจากองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (FDA) จัดแบคทีเรียกรดแลกติกและผลิตภัณฑ์สุดท้ายของแบคทีเรียกลุ่มนี้ว่ามีความปลอดภัย (Generally Regarded as Safe: GRAS) และสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารของมนุษย์ได้ (Silva et al., 2018) อีกทั้งหน่วยงานความปลอดภัยด้านอาหารแห่งสหภาพยุโรป (European Food Safety Authority : EFSA) ก็รับรองความปลอดภัยในการบริโภคแบคทีเรียกรดแลคติกเช่นกัน (Qualified Presumption of safety : QPS) (EFSA, 2007) เมื่อทำการระบุสายพันธุ์ของ LAB 19 โดยวิธี MALDI-TOF mass spectrometry พบว่าเป็น *Pediococcus pentosaceus* ซึ่งมีรายชื่อปรากฏอยู่ในฐานข้อมูล QPS โดยทั่วไปเชื้อนี้สามารถเพาะแยกได้จากหลายแหล่ง เช่น อาหารหมักดอง ผลิตภัณฑ์จากนม พืช และดิน เป็นต้น (Shukla & Goyal, 2014) LAB 19 ถูกเพาะแยกได้จากแหนมเห็ดซึ่งเป็นอาหารหมักดองชนิดหนึ่งที่มีรสเปรี้ยว และเห็ดเจริญเติบโตได้บนดิน ต่อมาได้ทำการศึกษาคุณลักษณะของแบคทีริโอซินที่ผลิตจาก LAB 19 ในด้านความไวต่อเอนไซม์ ความทนต่อความเป็นกรด-ด่าง (pH) และทดสอบฤทธิ์การยับยั้งของแบคทีริโอซินต่อเชื้อ *V. parahaemolyticus* จำนวน 30 สายพันธุ์ เมื่อทำการทดสอบความไวต่อเอนไซม์ พบว่าฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียของแบคทีริโอซินที่ผลิตจาก LAB 19 ลดลงเมื่อสัมผัสกับเอนไซม์โปรติเนสเคและทริปซินที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่าสารต้านจุลชีพนี้มีคุณสมบัติเป็นโปรตีน ซึ่งเป็นคุณสมบัติหนึ่งของแบคทีริโอซินและผลของการยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus* ไม่ได้เกิดจากก๊าสไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เนื่องจากเอนไซม์คะตาเลสไม่มีผลต่อฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย หากเชื้อผลิต H_2O_2 เอนไซม์คะตาเลสจะเปลี่ยน H_2O_2 เป็นออกซิเจนและน้ำทำให้ฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียหมดไป แบคทีริโอซินนี้จะออกฤทธิ์ต่อต้านเชื้อจุลชีพได้ในสภาวะที่เป็นกรดเท่านั้นซึ่งในสภาวะนี้แบคทีริโอซินสามารถจับกับผิวของเซลล์เป้าหมายได้ดี (Milioni et al., 2015) แบคทีริโอซิน

ที่ผลิตจาก LAB 19 สามารถยับยั้งเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้ทั้ง 30 สายพันธุ์ที่นำมาทดสอบ ซึ่งประกอบไปด้วยสายพันธุ์ที่สามารถก่อโรคได้ร้อยละ 80 (24/30 สายพันธุ์) และสายพันธุ์ที่ไม่มีปัจจัยความรุนแรงร้อยละ 20 (6/30 สายพันธุ์) โดยทั่วไปแบคทีริโอซินจะยับยั้งเชื้อสายพันธุ์ที่ใกล้เคียงกัน ในการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าแบคทีริโอซินจากแบคทีเรียแกรมบวกสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบได้

ข้อเสนอแนะ

แบคทีริโอซินเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการใช้ทดแทนยาปฏิชีวนะ โดยเฉพาะอย่างแบคทีริโอซินที่ผลิตมาจากแบคทีเรียกรดแลคติก ถึงแม้ว่าฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมลบจะยังไม่สูงมาก การนำวิธีการทางพันธุวิศวกรรมมาช่วยในการแก้ไขข้อบกพร่องนี้ให้ดีขึ้นได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพรรณ ดีระพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรภัค เรี่ยมทอง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ชนม์ชนก ถีถะแก้ว อาจารย์ประจำภาควิชาจุลชีววิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่อนุเคราะห์เชื้อ *V. parahaemolyticus* จำนวน 30 สายพันธุ์ เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณทุนวิจัยจาก CRDF Global ที่ช่วยสนับสนุนเงินทุนในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

นิภาพรรณ สฤษดิ์อภิรักษ์, กรรณิการ์ หมอนพังเทียม และจินต์ศุจี กอบกุลธร. (2558). ใน พจมาน ศิริอารยา-ภรณ์, และวันชัย อาจเขียน (บรรณาธิการ). **สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรคประจำปี 2557 = Annual epidemiological surveillance report 2014**. (หน้า 129-131). นนทบุรี: สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค.

Cotter, P. D., Hill, C., & Ross, R. P. (2005). Bacteriocins: developing innate immunity for food. **Nat Rev Microbiol**, 3(10), 777-788. doi:10.1038/nrmicro1273

Daniels, N. A., MacKinnon, L., Bishop, R., Altekruse, S., Ray, B., Hammond, R. M., Slutsker, L. (2000). Vibrio parahaemolyticus infections in the United States, 1973-1998. **J Infect Dis**, 181(5), 1661-1666. doi:10.1086/315459

EFSA. (2007). **Introduction of a Qualified Presumption of Safety (QPS) approach for assessment of selected microorganisms referred to EFSA - Opinion of the Scientific Committee**. 587, 1-16.

FUJINO, T., OKUNO, Y., NAKADA, D., AOYAMA, A., FUKAI, K., MUKAI, T., & UEHO, T. (1953). On the Bacteriological Examination of Shirasu-Food Poisoning. **Medical Journal of Osaka University**, 4, 299-304.

Gode-Potratz, C. J., Kustusch, R. J., Breheny, P. J., Weiss, D. S., & McCarter, L. L. (2011). Surface sensing in Vibrio parahaemolyticus triggers a programme of gene expression that promotes colonization and virulence. **Mol Microbiol**, 79(1), 240-263. doi:10.1111/j.1365-2958.2010.07445.x

Johnson, C. N., Bowers, J. C., Griffitt, K. J., Molina, V., Clostio, R. W., Pei, S., & Colwell, R. R. (2012). Ecology of Vibrio parahaemolyticus and Vibrio vulnificus in the coastal and estuarine waters of Louisiana, Maryland, Mississippi, and Washington (United States). **Appl Environ Microbiol**, 78(20), 7249-7257. doi:10.1128/AEM.01296-12

Klaenhammer, T. R. (1993). Genetics of bacteriocins produced by lactic acid bacteria. **FEMS Microbiol Rev**, 12(1-3), 39-85.

Labella, A., Gennari, M., Ghidini, V., Trento, I., Manfrin, A., Borrego, J. J., & Lleo, M. M. (2013). High incidence of antibiotic multi-resistant bacteria in coastal areas dedicated to fish farming. **Mar Pollut Bull**, 70(1-2), 197-203. doi:10.1016/j.marpolbul.2013.02.037

Milioni, C., Martínez, B., Degl’Innocenti, S., Turchi, B., Fratini, F., Cerri, D., & Fischetti, R. (2015). A novel bacteriocin produced by Lactobacillus plantarum LpU4 as a valuable candidate for biopreservation in artisanal raw milk cheese. **Dairy Science & Technology**, 95(4), 479-494. doi:10.1007/s13594-015-0230-9

Nakaguchi, Y. (2013). Contamination by Vibrio parahaemolyticus and Its Virulent Strains in Seafood Marketed in Thailand, Vietnam, Malaysia, and Indonesia. **Trop Med Health**, 41(3), 95-102. doi:10.2149/tmh.2011-06

Ocana, V. S., de Ruiz Holgado, A. A., & Nader-Macias, M. E. (1999). Growth inhibition of Staphylococcus aureus by H2O2-producing Lactobacillus paracasei subsp. paracasei isolated from the human vagina. **FEMS Immunol Med Microbiol**, 23(2), 87-92.

Perumal, V., & Venkatesan, A. (2017). Antimicrobial, cytotoxic effect and purification of bacteriocin from vancomycin susceptible Enterococcus faecalis and its safety evaluation for probiotization. **LWT - Food Science and Technology**, 78, 303-310. doi:10.1016/j.lwt.2016.12.048

Prudencio, C. V., Dos Santos, M. T., & Vanetti, M. C. (2015). Strategies for the use of bacteriocins in Gram-negative bacteria: relevance in food microbiology. **J Food Sci Technol**, 52(9), 5408-5417. doi:10.1007/s13197-014-1666-2

Riley, M. A., & Wertz, J. E. (2002). Bacteriocins: evolution, ecology, and application. **Annu Rev Microbiol**, 56, 117-137. doi:10.1146/annurev.micro.56.012302. 161024

Shukla, R., & Goyal, A. (2014). Probiotic Potential of Pediococcus pentosaceus CRAG3: A New Isolate from Fermented Cucumber. **Probiotics and Antimicrobial Proteins**, 6(1), 11-21. doi:10.1007/s12602-013-9149-8

Silva, C. C. G., Silva, S. P. M., & Ribeiro, S. C. (2018). Application of Bacteriocins and Protective Cultures in Dairy Food Preservation. **Front Microbiol**, 9, 594. doi:10.3389/fmicb.2018.00594

Song, D. F., Zhu, M. Y., & Gu, Q. (2014). Purification and characterization of Plantaricin ZJ5, a new bacteriocin produced by Lactobacillus plantarum ZJ5. **PLoS One**, 9(8), e105549. doi:10.1371/journal.pone.0105549

Tagg, J. R., & McGiven, A. R. (1971). Assay system for bacteriocin.pdf. **Applied Microbiology**, 21(5), 943.

Tang, H. J., Chang, M. C., Ko, W. C., Huang, K. Y., Lee, C. L., & Chuang, Y. C. (2002). In Vitro and In Vivo Activities of Newer Fluoroquinolones against Vibrio vulnificus. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, 46(11), 3580-3584. doi:10.1128/aac.46.11.3580-3584.2002

Tena, D., Arias, M., Alvarez, B. T., Mauleon, C., Jimenez, M. P., & Bisquert, J. (2010). Fulminant necrotizing fasciitis due to Vibrio parahaemolyticus. **J Med Microbiol**, 59(Pt 2), 235-238. doi:10.1099/jmm.0.014654-0

Yang, K. M., Jiang, Z. Y., Zheng, C. T., Wang, L., & Yang, X. F. (2014). Effect of Lactobacillus plantarum on diarrhea and intestinal barrier function of young piglets challenged with enterotoxigenic Escherichia coli K881. **Journal of Animal Science**, 92(4), 1496-1503. doi:10.2527/jas.2013-6619

Yang, S. C., Lin, C. H., Sung, C. T., & Fang, J. Y. (2014). Antibacterial activities of bacteriocins: application in foods and pharmaceuticals. **Front Microbiol**, 5, 241. doi:10.3389/fmicb.2014.00241

Zasloff, M. (2002). Antimicrobial peptides of multicellular organisms. **Nature**, 415(6870), 389-395. doi:10.1038/415389a

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์สบู่เหลวขมิ้นชัน ด้วยสารสกัดคาเฟอีนและสารประกอบฟีนอลิกจากกากกาแฟบด

พชรวรรณ รัตนทรงธรรม[1*] วรัญญา ผดุงศิลป์[2] วิไลวรรณ เลื่อนแก้ว[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการต้านทานอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์สบู่เหลวขมิ้นชันด้วยสารสกัดคาเฟอีนและสารประกอบฟีนอลิกจากกากกาแฟ คาเฟอีนและสารประกอบฟีนอลลิกรวมถูกสกัดจากกากกาแฟบด ด้วยตัวทำละลายต่าง ๆ ได้แก่ น้ำ ไดคลอโรมีเทน และเอทานอลที่ความเข้มข้น 30 50 และ 70 %v/v ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกด้วยวิธี Folin-Ciocalteu และคาเฟอีนด้วยเทคนิค ยูวี วิซิเบิล สเปคโทร เมทรี พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดคาเฟอีนและสารประกอบฟีนอลลิกจากกากกาแฟออกมาได้มากที่สุด คือการสกัดโดยใช้เอทานอลที่มีความเข้มข้น 50 %v/v เป็นตัวทำละลายในการสกัด ที่อุณหภูมิ 60 ^{0}C เป็นเวลา 90 นาที โดยปริมาณคาเฟอีน และสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้เท่ากับ 50.20 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 501.95 mg GAE/L ตามลำดับ จากผลการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารละลายขมิ้นชัน และสารสกัดจากกากกาแฟด้วยวิธี FRAP พบว่า สารสกัดจากกากกาแฟมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีกว่าสารละลายขมิ้นชัน โดยค่าความสามารถในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากกากกาแฟ และสารละลายขมิ้นชัน เท่ากับ 153.21±2.58 และ 140.44±0.04 mg Fe^{2+}/g ตามลำดับ จากนั้นพัฒนาผลิตภัณฑ์สบู่เหลวโดยการเติมสารละลายขมิ้นชัน และ สารสกัดจากกากกาแฟ ในอัตราส่วน เท่ากับ 1 ต่อ 1 ต่อน้ำหนักสบู่เหลวสูตรพื้นฐาน 30 กรัม และทดสอบคุณสมบัติทั่วไปของสบู่เหลวที่เตรียมขึ้น ได้แก่ ความสามารถในการเกิดฟอง และ pH สรุปได้ว่าสารสกัดจากกากกาแฟบดที่เหลือใช้แล้วนั้น มีคุณสมบัติที่ดีและเหมาะสมที่จะใช้เป็นสารเติมแต่งในสบู่เหลวขมิ้นชั้นเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสบู่เหลวให้ดีมากยิ่งขึ้นได้ อีกทังยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุเหลือทิ้งอีกด้วย

คำสำคัญ: ความสามารถในการอนุมูลอิสระ สารสกัดกากกาแฟบด สารประกอบฟีนอลลิก คาเฟอีน

---

[1] *อาจารย์ สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail:* pacharawan@vru.ac.th

[2] *นักศึกษา ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเคมีและวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: platyland@hotmail.com*

[3] *นักศึกษา ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเคมีและวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: aom_araya139@outlook.co.th*

* *ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:* pacharawan@vru.ac.th

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF TURMERIC LIQUID SOAP WITH CAFFEINE AND PHENOLIC COMPOUNDS EXTRACTED FROM COFFEE GROUND WASTE

P. Ratanasongtham[1*] W. Phadungsin[2] W. Luenkaew[3]

Abstract

The aim of this research was to improve then antioxidant activity of turmeric liquid soap with caffeine and total phenolic compounds (TPCs) from coffee ground waste. Caffeine and total phenolic compounds was extracted from coffee ground waste by using water, dichloromethane and ethanol (30, 50 and 70% v/v) as solvent. TPCs which correlated to the antioxidant activity of extract was investigated according to the Folin-Ciocalteu procedure and calculated as Gallic acid equivalents (GAE). The amount of caffeine and TPC was determined using UV-vis spectrophotometry. The results exhibited that 50 %v/v ethanol at 60 ^{0}C, extraction time for 90 min was the optimum condition for caffeine and phenolic compounds extraction according to the highest concentration of caffeine and TPCs was achieved at 50.20 mg/L and 501.95 mg GAE/L respectively. The antioxidant activity of turmeric solution and coffee ground extract was investigated via spectrometric FRAP method. The coffee ground waste extract exhibited antioxidant activity at the value of 153.21±2.58 mg Fe^{2+}/kg of extract which was better than turmeric solution (140.44±0.04 mg Fe^{2+}/kg of extract). The turmeric liquid soap with coffee ground waste extract was prepared at the ratio of turmeric solution and coffee extract was 1:1 for 30 g of standard liquid soap in order to increase the antioxidant activity of liquid soap.

Keywords: Antioxidant activity, Coffee ground waste extract, Phenolic compounds, Caffeine

[1]*Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage e-mail:* pacharawan@vru.ac.th

[2] *Bachelor degree Student of Education Program in Faculty of Education, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: : platyland@hotmail.com*

[3] *Bachelor degree Student of Education Program in Faculty of Education, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: aom_araya139@outlook.co.th*

** Corresponding author, e-mail:* pacharawan@vru.ac.th

บทนำ

ผลิตภัณฑ์สบู่เหลวเป็นรูปแบบชนิดหนึ่งของผลิตภัณฑ์ประเภททำความสะอาดผิวหนัง ซึ่งปัจจุบันได้รับความสนใจและเป็นที่นิยมมากขึ้นเพื่อมาใช้ทดแทนสบู่อัดก้อน เนื่องจากมีลักษณะเป็นของเหลว ใช้งานง่าย ซึ่งในกระบวนการผลิตสามารถเติมแต่งกลิ่นหอมและสารออกฤทธิ์ของสารสกัดจากพืชได้หลากหลายเพื่อสรรพคุณ เฉพาะบางประการ เช่น ฆ่าเชื้อโรค ลดการอักเสบ ลดรอยแผลเป็น เพิ่มความชุ่มชื้น พืชที่นิยมนำมาใช้เติมแต่งใน สบู่เหลว ได้แก่ ขมิ้นชัน ว่านหางจระเข้ และมะขาม เป็นต้น ขมิ้นชัน (Turmeric) เป็นพืชสมุนไพรที่ถูกนำมาใช้ สำหรับดูแลผิวพรรณของผู้หญิงไทยมาตั้งแต่โบราณ ซึ่งในขมิ้นชัน มีสารสำคัญคือ Curcumin ที่มีฤทธิ์ต้านการแพ้ อีกทั้งยังมีผลในการช่วยยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและสารพิษที่สร้างโดยแบคทีเรียหลายชนิด ซึ่งเป็นสาเหตุของหนอง รวมถึงยับยั้งการเจริญเติบโตและฆ่าเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคผิวหนังได้หลายชนิด (นฤภัทร ตั้งมั่นคงวรกูล และพัชรี ปรีดาสุริยะชัย, 2558) สบู่ขมิ้นชัน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทำความสะอาดผิว ซึ่งมีส่วนผสมของผงขมิ้นชัน มีสรรพคุณ ลดอาการแพ้ การอักเสบ อาการคันของผิวหนังและต่อต้านอนุมูลอิสระ (Pachanawan *et.al*., 2016) สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระได้ ชะลอการเกิดริ้วรอย จึงนิยมผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชำระล้างทำความสะอาดร่างกายในรูปแบบสบู่ก้อนเพื่อให้เหมาะกับทุกสภาพผิว (Wongthongdee *et. al*., 2013)

กาแฟ (Coffee) เป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมไปทั่วโลกเนื่องจากเป็นเครื่องดื่มที่มีปริมาณคาเฟอีน (Caffeine) สูง เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องดื่มจากพืชชนิดอื่น ซึ่งส่วนที่เหลือของกาแฟหลังจากการชง เรียกว่า กากกาแฟ โดยกากกาแฟที่ได้จากการใช้น้ำร้อนอัดผ่านผงกาแฟสดในเวลาไม่นาน คุณค่าที่มีในกากกาแฟยังสูญเสียไปไม่มาก ซึ่งยังคงอุดมไปด้วยคาเฟอีน สารต้านอนุมูลอิสระและมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิระที่ดี (Ungphaiboon *et.al.*, 2005) ในด้านเครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์จากกากกาแฟที่มีคาเฟอีนถูกนำมาใช้เป็นสารเติมแต่งในผลิตภัณฑ์หลายประเภท เช่น ครีมสำหรับดูแลผิวหน้า เซรั่มและบอดี้โลชั่น สครับสำหรับผิวกาย (วนิดา และ อนิสา, 2553) ซึ่งมีคุณสมบัติชะลอการเสื่อมโทรมของเซลล์ผิวไม่ให้แก่ก่อนวัย ลดอาการบวมอักเสบของผิวหนังและลดเซลลูไลท์ (Joao *et.al*., 2011) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์สบู่เหลวขมิ้นชันให้มีคุณค่าและคุณภาพมากขึ้นโดยการเติมสารสกัดจากกากกาแฟ เพื่อปรับปรุงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสบู่เหลวให้ดีขึ้น อีกทั้งยังไม่มีผู้ใดทาการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ การใช้สารสกัด 2 ชนิด มาเป็นส่วนผสมในสบู่เหลวมาก่อน งานวิจัยนี้จึงศึกษากระบวนการที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัดคาเฟอีนและสารประกอบฟีนอลลิกจากกากกาแฟบดให้ได้ปริมาณมากที่สุด ศึกษาความสามารถในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากกากกาแฟ และสารละลายขมิ้นชัน จากนั้นพัฒนาผลิตภัณฑ์สบู่เหลวขมิ้นชันด้วยการเติมสารสกัดจากกากกาแฟเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของสบู่เหลวให้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับพืชสมุนไพรในท้องถิ่นและกากกาแฟซึ่งเป็นของเหลือใช้ ให้เกิดประโยชน์ในขั้นสูงสุดต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการสกัดคาเฟอีนและสารประกอบฟีนอลลิกจากกากกาแฟบดเหลือทิ้ง
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของขมิ้นชันและสารสกัดจากกากกาแฟบด
3. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์สบู่เหลวขมิ้นชันด้วยสารสกัดจากกากกาแฟบด

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บและเตรียมตัวอย่างกากกาแฟ

ตัวอย่างกากกาแฟที่ใช้เป็นกากกาแฟบดที่ได้จากร้านกาแฟ SC café ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูถัมภ์ นำกากกาแฟตัวอย่างมาอบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 50.0 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นเก็บกากกาแฟที่อบแห้งแล้วไว้ในตู้ควบคุมความชื้นก่อนนำมาเข้าสู่กระบวนการสกัด

การเก็บและเตรียมตัวอย่างขมิ้นชัน

ตัวอย่างผงขมิ้นชันเป็นผงขมิ้นชันสมุนไพรยี่ห้อสุภาภรณ์ นำมาเก็บไว้ในตู้ควบคุมความชื้นก่อนนำมาใช้งาน สารละลายขมิ้นชันที่มีความเข้มข้น 3 %w/v เตรียมได้โดยการชั่งผงขมิ้นชันน้ำหนัก 3 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร

การสกัดคาเฟอีนจากกากกาแฟ

ชั่งกากกาแฟน้ำหนัก 10.00 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ จากนั้นเติมสารละลายที่ใช้เป็นตัวทำละลายในการสกัด ปริมาตร 100 mL ได้แก่ น้ำ ไดคลอโรมีเทน และเอทานอลที่มีความเข้มข้น 30, 50 และ 70 %v/v ปิดปากขวดด้วยกระดาษฟอยล์ จากนั้นนำไปเข้าเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิ ที่ความเร็ว 200 รอบ/นาที อุณหภูมิ 60.0 °C เป็นเวลา 90 นาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 270 nm ด้วยเครื่อง ยูวี วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ จากนั้นหาปริมาณคาเฟอีนในสารสกัดกากกาแฟโดยคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายคาเฟอีนในช่วงความเข้มข้น 10-50 mg/L

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมโดยวิธี Folin-Ciocalteu

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดในสารสกัดที่ได้จากกากกาแฟและสารละลายขมิ้นชันโดยใช้ตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ดัดแปลงมาจากวิธีของ Chan และคณะ (Chan *et. al*., 2009) โดยการปิเปตสารสกัดจากกากกาแฟ ปริมาตร 0.10 mL ลงใน หลอดทดลอง เติมสารละลาย Folin Ciocalteu ปริมาตร 2 mL ทิ้งไว้ 2 นาที ณ อุณหภูมิห้อง จากนั้นเติมสารละลาย 2M $NaCO_3$ ปริมาตร 1.50 mL เก็บสารละลายที่ได้ไว้ในที่มืดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิห้อง นำสารละลายดังกล่าวไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 nm ด้วยเครื่อง ยูวี วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมคำนวณเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นที่ได้จากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค ในช่วงความเข้มข้น 20-500 mg/L และรายงานค่าในหน่วยมิลลิกรัมกรดแกลลิก/ลิตร (mg GAE/L)

ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Ferric Reducing Antioxidant Power; FRAP

ปิเปตสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายต่าง ๆ ปริมาตร 0.10 mL ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 4.50 mL นำไปเข้าเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30.0 °C เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำสารละลายดังกล่าวไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์และนำข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาความสามารถในการต้านทานอนุมูลอิสระของสารสกัดโดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานที่แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของ $FeSO_4$ ในช่วงความเข้มข้น 20-500 mg/L ในสารละลายเอทานอล

การเตรียมผลิตภัณฑ์สบู่เหลวสูตรขมิ้นชันและสารสกัดจากกากกาแฟ

เตรียมสบู่เหลวสูตรพื้นฐาน โดยการผสมสารละลายแชมพู EMALAD -25 ปริมาตร 50.00 mL กับผงกรดซิตริก น้ำหนัก 1.30 กรัม จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 75.00 mL และ NaCl 6.50 กรัม ผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติมสารละลายขมิ้นชันที่มีความเข้มข้น 3,000 mg/L และสารสกัดจากกากกาแฟ ในอัตราส่วน เท่ากับ 1 ต่อ 1 ต่อน้ำหนักสบู่เหลว 30 กรัม โดยสัดส่วนการเติมสารละลายขมิ้นชันและสารสกัดจากกากกาแฟในสบู่เหลวสูตรพื้นฐาน แสดงดังตารางที่ 1 จากนั้นศึกษาคุณสมบัติของสบู่เหลวขมิ้นชันและสารสกัดจากกากกาแฟทั้ง 2 สูตร ได้แก่ ปริมาณการเกิดฟองของสบู่ด้วยวิธี Shake foam ในน้ำปะปา และวัดค่า pH ของสบู่เหลวด้วยเครื่องวัด pH ของสารละลาย

ตารางที่ 1 สัดส่วนการเติมละลายขมิ้นชันและสารสกัดจากกากาแฟในสบู่เหลวสบู่เหลวสูตรพื้นฐาน

สูตร	น้ำหนักสบู่เหลวสูตรพื้นฐาน (กรัม)	ปริมาตรสารละลายขมิ้นชัน (mL)	ปริมาตรสารสกัดกากกาแฟ (mL)
ขมิ้นชันกาแฟ-1	30.0	0.50	0.50
ขมิ้นชันกาแฟ-2	30.0	1.00	1.00

ผลการวิจัย

การสกัดคาเฟอีนจากกากกาแฟ

จากการสกัดคาเฟอีนจากกากกาแฟโดยใช้ตัวทำละลาย ในการสกัด คือ น้ำกลั่น ไดคลอโรมีเทน (CH_2Cl_2) และสารละลาย เอทานอล ความเข้มข้น 30 50 และ70 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เมื่อนำสารสกัดไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 270 nm โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานคาเฟอีน ที่มีสมการเส้นตรงเป็น y = 0.1078x + 0.0437 ; R2 = 0.9989 เมื่อเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างกับกราฟมาตรฐานคาเฟอีน ปริมาณคาเฟอีนที่สกัดได้จากกากกาแฟโดยใช้ตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 2

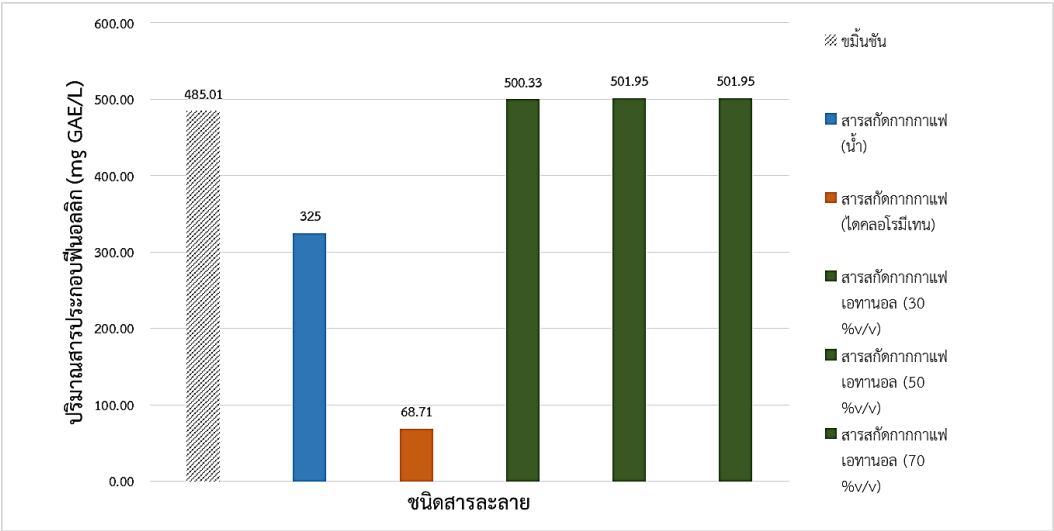
ตารางที่ 2 ปริมาณคาเฟอีนที่สกัดได้จากกากกาแฟบดที่สกัดด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

ชนิดของตัวทำละลาย	ปริมาณคาเฟอีนที่สกัดได้ (mg/L)
น้ำ	6.22 ± 0.08
ไดคลอโรมีเทน	50.65 ± 0.11
เอทานอล (30 %v/v)	46.70 ± 2.21
เอทานอล (50 %v/v)	50.20 ± 0.03
เอทานอล (70 %v/v)	50.31 ± 1.02

จากตารางที่ 2 พบว่า ตัวทำละลายที่สามารถสกัดคาเฟอีนออกมาได้มากที่สุด คือ ไดคลอโรมีเทน โดย คาเฟอีนที่สกัดได้มีความเข้มข้นเท่ากับ 50.65± 0.11 mg/L ซึ่งใกล้เคียงกับการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 50 %v/v (50.20 ± 0.03 mg/L) และการสกัดคาเฟอีนโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายในการสกัดจะสกัดคาเฟอีน ออกมาได้น้อยที่สุดคือ 6.22± 0.08 mg/L

ผลการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในสารสกัดกากกาแฟด้วยวิธี Folin-Ciocalteu

ค่าความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกรวมในสารละลายขมิ้นชันและสารสกัดจากกากกาแฟ (mg GAE/L) คำนวณได้จากการเทียบค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายกับกราฟมาตรฐานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกรดแกลลิกและค่าการดูดกลืนแสงที่มีสมการเส้นตรงเป็น $y = 0.079x + 0.0345$; $R^2 = 0.9988$ ปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกรวมในสารละลายชนิดต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 1

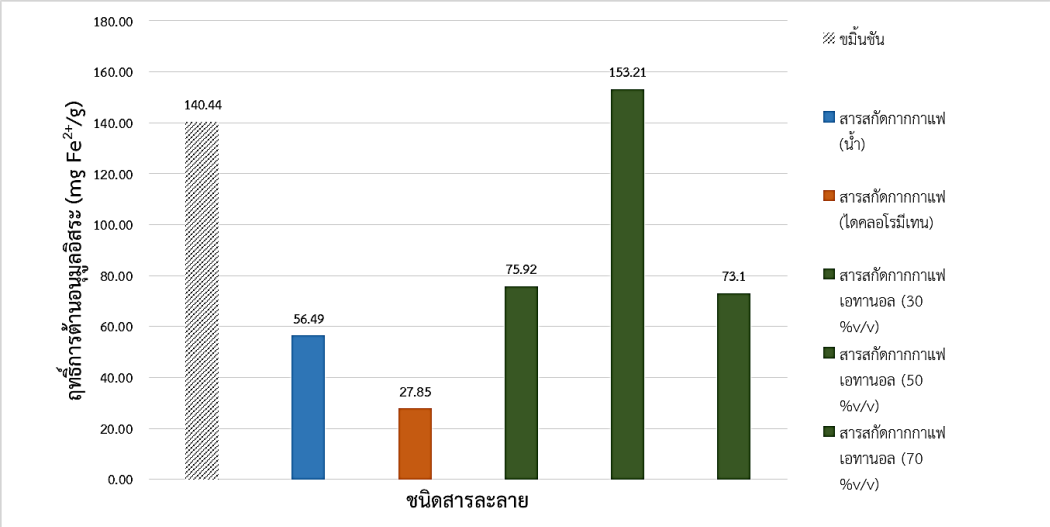


ภาพที่ 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกรวมในสารละลายชนิดต่าง ๆ

จากภาพที่ 1 พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกในสารละลายขมิ้นชันมีค่าเท่ากับ 485.01 mg GAE/L และสารสกัดกากกาแฟที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายในการสกัด สามารถสกัดสารประกอบฟีนอลลิกออกมาได้มากที่สุด เท่ากับ 501.95 mg GAE/L ในขณะที่ความเข้มข้นของเอทานอลนั้นไม่มีผลต่อปริมาณฟีนอลลิกที่สกัดได้มากนัก เนื่องจากปริมาณฟีนอลลิกที่สกัดได้มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจะแสดงผลในหน่วย mg Fe^{2+}/kg โดยคำนวณได้จากการเทียบค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายกับกราฟมาตรฐานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย $FeSO_4$ และค่าการดูดกลืนแสงกราฟมาตรฐานที่ได้เป็นสมการเส้นตรง คือ $y = 0.0139 + 0.0673$; $R^2 = 0.9989$ เมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดมาคำนวณเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน จะได้ค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในสารละลายชนิดต่าง ๆ

จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากกากกาแฟ และสารละลายขมิ้นชันโดยวิธี FRAP สารสกัดจากกากกาแฟที่ใช้เอทานอล 50% v/v เป็นตัวทำละลายจะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่อน้ำหนักแห้งสูงที่สุด และสารละลายขมิ้นชันมีปริมาณของฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 140.44 mg Fe^{2+}/g จากผลการศึกษาปริมาณคาเฟอีน สารประกอบฟีนอลลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากกาแฟที่ใช้ตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ในการสกัด พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดคาเฟอีนและสารประกอบฟีนอลลิกจากกากกาแฟคือการสกัดด้วยเอทานอลที่มีความเข้มข้น 50 %v/v ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 90 นาที โดยจะได้ปริมาณคาเฟอีน สารประกอบฟีนอลิก และปริมาณของฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เท่ากับ 50.20 mg/L 501.95 mg GAE/L และ 153.21±2.58 mg Fe^{2+}/g ตามลำดับ

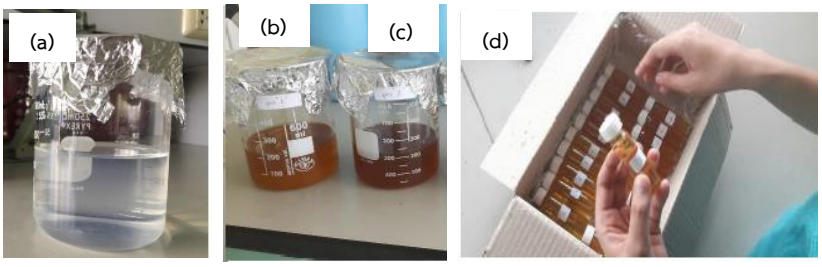
การเตรียมผลิตภัณฑ์สบู่เหลวสูตรขมิ้นชันและสารสกัดจากกากกาแฟ

จากการเตรียมผลิตภัณฑ์สบู่เหลวสูตรขมิ้นชันและสารสกัดจากกากกาแฟจำนวน 2 สูตร คุณสมบัติทั่วไปของสบู่เหลวน้ำหนัก 1 กรัม แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทั่วไปของสบู่เหลวสูตรมาตรฐานและสบู่เหลวขมิ้นชันและสารสกัดจากกากกาแฟ

สูตร	pH	ปริมาณฟอง (mL)
สูตรมาตรฐาน	6.60	60
ขมิ้นชันกาแฟ-1	6.69	60
ขมิ้นชันกาแฟ-2	6.67	62

จากการเติมแต่งสบู่เหลวขมิ้นชันด้วยสารสกัดจากกากกาแฟ ในอัตราส่วนต่าง ๆ เกิดการเปลี่ยนแปลง ต่อคุณสมบัติทั่วไปของสบู่เหลว คือสบู่เหลวมีค่าความเป็นด่างที่สูงขึ้นเล็กน้อย ซึ่งยังอยู่ในช่วงที่มาตรฐาน มอก.เอส 2561 กำหนด ในขณะที่การเติมแต่งสบู่เหลวขมิ้นชันด้วยสารสกัดจากกากกาแฟ ไม่มีผลต่อปริมาณการเกิดฟองของสบู่เหลวแต่สบู่เหลวสูตรขมิ้นชันกาแฟ-2 จะมีสีที่เข้มกว่าสูตร 1 เล็กน้อย ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 สบู่เหลวสูตรพื้นฐาน (a) และสบู่เหลวสูตรขมิ้นชันกากกาแฟสูตรที่ 1 (b) และ 2 (c) และการบรรจุตัวอย่างทดลองสบู่เหลวขมิ้นชันและสารสกัดกากกาแฟ (d)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดคาเฟอีนและสารประกอบฟีนอลลิกจากกากกาแฟคือการสกัดโดยใช้เอทานอลที่มีความเข้มข้น 50 %v/v เป็นตัวทำละลายในการสกัด ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 90 นาที สามารถสกัดคาเฟอีน และ สารประกอบฟีนอลิกออกมาได้มากที่สุด เนื่องจากเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วในระดับปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับไดคลอโรมีเทน และน้ำ ทำให้สามารถสกัดเอาสารประกอบคาเฟอีน และสารประกอบฟีนอลิกที่ทั้งส่วนที่มีสภาพขั้วสูงและต่ำออกมาได้ดีกว่า จากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในสารละลายขมิ้นชัน และสารสกัดจากกากกาแฟด้วยวิธี FRAP พบว่าสารสกัดจากกากกาแฟมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าสารละลายขมิ้นชัน โดยกระบวนการสกัดและปริมาณสารประกอบฟีนอลลิก รวมทั้งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกากกาแฟ มีแนวโน้มที่สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Solange *et. al*., 2011 ดังนั้นการใช้สารสกัดจากกากกาแฟเป็นสารเติมแต่งในสบู่เหลวขมิ้นชันจึงเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสบู่เหลวให้ดีขึ้นได้ อีกทั้งสบู่เหลวสูตรขมิ้นชันและสารสกัดกาแฟที่พัฒนาขึ้นยังมีคุณสมบัติทั่วไป เช่น ค่า pH และการเกิดฟอง ซึ่งอยู่ในช่วงที่มาตรฐาน มอก.เอส 2561 กำหนดไว้

ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองอาจปรับความเข้มข้นของสารละลายขมิ้นชันที่จะนำไปใช้เป็นสารเติมแต่งในสบู่เหลวให้หลากหลายมากขึ้น ซึ่งอาจมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ดูน่าใช้มากขึ้น

อาจมีการปรับปรุงกลิ่นของสบู่เหลวขมิ้นชันและสารสกัดจากกากกาแฟให้มีกลิ่นกาแฟที่ชัดเจนมากขึ้นเพื่อปรับปรุงกลิ่นให้น่าใช้มากขึ้น

สามารถนำสารสกัดจากกากกาแฟไปใช้เป็นสารเติมแต่งในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหนังหรือผลิตภัณฑ์บำรุงผิวหนังรูปแบบอื่น ๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและสารเคมี ในการทำวิจัย รวมทั้งร้านกาแฟ SC café ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูถัมภ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างกากกาแฟบด

เอกสารอ้างอิง

นฤภัทร ตั้งมั่นคงวรกูล และ พัชรี ปรีดาสุริยะชัย. (2558). การศึกษากากกาแฟและกากชามาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง. **มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**. 7(13), 15-26.

วนิดา ดลประสิทธิ์ และอนิสา อารีวงศ์. (2553). **สครับขัดผิวจากกากกาแฟ Body.scrub.from coffee grounds**. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. 18.

Chan S. W., Lee, C. Y., Yap, C. F., Wan Alda, W. M. & Ho, C. W. (2009). Optimization of extraction conditions for phenolic compounds from Limau purut (Citrus hystrix) peels. **International Food Research Journal**. 16, 203-213.

Joao P. A., Silva I. C., & Jose A. (2011). A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds, **Carbohydrate Polymers**. 83(2), 368–374.

Pachanawan, A. (2016). Effect of Turmeric (Curcuma longa Linn.) on White Spot Disease in Striped Catfish (Pangasianodon hypophthalmus Nelson). **Khon Kaen Agricultural Journal**. 44(2), 209-218.

Solange I., Lina F. B., Silvia M. José A., & Teixeira. (2011). Extraction of antioxidant phenolic compounds from spent coffee grounds, **Separation and Purification Technology**. 83, 173-179.

Ungphaiboon S., Supavita T., Singchangcha P., Sungkarak S., Rattanasuwan P., & Itharat A. (2005). Study on antioxidant and antimicrobial activities of turmeric clear liquid soap for wound treatment of HIV patients. **Songklanakarin Journal Science and Technology**. 27, 569-578.

Wongthongdee, N. & Inprakhon, P. (2013, May). Stability of turmeric constituents in natural soaps. **Science Asia**, 39, 477-489.

ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในคูเมืองจังหวัดพิษณุโลก

นวรัตน์ คุ้มญาติ[1] สุนีย์ สีธรรมใจ[2*]

บทคัดย่อ

คูเมืองจังหวัดพิษณุโลก มีความสำคัญในด้านประวัติศาสตร์ของเมือง การอนุรักษ์แหล่งน้ำและสภาพแวดล้อมของเมืองให้น่าอยู่ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในคูเมืองพิษณุโลก ในช่วงเดือนพฤษภาคม – เดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 3 จุดเก็บตัวอย่าง ด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนพืชขนาดตาถี่ 20 ไมโครเมตร ผลการศึกษาสามารถจำแนกชนิดของแพลงก์ตอนพืชได้ทั้งหมด 4 ดิวิชั่น 17 สกุล 66 ชนิด โดยแพลงก์ตอนพืชในดิวิชั่น Chlorophyta มีความหลากหลายของชนิดมากที่สุดคือ 37 ชนิด (56%) สำหรับดิวิชั่นที่พบรองลงมาได้แก่ Euglenophyta, Cyanophyta และ Bacillariophyta พบ 18 ชนิด (27%) 9 ชนิด (14%) และ 2 ชนิด (3%) ตามลำดับ ค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon-Wiener Diversity Index, H′) ของแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยทั้ง 3 จุด เท่ากับ 2.49 การใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นเพื่อประเมินคุณภาพน้ำโดยวิธี AARL-PP Score พบว่าคุณภาพน้ำโดยรวมในทุกจุดเก็บตัวอย่างมีคุณภาพปานกลาง สำหรับดัชนีคุณภาพน้ำโดยใช้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในการจัดคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน จัดอยู่ในประเภทที่ 4 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 และประเภทที่ 3 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 3

คำสำคัญ: แพลงก์ตอนพืช คุณภาพน้ำ คูเมืองจังหวัดพิษณุโลก

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก e-mail: nawaratk57@email.nu.ac.th

[2] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก e-mail: suneese@nu.ac.th

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: suneese@nu.ac.th*

DIVERSITY OF PHYTOPLANKTON AND WATER QUALITY IN MOAT OF PHITSANULOK PROVINCE

Nawarat Khumyat[1] Sunee Seethamchai[2*]

Abstract

Moat of Phitsanulok province is important in history, conservation of water resources and the environment. This research focused on biodiversity of phytoplankton and water quality in moat of Phitsanulok province during May to October 2017. The samples were collected at 3 points by plankton net (20μm mesh sizes). A total of 4 divisions, 17 families, 66 species of phytoplankton were identified. The most of phytoplankton was found in 37 species of Chlorophyta (56.06%), 18 species of Euglenophyta (27.27%), 9 species of Cyanophyta (13.64%) and 2 species of Bacillariophyta (3.03%). The average of Shannon-Weiner Diversity Index was 2.49. Dominant species of phytoplankton was used for water quality assessment by AARL-PP Score method. Water quality was represented as mesotrophic status. Based on using the standard for surface water quality of Thailand was showed in third and fourth category.

Keywords: Phytoplankton, Water Quality, Moat of Phitsanulok Province

[1] *Bachelor of Science Program in Biology, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok Province, e-mail: nawaratk57@email.nu.ac.th*

[2] *Department of Biology, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok Province, e-mail: suneese@nu.ac.th*

** Corresponding author, e-mail: suneese@nu.ac.th*

บทนำ

พิษณุโลกเป็นเมืองประวัติศาสตร์แห่งหนึ่งในสมัยกรุงศรีอยุธยา “คูเมือง” เป็นหนึ่งในหลักฐานทางประวัติศาสตร์ที่ยังคงมีให้เห็นในปัจจุบัน ซึ่งแต่เดิมคือกำแพงเมืองที่คาดว่าสร้างขึ้นในรัชกาลสมเด็จพระบรมไตรโลกนารถเพื่อเตรียมรับศึกพระเจ้าติโลกราชแห่งอาณาจักรล้านนา “คูเมืองพิษณุโลก” ตั้งอยู่บริเวณสี่แยกวัดคูหาสวรรค์ตามแนวขนานไปกับถนนพระร่วง ซึ่งเทศบาลนครพิษณุโลกได้ปรับปรุงทัศนียภาพเพื่อให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์ที่สำคัญแห่งหนึ่ง คูเมืองพิษณุโลกมีความยาว 1.46 กิโลเมตร ความกว้าง 25 เมตร โดยประมาณ คูเมืองบริเวณด้านทิศเหนือด้านข้างวัดคูหาสวรรค์มีศาลาสำหรับให้ประชาชนมาพักผ่อนหย่อนใจและให้อาหารปลา บริเวณด้านทิศใต้ของคูเมืองมีการติดตั้งน้ำพุและกังหันเพิ่มออกซิเจนในน้ำโดยใช้การปั่นจักรยานสาธารณะที่ติดตั้งอยู่กับที่บริเวณริมคูเมือง เนื่องจากคูเมืองตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งชุมชน และเป็นแหล่งสัญจรไปมาของประชาชน การดูแลรักษาคุณภาพน้ำจึงมีความสำคัญทั้งต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำและสภาพแวดล้อมของเมือง

การตรวจวัดคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำโดยทั่วไป นอกจากนี้การใช้สิ่งมีชีวิตเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำหรือดัชนีทางชีวภาพ (bioindicator) ก็สามารถทำได้เช่นกัน ทั้งนี้เพราะสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันและมีลักษณะที่เฉพาะเจาะจง แพลงก์ตอน (plankton) คือ สิ่งมีชีวิตที่ล่องลอยไปตามกระแสน้ำและกระแสลม ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนขึ้นอยู่กับระดับสารอาหารและปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ซึ่งมีความสำคัญต่อห่วงโซ่อาหาร (food chain) ในระบบนิเวศของแหล่งน้ำนั้น แพลงก์ตอนจำแนกตามคุณสมบัติในการสังเคราะห์แสง แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) เช่น *Cosmarium* sp., *Staurastrum* sp., *Cyclotella* sp., *Anabaena* sp., *Phacus* sp., *Synedra* sp. และแพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) เช่น *Arcella* sp., *Difflugia* sp., *Coleps* sp., *Euplotes* sp., *Stylonychia* sp., *Trachelomonas* sp. แพลงก์ตอนพืชมีความสำคัญต่อระบบนิเวศในน้ำโดยการผลิตออกซิเจนให้กับสิ่งมีชีวิตในน้ำ ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ ตัวอย่างเช่น *Staurastrum* sp. มักพบในน้ำที่มีระดับสารอาหารน้อย (oligotrophic status) น้ำมีคุณภาพดี *Anabaena* sp. มักพบในน้ำที่มีระดับสารอาหารมาก (eutrophic status) น้ำมีคุณภาพไม่ดี ดังนั้นแพลงก์ตอนพืชจึงสามารถนำมาใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำได้ โดยในการศึกษาวิจัยของ รองศาสตราจารย์ ดร. ยุวดี พีรพรพิศาล และคณะ ได้คิดค้นการนำแพลงก์ตอนพืชมาใช้ประโยชน์เพื่อการประเมินคุณภาพน้ำ 2 วิธีการคือ 1) วิธี AARL-PC Score การใช้คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีโดยประเมินจากสถานภาพของสารอาหาร (trophic status) ในแหล่งน้ำร่วมกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (Nakkaew et al., 2013, p.1-2 อ้างถึงใน Peerapornpisal et al., 2004) และ 2) วิธี AARL-PP Score การใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น (dominant species) ที่ตรวจพบในแหล่งน้ำนั้น ๆ มาเป็นดัชนีทางชีวภาพในการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำ (ยุวดี พีรพรพิศาล และคณะ, 2550) การศึกษาครั้งนี้เป็นการสำรวจชนิดและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชที่พบในคูเมืองพิษณุโลก ซึ่งยังไม่เคยมีรายงานมาก่อน การใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ ความสำคัญของแพลงก์ตอนในระบบนิเวศของแหล่งน้ำ เพื่อการใช้ประโยชน์ในการประเมินคุณภาพน้ำ อันจะเป็นส่วนสำคัญหนึ่งในการช่วยบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตเมืองให้มีความน่าอยู่และเป็นการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมและประวัติศาสตร์ของเมืองพิษณุโลกในอนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาชนิดและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในคูเมืองพิษณุโลก
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในคูเมืองพิษณุโลก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. **ขอบเขตการวิจัย**

สำรวจและกำหนดพื้นที่ศึกษาเพื่อเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณคูเมืองพิษณุโลก โดยเลือกพื้นที่เก็บตัวอย่าง 3 จุด ดังภาพที่ 1 โดยทำการเก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 6 เดือน เดือนละ 1 ครั้ง ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม – เดือนตุลาคม พ.ศ. 2560

ภาพที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณคูเมือง จังหวัดพิษณุโลก

(จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 (ละติจูดที่ 16.827414, ลองติจูดที่ 100.255605), จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 (ละติจูดที่ 16.822214, ลองติจูดที่ 100.255831), จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 (ละติจูดที่ 16.821676, ลองติจูดที่ 100.255831)

2. **การศึกษาแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำ**

2.1 การเก็บตัวอย่างภาคสนาม

2.1.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อศึกษาแพลงก์ตอนพืชโดยเก็บตัวอย่างน้ำจากผิวน้ำปริมาตร 20 ลิตร กรองผ่านถุงแพลงก์ตอน (plankton net) ขนาดตาถี่ (Mesh size) 20 ไมโครเมตร เก็บตัวอย่างน้ำที่ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตรไว้ในขวดสีชาและรักษาสภาพด้วยสารละลายลูกอล (lugol's solution) ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร (APHA, AWWA and WEF, 1995) ทำเช่นนี้ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง จุดละ 3 ซ้ำ

2.1.2 การตรวจวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

บันทึกข้อมูลสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำ และทำการตรวจวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen, DO) โดยเครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบหลายตัวแปร (multi-probe system, YSI 556 MPS) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง จุดละ 3 ซ้ำ

2.2 การศึกษาในห้องปฏิบัติการและการวิเคราะห์ข้อมูล

2.2.1 การจำแนกชนิดของแพลงก์ตอนพืชตามหลักอนุกรมวิธาน (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2549)

จำแนกชนิดของแพลงก์ตอนจากตัวอย่างน้ำในระดับจีนัส (genus) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง (light microscope) นับจำนวนแพลงก์ตอนที่พบในแต่ละจีนัสโดยวิธี whole count (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2542)

2.2.2 การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืช

การประเมินคุณภาพน้ำโดยวิธี AARL-PP Score โดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบมากที่สุดใน 3 อันดับแรก มาหาค่าคะแนนแพลงก์ตอนพืชในแต่ละจีนัสในตารางคะแนนแพลงก์ตอนพืช จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ย และนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเทียบกับตารางคะแนนคุณภาพน้ำก็จะสามารถทราบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนั้นได้ (ยุวดี พีรพรพิศาล และคณะ, 2550)

2.2.3 การคำนวณค่าดัชนีความหลากหลาย (Diversity Index)

คำนวณค่าดัชนีความหลากหลาย (Diversity Index) ของแพลงก์ตอนที่พบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างเพื่อใช้พิจารณาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชที่พบ โดยใช้สูตรของ Shannon-Wiener Diversity Index (H′) ดังนี้

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} (Pi)(\ln Pi)$$

โดย H′ คือ ค่าดัชนีความหลากหลาย

S คือ จำนวนชนิด

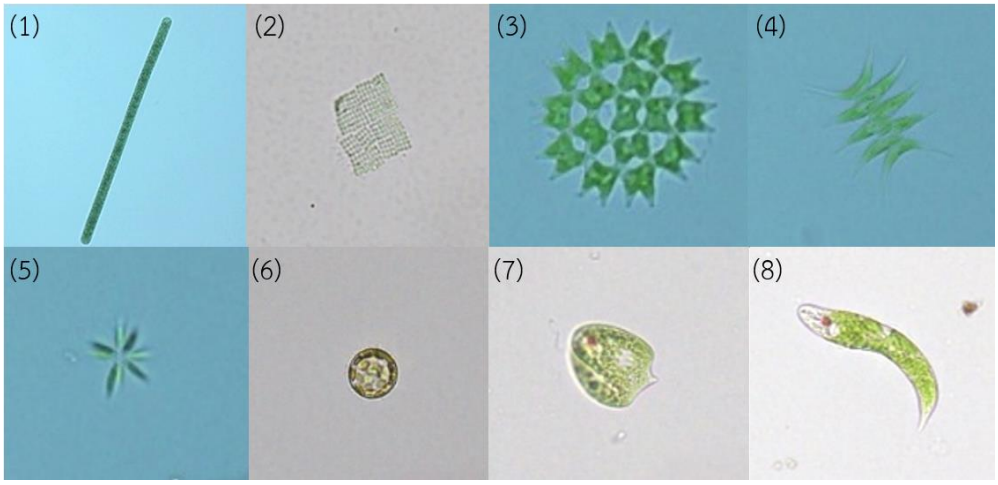
Pi คือ สัดส่วนของจำนวนสิ่งมีชีวิตที่พบต่อจำนวนประชากรทั้งหมด

ผลการวิจัย

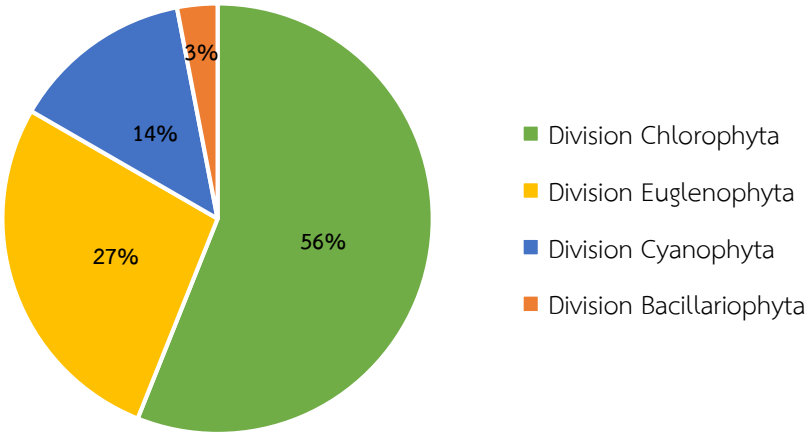
ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช

ผลการศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในคูเมืองพิษณุโลก ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2560 สามารถจำแนกชนิดของแพลงก์ตอนพืชได้ทั้งหมด 4 ดิวิชั่น 17 สกุล 66 ชนิด โดยแพลงก์ตอนพืชในดิวิชั่น Chlorophyta มีความหลากหลายของชนิดมากที่สุดคือ 37 ชนิด (56%) สำหรับดิวิชั่นที่พบรองลงมาได้แก่ Euglenophyta, Cyanophyta และ Bacillariophyta พบ 18 ชนิด (27%) 9 ชนิด (14%) และ 2 ชนิด (3%) ตามลำดับ ดังภาพที่ 2 และ 3

เมื่อนำข้อมูลจากการศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชมาคำนวณหาค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon-Wiener Diversity Index, H′) ของแพลงก์ตอนพืช พบว่า มีค่าดัชนีความหลากหลายในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 2.81, 2.34 และ 2.32 ตามลำดับ และค่าดัชนีความหลากหลายในแต่ละเดือนตั้งแต่เดือนพฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน และ ตุลาคม มีค่าเท่ากับ 1.47, 1.27, 1.75, 2.85, 1.70 และ 2.65 ตามลำดับ



ภาพที่ 2 ตัวอย่างชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่พบในคูเมืองจังหวัดพิษณุโลก
ดิวิชั่น Cyanophyta (1) *Oscillatoria* sp., (2) *Merismopedia* sp., ดิวิชั่น Chlorophyta (3) *Pediastrum duplex* var. *subgranulosum* Raciborski, (4) *Scenedesmus acuminatus* (Lagerheim) Chodat, (5) *Actinastrum* sp., ดิวิชั่น Bacillariophyta (6) *Cyclotella* sp. และ ดิวิชั่น Euglenophyta (7) *Phacus acuminatus* Stokes, (8) *Euglena proxima* var. *anglesia*



ภาพที่ 3 ร้อยละของแพลงก์ตอนพืชแต่ละดิวิชันที่พบ
ดิวิชั่น Chlorophyta 56%, ดิวิชั่น Euglenophyta 27%, ดิวิชั่น Cyanophyta 14% และ ดิวิชั่น Bacillariophyta 3%

การประเมินคุณภาพน้ำโดยวิธี AARL-PP Score (Applied Algal Research Laboratory – Phytoplankton Score)

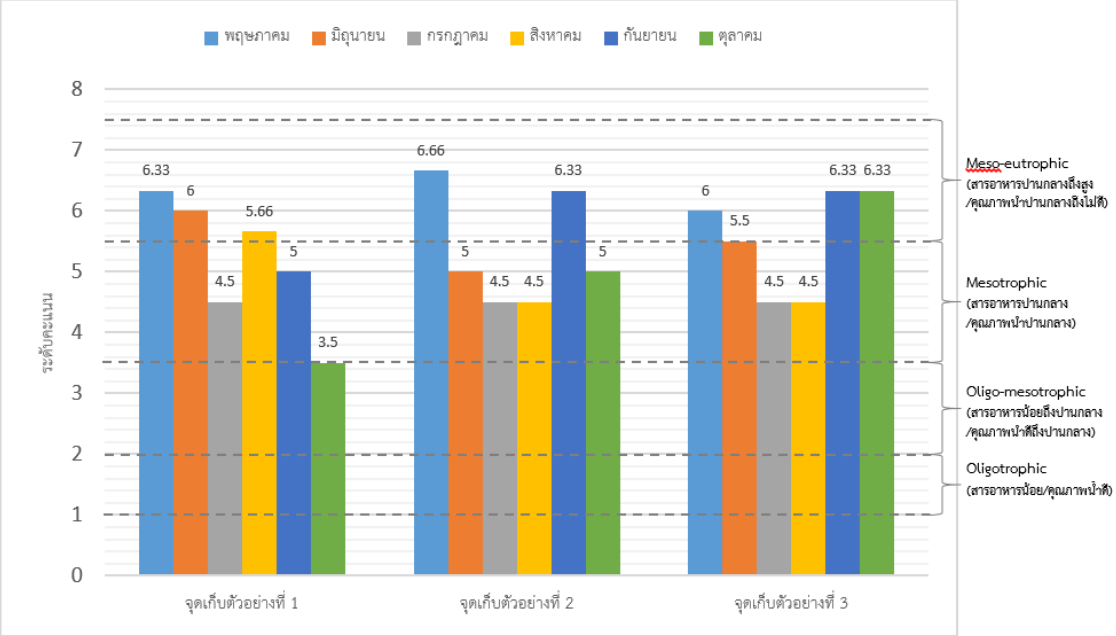
การใช้วิธี AARL-PP Score โดยนำแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่มีปริมาณมากที่สุดในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง มาหาคะแนนแพลงก์ตอนพืชในแต่ละสกุล (genus) นำคะแนนที่ได้มารวมกันและหาค่าเฉลี่ยของแต่ละเดือน จากนั้นนำคะแนนไปเปรียบเทียบกับตารางคะแนนแสดงคุณภาพน้ำตามระดับสารอาหารและคุณภาพน้ำทั่วไป ตามวิธีการของ ยุวดี พีรพรพิศาล และคณะ (2550) พบว่าแพลงก์ตอนพืชสกุล *Cyclotella* เป็นแพลงก์ตอนพืชที่ตรวจพบในทุกเดือนและทุกจุดที่ทำการเก็บตัวอย่าง รองลงมาได้แก่ แพลงก์ตอนพืชสกุล *Planktolyngbya, Merismopedia, Scenedesmus, Actinastrum* และ *Phacus* ดังตารางที่ 1 โดยผลประเมินคุณภาพน้ำในคูเมืองพบว่าอยู่ในช่วงคะแนน 3.6-5.5 ซึ่งอยู่ในระดับสถานะสารอาหารปานกลาง (mesotrophic status) คุณภาพน้ำทั่วไปมีคุณภาพปานกลาง และช่วงคะแนน 5.6-7.5 ซึ่งอยู่ในระดับสถานะสารอาหารปานกลางถึงสูง (meso-eutrophic status) คุณภาพน้ำทั่วไปมีคุณภาพปานกลางถึงไม่ดี ดังภาพที่ 4

ตารางที่ 1 แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบและคุณภาพน้ำที่ได้จากการประเมินโดยวิธี AARL-PP Score

จุดเก็บตัวอย่าง	เดือน	แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น (สกุล)	AARL-PP Score	สถานะสารอาหาร	คุณภาพน้ำทั่วไป
จุดที่ 1	พฤษภาคม	*Cyclotella* *Merismopedia* *Scenedesmus*	6.33	ปานกลางถึงสูง	ปานกลางถึงไม่ดี
	มิถุนายน	*Cyclotella* *Planktolyngbya* *Merismopedia*	6	ปานกลางถึงสูง	ปานกลางถึงไม่ดี
	กรกฎาคม	*Cyclotella* *Planktolyngbya*	4.5	ปานกลาง	ปานกลาง
	สิงหาคม	*Cyclotella* *Phacus* *Planktolyngbya*	5.66	ปานกลางถึงสูง	ปานกลางถึงไม่ดี
	กันยายน	*Cyclotella* *Scenedesmus*	5	ปานกลาง	ปานกลาง
	ตุลาคม	*Cyclotella* *Actinastrum*	3.5	น้อยถึงปานกลาง	ดีถึงปานกลาง
	พฤษภาคม	*Cyclotella* *Planktolyngbya* *Merismopedia*	6.66	ปานกลางถึงสูง	ปานกลางถึงไม่ดี
	มิถุนายน	*Cyclotella* *Scenedesmus*	5	ปานกลาง	ปานกลาง

ตารางที่ 1 (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	เดือน	แพลงก์ตอนพืช ชนิดเด่น (สกุล)	AARL-PP Score	สถานะสารอาหาร	คุณภาพน้ำทั่วไป
จุดที่ 2	กรกฎาคม	*Cyclotella* *Planktolyngbya*	4.5	ปานกลาง	ปานกลาง
	สิงหาคม	*Cyclotella* *Planktolyngbya*	4.5	ปานกลาง	ปานกลาง
	กันยายน	*Cyclotella* *Merismopedia* *Scenedesmus*	6.33	ปานกลางถึงสูง	ปานกลางถึงไม่ดี
	ตุลาคม	*Cyclotella* *Scenedesmus* *Actinastrum*	5	ปานกลาง	ปานกลาง
จุดที่ 3	พฤษภาคม	*Cyclotella* *Planktolyngbya* *Merismopedia*	6	ปานกลางถึงสูง	ปานกลางถึงไม่ดี
	มิถุนายน	*Cyclotella* *Merismopedia*	5.5	ปานกลาง	ปานกลาง
	กรกฎาคม	*Cyclotella* *Planktolyngbya*	4.5	ปานกลาง	ปานกลาง
	สิงหาคม	*Cyclotella* *Planktolyngbya*	4.5	ปานกลาง	ปานกลาง
	กันยายน	*Cyclotella* *Merismopedia* *Scenedesmus*	6.33	ปานกลางถึงสูง	ปานกลางถึงไม่ดี
	ตุลาคม	*Cyclotella* *Merismopedia* *Scenedesmus*	6.33	ปานกลางถึงสูง	ปานกลางถึงไม่ดี



ภาพที่ 4 การใช้วิธี AARL-PP Score ในการประเมินคุณภาพน้ำในคูเมืองพิษณุโลก

สำหรับผลการการตรวจวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างพบว่า จุดเก็บตัวอย่าง 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.7, 3.0 และ 5.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในคูเมืองจังหวัดพิษณุโลก ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 สามารถจัดจำแนกชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชได้ทั้งหมด 66 ชนิด 17 สกุล ใน 4 ดิวิชั่น ได้แก่ ดิวิชั่น Chlorophyta (56%), Euglenophyta (27%), Cyanophyta (14%) และ Bacillariophyta (3%) จากการหาค่าดัชนีความหลากหลาย (Diversity Index) ตามสูตรของ Shannon-Wiener Diversity Index, H′ เพื่อใช้เป็นดัชนีทางนิเวศวิทยาในการบอกความหลากหลายของกลุ่มประชากรแพลงก์ตอนพืชและลักษณะคุณภาพของแหล่งน้ำ พบว่าในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 3 จุด มีค่าดัชนีความหลากชนิดอยู่ในช่วง 2.32 - 2.81 แสดงให้เห็นว่าความหลากหลายของประชากรแพลงก์ตอนในแหล่งน้ำที่ศึกษาอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง โดยจากการศึกษาคุณภาพน้ำและการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนในแม่น้ำชี ของ แสงอรุณ เนื่องสิทธิ์ และจารึก นาชัยเพิ่ม (2548) พบว่าดัชนีคุณภาพน้ำขึ้นกับชนิดและปริมาณแพลงก์ตอน นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าดัชนีความหลากหลายที่ได้ในเดือนสิงหาคมมีค่าสูงที่สุด คือ 2.85 ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน จากรายงานข่าวของพิษณุโลกฮอตนิวส์ (2560) ได้รายงานว่าปริมาณน้ำฝนในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลกในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 มีปริมาณน้ำฝนมาก โดยรวมวัดได้ 95.0 มิลลิเมตร ซึ่งจากการศึกษาของ Sithik et al. (2009) พบว่าในช่วงฤดูฝนจะเป็นช่วงที่สภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญของแพลงก์ตอนพืชได้ดี และสอดคล้องกับงานวิจัยของ บุสยา ปล้องอ่อน (2559) ในการศึกษาการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำ ในพื้นที่

เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในฤดูฝนมีค่าสูงกว่าในฤดูร้อน แสดงให้เห็นว่าฤดูกาลมีผลต่อปริมาณและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช

ในการศึกษาเพื่อประเมินคุณภาพน้ำโดยวิธี AARL-PP Score ตามวิธีการของ ยุวดี พีรพรพิศาล และคณะ (2550) โดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ พบว่า ในการศึกษาครั้งนี้มีแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นทั้งหมด 6 สกุล โดยแพลงก์ตอนพืชในสกุล *Cyclotella* ในดิวิชั่น Chlorophyta เป็นแพลงก์ตอนพืชชนิดที่เด่นที่สุด โดยพบในทุกจุดเก็บตัวอย่างและทุกเดือนที่ทำการศึกษา แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น รองลงมาได้แก่ แพลงก์ตอนพืชในสกุล *Planktolyngbya* และ *Merismopedia* ในดิวิชั่น Cyanophyta พบในทุกจุดเก็บตัวอย่างเช่นเดียวกัน สำหรับแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นอีกสกุลที่พบอยู่ในสกุล *Scenedesmus* ในดิวิชั่น Chlorophyta และแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นอีก 2 สกุล คือ *Actinastrum* และ *Phacus* ในดิวิชั่น Chlorophyta พบเฉพาะในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 เท่านั้น และเมื่อพิจารณาจากระดับคะแนนของแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบโดยเฉลี่ยในแต่ละเดือนของทุกจุดเก็บตัวอย่าง มีค่าอยู่ในช่วงคะแนน 3.6-5.5 ซึ่งอยู่ในระดับสถานะสารอาหารปานกลาง (mesotrophic status) คุณภาพน้ำทั่วไปมีคุณภาพปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ariyadej et al. (2004) ในการศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมในอ่างเก็บน้ำบางลาง จังหวัดยะลา พบแพลงก์ตอนสกุล *Cyclotella* เป็นชนิดเด่นในพื้นที่ศึกษา โดยสามารถใช้เป็นดัชนีชีคุณภาพน้ำในระดับปานกลางค่อนข้างดีของอ่างเก็บน้ำได้

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีความสำคัญในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ จากการตรวจวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง 1, 2 และ 3 เท่ากับ 2.7, 3.0 และ 5.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดย นันทนา คชเสนี (2544) ได้กล่าวว่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำคือ 5-7 มิลลิกรัมต่อลิตร และจากการศึกษาสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำในคูเมือง พบว่า ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 เป็นบริเวณแพสำหรับให้อาหารปลา มีปริมาณสารอินทรีย์มากอาจเนื่องมาจากการขับถ่ายของเสียจากปลา ในจุดที่ 2 เป็นบริเวณที่มีเศษซากพืชน้ำและอยู่ห่างจากบริเวณที่มีการติดตั้งกังหันและน้ำพุ ทำให้ปริมาณออกซิเจนมีน้อยกว่าในจุดที่ 3 ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญของพืชน้ำและสัตว์น้ำ และอยู่ใกล้บริเวณที่มีน้ำพุและกังหันน้ำ ทำให้มีปริมาณออกซิเจนในน้ำมากกว่าจุดอื่น ๆ ดังนั้น เมื่อทำการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ตรวจวัดได้ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างเป็นดัชนีคุณภาพน้ำตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน จากประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2537) สามารถแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ โดยในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 จัดอยู่ในประเภทที่ 4 คือ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน และเพื่อการอุตสาหกรรม สำหรับในจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 จัดอยู่ในประเภทที่ 3 แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และเพื่อการเกษตร

โดยสรุป การศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในคูเมืองจังหวัดพิษณุโลก พบความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชอยู่ในระดับปานกลาง คุณภาพน้ำมีคุณภาพปานกลางเมื่อทำการประเมินคุณภาพน้ำโดยวิธี AARL-PP Score ดังนั้นแพลงก์ตอนพืชสามารถใช้เป็นดัชนีทางชีวภาพในการประเมินคุณภาพน้ำได้อีกทางหนึ่ง สำหรับดัชนีคุณภาพน้ำโดยใช้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เมื่อนำไปวิเคราะห์ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน จัดอยู่ในประเภทที่ 4 ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 และประเภทที่ 3

ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ทั้งนี้ผลการศึกษานี้จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการวางแผนบริหารจัดการคุณภาพน้ำและการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำอย่างยั่งยืนต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเฉพาะบริเวณที่มีทางลงไปใกล้กับผิวน้ำได้ จึงเป็นข้อจำกัดในการกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง ในการศึกษาครั้งต่อไปควรเพิ่มจุดเก็บตัวอย่าง เพื่อจะได้ข้อมูลในการวิเคราะห์ผลเพิ่มเติมและชัดเจนยิ่งขึ้น
2. ในงานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจหาค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางเคมีของน้ำที่ใช้บอกคุณภาพของน้ำได้ อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งต่อไปควรเพิ่มการตรวจวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี เพื่อจะได้เห็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนเป็นดัชนีทางชีวภาพได้ดียิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนทุนสำหรับวิจัย

เอกสารอ้างอิง

นันทนา คชเสนี. (2544). **คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุสยา ปล้องอ่อน, จินตนา สและน้อย, ชัชรี แก้วสุรลิขิต และไพลิน จิตรชุ่ม. (2559). การแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 24(4), 587-598.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8. (2537). ประกาศ เรื่อง กำหนดคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. (2537, 24 กุมภาพันธ์), **ราชกิจจานุเบกษ**า. เล่มที่ 111 ตอนที่ 16ง.

พิษณุโลกฮอตนิวส์. (2560). **พิษณุโลกฝนตกหนักวัดปริมาณฝนได้ 95.0 มม**. สืบค้นจาก https://www.phitsanulokhotnews.com/2017/08/09/106824

ยุวดี พีรพรพิศาล. (2542). **สาหร่าย (ALGAE) ตอน 1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่าย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสาหร่ายสีเขียว**. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ยุวดี พีรพรพิศาล. (2549). **สาหร่ายวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ยุวดี พีรพรพิศาล จีราพร เพกเกาะ ดวงกมล โพธิ์หวังประสิทธิ์ ธนพล ทนคำดี อดินุช พงษ์สิริชาติ และทัตพร คุณประดิษฐ์. (2550). การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นด้วย AARL - PP Score. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง**, 1(1), 71-81.

แสงอรุณ เนื่องสิทธิ์ และจารึก นาชัยเพิ่ม. (2548). **คุณภาพน้ำและการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนในแม่น้ำชี**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 15/2548. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดนครราชสีมา สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง.

APHA, AWWA & WEF. (1995). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19th ed. Maryland: United Book Press.

Ariyadej, C., Tansakul, R., Tansakul, P. and Angsupanich, S. (2004). Phytoplankton diversity and its relationship to the physico-chemical environment in the Bang Lang reservoir, Yala province. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, 26(5), 595-607.

Nakkaew, S., Pekkoh, J. and Peerapornpisal, Y. (2004). The Trophic Status of the Main Rivers and Reservoirs of the Wang River, Thailand. **Journal of Environment**, 2(6), 1-7.

Peerapornpisal, Y., Chaiubol, V., Kriabut, H., Chorum, M., Wannathong, P., Ngernpat, N., Jusakul, K., Thammathiwat, A., Chuananta, J. and Inthasotti, T. (2004) The monitoring of water quality in Ang Kaew reservoir of Chiang Mai University by using phytoplankton as bioindicator from 1995-2002. **Chiang Mai University Journal of Natural Sciences**, 31, 85-94.

Sithik, A. M. A., Thirumaran, G., Arumugam, R., Kannan, R. R. R. and Anantharaman, P. (2009). Studies of phytoplankton diversity from Agnitheertham and Kothandaramar Koil coastal waters; Southeast coast of India. **Global Journal of Environmental Research**, 3(2), 118-125.

การศึกษาประสิทธิภาพการสูบน้ำของไฮดรอลิคแรมปั๊มโดยใช้ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว

ชัชชัย พีรกมล[1] วันชัย แก้วกัณหา[2] สราวุธ ตะหวด[2] ภัทรกร ลีคะ[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการสูบน้ำของไฮดรอลิคแรมปั๊มโดยใช้ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว เช็ควาล์วขนาด 2 นิ้วและหม้อลมส่งน้ำขนาด 4 นิ้ว ซึ่งระดับความสูงของน้ำก่อนเข้าปั๊ม 2 เมตร และท่อยาว 12 เมตร โดยมีอัตราการไหลของน้ำที่เข้าท่ออยู่ที่ 210.82 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ทั้งนี้การทดสอบจะทดสอบทุกชั้นความสูงที่ 5, 10, 15, 20 เมตร ซึ่งเป็นการศึกษาวิธีการนำน้ำไปเก็บบนที่สูง เพื่อเป็นทางเลือกให้ผู้ที่มีความสนใจได้นำไปใช้งานในทางเกษตรกรรม ใช้อุปโภคบริโภค โดยวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สามารถหาได้ตามร้านค้าวัสดุก่อสร้างทั่วไป เพื่อนำมาสร้างเครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มได้ด้วยตนเอง ทั้งนี้เครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มดังกล่าวสามารถสูบน้ำไปเก็บกักบนพื้นที่ที่สูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจะได้ปริมาณน้ำมากที่สุดเพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ จากผลการทดสอบทุกชั้นความสูงพบว่าปริมาณน้ำที่ระดับความสูง 5 เมตร ได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยมากที่สุดโดยมีอัตราการไหลเท่ากับ 43.816 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และระดับความสูง 10 เมตร ได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 29.307 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ระดับความสูง 15 เมตร ได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 19.309 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ระดับความสูง 20 เมตร ได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 7.317 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ตามลำดับ การศึกษาประสิทธิภาพการสูบน้ำของไฮดรอลิคแรมปั๊มครั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลทางเลือกให้กับชาวบ้าน และผู้สนใจที่จะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

คำสำคัญ : ประสิทธิภาพการสูบน้ำ ไฮดรอลิคแรมปั๊ม

[1] อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย. 234 ถนนเลย-เชียงคาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000
e-mail: chatchai_peerakamol@hotmail.com

[2] นักศึกษาประจำสาขาเทคโนโลยีโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย. 234 ถนนเลย-เชียงคาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000

STUDY OF PUMPING EFFICIENCY HYDRAULIC RAM PUMP USE 2 INCH PVC PIPE

Chatchai peerakamol[1] Vanchai kavekaha[2] Sarawut tawat[2] Pattarakon leka[2]

Abstract

This study was aimed to investigate the efficiency of hydraulic ram pump made of 2-inch PVC pipes, a 2-inch check valve, and a pressure vessel. The inlet head was 2 m. and the pipe length was 12 m. The inflow was 0.0234 cubic meter per day The pump was tested with different outlet heads: 5, 10, 15, 20 m. These are alternatives for agricultural and household uses. The pump can be handmade and its components are available in local stores. The results show that the 5-meter outlet head yields the most flow rate of 43.20 cubic meter per day The outlet heads of 10, 15, 20 m. yield the flow rates of 18.67, 7.27, and 4.41 cubic meter per day, respectively. This study provides information for local farmers and users to select the most proper rate for their uses.

Keyword : Study of pumping efficiency Hydraulic Ram Pump

[1] *Professor of Program in civil Technology. Faculty of Industrial Technology. Loei Rajabhat University. 234 Loei-chiangkan Road, Muang District, Loei Province 42000. E-mail : chatchai_peerakamol@hotmail.com*

[2] *Student of Program in civil Technology. Faculty of Industrial Technology. Loei Rajabhat University. 234 Loei-chiangkan Road Muang District, Loei Province 42000*

บทนำ

"ไฮดรอลิคแรม" มีชื่อเรียกกันหลายอย่างบ้างก็เรียกว่า "แรมปั๊ม" บ้างก็เรียกว่า"วอเตอร์แรม" หรือชาวภาคเหนือเรียกว่า "ตะบันน้ำ" ซึ่งที่จริงไม่ใช่ของใหม่อะไร เครื่องสูบน้ำแบบนี้ได้เริ่มประดิษฐ์ออกใช้งานแห่งแรกที่ประเทศอังกฤษ เมื่อประมาณที่ 210 ปีมาแล้ว มักจะใช้กับพื้นที่ที่ราบสูงหรือภูเขามีน้ำตกลำธารไหลผ่านและไม่มีพลังงานไฟฟ้า ขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิง (คมเดช พัวพงษ์ไพโรจน์ และคณะ, 2557) ซึ่งตรงกับสภาพ ลักษณะพื้นที่ของจังหวัดเลยโดยทั่วไปที่เป็นภูเขาสูงและล้อมรอบด้วยภูเขาสลับซับซ้อน ลดหลั่นเรียงราย มีลักษณะคล้ายคลื่นทะเล ตัวเมืองอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ ๔๐๐ เมตร และมี แม่น้ำ ลำธาร ลำห้วย ไหลผ่านไปยังพื้นที่การเกษตรของชาวบ้านซึ่งในปัจจุบันพบว่าได้มีชาวบ้านเริ่มใช้ไฮดรอลิคแรมปั๊มกันมากขึ้นเพื่อการสูบน้ำขึ้นไปสู่พื้นที่การเกษตรบนที่สูง และไฮดรอลิคแรมปั๊มก็ได้มีการผลิตออกมาขายกันมากหลากหลายรูปแบบแต่ที่ที่เป็นที่นิยมสำหรับชาวบ้านคือไฮดรอลิคแรมปั๊มโดยใช้ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว เพราะมีราคาถูก สามารถซื้ออุปกรณ์ตามท้องตลาดมาประกอบขึ้นใช้เองได้ แต่ชาวบ้านยังขาดข้อมูลประสิทธิภาพของการสูบน้ำที่ให้ปริมาณน้ำต่อระดับความสูงต่าง ๆ ของปั๊มประเภทนี้ (เลอพงศ์ ชูเทพ, 2546)

จากประเด็นที่กล่าวมาข้างต้นนี้ ทำให้คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการศึกษาประสิทธิภาพการสูบน้ำของไฮดรอลิคแรมปั๊มโดยใช้ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว ที่ให้ปริมาณน้ำต่อระดับความสูงต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการตัดสินใจสำหรับการเลือกใช้ปั๊มของชาวบ้านในพื้นที่ภูเขาสูง

วัตถุประสงค์การวิจัย

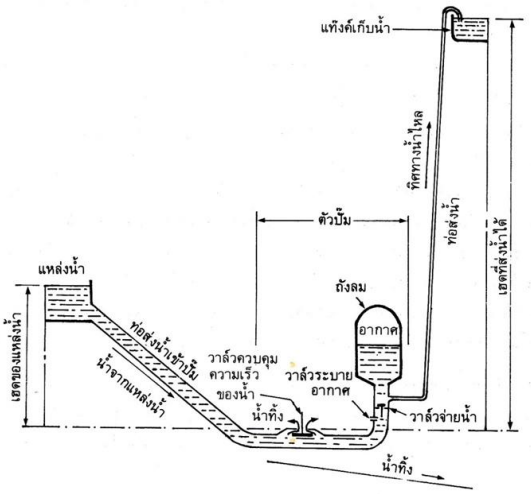
1. เพื่อพัฒนาเครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มโดยใช้ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว
2. ศึกษาประสิทธิภาพการสูบน้ำของเครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มโดยใช้ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว ในการส่งปริมาณน้ำที่ระดับความสูงแตกต่าง ๆ กัน

ขอบเขตการวิจัย

ผู้วิจัยได้เลือกสถานที่ในการทำการทดลองที่ อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำหมาน บ้านโป่งเบี้ย ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพเครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มผู้วิจัยใช้ทฤษฎี หลักการทำงานของ Hydraulic Ram (วัชระ วงศ์ปัญญา และคณะ. 2554) เริ่มต้นโดยน้ำไหลจากแหล่งน้ำผ่านท่อส่งและไหลออกทางวาล์วควบคุมความเร็วของ (Impulse Valve) ถ้าความเร็วของการไหลผ่านวาล์วดังกล่าวสูงพอ ความเร็วและแรงดันน้ำจะทำให้ความดันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ความดันที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้วาล์วจ่ายน้ำ (Delivery Valve) ที่ถังลม (Air Chamber) เปิดให้น้ำไหลเข้าไปและไหลผ่านท่อส่งไปสู่ถังเก็บน้ำ เมื่อน้ำไหลเข้าไปในถังลมแล้วความดันก็จะลดลงพร้อมกันนั้นแรงกระแทกของน้ำ (Water Hammer) ก็จะสะท้อนกลับวาล์วจ่ายน้ำปิด และวาล์วควบคุมความเร็ว (Impulse Valve) ตกลงตามเดิม น้ำจะไหลผ่านใหม่อีกครั้งจะเวียนเป็นวงจรอยู่อย่างนี้ตลอดไป



ภาพที่ 1 องค์ประกอบและลักษณะการทำงานของไฮดรอลิคแรมปั๊ม

การสร้างไฮดรอลิคแรมปั๊มโดยใช้ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว ประกอบด้วย

1) วัสดุและอุปกรณ์

1. ท่อพีวีซี ขนาด 2 นิ้ว ยาว 10 เซนติเมตร จำนวน 6 ชิ้น
2. ท่อพีวีซี ขนาด 4 นิ้ว ยาว 75 เซนติเมตร จำนวน 1 ชิ้น
3. ข้อต่อ 3 ทาง ขนาด 2 นิ้ว จำนวน 2 ชิ้น
4. ข้อต่อลดขนาด 4 นิ้วลด ขนาด 2 นิ้ว จำนวน 1 ชิ้น
5. เช็ควาล์ว จำนวน 2 ตัว
6. เทปพันเกลียว จำนวน 1 ม้วน
7. กาวประสานท่อ จำนวน 1 กระป๋อง
8. ฝาอุดท่อขนาด จำนวน 4 นิ้ว 1 ชิ้น
9. ฝาอุดท่อขนาด 2 นิ้ว จำนวน 1 ชิ้น
10. ข้อต่อ3ทางลดขนาด 2 นิ้วลดเป็นขนาด 4 หุน จำนวน 1 ชิ้น
11. ข้อต่อเกลียวนอกขนาด 2 นิ้ว จำนวน 3 ชิ้น
12. บอลวาล์วขนาด 4 หุน จำนวน 1 ชิ้น
13. หางปลาไหล จำนวน 1 ชิ้น

2) ขั้นตอนประกอบส่วนของท่อลมและตัวส่งน้ำ

1. ประกอบท่อขนาด 4 นิ้ว ยาว 75 ซม. เข้ากับฝาอุดท่อขนาด 4 นิ้ว โดยการทากาว
2. ทำท่อขนาด 4 นิ้ว ยาว 75 ซม.ประกอบเข้ากับข้อต่อตรงขนาด 4 นิ้วลด 2 นิ้ว โดยการทากาว
3. นำท่อขนาด 2 นิ้ว ยาว 10 ซม. ประกอบเข้ากับข้อต่อตรงขนาด 4 นิ้วลด 2 นิ้ว โดยการทากาว
4. นำข้อต่อตรง 3 ทาง ขนาด 2 นิ้วลด 4 หุน ต่อเข้ากับท่อ 2 นิ้ว ยาว 10 ซม. โดยการทากาว

5. นำบอลวาล์วและหางปลาไหลต่อเข้ากับข้อต่อตรง 3 ทางขนาด 2 นิ้วลด 4 หุน จะได้ท่อลมและตัวส่งน้ำ

6. ขั้นตอนการประกอบส่วนของท่อลมและตัวส่งน้ำดังภาพที่ 2

3) ขั้นตอนการประกอบส่วนของไฮดรอลิคแรมปั๊ม

1. ประกอบฝาอุดขนาด 2 นิ้วเข้ากับท่อขนาด 2 นิ้ว ยาว 10 ซม. โดยการทากาว

2. นำข้อต่อตรง 3 ทาง ขนาด 2 นิ้ว จำนวน 2 ชิ้น ประกอบเข้ากับท่อขนาด 2 นิ้ว ยาว 10 ซม. ทั้ง 2 ชิ้น

3. นำข้อต่อตรง 3 ทาง ขนาด 2 นิ้ว ประกอบเข้ากับฝาอุดท่อขนาด 2 นิ้ว ที่ประกอบไว้แล้ว

4. นำเช็ควาล์วจำนวน 2 ชิ้น ประกอบเข้ากับข้อต่อตรงขนาด 2 นิ้วเกลียวนอก ทั้ง 2 ชิ้น โดยใช้เทปพันเกลียวเพื่อป้องกันไม่ไหลน้ำไหลซึมออกมาเช็ควาล์ว ชิ้นหนึ่งจะหันหัวลูกศรขึ้นอีกชิ้นจะหันหัวลูกศรลง

5. ประกอบเช็ควาล์วที่ต่อเข้ากับข้อต่อเกลียวเข้ากับท่อขนาด 2 นิ้ว ยาว10 ซม.ทั้ง 2 ชิ้น

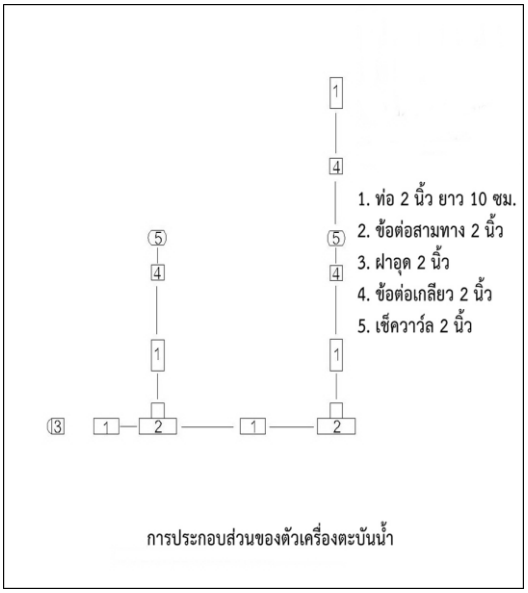
6. นำเช็ควาล์วที่ประกอบเสร็จแล้วประกอบเข้ากับข้อต่อตรง 3 ทาง ขนาด 2 นิ้ว ที่ประกอบไว้แล้วโดยเช็ควาล์วทางด้านฝาอุดท่อขนาด 2 นิ้ว หัวลูกศรจะชี้ลงส่วนอีกตัวจะชี้ขึ้น

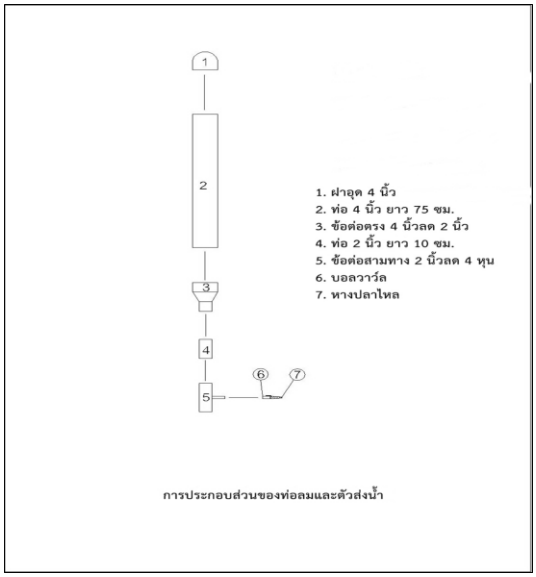
7. นำข้อต่อเกลียวนอก ขนาด 2 นิ้ว ต่อเข้ากับเช็ควาล์วที่มีหัวลูกศรชี้ขึ้นโดยเทปพันเกลียว

8. นำท่อขนาด 2 นิ้ว ยาว10 ซม. ต่อเข้ากับข้อต่อเกลียวขนาด 2 นิ้ว ที่ต่อกับเช็ควาล์วหันหัวลูกศรขึ้น

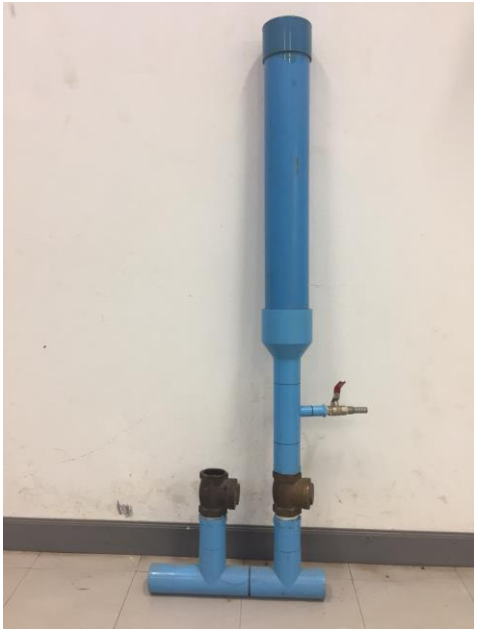
9. ขั้นตอนการประกอบส่วนของไฮดรอลิคแรมปั๊มดังภาพที่ 2

10. นำส่วนของท่อลมและตัวส่งน้ำมาประกอบเข้ากับส่วนของไฮดรอลิคแรมปั๊มดังภาพที่ 3





ภาพที่ 2 การประกอบส่วนของท่อลมและตัวส่งน้ำ



ภาพที่ 3 ไฮดรอลิคแรมปั๊มโดยใช้ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว

วิธีทำการทดลอง

ผู้วิจัยได้ดำเนินขั้นตอนการทดลองดังนี้

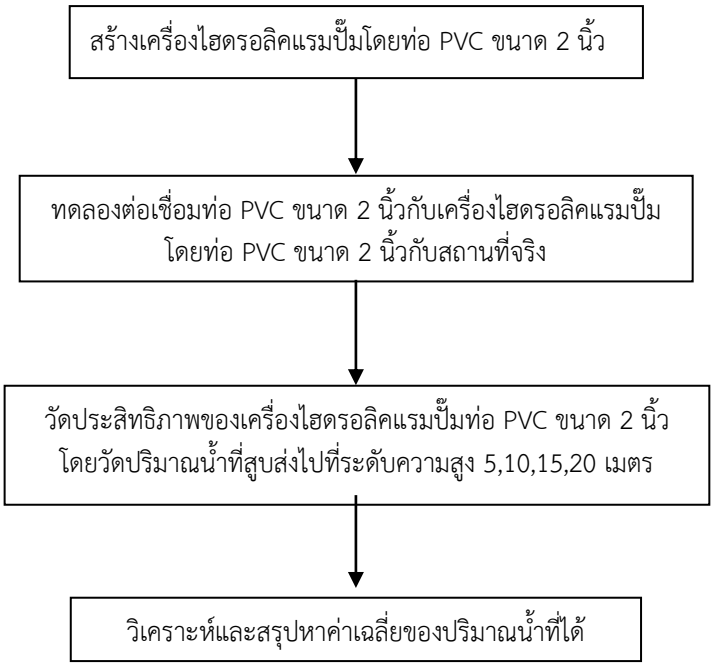
1. นำท่อพีวีซีขนาด 2 นิ้ว จำนวน 3 ท่อน ความยาวรวม 12 เมตร มาทำการเชื่อมต่อกับน้ำที่หน้าฝายของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำหมานโดยปรับระดับน้ำเริ่มต้นให้ได้เฮดที่ความสูง 2 เมตรจากจุดไฮดรอลิคแรมปั๊มติดตั้งอยู่แล้ววัดปริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อดังภาพที่ 4

2. ทำการเชื่อมต่อท่อพีวีซีขนาด 2 นิ้วสำหรับนำน้ำเข้ากับเครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊ม เสร็จแล้วเปิดวาล์วน้ำให้น้ำไหลเข้าเครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มแล้วกดลิ้นวาล์วน้ำทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที เพื่อไล่ฟองอากาศในระบบของท่อ

3. จากนั้นปล่อยให้เครื่องทำงานตามระบบคงที่เป็นเวลา 5 นาที นำสายยางมาต่อเข้ากับก๊อกจ่ายน้ำที่บริเวณหม้อลมส่งน้ำของเครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มเปิดก๊อกจ่ายน้ำให้ไหลไปในสายยางเพื่อนำน้ำขึ้นที่สูงระยะ 5 เมตร 10 เมตร 15 เมตร และ 20 เมตร

4. จับเวลา วัดปริมาณน้ำที่ได้ บันทึกผลการทดลอง โดยทำซ้ำ 10 ครั้ง เมื่อครบแล้วเปลี่ยนย้ายสายยางไปที่ระดับความสูง10 เมตร 15 เมตร และ 20 เมตร ตามลำดับ

5. เมื่อเก็บข้อมูลครบถ้วนทุกค่าแล้วนำค่าปริมาณน้ำที่ได้ในแต่ละระดับความสูงของการส่งน้ำไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำที่ได้ ซึ่งสรุปเป็นแผนภาพได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แผนภาพการทดลองเครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มโดยใช้ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว

การเก็บรวบรวมข้อมูล

บันทึกปริมาณน้ำที่เครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มขึ้นไปเก็บในบริเวณที่สูงในแต่ละวันเป็นเวลาหนึ่งสัปดาห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์จากผลการทดลองใช้งานจริง เครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มสามารถนำน้ำขึ้นไปเก็บในเวลาหนึ่งวันเครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มสามารถนำน้ำไปเก็บได้กี่ลิตรต่อวันทำการหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)

ผลของการวิจัย

จากผลการวิจัยการติดตั้งเครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มที่ฝายเก็บน้ำของหมู่บ้านโป่งเบี้ย ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย โดยมีอัตราการไหลของน้ำที่เข้าท่ออยู่ที่ 210.82 ม^3/วัน พบว่าปริมาณน้ำที่ระดับความสูง 5 เมตรได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยมากที่สุดโดยมีอัตราการไหลเท่ากับ 43.816 ม^3/วัน และระดับความสูง 10 เมตรได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 29.307 ม^3/วัน ระดับความสูง 15 เมตรได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 19.309 ม^3/วัน ระดับความสูง 20 เมตรได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 7.317 ม^3/วัน ซึ่งผลการปรากฏ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลอัตราการไหลของน้ำจากการสูบน้ำโดยเครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊ม

ครั้งที่	ปริมาณน้ำ ม^3/วัน			
	5 เมตร	10 เมตร	15 เมตร	20 เมตร
1	43.977	30.125	20.131	7.413
2	44.526	28.321	19.275	6.644
3	43.200	29.564	17.805	7.171
4	43.770	29.336	18.273	7.730
5	43.623	28.987	19.275	7.395
6	44.326	29.773	20.023	7.632
7	43.556	29.465	19.564	7.122
8	43.721	28.956	19.742	7.326
9	44.023	29.023	19.523	7.421
10	43.445	29.523	19.485	7.321
ค่าเฉลี่ย(x)	43.816	29.307	19.309	7.317

ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำที่สูบได้ต่อระดับความสูงต่าง ๆ

ภาพที่ 6 แสดงการติดตั้งและสูบน้ำโดยไฮดรอลิคแรมปั๊ม

สรุปและอภิปรายผล

สรุปผล

จากผลการทดลองที่ได้ทำให้ได้เครื่องสูบน้ำเครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มโดยใช้ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว ที่เกิดการประยุกต์วัสดุที่มีขายตามท้องตลาดที่มีประสิทธิภาพในการสูบน้ำเพื่อใช้ส่งไปยังพื้นที่การเกษตรที่มีความสูงชันได้และมีราคาถูก ชุมชนสามารถจัดทำเองได้ ผลการทดสอบทุกชั้นความสูงพบว่าปริมาณน้ำที่ระดับความสูง 5 เมตร ได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยมากที่สุดโดยมีอัตราการไหลเท่ากับ 43.816 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ระดับความสูง 10 เมตร ได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 29.307 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ระดับความสูง 15 เมตร ได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 19.309 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และระดับความสูง 20 เมตรได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 7.317 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยมีอัตราการไหลของน้ำที่เข้าท่ออยู่ที่ 210.82 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ทั้งนี้ผลการทดสอบที่ได้สามารถเป็นข้อมูลประกอบในการตัดสินใจนำเครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มไปสูบเพื่อส่งน้ำขึ้นไปยังพื้นที่การเกษตรของชาวบ้านที่อยู่บนพื้นที่ที่สูงระดับต่าง ๆ กันเพื่อนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

อภิปรายผล

จากการทดสอบไฮดรอลิคแรมปั๊มพบว่าปริมาณน้ำที่เครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มสามารถนำขึ้นสู่ที่สูงเกิดจากแหล่งจ่ายน้ำผ่านท่อส่งน้ำลงมายังประตูน้ำ (valve box) ของเครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊ม ซึ่งถังประตูน้ำจะมีประตูน้ำเปิดปิดได้แบบอัตโนมัติ 2 แห่ง คือ ประตูน้ำทิ้ง (waste valve ; W) เพื่อเปิดน้ำทิ้งลงข้างล่างและประตูส่งน้ำ (delivery valve : C) เพื่อส่งน้ำขึ้นข้างบน ซึ่งด้านบนของประตูส่งน้ำจะมีถังอากาศ (air chamber) ติดตั้งอยู่ การไหลคงที่ของน้ำจะเกิดขึ้นเมื่อมีการไหลผ่านประตูน้ำทิ้ง โดยที่ประตูส่งน้ำจะปิดอยู่ ถ้าปิดประตูน้ำทิ้งทันทีทันได จะเกิดความดันเนื่องจากปรากฏการฆ้อนน้ำ(water hammer) ในถังประตูน้ำ ทำให้เกิดแรงดันน้ำเป็นผลให้ประตูส่งน้ำเปิดและปล่อยให้น้ำบางส่วนไหลผ่านท่อส่งน้ำ (delivery pipe) ขึ้นไปได้และเมื่อคลื่นความดันลบสะท้อนกลับมาจากแหล่งจ่ายน้ำ จะทำให้ประตูส่งน้ำปิดได้เองโดยอัตโนมัติ ขณะเดียวกันประตูน้ำทิ้งจะ

เปิด โดยที่น้ำที่ไหลผ่านประตูน้ำทิ้งจะมีการไหลด้วยความเร่งอย่างช้า ๆ ผ่านประตูน้ำทิ้งออกไปจนกระทั่งแรงสุด (net force) ในทิศทางดันประตูน้ำขึ้นมีค่ามากกว่าประตูน้ำทิ้ง ทำให้ประตูน้ำทิ้งปิดเองอย่างอัตโนมัติ แล้วย้อนกลับไปเริ่มต้มการเปิดปิดใหม่ (new cycle) ต่อไปอย่างต่อเนื่องจึงทำให้เครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มทำงานและนำน้ำขึ้นไปเก็บบนที่สูงได้ ในการทดสอบครั้ง เกิดปัญหาขึ้นบ้างโดยเฉพาะเรื่องปริมาณของน้ำที่ไหลเข้าเครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มเนื่องจากปริมาณของน้ำในฝายมีปริมาณไม่ค่อยคงที่ถ้าในฤดูแล้งจะมีปริมาณน้ำค่อนข้างน้อยทำให้เครื่องไม่สามารถทำงานได้ผลเต็มที่จึงทำให้ต้องรอหน้าฝนที่จะมีปริมาณน้ำมากพอที่จะทำให้เครื่องสามารถทำงานได้เต็มที่

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ในการจะติดตั้งเครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มจะต้องมีแหล่งน้ำที่มีความสูงมากพอไม่ต่ำกว่า 1.5 เมตร และปริมาณการไหลของน้ำต้องคงที่เพราะจะมีผลต่อการสูบส่งจ่ายน้ำ

1.2 การติดตั้งจะต้องไม่ให้ท่อน้ำเกิดการรั่วซึมจะต้องใช้กาวประสานท่อ (กรณีติดตั้งถาวร) หรือใช้ยางในรถจักยานยนต์ (กรณีติดตั้งชั่วคราว) เพราะถ้าเกิดการรั่วซึมของน้ำหรือมีอากาศเข้ามาในระบบมากเกินไปเครื่องจะหยุดการสูบน้ำทันที

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษากรณีการใช้เครื่องไฮดรอลิคแรมปั๊มโดยใช้ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว มากกว่า 1 เครื่องมาประกอบรวมกันเพื่อช่วยให้สามารถสูบน้ำได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นจากเดิม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการศึกษาประสิทธิภาพการสูบน้ำของไฮดรอลิคแรมปั๊มโดยใช้ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว ต้องขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย และชาวบ้านบ้านโป่งเบี้ย ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย มีส่วนสำคัญที่ทำให้งานวิจัยของข้าพเจ้า และนักศึกษา ประสบความสำเร็จด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิจัยฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบแด่บิดา มารดา และมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ซึ่งเป็นต้นสังกัดของผู้เขียน

เอกสารอ้างอิง

กีรติ ลีวัจนกุล. (2537). **วิศวกรรมชลศาสตร์.** ปทุมธานี: SPEC.

คมเดช พัวพงษ์ไพโรจน์ ธนกฤต หิรัญวิบูลย์ วราวุธวุฒิวณิชย์และจิระกานต์ ศิริวิชญ์ไมตรี. (2557). **การพัฒนาวาล์วทิ้งของเครื่องตะบันน้ำ**. โครงงานวิศวกรรมชลประทาน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 14น

โชติไกร ไชยวิจารณ์. (2546). **วิศวกรรมชลศาสตร์.** กรุงเทพฯ: ดวงกมลสมัย.

ประณต กุลประสูตร. (2554). **เทคนิคงานท่อสุขภัณฑ์ภายในอาคาร**. กรุงเทพฯ: ทวี.พริ้นท์ (1991).

เลอพงศ์ ชูเทพ. (2546). **ตะบันน้ำหรือ....เครื่องสูบน้ำพลังน้ำ.** เอกสารวิชาการ คณะเกษตรศาสตร์และสิ่งแวดล้อม สถาบันราชภัฏอุตรดิตถ์.

วัชระ วงศ์ปัญญา สันติ สร้อยเงิน จิระวดี สุทธารัตน์ ประภาส รวมปะระ. (2554). **เครื่องตะบันน้ำขนาด 1 1/2”** วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา. 2น

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. (2529). **ปั๊มและระบบสูบน้ำ.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

การเตรียมไม้เทียมจากพลาสติกและผงขี้เลื่อย

สุรีพร โททรัพย์[1] วราภรณ์ อุ่นพา[1] เชาวลิต วันเสาร์[1]
นพดล บุณยรัตพันธุ์[1] สิงหเดช แตงจวง[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการผลิตวัสดุเชิงประกอบไม้พลาสติก (WPCs.) จากพลาสติกความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE) และผงขี้เลื่อยไม้ เพื่อให้ได้ไม้เทียมที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางโครงสร้างและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยจะนำ LLDPE และผงขี้เลื่อยไม้มาผสมกันในอัตราส่วน 100:0, 95:5, 90:10 และ 85:15 โดยน้ำหนัก ทำการขึ้นรูปด้วยวิธีอัดแผ่นที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ในเตาอบไฟฟ้า ชิ้นงานขึ้นรูปถูกนำไปทดสอบหาความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ ความแข็งแรงดึง และ แรงกระแทกตามมาตรฐานของ ASTM ผลการทดสอบพบว่า ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ ของไม้พลาสติกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณผงขี้เลื่อยเพิ่มขึ้นในเมทิกซ์ อย่างไรก็ตามค่าความแข็งแรงดึง และแรงกระแทก มีค่าลดลง ด้วยการเพิ่มขึ้นของปริมาณผงขี้เลื่อย

คำสำคัญ : วัสดุเชิงประกอบไม้พลาสติก LLDPE ผงขี้เลื่อย สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล

[1] *คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จ.อุตรดิตถ์*
** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:* newton2509@yahoo.com

PREPARATION OF ARTIFICIAL WOOD FROM PLASTIC AND SAWDUST

sureeporn thosap[1], waraporn uonpa[1] , chaowarit wansao[1]
noppadol bunyarattaphan[1], singhadej tangjuank[1*]

Abstract

This research was the fabrication of wood plastic composites (WPCs) material from linear low density polyethylene (LLDPE) and sawdust to obtain an environmentally friendly artificial wood for structural application. The wood plastic composites mixtures were pretreated at various weight ratios of LLDPE and sawdust which were 100:0, 95:5, 90:10, and 85:15. The mixed materials were manufactured by flat-pressed method at temperatures 170 $^{\circ}$C for 40 min. in an electric oven. WPCs were characterized by performing the following tests: density, water absorption, tensile strength and impact strengths according to the ASTM standard. It was found that density and water absorption increased when the sawdust content increased in the matrix. However, tensile strengths and impact strengths decreased with increasing sawdust content.

Keywords: wood plastic composites, LLDPE, sawdust, physical properties, mechanical properties

[1] *Faculty of science and technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit 53000*
**Corresponding author: newton2509@yahoo.com*

บทนำ

ในปัจจุบันวัสดุเชิงประกอบไม้พลาสติก (wood plastic composites: WPCs) เป็นวัสดุที่ได้รับความสนใจอย่างมากทั่วโลก ทั้งในยุโรป อเมริกา หรือแม้แต่ในเอเชียรู้จักในชื่อทั่วไปว่า “ไม้เทียม” โดยไม้พลาสติกเป็นการนำเอาความรู้ของวงการไม้และวงการพลาสติกมารวมกันทำให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งถือได้ว่าเป็นวัสดุทางวิศวกรรมได้อีกชนิดหนึ่ง การนำไปใช้หลัก ๆ ของ WPCs ก็คือ อุตสาหกรรมยานยนต์ ด้านโครงสร้างสำหรับการก่อสร้างที่อยู่อาศัย เฟอร์นิเจอร์ ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและ สินค้าอุปโภคบริโภค (Clemons (2002), Garcia et al. (2009), Stark et al. (2010), Suppakarn et al. (2009)) โดยทั่วไปแล้วไม้ซึ่งประกอบด้วย ไฟเบอร์จะใช้เป็นวัสดุเสริมแรง (reinforcing material) นอกจากการใช้ไม้เป็นวัสดุเสริมแรงแล้ว ได้มีนักวิจัยหลาย ๆ ท่านได้ทำวิจัยโดยใช้วัสดุอื่นที่มีองค์ประกอบของเซลลูโลสนำมาสร้างไม้เทียม เช่น ฟางข้าวสาลี ฟางลินิน ซังข้าวโพด ก้านพริกไท ก้านดอกทานตะวัน เปลือกถั่วลิสง หญ้า เป็นต้น (Buyuksari et al. (2010), Bektas et al. (2005), Nemli et al. (2009)) ส่วนพลาสติกเป็นเนื้อวัสดุหลัก หรือ เมทริกซ์ (matrics) หากมองในภาพรวมแล้วการเพิ่มไม้ลงไปในพลาสติกเป็นการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามที่ต้องการใช้งาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของวัตถุดิบ ปฏิกิริยาเคมี กระบวนการผลิต สารเติมแต่งที่เลือกใช้ และสัดส่วนของไม้และพลาสติก ต่างก็มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของไม้พลาสติกทั้งสิ้น พลาสติกมีหลายประเภท ได้แก่ พอลิพรอพิลีน (PP) พอลิเอทิลีน (PE) พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) พอลีแลคติก แอซิก (PLA) และพอลิสไตรีน (PS) เป็นต้น แต่พลาสติกที่นิยมมาใช้ทำ WPCs กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่พลาสติกประเภท PP PE และ PVC (Garcia et al. (2009)) พลาสติกเหล่านี้เป็นเทอร์โมพลาสติก เมื่อได้รับความร้อนจะหลอมตัวเป็นของเหลวหนืดและกลายเป็นของแข็งเมื่อปล่อยให้เย็นลง จากสมบัติดังกล่าวทำให้สามารถเติมวัสดุอื่น ๆ ลงไปผสมกับพลาสติกก่อนการขึ้นรูปเพื่อออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุเชิงประกอบ (composite) โดยมีคุณสมบัติตามที่ต้องการได้เช่น สามารถทนทานต่อแสงแดดและฝน มีสีสันและลวดลายหลากหลาย หรือสามารถทาสีได้ตามความต้องการ ปลอดภัยจากการรุกรานของปลวก เป็นฉนวนความร้อนที่ดีขึ้น และมีน้ำหนักเบาขึ้นเป็นต้น (Pascal et al. (2009), Najafi et al. (2009))

ประกอบกับปัจจุบันทั่วโลกมีการใช้ไม้ในการทำโครงสร้างสำหรับการก่อสร้างที่อยู่อาศัย และเฟอร์นิเจอร์ ปริมาณมากทั้งนี้เนื่องจากไม้มีความสวยงาม มีความแข็งแรง แต่มีข้อเสียบางประการ เช่น ผุง่าย ไม่ทนต่อสภาวะแวดล้อม ดูดความชื้นได้ดี ถูกทำลายง่ายจากปลวกและมอด ทำให้ไม้มีอายุการใช้งานจำกัด บางชนิดมีราคาแพง จึงทำให้มีการตัดไม้เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ต้นไม้มีจำนวนลดลงอย่างรวดเร็ว และก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทางด้านอากาศตามมา และเช่นเดียวกันก็มีการใช้พลาสติกอย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวัน เช่น ขวดน้ำดื่ม ขวดน้ำมันพืช ถุงพลาสติก เป็นต้น ซึ่งขยะพลาสติกส่วนใหญ่มาจากขยะชุมชน ส่งผลให้พลาสติกดังกล่าวหลังจากการใช้งานแล้วกลายเป็นขยะจำนวนมหาศาล โดยชนิดของพลาสติกที่ตกค้างอยู่ในขยะมูลฝอยชุมชนที่สำคัญ ได้แก่ พลาสติกชนิด High Density Polyethylene (HDPE), Low Density Polyethylene (LLDPE, LDPE) และ Polypropylene (PP) เหล่านี้ทำให้เกิดปัญหามลภาวะต่อโลก และปัญหาต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ซึ่งจะร้ายแรงเพิ่มขึ้นทุก ๆ วัน

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลิต WPCs. จากผงขี้เลื่อยไม้ และเศษพลาสติกประเภทความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (Linear Low Density Polyethylene; LLDPE) หรือถุงเย็น ได้แก่ ถุงพลาสติกใส่อาหาร ใส่ผลไม้ และพวกถุงหิ้วใส่ของต่าง ๆ ซึ่งใช้กันเป็นจำนวนมากในชีวิตประจำวัน เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าในการนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากขยะพลาสติก ลดการตัดไม้ทำลายป่า และยังเป็นการเพิ่มการใช้ประโยชน์จากขี้เลื่อยไม้ให้นำมาใช้ประโยชน์ให้หลากหลายขึ้น

นอกจากการนำไปทำเชื้อเพลิงชีวมวล และเป็นการเพิ่มทางเลือกอีกทางหนึ่งของการใช้ไม้เทียมเป็นวัสดุที่นำมาใช้ทดแทนไม้ได้

วัตถุประสงค์

งานวิจัยเป็นการศึกษาการเตรียม และสมบัติของ WPCs. จาก LLDPE และผงขี้เลื่อยไม้ มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาการเตรียม WPCs. จาก LLDPE และผงขี้เลื่อยไม้ในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อสมบัติทางกายภาพ และทางกล ของ WPCs.
2. เพื่อใช้ขี้เลื่อยไม้ และ LLDPE ที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เป็นการลดขยะจากพลาสติก และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้
3. เพื่อนำขี้เลื่อยไม้มาเป็นสารตัวเติมสำหรับ LLDPE ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต

วิธีการการดำเนินงานวิจัย

สาระสำคัญจะเป็นการกล่าวถึงกระบวนการทำงานทั้งหมด ซึ่งจะเริ่มต้นจากวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในงานวิจัย การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลองเริ่มตั้งแต่กระบวนการการผสมวัสดุด้วยเครื่องผสมตามอัตราส่วนที่กำหนด เมื่อได้วัสดุผสมแล้วจึงนำไปเข้าสู่กระบวนการต่อไปคือ กระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยการอัดแผ่น (flat-pressed method) เมื่อได้ชิ้นงานแล้วจึงนำชิ้นงานมาทดสอบสมบัติต่าง ๆ ตามมาตรฐาน ASTM

1. วัสดุอุปกรณ์

1.1 LLDPE ได้มาจากถุงพลาสติกที่หาซื้อจากร้านสรรพสินค้า แล้วนำมาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ พอประมาณที่จะสามารถนำเข้าเครื่องปั่น เพื่อจะผ่านกระบวนการปั่นเพื่อให้มีขนาดเล็กลงโดย LLDPE จะทำหน้าที่เป็นส่วนของเมทริกซ์ให้กับวัสดุเชิงประกอบ

1.2 ขี้เลื่อยไม้ได้จากโรงเลื่อยไม้อุตรดิตถ์ นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อกำจัดความชื้น โดยขี้เลื่อยไม้จะทำหน้าที่เป็นส่วนเสริมแรงให้กับ WPCs

1.3 เครื่องปั่นใช้เป็นเครื่องผสมเพื่อให้วัสดุเข้าผสมรวมตัวกันตามอัตราส่วนที่ต้องการ และมีขนาดเล็กพอที่สามารถนำไปหลอมเบื้องต้น และทำเป็นชิ้นงานได้

1.4 เครื่องชั่งดิจิตอล

1.5 แบบพิมพ์ชิ้นงาน

1.6 เตาอบไฟฟ้า

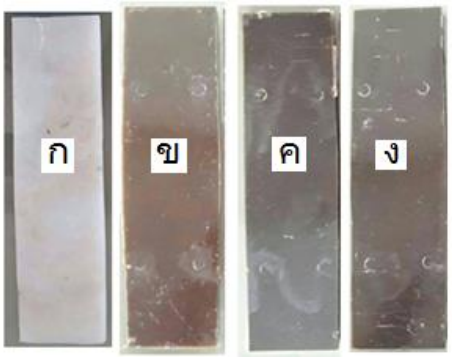
1.7 เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล (Universal testing machine) ใช้ทดสอบสมบัติทางกลประกอบด้วย ความแข็งแรงดึง

1.8 เครื่องทดสอบแรงกระแทก (Basic Pendulum Impact, BPI) ทดสอบการดูดซับพลังงานกระแทกโดยการทดลองเป็นแบบ Izod

1.9 ถุงมือกันความร้อน ใช้ในกระบวนการอัด เนื่องจากมีอุณหภูมิสูงในการหยิบชิ้นงานหรือแม่พิมพ์ต้องใช้ถุงมือกันความร้อน

2. การขึ้นรูปชิ้นงาน

นำวัสดุ LLDPE และ ผงขี้เลื่อย ที่ผ่านการผสมในอัตราส่วน ที่ LLDPE : ผงขี้เลื่อย = 100 :0, 95:15, 90:10, 85:15 มาใส่ในแม่พิมพ์แล้วทำการอัดขึ้นรูปชิ้นงานขนาด 80 มิลลิเมตร x 300 มิลลิเมตร x 4 มิลลิเมตร ได้ชิ้นงานแสดงดังภาพที่ 1 โดยใช้วิธีการขึ้นรูปแบบอัดแผ่น ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ในเตาอบไฟฟ้า จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้ ตัดตามขนาดมาตรฐาน ASTM ต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ และสมบัติเชิงกล



ภาพที่ 1 ชิ้นงานที่เตรียมจากการขึ้นรูป LLDPE:ผงขี้เลื่อย ก. 100:0 ข. 95:5 ค. 90:10 ง. 85:15

3. การทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ

การทดสอบสมบัติเชิงกายภาพประกอบด้วย การหาค่าความหนาแน่น ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D792 และการทดสอบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ ใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D570

4. การทดสอบสมบัติเชิงกล

ทำการทดสอบสมบัติเชิงกลของชิ้นงาน ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าแรงดึง ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D638 และแรงกระแทก ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D256

ผลการวิจัย และวิจารณ์

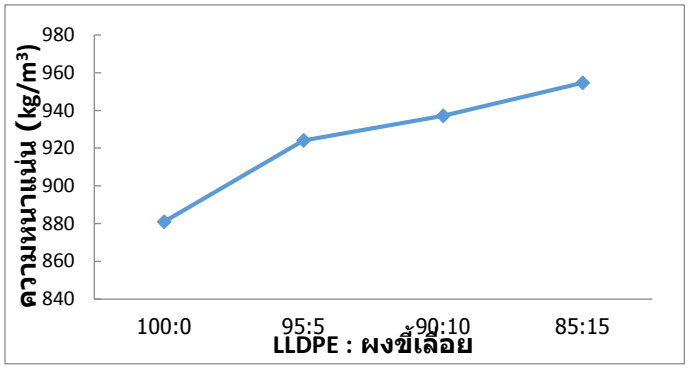
WPCs. เตรียมที่อัตราส่วน LLDPE : ผงขี้เลื่อย = 100 :0 , 95:5, 90:10, 85:15 ถูกนำมาทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ และสมบัติเชิงกล ได้ค่าต่าง ๆ สรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ และสมบัติเชิงกลของ WPCs.

LLDPE : ผงขี้เลื่อย	ความหนาแน่น (kg/m^3)	การดูดซึมน้ำ (%)	แรงดึง (MPa)	แรงกระแทก (KJ/m^2)
100:0	880.99	0.0	169	40.75
95:5	924.12	5.4	62	24.28
90:10	937.16	19.5	27	17.82
85:15	954.71	22.1	16	15.91

ความหนาแน่น

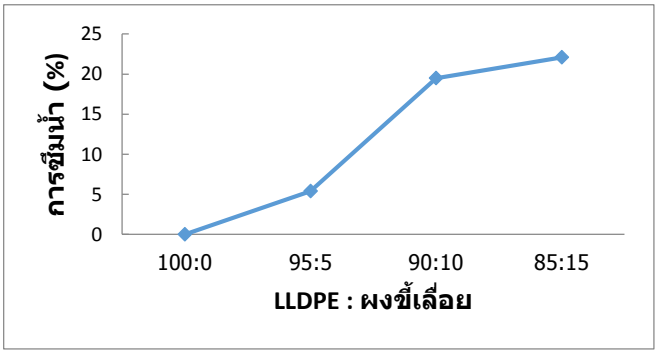
การทดสอบความหนาแน่น ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D792 พบว่าค่าความหนาแน่น ของชิ้นงานมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนของผงขี้เลื่อยเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยที่ LLDPE : ผงขี้เลื่อย = 100 :0, 95:5, 90:10, 85:15 มีค่าความหนาแน่นตามลำดับดังนี้ 880.99, 924.12, 937.16 และ 954.71 Kg/m^3 แสดงว่าขณะที่ LLDPE หลอมละลายปริมาณของผงขี้เลื่อยจำนวนมากเข้าไปแทรก และสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างผงขี้เลื่อยกับพอลิเมอร์เมทริกซ์มีมากขึ้น จึงทำให้รูพรุนหรือช่องว่างในพอลิเมอร์เมทริกซ์มีจำนวนลดลง ดังนั้นชิ้นงานจึงมีความหนาแน่นมากขึ้น สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Mohammed et al. (2013) และ Kazayawoko et al. (1999) ที่พบว่าระหว่างการขึ้นรูป WPCs. ที่อุณหภูมิสูง ไฟเบอร์ธรรมชาติ (ผงขี้เลื่อย) จะปลดปล่อยไอน้ำ ขณะที่พลาสติกสลายตัวจะให้สารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยง่าย และนำไปสู่การเกิดช่องว่างภายใน และรูพรุน และเช่นเดียวกับ Chen et al. (2006) เตรียม WPCs. จากพลาสติกความหนาแน่นสูง (HDPE) และอนุภาคไม้ที่เหลือทิ้ง รายงานว่าอนุภาคของไม้ที่เล็ก ๆ เช่น ผงขี้เลื่อยจะทำให้พื้นผิว WPCs. บางขึ้นและทำให้เกิดอัตราส่วนการอัดแน่นได้สูงกว่าจึงเป็นผลให้ WPCs มีความหนาแน่นสูงขึ้น



ภาพที่ 2 การทดสอบความหนาแน่นของ WPCs.

การซึมน้ำ

สำหรับการทดสอบการซึมน้ำ ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D570 พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำของชิ้นงานมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนของผงขี้เลื่อยเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยที่ LLDPE : ผงขี้เลื่อย = 100 :0 , 95:15, 90:10, 85:15 มีค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ ตามลำดับดังนี้ 0, 5.4, 19.5 และ 22.1%

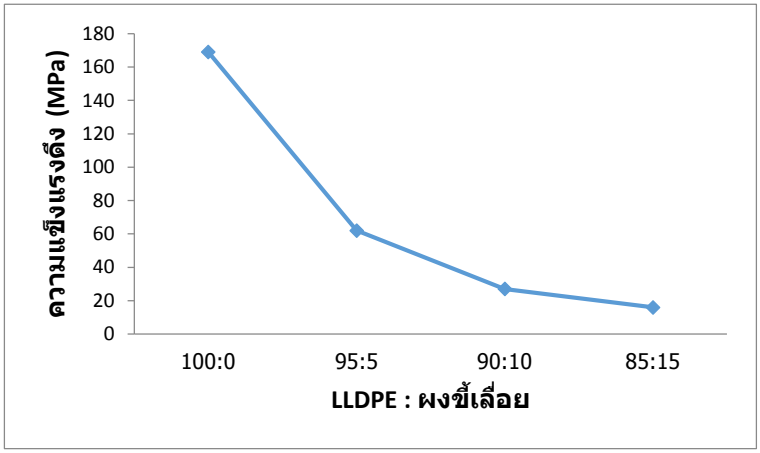


ภาพที่ 3 การทดสอบการซึมน้ำของ WPCs.

จากรายงานการวิจัยของ Clemons et al. (2002) กล่าวว่า องค์ประกอบของไม้ โดยธรรมชาติแล้วเป็นไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) ประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลูโลส และลิกนิน จัดเป็นหมู่หมู่ไฮดรอกซิลซึ่งพร้อมที่จะเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของน้ำได้เป็นอย่างดีโดยเข้าไปสร้างพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) กับโมเลกุลน้ำ ดังนั้น เมื่อผงขี้เลื่อยไม้มีปริมาณมากขึ้น จึงมีปริมาณพันธะมากขึ้น ดังนั้นจึงสามารถดูดซับน้ำได้เป็นอย่างดีในระหว่างการทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำ เช่นเดียวกันผลนี้สอดคล้องกับการรายงานการวิจัยของ Xiang et al. (2014), Chen et al. (2006), Rahman et al. (2013) และ Adhikary et al. (2008) ที่เตรียมวัสดุเชิงประกอบจากพลาสติก และอนุภาคไม้

ความแข็งแรงดึง

ทดสอบความแข็งแรงดึงของวัสดุเชิงประกอบไม้พลาสติก ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D638 พบว่า ค่าความแข็งแรงดึงของชิ้นงานมีค่าลดลง เมื่ออัตราส่วนของผงขี้เลื่อยเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4 โดยที่ LLDPE : ผงขี้เลื่อย = 100 :0 , 95:15, 90:10, 85:15 มีค่าความแข็งแรงดึงตามลำดับดังนี้ 169, 62, 27 และ 16 MPa

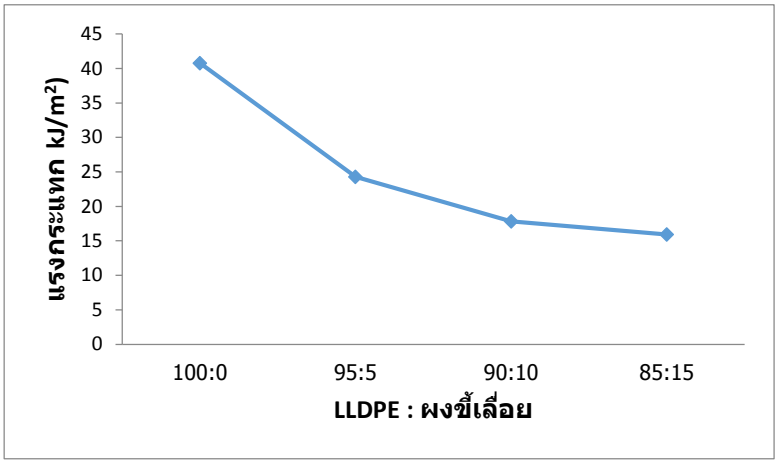


ภาพที่ 4 การทดสอบความแข็งแรงดึงของ WPCs.

จากรายงานวิจัยของ Shibata et al. (2002) และ Rahman et al. (2013) กล่าวว่าอนุภาคไม้ซึ่งก็เป็นไฟเบอร์ (fiber) และตามปกติจะมีค่ามอดูลัสสูงกว่าโพลิเมอร์หรือเมทริกซ์ อยู่แล้ว ดังนั้น เมื่อวัสดุ WPCs. ได้รับแรงเค้น (stress) จะทำให้การส่งผ่านความเค้นระหว่าง 2 วัฏภาค ก็คือ อนุภาคไม้ และเมทริกซ์ได้ไม่ดีทำให้เกิดช่องว่างที่บริเวณรอยต่อระหว่างวัฏภาคจึงเป็นจุดเริ่มของการแตกหัก ดังนั้นเมื่อผงขี้เลื่อยปริมาณมากขึ้นจึงทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของวัฏภาคเมทริกซ์ จึงมีรอยต่อวัฏภาคหรืออินเตอร์เฟสที่ไม่แข็งแรงเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้การต้านแรงดึงลดลง นอกจากนี้ผงขี้เลื่อยที่แทรกตัวในพอลิเมอร์เมทริกซ์ ปริมาณมากทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศมากขึ้น ส่งผลให้การถ่ายโอนความเค้นระหว่างไฟเบอร์ (ผงขี้เลื่อย) และเมทริกซ์ลดลงอย่างรวดเร็ว จึงทำให้ความแข็งแรงดึงลดลง ผลนี้สอดคล้องกับการรายงานการวิจัยของ Xiang et al. (2014) ที่เตรียมวัสดุเชิงประกอบจากพลาสติกความหนาแน่นต่ำ (LDPE) และผงไม้บด (wood flour)

แรงกระแทก

การทดสอบแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบไม้พลาสติก ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D256 พบว่า ค่าแรงกระแทกของชิ้นงานมีค่าลดลง เมื่ออัตราส่วนของผงขี้เลื่อยเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยที่ LLDPE : ผงขี้เลื่อย = 100 :0 , 95:15, 90:10, 85:15 มีค่าแรงกระแทกตามลำดับดังนี้ 40.75, 24.28, 17.82 และ 15.91 KJ/m^2



ภาพที่ 5 การทดสอบแรงกระแทกของ WPCs.

ทั้งนี้เนื่องจากผงขี้เลื่อยที่แทรกตัวในพอลิเมอร์เมทริกซ์ ปริมาณมากทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศมากขึ้น (ผงขี้เลื่อยเป็นเซลลูโลสจึงสามารถดูดซึมน้ำได้ดี) และสร้างพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) กับหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสในผงขี้เลื่อยไม้ แทนที่จะมีการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโซ่ของพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายเซลลูโลสด้วยกันเอง จึงทำให้มีช่องว่างเล็ก ๆ เกิดขึ้นระหว่างไฟเบอร์ และเมติกซ์ และก่อให้เกิดจุดแตกหักเล็ก ๆ (microcracks) เกิดขึ้นใน WPCs. เมื่อมีแรงมากระแทก จึงมีผลทำให้มีการดูดซับพลังงานแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบไม้พลาสติกมีค่าลดลง ผลนี้สอดคล้องกับการรายงานการวิจัยของ Xiang et al. (2014) และนอกจากนี้จากการวิจัยของ Chen et al. (2006), Raj et al. (1998) และ Rahman et al. (2013) พบว่า การกระจายตัวที่ไม่เป็นระเบียบของวัสดุเซลลูโลสจะส่งผลอย่างมากต่อสมบัติเชิงกลของ WPCs. กล่าวคือเมื่อวัสดุเซลูโลสมีปริมาณมากขึ้นความสามารถในการเชื่อมต่อของเมทริกซ์ก็จะลดลงมากขึ้น จึงส่งผลให้ WPCs. เกิดการแตกหักได้ง่ายขึ้น

สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยได้เตรียม WPCs. หรือไม้เทียมจากพลาสติกความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น กับผงขี้เลื่อยไม้ตามอัตราส่วน LLDPE : ผงขี้เลื่อย = 100 :0 , 95:15, 90:10, 85:15 และชิ้นงานที่ขึ้นรูปถูกนำไปทดสอบหาความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และสมบัติเชิงกลตามมาตรฐานของ ASTM โดยมีค่าความหนาแน่นตามลำดับดังนี้ 880.99, 924.12, 937.16 และ 954.71 Kg/m^3 และมีค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ 0, 5.4, 19.5 และ 22.1% ค่าความแข็งแรงดึง 169, 62, 27 และ 16 MPa และค่าแรงกระแทก 40.75, 24.28, 17.82 และ 15.91 KJ/m^2 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำของ WPCs. มีค่าเพิ่มขึ้น แต่สมบัติ

ความแข็งแรงดึง และสมบัติการดูดซับพลังงานแรงกระแทกมีค่าลดลง ตามปริมาณสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของผงขี้เลื่อยในการขึ้นรูป

ข้อเสนอแนะ

สำหรับผลการวิจัยไม้เทียมในครั้งนี้สามารถเตรียม และขึ้นรูปไม้เทียมได้เป็นอย่างดี และจะมีประโยชน์หลาย ๆ ด้านด้วยกัน ได้แก่ การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมโลก โดยการนำพลาสติกที่ใช้แล้วกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ซึ่งทำให้ประหยัดพลังงาน และลดมลภาวะ นอกจากนี้การใช้ผงขี้เลื่อยไม้เป็นองค์ประกอบของไม้เทียม ก็จะช่วยลดการตัดไม้ทำลายป่าธรรมชาติ เพิ่มสีเขียวให้แก่สิ่งแวดล้อม และขณะเดียวกันก็ช่วยเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตไม้เทียม และยังสามารถนำไปใช้ในทางอุตสาหกรรมด้านโครงสร้างในการก่อสร้าง และเฟอร์นิเจอร์ หรืออื่น ๆ ที่ใช้แทนไม้ธรรมชาติได้อย่างดี และเพิ่มรายได้ทางเศรษฐกิจอีกด้วย

แต่ในการศึกษาวิจัยนี้ยังต้องมีข้อปรับปรุง และการทดสอบอื่นๆเพิ่มเติมเพื่อจะทำให้ได้การวิเคราะห์ที่ครอบคลุมเพียงพอ และให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น จึงมีข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยที่จะทำในอนาคต ดังนี้

1. ในงานนี้การเตรียมอัตราส่วนของวัสดุเชิงประกอบ 3 อัตราส่วนยังไม่ครอบคลุมพอ ควรจะเพิ่มอัตราส่วนขึ้นเป็น 5 อัตราส่วน จึงจะได้ผลการเปรียบเทียบที่ครอบคลุมและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น
2. ควรมีการวิคราะห์ Thermogravimetric เพื่อจะให้ได้ผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของวัสดุองค์ประกอบ ขณะเมื่อได้รับความร้อน
3. ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการต้านการลามไฟ โดยการเติมสารหน่วงไฟชนิดต่าง ๆ เพื่อจะได้ข้อมูลการวิจัยไม้เทียมที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรติดถ์ สำหรับสถานที่ในการทำวิจัย และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้ให้ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยผ่านมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรติดถ์ และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์สำหรับผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงกล จนโครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Adhikary KB, Pang S, Staiger MP. Dimensional stability and mechanical behaviour of wood-plastic composites based on recycled and virgin high-density polyethylene (HDPE). **Compos Part B**. (2008); 39:807–815.

Bektas I, Guler C, Kalaycioğlu H, Mengeloglu F, Nacar M. The manufacture of particleboards using sunflower stalks (Helianthus annuus L.) and poplar wood (Populus alba L.). **J Compos Mater**. (2005); 39:467.

Buyuksari U , Ayrilmis N , Avci E , Koc E . Evaluation of the physical, mechanical properties and formaldehyde emission of particleboard manufactured from waste stone pine (Pinus pinea L.) cones. **Bioresour Technol**. (2010); 101:255.

Chen HC, Chen TY, Hsu CH. Effects of wood particle size and mixing ratios of HDPE on the properties of the composites. **Holz Roh Werkst**. (2006); 64:172–177

Clemons C. Wood–plastic composites in the United States: the interfacing of two industries. **Forest Prod J**. (2002); 52:10.

Garcia M, Hidalgo J, Garmendia I. Wood–plastics composites with better fire retardancy and durability performance. **Compos A.** (2009);40:1772.

Kazayawoko M, Balatinecz JJ, Matuana LM. Surface modification and adhesion mechanisms in wood fiber–polypropylene composites. **J Mater Sci**. (1999); 34(24):6189.

Mohammed A, Maher M. Palm leave and plastic waste wood composite for out-door Structures. **Construction and Building Materials**. 47(2013); 1431.

Najafi SK, Tajvidi M, Chaharmahli M. Long-term water uptake behavior of lignocellulosic-high density polyethylene composites. **J Appl Polym Sci**. (2006);102:3907.

Nemli G, Demirel S, Gümüşkaya E, Aslan M, Acar C. Feasibility of incorporating waste grass clippings (Lolium perenne L.) in particleboard composites. **Waste Manage**. (2009);29:1129.

Pascal Kandem D, Jiang H, Cui W, Freed J, Matuana LM. Properties of wood plastics composites made of recycled HDPE and wood flour from CCA-treated wood removed from service. **Compos Part A**. (2004);35:347.

Rahman KS, Islam MN, Rahman MM, Hannan MO, Dungani, Khalil HPS. Flat-pressed wood plastic composites from sawdust and recycled polyethylene terephthalate (PET): physical and mechanical properties. **SpringerPlus**. (2013); 2:629.

Raj RG, Kokta BV, Maldas D, Daneault C. Use of wood fibers in thermoplastics. VII. The effect of coupling agents in polyethylene-wood fiber composites. **J Appl Polym Sci** (1998); 37:1089–1103.

Shibata M, Takachiyo K, Ozawa K, Yosomiya R, Takeishi H. Biodegradable polyester composites reinforced with short abaca fiber. **J Appl Polym Sci**. (2002); 85:129–138.

Stark NM , White RH,. Mueller SA, Osswald TA. Evaluation of various fire retardants for use in wood flour– polyethylene composites. **Polym Degrad Stab**. (2010);95:1903.

Suppakarn N, Jarukumjorn K. Mechanical properties and flammability of sisal/PP composites: effect of flame retardant type and content. **Compos B**. (2009);40:613.

Xiang L, Bingrong L, Zhidan L, Langhuan H , Shaozao T, Xiang C. The utilization of bamboo charcoal enhances wood plastic composites with excellent mechanical and thermal properties, **Materials and Design**. (2014); 53: 419.

การหาปริมาณของไซยาไนด์ในหน่อไม้และหน่อไม้ต้มในตลาดสดชัยภูมิ ด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตรเมทรี

ดุษฎีพร หิรัญ[1*] สุรวุฒิ สุดหา[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ปริมาณไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนในตัวอย่างหน่อไม้ 3 ชนิด ที่ได้จากการสุ่มซื้อจากตลาดสดในจังหวัดชัยภูมิ จำนวน 3 ครั้ง โดยได้ทำการศึกษาตัวอย่างแยกเป็น 2 กลุ่มตัวอย่างคือ ตัวอย่างหน่อไม้ และตัวอย่างหน่อไม้ต้ม ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียล นาน 30 นาที โดยทำการบดและชั่งหน่อไม้น้ำหนัก 5.00 กรัม เติมซัลฟิวริกเข้มข้น 0.5 โมล่าร์ และทำการหาปริมาณไซยาไนด์ ด้วยวิธีการสร้างกราฟมาตรฐาน มีค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (r^2) เท่ากับ 0.996 พบว่า ในตัวอย่างหน่อไม้และหน่อไม้ต้ม ที่พบปริมาณไซยาไนด์มากที่สุดคือ หน่อไม้อัดปิ๊ป รองลงมาคือ หน่อไม้อัดถุงและหน่อไม้ดอง ตามลำดับ โดยตรวจพบปริมาณเฉลี่ยไซยาไนด์ในตัวอย่างหน่อไม้อัดปิ๊ป และหน่อไม้อัดปิ๊ปต้ม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 108.33 ± 5.59 และ 53.43 ± 1.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ พบปริมาณไซยาไนด์ที่ลดลงคิดเปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 50.68 % ในตัวอย่างหน่อไม้อัดถุงและหน่อไม้อัดถุงต้ม พบปริมาณไซยาไนด์เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 107.95 ± 3.20 และ 51.92 ± 2.44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ พบปริมาณไซยาไนด์ที่ลดลงคิดเปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 51.91 % และในตัวอย่างหน่อไม้ดองและหน่อไม้ดองต้ม พบปริมาณไซยาไนด์เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 88.75 ± 8.14 และ 33.49 ± 0.55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ พบปริมาณไซยาไนด์ที่ลดลงคิดเปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 62.27 %

คำสำคัญ: หน่อไม้ดอง ไซยาไนด์ สเปกโทรโฟโตเมทรี

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศิลปะศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ
จังหวัดชัยภูมิ e-mail: dussadee.hirun@gmail.com
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรมและวิสาหกิจ คณะศิลปะศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ
จังหวัดชัยภูมิ e-mail: yimwow@hotmail.com

DETERMINATION OF CYANIDE IN BOTH BAMBOO SHOOTS AND BOILED BAMBOO SHOOTS IN CHAIYAPHUM'S MARKET BY SPECTROMETRY METHOD

Dussadeeporn Hirun[1*] Surawut Shuda[2]

Abstract

This research is to find the quantity of cyanide contaminated in three samples of preserved bamboo shoot which randomly collected from Chaiyaphum 3 market. The samples were three collected with two groups, natural bamboo and bamboo shoot boiled at 100 °C for 30 minutes. The 5 grams of samples were mashed and filled with 0.5 molar sulfuric acid and then determined the quantity of cyanide by standard curved method correlation coefficient r^2= 0.996 . The result shown that the major of cyanide contamination was in pickled bamboo shoot about 108.33 ± 5.59 mg/Kg, the second contaminated in boiled bamboo shoot about 53.43 ± 1.96 mg/Kg. The decrease of cyanide found about 50.68%. In samples of packed bamboo shoot and boiled packed bamboo shoot, the cyanide contaminated at about 107.95 ± 3.20 and 51.92 ± 2.44 mg/Kg. The decrease of cyanide found about 51.91% respective. Finally, the average of cyanide contaminated in bamboo shoot and boiled bamboo shoot were about 88.75± 8.14 and 33.49 ± 0.55 mg/Kg. respectively the decrease of cyanide found about 62.27%

Keywords: bamboo shoot, cyanide, spectrophotometry

[1]*Department Science and Technology , Faculty of Art and Science , Chaiyaphum Rajabhat University , e-mail: dussadee.hirun@gmail.com*

[2]*Industrial Management and Enterprise Technology, Faculty of Art and Science , Chaiyaphum Rajabhat University, e-mail: yimwow@hotmail.com*

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชาชนส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรกว่าครึ่งประเทศ ซึ่งนิยมปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น ปาล์มน้ำมัน ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา และต้นไผ่ ซึ่งพืชเหล่านี้สามารถทำรายได้ให้แก่ประชาชนหรือแต่ละครอบครัว ในปัจจุบันประเทศไทยมีการปลูกต้นไผ่เป็นจำนวนมาก เพราะเป็นพืชที่ขึ้นง่าย เจริญเติบโตเร็ว ขึ้นได้ทุกสภาวะอากาศและดำรงอยู่ได้ในดินทุกชนิด ต้นไผ่เป็นพันธุ์ไม้ที่อำนวยประโยชน์หลายประการ ทั้งประโยชน์ทางตรงและทางอ้อม และเป็นพืชที่ลำต้นกิ่งมีลักษณะแปลกสวยงาม ในปัจจุบันเราสามารถนำต้นไผ่หรือไม้ไผ่มาทำเป็นเครื่องจักสานเป็นอาชีพหารายได้ให้แก่ครอบครัว และในส่วนที่สำคัญที่สุดของต้นไผ่ก็คือ หน่อไม้ ซึ่งหน่อไม้จะสามารถนำมาปรุง เป็นอาหารสำหรับการบริโภคได้หลายชนิด และสามารถนำมาแปรรูป เพื่อถนอมอาหารหรือยืดอายุในการเก็บรักษาไว้ให้ได้นานที่สุด เพื่อนำกลับมาบริโภคต่อไป

หน่อไม้ที่คนนิยมนำมาบริโภคมีสารพิษอยู่ตามธรรมชาติ หรือสารประกอบที่เรียกว่า ไซยาโนเจนิกกลัยโคไซด์ (cyanogenic glycosides) ซึ่งพบมาในยอดอ่อน และเนื้อเยื่อที่กำลังเจริญเติบโตของพืชวงศ์ Rosaceae (เมล็ดเฮ่งยิ้ง, อัลม่อน), Euphorbiaceae (บอน,ผักหนาม, ว่านกระดาษ), Capparidaceae (ผักเสี้ยน), Papilionaceae (เมล็ดกระ, ฝักสะตอ) และวงศ์ Linaceae (ป่าน) ความเป็นพิษของไซยาโนเจนิกกลัยโคไซด์ เกิด เมื่อเซลล์ของพืชแตกหรือถูกทำลายเอมโซม์ที่อยู่ข้างในจะถูกปล่อยออกมาย่อยเป็นน้ำตาลและอะกลัยโคน ที่เป็นไซยาไนด์โนไฮดรินหรือไฮดรอกซีไนตริล (cyanohydrin or hydroxynitrile) ซึ่งเป็นสารมัธยันต์ที่ไม่เสถียรจะสลายตัวต่อคีโตน ไฮโดรเจนไซยาไนด์ (ขวัญใจ กนกเมธากุล, 2535)

สำหรับประเทศไทย หน่อไม้ที่บริโภคมีอยู่หลายชนิด ได้แก่ หน่อไม้ซาง หน่อไม้บง หน่อไม้ไร่ หน่อไม้รวก หน่อไม้ตง หน่อไม้ไผ่ การได้รับปริมาณของไซยาไนด์จากการบริโภคของคนไทย โดยใช้ค่าเฉลี่ยของการบริโภคหน่อไม้ต้มต่อวัน พบว่าคนไทยได้รับสารไซยาไนด์เฉลี่ย 0.041 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ซึ่งค่าความปลอดภัย ที่องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และองค์การอนามัยโลก (WHO) กำหนดไว้ไม่ควรเกิน0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ค่า ADI (Acceptable Daily Intake) หรือปริมาณสารที่ร่างกายสามารถรับได้ในแต่ละวันคิดเป็นมิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมนั้น กำหนดไว้สำหรับสารไซยาไนด์ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ซึ่งจากการสำรวจพบว่า ปริมาณไซยาไนด์สูงกว่าเฉลี่ยที่คนไทยได้รับใกล้เคียงค่า ADI แต่ในกลุ่มที่บริโภคมากจะมีปริมาณสูงกว่าค่า ADI กำหนด 1.8 เท่า (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2552)

ไซยาไนด์สามารถเข้าสู่ร่างกายได้หลายทาง เช่นทางปาก ทางผิวหนัง และทางการหายใจ เมื่อเข้าสู่ร่างกายในปริมาณน้อยจะถูกขจัดพิษ โดยเอนไซม์โรดาเนส (rhodanese enzyme) เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของไธโอไซยาเนต (thiocyanate) ซึ่งเป็นพิษน้อยกว่าไฮโดรเจนไซยาไนด์และจะถูกขับออกมาทางปัสสาวะ แต่ถ้าได้รับปริมาณมากจะไปเกาะกับฮีโมโกลบิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่ร่างกายใช้ในการขนส่งออกซิเจน ไปตามร่างกายจะทำให้เกิดอาการขาดออกซิเจน ทุรนทุราย หมดสติ ถ้าช่วยเหลือไม่ทันอาจทำให้เสียชีวิตได้ (กระทรวงสาธารณสุข, 2551)

ดังนั้นคณะผู้จัดทำงานวิจัยนี้ได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวจึงศึกษาปริมาณสารไซยาไนด์ในตัวอย่างหน่อไม้ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ หน่อไม้ดอง หน่อไม้ดองอัดถุงและหน่อไม้อัดปี๊บ โดยใช้เทคนิคสเปกโทรโฟโตรเมทรี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาปริมาณไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนอยู่ในตัวอย่าง หน่อไม้อัดปี๊บ หน่อไม้อัดถุง และหน่อไม้ดองที่อุณหภูมิห้องปกติและผ่านการต้ม โดยใช้เทคนิคสเปกโทรโฟโตรเมทรี

นิยามศัพท์เฉพาะ

หน่อไม้อัดถุง หมายถึง หน่อไม้ดิบ ที่แกะเปลือกออก ตัดส่วนที่แข็งออกแล้วล้างให้สะอาด แล้วนำบรรจุถุงพลาสติก นำไปนึ่งจนหน่อไม้สุก

หน่อไม้อัดปี๊ป หมายถึง หน่อไม้ดิบที่นำมาเผาไฟทั้งเปลือก จนเนื้อของหน่อไม้เปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลือง และนำมาปอกเปลือกทำความสะอาด ล้างน้ำ บรรจุใส่ปี๊บ เทน้ำใส่ปี๊บให้เต็มพอท่วมหน่อไม้นำขึ้นตั้งไฟต้มทั้งปี๊บ

หน่อไม้ดอง หมายถึง หน่อไม้ที่สับหรือหั่นหน่อไม้บาง ๆ หรือสับให้เป็นเส้น ๆ นำหน่อไม้ไปแช่น้ำสะอาดในภาชนะที่ สะอาดทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นนำหน่อไม้มาใส่ขวดพลาสติกให้เต็ม โดยไม่ต้องเติมน้ำ จากนั้นปิดฝาให้แน่น การหมักหน่อไม้จะทำให้เกิดน้ำหมักดอกออกมาเองตามธรรมชาติ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างหน่อไม้ 3 ชนิด โดยการเก็บชนิดละ 3 ตัวอย่าง โดยการสุ่มซื้อตัวอย่างจากหน่อไม้ที่แปรรูปโดยใช้ภูมิปัญญาชาวบ้าน ที่มีจำหน่ายในร้านค้า ภายในบริเวณตลาดสด อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ

1.1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

ชุดที่ 1 ตัวอย่างหน่อไม้ก่อนต้ม ได้แก่ หน่อไม้อัดถุง หน่อไม้อัดปี๊บ และหน่อไม้ดอง

ชุดที่ 2 ตัวอย่างหน่อไม้หลังต้ม ได้แก่ หน่อไม้อัดถุง หน่อไม้อัดปี๊บ หน่อไม้ดองโดยนำหน่อไม้ตัวอย่างดังกล่าว มาต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30นาที

บดและชั่งตัวอย่างหน่อไม้ชุดที่ 1 มา 5.00 กรัม เติมสารละลายกรดซัลฟิวริก เข้มข้น 0.5 โมลาร์ปริมาณ 20 มิลลิลิตร ในอัตราส่วน 1:4 หลังจากนั้นเขย่าสาร15 นาที แล้วนำเข้าเตาอบที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที กรองด้วยกระดาษกรองจากนั้นนำมาเจือจางสารละลายที่ได้ 100 เท่า ปิเปตสารละลายมา 0.25 มิลลิลิตร

นำตัวอย่างหน่อไม้ชุดที่ 1และชุดที่ 2 ทำซ้ำตามข้อ 3

1.2 การเตรียมสารละลายแบลงค์

ปิเปตน้ำกลั่นปราศจากไอออนปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ในขวดปริมาตรขนาด 5.00 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองเติมสารละลายนินไฮดรินเข้มข้น 0.8 โมลาร์ ปริมาณ 0.80 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.4 โมลาร์ ปริมาณ 0.80 มิลลิลิตร เขย่าทิ้งไว้ 30 นาที และสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เติม 1% สารละลายทวีน 20 ปริมาตร 0.40 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2.50 โมลาร์ จนปริมาตรครบ 5.00 มิลลิลิตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 30 นาที สารละลายจะเปลี่ยนเป็นใสไม่มีสี

1.3 สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานไซยาไนด์
2. สารละลายนินไฮดริน เข้มข้น 0.80 โมลาร์
3. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต(Na_2CO_3) เข้มข้น 0.40 โมลาร์
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH)
5. 1% สารละลายทวีน 20

6. กรดซัลฟิวริก(H_2SO_4) เข้มข้น 10.00 โมลาร์

1.4 ขั้นตอนการทดลอง

นำตัวอย่างที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างมา 0.25 มิลลิลิตร ในขวดปริมาตรขนาด 5.00 มิลลิลิตร เติมสารละลายนินไฮดรินเข้มข้น 0.08 โมลาร์ ปริมาณ 0.80 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.40 โมลาร์ ปริมาตร 0.80 มิลลิลิตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 30 นาที สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีแดง เติม 1% สารละลายทวีน 20 ปริมาตร 0.40 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2.50 โมลาร์ จนปริมาตรครบ 5.00 มิลลิลิตร สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 30 นาที และนำไปตรวจวัดที่ค่าความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงที่ 598 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (ปทิตาตา เยี่ยมหาร. 2553)

2. วิธีการวิเคราะห์ (รมย์ธีรา เชื้อโชติ. 2551)

การเตรียมกราฟมาตรฐาน

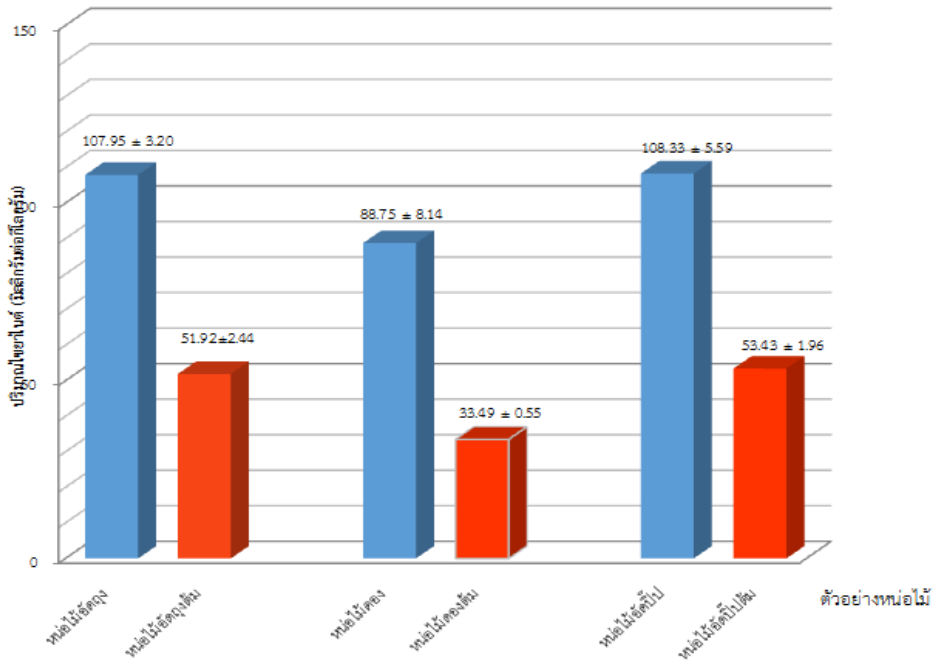
เตรียมสารละลายมาตรฐานที่มีปริมาณไซยาไนด์ เข้มข้น 0.02 0.04 0.06 และ 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขวดปริมาตรขนาด 5.00 มิลลิลิตร เติมสารละลายนินไฮดรินเข้มข้น 0.08 โมลาร์ ปริมาตร 0.08 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอนเนตเข้มข้น 0.04 โมลาร์ ปริมาตร 0.80มิลลิลิตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 30 นาที สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีแดง เติม 1% สารละลายทวีน20 ปริมาตร 0.40 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2.50 โมลาร์ จนปริมาตรครบ 5.00 มิลลิลิตร สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 30 นาทีและนำไปวัดที่ 598 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ผลการวิจัย

ปริมาณไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนในตัวอย่างหน่อไม้ 3 ชนิด โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่าง ออกเป็น 2 กลุ่มตัวอย่างคือ ตัวอย่างหน่อไม้ และตัวอย่างหน่อไม้ต้ม ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียล นาน 30 นาที และทำการหาปริมาณไซยาไนด์ โดยวิธีหาจากการสร้างกราฟมาตรฐานของไซยาไนด์ที่ความเข้มข้น 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 และ 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า มีค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (r^2) เท่ากับ 0.996 และมีค่าร้อยละการกลับคืนอยู่ในช่วง 96.82 - 101.00 พบว่า ในตัวอย่างหน่อไม้และหน่อไม้ต้ม ที่พบปริมาณไซยาไนด์มากที่สุดคือ หน่อไม้อัดปิ๊ป รองลงมาคือ หน่อไม้อัดถุงและหน่อไม้ดอง ตามลำดับ ผลการตรวจพบปริมาณเฉลี่ยไซยาไนด์ในตัวอย่างหน่อไม้อัดปิ๊ป และหน่อไม้อัดปิ๊ปต้ม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 108.33 ± 5.59 และ 53.43 ± 1.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ พบปริมาณไซยาไนด์ที่ลดลงคิดเปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 50.68 % ในตัวอย่างหน่อไม้อัดถุงและหน่อไม้อัดถุงต้ม พบปริมาณไซยาไนด์เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 107.95 ± 3.20 และ51.92 ± 2.44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ พบปริมาณไซยาไนด์ที่ลดลงคิดเปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 51.91 % และ ในตัวอย่างหน่อไม้ดองและหน่อไม้ดองต้ม พบปริมาณไซยาไนด์เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 88.75 ± 8.14 และ 33.49 ± 0.55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ พบปริมาณไซยาไนด์ที่ลดลงคิดเปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 62.27 %

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบปริมาณไซยาไนด์ที่พบในตัวอย่างหน่อไม้และหน่อไม้ต้ม

ตัวอย่างหน่อไม้	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)		เปอร์เซ็นต์ที่ลดลง
	หน่อไม้	หน่อไม้ต้ม	
หน่อไม้อัดถุง	107.95 ± 3.20	51.92 ± 2.44	51.91%
หน่อไม้ดอง	88.75 ± 8.14	33.49 ± 0.55	62.27%
หน่อไม้อัดปี๊ป	108.33 ± 5.59	53.43 ± 1.96	50.68%



ภาพที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณไซยาไนด์ที่พบในตัวอย่างหน่อไม้และหน่อไม้ต้ม

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การหาปริมาณสารไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนตัวอย่างหน่อไม้ 3 ชนิด ที่ได้การสุ่มซื้อตัวอย่างในตลาดสดในอำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ จำนวน 3 ซ้ำ ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ผู้บริโภคนิยมบริโภคกัน และสามารถหาซื้อและขายโดยทั่วไป การเตรียมตัวอย่างดังกล่าว ได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น2 กลุ่ม คือตัวอย่างหน่อไม้ และตัวอย่างหน่อไม้ต้ม ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียล นาน 30 นาที โดยทำการบดและชั่งหน่อไม้ เติมซัลฟิวริกเข้มข้น 0.5 โมล่าร์ (ปทิตตา เยี่ยมหาร, 2553) และทำการหาปริมาณไซยาไนด์ ด้วยวิธีการสร้างกราฟมาตรฐาน พบว่ามีค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (r^2) เท่ากับ 0.996 โดยตรวจพบปริมาณเฉลี่ยไซยาไนด์ในตัวอย่างหน่อไม้อัดปิ๊ปและหน่อไม้อัดปิ๊ปต้ม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 108.33 ± 5.59 และ 53.43 ± 1.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

พบปริมาณไซยาไนด์ที่ลดลงคิดเปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 50.68 % ในตัวอย่างหน่อไม้อัดถุงและหน่อไม้อัดถุงต้ม พบปริมาณไซยาไนด์เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 107.95 ± 3.20 และ51.92 ± 2.44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ พบปริมาณไซยาไนด์ที่ลดลงคิดเปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 51.91 % และในตัวอย่างหน่อไม้ดองและหน่อไม้ดองต้ม พบปริมาณไซยาไนด์เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 88.75 ± 8.14 และ 33.49 ± 0.55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ พบปริมาณไซยาไนด์ที่ลดลงคิดเปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 62.27 % ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับการศึกษาของ สุวรรณี ธีรภาพธรรมกุล และคณะ (2554) เรื่อง การประเมินความเสี่ยงของสารไซยาไนด์จากการบริโภคหน่อไม้ของคนไทย พบว่าจากการสำรวจข้อมูลการเก็บตัวอย่างหน่อไม้อัดปิ๊ป จากสถานที่ผลิตและจำหน่าย ตรวจพบความเป็นกรด-ด่าง เกินเกณฑ์มาตรฐานของคณะกรรมการอาหารและยา แสดงว่ามีปริมาณกรดที่น้อยเกินไปเมื่อเทียบกับปริมาณหน่อไม้ ซึ่งอาจมีผลทำให้ผู้บริโภคไม่ปลอดภัย เนื่องจากเชื้อคลอสทริเดียม โบทูลินัม (Clostridium botulinum) สามารถเจริญเติบโตและสร้างสารพิษ Botulinum toxin ได้ และเพื่อลดความเสี่ยงในการบริโภค จึงได้ศึกษาวิธีการลดระดับของปริมาณสารไซยาไนด์ในหน่อไม้ทุกชนิด พบว่าการหุงต้มในครัวเรือน โดยวิธีการต้มหน่อไม้ในน้ำเดือดอย่างน้อย 10 นาที สามารถลดปริมาณสารไซยาไนด์เฉลี่ยได้ถึง 91% ดังนั้น ผู้บริโภคจึงมีความปลอดภัยเมื่อนำหน่อไม้ทุกชนิดไปต้มก่อนการบริโภค และ Ferreira et al. (1995) พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการทำหน่อไม้กระป๋องคือฆ่าเชื้อ (sterilized) ที่อุณหภูมิ 98 - 102 °C นาน 148 - 180 นาที สามารถลดปริมาณสารไซยาไนด์ได้ 97%

การศึกษาของ ปทิตตา เยี่ยมหาร (2553) ซึ่งพบว่า จากการศึกษาปริมาณไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนในตัวอย่างหน่อไม้ ที่ได้จากการสุ่มซื้อตัวอย่างที่ จังหวัดขอนแก่น พบว่า เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไซยาไนด์ของตัวอย่างหน่อไม้และหน่อไม้ต้ม พบว่า ปริมาณไซยาไนด์ลดลง อยู่ในช่วงร้อยละ 65.99 - 75.98 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของผู้วิจัย โดยเมื่อเปรียบเทียบปริมาณไซยาไนด์ในตัวอย่าง พบว่า มีปริมาณไซยาไนด์ที่ลดลงอยู่ในช่วงร้อยละ 50.68 – 62.27% และเราสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้ ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกบริโภคหน่อไม้แปรรูปในจังหวัดชัยภูมิและจังหวัดอื่น ๆ ได้ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกวิธีที่จะลดปริมาณไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนมากับอาหารได้อีกทางหนึ่ง

ข้อเสนอแนะ

1. การวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์ โดยใช้วิธีการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารนินไฮดรินที่มีไซยาไนด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้เทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี เป็นการทดลองที่ง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ใช้สารเคมีราคาไม่แพงและเครื่องมือไม่ยุ่งยาก ซึ่งสามารถวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติทั่วไปได้
2. ควรเลือกตัวอย่างหน่อไม้ให้มีความหลากหลาย และเป็นที่นิยมบริโภค สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป อาทิเช่น หน่อไม้สด เป็นต้น
3. สามารถนำเทคนิคนี้ ไปวิเคราะห์หาปริมาณไซยาไนด์ที่ปนเปื้อนในกลุ่มตัวอย่างประเภทอื่น ๆ อาทิเช่น ในถั่ว ข้าวโพด หรืออาหารที่ผ่านการแปรรูปทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ เป็นต้น โดยต้องศึกษาตัวอย่างที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. (2551). **“สารพิษในหน่อไม้.”** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_food. (6 กุมภาพันธ์ 2553)

กรมวิทยาศาสตร์การแพย์. (2552). **“สารพิษในหน่อไม้.”** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://webdb.dmsc.moph.go.th/. (6 กุมภาพันธ์ 2553)

กองควบคุมอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2550). **คู่มือการผลิตหน่อไม้บรรจุตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (GMP).** นนทบุรี

ขวัญใจ กนกเมธากุล. (2535). **เคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (Chemistry of nature products).** ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปทิตตา เยี่ยมหาร. (2553). **ปริมาณไซยาไนด์ในหน่อไม้โดยใช้เทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี.** การศึกษาอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

รมย์ธีรา เชื้อโชติ. (2551). **การพัฒนาวิธีวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์อิสระและสารประกอบไซยาไนด์ในตัวอย่างไวน์ โดยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเคมีวิเคราะห์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุวรรณี ธีรภาพธรรมกุลและคณะ. (2554). **การประเมินความเสี่ยงของสารไซยาไนด์จากการบริโภคหน่อไม้ของคนไทย.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://budgetitc.dmsc.moph.go.th (5 ตุลาคม 2560)

Ferreira VLP, Yotsuyanagi K, Carvalho CRL.,(1995). **Elimination of cyanogenic compounds from Bamboo Shoots Dendrocalamus Giganteus Munro**. Trop Sci 1995; 35: 342-6

Food Standards Australia New Zealand, (FSANZ). (2004). **Cyanogenic Glycosides in Cassava and Bamboo Shoots: A Human Health Risk Assessment**. Retrieved January 27, 2010, Available from: URL: http://www. foodstandards.gov.au/

Speijers G, Cyanogenic glycosides (WHO Food Additives Series 30). **IPCS INCHEM Home.** [Available from: http://www. inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v30je18.htm

การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียเพื่อเสริมความสามารถในการเขียนสะกดคำ กรณีศึกษา นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านการเขียนสะกดคำ โรงเรียนอนุบาลกุลจินต์

กิติพันธ์ ใจฐิติวิทย์[1*] นุชนาฏ ใจดำรงค์[2] พัศรเบศวณ์ เวชวิริยะสกุล[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสื่อมัลติมีเดียเรื่องการเขียนสะกดคำเพื่อเสริมความสามารถในการเขียนสะกดคำ กรณีศึกษานักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ โรงเรียนอนุบาลกุลจินต์ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการเขียนสะกดคำของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ ด้านการเขียนสะกดคำก่อนและหลังใช้สื่อมัลติมีเดีย เรื่อง การเขียนสะกดคำ กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนที่มีความบกพร่องการเรียนรู้ที่มีปัญหาด้านการเขียนระดับเชาว์ปัญญาปกติและไม่มีความพิการซ้อน ที่กำลังศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนอนุบาลกุลจินต์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา สังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชนจังหวัดสงขลา จำนวน 3 คน ดำเนินการสอนตามแผนการสอนเฉพาะบุคคล โดยใช้สื่อมัลติมีเดีย เรื่อง การเขียนสะกดคำ ทดลอง 5 ครั้ง ครั้งละ 1 ชั่วโมง โดยมีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้ ก่อนดำเนินการทดลอง ผู้วิจัย นำแบบฝึกทักษะวัดความสามารถในการเขียนสะกดคำโดยใช้สื่อมัลติมีเดีย เรื่อง สะกดคำ ไปทดสอบนักเรียนที่เป็นตัวอย่างที่ใช้ศึกษาเพื่อดูความสามารถในการเขียนสะกดคำก่อนที่จะทำการทดลองโดยใช้สื่อมัลติมีเดีย เรื่องการเขียนสะกดคำ จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาในการทดสอบ 1 ชั่วโมง บันทึกคะแนนไว้เป็นคะแนนก่อนเรียน (Pre - test) จากนั้นดำเนินการทดลองการสอนเขียนสะกดคำ โดยใช้สื่อมัลติมีเดีย เรื่อง การเขียนสะกดคำที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ทดลองจำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 1 ชั่วโมง ตามแผนการสอน จากนั้นทำการทดลองการเขียนสะกดคำหลังการสอน (Pre - test) โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถการเขียนสะกดคำ ชุดเดิมนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ การเขียนสะกดคำก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สื่อมัลติมีเดีย เรื่อง การเขียนสะกดคำมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อมูล สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับเนื้อหา ค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ผลการประเมินคุณภาพสื่อมัลติมีเดีย พบว่า คุณภาพของสื่อมัลติมีเดียโดยภาพรวม อยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.70) สื่อมัลติมีเดียเรื่องการเขียนสะกดคำช่วยพัฒนาเสริมความสามารถในการเขียนสะกดคำสำหรับนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านการเขียนสะกดคำได้สูงขึ้น

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการเขียนสะกดคำของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านการเขียนสะกดคำ ก่อนและหลังใช้สื่อมัลติมีเดียเรื่องการเขียนสะกดคำ พบว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการใช้สื่อมัลติมีเดียเท่ากับ 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 22.22 และคะแนนเฉลี่ยหลังการใช้สื่อมัลติมีเดียเท่ากับ 65 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.22 โดยมีคะแนนเฉลี่ย หลังเรียนเพิ่มขึ้น 44 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 48.88 สรุปได้ว่า หลังเรียนโดยใช้สื่อมัลติมีเดียเรื่องการเขียนสะกดคำ นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ ด้านการเขียนสะกดคำมีความสามารถในการเขียนสะกดคำสูงกว่าก่อนเรียน

คำสำคัญ: นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ ด้านการเขียนสะกดคำ การเขียนสะกดคำ สื่อมัลติมีเดีย

---

[1]หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ

[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

[3]สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน E-mail: get_p5vmn@hotmail.com*

THE DEVELOPMENT OF MULTIMEDIA TO ENHANCE THE ABILITY TO SPELL CASE STUDIES OF STUDENTS WITH DISABILITIES LEARNING TO WRITE SPELLING KUNLAJIN KINDERGARTEN

Kittipan Jaithitiwit[1*] Nuchanat Jaidamrong[2] Phatsarabet Wetwiriyasakun[3]

Abstract

The objectives of this research aimed to 1) develop the multimedia to support the writing capability in word spelling for a case study of students with learning disabilities in Kunlajin Kindergarten School and 2) compare the writing capability in word spelling of students with learning disabilities between a pretest and a posttest of multimedia in writing word spelling. The targets were three learning disabled students with writing skill problem at a normal level of intelligence quotient and no multiple disabilities. They studied in Parthomsuksa 5 in the first semester of the academic year 2016 at Kunlajin Kindergarten School, Hatyai Subdistrict, Songkhla Province under Office of the Private Education Songkhla Province. The research instruments contained the multimedia on writing word spelling, individual implementation plan, and exercises to assess their writing skill in word spelling. The statistics used for data analysis were content validity, percentage, standard deviation, and t-test.

The findings indicated as follows:

1. The writing capability in word spelling of learning disabled students after using multimedia with word spelling writing exercises of Benz represented 23 scores or 50.00 percent, compared with the pretest result at 8 scores or 26.67 percent. It was concluded after experiencing with multimedia on writing word spelling, his writing capability in word spelling was higher than before the instruction. Pong had the pretest score at 7 or 23.33 percent, whereas the posttest score was 31 or 21.00 percent, showing a difference at 21 scores or 46.67 percent.

2. It was summarized after using multimedia in writing word spelling, his writing capability in word spelling was higher than before the instruction. Lastly, Miss Yaya had the pretest score at 5 or 16.67 percent, whereas the posttest score showed 20 or 66.67 percent, representing a difference at 15 scores or 50.00 percent. The conclusion was after using multimedia in writing word spelling, her writing capability in word spelling was higher than before the instruction.

Keywords: students with learning disabilities; writing word spelling; multimedia

---

[1] *Master Degree of Education Program in Educational Technology and Communications, Thaksin University*

[2] *Department of Education Technology and Communucations, Faculty of Education, Thaksin University*

[3] *Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Thaksin University*

[*] *Corresponding auther, e-mail: get_p5vmn@hotmail.com*

บทนำ

ในปัจจุบันการใช้ภาษาไทยของนักเรียนมักจะไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะมักเกิดปัญหาในด้านการเขียน โดยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มักจะมีปัญหาในเรื่องเกี่ยวกับการเขียนสะกดคำ (นภดล จันทร์เพ็ญ, 2539 : 27) กล่าวว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาส่วนมากยังเขียนสะกดคำผิดพลาด สาเหตุเพราะนักเรียนไม่ได้รับการฝึกการเขียนสะกดคำอย่างถูกวิธีและเพียงพอ ถ้านักเรียนเขียนสะกดคำผิด เช่น เขียนตำแหน่งของพยัญชนะ สระ และตัวสะกด ผิดตำแหน่งก็จะก่อให้เกิดผลเสียในด้านการใช้ภาษา ทำให้ผู้อ่านตีความหมายผิด ไม่เข้าใจข้อความที่เขียน สรุปว่าการเขียนนั้นหากผู้เขียนสะกดผิดพลาดย่อมเป็นโทษแก่ผู้อ่านและผู้เขียน คือถ้าผู้อ่านไม่ทราบว่าคำนั้น ๆ เขียนอย่างไร ก็จะนำคำที่ผิดนั้นไปใช้ ส่วนผู้ที่ทราบแล้วอาจจะรู้สึกขัดตาขัดความรู้สึกและขาดความศรัทธาต่อผู้เขียน นอกจากนี้การที่นักเรียนฝึกทักษะการเขียนไม่เพียงพอจะส่งผลทำให้นักเรียนเขียนคำไม่ได้ เพราะขาดทักษะในการเขียน ดังนั้นควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เกิดทักษะในการเขียนคำ โดยเปิดโอกาสให้ฝึกทำซ้ำ ๆ จนสามารถเขียนได้คล่องแคล่ว รวดเร็ว และถูกต้อง

นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ คือ เด็กที่มีความผิดปกติหรือบกพร่องเกี่ยวกับกระบวนการทางจิตวิทยาอย่างหนึ่งซึ่งเกี่ยวข้องกับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการพูดหรือการเขียน ทำให้เด็กที่มีความบกพร่องในด้านการฟัง การคิด การพูดคุยกับผู้อื่น การอ่าน การสะกดคำหรือการเรียนคณิตศาสตร์ รวมไปถึงเด็กที่มีความบกพร่องทางการรับรู้ การได้รับบาดเจ็บทางสมอง ความบกพร่องในการฟังและพูด ความบกพร่องในการอ่าน แต่ไม่รวมไปถึงเด็กที่มีความบกพร่อง อันเกิดจากความบกพร่องทางสายตา ความบกพร่องทางการได้ยินความบกพร่องทางร่างกาย ความบกพร่องทางสติปัญญาความด้อยโอกาสทางวัฒนธรรม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านการเขียน ไม่สามารถสะกดคำได้ดี อาจมีสาเหตุมาจากสายตา (มองเห็นตัวอักษรหรือคำแล้วแต่จำคำหรือตัวอักษรไม่ได้) การจำจากการฟัง (ได้ยินแล้วแต่จำสิ่งที่ได้ยินไม่ได้) การจำแนกโดยการใช้สายตา (เห็นคำแล้วแต่บอกไม่ได้ว่าเหมือนหรือต่างกัน) การจำแนกเสียง (ได้ยินแล้วแต่บอกไม่ได้ว่าครูพูดคำใด โดยเฉพาะคำที่มีเสียงสระใกล้เคียงกัน) และการใช้กล้ามเนื้อ (ผดุง อารยะวิญญู, 2542: 2) นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้าน การเขียนสะกดคำ เป็นนักเรียนพวกหนึ่งที่รวมอยู่ในนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ นักเรียนไม่สามารถเขียนสะกดคำได้ถึงแม้จะเป็นคำพื้นฐานที่นักเรียนพบเห็นบ่อย ๆ นักเรียนมีความยุ่งยาก ในการสะกดคำ มีพฤติกรรมการเขียนสะกดคำที่พบเห็นบ่อย ๆ คือเรียงตัวอักษรในคำผิด เช่น ขนมจะเขียนเป็น ขมน, กลม เขียนเป็น มกล เป็นต้น

การแก้ปัญหาเพื่อช่วยเหลือนักเรียนให้พัฒนาความสามารถด้านการเขียน สามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น การจัดกิจกรรมหรือประสบการณ์ต่าง ๆ ที่น่าสนใจสนุกสนานเพื่อสร้างแรงจูงใจในการเขียน การสอนซ่อมเสริมเป็นกลุ่มย่อย หรือเป็นรายบุคคล วิธีการดังกล่าวครูผู้สอนต้องมีเวลามากพอที่จะทำการแก้ไขข้อบกพร่อง นับว่าเป็นอุปสรรคสำหรับครูในการสอนมาก เพราะครูในโรงเรียนประถมศึกษามีชั่วโมง การสอนและมีภาระงานมาก ไม่มีเวลาแก้ไขข้อบกพร่องของนักเรียน (ประเสริฐ ไสววรรณ, 2544: 70) กล่าวว่าทักษะการเขียนนั้นครูต้องฝึกให้นักเรียนบ่อย ๆ ถ้าฝึกเพียงครั้งเดียวหรือสองครั้งจะได้ผลน้อย แต่ถ้าครูให้นักเรียนฝึกหลาย ๆ ครั้ง ไม่นานจะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยตระหนักถึงปัญหาเหล่านี้และรีบหาทางแก้ไขและ ปรับปรุงการสอนภาษาไทย โดยเฉพาะนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ในระดับช่วงชั้นที่ 2 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เพราะเป็นช่วงชั้นที่นักเรียนควรมีทักษะการเขียนภาษาไทยที่ดี เพื่อนำไปใช้ในการแสวงหาความรู้และใช้ในชีวิตประจำวัน

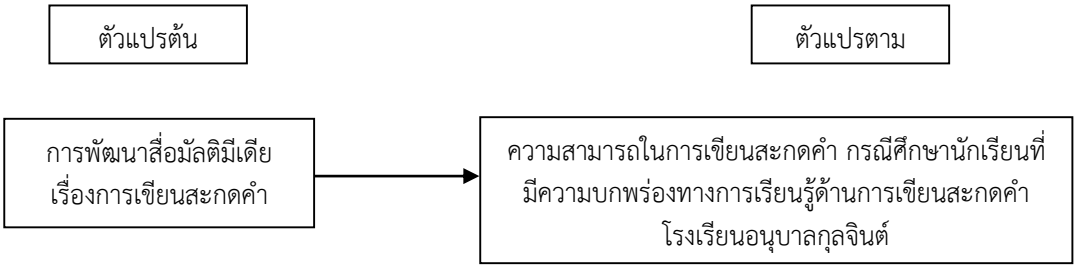
ปัจจุบันมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในวงการต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง รวมไปถึงวงการศึกษามี การนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาใช้สร้างสื่อเสริมประสิทธิภาพการเรียนการสอน เนื่องจากสื่อที่สร้างขึ้นนี้สามารถสนอง

ความแตกต่างของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี สามารถเลือกสถานที่เรียนเนื้อหาและรูปแบบการเรียนได้อย่างอิสระตามความเหมาะสมของผู้เรียนแต่ละคน (ไพโรจน์ ตีรณธนากุล และคณะ, 2554: 74) กล่าวได้ว่า สื่อที่สร้างโดยคอมพิวเตอร์สนับสนุนการจัดการเรียนรู้โดยยึดผู้เรียนเป็นสำคัญได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (วรัญญู อรุณวัฒนภากูล, 2548: 67) ได้ศึกษาการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย เรื่องการเขียนสะกดคำ ช่วงชั้นที่ 2 โดยใช้ภาพการ์ตูน พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่องการสะกดคำ ช่วงชั้นที่ 2 (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5) โดยใช้ภาพการ์ตูนมีคุณภาพจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษาอยู่ในระดับดี และมีประสิทธิภาพ 90.22/88.29 (ทวีศิลป์ อัยวรรณ, 2549: 79) สร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อแก้ไขบกพร่องการเขียนสะกดคำไม่ตรงมาตราสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้คือ80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับดี (4.48)

สื่อมัลติมีเดียเป็นสื่อการเรียนการสอนที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นสื่อที่นำเสนอสื่อผสมด้วยคอมพิวเตอร์ ได้แก่ ข้อความภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว กราฟิก แผนภูมิ วิดิทัศน์ และเสียงเพื่อถ่ายทอดเนื้อหาบทเรียนหรือองค์ความรู้ในลักษณะที่ใกล้เคียงกับการสอนจริงในห้องเรียน จะเห็นได้ว่า สื่อมัลติมีเดียจึงเป็นสื่อการเรียนการสอนที่ดีกว่าสื่อชนิดอื่น คือมีความน่าสนใจ เร้าความสนใจให้แก่ผู้เรียนซึ่งเป็นนักเรียนที่มีความสนใจสั้นและสามารถใช้คอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ผู้เรียนไม่สามารถแอบดูคำเฉลยได้เนื่องจากตัวโปรแกรมสื่อสามารถซ่อนคำตอบไว้จนกว่าผู้เรียนจะปฏิบัติกิจกรรมสำเร็จ การเรียนโดยใช้สื่อมัลติมีเดีย จึงช่วยเสริมประสิทธิภาพการเรียนรู้ และทำให้กระบวนการเรียนรู้สมบูรณ์ขึ้น และเป็นสื่อช่วยเสริมแรง ทำให้ผู้เรียนสนใจในการเรียนมากขึ้น ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนดีขึ้น (Gilman, 1988: 508) ดังนั้นวิธีการที่เหมาะสม คือการใช้สื่อมัลติมีเดียมาใช้ในการเขียนสะกดคำ เพราะผู้เรียนสามารถฝึกด้วยตนเองหลาย ๆ ครั้ง จนกระทั่งเกิดความชำนาญ และตรงกับความสนใจของผู้เรียนซึ่งอยู่ในช่วงวัยดังกล่าวได้ เป็นอย่างดี

จากเอกสารและงานวิจัยที่กล่าวมาชี้ให้เห็นว่า การสอนเขียนให้แก่นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ เพียงวิธีเดียวนั้นไม่สามารถทำให้ผู้เรียนทุกคนที่มีปัญหาทางการเรียนรู้จะประสบความสำเร็จในการเขียนได้ จะต้องมีการปรับเปลี่ยนผสมผสานหรือเลือกใช้วิธีการที่แตกต่าง เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้เรียนแต่ละคน ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนคอมพิวเตอร์ พบว่า นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ระดับประถมศึกษาปีที่ 1-6 สามารถอ่านแจกลูกคำที่มีตัวสะกดตามมาตราได้ แต่เขียนคำไม่ได้ เมื่อครูประจำชั้นวิชาภาษาไทยได้ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดซ้ำ ๆ นักเรียนจำนวน 6 คน เริ่มมีพัฒนาการในด้านการเขียนคำได้ดีขึ้น แต่มีนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้อีก 3 คนที่ยังมีความสับสนในการเขียนคำในภาษาไทย โดยจะเขียนสลับตำแหน่งระหว่างพยัญชนะต้น สระและตัวสะกด เช่น มด เขียนเป็น ดม ปากเขียนเป็น กาป คิ้วเขียนเป็น วคิ้ว เป็นต้น และจากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ทำให้ผู้วิจัยสนใจสร้างสื่อมัลติมีเดีย เรื่อง การเขียนสะกดคำขึ้น จะเป็นเครื่องมือพัฒนาทักษะการเขียนสะกดคำของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ และเป็นการช่วยให้นักเรียนมีโอกาสกับข้อบกพร่องทางการเขียนสะกดคำได้ด้วยตนเอง อันจะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจความหมายของการเขียนและสามารถใช้ภาษาได้อย่างถูกต้องต่อไป

กรอบแนวคิดในการวิจัย



วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสื่อมัลติมีเดียเรื่องการเขียนสะกดคำเพื่อเสริมความสามารถในการเขียนสะกดคำ กรณีศึกษานักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ โรงเรียนอนุบาลกุลจินต์

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเขียนสะกดคำของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านการเขียนสะกดคำ ก่อนและหลังใช้สื่อมัลติมีเดียเรื่องการเขียนสะกดคำ

สมมติฐานการวิจัย

1. สื่อมัลติมีเดีย เรื่องการเขียนสะกดคำ มีความสามารถในการเสริมการเขียนสะกดคำ กรณีศึกษานักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ ด้านการเขียนสะกดคำ โรงเรียนอนุบาลกุลจินต์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. ความสามารถในการเขียนสะกดคำของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านการเขียนสะกดคำที่เรียนด้วยการใช้สื่อมัลติมีเดียเรื่องการเขียนสะกดคำหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

วิธีการดำเนินการวิจัย

เครื่องมือการวิจัย ได้แก่ สื่อมัลติมีเดียเรื่องการเขียนสะกด แบบประเมินคุณภาพสื่อมัลติมีเดีย แบบฝึกทักษะวัดความสามารถการเขียนสะกดคำ ผลการประเมินคุณภาพสื่อมัลติมีเดีย พบว่า คุณภาพของสื่อมัลติมีเดีย โดยภาพรวม อยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.70) ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ดำเนินการสอนตามแผนการสอนเฉพาะบุคคล โดยใช้สื่อมัลติมีเดีย เรื่องการเขียนสะกดคำ ทดลอง 5 ครั้ง ครั้งละ1ชั่วโมงโดยมีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้ ก่อนดำเนินการทดลองผู้วิจัย นำแบบฝึกทักษะวัดความสามารถในการเขียนสะกดคำโดยใช้สื่อมัลติมีเดีย เรื่องสะกดคำ ไปทดสอบนักเรียนที่เป็นตัวอย่างที่ใช้ศึกษาเพื่อดูความสามารถในการเขียนสะกดคำก่อนที่จะทำการทดลองโดยใช้ สื่อมัลติมีเดีย เรื่อง การเขียนสะกดคำ จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาในการทดสอบ 1 ชั่วโมง บันทึกคะแนนไว้เป็นคะแนนก่อนเรียน (Pre - test) จากนั้นดำเนินการทดลองการสอนเขียนสะกดคำ โดยใช้สื่อมัลติมีเดียเรื่องการเขียนสะกดคำที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ทดลองจำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 1 ชั่วโมง ตามแผนการสอน จากนั้นทำการทดลองการเขียนสะกดคำหลังการสอน (Pre - test)โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถการเขียนสะกดคำชุดเดิมนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ การเขียนสะกดคำก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สื่อมัลติมีเดีย เรื่องการเขียนสะกดคำมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อมูล สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับเนื้อหา ค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กรณีศึกษานี้กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ ที่มีปัญหาด้านการเขียน ระดับเชาว์ปัญญาปกติและไม่มีความพิการซ้อน กำลังศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนอนุบาลกุลจินต์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา สังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชนจังหวัดสงขลา จำนวน 3 คน คือ เด็กชายเบนซ์ อายุ 14 ปี เด็กชายพงศ์ อายุ 14 ปี และนางสาวญาญ่า อายุ 15 ปี กรณีศึกษาที่ใช้ศึกษามีปัญหาในเรื่องการเขียนสะกดคำในภาษาไทย โดยเขียนสลับตำแหน่งระหว่างพยัญชนะต้น สระ และตัวสะกด เช่น มด เขียนเป็น ดม ปากเขียนเป็น บาก คิ้ว เขียนเป็น วิค้ เป็นต้น

ผลการวิจัย

1. ผลการประเมินคุณภาพสื่อมัลติมีเดีย เรื่อง การเขียนสะกดคำเพื่อเสริมความสามารถในการเขียนสะกดคำ กรณีศึกษา นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ ด้านการเขียนสะกดคำโรงเรียนอนุบาลกุลจินต์ พบว่า คุณภาพของสื่อมัลติมีเดีย โดยภาพรวมอยู่ ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.70)

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการเขียนสะกดคำของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านการเขียนสะกดคำ ก่อนและหลังใช้สื่อมัลติมีเดียเรื่องการเขียนสะกดคำ พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนการใช้สื่อมัลติมีเดียเท่ากับ 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 22.22 และคะแนนเฉลี่ยหลังการใช้สื่อมัลติมีเดียเท่ากับ 65 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.22 โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้น 44 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 48.88 สรุปได้ว่า หลังเรียนโดยใช้สื่อมัลติมีเดียเรื่อง การเขียนสะกดคำ นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านการเขียนสะกดคำ มีความสามารถในการเขียนสะกดคำสูงกว่าก่อนเรียน

อภิปรายผล

1. ผลการประเมินคุณภาพสื่อมัลติมีเดียเรื่องการเขียนสะกดคำ เพื่อเสริมความสามารถในการเขียนสะกดคำ กรณีศึกษา นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านการเขียนสะกดคำ โรงเรียนอนุบาลกุลจินต์ พบว่า คุณภาพของสื่อมัลติมีเดีย โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากสื่อมัลติมีเดีย เรื่องการเขียนสะกดคำ ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยเรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยาก เริ่มจากคำที่คุ้นเคยและใช้ในชีวิตประจำวัน และสื่อมัลติมีเดียเรื่องการเขียนสะกดคำครั้งนี้ ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีลักษณะการออกแบบตามหลักการสร้างและออกแบบสื่อมัลติมีเดียครบทุกองค์ประกอบของสื่อมัลติมีเดีย คือ มีเนื้อหาครบถ้วนทางวิชาการและหลักการใช้ภาษาไทยด้านการเขียนสะกดคำและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม บทเรียน แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนซึ่งเหมาะสมกับกรณีที่ใช้ศึกษาที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านการเขียนสะกดคำที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีปัญหาการสลับตำแหน่งของตัวสะกดในด้านกราฟิก เทคนิคที่ใช้ในการออกแบบ ได้แก่ ข้อความภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง การโต้ตอบ การให้ผลย้อนกลับรูปแบบที่น่าสนใจ มีสีสันสวยงาม มีการทบทวนความรู้เดิมและเสนอความรู้ใหม่ให้แก่นักเรียน โดยเฉพาะนักเรียนมีความมีความสนใจสั้น ไม่ชอบเขียนหรือแบบฝึกทักษะในกระดาษ แต่นักเรียนมีความชอบในเรื่องคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยจึงนำประเด็นนี้มาสร้างสื่อมัลติมีเดียซึ่งใช้เวลาเรียนครั้งละ 1 ชั่วโมงต่อ 1 วัน และสามารถให้นักเรียนพักได้ย้อนกลับไปเรียนในหมวดที่นักเรียนไม่เข้าใจใหม่ได้ เมื่อนักเรียนทำแบบฝึกทักษะได้ถูกต้องจะมีตัวการ์ตูนเคลื่อนไหวให้ การเสริมแรงทางบวกโดยมีเสียงชม เมื่อนักเรียนตอบได้ถูกต้อง ทำให้นักเรียนเกิดความสุขภาคภูมิใจและอยากที่จะเรียน นักเรียนสามารถศึกษาและเรียนรู้ได้จากการลงมือฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าสื่อมัลติมีเดีย เรื่องการเขียนสะกดคำที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมกับสภาพปัญหาของนักเรียนทำให้สามารถนำไปแก้ปัญหาการเขียนสะกดคำของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เนื่องจากสื่อมัลติมีเดียเรื่องการเขียนสะกดคำที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีการนำภาพกราฟิก ภาพการ์ตูน ข้อความ เสียงภาพ เคลื่อนไหวมาผสมผสานกัน จึงทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในบทเรียน นอกจากนี้สื่อมัลติมีเดียเรื่องการเขียนสะกดคำที่ผู้วิจัย สร้างขึ้นยังเป็นสื่อที่สามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล เนื่องจากเป็นแบบฝึกทักษะที่ผู้เรียนสามารถควบคุมความก้าวหน้าในการเรียนด้วยตนเองได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรัญญู อรุณวัฒนภากูล (2548: 67) พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย เรื่อง การเขียนสะกดคำ ช่วงชั้นที่ 2 โดยใช้ภาพการ์ตูน พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง การสะกดคำ ช่วงชั้นที่ 2 (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5) โดยใช้ภาพการ์ตูนมีคุณภาพจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา อยู่ในระดับดีและมีประสิทธิภาพ 90.22/88.29 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวีศิลป์ อัยวรรณ (2549: 73) พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องการเขียนสะกดคำไม่ตรงตามมาตรา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดพระแท่นดงรัง อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับดี (4.48) สอดคล้องกับแนวคิดของบุญชม ศรีสะอาด (2541: 123 - 124) ได้กล่าวถึงข้อดีของสื่อมัลติมีเดีย คือ 1) ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างอิสระก้าวหน้าไปตามอัตราการเรียนรู้ของตนเอง ผู้เรียนที่มีอัตราการเรียนรู้เร็วไม่ต้องรอคนอื่นด้วยความเบื่อหน่ายรำคาญ ส่วนผู้เรียนที่มีอัตราการเรียนรู้ช้าก็ไม่ต้องประสบกับปัญหาตามบทเรียนไม่ทัน ไม่ต้องวิตกต่อความรู้สึกของคนอื่น 2) ผู้เรียนสามารถเลือกเวลาเรียนได้ตามที่ต้องการไม่จำเป็นที่จะต้องกำหนดเวลาตายตัว 3) ในแบบฝึกทักษะที่สร้างขึ้นมาอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนจะสามารถเลือกแบบฝึกทักษะที่เหมาะสมกับความต้องการและสอดคล้องกับระดับความสามารถของตนเอง คอมพิวเตอร์จะจดจำคำตอบของนักเรียนได้คะแนนคำตอบแล้วจัดให้ได้บทเรียนที่เหมาะสมกับผู้เรียนคนนั้น 4) ผู้เรียนได้รับข้อมูลสะท้อนกลับทันทีเป็นการย่ำความเข้าใจและการเรียนรู้ 5) สามารถใช้เทคนิคเดียว ดึงดูด ความสนใจได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่ว่าจะใช้เทคนิคเดียวหรือหลายเทคนิคร่วมกัน เช่น การแสดงด้วยเส้นกราฟดนตรี การใช้ภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น 6) สามารถทำกิจกรรมที่ซับซ้อนจำลองสถานการณ์ ทำให้นักเรียนได้ฝึกทดลองกับข้อมูลหลายแบบแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ จึงช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่กว้างขวาง 7) เหมาะสำหรับการสอนทักษะที่เป็นงานเสี่ยงอันตรายในระยะต้น ๆ ของการฝึกทักษะนั้น เช่น การควบคุมจราจรการขับเครื่องบิน เป็นต้น 8) เหมาะสมที่สุดสำหรับการเรียนรู้ที่ต้องการสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีชีวิตจริง เช่น สภาวะไร้น้ำหนัก ความเฉื่อย ซึ่งสามารถใช้สถานการณ์จำลอง เป็นต้น 9) สื่อมัลติมีเดียเสนอบทเรียนโดยปราศจากอารมณ์ไม่มีความเหน็ดเหนื่อย ไม่แสดงอาการเบื่อหน่าย

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการเขียนสะกดคำของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านการเขียนสะกดคำ ก่อนและหลังใช้สื่อมัลติมีเดียเรื่องการเขียนสะกดคำ พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนการใช้สื่อมัลติมีเดีย เท่ากับ 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 22.22 และคะแนนเฉลี่ย หลังการใช้สื่อมัลติมีเดีย เท่ากับ 65 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.22 โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้น 44 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 48.88 สรุปได้ว่าหลังเรียนโดยใช้สื่อมัลติมีเดีย เรื่องการเขียนสะกดคำ นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ ด้านการเขียนสะกดคำ มีความสามารถในการเขียนสะกดคำสูงกว่าก่อนเรียนสอดคล้องกับ ศิริพร แกมขุนทด (2552: 68) ได้ศึกษาการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนสะกดคำของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้มีความสามารถในการเขียนสะกดคำ

เพิ่มขึ้น โดยเปรียบเทียบระหว่างคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนคิดเป็น ร้อยละ 23.33 แบบทดสอบคิดเป็นร้อยละ 86.88 โดยมีคะแนนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 63.33 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัชญ์นรี อินทร์อ่อน (2553: 59) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบฝึกทักษะการเขียนสะกดคำตามมาตราตัวสะกดด้วยสื่อมัลติมีเดียเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาล 4 (เชาวนปรีชาอุทิศ) พบว่า ประสิทธิภาพของแบบฝึกทักษะ การเขียนสะกดคำตามมาตราตัวสะกดด้วยสื่อมัลติมีเดียสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 (E_1/ E_2) มีค่าประสิทธิภาพ 87.05/89.91 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการใช้แบบฝึกทักษะการเขียนสะกดคำตามมาตราตัวสะกดด้วยสื่อมัลติมีเดีย สูงกว่าก่อนการใช้แบบฝึกทักษะการเขียนสะกดคำด้วยสื่อมัลติมีเดียอย่างมีนัยสำคัญ และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อแบบฝึกทักษะการเขียนสะกดคำตามมาตราตัวสะกดด้วยสื่อมัลติมีเดีย โดยรวมเท่ากับ 4.66 ซึ่งมีระดับความพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด และนักเรียนร้อยละ 100 มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ ร้อยละ 80

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.1 จากผลการทดลอง ความสามารถในการเขียนสะกดคำของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ ด้านการเขียนสะกดคำหลังการสอน โดยใช้สื่อมัลติมีเดีย เรื่องการเขียนสะกดคำ ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการเขียนสะกดคำของนักเรียนได้อย่างดียิ่งขึ้น เมื่อนักเรียนได้ฝึกซ้ำ ๆ จนเกิดความคงทนในการจำคำ แล้วครูก็สามารถสอนทักษะต่าง ๆ ต่อไปได้

1.2 การสอนเขียนสะกดคำของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ หรือการให้นักเรียนศึกษาด้านสื่อมัลติมีเดียในการใช้ระยะเริ่มแรก ครูผู้สอนควรช่วยเหลือ แนะนำอธิบายชี้แจงให้นักเรียนได้เข้าใจเสียก่อน เพราะในบางครั้งการที่นักเรียนได้ฟังคำอธิบายจากบทเรียนนั้นอาจไม่ละเอียดพอโดยเฉพาะอย่างยิ่งนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ การเลือกเนื้อหาไม่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป ควรให้เหมาะสมกับระดับผู้เรียน

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยต่อไป

ควรทดลองใช้สื่อกับนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านอื่น ๆ ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือ แนะนำ และให้คำปรึกษาอย่างยิ่งจาก ดร.นุชนาฏ ใจดำรงค์ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พัศรเบศวณ์ เวชวิริยะสกุล กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาถ่ายทอดความรู้ แนวคิด วิธีการ คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ยิ่ง ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือการวิจัยและได้ปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่อง และให้คำแนะนำในการสร้างเครื่องมือให้ถูกต้อง สมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งบุคคลที่ผู้วิจัยได้อ้างอิงทางวิชาการตามที่ปรากฏในบรรณานุกรม

ขอขอบพระคุณผู้บริหารและคณะครูโรงเรียนอนุบาลกุลจินต์ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ และความสะดวกในการเก็บข้อมูลเพื่อวิจัย ตลอดจนผู้ปกครองและนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณนายโชคชัย ใจฐิติวิทย์ นางกรรณิกา กุลจินต์ ที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนทั้งด้านกำลังใจและกำลังทรัพย์ด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณเพื่อนนิสิตสาขาวิชาเทคโนโลยีการสื่อสารการศึกษาทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำและส่งเสริมกำลังใจตลอดมา นอกจากนี้ยังมีผู้ที่ให้ความร่วมมือช่วยเหลืออีกหลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ได้หมด จึงขอขอบคุณทุกท่านเหล่านั้นไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

คุณค่าจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทีแด่บิดา มารดา และบูรพาจารย์ที่เคยอบรมสั่งสอน ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

ทวีศิลป์ อัยวรรณ. (2549). **การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องทางการเขียนสะกดคำไม่ตรงมาตรา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดท่าพระแท่นดงรัง อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี.** สารนิพนธ์ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร.

นพดล จันทร์เพ็ญ. (2539). **การใช้ภาษาไทย**. กรุงเทพฯ: แสงศิลป์.

ประเสริฐ ไสวรรณ. (2544). คำควบกล้ำ. **วิชาการ**. 4 (8), 66-72.

ผดุง อารยะวิญญู. (2542). **การศึกษาสำหรับเด็กที่มีความต้องการพิเศษ**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : แว่นแก้ว.

พัชญ์นรี อินทร์อ่อน. (2553). **รายงานผลการใช้แบบฝึกทักษะการเขียนสะกดคำตามมาตราตัวสะกดด้วยสื่อมัลติมีเดีย สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3**. เอกสารการขอมีวิทยฐานะ. นครปฐม: โรงเรียนเทศบาล 4 (เชาวปรีชาอุทิศ) สำนักการศึกษาเทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐม.

ไพโรจน์ ตีรณธนากุล ไพบูลย์ เกียรติโกมล และเสกสรร แย้มพินิจ. (2554). **เทคนิคการผลิตบทเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อการศึกษาทางไกลบนอินเตอร์เน็ต**. กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

วรัญญู อรุณวัฒนภากูล. (2548). **การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย เรื่องการสะกดคำ ช่วงชั้นที่ 2 โดยใช้ภาพการ์ตูน**. สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

ศิริพร แกมขุนทด. (2552). **การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนสะกดคำของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Gilman, K. (1988, December). Comparison of Several Feeback Methods for Correcting Errors by Computer-Assisted Instruction. **Journal of Educational Phychology**. 60, 503-508.

เทคนิคการพิสูจน์เอกลักษณ์ตรีโกณมิติโดยใช้วิธีการแบ่งกั้น

ณัฐวรรณ ศรีผ่อง[1*] อรรถวุฒิ วงศ์ประดิษฐ์[2]

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้เราได้พิสูจน์เอกลักษณ์ตรีโกณมิติโดยอาศัยเทคนิคการแบ่งกั้น 3 รูปแบบ ดังนี้ เทคนิคการแบ่งกั้นแบบปริมาตรพีระมิดฐานสี่เหลี่ยม เทคนิคการแบ่งกั้นแบบปริมาตรปริซึมฐานสามเหลี่ยมมุมฉาก และเทคนิคการแบ่งกั้นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าสี่รูป เอกลักษณ์ตรีโกณมิติดังกล่าวมีส่วนช่วยในการทำความเข้าใจรูปแบบทางเรขาคณิต ตลอดจนเป็นเครื่องมือในการศึกษาเกี่ยวกับตรีโกณมิติในระดับพื้นฐานของนักเรียนนักศึกษารวมทั้งผู้สนใจทั่วไป

คำสำคัญ: เทคนิคการแบ่งกั้น พื้นที่ ปริมาตร และเอกลักษณ์ตรีโกณมิติ

[1] นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
e-mail: faafffalala@gmail.com

[2] อาจารย์ประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
e-mail: attawutt@tu.ac.th

PARTITION TECHNIQUES FOR PROVING TRIGONOMETRIC IDENTITIES

Natthawan Sriphong[1*] Attawut Wongpradit[2]

Abstract

In this study, we have studied trigonometric identities by using three types of partition technique as follows: square pyramids partition technique, triangular prisms partition technique and four rectangles-square partition techniques. These trigonometric identities play an important role in understanding geometric patterns as well as provide tools for studying trigonometry at the basic level for students and also for the general interest.

Keywords: Partition Technique, Area, Volume and Trigonometric Identity

[1] *Student of Mathematics and Statistics, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, e-mail: faafffalala@gmail.com*

[2] *lecturer of Mathematics and Statistics, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, e-mail: attawutt@tu.ac.th*

บทนำ

เอกลักษณ์ตรีโกณมิติ คือ สมการหรืออสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันตรีโกณมิติ โดยทั่วไปการพิสูจน์เอกลักษณ์ตรีโกณมิติ อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันตรีโกณมิติต่าง ๆ และทักษะทางพีชคณิต ซึ่งอาจยากแก่การทำความเข้าใจของผู้เริ่มศึกษา ดังนั้นในบทความนี้เราจึงนำความรู้เกี่ยวกับเรขาคณิตซึ่งทำให้ผู้ศึกษาสามารถเข้าใจภาพและที่มาของการพิสูจน์ในเชิงความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างและรูปทรงได้ ในที่นี้เราใช้วิธีการแบ่งกั้นรูปร่างและรูปทรงสามมิติมาสร้างเอกลักษณ์ตรีโกณมิติใหม่ ๆ ตลอดจนพิสูจน์เอกลักษณ์ที่มีอยู่เดิม เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจโดยไม่ต้องใช้แนวคิดที่ซับซ้อนแก่นักเรียนนักศึกษาที่มีความสนใจ เทคนิคการแบ่งกั้นที่นำมาช่วยในการพิสูจน์มี 3 รูปแบบ ดังนี้

1. เทคนิคการแบ่งกั้นแบบปริมาตรพีระมิดฐานสี่เหลี่ยม
2. เทคนิคการแบ่งกั้นแบบปริมาตรปริซึมฐานสามเหลี่ยมมุมฉาก
3. เทคนิคการแบ่งกั้นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าสี่รูป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. พิสูจน์เอกลักษณ์ตรีโกณมิติที่มีอยู่เดิมด้วยวิธีที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจยิ่งขึ้น
2. สร้างเอกลักษณ์ตรีโกณมิติในรูปแบบใหม่ โดยเริ่มต้นจากข้อสังเกตทางเรขาคณิต

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้แบ่งการดำเนินการออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ศึกษาการนำความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตมาพิจารณาสร้างเอกลักษณ์ตรีโกณมิติ โดย Ali Reza Amir-Moez[1] และ Amir-Moez[2] ได้นำความสัมพันธ์เชิงเวกเตอร์สร้างเอกลักษณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับตรีโกณมิติ โดยเราทำการเปรียบเทียบกับการพิสูจน์ที่มีอยู่เดิม Robin Hartshorn[3] เพื่อหาเอกลักษณ์ที่สามารถพัฒนาการพิสูจน์โดยใช้มุมมองที่หลากหลายของเรขาคณิต

ส่วนที่ 2 พัฒนาข้อสังเกตทางเรขาคณิต ที่สามารถปรับองค์ประกอบเกี่ยวกับความยาวด้านและมุม เพื่อให้ได้มาซึ่งควมสัมพันธ์ทางตรีโกณมิติ จนได้เอกลักษณ์เกี่ยวกับตรีโกณมิติที่มีความหลากหลาย

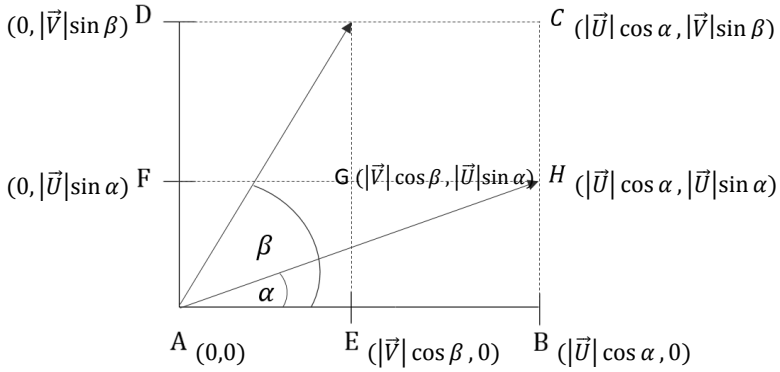
ผลการวิจัย

เราได้ผลการวิจัยโดยแบ่งตามเทคนิคการพิสูจน์ได้ 3 วิธี ดังนี้

เทคนิคการแบ่งกั้นแบบปริมาตรพีระมิดฐานสี่เหลี่ยม

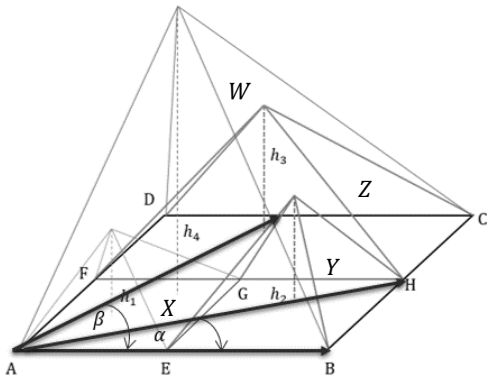
<u>**ทฤษฎีที่ 1**</u> ให้ $\alpha < \beta \in (0, \frac{\pi}{2})$ จะได้ว่า $\sin^3\alpha\, cos^2\alpha - 3\sin^2\alpha\sin\beta cos^2\alpha \leq 3\sin\beta$ และ $\sin^4\beta\sin\alpha\cos\beta + \sin^4\beta\sin\alpha\cos\alpha + 3\cos\alpha\sin\beta \geq 3\sin^5\beta\cos\alpha$

<u>พิสูจน์</u> กำหนด ให้ $\vec{U}$, $\vec{V}$ เป็นเวกเตอร์ขนาด 1 หน่วยทำการหมุนเวกเตอร์ $\vec{U}$ และ $\vec{V}$ เป็นมุมขนาด α และ β จุด A แทนตำแหน่ง จุดกำเนิด $(0,0)$ จุด B แทนตำแหน่ง $(|\vec{U}|\cos\alpha, 0)$ จุด C แทนตำแหน่ง $(|\vec{U}|\cos\alpha, |\vec{V}|\sin\beta)$ จุด D แทนตำแหน่ง $(0, |\vec{V}|\sin\beta)$ จุด E แทนตำแหน่ง$(|\vec{V}|\cos\beta, 0)$ และ จุด F แทนตำแหน่ง $(0, |\vec{U}|\sin\alpha)$ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1

เมื่อพิจารณาเพิ่มเติมในรูปแบบ 3 มิติ โดยการสมมติให้เป็นรูปทรงพีระมิดที่มีความสูง ที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 2 ดังนี้



ภาพที่ 2

สมมติให้ $h_1 = 3\,sin^2\alpha,\ h_2 = 6\,sin^2\alpha, h_3 = 9\,sin^2\alpha$ และ $h_4 = \frac{9}{cos^2\alpha}$ โดยที่ $\sin\alpha\ ,\cos\alpha\ ,\sin\beta\ ,\cos\beta \neq 0$

เนื่องจาก $\sin\alpha < 1$ ดังนั้น $\sin^2\alpha < 1$ นั่นคือ $1 < \frac{1}{sin^2\alpha}$

ทำนองเดียวกันกับ $\cos\alpha$ จะได้ว่า $\frac{9}{cos^2\alpha} > 9 > 9sin^2\alpha$ ซึ่งหมายความว่า $h_1 < h_2 < h_3 < h_4$

จากภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่า

ปริมาตรพีระมิด $X +$ ปริมาตรพีระมิด $Y +$ ปริมาตรพีระมิด $Z \leq$ ปริมาตรพีระมิด W

จะได้ว่า

ปริมาตรพีระมิด X $= \frac{1}{3} \times$ พื้นที่ฐาน $\times$ ความสูง

$= \frac{1}{3} \times \cos\beta \times \sin\alpha \times h_1 \quad = \frac{1}{3} \times \cos\beta \times \sin\alpha \times 3\,sin^2\alpha$

$= \sin^3\alpha\cos\beta$

ปริมาตรพีระมิด Y $= \frac{1}{3} \times (\cos\alpha - \cos\beta) \times \sin\alpha \times h_2 \quad = \quad 2\sin^3\alpha\cos\alpha - \sin^3\alpha\cos\beta$

ปริมาตรพีระมิด $Z = \frac{1}{3} \times \cos\beta \times (\sin\beta - \sin\alpha) \times h_3 = 3\sin^2\alpha \sin\beta\cos\alpha - 3\sin^3\alpha\cos\alpha$

ปริมาตรพีระมิด $w = \frac{1}{3} \times \cos\alpha \times \sin\beta \times h_4 = 3\frac{\sin\beta}{\cos\alpha}$

จะได้ว่า

$$\sin^3\alpha\cos\beta + 2\sin^3\alpha\cos\alpha - \sin^3\alpha\cos\beta + 3\sin^2\alpha\sin\beta\cos\alpha - 3\sin^3\alpha\cos\alpha \leq 3\frac{\sin\beta}{\cos\alpha}$$

ดังนั้น $\sin^3\alpha\, cos^2\alpha - 3\sin^2\alpha\sin\beta cos^2\alpha \leq 3\sin\beta$

เมื่อเราเปลี่ยนค่าความสูงของแต่ละพีระมิด เราจะได้เอกลักษณ์ตรีโกณมิติเพิ่มเติม ดังนี้

สมมติให้ ความสูงของพีระมิดแต่ล่ะฐานเปลี่ยนไป ดังนี้

ให้ $h_1 = 3\, sin^2\beta$, $h_2 = 6\, sin^2\beta$, $h_3 = 9\, sin^2\beta$ และ $h_4 = \frac{9}{sin^2\beta}$

โดยทำนองเดียวกัน จากภาพที่ 2 จะได้ว่า

ปริมาตรพีระมิด $X = \sin^2\beta\sin\alpha\cos\beta$

ปริมาตรพีระมิด $Y = 2\sin^2\beta\sin\alpha\cos\alpha - 2\sin^2\beta\sin\alpha\cos\beta$

ปริมาตรพีระมิด $z = 3\sin^3\beta\cos\alpha - 3\sin^2\beta\sin\alpha\cos\alpha$

ปริมาตรพีระมิด $w = 3\frac{\cos\alpha}{\sin\beta}$

ดังนั้น

$$\sin^2\beta\sin\alpha\cos\beta + 2\sin^2\beta\sin\alpha\cos\alpha - 2\sin^2\beta\sin\alpha\cos\beta + 3\sin^3\beta\cos\alpha - 3\sin^2\beta\sin\alpha\cos\alpha \leq 3\frac{\cos\alpha}{\sin\beta}$$

นั่นคือ $\sin^4\beta\sin\alpha\cos\beta + \sin^4\beta\sin\alpha\cos\alpha + 3\cos\alpha\sin\beta \geq 3\sin^5\beta\cos\alpha$

ซึ่งในทำนองเดียวกัน หากทำการเปลี่ยนแปลงความสูงของพีระมิดไปเรื่อย ๆ ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด คือ $h_1 < h_2 < h_3 < h_4$ จะทำให้ได้เอกลักษณ์ตรีโกณมิติที่แตกต่างกันไป

เทคนิคการแบ่งกั้นแบบปริมาตรปริซึมฐานสามเหลี่ยมมุมฉาก

<u>ทฤษฎีที่ 2</u> ให้ $\theta \in [0, \frac{\pi}{2})$ จะได้ว่า

2.1. $2\sin^5\theta + 2\cos^5\theta < 3\sin\theta\cos\theta$

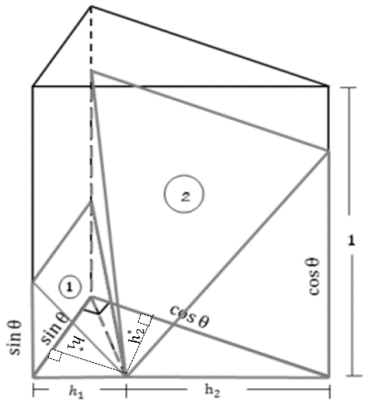
2.2. $4\sin^3\theta + 2\cos^3\theta < 9\sin\theta\cos\theta$

2.3. $3\sin^3\theta + \cos^3\theta < 6\sin\theta\cos\theta$

2.4. $\mathrm{Sin}^3\theta + 3\cos^3\theta < 6\sin\theta\cos\theta$

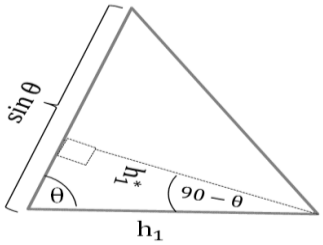
2.5. $2\sin^3\theta + 8\cos^3\theta < 15\sin\theta\cos\theta$

<u>พิสูจน์</u> กำหนดปริซึมฐานสามเหลี่ยมมุมฉาก โดยมีด้านประกอบมุมฉากยาว $\sin\theta, \cos\theta$ หน่วย และกำหนดส่วนสูงยาว 1 หน่วย สร้างพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสในปริซึม โดยฐานมีความยาวด้านเท่ากับ $\sin\theta$ และจุดยอดอยู่ตรงด้านตรงข้ามมุมฉากของฐานปริซึม ให้ h_1 แทนความสูงของพีระมิดที่ 1 ในที่นี้เราสมมติให้ $h_1 = \sin^2\theta$ และสร้างพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสภายในปริซึมโดยฐานมีความยาวด้านเท่ากับ $\cos\theta$ และจุดยอดอยู่ตรงด้านตรงข้ามมุมฉากของฐานปริซึม ให้ h_2แทนความสูงของพีระมิดที่ 2 ในที่นี้เรากำหนดให้ $h_2 = \cos^2\theta$ ดังรูป 3



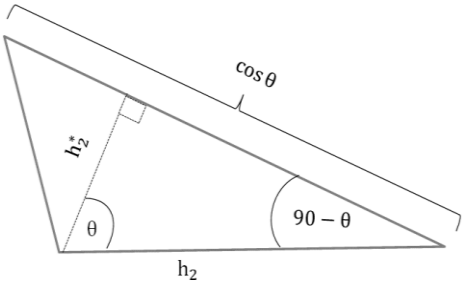
ภาพที่ 3

จากภาพที่ 3 เมื่อเราพิจารณาฐานของปริซึมจะเห็นว่า h_1^* เป็นสูงตรงของพีระมิดที่ 1 ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ h_1 ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4

จะได้ $\frac{h_1^*}{h_1} = \sin\theta$ นั้นคือ $h_1^* = h_1 \times \sin\theta$ เช่นเดียวกันเราจะเห็นว่า h_2^* เป็นสูงตรงของพีระมิดที่ 2 ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ h_2 ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5

จะได้ $\frac{h_2^*}{h_2} = \cos\theta$ นั้นคือ $h_2^* = h_2 \times \cos\theta$ จากนั้นเราจะทำการคำนวณหาปริมาตรของปริซึมและปริมาตรของพีละมิดแต่ละอัน

ดังนั้น ปริมาตรปริซึม $= \frac{1}{2} \times \sin\theta \times \cos\theta \times 1 = \frac{1}{2}\sin\theta\cos\theta$

ปริมาตรพีระมิด 1 $= \frac{1}{3} \times (\sin\theta \times \sin\theta) \times (\sin^2\theta \times \sin\theta) = \frac{1}{3}\sin^5\theta$

ปริมาตรพีระมิด 2 $= \frac{1}{3} \times (\cos\theta \times \cos\theta) \times (\cos^2\theta \times \cos\theta) = \frac{1}{3}\cos^5\theta$

จากภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่าปริมาตรพีระมิด 1 $+$ ปริมาตรพีระมิด 2 $<$ ปริมาตรปริซึม

ดังนั้น $2\sin^5\theta + 2\cos^5\theta < 3\sin\theta\cos\theta$

ในทำนองเดียวกันถ้าเปลี่ยนความสูงของพีระมิดที่ 1 และพีระมิดที่ 2 จะได้เอกลักษณ์ใหม่เพิ่มขึ้น ดังนี้

กำหนดให้ $h_1 = \frac{2}{3}$ และ $h_2 = \frac{1}{3}$ จะได้ $4\sin^3\theta + 2\cos^3\theta < 9\sin\theta\cos\theta$

กำหนดให้ $h_1 = \frac{3}{4}$ และ $h_2 = \frac{1}{4}$ จะได้ $3\sin^3\theta + \cos^3\theta < 6\sin\theta\cos\theta$

ในทำนองเดียวกัน

กำหนดให้ $h_1 = \frac{1}{4}$ และ $h_2 = \frac{3}{4}$ จะได้ $\sin^3\theta + 3\cos^3\theta < 6\sin\theta\cos\theta$

กำหนดให้ $h_1 = \frac{1}{5}$ และ $h_2 = \frac{4}{5}$ จะได้ $2\sin^3\theta + 8\cos^3\theta < 15\sin\theta\cos\theta$

กำหนดให้ $h_1 = \frac{4}{5}$ และ $h_2 = \frac{1}{5}$ จะได้ $8\sin^3\theta + 2\cos^3\theta < 15\sin\theta\cos\theta$

กำหนดให้ $h_1 = \frac{2}{5}$ และ $h_2 = \frac{3}{5}$ จะได้ $4\sin^3\theta + 6\cos^3\theta < 15\sin\theta\cos\theta$

กำหนดให้ $h_1 = \frac{3}{5}$ และ $h_2 = \frac{2}{5}$ จะได้ $6\sin^3\theta + 4\cos^3\theta < 15\sin\theta\cos\theta$

จากข้างต้นเราจะเห็นว่าถ้าเราเปลี่ยนความยาวของความสูงของพีระมิดแต่ละอัน โดยที่ $h_1 + h_2 = 1$ เราจะได้เอกลักษณ์ตรีโกณเพิ่มขึ้นอีกหลายเอกลักษณ์

เทคนิคการแบ่งกั้นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าสี่รูป

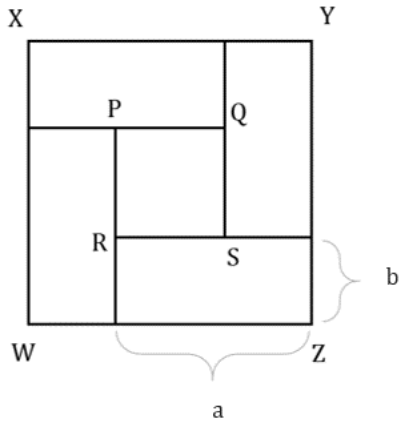
<u>ทฤษฎีที่ 3</u> ให้ $\theta \in (0, \frac{\pi}{2})$ จะได้ว่า

3.1. $\sin\theta\cos\theta \leq \frac{1}{2}$ และ $3\sin^3\theta + \cos^3\theta < 6\sin\theta\cos\theta$

3.2. $\sin^2\theta + \cot^2\theta \geq 2\cos\theta$

3.3. $2\sin^3\theta \leq \sin^4\theta + \sin^2\theta$

<u>พิสูจน์</u> โดยการสร้างสี่เหลี่ยมผืนผ้า M ให้มีขนาดของด้านยาว a หน่วยและขนาดของด้านกว้าง b หน่วยจากนั้นทำการหมุนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า M เป็นมุมขนาด 90 องศา จะได้สี่เหลี่ยมผืนผ้า M′ แต่งเติมรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า M และ สี่เหลี่ยมผืนผ้า M′ อย่างละสองรูปมาประกอบกันเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส WXYZ เราจะสังเกตได้ว่าเกิดช่องว่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมตรงกลางเกิดขึ้น ซึ่งเรากำหนดให้เป็น สี่เหลี่ยม PQRS ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6

จากภาพที่ 6 จะได้ว่า $\overline{RS} = a - b$ หน่วย และ $\overline{SQ} = \overline{PQ} = \overline{PR} = a - b$ หน่วย จึงได้ว่า สี่เหลี่ยม PQRS เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสและจะได้พื้นที่รูปสี่เหลี่ยม $WXYZ = (a + b) \times (a + b) = (a + b)^2$ ซึ่งจะทำให้

สองเท่าของพื้นที่สี่เหลี่ยม $M +$ สองเท่าของพื้นที่สี่เหลี่ยม $M' \leq$ พื้นที่สี่เหลี่ยมWXYZ

กำหนดให้ $a = \sin\theta$ และ$b = \cos\theta$ จะได้ว่า $4\sin\theta\cos\theta \leq (\sin\theta + \cos\theta)^2$

นั่นคือ $\sin\theta\cos\theta \leq \frac{1}{2}$

โดยทำนองเดียวกัน สมมติ กำหนดให้ $a = \sin\theta$ และ $b = \cot\theta$ จะได้ว่า $2\cos\theta \leq sin^2\theta + cot^2\theta$

หรือ สมมติ กำหนดให้ $a = sin^2\theta$ และ $b = \sin\theta$ จะได้ว่า $2\,sin^3\theta \leq sin^4\theta + sin^2\theta$

ซึ่งในทำนองเดียวกัน หากทำการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาวของด้าน a หรือ ด้าน b ที่แตกต่างกัน จะทำให้เกิดเอกลักษณ์ตรีโกณมิติที่แตกต่างกันเช่นกัน

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพิสูจน์เอกลักษณ์ตรีโกณมิติที่มีอยู่เดิมด้วยวิธีที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจยิ่งขึ้น ตลอดจนพัฒนาเอกลักษณ์ตรีโกณมิติ ด้วยการนำความรู้เรื่องเทคนิคการพิสูจน์เอกลักษณ์ตรีโกณมิติโดยใช้วิธีการแบ่งกั้นมาช่วยในการพิสูจน์ เมื่อเราทำการพิสูจน์เอกลักษณ์ตรีโกณมิติเดิมโดยใช้วิธีการแบ่งกั้น จะพบว่า เอกลักษณ์ตรีโกณมิติที่ได้มาจากการพิสูจน์ด้วยวิธีใหม่นี้ ยังคงได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการพิสูจน์เอกลักษณ์ตรีโกณมิติที่มีอยู่เดิม Robin Hartshorn[3] ทั้งนี้เราได้ขยายการพิสูจน์เอกลักษณ์ตรีโกณมิติเพิ่มเติมจาก Ali Reza Amir-Moez[1] และ Ali Reza Amir-Moez[2] โดยได้บทพิสูจน์เอกลักษณ์ตรีโกณมิติที่แตกต่างเพิ่มเติมด้วยมุมมองทางเรขาคณิตในรูปทรงสามมิติ

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในทฤษฎีบทที่ 1 และ 2 เราสามารถพิจารณาค่าของเวกเตอร์ในรูปตัวแปรเชิงซ้อนเพื่อขยายผลไปสู่การพัฒนารูปแบบของเอกลักษณ์ตรีโกณมิติที่เกี่ยวข้องกับจำนวนเชิงซ้อนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Ali Reza Amir-Moez. (1958). Teaching trigonometry through vector. **Mathematics Magazine**, 32(1), 19-23.

Ali Reza Amir-Moez. (1964). Matrices in teaching trigonometry. **Mathematics Magazine**, 37(2), 78-81.

Robin Hartshorn. (2005). **Geometry: Euclid and Beyond**. 3^{rd}ed. New York: Springer-Verlag.

ผลของคลื่นเซอร์เฟซพลาสมอนเรโซแนนซ์ต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

ชานุ โพธิพิทักษ์[1*] ประธาน ประจวบโชค[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเคลือบอนุภาคนาโนเงินบนฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์(TiO_2/Ag NPs) ด้วยวิธีโฟโตรีดักชัน โดยการจุ่มฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ในสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) ความเข้มข้น 0.1 M และนำไปฉายแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 256 นาโนเมตร เป็นเวลา 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที ตามลำดับ จากนั้นศึกษาโครงสร้างของอนุภาคนาโนเงินที่เตรียมบนแผ่นคาร์บอนเคลือบคอปเปอร์กริดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน และศึกษาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่ใช้อิเล็กโทรดแบบ TiO_2/Ag NPs และ TiO_2 จากการทดลองพบว่า เซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่ใช้อิเล็กโทรดแบบ TiO_2/Ag NPs(120 min) จะมีประสิทธิภาพสูงที่สุด 2.03 % เนื่องจากอนุภาคนาโนเงินสามารถสร้างคลื่นเซอร์เฟซพลาสมอนเรโซแนนซ์ (Surface plasmon resonance) ซึ่งทำให้สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของโมเลกุลสีย้อมเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: เซอร์เฟซพลาสมอนเรโซแนนซ์ อนุภาคนาโนเงิน เซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต จังหวัดกรุงเทพมหานคร e-mail: chanu_pho@dusit.ac.th

[2] สาขาวิชาฟิสิกส์ วิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร จังหวัดกรุงเทพมหานคร e-mail: prathan@pnru.ac.th

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: chanu_pho@dusit.ac.th*

EFFECT OF SURFACE PLASMON RESONANCE ON THE PERFORMANCE OF DYE SENSITIZED SOLAR CELLS

Chanu photiphitak [1*] Prathan Prachopchok[2]

Abstract

This research investigated the silver nanoparticle coating on titanium dioxide film by photoreduction method. The titanium dioxide film immersed in 0.1 M silver nitrate solution ($AgNO_3$) and exposed to UV light at 256 nm wavelength for 30, 60, 90, 120, 150 and 180 minutes, respectively. Then the structure of the silver nanoparticles prepared on carbon coated on copper grids with a scanning electron microscope and the efficiency of dye sensitized solar cells with the TiO_2/Ag and TiO_2 electrode were studied. The result shown that dye sensitized solar cells with the TiO_2/Ag NPs (120 min) electrode have the highest efficiency of 2.03% because the silver nanoparticles can generate surface plasmon resonance which increases the absorption coefficient of the dye molecule.

Keywords: Silver nanoparticles, Surface plasmon resonance, Dye sensitized solar cells

[1] *Science and Environmental Technology Program, Faculty of Science and Technology, Suandusit University Bangkok, e-mail: chanu_pho@dusit.ac.th*

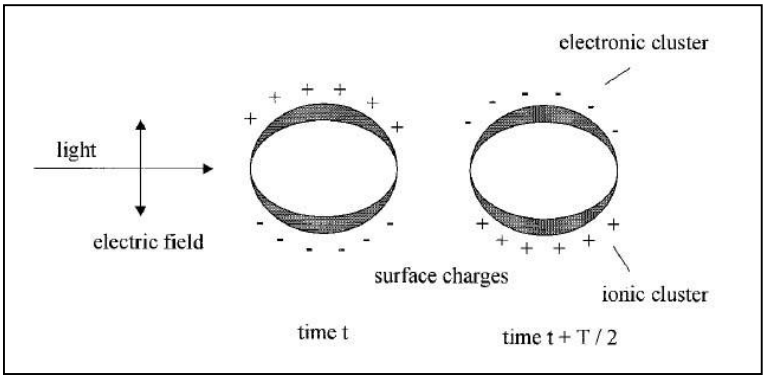
[2] *Physic, College of Teacher Education, Phranakhon Rajabhat University Bangkok, e-mail: prathan@pnru.ac.th*

** Corresponding author, e-mail: chanu_pho@dusit.ac.th*

บทนำ

ปัจจุบันแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลกำลังใกล้หมดไปจากโลก ตัวอย่างเช่น น้ำมันเชื้อเพลิงคาดว่าจะหมดในอีก 40 ปี ก๊าซธรรมชาติจะหมดในอีก 60 ปี และถ่านหินจะหมดในอีก 150 ปีข้างหน้า ดังนั้นการค้นคว้าและวิจัยพลังงานทดแทนจากพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานชีวมวลจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนพลังงานในอนาคต โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับความสนใจมากสำหรับใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งต้องอาศัยอุปกรณ์ที่เรียกว่า “เซลล์แสงอาทิตย์” ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยทั่วไปเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในปัจจุบันเป็นชนิดซิลิกอนแต่มีข้อเสียที่ซิลิกอนมีราคาแพง และแตกหักง่ายในระหว่างกระบวนการผลิต ในปีค.ศ.1991คณะนักวิจัยนำโดยไมเคิล เกรสเซลและไบรอัน โอเรแกน(Michael Grätzal and Brian O’Regan) ได้คิดค้นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดใหม่ขึ้นเรียกว่า “เซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง”(Dye-sensitized solar cells) เพื่อเป็นอีกทางเลือกของเซลล์แสงอาทิตย์เนื่องจากมีข้อดีคือ กระบวนการผลิตง่าย ใช้วัสดุราคาไม่แพง และมีต้นทุนต่ำ (O'Regan et al., 1991) แต่ด้วยปัญหาของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่เตรียมในระดับห้องปฏิบัติการโดยใช้สีย้อมไวแสงเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของรูทิเนียมไบไพไรดีน (ruthenium-bipyridine) มีประสิทธิภาพต่ำ ประมาณ 11 % ในปัจจุบัน

อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าอนุภาคนาโนเงินสามารถสร้างคลื่นเซอร์เฟซ พลาสมอน เรโซแนนซ์ได้เมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตกกระทบอนุภาคนาโนเงินและเกิดอันตรกริยาระหว่างกัน ทำให้เกิดการโพลาไรเซชันของกลุ่มอิเล็กตรอนอิสระกับอนุภาคประจุบวกบนผิวหน้าของอนุภาคนาโนเงิน จากความแตกต่างของประจุที่เกิดขึ้นบนอนุภาคนาโนเงินทำให้เกิดแรงคืนตัว ผลคืออิเล็กตรอนอิสระและประจุบวกสั่นสลับที่กันไปมาได้ ซึ่งการสั่นของอิเล็กตรอนดังกล่าวเรียกว่า ไดโพล พลาสมอน เรโซแนนซ์ (Link et al., 2000; Che et al., 2008; Zhao et al., 1997) ดังภาพที่ 1 คลื่นเซอร์เฟซ พลาสมอน เรโซแนนซ์พบว่าสามารถช่วยเพิ่มค่ารามานสแกตเตอริ่ (Raman scattering) ค่าการดูดกลืนแสง (Optical absorption) และโฟโตลูมิเนสเซนต์ (Photoluminescence) ของสีย้อมได้ (Wen et al., 2000)



ภาพที่ 1 การเกิดเซอร์เฟซ พลาสมอน เรโซแนนซ์ (Surface Plasmon resonance)

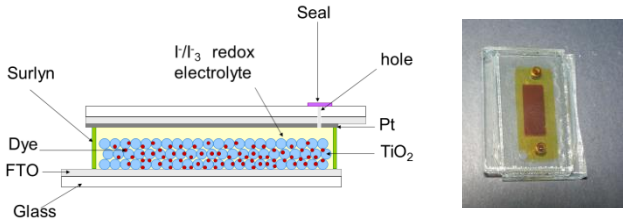
ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงให้สูงขึ้น โดยนำหลักการของเซอร์เฟซ พลาสมอน เรโซแนนซ์ไปปรับปรุงสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของไททาเนียมไดออกไซด์อิเล็กโทรด (TiO_2) โดยนำอนุภาคนาโนเงิน (Ag NPs) ไปเคลือบบนฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการเคลือบอนุภาคนาโนเงินบนฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

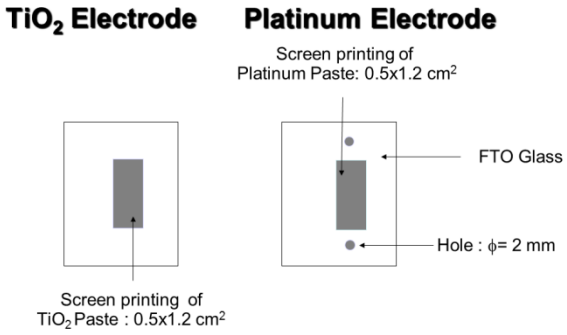
วิธีดำเนินการวิจัย

1. เตรียมอุปกรณ์สำหรับสร้างเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง ได้แก่ กระจกนำไฟฟ้า (Fluorine doped Tin oxide glass substrate, FTO) ยี่ห้อsolaronix ขนาด 2×3 ซม., สารไททาเนียมไดออกไซด์เพรส (TiO_2 paste) ยี่ห้อdyesol, สารแพททีนัมเพรส(Platinum paste) ยี่ห้อdyesol, สารละลายรีด็อกอิเล็กโตรไลท์(I^-/I_3^-) , บล็อกสกรีน, พลาสติกซีล ยี่ห้อSurlyn และสารละลายสีย้อมN719 ความเข้มข้น 0.3 mM ยี่ห้อ dyesol ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

2. เตรียมบล็อกสกรีนสำหรับสกรีนขั้วไททาเนียมไดออกไซด์(TiO_2) เพื่อทำหน้าที่เป็นขั้วลบ และขั้วแพททีนัม(Ptatinum) เพื่อทำหน้าที่เป็นขั้วบวก โดยออกแบบให้ขั้วอิเล็กโทรดมีขนาด 0.5×1.2 ซม. หรือมีพื้นที่ผิว 0.6 ตารางเซนติเมตร ดังภาพที่ 3

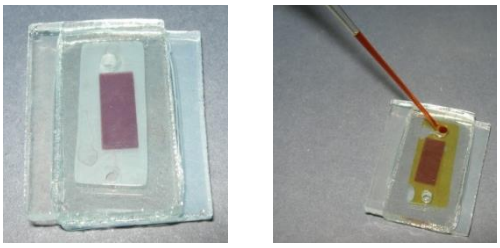


ภาพที่ 3 การออกแบบขั้ว TiO_2 และขั้ว Ptatinum

3. เจาะรูบนกระจก FTO ด้านขั้วแพททีนัม 2 รู สำหรับหยอดสารละลายอิเล็กโตรไลท์เข้าในเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

4. ทำความสะอาดกระจก FTO จากนั้นสกรีนTiO_2 paste และPlatinum paste ด้วยบล็อกสกรีนบนกระจกFTO และนำไปเผาที่อุณหภูมิ 450 $^{\circ}$C เป็นเวลา 30 นาที

5. ทำการประกอบเซลล์โดยประกบขั้ว TiO_2 และขั้ว Pt เข้าด้วยกันโดยมี surlyn ยึดระหว่างกลาง ใช้ปืนลมร้อนเป่าจน surlyn ละลายยึดขั้วทั้งสองติดกันแน่น จากนั้นหยอดสารละลายอิเล็กโตรไลท์ลงในเซลล์ และใช้ สก็อตเทปปิดรูไว้ จะได้เซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่สมบูรณ์ ดังภาพที่ 4

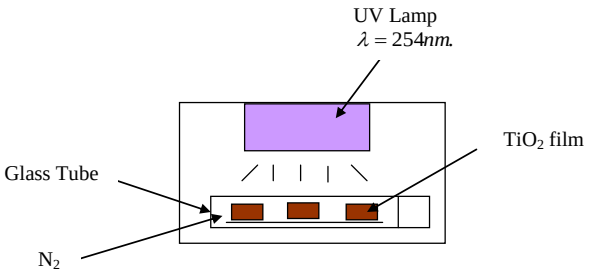


a) b)

ภาพที่ 4 a) เซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่ประกอบเสร็จ
b) ทำการหยอดอิเล็กโตรไลท์ลงในเซลล์

6. ทดสอบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงด้วยเครื่องวัด I-V Tester ซึ่งประกอบด้วยเครื่องKeithley digital source meter (Model 2400) หลอดไฟซีนอนขนาด 450 W ความเข้มแสง 1000 W/m^2 เป็นแหล่งกำเนิดแสงภายใต้สภาวะมวลอากาศ 1.5 (Air mass 1.5)

7. ปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง โดยการเคลือบอนุภาคนาโนเงินบนฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2/Ag NPs) โดยจุ่มฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ลงในสารละลาย$AgNO_3$ ความเข้มข้น 0.1 M เป็นเวลา 1 นาที นำไปล้างออกด้วยน้ำ D.I. นำชิ้นงานไปฉายด้วยแสงUV ความยาวคลื่น 254 nm. ด้วยตู้ฉายรังสียูวี ยี่ห้อ spectroline รุ่น Model CM-10 Fluorescence analysis ดังภาพที่ 5 โดยควบคุมเวลาฉายรังสียูวีที่ 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที

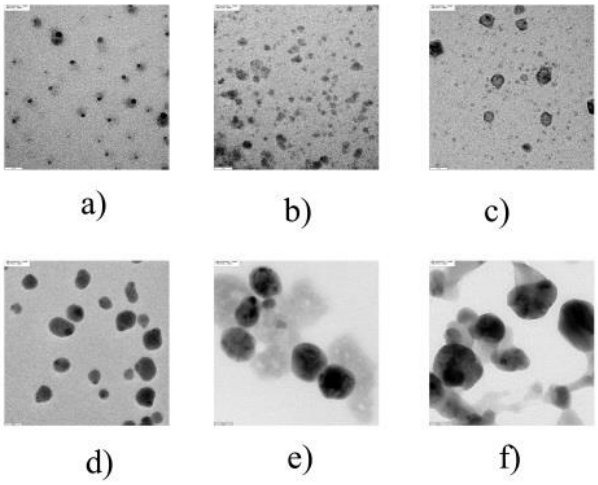


ภาพที่ 5 แผนผังอุปกรณ์การฉายแสงยูวีที่ใช้ทดลอง

8. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่ใช้อิเล็กโทรดแบบ TiO_2 กับ TiO_2/Ag NPs

ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จึงได้เตรียมอนุภาคนาโนเงินบนแผ่นคาร์บอนเคลือบคอปเปอร์กริดก่อน โดยเปลี่ยนแปลงเวลาฉายแสงยูวี ตั้งแต่ 5 – 180 นาที ซึ่งหลังการฉายแสงยูวีแล้ว ชิ้นงานได้เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาphoto catalytic reductionของ Ag^{+} เปลี่ยนเป็น $Ag_{(s)}$ (Ohko et al., 2003) เมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายTEM ดังภาพที่ 6 พบว่าอนุภาคนาโนเงินที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นทรงกลม และอนุภาคนาโนเงินมีขนาดใหญ่ขึ้นตามระยะเวลาการฉายแสงยูวี

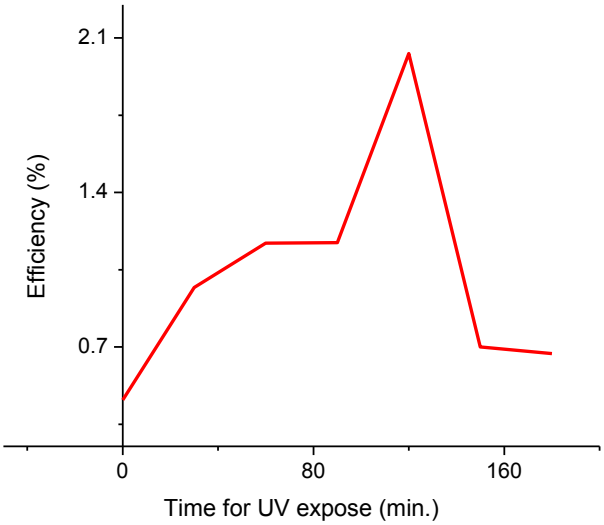


ภาพที่ 6 ภาพถ่าย TEM (Transmission electron microscopy) ของ Ag NPs บนแผ่นคอปเปอร์กริด X100,000 เท่า ที่เวลาฉายแสงยูวี ได้แก่ a) 30 นาที b) 60 นาที c) 90 นาที d) 120 นาที e) 150 นาที และ f) 180 นาที ตามลำดับ

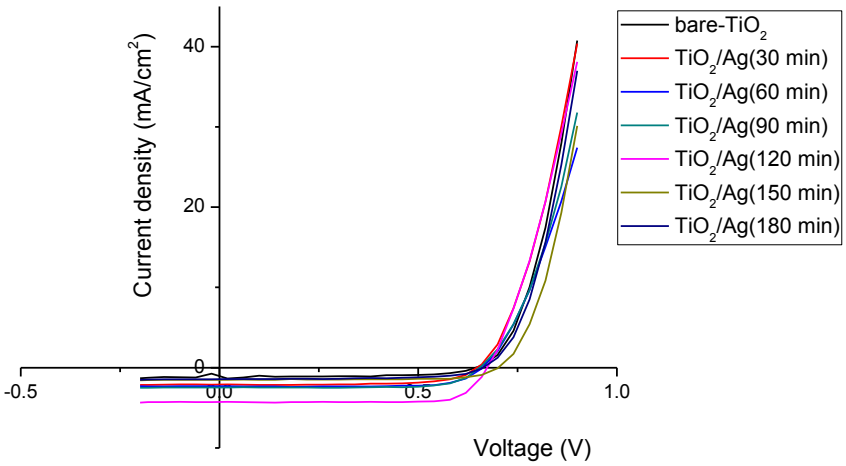
จากการวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่ปรับปรุงอิเล็กโทรดด้วยการเคลือบอนุภาคนาโนเงิน (TiO_2/Ag120 min) จะให้ประสิทธิภาพสูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่ใช้อิเล็กโทรดแบบTiO_2 ดังภาพที่ 8 โดยประสิทธิภาพจะสูงขึ้นตามระยะเวลาของการฉายแสงยูวี และที่ระยะเวลาการฉายแสงยูวีที่ 120 นาที จะมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 2.03 % แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาการฉายแสงยูวีนานขึ้นอีก ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงจะเริ่มลดลง ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 7

ตารางที่ 1 สภาวะการเตรียมฟิล์ม TiO_2/Ag เพื่อใช้เป็นขั้วอาโนดของ Dye-sensitized Solar cells ที่เวลาการฉายแสงยูวีต่าง ๆ

Sample	Time for expose UV (min)	Voc (volt)	Isc (mA/cm^2)	FF	Efficiency (%)
1	0	0.66	1.12	0.63	0.46
2	30	0.65	1.96	0.76	0.97
3	60	0.66	2.16	0.82	1.17
4	90	0.66	2.24	0.77	1.173
5	120	0.67	3.84	0.79	2.03
6	150	0.67	1.71	0.65	0.7
7	180	0.67	1.63	0.64	0.67



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการฉายแสงยูวีกับประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง



ภาพที่ 8 I-V curve ของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่เคลือบฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยอนุภาคนาโนเงิน

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าการที่ค่ากระแสลัดวงจร (I_{SC}) และประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่ใช้อิเล็กโทรดแบบ TiO_2/Ag NPs (120 min) มีค่าสูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่ใช้อิเล็กโทรดแบบ TiO_2 เนื่องจากอนุภาคนาโนเงินสามารถสร้างคลื่นเซอร์เฟซพลาสมอนเรโซแนนซ์ได้ โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตกกระทบอนุภาคนาโนเงินและเกิดอันตรกริยาระหว่างกัน ทำให้เกิดการโพลาไรเซชันของกลุ่มอิเล็กตรอนอิสระกับอนุภาคประจุบวกบนผิวหน้าของอนุภาคนาโนเงิน จากความแตกต่างของประจุที่เกิดขึ้นบนอนุภาคนาโนเงินทำให้เกิดแรงคืนตัว ผลคืออิเล็กตรอนอิสระและประจุบวกสั่นสลับที่กันไปมาได้ ซึ่งการสั่นของอิเล็กตรอนดังกล่าวเรียกว่า “ไดโพล พลาสมอน เรโซแนนซ์” ซึ่งจะช่วยเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของสีย้อมให้สูงขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงมีค่าเพิ่มขึ้น (Wen et al., 2000)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาผลของเวลาการฉายแสงยูวีกับขนาดของอนุภาคนาโนเงิน เพื่อศึกษาขนาดของอนุภาคนาโนเงินต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง
2. ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาผลของขนาดอนุภาคนาโนเงินกับค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์ม TiO_2/Ag NPs

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ที่ได้สนับสนุนด้านวัสดุอุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ และสถานที่สำหรับการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

O'Regan, B., & Grätzel, M. (1991). A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO_2 films. **Nature**, 353, 737–740.

Link, S., & Sayed, M.A.E. (2000). Shape and size dependence of radiative, non-radiative and photothermal properties of gold nanocrystals. **Journal International Reviews in Physical Chemistry**, 19, 409-453.

Wen, C., Ishikawa, K., Kishima, M., & Yamada, K. (2000). Effects of silver particles on the photovoltaic properties of dye-sensitized TiO_2 thin films. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, 61, 339–351.

Che Lee, K., Jein Lin, S., Hong Lin, C., Song Tsai, C., & Jen Lu, Y. (2008). Size effect of Ag nanoparticles on surface plasmon resonance. **Surf Coat Tech**, 202, 5339-5342.

Zhao, G., Kozuka, H., & Yoko, T. (1997). Effect of the incorporation of silver and gold nanoparticles on the photoanodic properties of rose Bengal sensitized TiO_2 film electrodes prepared by sol-gel method. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, 46, 219-231.

Ohko, Y., Tatsuma, T., Fujii, T., Naoi, K., Niwa, C., Kubota, Y., Fujishima, A. (2003). Multicolour photochromism of TiO_2 films loaded with silver nanoparticles. Nature Materials, 2, 29-31.

ผลของการเคลือบฟิล์มบางแมกนีเซียมออกไซด์บนไททาเนียมไดออกไซด์อิเล็กโทรด ต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

ชานุ โพธิพิทักษ์[1*] ประธาน ประจวบโชค[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมอิเล็กโทรดชนิดไททาเนียมไดออกไซด์/แมกนีเซียมออกไซด์ (TiO_2/MgO) ของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง ด้วยการเคลือบฟิล์มบางแมกนีเซียมออกไซด์บนฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ เตรียมโดยวิธีจุ่มฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ลงในสารละลายแมกนีเซียมอะซิเตทและเผาที่อุณหภูมิ 450 $^{\circ}$C เป็นเวลา 30 นาที ความหนาของฟิล์มแมกนีเซียมออกไซด์เปลี่ยนแปลงตามความเข้มข้นของสารละลายแมกนีเซียมอะซิเตท ได้แก่ 1×10^{-4}, 1×10^{-3}, 1×10^{-2} และ 1×10^{-1} M จากผลการทดลองพบว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่ใช้อิเล็กโทรดชนิด TiO_2/MgO ที่ความเข้มข้นของสารละลายแมกนีเซียมอะซิเตท 1×10^{-3} M มีประสิทธิภาพสูงที่สุด 3.54% ในขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่ใช้อิเล็กโทรดชนิด TiO_2 มีประสิทธิภาพ 1.11% ดังนั้น การเตรียมอิเล็กโทรดชนิด TiO_2/MgO ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงได้ เนื่องจากฟิล์มบางแมกนีเซียมออกไซด์ช่วยยับยั้งกระบวนการรีคอมบิเนชั่นภายในเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

คำสำคัญ: แมกนีเซียมออกไซด์ ไททาเนียมไดออกไซด์ เซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

[1] *หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต จังหวัดกรุงเทพมหานคร e-mail: chanu_pho@dusit.ac.th*

[2] *สาขาวิชาฟิสิกส์ วิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร จังหวัดกรุงเทพมหานคร e-mail:* prathan@pnru.ac.th

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: chanu_pho@dusit.ac.th*

EFFECT OF MAGNESIUM OXIDE THIN FILMS COATING ON TITANIUM DIOXIDE ELECTRODE FOR THE EFFICIENCY OF DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS

Chanu photiphitak [1*] Prathan Prachopchok [2]

Abstract

This research studied the preparation of titanium dioxide/magnesium oxide electrodes (TiO_2/MgO) of dye sensitized solar cells by coating magnesium oxide thin film on titanium dioxide film. Prepared by dipping the titanium dioxide film into magnesium acetate solution and calcinated at 450 ° C for 30 minutes. The thickness of magnesium oxide film vary with the concentration of magnesium acetate solutions such as 1×10^{-4}, 1×10^{-3}, 1×10^{-2} and 1×10^{-1} M. The experimental results showed that dye-sensitized solar cells with the TiO_2/MgO electrode at the concentration of magnesium acetate solution 1×10^{-3} M has highest efficiency 3.54%. While the dye-sensitized solar cells with TiO_2 electrode has only efficiency 1.11%. Therefore, the preparation of TiO_2/MgO electrodes enhances the efficiency of dye-sensitized solar cells because Magnesium oxide thin films inhibit the recombinant process of dye-sensitized solar cells.

Keywords: Magnesium oxide, Titanium dioxide , Dye-sensitized solar cells

[1] *Science and Environmental Technology Program, Faculty of Science and Technology, Suandusit University Bangkok, e-mail: chanu_pho@dusit.ac.th*

[2] *Physic, College of Teacher Education, Phranakhon Rajabhat University Bangkok, e-mail: prathan@pnru.ac.th*

** Corresponding author, e-mail: chanu_pho@dusit.ac.th*

บทนำ

ปัจจุบันแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลกำลังใกล้หมดไปจากโลก เช่น น้ำมันเชื้อเพลิงคาดว่าจะหมดในอีก 40 ปี ก๊าซธรรมชาติจะหมดในอีก 60 ปี และถ่านหินจะหมดในอีก 150 ปีข้างหน้า (BP, 2018) ดังนั้นการค้นคว้าและวิจัยพลังงานทดแทนจากพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานชีวมวลจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนพลังงานในอนาคต ปัจจุบันพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับความสนใจมากสำหรับใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งต้องอาศัยอุปกรณ์ที่เรียกว่า “เซลล์แสงอาทิตย์” ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยทั่วไปเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในปัจจุบันเป็นชนิดซิลิกอนแต่มีข้อเสียที่ซิลิกอนมีราคาแพง และแตกหักง่ายในระหว่างกระบวนการผลิต ในปีค.ศ.1991 ไมเคิล เกรสเซล และไบรอัน โอเรแกน (Michael Grätzal and Brian O’Regan) ได้คิดค้นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดใหม่ขึ้นเรียกว่า “เซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง”(Dye-sensitized solar cells) เพื่อเป็นทางเลือกของเซลล์แสงอาทิตย์เนื่องจากมีข้อดีคือกระบวนการผลิตง่าย ใช้วัสดุราคาไม่แพง และมีต้นทุนต่ำ (O'Regan et al., 1991) จึงมีประโยชน์อย่างมากในเชิงการค้า แต่ปัญหาของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่เตรียมในระดับห้องปฏิบัติการโดยใช้สีย้อมไวแสงเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของรูทิเนียมไบไพไรดีน(ruthenium-bipyridine) มีประสิทธิภาพประมาณ 11 % เท่านั้นในปัจจุบัน (Nokki et al., 2006) ขณะที่ความคุ้มค่าของการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงในเชิงพาณิชย์จะอยู่ที่ 15%

สาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงมีค่าต่ำ เนื่องจากเกิดกระบวนการรีคอมบิเนชั่น (recombination process) ภายในเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง ได้แก่ การที่อิเล็กตรอนจากชั้นคอนดักชันแบนด์ของไททาเนียมออกไซด์รวมตัวกับโมเลกุลของอิออนบวกของสีย้อม (dye cation) ที่ระดับพลังงานกราวด์สเตท (ground state) หรืออิเล็กตรอนจากชั้นคอนดักชันแบนด์รวมตัวกับไตรไอโอได (I_3^-) ในสารละลายรีดอกซ์ ซึ่งผลจากการเกิดกระบวนการรีคอมบิเนชั่นดังกล่าวจะทำให้ความต่างศักย์วงจรเปิด (V_{oc}) มีค่าลดลง และทำให้ค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงมีค่าต่ำ โดยทั่วไปวิธีการลดการเกิดกระบวนการรีคอมบิเนชั่น มีหลายวิธี ได้แก่ การเคลือบด้วยชั้นฟิล์มบางของออกไซด์โลหะ การเคลือบฟิล์มฉนวนของโพลีเมททิลไซลอกเซนบนโมเลกุลสีย้อม การยึดติดสายโซ่ไฮโดรโฟบิกบนวงไพไรดีน การเคลือบโมเลกุลสีย้อมด้วยอนุพันธ์ของไพไรดีน การยึดติดโมเลกุลสีย้อมบนไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยโพลีไพโรล หรือการเคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์เป็นชั้นใต้สุดบนกระจกนำไฟฟ้า เป็นต้น (Lim et al., 2007; Jang et al., 2007) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีการเคลือบชั้นฟิล์มบางที่มีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า เช่น แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ลงบนอิเล็กโทรดไททาเนียมไดออกไซด์เพื่อยับยั้งการเกิดกระบวนการรีคอมบิเนชั่น

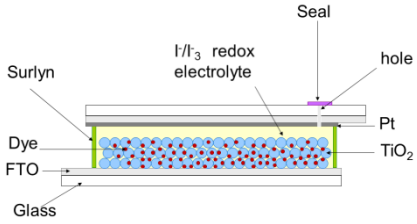
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของฟิล์มบางแมกนีเซียมออกไซด์ที่เคลือบบนไททาเนียมไดออกไซด์อิเล็กโทรดที่มีต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

วิธีดำเนินการวิจัย

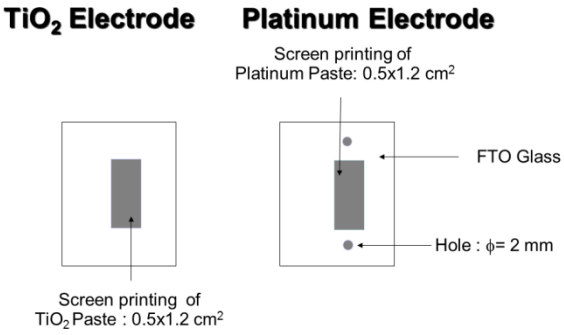
1. เตรียมอุปกรณ์สำหรับสร้างเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง ได้แก่ กระจกนำไฟฟ้า (Fluorine doped Tin oxide glass substrate, FTO) ยี่ห้อsolaronix ขนาด 2×3 ซม., สารไททาเนียมไดออกไซด์เพรส (TiO_2 paste) ยี่ห้อdyesol, สารแพททีนัมเพรส(Platinum paste) ยี่ห้อdyesol, สารละลายรีด็อกอิเล็กโตรไลท์

(I^- / I_3^-) , บล็อกสกรีน, พลาสติกซีล ยี่ห้อSurlyn และสารละลายสีย้อมN719 ความเข้มข้น 0.3 mM ยี่ห้อ dyesol ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

2. บล็อกสกรีนสำหรับสกรีนขั้วไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เพื่อทำหน้าที่เป็นขั้วลบ และขั้วแพททีนัม (Ptatinum) เพื่อทำหน้าที่เป็นขั้วบวก โดยออกแบบให้ขั้วอิเล็กโทรดมีขนาด 0.5×1.2 ซม. หรือมีพื้นที่ผิว 0.6 ตารางเซนติเมตร ดังภาพที่ 2

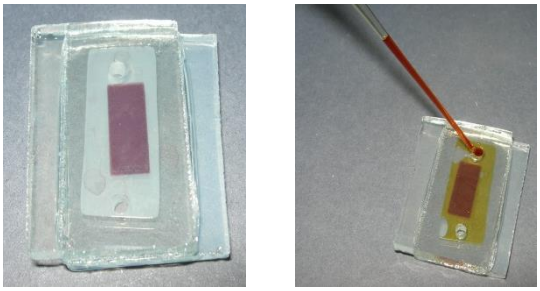


ภาพที่ 2 การออกแบบขั้ว TiO_2 และขั้ว Ptatinum

3. เจาะรูบนกระจก FTO ด้านขั้วแพททีนัม 2 รู สำหรับหยอดสารละลายอิเล็กโตรไลท์เข้าในเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

4. ทำความสะอาดกระจก FTO จากนั้นสกรีนTiO_2 paste และPlatinum paste ด้วยบล็อกสกรีนบนกระจกFTO และนำไปเผาที่อุณหภูมิ 450 $^{\circ}$C เป็นเวลา 30 นาที

5. ทำการประกอบเซลล์โดยประกบขั้ว TiO_2 และขั้ว Pt เข้าด้วยกันโดยมี surlyn ยึดระหว่างกลาง ใช้ปืนลมร้อนเป่าจน surlyn ละลายยึดขั้วทั้งสองติดกันแน่น จากนั้นหยอดสารละลายอิเล็กโตรไลท์ลงในเซลล์ และใช้ สก็อตเทปปิดรูไว้ จะได้เซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่สมบูรณ์ ดังภาพที่ 3



a) b)

ภาพที่ 3 a) เซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่ประกอบเสร็จ
b) ทำการหยอดอิเล็กโตรไลท์ลงในเซลล์

6. ทดสอบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงด้วยเครื่องวัด I-V Tester ซึ่งประกอบด้วยเครื่อง Keithley digital source meter (Model 2400) หลอดไฟซีนอนขนาด 450 W ความเข้มแสง 1000 W/m^2 เป็นแหล่งกำเนิดแสงภายใต้สภาวะมวลอากาศ 1.5 (Air mass 1.5)

7. ปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง โดยเคลือบฟิล์มบางแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) บนไททาเนียมไดออกไซด์อิเล็กโทรด จะได้อิเล็กโทรดแบบ TiO_2/MgO สำหรับวิธีการเตรียมอิเล็กโทรด TiO_2/MgO ด้วยการนำขั้ว TiO_2 ที่เผาแล้วจุ่มในสารละลายแมกนีเซียมอะซิเตท (magnesium acetate) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 1×10^{-4}, 1×10^{-3}, 1×10^{-2} และ 1×10^{-1} M แล้วเผาที่อุณหภูมิ 450 $^{\circ}$C เป็นเวลา 30 นาที

8. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่ใช้อิเล็กโทรดแบบ TiO_2 กับ TiO_2/MgO

ผลการวิจัย

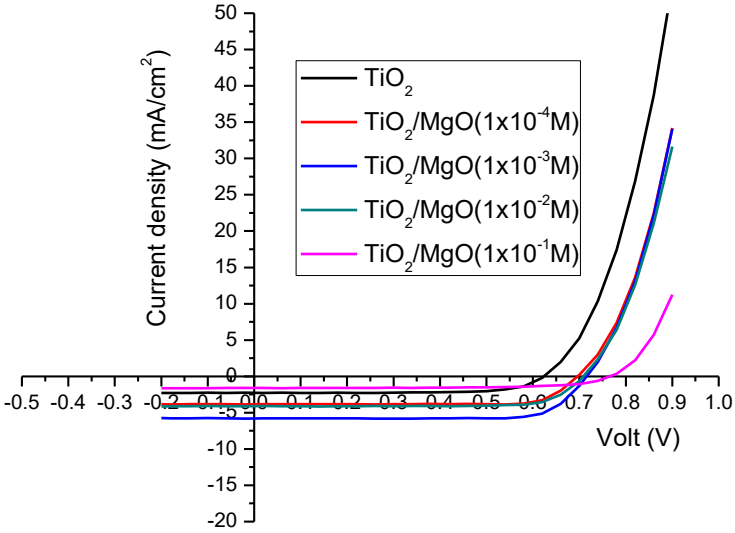
จากตารางที่ 1 พบว่า ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่ใช้อิเล็กโทรดชนิดไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 eletrode) มีค่าประมาณ 1.11% เมื่อปรับปรุงอิเล็กโทรดของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงโดยเคลือบฟิล์มบางแมกนีเซียมออกไซด์บนฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2/MgO electrode) และเพิ่มความหนาฟิล์มแมกนีเซียมออกไซด์ด้วยการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายแมกนีเซียมอะซิเตทจาก 1×10^{-4} - 1×10^{-1} M พบว่าค่ากระแสลัดวงจร (Short circuit current density, I_{SC}) และประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงมีค่าสูงสุด 6.15 mA/cm^{2}และ 3.54% ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นของสารละลายแมกนีเซียมอะซิเตทเท่ากับ 1×10^{-3} M และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายแมกนีเซียมอะซิเตทจนถึง 1×10^{-1} M ค่ากระแสลัดวงจรและประสิทธิภาพจะมีแนวโน้มลดลง

เมื่อพิจารณากราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า (Current density) กับความต่างศักย์ (Volt) พบว่า ค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (Open circuit voltage, V_{OC}) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมอะซิเตทสูงขึ้น ดังภาพที่ 4 เนื่องจากฟิล์มบางแมกนีเซียมออกไซด์ที่เคลือบบนอิเล็กโทรดไททาเนียมไดออกไซด์สามารถช่วยยับยั้งการรวมตัวระหว่างอิเล็กตรอนบนแถบนำไฟฟ้าของไททาเนียมไดออกไซด์กับ

อิออนบวกของสีย้อม ทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงมีค่าสูงขึ้น (Kumara et al., 2004)

ตารางที่ 1 ผลการวัดประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่ใช้อิเล็กโทรดแบบTiO_2 และTiO_2/MgO

ชนิดของอิเล็กโทรด	I_{SC} (mA/cm^2)	V_{OC} (Volt)	Fill factor	Efficiency (%)
Bare-TiO_2	2.42	0.65	0.71	1.11
TiO_2/MgO(1×10^{-4} M)	3.83	0.72	0.79	2.71
TiO_2/MgO(1×10^{-3} M)	6.15	0.7	0.82	3.54
TiO_2/MgO(1×10^{-2} M)	4.11	0.69	0.80	2.26
TiO_2/MgO(1×10^{-1} M)	1.60	0.74	0.70	0.82



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส(I)และความต่างศักย์(V)ของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่อิเล็กโทรดชนิดต่าง ๆ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การปรับปรุงอิเล็กโทรดของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงเป็นชนิด TiO_2/MgO ที่ความเข้มข้นของแมกนีเซียมอะซิเตท 1×10^{-3} M สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงได้ 68.64 % เมื่อเปรียบเทียบกับอิเล็กโทรดชนิด TiO_2 เนื่องจากฟิล์มบางแมกนีเซียมออกไซด์ที่เคลือบบนอิเล็กโทรดไททาเนียมไดออกไซด์สามารถช่วยยับยั้งการรวมตัวระหว่างอิเล็กตรอนบนแถบนำไฟฟ้าของไททาเนียมไดออกไซด์กับไอออนบวกของสีย้อม เมื่อเพิ่มความหนาฟิล์มแมกนีเซียมออกไซด์ด้วยการเพิ่มความเข้มของ

สารละลายแมกนีเซียมอะซิเตทที่มากเกินไป จะทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงลดลง เนื่องจากฟิล์มแมกนีเซียมออกไซด์ที่หนามากจะขัดขวางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากโมเลกุลสีย้อมที่อยู่ในสภาวะถูกกระตุ้นไปสู่แถบนำไฟฟ้าของไททาเนียมไดออกไซด์

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาผลของ transient voltage ของไททาเนียมไดออกไซด์อิเล็กโทรดที่เคลือบด้วยฟิล์มบางแมกนีเซียมออกไซด์ เพื่อยืนยันผลของฟิล์มบางแมกนีเซียมออกไซด์ไปขัดขวางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน
2. ในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาผลของEISของไททาเนียมไดออกไซด์อิเล็กโทรดที่เคลือบด้วยฟิล์มบางแมกนีเซียมออกไซด์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ที่ได้สนับสนุนด้านวัสดุอุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ และสถานที่สำหรับการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Bp. (2018). **Statistical Review of World Energy**. Retrieved June 30, 2018, from bp Global Website:https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review of-world-energy.html

O'Regan, B. & Grätzel, M. (1991). A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO_2 films. **Nature**, 353, 737-740.

Nokki, H. S., Kallioinen, J., Kololuoma, T., Tuboltsev, V., & Tommola, J.K. (2006). Dynamic preparation of TiO_2 films for fabrication of dye-sensitized solar cells. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: chemistry**, 182, 187-191.

Lim, M. K., Jang, S. R., Vittal, R., Lee, J., Kim, K. J. (2007). Linking of N3 dye with C_{60} through diaminohydrocarbons for enhanced performance of dye-sensitized TiO_2 solar cells. **Journal of Photochemistry and Photobiology A : Chemistry**. 190, 128-134

Jang, S. R., Choi, M. J., Vittal, R., Kim, K. J. (2007). Anchorage of N3 dye-linked poacrylic acid to TiO_2/electrolyte interface for improvement in the performance of a dye-sensitized solar cells. **Solar Energy Materials & Solar Cells**. 91, 1209-1214

Kumara, G. R. A., Okuya, M., Murakami, K., Kaneko, S., Jayaweera, V. V., & Tennakone, K., (2004). Dye-sensitized solid state solar cell made from magnesiumoxide-coated nanocrystalline titanium dioxide films : enhancement of the efficiency. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, 164, 183-185.

การหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของคลอรีนที่ใช้ในการกำจัดโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำทิ้งของโรงพยาบาลปลายพระยา อำเภอปลายพระยา จังหวัดกระบี่

ทิพวัน เริงสมุทร[1*] สายธาร ทองพร้อม[2] สุวณิช ชัยนาค[3] สุกัญญา วงศ์ธนะบูรณ์[4]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของคลอรีนผง 70% calcium hypochlorite ($Ca(ClO)_2$) จากตัวแปรคุณภาพน้ำเสีย 6 ตัวแปร ได้แก่ pH, BOD, COD, TKN, coliform bacteria, และ fecal bacteria ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอรีนที่ต้องใช้จากสมการถดถอยพหุคูณ (multiple linear regression) ในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลปลายพระยา อำเภอปลายพระยา จังหวัดกระบี่ ที่สามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค *(E.coli)* ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งตามกฎหมายกำหนด และเหลือคลอรีนอิสระตกค้าง (free residual chlorine) ไม่เกิน 0.1 mg/L ในน้ำทิ้งหลังการบำบัดตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

จากผลการศึกษา พบว่า ตัวแปรคุณภาพน้ำทิ้งที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอรีนผง และสามารถนำมาคำนวณปริมาณคลอรีนที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค และเหลือคลอรีนตกค้างไม่เกิน 0.1 mg/L ได้แก่ ค่าบีโอดี (BOD) และปริมาณเชื้อ fecal coliform bacteria (ลอการิทึม ฐาน 10) สมการถดถอยพหุคูณที่ใช้ทำนายคลอรีนที่ต้องใช้ (Y, mg/L) จากตัวแปรคุณภาพน้ำ 2 ตัวที่มีความสัมพันธ์กัน ได้แก่ BOD (X1) และ Log fecal coliform bacteria (X2) คือ ปริมาณคลอรีนที่ใช้ (mg/L) = 172.9 + 1.0013(BOD) + 40.865 (Log fecal coliform bacteria) ($p<0.0012$, $r^2 = 0.93$)

ปริมาณคลอรีนที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลปลายพระยาก่อนปล่อยทิ้ง จากสมการถดถอยพหุคูณ จากข้อมูลการเก็บตัวอย่างทั้ง 8 ครั้ง พบว่า อยู่ที่ระดับ 380 mg/L สมการถดถอยพหุคูณจากงานวิจัยครั้งนี้ สามารถนำไปปรับใช้กับโรงพยาบาลอื่น ซึ่งส่วนใหญ่มีองค์ประกอบน้ำเสียที่คล้ายกัน ช่วยลดงบประมาณ มีประสิทธิภาพ ไม่เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม และลดความยุ่งยากในการคำนวณหาปริมาณคลอรีนที่ต้องใช้โดยตรง

คำสำคัญ: ความเข้มข้นของคลอรีน การกำจัดโคลิฟอร์มแบคทีเรีย การบำบัดน้ำเสีย

---

[1]นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต e-mail: tip.rongsamut@windowslive.com

[2]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต e-mail: kobsaithan@yahoo.com

[3]สาขาเทคโนโลยีการประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต e-mail: suwanitc@hotmail.com

[4]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต e-mail: vorgtanboon@yahoo.com

**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: tip.rongsamut@windowslive.com*

SUITABILITY OF CHLORINE CONCENTRATION IN COLIFORM BACTERIA TREATMENT AT PLAI PHRAYA HOSPITAL, PLAI PHRAYA DISTRICT, KRABI PROVINCE

Tippawan Rongsamut[1*] Saithan Thongphrom[2]
Suwanit Chainark[3] Sukanya Vongtanaboon[4]

Abstract

Research in suitability of chlorine in coliform bacteria treatment: case study at Plai Phraya Hospital, Plai Phraya District, Krabi Province is aimed to achieve appropriate concentration of solutions with chlorine power, 70% calcium hypochlorite ($Ca(ClO)_2$) from 6 variables of quality in the wastewater which were pH, BOD, COD, TKN, coliform bacteria and fecal bacteria. Correlation between variables and quantity of chlorine in the wastewater treatment that can eliminate pathogens that cause diseases (E. coli) from Plai Phraya hospital was evaluated by multiple linear regression. Wastewater should be controlled to have free residual chlorine less than 0.1 mg/L based on wastewater standard of natural resources and environment government.

From the results of the study, variables of waste water related to chlorine powder that was used to eliminate pathogens that cause diseases with free residual chlorine less than 0.1 mg/L were BOD and fecal coliform bacteria (logarithm with base 10). The multiple linear regression for chlorine estimation from 2 variables of water quality which were BOD (X1) and Log fecal coliform bacteria (X2) was as follows: Chlorine (mg/L) = 172.9 + 1.0013(BOD) + 40.865 (Log fecal coliform bacteria), ($p<0.0012$, $r^2 = 0.93$).

The optimum chlorine content for wastewater treatment at Plai Phraya hospital before discharge from multiple regression equation with the 8 samples was 380 mg/L. Multiple regression equations from this research could be applied to other hospitals which most of them have similar waste water element. It can reduce cost and complexity in calculating the amount of chlorine required, as well as it is efficient and does not affect the environment.

Keywords: Suitability of Chlorine Concentration, Coliform Bacteria Treatment, wastewater treatment

---

[1] *Master level studies, Environmental Management, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University, e-mail: tip.rongsamut@windowslive.com*

[2] *Chemistry Program, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University, e-mail: kobsaithan@yahoo.com*

[3] *Fisheries Technology Program, Faculty of Agricultural Technology, Phuket Rajabhat University, e-mail: suwanitc@hotmail.com*

[4] *Environmental Science Program, Faculty of Agricultural Technology, Phuket Rajabhat University, e-mail: vorgtanboon@yahoo.com*

** Example, e-mail: tip.rongsamut@windowslive.com*

บทนำ

โรงพยาบาลปลายพระยาเป็นโรงพยาบาลระดับชุมชน มีจำนวนเตียงนอนผู้ป่วย 30 เตียง ตั้งอยู่เลขที่ 63 ม.1 ตำบลปลายพระยา อำเภอปลายพระยา จังหวัดกระบี่ โรงพยาบาลปลายพระยาเป็นหน่วยงานที่ให้บริการทางการแพทย์ทั้งในสถานที่และในชุมชนเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่สำคัญแหล่งหนึ่ง เนื่องจากภายในโรงพยาบาลมีการใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก จากกิจกรรมการให้บริการต่าง ๆ ก่อให้เกิดน้ำเสียปริมาณมาก โดยน้ำเสียโรงพยาบาลมีลักษณะคล้ายคลึงกับน้ำเสียจากแหล่งชุมชนแต่จะมีการปนเปื้อนสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่หลากหลายกว่าน้ำเสียชุมชนเนื่องจากกิจกรรมการให้บริการของโรงพยาบาล เช่น การปนเปื้อนสารเคมีต่าง ๆ จากห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ การปนเปื้อนเภสัชภัณฑ์บางส่วนจากแผนกเภสัชกรรมและแผนกผู้ป่วยใน การปนเปื้อนโลหะหนักและสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น ปรอท โครเมียม ทองแดงจากงานทันตกรรม (สมชาย สกุลอิสริยาภรณ์, 2540)

โรงพยาบาลมีการบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศโดยระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลมีขั้นตอนในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียโดยวิธีการเติมคลอรีน เนื่องจากคลอรีนมีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรง เมื่อละลายน้ำจะเกิดปฏิกิริยากับน้ำแตกตัวให้คลอรีน ซึ่งจะไปทำลายสารอินทรีย์และเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดสีและกลิ่นในน้ำ (มยุรฉัตร เบี้ยกลาง, 2553) คลอรีนจะออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อได้ดีหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสม ดังนั้น ถ้ามีการตรวจพบเชื้อแบคทีเรียแสดงว่าการฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยคลอรีนไม่มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้ปริมาณคลอรีนที่ไม่เหมาะสมหรือการเสื่อมคุณภาพของคลอรีนที่ใช้ โรงพยาบาลมีการจัดการน้ำทิ้งโดยการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งและวัดค่าคลอรีนตกค้างหลังการบำบัดให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกำหนดเพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อประชาชนและสิ่งแวดล้อมน้ำทิ้งที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานสามารถนำไปรดต้นไม้สวนหย่อมภายในโรงพยาบาลได้

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความเข้มข้นของคลอรีนที่มีการเติมลงน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากบ่อบำบัดน้ำเสียแล้ว เพื่อกำจัดเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ในน้ำทิ้งก่อนทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อม เนื่องจากปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการทำลายเชื้อแบคทีเรียเพื่อป้องกันมิให้เชื้อแบคทีเรียสามารถปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ อันอาจก่อให้เกิดโรคระบาดเป็นอันตรายต่อประชนทั่วไปได้ และควบคุมปริมาณคลอรีนที่ใช้ไม่ให้มากหรือน้อยเกินไป ปริมาณของคลอรีนที่เติมเพื่อให้ฆ่าเชื้อแบคทีเรียในน้ำได้และไม่ก่อให้เกิดอันตราย ซึ่งจุดประสงค์ของการฆ่าเชื้อแบคทีเรียในน้ำเสียไม่ได้มุ่งฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำแต่เพื่อการฆ่าเชื้อที่ก่อให้เกิดโรค จากผลการวิเคราะห์น้ำเสียเบื้องต้นสามารถตรวจสอบได้จากการวัดค่าโคลีฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ดังนั้น จึงต้องการศึกษาปริมาณคลอรีนที่ใช้กำจัดเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคโดยใช้โคลีฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นดัชนีชี้วัด การทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเป็นการใช้คลอรีนในปริมาณสูงเกินกว่าความจำเป็นอาจเกิดการตกค้างของคลอรีนได้ เนื่องจาก ผลของการตกค้างของคลอรีน สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และสร้างความเสียหายอย่างรุนแรงต่อปริมาณผลผลิตและการขยายพันธุ์พืชใต้น้ำที่สำคัญ คลอรีนสามารถสะสมในสิ่งมีชีวิตและเพิ่มอัตราความเข้มข้นตามระดับของห่วงโซ่อาหารได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลทั่วไปของตัวแปรคุณภาพน้ำและปริมาณเชื้อแบคทีเรีย ที่ก่อให้เกิดโรคในน้ำเสียและปริมาณความเข้มข้นของคลอรีน ที่ใช้ในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียในน้ำเสียก่อนและหลังการเติมคลอรีน

2. ศึกษาความสัมพันธ์ในเชิงคณิตศาสตร์ระหว่างปริมาณคลอรีนที่เหมาะสมกับปริมาณ pH BOD COD TKN โคลีฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำลายเชื้อแบคทีเรีย

3. เพื่อศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของคลอรีนที่ใช้ในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียในน้ำทิ้งโรงพยาบาลปลายพระยา อำเภอปลายพระยา จังหวัดกระบี่ ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกำหนด โดยใช้โคลีฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นดัชนีชี้วัด

วิธีการดำเนินการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ น้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดก่อนการเติมคลอรีนของโรงพยาบาลปลายพระยา อำเภอปลายพระยา จังหวัดกระบี่ การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) โดยเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2557 - วันที่ 31 ธันวาคม 2559

1. วิธีการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อหลังการบำบัด (ก่อนเติมคลอรีน) โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab samples) เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ 2 จุด ดังนี้

1.1 จุดเก็บน้ำที่ 1 เก็บน้ำหลังผ่านการบำบัดแล้วก่อนเติมคลอรีน (โรงพยาบาลปลายพระยา)

1.2 จุดเก็บน้ำที่ 2 เก็บน้ำตัวอย่างที่ผ่านการเติมคลอรีนที่ระดับที่เหลือคลอรีนอิสระตกค้างไม่เกิน 0.1 mg/L (ผู้วิจัยนำน้ำตัวอย่างมาเติมคลอรีน ณ ห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต)

2. ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) เก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดก่อนเติมคลอรีน เดือนละ 1 ครั้ง ระยะเวลา 8 เดือน การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วนตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

2.1 ข้อมูลทั่วไปของตัวแปรคุณภาพน้ำ pH BOD COD TKN และปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัดด้วยคลอรีน (ที่ใช้ในปริมาณที่เหลือคลอรีนอิสระตกค้างไม่เกิน 0.1 mg/L)

2.2 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคุณภาพน้ำเสียและปริมาณเชื้อแบคทีเรีย (correlation) และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคุณภาพน้ำเสียและ/หรือปริมาณเชื้อแบคทีเรียต่อปริมาณคลอรีนผงที่ต้องใช้ (multiple linear regression) วิเคราะห์โดยวิธีการ

2.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (coefficient correlation) ระหว่างตัวแปรคุณภาพน้ำเสียและปริมาณเชื้อแบคทีเรียในบ่อบำบัดน้ำเสีย

2.2.2 วิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple linear regression) ของตัวแปรคุณภาพน้ำเสีย ปริมาณเชื้อโคลีฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เพื่อหาตัวแปรคุณภาพน้ำ และ/หรือ ปริมาณเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลแบคทีเรียที่สัมพันธ์กับปริมาณคลอรีนที่ต้องใช้

2.3 ความเข้มข้นที่เหมาะสมของคลอรีนที่ใช้ในการกำจัดเชื้อโรคในน้ำทิ้งโรงพยาบาลปลายพระยา อำเภอปลายพระยา จังหวัดกระบี่ ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกำหนด

2.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์การวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงเส้น และการถดถอยพหุคูณ (Multiple linear regression)

2.5 สถานที่ทดลองห้องปฏิบัติการทางเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งโรงพยาบาลปลายพระยา จ.กระบี่ หลังการบำบัด (ก่อนเติมคลอรีน) ตัวแปรคุณภาพน้ำทิ้งและปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่สัมพันธ์กับปริมาณคลอรีนที่ต้องใช้ และความเข้มข้นที่เหมาะสมของคลอรีนที่ใช้ในการกำจัดโคลิฟอร์มในน้ำเสียโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของตัวแปรคุณภาพน้ำและปริมาณเชื้อแบคทีเรีย ที่ก่อให้เกิดโรคในน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัดด้วยคลอรีน (ที่ใช้ในปริมาณที่เหลือคลอรีนอิสระตกค้างไม่เกิน 0.1 mg/L)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยตัวแปรคุณภาพน้ำ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียก่อนและหลังการเติมคลอรีนที่ใช้ในการกำจัดเชื้อ และเหลือปริมาณคลอรีนอิสระตกค้างไม่เกิน 0.1 mg/L

เดือน	28/12/58		10/01/59		6/02/59		6/03/59		9/04/59		7/5/59		3/9/59		2/10/59		$\bar{X}$ ± SD.	
การวิเคราะห์	**ก่อน**	**หลัง**	**ก่อน**	**หลัง**	**ก่อน**	**หลัง**	**ก่อน**	**หลัง**	**ก่อน**	**หลัง**	**ก่อน**	**หลัง**	**ก่อน**	**หลัง**	**ก่อน**	**หลัง**	**ก่อน**	**หลัง**
pH (5.0-9.0)	7.26	8.12	7.95	7.92	7.41	7.13	7.43	7.13	7.51	7.14	7.52	7.32	8.05	8.57	7.39	8.11	7.56 ± 0.28	7.68 ± 0.58
BOD (≤ 30)	96	4.50	34	7.5	33	9.7	24	2.4	19.8	7.8	90	9	49.2	7.20	51	4.80	49.63 ± 28.9	6.61 ± 2.49
COD (≤ 120)	194	86.9	68.22	48.3	100.56	90.11	98.56	90.11	101	96	96.80	119	53.5	141	80	86.4	99.08 ± 42.11	94.73 ± 26.89
TKN (≤ 35)	4.25	1.40	12.88	0.56	17.32	0.56	14	0.56	13.44	0.56	67.20	2.20	48.7	1.68	14.9	0.40	24.09 ± 21.8	1.52 ± 0.68
โคลีฟอร์มแบคทีเรีย (≤5,000MPN/100mL)	540,000	< 2.0	92,000	N.D.	7,500	N.D.	1,000	N.D.	1,800	N.D	6,000	N.D	1,200	N.D	1,200	N.D.	81,337 ± 187935	0.25 ± 0.7
ฟีคัลโคลิฟอร์แบคทีเรีย (≤1,000MPN/100mL)	540,000	< 2.0	92,000	N.D.	7,500	N.D.	1,000	N.D.	800	N.D	3,200	N.D	850	N.D	850	N.D	80,775 ± 188200	0.25 ± 0.7
ปริมาณคลอรีน	500 mg/L		400mg/L		400mg/L		300mg/L		300mg/L		400mg/L		350mg/L		350mg/L		SD.คลอรีน =	**65.47**

2. การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคุณภาพน้ำเสียและปริมาณเชื้อแบคทีเรีย (correlation) และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคุณภาพน้ำเสียและ/หรือปริมาณเชื้อแบคทีเรียต่อปริมาณคลอรีนผงที่ต้องใช้

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (coefficient correlation) ระหว่างตัวแปรคุณภาพน้ำเสีย ปริมาณเชื้อโคลีฟอร์มแบคทีเรียและเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลปลายพระยา (ก่อนเติมคลอรีน)

ตัวแปร	pH	BOD	COD	TKN	Coliform	Fecal
pH	1.000					
BOD	-.259	1.000				
COD	**.720***	.553	1.000			
TKN	.380	.375	-.406	1.000		
Coliform	-.353	.622	**.873***	-.402	1.000	
Fecal	-.385	.596	**.884****	-.427	**.992****	1.000
Choline	0	0	0	0	0	0
$\bar{X}$	7.56	49.68	99.08	24.69	81,337.5	80,775
S.D.	0.28	28.91	42.11	21.81	187,935	188,200.79

*p<0.5 **p<0.1

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างกันของตัวแปรคุณภาพน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลปลายพระยากับปริมาณเชื้อโคลีฟอร์มแบคทีเรียและเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (หลังการเติมคลอรีน)

ตัวแปร	pH	BOD	COD	TKN	Coliform	Fecal	Choline
pH	1.000						
BOD	-.185	1.000					
COD	.161	.176	1.000				
TKN	.258	.263	.679	1.000			
Coliform	.310	-.343	-.118	.245	1.000		
Fecal	.310	-.343	-.118	.245	**1.000****	1.000	
Choline	.336	.134	-.190	.394	**.772***	**.772***	1.000
$\bar{X}$	7.56	49.68	99.08	24.69	81,337.5	80,775	375
S.D.	0.28	28.91	42.11	21.81	187,935	188,200.79	65.47

*p<0.5 **p<0.1

ตารางที่ 4 ตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปร(Parameter estimate) และค่า p-value ของตัวแปรที่ใช้ในสมการถดถอยพหุคูณ

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	172.89672	27.39785	16227	39.82	0.0015
BOD	1.00133	0.30100	4509.18932	11.07	0.0209
LFECAL	40.86530	8.08770	10403	25.53	0.0039

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบอำนาจในการทำนายเชิงเส้นตรงของสมการ multiple linear regression ที่ประกอบด้วย 2 ตัวแปรอิสระ (BOD และ LogFecal) สำหรับใช้ทำนายปริมาณคลอรีนผงที่ต้องใช้กับระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลปลายพระยา

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p
Regression	2	27963.143	13981.143	34.31	0.0012
Residual	5	2037.30673	407.46135		
Total	7	30000			

3. ความเข้มข้นที่เหมาะสมของคลอรีนที่ใช้ในการกำจัดเชื้อโรคในน้ำทิ้งโรงพยาบาลปลายพระยา อำเภอปลายพระยา จังหวัดกระบี่ ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกำหนด

จากสมการถดถอยที่ดีที่สุดจากจากกระบวนการคัดเลือกตัวแปรโดยวิธีการต่าง ๆ สามารถนำมาใช้คำนวณปริมาณคลอรีนที่เหมาะสมกับการใช้บำบัดน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลปลายพระยาได้ ดังนี้

ปริมาณคลอรีนผงที่ใช้ (mg/L) = 172.9 + 1.0013(BOD) + 40.865(LFECAL)

= 172.9 + 1.0013(49.65) + 40.865(3.85)

= 380 mg/L

โดยที่ 49.65 = ค่าเฉลี่ย BOD (mg/L) ในน้ำทิ้งหลังบำบัด (ก่อนเติมคลอรีน) ทั้ง 8 ครั้ง

3.85 = ค่าเฉลี่ย LogFecal (MPN/100 mL) ในน้ำทิ้งหลังบำบัด (ก่อนเติมคลอรีน) ทั้ง 8 ครั้ง

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษา อภิปรายผลตามวัตถุประสงค์การศึกษา ดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของตัวแปรคุณภาพน้ำและปริมาณเชื้อแบคทีเรีย ที่ก่อให้เกิดโรคในน้ำเสียที่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของคลอรีน

ความเป็นกรด – เป็นด่างของน้ำเสีย ก่อนการเติมคลอรีน มีค่าเท่ากับ 7.56 หลังการเติมคลอรีนมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 7.68 ในการทดลองบางครั้งมีการเติมคลอรีนที่ค่าความเข้มข้นสูงเนื่องจากค่าพารามิเตอร์ในน้ำทิ้งสูงมีความสกปรกมากปริมาณความเข้มข้นของคลอรีนสูงจะมีผลให้คุณภาพน้ำทิ้งมีความเป็นด่างมากขึ้น (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2539) โดยทั่วไปน้ำทิ้งมีค่าความเป็นกรด - เป็นด่างอยู่ในช่วง 5.0 - 9.0 ซึ่งน้ำทิ้งหลังการเติมคลอรีนของโรงพยาบาลปลายพระยา อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่ตามที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกำหนด

ปริมาณบีโอดี (BOD) บ่งบอกถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงพยาบาลปลายพระยามีความสกปรกค่อนข้างมาก ความต้องการใช้ออกซิเจนค่อนข้างมาก ค่าบีโอดีในน้ำทิ้งก่อนเติมคลอรีน มีค่าเท่ากับ 49.63 mg/L หลังการเติมคลอรีนปริมาณบีโอดีลดลงเหลือ 6.61 mg/L ตามลำดับ ปริมาณบีโอดีในน้ำทิ้งหลังการบำบัดกรมสิ่งแวดล้อมกำหนดค่าไม่เกิน 30 mg/L (กรมอนามัยสิ่งแวดล้อม. 2539) น้ำทิ้งโรงพยาบาลปลายพระยา หลังการใช้คลอรีนระดับที่เหลือคลอรีนตกค้าง 0.1 mg/L ค่าบีโอดีเฉลี่ยเหลือ 6.61 mg/L ซึ่งต่ำกว่าระดับที่กฎหมายกำหนด

คลอรีนนอกจากจะทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำเสียแล้ว ยังทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำที่รายงานค่าในรูปบีโอดี (BOD) อีกด้วยสอดคล้องกับ นภานิรา แสงสุริยะ (2546) ที่กล่าวว่า ปริมาณคลอรีนที่เติมจะไปทำปฏิกิริยากับค่าพารามิเตอร์ ต่าง ๆ ในน้ำตัวอย่างก่อนฆ่าเชื้อแบคทีเรียทำให้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในน้ำตัวอย่างลดลงด้วย ซึ่งสัมพันธ์กับการวิเคราะห์การถดถอยเส้นตรงเชิงพหุ ที่ได้คัดเลือกตัวแปรบีโอดี มาเป็นตัวแปรอิสระ (independent variable) ใช้หาปริมาณคลอรีนที่เหมาะสมของน้ำทิ้งหลังการบำบัดก่อนเติมคลอรีนโรงพยาบาลปลายพระยา

ปริมาณซีโอดี (COD) บ่งบอกถึงปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (ทิพย์เกสร บุญอำไพ, 2556) ค่าซีโอดีเฉลี่ยก่อนเติมคลอรีน เท่ากับ 99.08 mg/L หลังการเติมคลอรีนลดลงเพียงเล็กน้อย คือ 94.73 mg/L และมีความแปรปรวนของค่าก่อนและหลังการใช้คลอรีนในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง (ตารางที่ 1) ซึ่งแตกต่างกับค่าบีโอดีเป็นอย่างมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากค่าซีโอดีประกอบด้วยองค์ประกอบหลายส่วนกว่าบีโอดี นอกจากปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำแล้วยังประกอบด้วยสารรีดิวส์ตัวอื่น ๆ อีก เป็นตัวแปรคุณภาพน้ำที่ไม่เหมาะกับการนำมาใช้ทำนาย

ปริมาณซีโอดีในน้ำทิ้งหลังการบำบัดตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของกรมอนามัยสิ่งแวดล้อม (2539) กำหนดไม่เกิน 120 mg/L น้ำทิ้งโรงพยาบาลปลายพระยาหลังการใช้คลอรีนที่เหลือคลอรีนตกค้าง 0.1 mg/L ค่าซีโอดีหลังใช้คลอรีนเฉลี่ยเหลือ 94.73 mg/L ต่ำกว่าระดับที่กฎหมายกำหนด ยกเว้นในครั้งที่ 7 (ตารางที่ 1) เนื่องจากระยะเวลาการเติมคลอรีนานกว่าครั้งอื่น ๆ ส่งผลให้สภาวะน้ำตัวอย่างมีความเป็นด่างมากขึ้นทำให้ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการเพื่อใช้ในการ oxidize (COD) เพิ่มมากขึ้นด้วยซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรด – เป็นด่างในการทดลองครั้งเดียวกันเพิ่มขึ้นด้วยนั้นบ่งบอกความสัมพันธ์กันในเชิงบวกระหว่างปริมาณซีโอดีกับความเป็นกรด – เป็นด่างดังแสดงในตารางที่ 2 และตารางที่ 6

ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (TKN) เป็นปริมาณรวมทั้งหมดของไนโตรเจนอินทรีย์และแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่อยู่ในโปรตีนในน้ำทิ้งที่เกิดจากการขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต เช่น ปัสสาวะ ค่าทีเคเอ็นในน้ำทิ้งก่อนเติมคลอรีน มีค่าเท่ากับ 24.09 mg/L หลังการเติมคลอรีนลดลงเหลือ 1.52 mg/L ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากการที่คลอรีนซึ่งเป็น strong oxidizing agent ออกซิไดส์สารอินทรีย์ไนโตรเจนในรูปแบบต่าง ๆ ในน้ำเสียโรงพยาบาล ทำให้ปริมาณลดลง แต่อย่างไรก็ตามในการคัดเลือกตัวแปร (variable selection) สำหรับสมการถดถอยเชิงพหุไม่ได้เลือกตัวแปรนี้สำหรับใช้ในสมการทำนายค่าคลอรีน ทั้งนี้ อาจเนื่องจากปริมาณทีเคเอ็นเป็น

ส่วนหนึ่งของบีโอดี ดังนั้น สมการเลือกตัวแปรบีโอดีแทน เพื่อไม่ให้เกิด multicolinearity ระหว่างตัวแปรที่ใช้จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 8 ครั้ง หลังเติมคลอรีน พบว่า ไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดค่าไว้ที่ไม่เกิน 35 mg/L

ปริมาณเชื้อโคลีฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

ปริมาณเชื้อโคลีฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ในน้ำทิ้งก่อนเติมคลอรีนมีเฉลี่ยเท่ากับ 81,337.5 MPN/100 mL และ 80,775 MPN/100 mL ตามลำดับ หลังการเติมคลอรีนปริมาณเชื้อโคลีฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ลดลงเหลือ 0 - < 2 MPN/100 mL ทั้งสองตัว ตามเกณฑ์มาตรฐานกรมสิ่งแวดล้อมกำหนดปริมาณเชื้อโคลีฟอร์มแบคทีเรียไม่เกิน 5,000 MPN/100 mL และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียไม่เกิน 1,000 MPN/100 mL จะเห็นว่าน้ำทิ้งหลังการใช้คลอรีนระดับที่เหลือคลอรีนตกค้าง 0.1 mg/L ปริมาณเชื้อโคลีฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียปนเปื้อนในน้ำเสียต่ำกว่าระดับที่กฎหมายกำหนด จากปริมาณเชื้อที่วิเคราะห์ในการเก็บตัวอย่างทั้ง 8 ครั้ง พบว่าน้ำเสียจากโรงพยาบาลปลายพระยามีการปริมาณเชื้อในน้ำทิ้งก่อนบำบัดด้วยคลอรีนสูงในช่วงแรก และลดลงในช่วงหลัง (ตารางที่ 1) ซึ่งน้ำทิ้งถ้าผ่านการบำบัดไม่เหมาะสมและปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพประชาชนอำเภอปลายพระยาได้ ก่อให้เกิดโรคที่มีน้ำเป็นพาหะเนื่องจากโรงพยาบาลปลายพระยาอยู่ติดกับแม่น้ำคลองปลายยา ซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักในการดำรงชีวิตของประชาชนอำเภอปลายพระยา เชื้อแบคทีเรียจะทำให้เกิดโรคระบบทางเดินอาหารซึ่งปะปนมากับอุจจาระในน้ำเสียก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินอาหาร เช่น โรคอหิวาตกโรค โรคไทฟอยด์ โรคบิด ฯลฯ (Freeman, 1979)

2. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคุณภาพน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล (correlation) ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคุณภาพน้ำเสียและเชื้อกับปริมาณความเข้มข้นของคลอรีนที่ใช้ (multiple linear regression)

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคุณภาพน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลปลายพระยากับปริมาณเชื้อโคลีฟอร์มแบคทีเรียและเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย **ก่อนการเติมคลอรีน**

ตัวแปร	ความสัมพันธ์เชิงบวก	ความสัมพันธ์เชิงลบ
ค่าความเป็นกรด - ด่างในน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสีย (pH)	ปริมาณของออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้สำหรับทำปฏิกิริยาเคมีกับสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย (COD) (R= .720)	
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform bacteria)	ปริมาณของออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้สำหรับทำปฏิกิริยาเคมีกับสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย (COD) (R= .873)	
	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal coliform) (R=.992)	
ฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal coliform)	ปริมาณของออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้สำหรับทำปฏิกิริยาเคมีกับสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย (COD) (R= .884)	

ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อโคลีฟอร์มแบคทีเรียและเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลปลายพระยากับปริมาณคลอรีน **หลังการเติมคลอรีน**

ตัวแปร	ความสัมพันธ์เชิงบวก	ความสัมพันธ์เชิงลบ
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform bacteria)	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal coliform) (R= 1)	
	คลอรีน (Chlorine) (R= .772)	
ฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal coliform)	คลอรีน (Chlorine) (R= .772)	

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างตัวแปรคุณภาพน้ำทิ้งและเชื้อ ในน้ำทิ้งหลังการบำบัด (ก่อนเติมคลอรีน) ของโรงพยาบาลปลายพระยา พบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ($p<0.05$) ได้แก่ COD กับ pH, COD กับ coliform bacteria, COD กับ fecal coliform bacteria และ coliform bacteria กับ fecal coliform bacteria ดังแสดงในตารางที่ 6 และสำหรับน้ำทิ้งหลังการบำบัด (หลังเติมคลอรีน) ของโรงพยาบาลปลายพระยา พบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ($p<0.05$) ได้แก่ fecal coliform bacteria กับ coliform bacteria , Chlorine กับ coliform bacteria และ Chlorine กับ fecal coliform bacteria ดังแสดงในตารางที่ 7

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าเชื้อทั้งสองกลุ่มมี correlation ในทางบวกกับค่าซีโอดี และมี correlation ระหว่างกันในน้ำทิ้งก่อนเติมคลอรีน (ตารางที่ 2) ขณะที่น้ำทิ้งหลังเติมคลอรีน พบ correlation ระหว่างเชื้อทั้งสองกลุ่ม และระหว่างปริมาณคลอรีนที่ใช้กับเชื้อทั้งสองกลุ่ม (ตารางที่ 3) ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อทั้งสองกลุ่มค่อนข้างสูงทั้งก่อนและหลังการเติมคลอรีน และอาจแสดงถึงลักษณะของ multicolinearity หรือข้อมูลไม่เป็นอิสระต่อกันของตัวแปรอิสระทั้งสองตัว และในการวิเคราะห์หาตัวแปรที่สัมพันธ์กับปริมาณการใช้คลอรีนมาใช้ในสมการถดถอยเส้นตรงเชิงพหุ กระบวนการคัดเลือกตัวแปรได้คัดเลือกเฉพาะตัวแปรฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นตัวแปรอิสระสำหรับใช้ทำนายปริมาณคลอรีนที่ต้องใช้ในน้ำเสีย สอดคล้องกับลักษณะ multicolinearity ที่อาจเกิดระหว่างตัวแปรเชื้อทั้งสอง ดังนั้นสมการจึงเลือกฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียเพียงตัวเดียว แม้ว่าทั้งสองตัวจะมีสหสัมพันธ์กับปริมาณคลอรีนทั้งคู่ก็ตาม สำหรับความสัมพันธ์ในทางบวกระหว่างค่าซีโอดีกับปริมาณเชื้อทั้งสองกลุ่ม เนื่องจากค่าซีโอดีเป็นค่าที่รวมสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำ ดังนั้นปริมาณสารอินทรีย์ที่สูงขึ้น ปริมาณเชื้อก็เพิ่มขึ้น

ปริมาณความเข้มข้นในการเติมคลอรีนในน้ำทิ้งของโรงพยาบาลในแต่ละเดือนไม่เท่ากันซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในน้ำตัวอย่างเนื่องจากปริมาณคลอรีนที่เติมจะไปทำปฏิกิริยากับค่าพารามิเตอร์ต่างๆในน้ำตัวอย่างก่อนฆ่าเชื้อแบคทีเรียเมื่อค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในน้ำตัวอย่างสูงปริมาณคลอรีนที่เติมก็สูงตามด้วย (นภานิรา แสงสุริยะ, 2546)

3. ความเข้มข้นที่เหมาะสมของคลอรีน ที่ใช้ในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียในน้ำทิ้งโรงพยาบาลปลายพระยา

การหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของคลอรีนที่ใช้กำจัดเชื้อแบคทีเรียในน้ำทิ้งโรงพยาบาลปลายพระยาให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกำหนด โดยใช้โคลีฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นดัชนีชี้วัด จากสมการถดถอยพหุคูณพบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของคลอรีนที่ใช้ในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียในน้ำทิ้ง ที่ปริมาณโคลีฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง และปริมาณคลอรีนอิสระ (Free chlorine)

ตกค้างเท่ากับ 0.1 mg/L คือ ความเข้มข้นของคลอรีน 70% calcium hypochlorite ($Ca(ClO)_2$) ที่ 380 mg/L ซึ่งค่าจะใกล้เคียงกันมากกับปริมาณเฉลี่ยคลอรีนที่ใช้ในระดับที่เหลือคลอรีนตกค้าง 0.1 mg/L ทั้ง 8 ครั้งคือ 375 mg/L (ตารางที่ 1) คลอรีนตกค้างที่ระดับ 0.1 mg/L การใช้งานจริงในรอบปีต้องมีการตรวจเช็คค่าบีโอดีและเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นระยะ เพื่อปรับปริมาณคลอรีนให้เหมาะสมตามปริมาณสารอินทรีย์และปริมาณเชื้อในรอบปีหรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของน้ำทิ้ง

การทราบปริมาณที่เหมาะสมของคลอรีนที่ต้องใช้กำจัดเชื้อก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะจะทำให้ช่วยประหยัดงบประมาณของโรงพยาบาล การฆ่าเชื้อมีประสิทธิภาพ และไม่สร้างปัญหาสิ่งแวดล้อม การใช้คลอรีนที่มากเกินความจำเป็นนอกจากเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มโดยไม่จำเป็นแล้วยังสร้างปัญหาด้านมลภาวะตามมา หรือใช้ในปริมาณที่น้อยเกินไปก็จะไม่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำทิ้ง นอกจากนี้ผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ (สมการถดถอยเชิงพหุ) สามารถนำไปปรับใช้กับโรงพยาบาลอื่น ๆ ได้ เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำเสียโรงพยาบาลไม่แตกต่างกันมาก ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ในรูปต่าง ๆ เช่น เชื้อโรค ของเสียจากผู้ป่วย น้ำซักล้าง การประกอบอาหารและเศษอาหารเหลือ เป็นต้น ดังนั้นการทราบค่าตัวแปรสารอินทรีย์อย่างค่าบีโอดีและปริมาณเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (แปลงข้อมูลเป็นค่าล๊อคการิทึมฐานสิบก่อนนำไปใช้ในสมการ เนื่องจากลักษณะการกระจายของข้อมูลไม่เข้ากับข้อตกลง (assumptions) ของการวิเคราะห์รีเกรสชั่น) ก็สามารถนำมาคำนวณหาปริมาณคลอรีนที่เหมาะสมได้ อย่างไรก็ตามถ้าองค์ประกอบน้ำเสียแตกต่างจากการศึกษาครั้งนี้มาก ต้องดำเนินการสร้างสมการถดถอยใหม่จากข้อมูลคุณภาพน้ำเสียและเชื้อใหม่ สำหรับนำไปใช้ทำนายปริมาณคลอรีนเฉพาะของสถานที่นั้นต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการศึกษา

1. หน่วยงานต่าง ๆ ที่มีระบบบำบัดน้ำเสียควรมีการศึกษาระดับคลอรีนที่เหมาะสมกับสภาพคุณภาพน้ำที่ใช้ของแต่ละระบบในแต่ละช่วงเวลา เพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสม ประหยัดค่าใช่จ่าย เพิ่มความปลอดภัยที่เกิดจากภาวะคลอรีนตกค้างในสิ่งแวดล้อมให้กับประชาชน

2. หน่วยงานที่มีความสนใจสามารถนำวิจัยเล่มนี้ไปปรับใช้ได้ โดยใช้ค่าบีโอดีและปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำทิ้งของหน่วยงานนั้นกับสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นตรง ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ตามสถานประกอบการอื่น ๆ ที่ไม่ใช่โรงพยาบาลหรือโรงพยาบาลมีองค์ประกอบน้ำทิ้งที่ต่างจากปกติมากจะต้องดำเนินการสร้างสมการขึ้นใหม่จากลักษณะน้ำเสียนั้น

3. สร้างนโยบายให้ความตระหนัก เรื่อง สิ่งแวดล้อมและความสำคัญของการบำบัดน้ำเสียให้กับผู้ที่มาใช้บริการในโรงพยาบาลและเจ้าหน้าที่ทุกคน

ข้อเสนอแนะจากการศึกษาในครั้งต่อไป

1. ควรเพิ่มระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างเดือนละครั้ง เป็นระยะเวลา 1 ปี เพื่อให้ครอบคลุมทุกฤดูกาล และการใช้บริการของผู้ป่วยในรอบปี

2. การเติมคลอรีนลงในตัวอย่างน้ำเสียที่ปริมาณต่างๆ เพื่อหาปริมาณคลอรีนที่ต้องใช้ที่เหลือคลอรีนตกค้าง 0.1 mg/L หลังการใส่คลอรีนเป็นเวลา 30 นาที ในการวิเคราะห์น้ำเสียแต่ละครั้ง เพื่อนำมาใช้กับสมการถดถอยเชิงพหุ (multiple linear regression) ควรปรับช่วงปริมาณคลอรีนให้มีความถี่เพิ่มข้น เพื่อความแม่นยำในการหาปริมาณคลอรีนที่เหมาะสมในการกำจัดเชื้อโรคในน้ำเสีย

กิตติกรรมประกาศ

การทำงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตที่เอื้อเฟื้อสถานที่ (ห้องปฏิบัติการ) ในการทดลองและอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ในการทดลอง และขอขอบคุณโรงพยาบาลปลายพระยา อำเภอปลายพระยา จังหวัดกระบี่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่อนุญาตให้เข้าไปเก็บตัวอย่างน้ำการทำวิจัย ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลได้ตลอดเวลาและให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ เสมอมา

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2539). **โรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

กรมอนามัยสิ่งแวดล้อม. (2539). **การจัดทำระบบบำบัดน้ำเสีย สถานพยาบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุข**. นนทบุรี: ฝ่ายวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม กองอนามัยสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข.

นภานิรา แสงสุริยะ. (2546). **ปริมาณคลอรีนในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาลทรวงอก** กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทิพย์เกสร บุญอำไพ. (2556). ค่า **DO, BOD ,COD คืออะไร**. สืบคนจาก: http://www.vcharkarn.com/forum/view

มยุรฉัตร เบี้ยกลาง. (2553). **การเปรียบเทียบการตรวจคลอรีนอิสระจากน้ำอุปโภคบริโภค ณ ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิกับการตรวจจุลชีววิทยา**. นนทบุรี: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข.

สมชาย สกุลอิสริยาภรณ์. (2540). การพัฒนารูปแบบการจัดการน้ำเสียในโรงพยาบาลของกระทรวง สาธารณสุข. **วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม**. 65-74.

Freeman, A. Myrick, III. (1979). **The benefits of environmental improvement**: Theory and practice. Johns Hopkins University Press.

องค์ประกอบชนิด ปริมาณ และการเปลี่ยนแปลงในรอบปีของแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำจันทบุรี

สิทธิพัฒน์ แผ้วฉ่ำ[1*] อุมารินทร์ มัจฉาเกื้อ[1] และคณิสร ล้อมเมตตา[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาองค์ประกอบชนิด ปริมาณ และการเปลี่ยนแปลงในรอบปีของแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี โดยทำการสำรวจตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2554 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555 เก็บตัวอย่างตลอดความยาวของลำน้ำทั้งหมด 10 จุดสำรวจ ผลการศึกษาพบแพลงก์ตอนพืชรวม 259 ชนิด 112 สกุล โดยแพลงก์ตอนพืชที่พบ ได้แก่ กลุ่มสาหร่ายสีเขียว (Class Chlorophyceae) พบ 139 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 54 รองลงมา คือ กลุ่มไดอะตอม (Class Bacillariophyceae) กลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงิน (Class Cyanophyceae) กลุ่มยูกลีนอยด์ (Class Euglenophyceae) กลุ่มคริโซไฟท์ (Class Chrysophyceae) และกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต (Class Dinophyceae) โดยพบจำนวน 65, 28, 18, 5 และ 4 ชนิด และคิดเป็นร้อยละ 25, 11, 7, 2 และ 1 ตามลำดับ โดยที่องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำจันทบุรีมีการผันแปรตามฤดูกาลซึ่งในเดือนมีนาคม พบจำนวนชนิดแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด (170 ชนิด) และในเดือนธันวาคม พบจำนวนชนิดต่ำสุด (58 ชนิด) สำหรับปริมาณแพลงก์ตอนพืช พบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกับจำนวนชนิด คือ กลุ่มสาหร่ายสีเขียวมีปริมาณสูงสุดเท่ากับ 588.1 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 55.7 และมีความผันแปรตามฤดูกาลเช่นเดียวกันกับจำนวนชนิด คือ พบปริมาณสูงสุดในเดือนมีนาคม (2,250.9 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร) และปริมาณต่ำสุดในเดือนธันวาคม (251.1 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร) ส่วนแพลงก์ตอนพืชที่จัดเป็นชนิดเด่นในการสำรวจครั้งนี้ คือ กลุ่มยูกลีนอยด์ (*Trachelomonas* sp.) ซึ่งพบปริมาณสูงสุดและพบทุกจุดสำรวจตลอดลำน้ำ ส่วนชนิดอื่น ๆ ที่พบปริมาณมากรองลงมาได้แก่ *Peridinium* spp. (ไดโนแฟลกเจลเลต) และกลุ่มสาหร่ายสีเขียว (*Cosmarium contractum* และ *Staurastum freemanii*) และผลการวิเคราะห์ดัชนีความหลากหลาย ดัชนีความเท่าเทียม และดัชนีความมากชนิด พบว่าอยู่ในช่วง 0.94-1.20, 0.31-0.37 และ 1.18-2.43 ตามลำดับ

คำสำคัญ : แพลงก์ตอนพืช การเปลี่ยนแปลงในรอบปี แม่น้ำจันทบุรี ตัวบ่งชี้ทางนิเวศ

[1] *หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี*
e-mail : sittipat.paewcham@gmail.com

SPECIES COMPOSITION, ABUNDANCE AND SEASONAL VARIATION OF PHYTOPLANKTON IN CHANTHABURI RIVER

Sittipat Paewcham[2*], Umarin Matchakuea[1] and Kanisorn Lommetta[1]

Abstract

Study of species composition, abundance and seasonal variation of phytoplankton in Chanthaburi River, Chanthaburi Province, were studied in 10 stations during September, 2011 to August, 2012. It was found a total of 259 phytoplankton species and 112 genera including green algae (Class Chlorophyceae, 139 species, 54%), diatom (Class Bacillariophyceae, 65 species, 25%), blue green algae (Class Cyanophyceae, 28 species, 11%), euglenoids (Class Euglenophyceae, 18 species, 7%), chrysophytes (Class Chrysophyceae, 5 species, 2%) and dinoflagellate (Class Dinophyceae, 4 species, 1%). The results showed the seasonal variation of species composition of phytoplankton in Chanthaburi River. The most phytoplankton was found in March (170 species), however, the least phytoplankton was found in December (58 species). Also, the density of phytoplankton was in the same trend. The highest density of phytoplankton was green algae (588.1 x 10^3 unit/m^3). The highest density of phytoplankton was in March (2,250.9 x 10^3 unit/m^3) but the lowest density of phytoplankton was found in December (251.1 x 10^3 unit/m^3). The dominant species were *Trachelomonas* spp. (euglenoid), *Peridinium* spp. (dinoflagellate), *Cosmarium contractum* (green algae) and *Staurastrum freemanii* (green algae). The results also showed the diversity index, the evenness index and the species richness index ranging 0.94-1.20, 0.31-0.37 and 1.18-2.43, respectively.

Keywords : Phytoplankton, Seasonal variation, Chanthaburi River, Ecological Indicator

[2] *e-mail : sittipat.paewcham@gmail.com*

บทนำ

แพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ ดำรงชีวิตโดยการล่องลอยไปตามกระแสน้ำ จัดเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญ เนื่องจากในทางนิเวศวิทยาถือว่าเป็นผู้ผลิตขั้นต้น (Primary producer) ของห่วงโซ่อาหาร (Food chain) โดยที่แพลงก์ตอนพืชสามารถเปลี่ยนสารอนินทรีย์ให้เป็นสารอินทรีย์ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) ซึ่ง Moss (1980) กล่าวว่ากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงทั้งหมดบนโลกนั้นมีประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่าย (Algae) โดยเฉพาะสาหร่ายที่เป็นแพลงก์ตอนพืช นอกจากนี้แพลงก์ตอนพืชยังเป็นผู้ผลิตออกซิเจนที่สำคัญให้กับแหล่งน้ำอีกด้วย จึงนับว่าเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมระบบนิเวศในแหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชเป็นตัวชี้วัด (Indicator) ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำธรรมชาติ รวมทั้งใช้ตรวจสารมลพิษในแหล่งน้ำได้เป็นอย่างดี เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชมีวงจรชีวิตสั้นและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้รวดเร็ว ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น มีฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงในรอบปี 3 ฤดูกาล คือ ฤดูฝน ฤดูแล้ง และฤดูร้อน ในแต่ละฤดูกาลจะมีการเปลี่ยนแปลงในด้านสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะปริมาณน้ำ และคุณสมบัติของน้ำในด้านต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช โดยลัดดา (2520) รายงานว่า แพลงก์ตอนพืชจะพบปริมาณมากในฤดูร้อน เนื่องจากปริมาณแสงและความขุ่นใสของน้ำเหมาะสมต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่ แต่ในฤดูฝนระดับน้ำในแม่น้ำสูงและน้ำมีความขุ่นมาก ทำให้ความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนพืชลดลง จึงทำให้ปริมาณแพลงก์ตอนพืชน้อย

แม่น้ำจันทบุรีมีความสำคัญต่อชาวจังหวัดจันทบุรีมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีสาขาสำคัญ คือ คลองตารอง คลองตาหลิว คลองทุ่งเพล ไหลมาบรรจบกัน มีความยาวทั้งสิ้นประมาณ 123 กิโลเมตร ต้นกำเนิดของแม่น้ำมาจากเทือกเขาสอยดาวและออกสู่ทะเลที่บ้านปากน้ำ อำเภอแหลมสิงห์ มีการใช้ประโยชน์ทางการคมนาคม การประกอบอาชีพเกษตรกร เช่น การทำสวนผลไม้ การเลี้ยงสัตว์ การประมง และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่ในปัจจุบันพบว่าประชากรในจังหวัดจันทบุรีมีจำนวนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้แม่น้ำจันทบุรีเกิดการเปลี่ยนแปลงมาจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น การทิ้งน้ำเสียจากบ้านเรือน น้ำทิ้งจากภาคการเกษตร และการสร้างเขื่อนสร้างฝายกั้นแม่น้ำเป็นต้น ดังนั้น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงในรอบปีของชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำจันทบุรีในครั้งนี้ เพื่อให้ได้ทราบข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ต่อการประเมินการเปลี่ยนแปลงและความอุดมสมบูรณ์ของแม่น้ำ ซึ่งจะสามารถประยุกต์ใช้สำหรับการบริหารจัดการแม่น้ำจันทบุรี เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

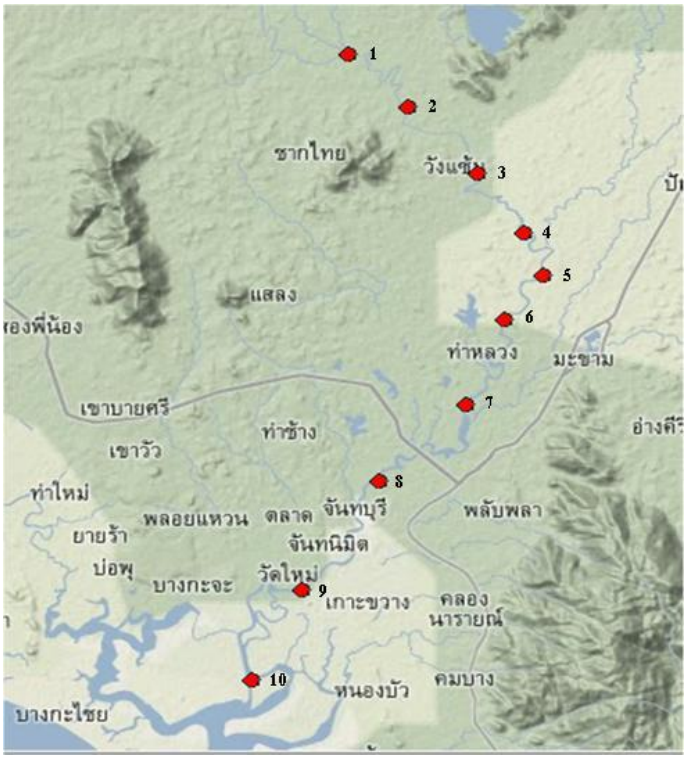
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาองค์ประกอบชนิด ปริมาณ และการเปลี่ยนแปลงในรอบปีของแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำจันทบุรี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างและวิธีเก็บตัวอย่าง

ศึกษาองค์ประกอบชนิด ปริมาณ และการเปลี่ยนแปลงในรอบปีของแพลงก์ตอนพืช ในแม่น้ำจันทบุรี จ.จันทบุรี กำหนดจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุด ตลอดลำน้ำตั้งแต่สถานีตรวจสภาพรถเอกชน หจก.เครือกระทิง อ.เขาคิชฌกูฏ จนถึง อู่ต่อเรือสมเด็จพระเจ้าตากสิน ต.หนองบัว อ.เมือง (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี
ที่มา: http://www.thaigoogleearth.com

เก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 ครั้ง ในรอบปี ตั้งแต่เดือนเดือนกันยายน 2554 ถึงเดือนมิถุนายน 2555 โดยตรวจวัดอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่า ง ความนำไฟฟ้า และความขุ่น ที่ระดับความลึกประมาณ 50 เซนติเมตร โดยเครื่องมือวิเคราะห์น้ำหลายตัวแปร (YSI รุ่น 556) วัดความโปร่งแสงของน้ำ โดยใช้เซคคิดีส (Secchi disk) พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลาย ธาตุอาหาร และปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชโดยกรองตัวอย่างน้ำที่ระดับผิวน้ำผ่านถุงแพลงก์ตอนขนาดช่องตา 40 ไมครอน นำตัวอย่างแพลงก์ตอนที่ได้ใส่ขวดเก็บตัวอย่างที่มีฝาปิดอย่างดี ดองตัวอย่างแพลงก์ตอนในน้ำยาฟอร์มาลดีไฮด์ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์

2. การวิเคราะห์น้ำและแพลงก์ตอน

วิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ไนเตรท ออร์โธฟอสเฟต และปริมาณคลอโรฟิลล์เอ โดยวิธีที่อธิบายไว้ใน ไมตรี และจารุวรรณ (2528) และ Standard Method for Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA and WEF, 1995) จำแนกชนิด และนับจำนวน ตามวิธีการของลัดดา (2544) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 คำนวณร้อยละของชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่พบในแม่น้ำจันทบุรี

3.2 วิเคราะห์ดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (Diversity index) โดยนำข้อมูลจากการศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชมาคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนต่อ 1 หน่วยพื้นที่ โดยใช้ Shannon-Wiener diversity index (Hurlbert, 1971) ตามสูตร

$$H = -\sum_{i=1}^{S} p_i(\ln p_i)$$

เมื่อ pi = สัดส่วนระหว่างแพลงก์ตอนชนิดที่ i ต่อจำนวนหน่วยแพลงก์ตอนทั้งหมด (เมื่อ i = 1, 2, 3,...s)

S = จำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดในแหล่งที่ศึกษา

ln = ล๊อกการิทึ่มฐานธรรมชาติ

3.3 วิเคราะห์ดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness index) การศึกษาครั้งนี้ใช้การคำนวณค่าดัชนีความสม่ำเสมอตามวิธีการของ Pielou index (Washington, 1984)

$$E = H / \ln S$$

E = ดัชนีความสม่ำเสมอ

H = ดัชนีความหลากหาย

S = จำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่พบ

3.4 วิเคราะห์ดัชนีความมากชนิด (Species richness index) การศึกษานี้ใช้สูตรของ Clarke & Warvick, 1994)

$$D = (S-1)/\log N$$

d = ดัชนีความมากชนิด

S = จำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด

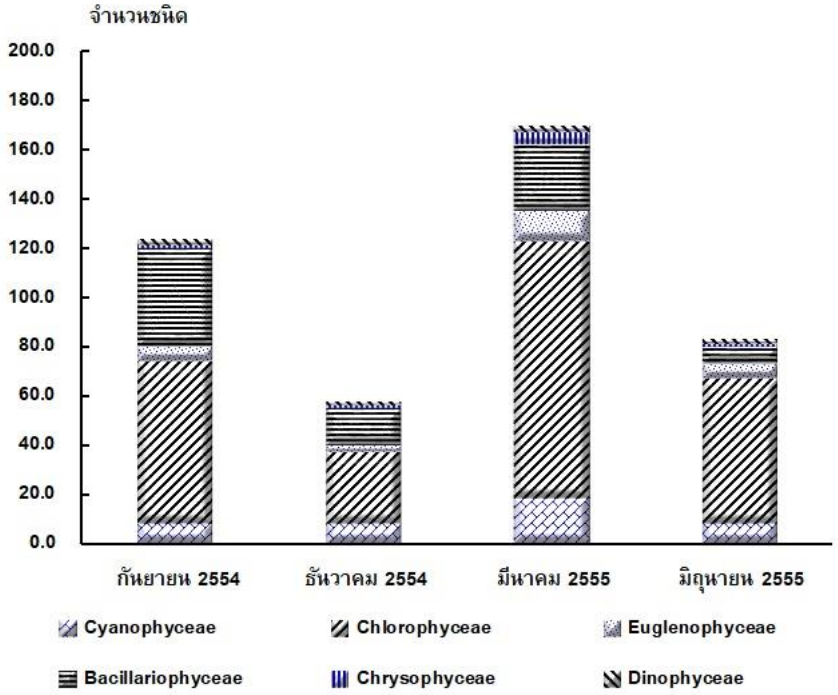
N = จำนวนแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด

ผลการวิจัย

แพลงก์ตอนพืชที่พบในแม่น้ำจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี จากการศึกษาในครั้งนี้พบทั้งหมด 259 ชนิด 112 สกุล จัดอยู่ใน 6 กลุ่ม (Class) ใหญ่ คือ Cyanophyceae (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน), Chlorophyceae (สาหร่ายสีเขียว), Euglenophyceae (ยูกลีนอยด์), Bacillariophyceae (ไดอะตอม), Chrysophyceae (คริโซไฟท์) และ Dinophyceae (ไดโนแฟลกเจลเลต) โดยแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียวมีจำนวนชนิดมากที่สุด คือ 139 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 54 รองลงมา ได้แก่ ไดอะตอม 65 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 25 สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

28 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 11 ยูกลีนอยด์ 18 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 7 คริโซไฟท์ 5 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 2 และไดโนแฟลกเจลเลต 4 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 1 (ตารางที่ 1)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของจำนวนชนิดแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำจันทบุรีในรอบปี พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้อย่างชัดเจน กล่าวคือจะพบจำนวนชนิดมากที่สุดในช่วงเดือนมีนาคม ซึ่งพบ 170 ชนิด รองลงมาได้แก่ ช่วงเดือนกันยายนและเดือนมิถุนายน มีจำนวนชนิดเท่ากับ 124 และ 83 ชนิด ตามลำดับ และช่วงเดือนธันวาคมพบจำนวนชนิดน้อยที่สุดเท่ากับ 58 ชนิด และกลุ่มสาหร่ายสีเขียวมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของจำนวนชนิดในรอบปีที่เก็บได้ชัดเจนที่สุด โดยมีจำนวนชนิดอยู่ในช่วง 29-105 ชนิด เดือนมีนาคมมีจำนวนชนิดสูงสุด คือ 105 ชนิด และเดือนธันวาคมมีจำนวนชนิดต่ำสุด คือ 29 ชนิด กลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีจำนวนชนิดที่พบอยู่ระหว่าง 8-18 ชนิด เดือนมีนาคมพบสูงสุด 18 ชนิด และเดือนกันยายน ธันวาคม และมิถุนายน พบจำนวนชนิดต่ำสุดเท่ากัน คือ 8 ชนิด กลุ่มยูกลีนอยด์มีจำนวนชนิดที่พบอยู่ระหว่าง 3-12 ชนิด และพบสูงสุด 12 ชนิด ในเดือนมีนาคม และเดือนธันวาคมพบน้อยที่สุดคือ 3 ชนิด กลุ่มไดอะตอมมีการเปลี่ยนแปลงในรอบปีมากพอสมควร โดยพบจำนวนชนิดอยู่ระหว่าง 7-40 ชนิด พบสูงสุดในเดือนมีนาคม 27 ชนิด และพบต่ำสุดในเดือนมิถุนายนคือ 7 ชนิด กลุ่มคริโซไฟท์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในรอบปี โดยพบอยู่ระหว่าง 1-5 ชนิด เดือนมีนาคมพบสูงสุด 5 ชนิด และเดือนกันยายน ธันวาคม และมิถุนายนพบต่ำสุดเท่ากันคือ 1 ชนิด ส่วนกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตพบว่าจำนวนชนิดมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยพบอยู่ระหว่าง 2-3 ชนิด เดือนมีนาคมและกันยายนพบสูงสุดเท่ากันคือ 3 ชนิด และเดือนธันวาคมและมิถุนยนพบต่ำสุดเท่ากันคือ 2 ชนิด (ตารางที่ 1 ภาพที่ 1)



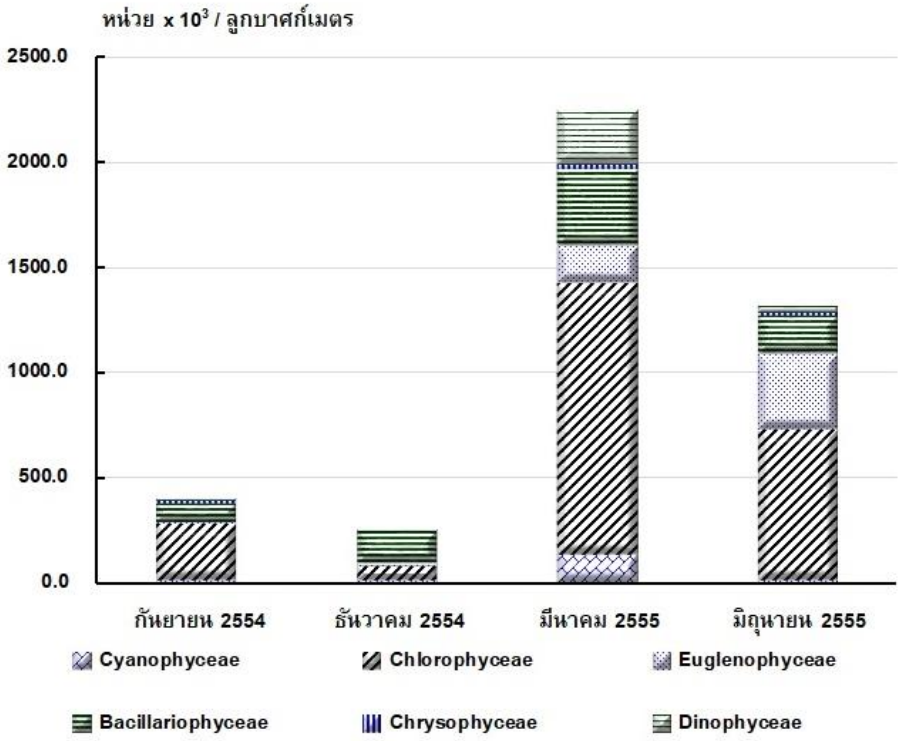
ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงในรอบปีของจำนวนชนิดแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำจันทบุรี จ.จันทบุรี ระหว่างเดือนกันยายน 2554 ถึง มิถุนายน 2555

ตารางที่ 1 จำนวนชนิดและปริมาณ (หน่วย x 10^3 / ลบ.ม.) ของแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำจันทบุรี จ.จันทบุรี ระหว่างเดือนกันยายน 2554 ถึง มิถุนายน 2555

การสำรวจ	Cyanophyceae		Chlorophyceae		Euglenophyceae		Bacillariophyceae		Chrysophyceae		Dinophyceae		รวม	ชนิด
	ปริมาณ	ร้อยละ	ปริมาณ	ร้อยละ	ปริมาณ	ร้อยละ	ปริมาณ	ร้อยละ	ปริมาณ	ร้อยละ	ปริมาณ	ร้อยละ	จำนวน	
จุดสำรวจ														
1	7.5	0.6	688.5	54.5	67.0	5.3	69.5	5.5	5.0	0.4	426.0	33.7	1263.5	59
2	6.5	0.7	658.8	71.8	92.3	10.1	119.5	13.0	28.3	3.1	12.0	1.3	917.3	70
3	58.3	4.6	506.8	40.2	130.5	10.4	536.0	42.6	10.5	0.8	17.3	1.4	1259.3	88
4	41.5	2.9	1026.5	71.4	104.0	7.2	238.0	16.6	2.8	0.2	24.5	1.7	1437.3	114
5	20.3	1.9	673.5	64.6	75.3	7.2	244.5	23.5	9.8	0.9	18.5	1.8	1041.8	100
6	48.5	6.1	387.8	48.6	71.8	9.0	263.8	33.1	5.8	0.7	20.0	2.5	797.5	90
7	39.0	3.7	659.8	62.4	129.8	12.3	171.8	16.2	21.0	2.0	36.5	3.5	1057.8	120
8	184.5	12.6	779.3	53.0	316.3	21.5	138.5	9.4	12.8	0.9	38.5	2.6	1469.8	83
9	7.8	1.0	316.0	41.6	260.5	34.3	124.8	16.4	6.3	0.8	45.3	6.0	760.5	77
10	11.8	2.1	183.8	33.2	118.0	21.3	84.3	15.2	3.3	0.6	152.3	27.5	553.3	65
เดือนที่สำรวจ														
กันยายน 2554	9.9	2.5	272.0	67.8	8.7	2.2	87.0	21.7	11.4	2.8	12.0	3.0	401.0	124
ธันวาคม 2554	13.1	5.2	67.3	26.8	11.4	4.5	157.9	62.9	0.6	0.2	0.8	0.3	251.1	58
มีนาคม 2555	135.3	6.0	1292.4	57.4	173.2	7.7	365.0	16.2	21.1	0.9	263.9	11.7	2250.9	170
มิถุนายน 2555	11.9	0.9	720.5	54.6	352.8	26.7	187.0	14.2	9.0	0.7	39.6	3.0	1320.8	83
ปริมาณเฉลี่ย	42.6	4.0	588.1	55.7	136.5	12.9	199.1	18.9	10.5	1.0	79.1	7.5	1055.8	
จำนวนชนิด	28	10.8	139	53.7	18	6.9	65	25.1	5	1.9	4	1.5		259

ปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่พบในแม่น้ำจันทบุรีมีค่าอยู่ระหว่าง 251.1 x 10^3 – 1,320.8 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,055.8 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร (ตารางที่ 1) สำหรับจุดสำรวจที่พบปริมาณมากที่สุด ได้แก่ จุดสำรวจที่ 8 เท่ากับ 1,469 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมา ได้แก่ จุดสำรวจที่ 4, 1, 3, 7, 5, 2, 6 และ 9 ปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 1,437 x 10^3, 1,263 x 10^3, 1,259 x 10^3, 1,057 x 10^3, 1,041.8 x 10^3, 917 x 10^3, 797 x 10^3 และ 760 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ส่วนจุดสำรวจที่ 10 พบปริมาณน้อยที่สุดเท่ากับ 553.3 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแพลงก์ตอนพืชในรอบปี พบว่าจะมีปริมาณสูงสุดในช่วงเดือนมีนาคม เท่ากับ 2,250.9 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมา คือ ช่วงเดือนมิถุนายนและกันยายน โดยมีปริมาณเท่ากับ 1,320 x 10^3 และ 401.0 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร และช่วงเดือนธันวาคมจะพบแพลงก์ตอนพืชมีปริมาณน้อยที่สุดเท่ากับ 251.1 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร (ตารางที่ 1 ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงในรอบปีของปริมาณแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำจันทบุรี จ. จันทบุรี ระหว่างเดือนกันยายน 2554 ถึง มิถุนายน 2555

การแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำจันทบุรี

จากการวิเคราะห์ดัชนีบ่งชี้ทางนิเวศของจำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำจันทบุรี เมื่อนำมาศึกษาการแพร่กระจาย พบว่ามีค่าเฉลี่ยจำนวนชนิดเท่ากับ 95 $\pm$ 51.4 ชนิด ค่าเฉลี่ยความชุกชุมเท่ากับ 1,055.8 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยดัชนีความหลากหลาย เท่ากับ 1.09 $\pm$ 0.11 ค่าเฉลี่ยดัชนีความมากชนิด เท่ากับ 2.12 $\pm$ 0.99 และค่าเฉลี่ยดัชนีความเท่าเทียม เท่ากับ 0.33 $\pm$ 0.028 โดยแพลงก์

ตอนพืชมีความชุกชุมสูงสุดในช่วงเดือนมีนาคม เท่ากับ 2,250.9 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร และต่ำที่สุดในช่วงเดือนธันวาคม เท่ากับ 251.1 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนดัชนีความมากชนิดและดัชนีความหลากหลายสูงที่สุดในช่วงเดือนมีนาคมเช่นเดียวกัน โดยมีค่าเท่ากับ 2.90 และ 1.11 และดัชนีความเท่าเทียมมีค่าสูงสุดในช่วงเดือนกันยายน เท่ากับ 0.34 แสดงให้เห็นว่าในช่วงเดือนมีนาคม แพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำจันทบุรี มีการแพร่กระจายดีที่สุด โดยมีชนิดและปริมาณใกล้เคียงกัน ส่วนค่าดัชนีความหลากหลายที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.47 $\pm$ 0.19 ชี้ให้เห็นว่าแม่น้ำจันทบุรีมีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชค่อนข้างต่ำ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ดัชนีบงชี้สภาพนิเวศในแม่น้ำจันทบุรีตามจุดสำรวจและเดือนที่สำรวจ จากการสำรวจในเดือนกันยายน 2554 ถึง มิถุนายน 2555

เดือนที่สำรวจ	จำนวนชนิด (ชนิด)	ความชุกชุม (หน่วย x 10^3 / ลบ.ม.)	ดัชนีความหลากหลาย	ดัชนีความเท่าเทียม	ดัชนีความมากชนิด
กันยายน 2554	124	401.0	1.20	0.37	1.96
ธันวาคม 2554	58	251.1	0.94	0.34	1.18
มีนาคม 2555	170	2250.9	1.11	0.31	2.90
มิถุนายน 2555	83	1320.8	1.11	0.31	2.43
เฉลี่ย	95	1055.8	1.09	0.33	2.12
S.D.	51.4	824.34	0.11	0.028	0.99

คุณภาพน้ำของแม่น้ำจันทบุรี

คุณภาพน้ำแม่น้ำจันทบุรีระหว่างเดือนกันยายน 2554 ถึงมิถุนายน 2555 อยู่ในเกณฑ์ปกติ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำแม่น้ำจันทบุรี จ.จันทบุรี ระหว่างเดือนกันยายน 2554 ถึง มิถุนายน 2555

จุดสำรวจ	กันยายน	ธันวาคม	มีนาคม	มิถุนายน
อุณหภูมิ (°c)	27.1-29.4	27.5-29.9	28.0-31.4	27.0-28.6
ความโปร่งแสง (cm.)	100-130	100-165	60-195	35-90
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	7.4-8.0	6.7-7.9	6.5-7.8	7.1-7.8
ความนำไฟฟ้า (µs/cm)	40-1,386	40-20,271	37-41,427	34-1,548
ปริมาณออกซิเจนละลาย (mg/l)	4.0-5.6	6.2-7.3	4.1-8.0	5.5-7.3
ไนเตรท-ไนโตรเจน (mg/l)	0.26-0.34	0.13-0.31	0.03-0.14	0.28-0.33
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (mg/l)	0.021-0.037	0.007-0.016	0.010-0.219	0.001-0.084
ออร์โธฟอสเฟต (mg/l)	0.006-0.012	0.014-0.019	0.023-0.037	0.025-0.063
คลอโรฟิลล์เอ (µg/l)	ND-2.38	ND-2.38	0.40-19.53	0.48-16.81

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

องค์ประกอบของชนิดแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำจันทบุรี ประกอบด้วยแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 259 ชนิด จุดสำรวจที่ 7 พบมากที่สุด 120 ชนิด และจุดสำรวจที่ 1 พบน้อยที่สุด 59 ชนิด โดยจัดอยู่ใน 6 กลุ่มใหญ่ คือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีเขียว ยูกลีนอยด์ ไดอะตอม สำหรับคริโซไฟท์และไดโนแฟลกเจลเลต โดยสาหร่ายสีเขียว เป็นกลุ่มหลักที่พบมากทั้งชนิดและปริมาณ ซึ่งพบทั้งหมด 139 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 53.4 รองลงมาคือ ไดอะตอม พบ 65 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 25.1 และทั้งสองกลุ่มพบมากที่สุดในจุดสำรวจที่ 4 คือ 76 และ 23 ชนิด ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี พบ 60 สกุล อยู่ใน 6 ดิวิชัน โดยสาหร่ายสีเขียวมีจำนวนสกุลมากที่สุดและมีปริมาณมากที่สุด คือ 303.52 เซลล์/ลิตร (จุฑามัณฑท์ รักขิตธรรม, 2539) การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล พบแพลงก์ตอนพืช 68 ชนิด ใน 53 สกุล ซึ่งพบกลุ่มสาหร่ายสีเขียวมากที่สุด 33 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 48.52 (พรศิริ, 2544) การศึกษาการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำป่าสักชลสิทธิ์ จังหวัดลพบุรี พบแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มสาหร่ายสีเขียวมากที่สุด 114 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 71 รองลงมาคือกลุ่มยูกลีนอยด์ และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (อภิรดี, 2547) การศึกษาคุณภาพน้ำและการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนในแม่น้ำชี ซึ่งพบแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มสาหร่ายสีเขียวมีสัดส่วนมากที่สุด คือ 36 สกุล คิดเป็นร้อยละ 43.9 รองลงมา คือ กลุ่มไดอะตอม ซึ่งพบ 21 สกุล คิดเป็นร้อยละ 25.6 และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินพบ 16 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 16 (แสงอรุณ เนื่องสิทธิ์ และจารึก นาชัยเพิ่ม, 2548) การศึกษา การผันแปรของชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำท่าจีน พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 156 ชนิด กลุ่มสาหร่ายสีเขียวพบมากที่สุด 50 ชนิด รองลงมาคือ ไดอะตอมพบ 37 ชนิด และยูกลีนอยด์พบ 27 ชนิด และพบจำนวนชนิด มากที่สุดในเดือนเมษายน 160 ชนิด ส่วนเดือนธันวาคมพบน้อยที่สุด 102 ชนิด (พิสมัย เฉลยศักดิ์, 2544) การศึกษาปัจจัยทางกายภาพและทางเคมีที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของชนิดและมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำเขื่อนบางลาง จังหวัดยะลา พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 135 ชนิด โดยกลุ่มสาหร่ายสีเขียวพบมากที่สุด จำนวน 66 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 50 รองลงมาคือกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินพบ 30 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 21 และไดอะตอมพบ 17 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 13 แต่ผลการศึกษาครั้งนี้แตกต่างจากการศึกษาของ ธิดาพร หรบรรพ์ (2540) ซึ่งศึกษาชนิดของแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำบางปะกง และการศึกษาของ พิมพ์วลัญช์ สิงข์จำปา (2546) ที่ศึกษาชนิดแพลงก์ตอนพืช ในแม่น้ำเวฬุ จังหวัดจันทบุรี และจังหวัดตราด ที่พบไดอะตอมเป็นองค์ประกอบหลักของแม่น้ำทั้งสอง โดยในแม่น้ำบางปะกงพบไดอะตอม 48 สกุล รองลงมาคือ สาหร่ายสีเขียว 42 สกุล ส่วนในแม่น้ำเวฬุพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 152 ชนิด พบไดอะตอม 79 ชนิด รองลงมาคือ สาหร่ายสีเขียว ซึ่งพบ 31 ชนิด และเมื่อเปรียบเทียบเฉพาะบริเวณที่มีลักษณะคล้ายกันคือ แม่น้ำที่มีเขตติดต่อกับทะเล จะพบว่าผลการศึกษาครั้งนี้มีองค์ประกอบของชนิดแพลงก์ตอนพืชเหมือนกับแม่น้ำท่าจีน แต่แตกต่างจากแม่น้ำบางปะกงและแม่น้ำเวฬุ ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะแม่น้ำท่าจีนและแม่น้ำจันทบุรี มีลักษณะที่เป็นแม่น้ำที่มีการปิดกั้นเป็นระยะ ๆ จากต้นน้ำสู่ปลายน้ำ โดยเฉพาะแม่น้ำจันทบุรี จะมีการปิดกั้นแม่น้ำเป็นช่วง ๆ มีทั้งที่สร้างเป็นฝายกั้นแม่น้ำ เพื่อเก็บไว้ใช้ในทางการเกษตรและอุปโภคบริโภค และบางช่วงมีการสร้างเขื่อนยางเพื่อป้องกันน้ำเค็มในฤดูแล้ง ทำให้กระแสน้ำไหลไม่แรงมาก บางช่วงก็เป็นแหล่งน้ำนิ่ง ทำให้แสงส่องลงไปในน้ำได้มาก การสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) ของสาหร่ายสีเขียวเกิดขึ้นสูงมาก ส่งผลให้แพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียวมีการเจริญเติบโตและแพร่ขยายพันธุ์ได้ดี ได้แก่ สาหร่ายสีเขียวในสกุล *Cosmarium, Strauastrum, Oocystis, Hyalotheca, Arthrodesmus, Closterium, Chlorella, Onchonema* และ *Spondylosium* เป็นต้น ส่วนไดอะตอมที่พบรองลงมาจากสาหร่ายสีเขียว

ที่พบบ่อยอยู่ในสกุล *Surirella, Eunotia, Nitzchia, Navicula, Pleurosigma* และ *Auleoseira* เป็นต้น ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนพืชที่พบเจริญเติบโตได้ดีในแม่น้ำลำธารเป็นส่วนใหญ่ (ลัดดา, 2530) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม่น้ำจันทบุรีจัดเป็นแหล่งน้ำที่มีความสะอาด และไม่มีมลพิษตามรายงานของ Palmer and Pa (1977) ที่กล่าวว่าแพลงก์ตอนพืชในสกุล *Micasterias, Staurastrum, Pinnularia, Meridion* และ *Surirella* ถ้าพบในแหล่งน้ำจะเป็นดัชนีที่บ่งบอกว่าแหล่งน้ำสะอาด ส่วนสาหร่ายสีเขียวกลุ่มเดสมิด (Desmids) ถ้าพบมากในแหล่งน้ำใดแสดงว่าแหล่งน้ำนั้นปราศจากมลพิษและเป็นน้ำสะอาด (Lee, 1980) ซึ่งสาหร่ายสีเขียวในสกุล *Staurastrum* และ *Cosmarium* ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในแม่น้ำจันทบุรี ก็จัดอยู่ในกลุ่มเดสมิดเช่นกัน

สำหรับปริมาณความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำจันทบุรี พบว่ามีความสอดคล้องกับจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืช โดยในการศึกษาครั้งนี้พบปริมาณความชุกชุมอยู่ระหว่าง 2521 x 10^3 – 2250.9 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าเฉลี่ย 1,055.8 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร และเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละกลุ่มพบว่า สาหร่ายสีเขียวมีปริมาณรวมมากที่สุด เท่ากับ 588.1 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 55.7 รองลงมาคือ กลุ่มไดอะตอม เท่ากับ 199.1 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 18.9 และกลุ่มยูกลีนอยด์ เท่ากับ 136.5 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 12.9 ซึ่งมีความแตกต่างจากผลการศึกษาของพิสมัย เฉลยศักดิ์ (2544) ที่ศึกษาแพลงก์ตอนพืช ในแม่น้ำท่าจีนที่ถึงแม้จะมีกลุ่มสาหร่ายสีเขียวที่มีจำนวนชนิดมากที่สุดเหมือนกัน แต่ในแม่น้ำท่าจีนกลับพบว่า มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชรวมสูงสุดอยู่ในกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน รองลงมา คือ กลุ่มไดอะตอม ส่วนสาหร่ายสีเขียวอยู่ในลำดับที่สาม ซึ่งอาจจะเป็นเพราะสภาพภูมิประเทศสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ของแม่น้ำทั้งสองมีความแตกต่างกัน จึงมีผลทำให้ปริมาณความชุกชุมของกลุ่มแพลงก์ตอนพืชมีความแตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงของแม่น้ำแพลงก์ตอนพืชในรอบปีของแม่น้ำจันทบุรี พบว่า ช่วงเดือนมีนาคมมีจำนวนชนิดที่สำรวจพบมากที่สุด คือ 170 ชนิด รองลงมาคือ เดือนกันยายน 124 ชนิด ช่วงเดือนมิถุนายน 83 ชนิด และพบจำนวนชนิดน้อยที่สุดในเดือนธันวาคม ซึ่งพบเพียง 58 ชนิด ส่วนปริมาณรวมกันมีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคมเช่นเดียวกันเท่ากับ 2,2509 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร โดยในกลุ่มสาหร่ายสีเขียวมีปริมาณรวมสูงสุดเกือบทุกช่วงเดือน ได้แก่ เดือนมีนาคม มิถุนายน และกันยายน ยกเว้นในช่วงเดือนธันวาคมที่พบกลุ่มไดอะตอมมีปริมาณรวมสูงสุด รองลงมาเป็นกลุ่มสาหร่ายสีเขียว ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาในแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่ จังหวัดชัยนาท ถึง จังหวัดนนทบุรี (วรรณนภา สมบุญสำราญ, 2538) การศึกษาในแม่น้ำเจ้าพระยาของ โสภณา บุญญภิวัฒน์ (2521) การศึกษาในแม่น้ำท่าจีน (พิสมัย เฉลยศักดิ์, 2544) และการศึกษาในแม่น้ำชี (แสงอรุณ เนื่องสิทธิ์ และจารึก นาชัยเพิ่ม, 2548) ที่พบว่า จำนวนชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำสายต่าง ๆ ดังกล่าวจะพบมากในช่วงฤดูร้อน (มีนาคม - พฤษภาคม) และจะพบชนิดและปริมาณน้อยในช่วงปลายฤดูฝน ถึงต้นฤดูหนาว (ตุลาคม - ธันวาคม) ทั้งนี้เป็นเพราะในฤดูร้อนจะมีปริมาณแสงมากและได้รับแสงเป็นเวลายาวนาน ความขุ่นใสเหมาะสมต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชเป็นส่วนใหญ่ รวมทั้งในฤดูร้อนอุณหภูมิของน้ำมีความเหมาะสมต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นธาตุอาหารของแพลงก์ตอนพืชได้เป็นอย่างดี ส่วนในฤดูฝนมีกระแสน้ำไหลแรง และมีการชะล้างตะกอนจากแผ่นดินลงสู่แม่น้ำเป็น จำนวนมาก ทำให้น้ำมีความขุ่นสูงและส่องลงไปได้น้อย ทำให้แพลงก์ตอนพืชสังเคราะห์อาหารและเจริญเติบโตได้น้อยลง ส่งผลทำให้จำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำลดลงไปด้วย (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2530 ; Khan & Siddique, 1971) สอดคล้องกับ Sourina (1969) ที่กล่าวว่า ในเขตร้อนจะพบแพลงก์ตอนชุกชุมที่สุดในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน สำหรับกรณีที่พบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมเป็นกลุ่มหลักในการสำรวจช่วงเดือนธันวาคม และมีปริมาณรวมสูงที่สุดมากกว่ากลุ่มสาหร่ายสีเขียว อาจจะเป็น

เพราะในช่วงเดือนธันวาคมเป็นช่วงฤดูหนาวปริมาณน้ำน้อย และมีน้ำทะเลไหลเข้ามาในเขตแม่น้ำจันทบุรี แม่น้ำจันทบุรีในช่วงที่อยู่ใต้เขื่อนยางลงไปจึงมีสภาพน้ำเป็นน้ำกร่อย ซึ่งไดอะตอมสามารถปรับตัวให้เจริญเติบโตได้ดีในสภาพน้ำดังกล่าว เมื่อเทียบกับแพลงก์ตอนพืชกลุ่มอื่น ๆ และไดอะตอมยังสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ของแหล่งน้ำได้ดี (สุพิมาลย์ นาคสุวรรณ, 2535)

ผลการวิเคราะห์ดัชนีบ่งชี้ทางนิเวศของจำนวนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำจันทบุรี พบว่า มีค่าเฉลี่ยจำนวนชนิดเท่ากับ 95 $\pm$ 51.40 ชนิด ค่าเฉลี่ยปริมาณความชุกชุมเท่ากับ 1,055.8 x 10^3 หน่วยต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยดัชนีความหลากหลาย (Diversity index) เท่ากับ 1.09 $\pm$ 0.11 ค่าเฉลี่ยความมากชนิด (Species richness index) เท่ากับ 2.12 $\pm$ 0.99 และค่าเฉลี่ยดัชนีความเท่าเทียม (Evenness index) เท่ากับ 0.33 $\pm$ 0.028 ซึ่งพิมวลัญช์ สิงข์จำปา (2546) กล่าวว่า ค่าดัชนีความหลากหลายถ้ามีค่าต่ำกว่า 1 แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นไม่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต ถ้าค่าอยู่ระหว่าง 1-3 แสดงว่ามีคุณสมบัติที่สิ่งมีชีวิตพออาศัยอยู่ได้ และถ้ามีค่ามากกว่า 3 ขึ้นไป จะเป็นแหล่งน้ำที่มีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นได้ว่าแม่น้ำจันทบุรีมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของแพลงก์ตอนปานกลาง และเมื่อพิจารณาในแต่ละจุดสำรวจพบว่าดัชนีความหลากหลายมีค่าสูงสุดในจุดสำรวจที่ 4 เท่ากับ 1.28 และจุดสำรวจที่ 7 มีค่าใกล้เคียงกันมากเท่ากับ 1.27 ส่วนดัชนีความมากชนิด จุดสำรวจที่ 7 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.02 และแตกต่างจากจุดสำรวจอื่น ๆ อย่างชัดเจน สอดคล้องกับจำนวนชนิดที่สำรวจพบในจุดสำรวจนี้ที่พบมากที่สุด 120 ชนิด ส่วนดัชนีความเท่าเทียมสูงสุดอยู่ในจุดสำรวจที่ 4 เท่ากับ 0.36 แต่ก็มีค่าใกล้เคียงกันมากในแต่ละจุดสำรวจ โดยให้จุดสำรวจที่ 7, 5 และ 2 มีค่าเท่ากัน เท่ากับ 0.35 ซึ่ง จิตติมา อายุตตะกะ (2544) กล่าวว่า ถ้าค่าความหลากหลายมีค่าต่ำ สามารถพิจารณาได้สองลักษณะ คือ ถ้าดัชนีความหลากหลายมีค่าต่ำ และดัชนีความสม่ำเสมอ (ดัชนีความเท่าเทียม) มีค่าสูง แสดงว่าแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำนั้นมีจำนวนชนิดน้อยและมีปริมาณในแต่ละชนิดใกล้เคียงกัน แต่ถ้าดัชนีความหลากหลายมีค่าต่ำและดัชนีความสม่ำเสมอมีค่าต่ำด้วย แสดงว่าในแหล่งน้ำนั้นแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดจะมีปริมาณไม่สม่ำเสมอ อาจมีแพลงก์ตอนพืชชนิดใด ๆ ที่เป็นชนิดเด่นขึ้นมา (Dominance species) ในขณะที่ชนิดอื่น ๆ มีปริมาณต่ำ แสดงให้เห็นถึงการได้รับความเครียด จากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมทั้งทางกายภาพหรือทางชีวภาพ ซึ่งแม่น้ำจันทบุรีในการสำรวจครั้งนี้ก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน

การศึกษาชนิด ปริมาณ และการเปลี่ยนแปลงในรอบปีของแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี พบว่า แพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี พบว่า แพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียวมีมากที่สุดทั้งในด้านจำนวนชนิด (Species) และในด้านปริมาณความหนาแน่น โดยมีสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 50 ทั้ง 2 ด้าน และพบว่าในช่วงฤดูร้อน (เดือนมีนาคม) จะพบชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชสูงกว่าในฤดูกาลอื่น ๆ ส่วนแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นในการสำรวจครั้งนี้คือ *Trachelomonas* sp. (ยูกลีนอยด์) *Peridinium* spp. (ไดโนแฟลกเจลเลต) และ *Cosmarium contractum* กับ *Staurastrum freemanii* (สาหร่ายสีเขียว) และดัชนีความหลากหลายที่สำรวจในครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าแม่น้ำจันทบุรีมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตในระดับปานกลาง

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงในรอบปีของชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืช ควรมีการดำเนินการสำรวจเก็บข้อมูลอย่างน้อย 5 ปี เพื่อให้ทราบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนขึ้น

2. ควรมีการศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนสัตว์ควบคู่กันไปด้วย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เชื่อมโยงกันมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ได้จัดสรรงบประมาณสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่ได้ร่วมสนับสนุนการดำเนินการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

จิตติมา อายุตตะกะ. (2544). **การศึกษาเบื้องต้นประชาคมสิ่งมีชีวิตพื้นทะเล**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฑามัณฑก์ รักขิตธรรม. (2539). **การศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนบริเวณแม่น้ำแม่กลอง**

ธิดาพร หรบรรพ์. (2540). **ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำบางปะกง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิมพ์วลัญช์ สิงข์จำปา. (2546). **ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่อการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณปากแม่น้ำเวฬุ จังหวัดจันทบุรี และจังหวัดตราด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิสมัย เฉลยศักดิ์. (2544). **การผันแปรของชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนตามฤดูกาลในแม่น้ำท่าจีน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. (2528). **คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับวิจัยทางการประมง**. กรุงเทพฯ: กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ลัดดา วงศ์รัตน์. (2520). **ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในเขตการเลี้ยงปลาในกระชังในแม่น้ำสะแกกรัง จังหวัดอุบลราชธานี**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลัดดา วงศ์รัตน์. (2530). **แพลงก์ตอน**. กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลัดดา วงศ์รัตน์. (2544). **แพลงก์ตอนพืช**. กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณภา สมบุญสำราญ. (2538). **คุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนในแม่น้ำเจ้าพระยาจากจังหวัดชัยนาทถึงจังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2535-2536.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุพิมาลย์ นาคสุวรรณ. (2535). **องค์ประกอบชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำบริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

แสงอรุณ เนื่องสิทธิ์ และจารึก นาชัยเพิ่ม. (2548). คุณภาพน้ำและการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนในแม่น้ำชี. เอกสารวิชาการฉบับที่ 15/2548. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง.

โสภณา บุญญภิวัฒน์. (2521). **การศึกษาดัชนีความแตกต่างและความชุกชุมของไมโครแพลงก์ตอนในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

APHA, AWWA & WEF. (1995). **Standard Methods for the Examination of Water and Weste-Water**. 19th ed. Washington D.C.: American Public Health Association.

Clarke, K. R. & Warwick, R. M. (1994). **Change in Marine Communities: an Approach to Statistical Analysis and Interpretation**. Natural Environmental Research Council, United Kingdom.

Hurlbert, S. H. (1971). The Non-concept of Species Diversity: A Critique and Alternative Parameter. **Ecology.** 52. 577-586.

Khan, A. A. & Siddique, A. Q. (1971). Primary Primary Production in a Tropical Fish Pond at Aligarh. **India Hydrobiologia**. 37 (3-4) : 447-456.

Lee, R. E. (1980). **Phycology**. New York: Cambridge University Press.

Moss, B. (1980). **Ecology of Freshwater**. Oxford: Blackwell Scientific Publication.

Palmer, C. M. & Pa, R. S. (1977). **Algae and Water Pollution**. Washington D.C. : U.S. Department of Commerce National Technical Information Service

Sourina, A. (1969). Cycle Annual De Phytoplankton of De La Production Primarine Daus Les Mers Tropicals. **Marine Bio.** 3 (4): 287-303.

Washington, H.G. (1984). Review of Diversity, Biotic and Similarity Indices. **Water Res.** 18 (6): 653-694.

การสร้างและหาประสิทธิภาพอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิดประตูด้วยแอปพลิเคชั่น QR Lock

เอกชัย แทนโป[1*] ประภาส พุ่มพวง[2] อภัย สุดจิตร[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ สร้างและหาประสิทธิภาพการอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิดประตูด้วยแอปพลิเคชั่น QR Lock และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้แอปพลิเคชั่น QR Lock ในการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ออกแบบแอปพลิเคชั่นและสร้างอุปกรณ์สำหรับปลดล็อคลูกบิดประตู และทำการทดสอบหาประสิทธิภาพในส่วนของค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมในการปลดล็อคลูกบิดประตู ระยะในการปลดล็อคลูกบิดประตู และความสามารถในการแจ้งเตือน เอสเอ็มเอส(SMS) ในกรณีที่ปลดล็อคลูกบิดโดยไม่ใช้แอปพลิเคชั่น QR Lock และใช้แบบสอบถามเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้แอปพลิเคชั่น โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่สามารถปลด ล็อคลูกบิดประตูได้เท่ากับ 30 หรือ 35 โวลต์ ระยะทางที่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพอยู่ที่ 0 ถึง 40 เมตร และมีการแจ้งเตือน เอสเอ็มเอส(SMS) ทุกครั้งที่ปลด ล็อคโดยไม่ผ่านแอปพลิเคชั่น QR Lock และความพึงพอใจผู้ใช้ของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.18 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยทุกส่วนมีค่าเท่ากับ 0.28 เมื่อเทียบกับเกณฑ์แล้ว ความพึงพอใจของผู้ใช้แอปพลิเคชั่น QRLOCK อยู่ในระดับมาก ซึ่งสามารถป้องการกันการโจรกรรมและแจ้งเตือนผ่านระบบเอสเอ็มเอสได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การปลดล็อคลูกบิดประต รหัสคิวอาร์ แอปพลิเคชั่น

[1] *อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง ๒*
e-mail: thanpo@hotmail.com

[2] *อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง ๒*
e-mail: pr_abhas@hotmail.com

[3] *อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง ๒*
e-mail: apaisudjit@gmail.com

* *ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: thanpo@hotmail.com*

CREATION OF DOOR KNOB UN-LOCKER EQUIPMENT AND EFFECTIVENESS OF QR LOCK APPLICATION

Ekachai Thaenpo[1*] Prabhas Phumphuang[2] Apai Sudjit[3]

Abstract

The objective of this research is to create and find the efficiency of the unlock door knob with QR lock application and to study the satisfaction of the user of this application. The researcher designed application, created equipment and do the efficiency testing to find the appropriate voltage, the distance to unlock the door knob and the ability to send SMS when the door knob is unlocked without using QR lock application. The researcher used the statistical analysis to do the satisfaction survey by using the average, standard deviation to analyze the data. The research found that the appropriate voltage to unlock the door knob is at 30 or 35 volt. The efficiency distance is during 0-40 meters and there will be SMS reminder every time if the door knob was unlocked without using the QR Lock application. The average satisfaction of the sampling group is at 4.18. the standard deviation is at 0.28 comparing to the criteria the satisfaction level of the user who use QR Lock application is at high level. This can effectively prevent the theft and alert via SMS system.

Keywords: Door knob un-lock , QR Code , Application

[1] *Teacher in Bachelor of Technology Program in Electrical Technology , Institute of Vocational Education Central Region 2, e-mail: thanpo@hotmail.com*

[2] *Teacher in Bachelor of Technology Program in Electrical Technology , Institute of Vocational Education Central Region 2, e-mail: pr_abhas@hotmail.com*

[3] *Teacher in Bachelor of Technology Program in Electrical Technology , Institute of Vocational Education Central Region 2, e-mail: apaisudjit@gmail.com*

** Corresponding author, e-mail: thanpo@hotmail.com*

บทนำ

เมื่อกล่าวถึงความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนในสังคมปัจจุบัน พบว่า มีความปลอดภัยน้อยลง โดยจะเห็นได้ว่ามีการเกิดโจรกรรมมากขึ้น อาทิเช่น การงัดรถ งัดตู้เซฟ รวมถึงการงัดห้องพัก ซึ่งจากสถิติสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ปี 2557 ที่ผ่านมา มีคดีลักทรัพย์ รับแจ้ง 23,738 คดี เป็นต้น วิธีการป้องกันการโจรกรรมมีหลากหลายวิธี วิธีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ป้องกัน คือ การใช้แม่กุญแจ หรือคีย์การ์ด ล็อคประตู อีกทั้งคนในสังคมปัจจุบันนิยมใช้เครื่องมือสื่อสารระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เช่น แทบแล็ต หรือสมาร์ทโฟน ติดตัวอยู่ตลอดเวลา ผู้วิจัยจึงได้ริเริ่มแนวความคิดจากการใช้เครื่องมือสื่อสารของคนในสังคมยุคปัจจุบันให้เป็นประโยชน์ โดยการพัฒนาอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิดอัตโนมัติโดยใช้แอปพลิเคชั่น (สุพรรญา ดีสลิด, 2557) โดยใช้เครื่องมือสื่อสารระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน

จากความสำคัญดังกล่าวข้างต้น งานวิจัยฉบับนี้ จึงมุ่งสร้างและหาประสิทธิภาพอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิดอัตโนมัติโดยใช้แอปพลิเคชั่น QRLOCK ผ่านสัญญาณบลูทูธ(ครูอั๋น, 2557)และเชื่อมต่อด้วยบอร์ด IOIO (สมเกียรติ กิจวงศ์วัฒนะ, 2557) บนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และหากผู้ที่ปลดล็อคลูกบิดไม่ใช้แอปพลิเคชั่น QRLOCK ตัวอุปกรณ์จะมีการแจ้งเตือนโดยการส่ง เอสเอ็มเอส(SMS) ไปยังเจ้าของห้อง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพการอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิดด้วยแอปพลิเคชั่น QR Lock
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้อุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิดด้วยแอปพลิเคชั่น QR Lock

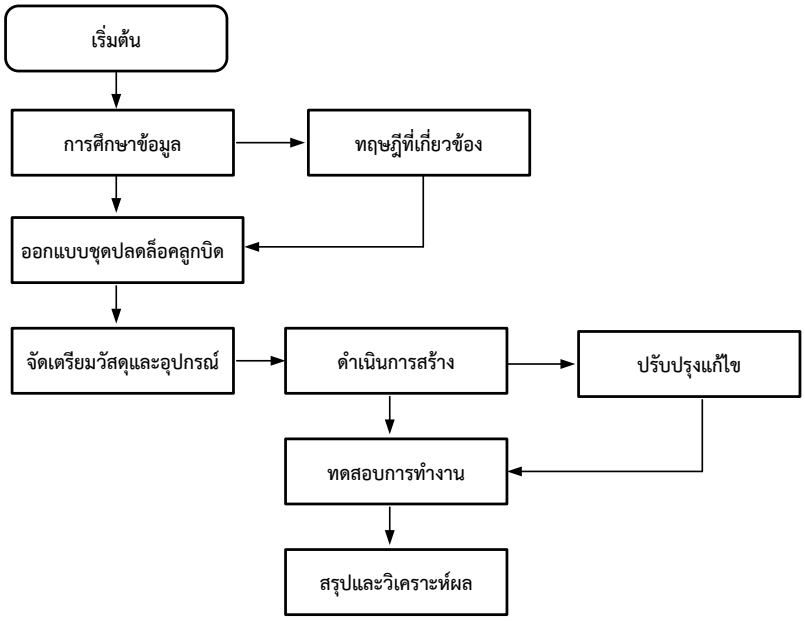
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการสร้างและหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิดด้วยแอปพลิเคชั่น QRLOCK บนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

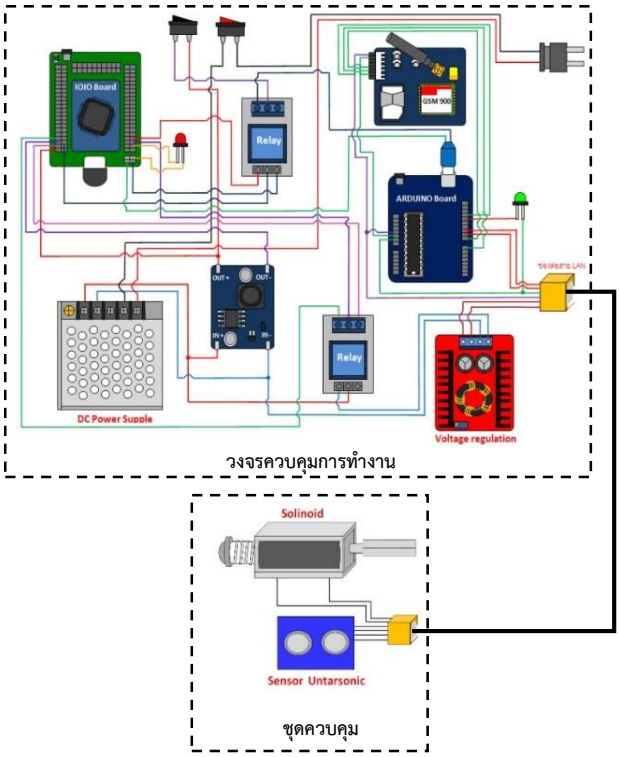
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาของชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิด ด้วยแอปพลิเคชั่น QRLOCK บนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยส่วนที่ 1 การจัดสร้างอุปกรณ์สำหรับปลดล็อคลูกบิดและการออกแบบแอปพลิเคชั่น ส่วนที่ 2 เป็นการจัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจ

1. การออกแบบสร้างอุปกรณ์สำหรับปลดล็อคลูกบิดและการออกแบบพัฒนาแอปพลิเคชั่นแผนผังในการออกแบบสร้างอุปกรณ์สำหรับปลดล็อคลูกบิดแสดงในภาพที่ 1 และส่วนประกอบวงจรภายในอุปกรณ์แสดงดังภาพที่ 2

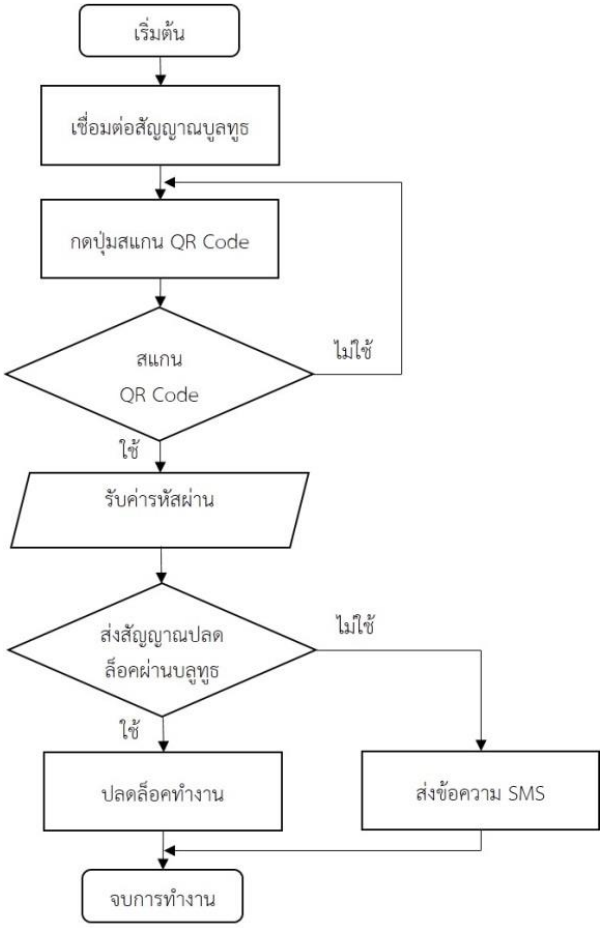


ภาพที่ 1 แผนผังการการจัดสร้างอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิดประตูควบคุมด้วยแอปพลิเคชั่น QRLOCK



ภาพที่ 2 วงจรภายในอุปกรณ์สำหรับปลดล็อคลูกบิดประตู

1.2 การออกแบบพัฒนาแอปพลิเคชั่น QRLOCK



2. การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ

ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจดำเนินการสร้างโดยวิธีการ ดังนี้

2.1 ศึกษาหลักการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert, Rensis. ,1967)

2.2 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบความชัดเจนภาษา ความถูกต้องตามเนื้อหาและความถูกต้องของภาษา พร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าดัชนีความสอดคล้องโดยใช้สูตร IOC จากผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำแบบสอบถามที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญไปปรับปรุงแก้ไขและจัดพิมพ์ฉบับจริง

การเก็บและรวมข้อมูล มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ทดสอบประสิทธิภาพของ ชุดอุปกรณ์อุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิดโดยใช้แอปพลิเคชั่น QRLOCK บนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยทดสอบดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โซลินอยด์ที่เหมาะสมต่อการปลดล็อคลูกบิด

สมมติฐาน : แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โซลินอยด์ที่เหมาะสมต่อการปลดล็อคลูกบิดเท่ากับ 30 โวลต์

ตัวแปรต้น : แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โซลินอยด์

ตัวแปรตาม : ความสามารถในการปลดล็อคลูกบิด

ตัวแปรควบคุม : 1. รหัสคิวอาร์

2. โทรศัพท์มือถือ ยี่ห้อ Samsung รุ่น Galaxy S Duos

3. แอปพลิเคชั่น ชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิด ด้วยรหัสคิวอาร์ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

4. ลูกบิดประตูชนิดหมุน

5. ระยะห่างของสัญญาณบลูทูธ

6. ระบบ เอสเอ็มเอส(SMS) เครือข่าย GSM-900

วิธีการทดลอง

1. ปรับระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โซลินอยด์ เท่ากับ 10 โวลต์

2. เปิดสัญญาณบลูทูธ และเปิดแอปพลิเคชั่น ชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิดประตูด้วยรหัสคิวอาร์ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ในโทรศัพท์มือถือ โดยอยู่ห่างจากรหัสคิวอาร์ เป็นระยะทาง 0.5 เมตร ทำการสแกนรหัสคิวอาร์ สังเกตการปลดล็อคลูกบิด แล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

3. ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง ตั้งแต่ข้อ 1) ถึง ข้อ 2) โดยเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โซลิ-นอยด์เป็น 15 20 25 30 และ 35 โวลต์ ตามลำดับ แล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 2 ศึกษาระยะห่างการเชื่อมต่อของสัญญาณบลูทูธระหว่างชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิดประตูด้วยรหัสคิวอาร์กับโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ในการปลดล็อคลูกบิด

สมมติฐาน : ระยะห่างการเชื่อมต่อของสัญญาณบลูทูธระหว่างชุดอุปกรณ์ ปลดล็อคลูกบิดด้วยรหัสคิวอาร์กับโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ได้ไกลสุด 40 เมตร

ตัวแปรต้น : ระยะห่างการเชื่อมต่อของสัญญาณบลูทูธระหว่าง ชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิดประตูด้วยรหัสคิวอาร์ กับโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ตัวแปรตาม : ความสามารถในการปลดล็อคลูกบิด

ตัวแปรควบคุม : 1. รหัสคิวอาร์

2. โทรศัพท์มือถือ ยี่ห้อ Samsung รุ่น Galaxy S Duos

3. แอปพลิเคชั่นชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิด ด้วยรหัสคิวอาร์ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

4. ลูกบิดประตูชนิดหมุน

5. แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โซลินอยด์

6. ระบบเอสเอ็มเอส (SMS) เครือข่าย GSM-900

วิธีการทดลอง

1) ทำการทดลองในสนามฟุตบอล วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี โดยปรับระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โซลินอยด์ ตามค่าที่ได้จากการทดลองที่ 1

2) ให้ผู้ทดลองถือโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยให้อยู่ห่างจากประตูที่ติดตั้งชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิด ด้วยรหัสคิวอาร์ เป็นระยะ 0 เมตร

3) เปิดสัญญาณบลูทูธ และเปิดแอปพลิเคชั่น ชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิด ด้วยรหัสคิวอาร์ในเครื่องมือสื่อสารระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ทำการสแกนรหัสคิวอาร์ สังเกตการปลดล็อคลูกบิด แล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

4) ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง ตั้งแต่ข้อ 1) ถึง ข้อ 3) โดยเปลี่ยนระยะห่างระหว่างผู้ทดลองกับประตูที่ติดตั้งชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิด ด้วยรหัสคิวอาร์ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เป็นระยะ 5 10 15 20 25 30 35 40 45 และ 50 เมตร ตามลำดับแล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

การทดลองที่ 3 การศึกษาความสามารถในการแจ้งเตือนการปลดล็อคลูกบิดผ่าน เอสเอ็มเอส (SMS)

สมมติฐาน : การปลดล็อคลูกบิด โดยไม่ใช้รหัสคิวอาร์ สามารถแจ้งเตือนผ่าน เอสเอ็มเอส (SMS) ได้ทุกครั้ง

ตัวแปรต้น : การปลดล็อคลูกบิด

ตัวแปรตาม : การแจ้งเตือนผ่าน เอสเอ็มเอส(SMS)

ตัวแปรควบคุม : 1. รหัสคิวอาร์
2. โทรศัพท์มือถือ ยี่ห้อ Samsung รุ่น Galaxy S Duos
3. แอปพลิเคชั่น ชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิด ด้วยรหัสคิวอาร์ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
4. ลูกบิดประตูชนิดหมุน
5. แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โซลินอยด์
6. ระยะห่างของสัญญาณบลูทูธ
7. ระบบ เอสเอ็มเอส(SMS) เครือข่าย GSM-900

วิธีการทดลอง

1) ทำการทดลองในสนามฟุตบอล วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี โดยปรับระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โซลินอยด์ ตามค่าที่ได้จากการทดลองที่ 1

2) ให้ผู้ทดลองถือเครื่องมือสื่อสารระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยให้อยู่ห่างจากประตูที่ติดตั้งชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิด ด้วยรหัสคิวอาร์ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ตามค่าที่ได้จากการทดลองที่ 2

3) ปิดสัญญาณบลูทูธ และปิดแอปพลิเคชั่นชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิด ด้วยรหัสคิวอาร์ แล้วเปิดประตู สังเกตการณ์แจ้งเตือน การปลดล็อคลูกบิดผ่าน เอสเอ็มเอส (SMS) แล้วบันทึกผลการทดลองที่ 3

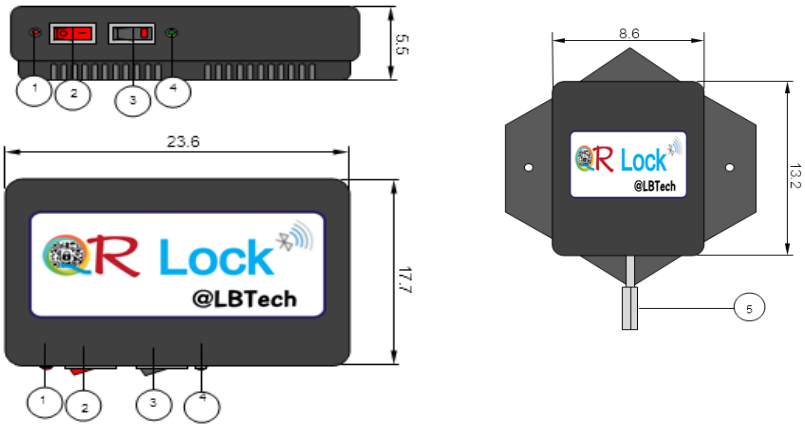
4) เปิดสัญญาณบลูทูธ และเปิดแอปพลิเคชั่น ชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิด ด้วยรหัสคิวอาร์ในเครื่องมือสื่อสารระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ทำการสแกนรหัสคิวอาร์แล้วเปิดประตู สังเกตการแจ้งเตือนการปลดล็อคลูกบิดผ่าน เอสเอ็มเอส (SMS) แล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3

5) ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง แล้วบันทึกผลการทดลอง ลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3

การสอบถามความพึงพอใจ ของกลุ่มตัวอย่าง 10 คนที่ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง และใช้เครื่องมือสื่อสารระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่มีต่อชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิด ด้วยรหัสคิวอาร์ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ผลการวิจัย

จากการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิดด้วยแอปพลิเคชั่น QRLOCK บนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีรายละเอียดดังในภาพที่ 4



ก. ชุดควบคุมการทำงาน ข. ชุดปลดล็อคลูกบิด ด้วยรหัสคิวอาร์

ภาพที่ 4 อุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิดด้วยแอปพลิเคชั่น QRLOCK

ผลการสร้างแอปพลิเคชั่น QRLOCK บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แสดงดังภาพที่ 5

ภาพที่ 5 แสดงแอปพลิเคชั่น QRLOCK บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ผลการทดสอบประสิทธิภาพ ของชุดอุปกรณ์อุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิดโดยใช้แอปพลิเคชั่น QRLOCK บนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ดังแสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลการทดลองแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โซลินอยด์ที่เหมาะสมต่อการปลดล็อคลูกบิด

แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	ความสามารถในการปลดล็อคลูกบิด		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
10	✗	✗	✗
15	✗	✗	✗
20	✗	✗	✗
25	✗	✗	✗
30	✓	✓	✓
35	✓	✓	✓

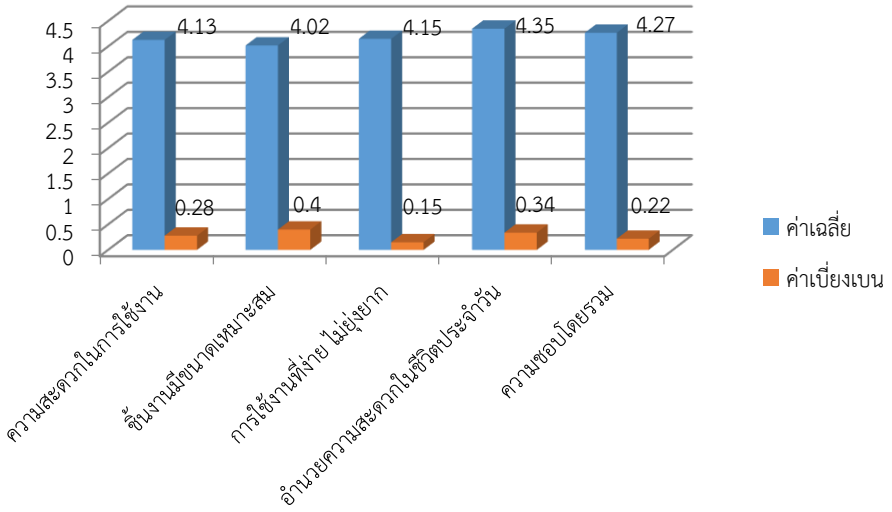
ตารางที่ 2 ผลการทดลองระยะห่างการเชื่อมต่อของสัญญาณบลูทูธระหว่างชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิด ด้วยรหัสคิวอาร์กับโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ในการปลดล็อคลูกบิด

ระยะห่าง (เมตร)	ความสามารถในการปลดล็อคลูกบิด		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
0	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓
10	✓	✓	✓
15	✓	✓	✓
20	✓	✓	✓
25	✓	✓	✓
30	✓	✓	✓
35	✓	✓	✓
40	✓	✓	✓
45	✗	✗	✗
50	✗	✗	✗

ตารางที่ 3 ทดสอบการแจ้งเตือน เอสเอ็มเอส(SMS) หากเปิดประตูโดยไม่ใช้รหัสคิวอาร์

การเปิดประตู	ความสามารถในการแจ้งเตือน เอสเอ็มเอส(SMS)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ไม่ใช้รหัสคิวอาร์	✓	✓	✓
รหัสคิวอาร์	✗	✗	✗

ผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้แอปพลิเคชั่น QRLOCK บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์จากแบบประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชั่น QRLOCK บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่สร้างขึ้น โดยการศึกษาแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ โซลินอยด์ที่เหมาะสมต่อการปลดล็อคลูกบิด พบว่า เมื่อใช้แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โซลินอยด์ต่ำกว่า 30 โวลต์ ไม่สามารถปลดล็อคลูกบิดประตูได้ แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โซลินอยด์ 30 โวลต์ขึ้นไป สามารถปลดล็อคประตูได้ และเมื่อเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้า เสียงปลดล็อคลูกบิดก็จะดังเพิ่มขึ้น ดังนั้น แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โซลินอยด์ที่เหมาะสมต่อการปลดล็อคลูกบิด เท่ากับ 30 โวลต์ การศึกษาระยะห่างการเชื่อมต่อของสัญญาณบลูทูธระหว่างชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิด ด้วยรหัสคิวอาร์ กับเครื่องมือสื่อสารระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ในการปลดล็อคลูกบิด พบว่า เมื่อระยะห่างการเชื่อมต่อของสัญญาณบลูทูธระหว่างชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิด ด้วยรหัสคิวอาร์ กับเครื่องมือสื่อสารระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เท่ากับ 0 5 10 15 20 25 30 35 และ 40 เมตร สามารถปลดล็อคลูกบิดได้ และเมื่อใช้ระยะห่างการเชื่อมต่อของสัญญาณบลูทูธระหว่างแอปพลิเคชั่น QRLOCK กับเครื่องมือสื่อสารระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เท่ากับ 45 และ 50 เมตร ไม่สามารถปลดล็อคลูกบิดได้ ดังนั้น ระยะห่างการเชื่อมต่อของสัญญาณบลูทูธระหว่างชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิด ด้วยรหัสคิว กับเครื่องมือสื่อสารระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ได้ไกลสุด 40 เมตร จึงช่วยอำนวยความสะดวก

ในการปลดล็อคลูกบิด ดังนั้น แอปพลิเคชั่น QRLOCK บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับงาน เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุพรรญา ดีสลิด (2557) ที่ศึกษา เรื่อง ระบบควบคุมความปลอดภัยของห้องด้วย QR Code ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ระบบ QR Code Access Control System ที่ใช้งานผ่านแอปพลิเคชันบนเครื่องมือสื่อสารควบคุมการเปิด - ปิด ประตูจะช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้อยู่อาศัยมากขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ตฤณ จันทนะและคณะ(2557) ศึกษาเรื่อง ระบบเปิด-ปิดประตูอัตโนมัติ ผ่านโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า สร้างแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อเปิด-ปิดประตูอัตโนมัติ จะทำให้เกิดความสะดวกสบายและรวดเร็วแก่ผู้ใช้งาน

การศึกษาความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้ แอปพลิเคชั่น QRLOCK บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ พบว่า ผู้ทดลองใช้มีความพึงพอใจต่อ แอปพลิเคชั่น QRLOCK บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.18 โดยกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในด้านอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันมากที่สุด ทั้งนี้เพราะแอปพลิเคชั่น QRLOCK บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เป็นอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิดอัตโนมัติ โดยใช้แอปพลิเคชั่นบนเครื่องมือสื่อสารระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยมีการส่งข้อความ เอสเอ็มเอส(SMS) สำหรับแจ้งเตือนเมื่อประตูถูกเปิดออกไปยังเครื่องมือสื่อสารระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เชื่อมต่อกับชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิด ด้วยรหัสคิวอาร์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน จึงทำให้ผู้ทดลองใช้มีความพึงพอใจในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

1. พัฒนาให้ชุดอุปกรณ์ปลดล็อคลูกบิด ด้วยรหัสคิวอาร์ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มีความสวยงาม น้ำหนักเบาขึ้น
2. พัฒนาให้สามารถใช้กับเครื่องมือสื่อสารระบบปฏิบัติการอื่น ๆ

เอกสารอ้างอิง

ครูอั๋น. **บลูทูธ คืออะไร**. [เว็บบล็อก]. สืบค้นจาก https://sites.google.com/site/kruchatchawalthoen/blu-thuth-khux-xari/

ตฤณ จันทนะ และคณะ. **ระบบเปิด-ปิดประตูอัตโนมัติ ผ่านโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์**. [เว็บบล็อก]. สืบค้นจาก www.telecom.kmitl.ac.th/project/p50/551351.txt/

สมเกียรติ กิจวงศ์วัฒนะ. **[IOIO Board] รู้จักกับบอร์ด IOIO กันแล้วหรือยัง?**. [เว็บบล็อก]. สืบค้นจาก http://www.akexorcist.com/2013/11/ioio-board-ioio.html/

สุพรรญา ดีสลิด. **ระบบควบคุมความปลอดภัยของห้องด้วย QR Code. [เว็บบล็อก]**. สืบค้นจาก http://th.wikipedia.org/wiki/

Likert, Rensis. (1967). **The Method of Constructing and Attitude Scale**. In Reading in Fishbeic,

M (Ed.), **Attitude Theory and Measurement (pp. 90-95)**. New York: Wiley & Son.

การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกลของวัสดุแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์วัสดุแกนกลางที่ขึ้นรูปด้วยพีวีซีโฟม รังผึ้งพลาสติก และพลาสติก PLA จากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

เปมิกา แซ่เตียว[1*] วิทยา วงษ์กลาง[2] พัชรินทร์ อินทมาส[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของวัสดุแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ที่มีวัสดุแกนกลางต่างกัน สำหรับนำไปประยุกต์ใช้ผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ของรถต้นแบบต่อไป การทดสอบคุณสมบัติทางกลของวัสดุแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ชนิดแผ่นเรียบที่ความหนาของชั้นผิวหรือจำนวนชั้นผ้า (Layer) คาร์บอนไฟเบอร์ 2 4 และ 6 ชั้น โดยใช้วัสดุแกนกลาง 3 ชนิด คือ 1) พีวีซีโฟม (H80) 2) รังผึ้งพลาสติก มีความกว้างช่องรังผึ้ง 6 มิลลิเมตร และ 3) พลาสติก (PLA) ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ (Infill 20%) ซึ่งวัสดุแกนกลางทั้ง 3 ชนิด มีความหนา 10 มิลลิเมตร การเตรียมชิ้นงานทดสอบจำนวน 27 ชิ้น โดยเตรียมวัสดุแกนกลางแต่ละชนิด ชั้นผิวละ 3 ซ้ำ ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C393 ด้วยเครื่องทดสอบคุณสมบัติเชิงกล (Universal Testing Machine รุ่น NRI-TS501-100) ผลการทดสอบการรับแรงดัด (3 Point Bending Test) พบว่า วัสดุแกนกลางพลาสติก (PLA) ที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ (Infill 20%) รับแรงดัดได้สูงสุด คือ 1,500 2,400 และ 3,180 นิวตัน ที่ค่าความหนาของชั้นผิว 2 4 และ 6 ชั้น ตามลำดับ เหมาะสำหรับผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างที่ต้องการความแข็งแรงสูง รองลงมา คือ วัสดุแกนกลาง PVC โฟม (H80) รับแรงดัดได้ คือ 420 1,030 และ 1,500 นิวตัน เหมาะสำหรับผลิตชิ้นส่วนที่เป็นพื้นที่กว้าง และวัสดุแกนกลางรังผึ้งพลาสติก รับแรงดัดได้น้อยที่สุด คือ 220 240 และ 380 นิวตัน แต่มีระยะให้ตัวมากกว่าวัสดุแกนกลางอีก 2 ชนิด เหมาะสำหรับผลิตชิ้นส่วนที่ต้องการความยืดหยุ่นสูง แต่ไม่เหมาะกับโครงสร้างรถต้นแบบ ตามลำดับ

คำสำคัญ: แซนวิชคอมโพสิต คาร์บอนไฟเบอร์ พีวีซีโฟม รังผึ้งพลาสติก เครื่องพิมพ์ 3 มิติ

---

[1] *สาขาวิชาเอกเทคโนโลยีอุตสาหการและการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช e-mail:* paemika_sae@nstru.ac.th

[2] *สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช e-mail:* wittaya_won@nstru.ac.th

[3] *สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช e-mail: Intamas.patcharin@gmail.com*

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:* paemika_sae@nstru.ac.th

A COMPARISON OF MECHANICAL PROPERTIES ON CORE SANDWICH COMPOSITE CARBON FIBER MATERIALS IN PVC FOAM, HONEYCOMB, AND PLASTIC (PLA) WITH 3D PRINTED

S. Paemika[1*] W. Wittaya [2] I. Patcharin [3]

Abstract

This research aimed to compare the mechanical properties on core sandwich composite carbon fiber materials with other different core materials in order to find the best sandwich composite which would be suitable for parts of a prototype car. There were three different variables of thickness of mechanical properties of sandwich composite carbon fiber including 2, 4 and 6 layers of carbon fiber. Three types of core materials comprised 1) PVC foam (H80) 2) a 6 millimeter width honeycomb, and 3) plastic (PLA) with 3D Printed (Infill 20%). The three core materials were 10 millimeter thick. Three 3 treatments were administered with Standard ASTM C393 by the Universal Testing Machine (NRI-TS501-100) on 3 differents layers and core materials. Therefore, there were altogether 27 repeated samples. The results of 3 point bending test showed that plastic (PLA) with 3D Printed (Infill 20%) could resist a maximum bending force of 1,500 N, 2,400 N and 3,180 N at different layer thicknesses of 2, 4 and 6 respectively. PVC foam (H80) could resist a bending force of 420 N. 1,030 N and 1,500 N, while a honeycomb core material could resist the lowest bending forces of 220 N 240 N and 380 N. The honeycomb core material was more flexible than the other two types of core materials, but it was not suitable for a prototype car structure.

Keywords: Sandwich Composite, Carbon Fiber, PVC Foam, Honeycomb, 3D Print

[1] *Department of Industrial Production Technology, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat Province, e-mail: paemika_sae@nstru.ac.th*

[2] *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat Province, e-mail:* wittaya_won@nstru.ac.th

[3] *Department of Engineering Electronics and Telecommunications, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat Province, e-mail: Intamas.patcharin@gmail.com*

** Corresponding author, e-mail: paemika_sae@nstru.ac.th*

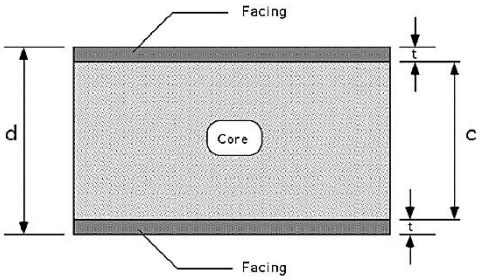
บทนำ

วัสดุเชิงประกอบหรือวัสดุคอมโพสิต (Composite Materials) ในเชิงวิศวกรรม หมายถึง วัสดุที่ประกอบขึ้นจากวัสดุที่มีสมบัติแตกต่างกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป และไม่เกิดการรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน โดยที่มีวัสดุชนิดหนึ่งเป็นวัสดุเนื้อหลัก เรียกว่า เมทริกซ์ (Matrix) และวัสดุอีกชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดกระจายแทรกตัวอยู่ในวัสดุเนื้อหลัก เรียกว่า สารเสริมแรง (Reinforcement) โดยเมทริกซ์จะทำหน้าที่ห่อหุ้มสารเสริมแรงและทำให้วัสดุเชิงประกอบเป็นรูปร่างขึ้น ส่วนสารเสริมแรงจะทำหน้าที่เสริมสมบัติให้เมทริกซ์ ทำให้วัสดุเชิงประกอบที่เกิดขึ้นมีสมบัติร่วมกันและเป็นไปตามความต้องการ [1][2] การทำนายหรือคาดคะเนสมบัติของวัสดุเชิงประกอบจึงไม่สามารถทำนายได้จากวัสดุที่เป็นองค์ประกอบชนิดใดเพียงชนิดเดียว การวิจัยและพัฒนาด้านวัสดุเชิงประกอบจึงมีความจำเป็นที่ต้องดำเนินต่อไป เพื่อให้ได้วัสดุที่มีสมบัติที่ดีขึ้นเหมาะกับการใช้งานมากขึ้นและเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ต่อไป

ในการเข้าร่วมการแข่งขันเชลล์อีโค่มาราธอนเอเชีย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 จนถึงปัจจุบัน กติกาในการแข่งขันคือทีมผู้แข่งขันสามารถส่งรถประหยัดพลังงานเข้าร่วมได้ 2 ประเภท ได้แก่ 1) ประเภท Prototype การออกแบบและสร้างรถต้นแบบโดยอาศัยหลักการอากาศพลศาสตร์ การออกแบบระบบขับเคลื่อน และการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ และ 2) ประเภท Urban Concept การออกแบบและสร้างรถต้นแบบที่ประหยัดเชื้อเพลิงที่มีรูปลักษณ์คล้ายกับรถยนต์ในปัจจุบัน การออกแบบและสร้างรถต้นแบบเชื้อเพลิงพลังงานแบทเตอรี่ประเภทรถต้นแบบ Prototype Battery Electric การพัฒนาและออกแบบและสร้างรูปทรงเพื่อลดแรงต้านอากาศ น้ำหนักเบาและความแข็งแรงตรงตามกติกากำหนด ในการออกแบบโครงสร้างรถต้นแบบเพื่อความแข็งโดยทั่วไปใช้วัสดุอลูมิเนียมเป็นโครงสร้างหลักและมีวัสดุไฟเบอร์กลาสหรือคาร์บอนไฟเบอร์เป็นเปลือกนอก ทำให้รถมีน้ำหนักมาก ในงานวิจัยนี้เป็นการเลือกใช้กระบวนการสร้างรถต้นแบบประเภท Urban Concept ขนาด 1 ที่นั่ง 4 ล้อ ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าตามกติกาการแข่งขันเชลล์อีโค่มาราธอน เอเชีย ประจำปี 2019 เพื่อให้ได้รถต้นแบบที่มีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรง และมีความปลอดภัยต่อผู้ขับขี่เมื่อเกิดอุบัติเหตุขณะขับตามที่กติกากำหนด การใช้วัสดุคอมโพสิตในงานวิศวกรรมด้านชิ้นส่วนยานยนต์ในปัจจุบัน มุ่งเน้นคุณสมบัติด้านความแข็งแรง ทนทาน และน้ำหนักเบา เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุโลหะในงานอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ทั่วไป และยังสามารถขึ้นรูปได้หลายวิธี งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกลของวัสดุแซนวิชคอมโพสิตแกนกลางที่ผลิตจากวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ พีวีซีโฟม (PVC Foam) รังผึ้งพลาสติก (Honeycomb) และวัสดุพลาสติก (PLA) ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ (3D Printed) โดยมุ่งเน้นการสร้างชิ้นส่วนมีความแข็งแรงของชั้นผิว (Face) และความแข็งแรงของวัสดุแกนกลาง (Core Materials) และนำไปประยุกต์ใช้ในแต่ละจุดบนชิ้นส่วนโครงสร้างยานยนต์ต้นแบบ [3][4] โดยมีงานวิจัยที่ศึกษาคุณสมบัติของชั้นผิวและวัสดุแกนกลางที่แตกต่างกัน ซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงของวัสดุคอมโพสิต รวมไปถึงลักษณะการเสียหายของชิ้นงานและการวิเคราะห์การลดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานคอมโพสิต การออกแบบและการเลือกใช้วัสดุแกนกลางเพื่อเพิ่มความหนาและความแข็งแรงในจุดรับแรงต่าง ๆ บนชิ้นส่วนยานยนต์ต้นแบบ ด้วยโครงสร้างแซนวิชคอมโพสิต (ดังภาพที่ 1) ซึ่งมีความจำเป็นต่อกระบวนการออกแบบและเลือกใช้วัสดุ ประกอบด้วย ชั้นผิวคาร์บอนไฟเบอร์หรือไฟเบอร์กลาสและวัสดุแกนกลางที่มีความแข็งแรงสูงและน้ำหนักเบา

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้วัสดุแซนวิชคอมโพสิตแกนกลางที่ผลิตจากวัสดุทั้ง 3 ชนิด ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนำมาทดสอบคุณสมบัติทางกลด้วยเครื่องมือทดสอบคุณสมบัติเชิงกล (Universal Testing Machine : UTM, Model NRI-TS501-100) และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกลของวัสดุแซนวิชคอมโพสิตแกนกลางที่ผลิตจากวัสดุ

ทั้ง 3 ชนิด เพื่อพิจารณาเลือกใช้วัสดุแซนวิชคอมโพสิตที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้สร้างชิ้นส่วนโครงสร้างในแต่ละจุดบนรถต้นแบบ



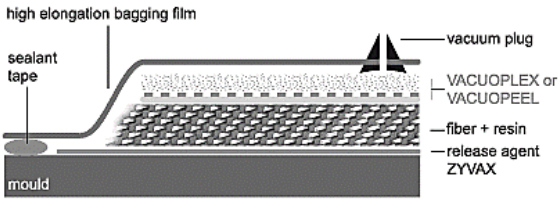
ภาพที่ 1 ลักษณะวัสดุแซนวิชคอมโพสิต
ที่มา : ASTM C393 (2015)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกลของวัสดุแซนวิชคอมโพสิตแกนกลางที่ผลิตจากพีวีซีโฟม รังผึ้งพลาสติก และเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้สร้างชิ้นส่วนโครงสร้างในแต่ละจุดบนรถต้นแบบ

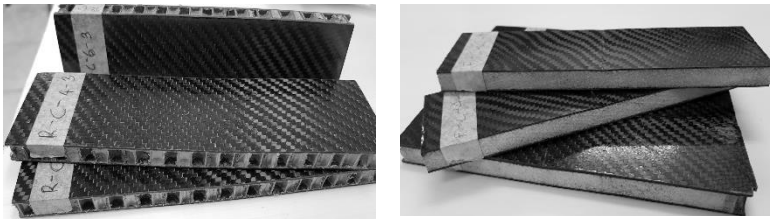
วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมวัสดุในการขึ้นรูปแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ชนิดแผ่นเรียบ และวัสดุแกนกลาง 3 ชนิด ที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งผลิตจากพีวีซีโฟม (PVC Foam) รังผึ้งพลาสติก (Honeycomb) และวัสดุพลาสติก (PLA) ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ (3D Printed) ในงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบความแข็งแรงของวัสดุแซนวิชคอมโพสิตด้วยความหนาของวัสดุเนื้อหลักแกนกลาง (Core) ที่เท่ากันทั้ง 3 ชนิด คือ ความหนา 10 มิลลิเมตร ซึ่งโครงสร้างภายในของวัสดุคอมโพสิตนี้สามารถรับแรงกดได้ดี และในการขึ้นรูปแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ชนิดแผ่นเรียบกับวัสดุแกนกลางทั้ง 3 ชนิด ด้วยตัวประสานอิพ็อกซีเรซิ่น (Epoxy Resin : Part A 535, 535LV + Part B 7255) เพื่อเป็นตัวผสานระหว่างชั้นคาร์บอนไฟเบอร์และวัสดุแกนกลางแต่ละชนิดเข้าด้วยกัน โดยมีส่วนผสมระหว่าง Part A และ Part B ในอัตราส่วน 3 : 1 โดยน้ำหนัก ระยะเวลาการเซตตัวของอิพ็อกซีเรซิ่น 200 นาที การขึ้นรูปชิ้นงานแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบสูญญากาศ (Vacuum Molding) ดังภาพที่ 2



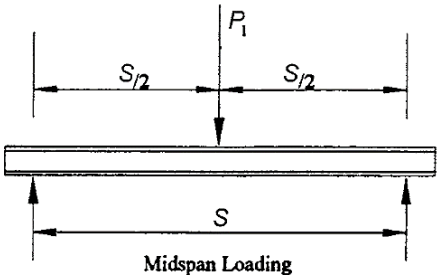
ภาพที่ 2 กระบวนการขึ้นรูปแบบสุญญากาศ (Vacuum Molding)

การเตรียมวัสดุชั้นผ้าคาร์บอนไฟเบอร์ โดยทาอิพ๊อกซีเรซิ่นลงบนแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ที่วางไว้บนแผ่นพลาสติก ใช้แผ่นพลาสติกแข็งรีดและเกลี่ยให้ทั่วในแต่ละชั้นเพื่อไล่อากาศภายในเส้นใยและระหว่างชั้นผ้าออกด้านบนพลาสติกฟิล์มให้เหลือเพียงเรซิ่นอยู่ภายในเส้นใยคาร์บอนไฟเบอร์เท่านั้น ลำดับการจัดวางชั้นผ้าคาร์บอนไฟเบอร์ทิศทางในแนวแกน [0°/90°]/±45°/[0/90°] ในแต่ละชั้นทั้ง 2 ด้าน เพื่อให้สามารถรับแรงกดและแรงดัดได้ ลักษณะการวางชั้นผ้าที่รับแรงดึงและแรงกดที่เกิดจากการดัดได้ดีที่สุดคือ [0°/90°] เปรียบเทียบจำนวนชั้นผิว (Face) ทั้ง 2 ด้านที่แตกต่างกัน คือ 2 4 และ 6 ชั้น ตามลำดับ วางทับด้วยแผ่นพลาสติกลอกผิว (Release Film) แผ่นดูดซับเรซิ่นส่วนเกิน (Breather) ติดแผ่นพลาสติกชั้นนอก (Vacuum Bag) ด้วยเทปกาวกันรั่ว (Sealant Tap) และดูดอากาศด้วยปั๊มสูญญากาศ ความดัน -30 Psi ตามลำดับ ดังภาพที่ 3



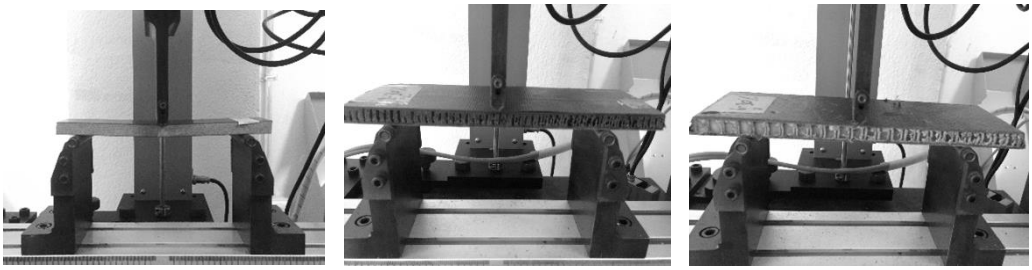
ภาพที่ 3 ตัวอย่างชิ้นงานแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์

การทดสอบคุณสมบัติทางกลด้วยเครื่องทดสอบวัสดุ Universal Test Machine รุ่น NRI-TS501-100 ซึ่งวัสดุแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ชนิดแผ่นเรียบถูกทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C393 โดยเงื่อนไขการทดสอบแบบ 3 Point Bending Test ตามองค์ประกอบมาตรฐาน ตำแหน่งหัวกด (P) แรงกดจะต้องกระทำอยู่กึ่งกลางระหว่างฐานรองรับ (Span) และมีระยะห่าง (S) ไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร ด้วยหัวกดขนาด 10 มิลลิเมตร อัตราเร็วการเคลื่อนที่หัวกด 6 มิลลิเมตรต่อนาที ขนาดโหลดโซลล์ 10 กิโลนิวตัน อุณหภูมิขณะทำการทดสอบ 25 องศาเซลเซียส และอัตราเร็วการกด 2 มิลลิเมตรต่อนาที ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 องค์ประกอบการทดสอบ 3 Point Loading ตามมาตรฐาน ASTM C393
ที่มา : ASTM C393 (2015)

นำชิ้นงานทั้ง 3 ชนิด จำนวน 27 ชิ้นทดสอบ มาทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C393 โดยเตรียมชิ้นงานแต่ละชนิดตามมาตรฐาน ได้แก่ ความกว้าง 75 มิลลิเมตร ความยาวไม่น้อยกว่า 200 มิลลิเมตร และความหนา 10 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 5



(ก) (ข) (ค)

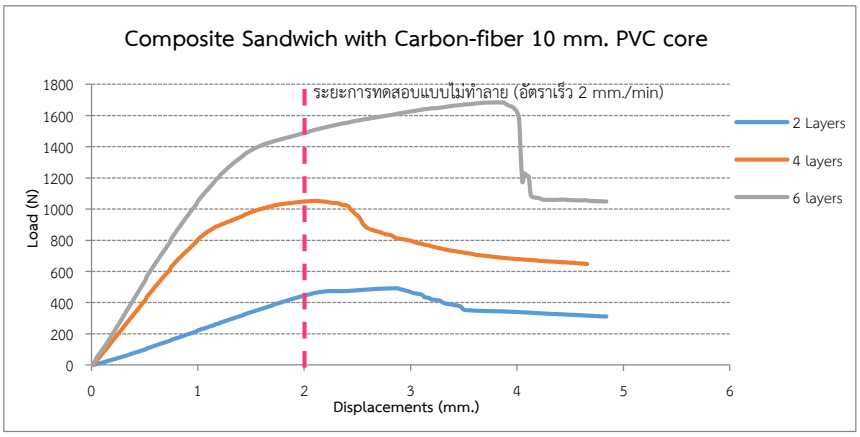
ภาพที่ 5 ชิ้นงานทดสอบ (ก) พีวีซีโฟม (PVC Foam) (ข) รังผึ้งพลาสติก (Honeycomb) และ (ค) วัสดุพลาสติก (PLA) ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ (3D Printed)

ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลวัสดุแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ ซึ่งใช้วัสดุแกนกลางที่แตกต่างกัน 3 ชนิด สามารถวัดค่าแรงดัดและระยะกระจัดได้เมื่อได้รับแรงกระทำหรือแรงดัด เพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของวัสดุแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ ซึ่งมีระยะกระจัดเท่ากันที่ 2 มิลลิเมตร (ระยะการทดสอบแบบไม่ทำลาย) ทำการทดสอบชิ้นงานจำนวน 27 ชิ้น วิเคราะห์ผลการทดสอบได้ดังนี้

1) ผลการทดสอบวัสดุแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ ใช้วัสดุแกนกลาง PVC Foam

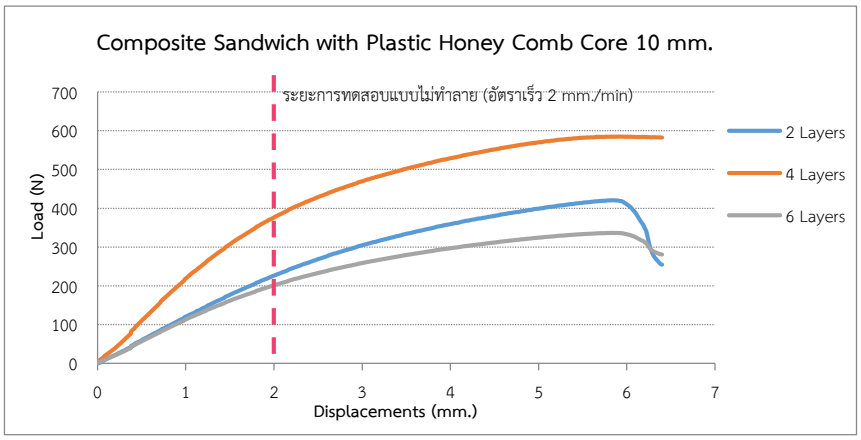
จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่า เมื่อวัสดุแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ ใช้วัสดุแกนกลาง PVC โฟม (H80) ความหนา 10 มิลลิเมตร สามารถรับแรงดัดได้สูงขึ้นตามจำนวนชั้นผ้าคาร์บอนไฟเบอร์ที่เพิ่มขึ้น 2 4 และ 6 ชั้น และรับแรงดัดสูงสุดในระยะการกดที่ไม่ทำให้ชิ้นวัสดุมีความเสียหายที่ระยะ 2 มิลลิเมตร คือ 420 1,030 และ 1,500 นิวตัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ผลการทดสอบวัสดุแกนกลาง PVC Foam (Core) ความหนา 10 มิลลิเมตร

2) ผลการทดสอบวัสดุแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ ใช้วัสดุแกนกลาง Honeycomb

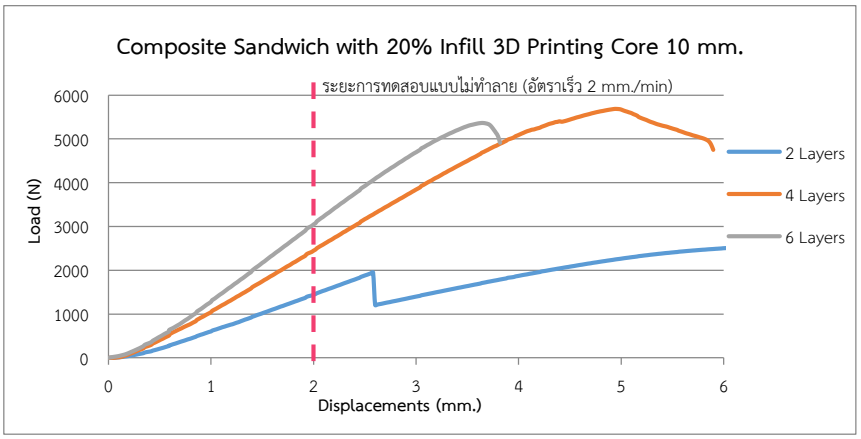
จากผลการทดสอบพบว่า เมื่อวัสดุแวนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ ใช้วัสดุแกนกลาง รังผึ้งพลาสติก ความกว้างช่องรังผึ้ง 6 มิลลิเมตร ความหนา 10 มิลลิเมตร สามารถรับแรงดัดได้สูงขึ้นตามจำนวนชั้นผ้าคาร์บอนไฟเบอร์ที่เพิ่มขึ้น 2 4 และ 6 ชั้น ตามลำดับ และรับแรงดัดสูงสุดในระยะการกดที่ไม่ทำให้ชิ้นวัสดุมีความเสียหายที่ระยะ 2 มิลลิเมตร คือ 220 240 และ 380 นิวตัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ผลการทดสอบวัสดุแกนกลาง Honeycomb (Core) ความหนา 10 มิลลิเมตร

3) ผลการทดสอบแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ ใช้วัสดุแกนกลาง 3D Print (PLA)

จากผลการทดสอบอธิบายได้ว่า เมื่อวัสดุแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ใช้วัสดุแกนกลาง พลาสติก (PLA) ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ (Infill 20%) ความหนา 10 มิลลิเมตร สามารถรับแรงดัดได้สูงขึ้นตามจำนวนชั้นผ้าคาร์บอนไฟเบอร์ที่เพิ่มขึ้น 2 4 และ 6 ชั้น ตามลำดับ และรับแรงสูงสุดในระยะการกดที่ไม่ทำให้ชิ้นวัสดุมีความเสียหายที่ระยะ 2 มิลลิเมตร คือ 1,500 2,400 และ 3,180 นิวตัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ผลการทดสอบวัสดุแกนกลาง 3D Print (Core)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดสอบเมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของวัสดุแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ทั้ง 3 ชนิด ซึ่งมีชั้นผิว (Face) ทำมาจากผ้าคาร์บอนไฟเบอร์ มีจำนวนชั้นผ้า 2 4 และ 6 ชั้น และวัสดุแกนกลางมีความหนา 10 มิลลิเมตรเท่ากัน จากผลการทดสอบความแข็งแรงของวัสดุแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ที่ใช้วัสดุแกนกลางต่างกัน 3 ชนิด พบว่า วัสดุแกนกลางพลาสติก (PLA) ที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ (Infill 20%) รับแรงดัดได้สูงสุดคือ 1,500 2,400 และ 3,180 นิวตัน ที่ค่าความหนาของชั้นผิว 2 4 และ 6 ชั้น ตามลำดับ เหมาะสำหรับผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างที่ต้องการความแข็งแรงสูง วัสดุแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ที่ใช้วัสดุแกนกลาง PVC โฟม (H80) รับแรงดัดได้ คือ 420 1,030 และ 1,500 นิวตัน เหมาะสำหรับผลิตชิ้นส่วนที่เป็นพื้นที่กว้าง และวัสดุแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์วัสดุแกนกลางรังผึ้งพลาสติก ความกว้างช่องรังผึ้ง 6 มิลลิเมตร รับแรงดัดได้น้อยที่สุดแต่มีระยะให้ตัวมากกว่าวัสดุแกนกลางอีก 2 ชนิด เหมาะสำหรับผลิตชิ้นส่วนที่ต้องการความยืดหยุ่นสูง แต่ไม่เหมาะกับโครงสร้างรถต้นแบบ ผลจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ ของรถต้นแบบ โดยการเลือกใช้วัสดุแซนวิชคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ที่มีวัสดุแกนกลางที่เหมาะสมกับการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ในพื้นที่รับแรงได้

ข้อเสนอแนะ

ในการทำวิจัยครั้งต่อไปจะนำวัสดุที่ได้จากการทดสอบความแข็งแรงไปผลิตชิ้นส่วนที่เหมาะสมกับการพื้นที่รับแรงในแต่ละส่วนบนรถต้นแบบ และจะศึกษาค้นคว้างานวิจัยเกี่ยวกับวัสดุเส้นใยชีวภาพ (Bio Fiber) เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตวัสดุชนิดอื่น ๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล และสาขาวิชาเอกเทคโนโลยีอุตสาหการและการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณบริษัท เชลล์ ประเทศไทย ที่ให้การสนับสนุนทุนการเข้าร่วมแข่งขันมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

พัทธดนย์ กออนันตชัย และชัยณรงค์ ศรีกุลวงศ์. (2556). **การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุคอมโพสิตคาร์บอนไฟเบอร์ชนิดถักทอ**. ME-nett27, AMM2019.

หฤทภัค กีรติเสวี ฉัตรชัย วีระนิติสกุล และอภิรัตน์ เลาห์บุตรี. (2553). ภาพรวมของวัสดุเชิงประกอบ (An Overview of Composite Materials). **วิศวกรรมสาร มก**. 70(22 พฤศจิกายน 2552 - มกราคม 2553. 18-32.

A. Airale, M. Carello, & A. Scattina. (2011). **Carbon Fiber Monocoque for a Hydrogen Prototype for Low Consumption Challenge**. Mat.-wiss. u.Werkstofftech. 42(5).

A. Ke l ly, & A. Mor tensen. (2001). **Composite Materials: Overview. in Encyclopedia of Materials: Science and Technology**, K. H. J. Buscow, R.W. Cahn, M.C. Flemings, L.B. Ilcewicz, E.J. Kramer, and S. Mahajan, Eds. Amsterdam: Elsevier, pp.1361-1371.

ASTM C393. **Standard Test Methods for Core Shear Properties of Sandwich Constructions by Beam**. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959. United States, 2015. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 25 มกราคม 2561, จาก https://www.astm.org/Standards/C393.htm.

D. Hull, & T. W. Clyne. (1996). **An Introduction to Composite Materials**. Cambridge University Press, Cambridge.

Erik Vassoy Olsen, Hirpa G. Lemu, & H.S. (2016). **Mechanical Testing of Composite Materials for Monocoque Design in Formula Student Car**. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering, Vol.10 No.1.

M. H. Mat, & A. R. Ab. Ghani. (2012). **Design and Analysis of "Eco" Car Chassis. Engineering Procedia**, Vol.41, pp.1756 – 1760.

PS Steif. (1984). Stiffness Reduction Due to Fibre Breakage. **Journal of Composite Materials**. Vol.17, pp.153-172.

Shell Eco-marathon. http://www.shell.com/energy-and-innovation/shellecomarathon/asia.html

X. Frank Xu, & Pizhong Qiao. (2002). Homogenized Elastic Properties of Honeycomb Sandwich with Skin Effect. **International Journal of Solids and Structures**, Vol.39, pp.2153–2188.

การควบคุมอุปกรณ์เปิด-ปิดไฟฟ้าภายในบ้าน ผ่านระบบเครือข่าย

ชุติมา เกตุษา[1*]

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเครือข่ายในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า และสร้างระบบต้นแบบเพื่อแสดงการทำงานของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่าย เพื่อให้เกิดความสะดวกสบายและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า การทำงานของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลเพื่อสั่งการให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานด้วยสัญญาณการควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบการทำงานนั้นพัฒนาจากโปรแกรม ภาษาซี บนอาดูโน่ และจัดทำเป็นระบบต้นแบบแสดงการทำงานของระบบ ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลสรุปได้ดังนี้ (1)ด้านของอุปกรณ์หลอดไฟ LED 5 MM ในการทำงานจะต้องได้รับกระแสไฟขั้วบวกจากรีเลย์และในการแสดงผลจะกำหนดให้กระแสไฟขั้วบวกเข้า หลอดไฟ LED ที่ถูกเปิดอยู่ ซึ่งพบว่าหลอดไฟ LED จะแสดงผลก็ต่อเมื่อรันข้อมูลโค๊ดเข้าไปในบอร์ด Node MCU ESP8266 (2)ด้านของอุปกรณ์ Node MCU ESP8266 ซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานและประมวลผลการทำงานของหลอดไฟ LED และ Relay 8 Channel 5V โดยอุปกรณ์จะมีการถูกกำหนดค่าของหลอดไฟ LED ในการเปิด-ปิด ในแต่ล่ะดวงไปยังส่วนของโปรแกรมแสดงผลบนหน้าแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อทำการเปิด-ปิดไฟ (3)ด้านของอุปกรณ์ Relay 8 Channel 5V ซึ่งมีหน้าที่ตัดต่อวงจรแบบเดียวกับสวิตช์ โดยควบคุมการทำงานด้วยไฟฟ้า Relay โดยมีรูปร่างหน้าตาแตกต่างกันออกไป แต่มีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกัน สำหรับการนำ Relay ไปใช้งาน จะใช้ในการตัดต่อวงจร และระบบการทำงานนั้นได้ทำงานตรงตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่ได้วางไว้

คำสำคัญ: อุปกรณ์เปิด ปิดไฟฟ้า ระบบเครือข่าย

[1] *หลักสูตรวิทยาศษสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยกรุงเทพสุวรรณภูมิ จังหวัดกรุงเทพมหานคร e-mail: rc_bsu@hotmail.com*

CONTROLLING HOME ELECTRICAL APPLIANCES VIA THE NETWORK SYSTEM

Chutima Ketsa[1*]

Abstract

Application of network technology was used for controlling electrical equipment and building prototype system, created to show the operation of the electrical control system through the network in order to provide convenience and efficiency in the use of electrical equipment. Operation of mobile electrical controlled system to microcontroller. The microcontroller is processed to order the electrical equipment to operate with the control signal from the microcontroller. The system was developed from the C programming language on Arduino. The results of the analysis are summarized as follows. (1) On the side of the 5 mm LED lamp, the relay must be supplied with an anode current from the relay and, in the display, the anode current shall be applied to the open LED. The LEDs are displayed only when the code is entered into the Node MCU ESP8266 board. (2) The Node MCU ESP8266 is used to control and operate the LED and Relay outputs. 8 Channel 5V. The device will be configured to turn on and off the LED. But to the part of the program displayed on the application Blynk to turn on - turn off the light. (3) The side of the 8 Channel 5V relay device, which has the same switching function as the switch. By controlling the electrical relay with a different appearance. However, there is a similar working principle for the relay to be used in the circuit. And the system works to meet the objectives and goals.

Keywords: Electrical Appliances, The Network System

[1] *Major in Information Technology, Faculty of Science and Technology, Bangkok Suvarnabhumi University,*
e-mail: rdi_published@vru.ac.th

บทนำ

โครงงานนี้ได้นำไวไฟ (Wi-Fi) มาประยุกต์ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยระบบต้นแบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อแสดงการทำงานของระบบการควบคุมที่ออกแบบไว้ เป็นการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าไร้สายโดยผ่านระบบเครือข่ายซึ่งในกรณีบางครั้งสวิตซ์หรืออุปกรณ์ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าอาจเข้าถึงได้ยากหรืออยู่ไกลมือของผู้ใช้งานหรือผู้ควบคุมอาจจะทำให้เกิดความไม่สะดวกในการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านั้น การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ทำให้เกิดความสะดวกประหยัด เวลา รวมทั้งประสิทธิภาพในการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า และยังเป็นแนวทางในการพัฒนาการประยุกต์ใช้ต่อไปและเพื่อให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านหน้าแอพพลิเคชั่นได้ โดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนเป็นเครื่อง ส่งสัญญาณไปควบคุมและมีการแจ้งสถานะของการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ผู้ใช้ได้ทราบด้วย ทำให้ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่ายมีประสิทธิภาพมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เกิดความสะดวกสบายและเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

ขอบเขตการวิจัย

1. สามารถเชื่อมต่อสัญญาไวไฟ (Wi-Fi) ได้
2. สามารถกดปิด-เปิดใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชันได้

อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบควบคุมระบบเปิด-ปิดไฟฟ้าภายในบ้าน

Node MCU ESP8266

โมดูล ESP8266 มาพร้อมกับเฟิร์มแวร์ที่ทำงานในลักษณะเป็น Serial-to-WiFi ช่วยให้อุปกรณ์อื่นอย่างเช่น MCU สามารถต่อเข้ากับระบบอินเทอร์เน็ตผ่านระบบ Wi-Fi โดยสื่อสารผ่านพอร์ต Serial (ขา Tx และ Rx) และใช้ชุดคำสั่งแบบ AT ในการควบคุมการทำงาน

ภาพที่ 1 Node MCU ESP8266

Relay Output – Input

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อวงจรแบบเดียวกับสวิตช์ โดยควบคุมการทำงานด้วยไฟฟ้า Relay มีหลายประเภท ตั้งแต่ Relay ขนาดเล็กที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป จนถึง Relay ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานไฟฟ้าแรงสูง โดยมีรูปร่างหน้าตาแตกต่างกันออกไป แต่มีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกัน สำหรับการนำ Relay ไปใช้งาน จะใช้ในการตัดต่อวงจร ทั้งนี้ Relay ยังสามารถเลือกใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อวงจรแบบเดียวกับสวิตช์ โดยควบคุมการทำงานด้วยไฟฟ้า Relay มีหลายประเภท ตั้งแต่ Relay ขนาดเล็กที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป จนถึง Relay ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานไฟฟ้าแรงสูง โดยมีรูปร่างหน้าตาแตกต่างกันออกไป แต่มีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกัน สำหรับการนำ Relay ไปใช้งาน จะใช้ในการตัดต่อวงจร ทั้งนี้ Relay ยังสามารถเลือกใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ

ภาพที่ 2 Relay Output – Input

Arduino

Arduino (อ่านว่าอา-ดู-อิ-โน่หรือจะเรียกว่าอาดุยโน่) คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นแบบที่เรียกว่า Open Hardware กล่าวคือ Arduino อุปกรณ์ที่มีแบบส่วนประกอบเป็นมาตรฐานที่เปิดเผย หมายความว่า สามารถทำเองโดยใช้แบบที่มีการเปิดเผยทั่วไปก็ได้ หรือสามารถซื้อหาได้ง่าย มีราคาถูก มีซอฟต์แวร์ให้ใช้งานฟรี สามารถนำไปใช้งานทั่วไปหรือแบบธุรกิจได้โดยไม่ต้องเสียค่าลิขสิทธิ์ เป็นรูปแบบที่มีข้อมูลมากที่สุดบนอินเตอร์เน็ต การพัฒนาก็ง่าย เพราะมีตัวอย่างมากมาย และไม่ต้องเขียนโปรแกรมในรูปแบบ Low Level หมายความว่าสามารถใช้คำสั่งเขียนโปรแกรมได้เสมือนโปรแกรมภาษาชั้นสูงทั่วไป
โดย Arduino Platform ประกอบไปด้วย

1. ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ (Hardware)

บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก ที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU)เป็นชิ้นส่วนหลัก ถูกนำมาประกอบร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน หรือที่เรียกกันว่า บอร์ด Arduino โดยบอร์ด Arduino เองก็มีหลายรุ่นให้เลือกใช้ โดยในแต่ละรุ่นอาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดของบอร์ด หรือสเปค เช่น จำนวนของขารับส่งสัญญาณ, แรงดันไฟที่ใช้, ประสิทธิภาพของ MCU เป็นต้น

2. ส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์ (Software)

ภาษา Arduino (ซึ่งจริง ๆ แล้วก็คือ ภาษา C/C++) ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุม MCU Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Arduino คอมไพล์โปรแกรม (Compile) และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด (Upload)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

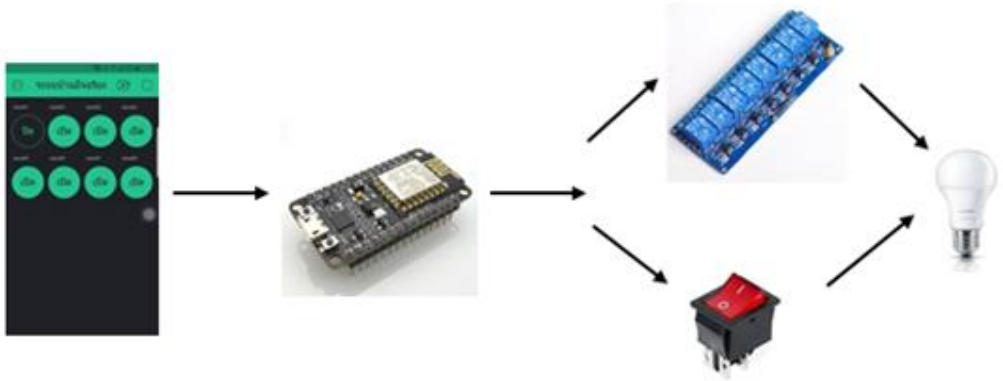
นายวันชัย รองาม (2558) นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นอุปกรณ์พื้นฐานภายในอาคารบ้านเรียน โดยการประยุกต์ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรนิกส์ที่มีอยู่ในท้องตลาด ซึ่งเมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าถูกเชื่อมต่อเข้ากับระบบแล้วสามารถที่จะควบคุมจากที่ใดก็ได้

เสฐียรพงษ์ สมบัติใหม่ และอาทร สิริกุลธมาลา (2557) ระบบควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างผ่าน เครือข่ายไร้สาย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ลักษณะการทำงานของระบบ จะ ทำงานโดยใช้ระบบ Wireless ในการส่งถ่ายข้อมูลในการรับค าสั่งสถานะเปิด-ปิด ร่วมกับแอปพลิเคชันของ ระบบปฏิบัติการ Android ระบบควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างผ่านเครือข่ายไร้สาย สามารถควบคุมการทำงานได้ ที่ระยะ 30 เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของเสาสัญญาณของระบบ Wireless แต่ละขนาด และสิ่งกีดขวางใน การส่งถ่ายข้อมูล

สัญชัย เอี่ยมสกุล และคณะ (2560) ชุดควบคุมเวลาการเปิด ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 8 จุด โดยไมโครคอนโทรเลอร์ มหาวิทยาลัยสยาม โครงงานนี้สามารถเลือกการใช้งานได้ 8 เอาต์พุตแต่ละเอาต์พุต สามารถเลือกแรงดันการใช้งานได้ 3 ระดับ ควบคุมโดยซีเลคเตอร์สวิตช์

ภาพรวมของระบบ

การทำงานของระบบที่แสดงไว้ตามภาพที่ 3 เป็นการแสดงการทำงานผ่านระบบเครือข่ายโดยตัวอุปกรณ์



ภาพที่ 3 หลักการทำงานของระบบ

จากภาพที่ 3 แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

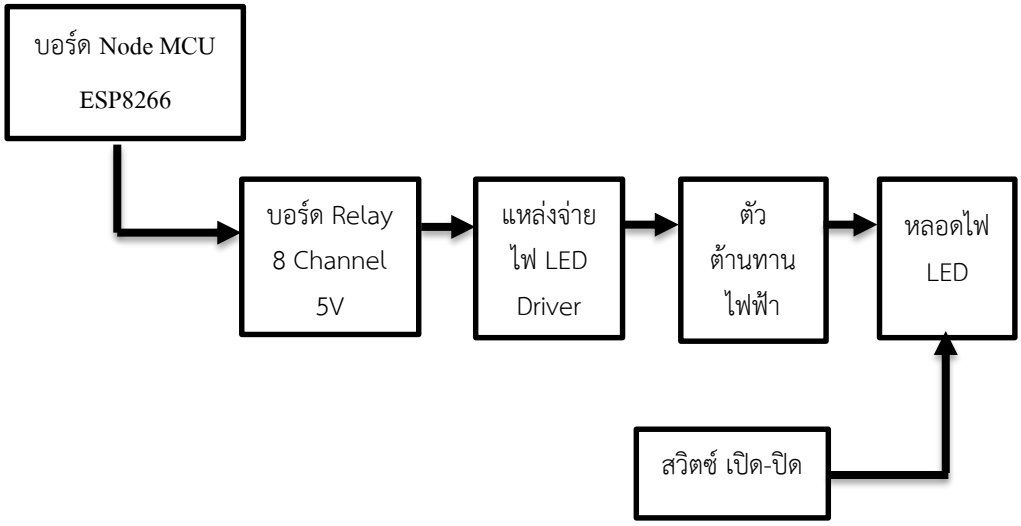
1. ส่วนของโมเดล และแผงควบคุม
   - ใช้บอร์ด Node MCU การควบคุม (Node MCU ESP8266)
   - ใช้บอร์ดรีเลย์ในการควบคุมปิด-เปิดไฟ (Relay 8 Channel 5V)

- ใช้ แอลอีดี ไดรเวอร์ แปลงไฟให้ลดลงเหลือ 48V เพื่อจ่ายไฟต่อให้ หลอดไฟ แอลอีดี โดยไม่เกิดความเสียหาย (LED Driver)
- ใช้ สวิตซ์ในการเปิด – ปิด ไฟ (On-Off Switch)
- ใช้ตัวต้านทาน เพื่อต้านกระแสไฟจาก แอลอีดี ไดรเวอร์อีกที(Resistor 4.7 Kohm 2Watt)
- ใช้หลอดไฟ LED เพื่อแสดงค่าสถานะไฟ ปิด-เปิด (LED 5 MM)

2. ส่วนของแอปพลิเคชันบนมือถือ
   - แสดงสถานะบอร์ดว่า ออนไลน์/ออฟไลน์
   - แสดงสถานะต่าง ๆ ดั้งนี้
     1. แสดงค่าไฟปิด (ไฟปิด)
     2. แสดงค่าไฟเปิด (ไฟเปิด)

แผนภาพบล็อกไดอะแกรม (Block Diagram)

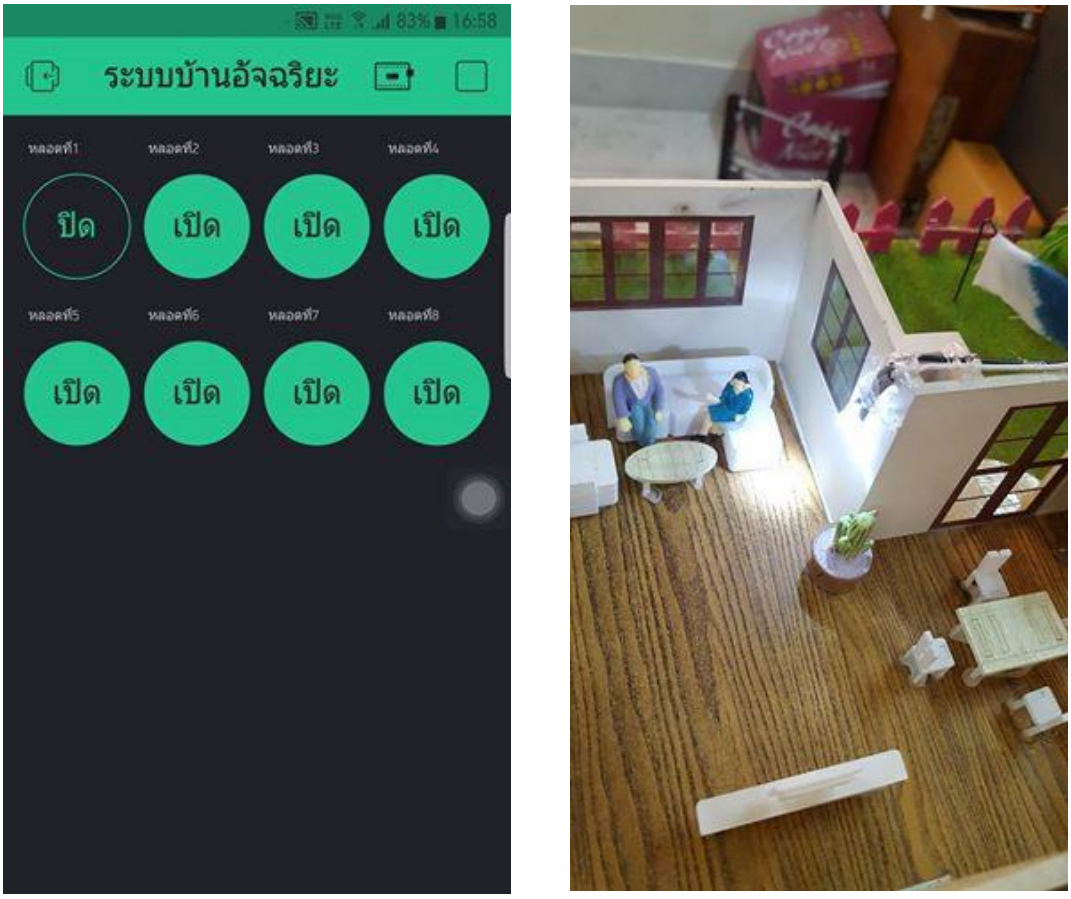
ระบบบ้านอัจฉริยะเปิด-ปิดไฟบ้าน มีการนำเสนอรูปแบบข้อมูลโดยใช้แผนภาพบล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) ซึ่งเป็นแผนภาพที่ใช้แสดงการควบคุมการทำงานของแต่ละอุปกรณ์ แสดงภาพที่ 4



ภาพที่ 4 บล็อกไดอะแกรม

หน้าจอระบบ

ระบบเปิด-ปิดไฟบ้านได้ มีการออกแบบแอปพลิเคชันการใช้งานและพัฒนา เพื่อให้ง่ายต่อใช้งานต่าง ๆ โดยส่วนของการแสดงค่าสถานะของ หลอดไฟ LED โดยจะแสดงว่าไฟดวงนี้ปิดหรือเปิดอยู่ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 หน้าหลักของระบบ

ระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟด้วย Wi-Fi ทำให้มีความสะดวกในการเปิด-ปิด ไฟมากขึ้นและยังทำให้ไม่เสียเวลาในการเปิด-ไฟ สามารถเปิดปิดไฟได้ 8 หลอด หรือนำไปพัฒนาต่อก็สามารถเปิด-ปิดไฟได้มากขึ้นหลายดวง และยังสามารถเปิด-ปิดไฟได้ในระยะไกลมากขึ้น

ผลการวิจัย

จากการวิจัยพบว่า การเปิด – ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ควบคุมผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ด้วย Node MCU ESP8266 สามารถทำการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเครือข่าย โดยส่งสัญญาณค่าตัวแปรจากสมาร์ทโฟน เพื่อสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านรีเลย์ สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาโดยใช้ Module Wifi Node MCU V2 ESP8266 ในการรับ-ส่งข้อมูล ในการป้อนคำสั่งเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยใช้แหล่งจ่ายไฟ 3.3 โวลต์ ดีซี และชุดคำสั่ง Arduino โปรแกรมภาษาของ Arduino จะใช้ภาษา C++ ซึ่งเป็นรูปแบบของโปรแกรมภาษาซีประยุกต์ แบบหนึ่งและใช้ Module Relay เป็นสวิตซ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ โดยรับคำสั่งมาจาก Module Wifi Node MCU ในการควบคุมอุปกรณ์

ไฟฟ้า โดยใช้แหล่งจ่ายไฟ 3.3 โวลต์ ดีซี ซึ่งมี Adatptor ที่ทำการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เอซี ให้ออกมาเป็น ไฟฟ้ากระแสตรง 5.0 โวลต์ดีซี 1 แอมป์

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบและการพัฒนาระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่าย วัตถุประสงค์หลักคือเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่มีอยู่ภายในบ้านได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานด้านอื่น ๆ ได้อีก ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลของการเปิด-ปิดสวิตช์ไฟฟ้าผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการส่งค่าจากสมาร์ทโฟน โดยทั่วไปแล้วนำข้อมูลจากการศึกษาข้อมูลมาประยุกต์ใช้ ในการสร้างและออกแบบเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยระบบ ให้เหมาะสำหรับใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ผ่านรีเลย์ โดยการวิจัยและสามารถสรุปผลได้ดังนี้

เมื่อได้ทำการวิจัยหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีการส่งสัญญาณผ่านอุปกรณ์ไร้สายเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถควบคุมได้ทุกที่ ทุกเวลาที่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ตและสามารถควบคุมการเปิดปิดผ่านรีเลย์ได้สูงสุด 11 ช่องสัญญาณ

อภิปรายผล

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูล เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนวางแผนการออกแบบและพัฒนาเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยระบบ Wifi เพื่อใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งสามารถส่งสัญญาณเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทุกที่ ทุกเวลาที่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ตและสามารถควบคุมการเปิดปิดผ่านรีเลย์ได้สูงสุด 11 ช่องสัญญาณ ซึ่งสอดคล้องกับนายวันชัย รองาม (2558) ที่ได้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นอุปกรณ์พื้นฐานภายในอาคารบ้านเรียน และงานวิจัยของเสฐียรพงษ์ สมบัติใหม่ และคณะ (2557) ที่ได้ทำการพัฒนาระบบควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างผ่าน เครือข่ายไร้สาย รวมถึงสัญชัย เอี่ยมสกุล และคณะ (2560) ชุดควบคุมเวลาการเปิด ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 8 จุดโดย ไมโครคอนโทรเลอร์

เอกสารอ้างอิง

วันชัย รอนาม. (2558). **ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต**. คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

สัญชัย เอี่ยมสกุล และคณะ. (2560). **ชุดควบคุมเวลาการเปิด ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 8 จุดโดยไมโครคอนโทรเลอร์**. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.

เสฐียรพงษ์ สมบัติใหม่ อาทร สิริกุลธมาลา. (2557). **ระบบควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างผ่านเครือข่ายไร้สาย**. คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราช.

รายละเอียด NodeMCU ESP8266 . [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา cpre.kmutnb.ac.th/esl/learning/index.php?article=esp8266-nodemcu (5 พฤศจิกายน 2560)

เว็บไซต์อุปกรณ์ NodeMCU ESP8266 . [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.mcucity.com/product/724/nodemcu-v3-lua-wifi-internet-of-thing-development -board-based-esp8266-iot-ch340 (12 พฤศจิกายน 2560)

ทดสอบการทำงานเบื้องต้น NodeMCU ESP8266 . [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา dtv.mcot.net/data/up_show_m.php?id=1522315585&web=epost&con=1

รายละเอียด Relay. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/ตัวอย่างการใช้งาน-arduino-relay-module-ควบคุมการปิดเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า.html(15 พฤศจิกายน 2560)

เว็บไซต์อุปกรณ์ Relay. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.myarduino.net/product/769/relay-module-5v-8-channel-isolation-control-relay-module-shield-250v-10a(15 พฤศจิกายน 2560)

ระบบเฝ้าระวังและตอบโต้ของอุปกรณ์เครือข่ายผ่าน Cacti ด้วยแอปพลิเคชัน LINE

อิสหาณุรักษ์ ชูพงศ์[1*] รัฐกร ทองเรือง[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบเฝ้าระวังการทำงานของเครื่องแม่ข่ายให้มีความสามารถพร้อมให้บริการอยู่เสมอ ผู้วิจัยจึงได้นำเทคโนโลยี Line Messaging มาทำงานร่วมกับ Cacti ซึ่งเป็นเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ที่ใช้สำหรับดูแลอุปกรณ์บนระบบเครือข่ายโดยสามารถแสดงผลในลักษณะกราฟ รวมถึงจัดการกราฟของแต่ละอุปกรณ์ให้เป็นหมวดหมู่ และสามารถแสดงข้อมูลย้อนหลังได้ การทำงานของระบบประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ 1) ระบบเฝ้าระวังและตอบโต้ของอุปกรณ์ เมื่อเครื่องแม่ข่ายมีสถานะหยุดให้บริการ หรือเรียกใช้ทรัพยากรถึงค่าที่กำหนดตรงตามเงื่อนไขที่ผู้ดูแลระบบกำหนดไว้ และ 2) ระบบบริหารจัดการระบบตอบโต้ผู้ใช้งานสำหรับผู้ดูแล สำหรับกำหนดสิทธิ์เรียกใช้ข้อมูลทรัพยากรของเครื่องแม่ข่ายผ่านแอปพลิเคชันไลน์ และเพื่อเป็นการป้องกันผู้ไม่ประสงค์ดี ทำให้เครื่องแม่ข่ายหยุดให้บริการ ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบเฝ้าระวังและตอบโต้ของอุปกรณ์พบว่าระบบเฝ้าระวังและตอบโต้ของอุปกรณ์ ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องรวมทั้งสามารถคาดการณ์และช่วยเหลือผู้ใช้งานในกรณีที่ป้อนชุดคำสั่งไม่ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนด ซึ่งยังแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันการหยุดให้บริการของเครื่องแม่ข่าย และสามารถลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการแจ้งเตือนผ่านช่องทางอื่น เช่น การแจ้งเตือนผ่านข้อความสั้น (SMS) ผู้วิจัยได้ประเมินความพึงพอใจของระบบด้วยการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการพัฒนาระบบเฝ้าระวังและตอบโต้ของอุปกรณ์เครือข่ายผ่าน Cacti ด้วยแอปพลิเคชัน LINE โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่ามีค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจของระบบอยู่ในเกณฑ์ที่ดี (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.28) จึงแสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาในระดับความพึงพอใจมาก แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมามีความเหมาะสมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ด้านการเฝ้าระวังการทำงานของเครื่องแม่ข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: โพโตคอลเอสเอ็นเอ็มพี การเฝ้าระวัง ไลน์

[1]กองคอมพิวเตอร์และเครือข่าย การประปาส่วนภูมิภาค สำนักงานใหญ่ จังหวัดกรุงเทพฯ e-mail: issaranurakc@pwa.co.th

[2]กองคอมพิวเตอร์และเครือข่าย การประปาส่วนภูมิภาค สำนักงานใหญ่ จังหวัดกรุงเทพฯ e-mail: ratthakornt@pwa.co.th

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: issaranurakc@pwa.co.th*

MONITORING AND INTERACTION VIA CACTI WITH LINE APPLICATION

Issaranurak Choopong[1*] Ratthakorn Thongruang[2]

Abstract

The purpose of this research is to develop a system for monitoring the operation of server to be more diverse and faster. Reducing or regression of network performance could cause damage to the organization as high value. Using the Line Messaging API along with Cacti, a web application for network monitoring include networked devices and graphs. The result of the server monitoring will reported via LINE application. This develop system consist of 2 components, which are 1) Notification and Interaction via Cacti with LINE Messaging API, when the server has a status change, resource usage and 2) The Management system for administrators and protect against malicious users to stealing information or cause the server to stop serving. From the simulation results on Monitoring and Interaction via Cacti with LINE Application system tests, it was found that has been able to accurately detect and interact with LINE applications, as well as predictive user requirements when the form of the invalid command. Finally the two systems were evaluate by user that most satisfied with good. Finally the two systems were evaluate by user that most satisfied with good. The system usability evaluation is good with mean equal 4.40 and standard deviation equal 0.28. It can also reduce the cost notifications through other channels with SMS notifications. Therefore, the proposed system can be applied to use as a tool for monitoring the operation of server.

Keywords: Simple Network Management Protocol, Cacti, Line, Monitoring

[1]*Computer and Network Division, Provincial Waterworks Authority, Head Office*
e-mail: issaranurakc@pwa.co.th
[2]*Computer and Network Division, Provincial Waterworks Authority, Head Office*
e-mail: ratthakornt@pwa.co.th
** Corresponding author, e-mail: issaranurakc@pwa.co.th*

บทนำ

ปัจจุบันนโยบายของภาครัฐและภาคเอกชนให้ความสำคัญต่อการเชื่อมโยงข้อมูลข่าวสารโดยใช้เทคโนโลยีทั้งซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์หลายรูปแบบเช่น อุปกรณ์เครือข่าย อินเทอร์เน็ตและเครือข่ายสังคมออนไลน์ มาสนับสนุนการทำงานให้มีประสิทธิภาพและขับเคลื่อนองค์กรให้มีความทันสมัย การบริหารจัดการระบบการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายนั้นจะอยู่กระจัดกระจาย ยากต่อการที่จะรวบรวมข้อมูลหรือจัดการอุปกรณ์เครือข่ายที่อยู่ห่างไกลจากที่ทำงาน รวมทั้งมีเครื่องแม่ข่ายที่ให้บริการเพิ่มขึ้น การจัดการระบบเครือข่าย (Network Management System: NMS) จึงจำเป็นต้องเฝ้าระวังประสิทธิภาพเครื่องแม่ข่ายอยู่เสมอ เพื่อให้ระบบเครือข่ายสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและพร้อมใช้งานตลอดเวลา

เว็บแอปพลิเคชัน เช่น Nagios, Cacti และ Zabbix เป็นตัวอย่างของเครื่องมือที่เข้ามาช่วยบริหารจัดการระบบเครือข่ายที่นิยมใช้ในปัจจุบัน โดยมีหลักการทำงานคือ เมื่อระบบเครือข่ายเกิดความผิดปกติขึ้นระบบจะแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลระบบทราบผ่านช่องทางที่กำหนดไว้ เช่น จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) หรือข้อความสั้น (Short Message Service: SMS) ซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น รวมไปถึงรายละเอียดของข้อมูลที่ไม่สามารถดูเพิ่มเติมหรือแสดงผลเป็นกราฟ หากผู้ดูแลระบบต้องการทราบรายละเอียดเพิ่มเติมจะต้องเปิดโปรแกรมที่ใช้ในการจัดการบริหารเครือข่ายโดยเฉพาะ ทำให้ยุ่งยากต่อการใช้งานและแก้ไขปัญหา

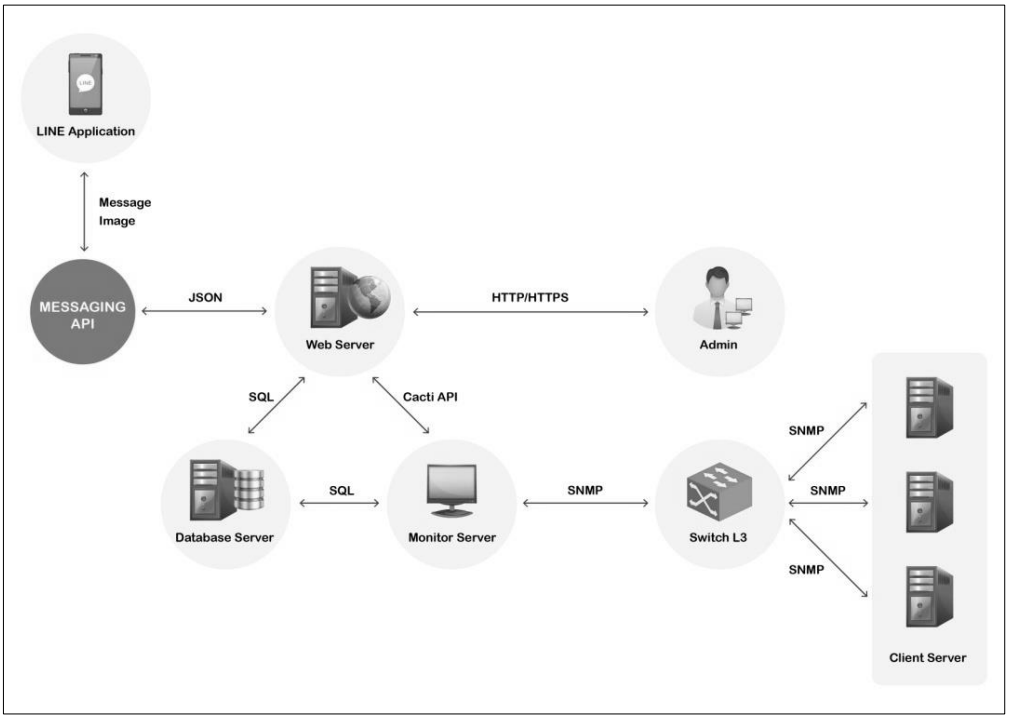
ผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาระบบเฝ้าระวังและนำเสนอช่องทางการแจ้งเตือน รวมไปถึงตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์เครือข่ายผ่านแอปพลิเคชันไลน์ มีคุณสมบัติที่สำคัญคือ สามารถกระจายข้อมูลและตอบโต้กับผู้ใช้งานโดยไม่มีค่าใช้จ่าย สามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้นและสามารถเรียกดูรายละเอียดข้อมูลเพิ่ม เช่น การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ในเครือข่าย การทำงานของหน่วยประมวลผลกลางของเครื่องแม่ข่าย เส้นทางการจราจรของเครื่องแม่ข่ายที่ Cacti ให้บริการ ผู้ใช้งานสามารถร้องขอข้อมูลเหล่านี้ผ่านช่องทางแอปพลิเคชันไลน์ โดยไม่จำเป็นต้องเสียเวลาในการแก้ไขผ่านโปรแกรมที่ใช้ในการจัดการบริหารเครือข่ายเพียงอย่างเดียว จะทำให้การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบเครือข่ายสามารถทำได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบเฝ้าระวังและตอบโต้ของอุปกรณ์เครือข่ายผ่าน Cacti ด้วยแอปพลิเคชัน LINE
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

วิธีดำเนินการวิจัย

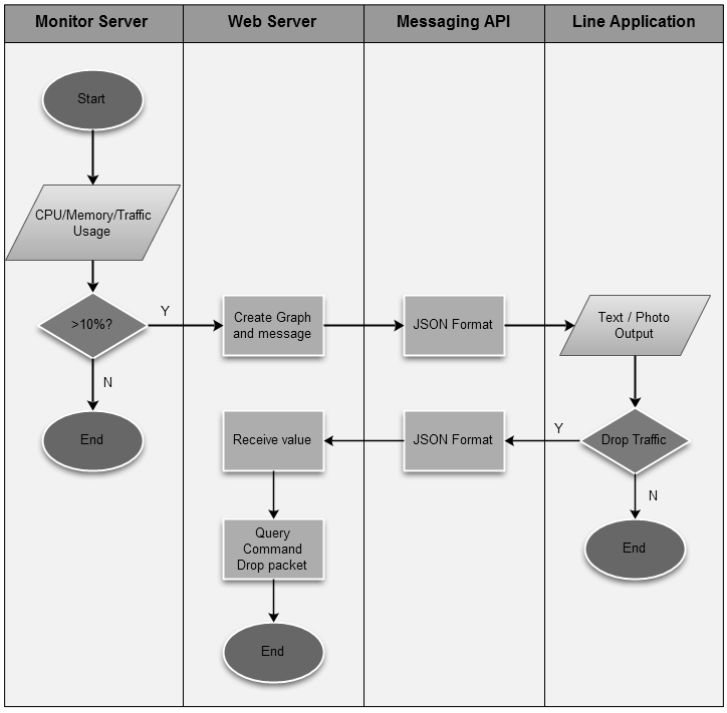
งานวิจัยได้พัฒนาระบบเฝ้าระวังและตอบโต้โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Line Messaging API ร่วมกับอุปกรณ์เครือข่ายผ่าน Cacti ซึ่งเป็นเว็บแอปพลิเคชันที่ใช้สำหรับตรวจสอบเครื่องแม่ข่ายหรืออุปกรณ์เครือข่ายซึ่งเป็นอุปกรณ์กระจายสัญญาณแล้วส่งข้อมูลรายงานผลที่ Monitor Server หลังจากนั้นจะส่งค่าผ่านทาง Cacti API กลับมาที่ Web Server ผ่านได้ทั้งโปรโตคอล HTTP และ HTTPS ประมวลผลข้อมูลแล้วจึงส่ง ไปที่ Line Messaging API เพื่อส่งต่อข้อมูลไปยังผู้ใช้งานผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ ส่วนการรับส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานผ่านแอปพลิเคชันไลน์กับ Web Server จะเป็นการรับส่งในรูปแบบ JSON แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ภาพรวมของระบบเฝ้าระวังและตอบโต้ของอุปกรณ์เครือข่ายผ่าน Cacti ด้วยแอปพลิเคชัน LINE

การพัฒนาระบบนี้ได้ใช้ Nginx ในการพัฒนา ร่วมกับ Cacti บนระบบปฏิบัติการ Linux Ubuntu และพัฒนาระบบบริหารจัดการระบบตอบโต้ด้วยภาษา PHP, Python รวมไปถึงฐานข้อมูล MySQL เก็บข้อมูล ระบบเฝ้าระวังและตอบโต้ของอุปกรณ์เครือข่าย ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบไปด้วย 3 ฟังก์ชัน ดังนี้

1. ฟังก์ชันแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์จะทำหน้าที่ในการแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลระบบ เมื่อสถานะของเครื่องแม่ข่ายเปลี่ยนไปหรือหยุดทำงาน ระบบจะเปรียบเทียบค่า Threshold ทรัพยากรของเครื่องแม่ข่าย เช่น CPU, Memory, Disk และTraffic จากฐานข้อมูลมาสร้างเงื่อนไขกับค่า Threshold ที่กำหนดหากมีค่าสูงเกินกว่ามาตรฐานระบบจะแจ้งเตือนผ่านไปยังแอปพลิเคชันไลน์ของผู้ดูแลระบบ โดยผู้ดูแลระบบสามารถตัดสินใจระงับปริมาณข้อมูลที่วิ่งผ่านเครือข่าย มีกระบวนการทำงานของฟังก์ชัน แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กระบวนการแจ้งเตือนผ่าน Messaging API

2. ฟังก์ชันตอบโต้ผ่านแอปพลิเคชันไลน์จะทำหน้าที่ในการรับข้อมูล จากแอปพลิเคชันไลน์ของผู้ใช้งานเข้ามาประมวลผลแล้วส่งค่ากลับไปยังแอปพลิเคชันไลน์ของผู้ใช้งานในรูปแบบข้อความหรือรูปภาพ รวมถึงระบบสามารถตรวจสอบรูปแบบของข้อมูลที่เข้ามาว่าเป็นไปตามรูปแบบที่กำหนดหรือไม่ หากไม่เป็นไปตามรูปแบบที่กำหนด ระบบจะคาดการณ์ข้อมูลเพื่อประมวลผลชุดคำสั่ง แสดงดังภาพที่ 3 รูปแบบคำสั่งที่รองรับ ดังนี้

2.1 show devices : แสดงสถานะเครื่องแม่ข่ายทั้งหมด

2.2 show time traffic all : แสดงเวลาเครื่องแม่ข่ายที่ถูกระงับเส้นทางการจราจรทั้งหมด

2.3 show time traffic [IP เครื่อแม่ข่าย] : แสดงเวลาเครื่องแม่ข่ายที่ ถูกระงับเส้นทาง โดยเจาะจง

2.4 [IPเครื่องแม่ข่าย] [Mem/CPU/Disk/Traffic] [จำนวนชั่วโมงที่ต้องการดูย้อนหลัง] : ดูการใช้งาน Mem/CPU/Disk/Trafficเครื่องแม่ข่ายตามช่วงเวลาที่กำหนดโดยแสดงในรูปแบบกราฟ หากไม่ระบุ จำนวนชั่วโมงย้อนหลังหรือระบุ 0 หมายถึง ต้องการดูทรัพยากร ณ ขณะนั้นเช่น “10.10.0.59 Mem 0”

2.5 help : ดูรูปแบบของคำสั่งระบบบริหารจัดการระบบตอบโต้

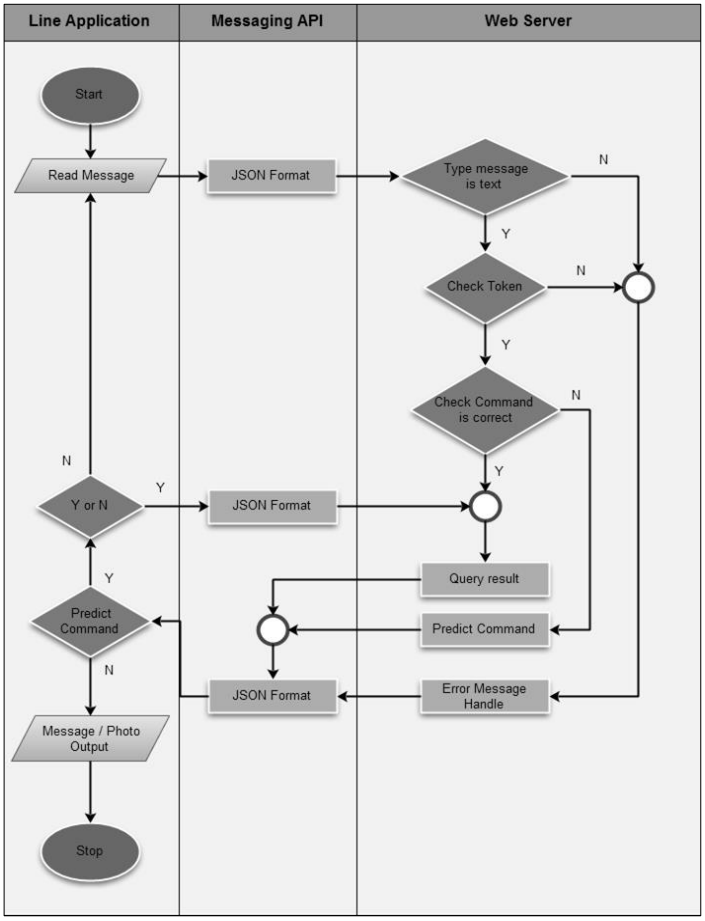
3. ฟังก์ชันสำหรับผู้ดูแลระบบ จัดการเรียกใช้ข้อมูลเครื่องแม่ข่าย จะสามารถกำหนดสิทธิ์ ผู้ใช้งานเข้าใช้สู่ระบบ โดยจะประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงาน 4 ส่วน แสดงรายละเอียดดังนี้

3.1 ระบบแจ้งเตือน สำหรับจัดการผู้มีสิทธิ์ใช้งานระบบ โดยอ้างอิงจาก Line Token ID

3.2 ระบบจัดการชุดคำสั่ง สำหรับตรวจสอบและคาดการณ์ข้อความที่ไม่ตรงตามรูปแบบ

3.3 ระบบข้อมูลจราจรระบบ สำหรับค้นหาประวัติการเข้าใช้งานระบบโต้ตอบของผู้ใช้งาน

3.4 ระบบจัดการเครื่องแม่ข่าย สำหรับเก็บข้อมูลการให้บริการเครื่องแม่ข่ายเพื่อระงับเส้นทาง

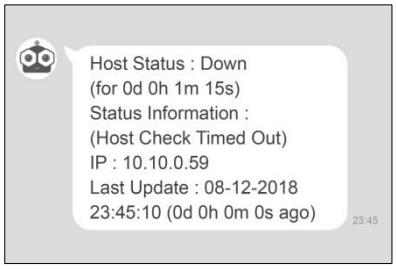


ภาพที่ 3 กระบวนการตอบโต้ผ่านแอปพลิเคชันไลน์

ผลการวิจัย

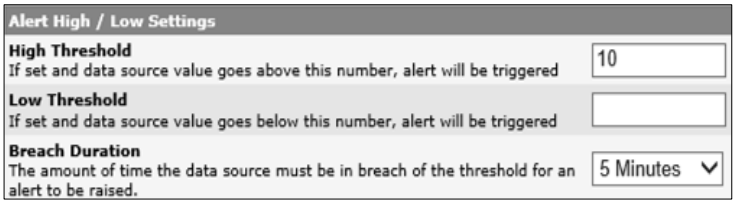
จากแนวคิดการออกแบบและพัฒนาระบบดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ทดสอบกับเครื่องแม่ข่ายที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows Server 2012 และได้เปิดใช้บริการ SNMP ซึ่งใช้สำหรับเชื่อมต่อเข้ากับ Web Server เพื่อตรวจดูกิจกรรมที่เกิดขึ้นกับเครื่องแม่ข่าย และสามารถติดต่อสื่อสารไปยังอุปกรณ์เครือข่ายที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกัน ผู้วิจัยได้จำลองสภาพแวดล้อมรวมถึงทดสอบระบบเมื่อเกิดปัญหาขึ้น แสดงรายละเอียด ดังนี้

1. ทดสอบฟังก์ชันเฝ้าระวัง ดำเนินการตั้งค่าแจ้งเตือนเมื่อเครื่องแม่ข่ายเปลี่ยนสถานะการให้บริการและทดสอบหยุดให้บริการ SNMP บนเครื่องแม่ข่ายระบบปฏิบัติการ Windows Server 2012 ข้อความแจ้งเตือนจะถูกส่งไปยังผู้ดูแลระบบผ่านแอปพลิเคชันไลน์ได้ทราบถึงกิจกรรมที่กำลังเกิดขึ้น แสดงดังภาพที่ 4

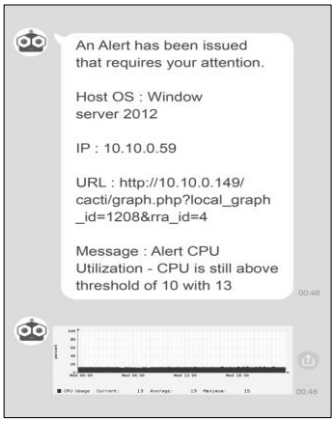


ภาพที่ 4 การทดสอบหยุดให้บริการ SNMP บนเครื่องแม่ข่าย

ดำเนินการปรับแต่งค่า Threshold ทรัพยากรของเครื่องแม่ข่าย หากมีค่ามาตรฐานสูงกว่าที่กำหนด งานวิจัยนี้ทดสอบกำหนดค่ามาตรฐานคือ มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ระบบจะแจ้งเตือนผ่านไปยังแอปพลิเคชันไลน์ของผู้ดูแล แสดงดังภาพที่ 5 เมื่อค่า CPU, Memory, Disk, Traffic มีค่าสูงกว่าที่กำหนดคือมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ และระบบจะส่งข้อความ พร้อมกราฟแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ของผู้ดูแล แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 5 การปรับแต่งค่า Threshold บนโปรแกรม Cacti



ภาพที่ 6 ข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลระบบ

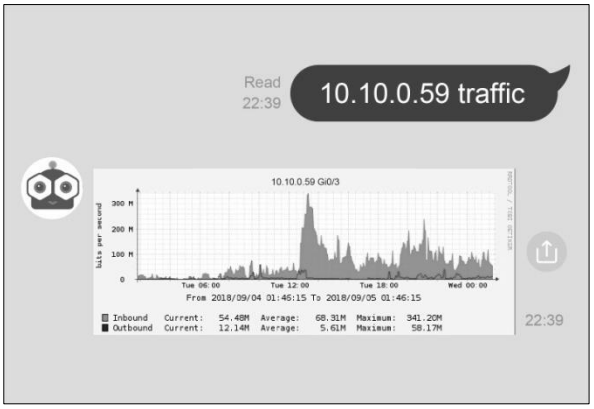
2. การทดสอบผลฟังก์ชันตอบโต้ โดยผู้ใช้งานจะต้องป้อนชุดคำสั่งเข้ามาบนแอปพลิเคชันไลน์เพื่อเรียกให้แสดงรายงานกราฟปริมาณข้อมูล ที่ใช้งานในช่วงปัจจุบัน ดังนี้ “10.10.0.59 tr” เป็นคำสั่งที่ระบุทรัพยากรไม่

ถูกต้อง โดยตามรูปแบบระบบจะคาดการณ์ทรัพยากรและส่งผลกลับมาให้ผู้ใช้งานยืนยันอีกครั้ง เมื่อดำเนินการเลือกทรัพยากร ระบบจะดำเนินการสร้างชุดคำสั่งที่ถูกต้องคือ “10.10.0.59 traffic” แสดงดังภาพที่ 7

ภาพที่ 7 การตอบโต้กับผู้ใช้งานเมื่อป้อนคำสั่งไม่ครบถ้วน

ผู้ใช้งานต้องการแสดงทรัพยากรที่ระบบให้บริการ ระบบจะแสดงทรัพยากรที่สามารถเรียกดูข้อมูลบนเครื่องแม่ข่าย แสดงดังภาพที่ 8 ผู้ใช้งานเลือกทรัพยากรตามความต้องการของผู้ใช้งาน ระบบประมวลผลสร้างคำสั่งที่ถูกต้อง ให้เป็นไปตามรูปแบบที่กำหนดคือ “10.10.0.59 traffic” แสดงดังภาพที่ 9

ภาพที่ 8 การตอบโต้เสนอทรัพยากรของเครื่องแม่ข่าย



ภาพที่ 9 การตอบโต้แสดงทรัพยากรที่ผู้ใช้งานดำเนินการร้องขอ

ทั้งนี้ระบบจะสามารถแจ้งเตือนเมื่อมีกิจกรรมที่มีความผิดปกติหรือเครื่องแม่ข่ายถูกคุกคามจากผู้ไม่ประสงค์ดี หากพบว่ามีปริมาณข้อมูลที่วิ่งบนเครือข่ายมีค่าสูงผิดปกติ ระบบจะแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแล โดยจะแสดงรายงาน ผู้ดูแลตัดสินใจระงับข้อมูลที่สื่อสารอยู่กับเครื่องแม่ข่ายผ่านแอปพลิเคชันไลน์ แสดงดังภาพที่ 10

ภาพที่ 10 ระบบตอบโต้กับผู้ใช้งานสำหรับระงับปริมาณข้อมูล

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การประเมินความพึงพอใจของระบบเฝ้าระวังและตอบโต้ของอุปกรณ์เครือข่ายผ่าน Cacti ด้วยแอปพลิเคชันไลน์โดยผู้เชี่ยวชาญ ในด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและเครือข่ายจำนวน 7 ท่าน สามารถสรุปผลการประเมินแต่ละด้านได้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้าน Functional Test	4.46	0.30	ดี
ด้าน Usability Test	4.38	0.27	ดี
ด้าน Performance Test	4.30	0.26	ดี
ด้าน Security Test	4.47	0.31	ดี
ผลสรุปการประเมิน	4.40	0.28	ดี

จากการพัฒนาระบบเฝ้าระวังและตอบโต้ของอุปกรณ์เครือข่ายผ่าน Cacti ด้วยแอปพลิเคชันไลน์ ซึ่งผลงานวิจัยมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้และมีผลการประเมินประสิทธิภาพจากผู้เชี่ยวชาญ จากตารางที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจอยู่ที่ 4.40 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.28 ซึ่งอยู่ในระดับดี ในส่วนของการเฝ้าระวังการทำงานของเครื่องแม่ข่าย ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยของชะห์ลันและรุสลัน งานวิจัยของอติชาต รวมไปถึงงานวิจัยของภัทรวิทย์ และงานวิจัยของวิภาพร จะมุ่งเน้นการเฝ้าระวังทรัพยากรและสภาพแวดล้อมของเครื่องแม่ข่ายเป็นหลัก ทั้งนี้ยังมีความสอดคล้องกันในด้านการแจ้งเตือนเหตุการณ์ที่ผิดปกติไปยังผู้ดูแลระบบผ่านโพโตคอลเอสเอ็นเอ็มพี ซึ่งงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นนี้ยังไม่สามารถระงับข้อมูลที่เข้ามาคุกคามเครื่องแม่ข่ายได้ งานวิจัยนี้ได้เห็นถึงความสำคัญของปริมาณข้อมูลที่เข้ามาติดต่อกับเครื่องแม่ข่าย ปัจจุบันภัยคุกคามทางระบบเครือข่ายได้เจาะจงโจมตีภาครัฐและหน่วยงานราชการมากขึ้น ผู้ไม่ประสงค์ดีนำวิธีการส่งข้อมูลปริมาณมหาศาลเข้ามาสู่เครื่องแม่ข่าย เพื่อให้เครื่องแม่ข่ายหยุดให้บริการ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อทรัพย์สินหรือชีวิตของเจ้าพนักงาน ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีการเฝ้าระวังเหตุการณ์ของเครื่องแม่ข่ายอยู่เสมอ

ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถระงับข้อมูลปริมาณมหาศาลที่เข้ามาติดต่อกับเครื่องแม่ข่าย ได้ทันท่วงที อีกทั้งผู้วิจัยยังเพิ่มความสะดวกสำหรับผู้ใช้งานในการป้อนชุดคำสั่งด้วยฟังก์ชันคาดการณ์ชุดคำสั่งหากพิมพ์ชุดคำสั่งที่ไม่ตรงตามรูปแบบที่กำหนด ทั้งนี้มีความสามารถในการรักษาความปลอดภัยด้วยวิธีพิสูจน์ตัวตนจาก Line Token ID เพื่อตรวจสอบสิทธิ์ผู้ใช้งานการเข้าถึงทรัพยากรของเครื่องแม่ข่ายและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ด้านในการเฝ้าระวังการทำงานของเครื่องแม่ข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ ที่สามารถรองรับการใช้งานโปรโตคอล SNMP และเพิ่มความรวดเร็วในการตอบสนอง รองรับรูปแบบการโจมตีในรูปแบบที่แตกต่างมากยิ่งขึ้น การเรียนรู้จำพฤติกรรมของมัลแวร์ การบ่งชี้ถึงพฤติกรรมที่มีภัยคุกคามต่อเครื่องแม่ข่าย รวมถึงตรวจสอบข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์เข้าถึงบริการของเครื่องแม่ข่าย การสื่อสารในช่องทางที่ต้องสงสัย และแจ้งเตือนจุดอ่อนของเครื่องแม่ข่าย ทั้งนี้สามารถทำนาย

ถึงเหตุการณ์ที่กำลังจะเกิดขึ้นภายในอนาคต หรือคุณสมบัติในการแจ้งเตือนผ่านเสียงเมื่อผู้ดูแลระบบไม่ได้ตอบโต้ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ภายในระยะเวลาที่กำหนด

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีโดยได้รับความร่วมมือและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ผู้บังคับบัญชา เพื่อนร่วมงาน ที่ให้คำปรึกษา และความช่วยเหลืออันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ที่เป็นกำลังใจและอยู่เคียงข้างมาโดยตลอดทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ชวกร ไพจิตโรจนา. (2555). **การพัฒนาระบบมอนิเตอร์ของเครื่องเสมือนเพื่อสร้างเส้นมาตรฐานโดยประยุกต์ใช้โปรโตคอลเอสเอ็นเอ็มพีกรณีศึกษามหาวิทยาลัยศรีปทุม**. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ชวลิศร์ ปรุงสุคนธ์. (2551). **ระบบตรวจสอบอุปกรณ์เราท์เตอร์และค้นหาผู้ไม่ได้รับอนุญาตบน LAN ผ่าน SNMP**. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ซะห์ลัน เหสามี และ รุสลัน หะมะ. (2560). **ระบบแจ้งเตือนความปลอดภัยในห้องเซิร์ฟเวอร์ผ่านแอปพลิเคชันไลน์**. โครงการหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

นัฐพงษ์ บุญวงศ์. (2554). **ระบบเฝ้าระวังการให้บริการอินเทอร์เน็ตผ่านโพรโทคอล SNMP**. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

บัณฑิต นุสโส และพสธร ปุระเทพ. (2552). **โครงการพัฒนาซอฟแวร์ตรวจสอบการทำงานอุปกรณ์ในระบบเครือข่าย โดยใช้โพรโตคอล SNMP**. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตและสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ภัทรวิทย์ เอี่ยมจะโร. (2559). **ระบบตรวจสอบความปลอดภัยสภาพแวดล้อมของโหนด กรณีศึกษาบริษัท อินเตอร์ลิ้ง เทเลคอม จำกัด (มหาชน)**. สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครือข่าย คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

ยอดชัย คำปัน. (2557). ระบบควบคุมตรวจสอบและเฝ้าดูสถานะอุปกรณ์เครือข่ายโดยใช้โพรโตคอล SNMP กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตและสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยพะเยา.

วิภาพร คีรินทร์. (2555). **ระบบเฝ้าสังเกตข้อผิดพลาดสำหรับอุปกรณ์เครือข่าย**. สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

สันทัด มาทน. (2557). **ระบบตรวจสอบการทำงานเครื่องแม่ข่าย**. สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

สาธิต ผาใต้. (2553). ระบบเฝ้าสังเกตเครือข่ายผ่านเว็บโดยใช้เอสเอ็นเอ็มพีโพรโตคอลและเอสเอ็มเอสเทคนิค. การศึกษาอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อติชาต พัชรภัค. (2559). **ระบบการแจ้งเตือนและตอบโต้ของ ZABBIX ผ่านแอปพลิเคชัน LINE**. สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

เครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซลผสมแบบไม่แยกกลีเซอลีนสำหรับเครื่องยนต์ทางการเกษตร

จารุกิตติ์ พิบูลนฤดม[1*], ภาคิณ มณีโชติ[1], วรายุทธ พิลึก[1], ทศพล ทองห่อ[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซลผสมแบบไม่แยกกลีเซอลีนและผลิตน้ำมันไบโอดีเซลผสม โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลรุ่น RT 110 เพื่อหาประสิทธิภาพของน้ำมันไบโอดีเซลผสมจากส่วนผสม โดยน้ำมันไบโอดีเซลผสมประกอบด้วยส่วนผสม 3 ชนิดคือ น้ำมันพืชใช้แล้ว น้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซล ทั้งหมด 5 สูตร ตามอัตราส่วนผสมดังนี้ คือ 1) 500ml/60ml/50ml, 2) 500ml/60ml/100 ml, 3) 500ml/60ml/150ml, 4) 500ml/60 ml/200ml และ 5) 500ml/60ml /250ml. จากนั้นได้ทำการตรวจสอบเบื้องต้นโดยการใช้กระดาษลิสมัสวัดค่าความเป็นเกด-เบส มีค่าเท่ากับ 6.2 และใช้ไฮรดอร์มิเตอร์วัดค่าความความถ่วงจำเพาะมีค่าเท่ากับ 0.857 g/ml ซึ่งได้ค่าตามมาตรฐาน เมื่อนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล RT 110 นั้น พบว่า เครื่องยนต์สามารถสตาร์ทได้ในเวลา 5.11 , 28.25 , 42.84 , 34.49 , และ 45.89 นาทีตามลำดับสูตรดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้ จากการทดสอบพบว่าน้ำมันไบโอดีเซลผสมที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการนำมาผลิตน้ำมันไบโอดีเซลผสมแบบไม่แยกกลีเซอลีนอัตราส่วน สูตรที่1) 500ml/60ml/50mlมีระยะเวลาในการเดินเครื่องยนต์นานที่สุดเฉลี่ยอยู่ที่ 51.11 นาที

คำสำคัญ : น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว เครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซล เครื่องยนต์ดีเซล

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร 69 หมู่ 1 ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร Email: j.piboolnaruedom@yahoo.com

THE NON - GLYCERIN MIXED BIODIESEL MACHINE FOR AGRICULTURAL ENGINE

Jarukit piboolnaruedom[1], Pakin maneechot[1], Walayut piluek[1], Thodsaphon thongho[1]

Abstract

This research aims to create mixed biodiesel fuel does not separate the glycerol Machine and produce mixed biodiesel by used vegetable oil for operate diesel agricultural engine models RT 110 to determine the efficiency of mixed biodiesel of ingredients. The mixed biodiesel contains 3 types of used vegetable oil, diesel and gasoline oil then that have 5 recipes by mixing the following: 1) 500ml/50ml/60ml, 2) 500ml/100ml/60ml, 3) 500ml/150ml/60ml., 4) 500ml/200ml/60ml and 5) 500ml/250ml/60ml. then conducted a preliminary investigation measure about Acid - base equal to 6.2 by the litmus paper and measure the specific gravity value of 0.857 g/ml by hydrometer that like the standard value of biodiesel. When tested with a diesel engine can operate diesel agricultural engine models RT 110 at 5.11, 28.25, 42.84, 34.49, and 45. 89 minutes respectively. Finally, the test was found that the biodiesel mixture was effective and suitable for mixed biodiesel fuel oil production. the longest average time to operate diesel agricultural engine is 51. 11 minutes by mixed biodiesel ratio formula 1) 500ml/60ml/50ml.

Keyword: used vegetable oil, biodiesel engine, diesel engine

[1] Email: j.piboolnaruedom@yahoo.com

บทนำ

การใช้น้ำมันในประเทศไทยมีการใช้พลังงานอย่างสูงขึ้นและพลังงานที่เป็นตัวหลักในการใช้งานในชีวิตประจำวันก็คือ น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน และ แก๊สโซฮอล์ เป็นต้น ในปัจจุบันราคาน้ำมันได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีความต้องการสูงการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศก็มีค่าใช้จ่ายสูง เช่น การนำเข้าน้ำมันดิบก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นตัวแปรที่ทำให้ราคาน้ำมันภายในประเทศมีราคาสูง น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันที่ถูกใช้มากในอุตสาหกรรม การขนส่ง (กรมธุรกิจพลังงาน) หลังจากการเกิดวิกฤตน้ำมันโลกได้มีการเริ่มตื่นตัว โดยมีการคิดค้นวิจัยพลังงานทดแทนเพื่อเป็นแหล่งพลังงานสำรองในอนาคต โดยเฉพาะพลังงานธรรมชาติ พลังงานหมุนเวียน และศึกษา วัตถุดิบที่หาได้ง่ายและมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับน้ำมันดีเซล จึงมีการทดลองกับน้ำมันพืชและพบว่าในน้ำมันพืชนั้นสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลได้ การนำน้ำมันไบโอดีเซลมาทดลองใช้กับเครื่องมือทางการเกษตรพบว่าผลที่ได้จากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลมีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล การใช้น้ำมัน

ไบโอดีเซลมาทดแทนจึงเป็นกลุ่มพลังงานทางเลือกที่สามารถลดการนำเข้าน้ำมันดิบและเป็นการนำน้ำมันที่ใช้แล้วกลับมาผลิตเป็นไบโอดีเซลยังช่วยลดมลพิษจากการทิ้งน้ำมันได้อีกด้วย ปัจจุบันราคาน้ำมันได้สูงขึ้นการน้ำเข้าน้ำมันดิบและการน้ำข้าวของน้ำมันสำเร็จรูปมีอัตราการใช้เพิ่มขึ้นโดยราคาการผลิตหน้าโรงกลั่นอยู่ในระดับ 70-73 ดอลลาร์สหรัฐต่อบาร์เรล หรือราคาขายปลีกอยู่ที่ประมาณ 29-35 บาท/ลิตร จึงมีการคิดค้นหาสิ่งที่สามารถให้พลังงานที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมาทดแทนเพื่อเป็นทางเลือกของกลุ่มประชาชนและประเทศเพื่อเป็นการประหยัดเงินในประเทศและช่วยลดมลพิษจากการทิ้งน้ำมันในชุมชนบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร อ.เมือง จ.กำแพงเพชร เป็นพื้นที่ที่มีการขายอาหาร ประเภทอาหารทอดต่าง ๆ เช่น ไก่ทอด ลูกชิ้นทอด หมูทอด เป็นต้น จากการสำรวจพบว่า ร้านอาหารเป็นร้านที่นำน้ำมันพืชมาใช้ประกอบอาหารเป็นจำนวนมากเพื่อจำหน่ายในแต่ละวัน

ดังนั้น ผู้ศึกษาวิจัยไบโอดีเซลจึงมีความคิดที่จะทำให้น้ำมันเหล่านี้เกิดประโยชน์ได้แนวคิดที่จะสร้างเครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซลผสมแบบไม่แยกกลีเซอลีนและนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซลผสมเพื่อใช้กับเครื่องมือทางการเกษตรแล้วยังช่วยลดปัญหาจากการเกิดมลพิษเพื่อนำมาเป็นพลังงานเชื่อเพลิงอีกทั้งช่วยให้ชาวบ้านและชุมชนตระหนักถึงคุณค่าของน้ำมันและเห็นความสำคัญของพลังงานเชื้อเพลิงเพื่อเป็นจุดเริ่มต้นลดต้นทุนในการนำเข้าทรัพยากรจากต่างประเทศอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบเครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซลผสมแบบไม่แยกกลีเซอรีนกึ่งอัตโนมัติ
2. เพื่อผลิตน้ำมันไบโอดีเซลผสมแบบไม่แยกกลีเซอลีนจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว
3. เพื่อหาประสิทธิภาพน้ำมันไบโอดีเซลแบบไม่แยกกลีเซอลีน

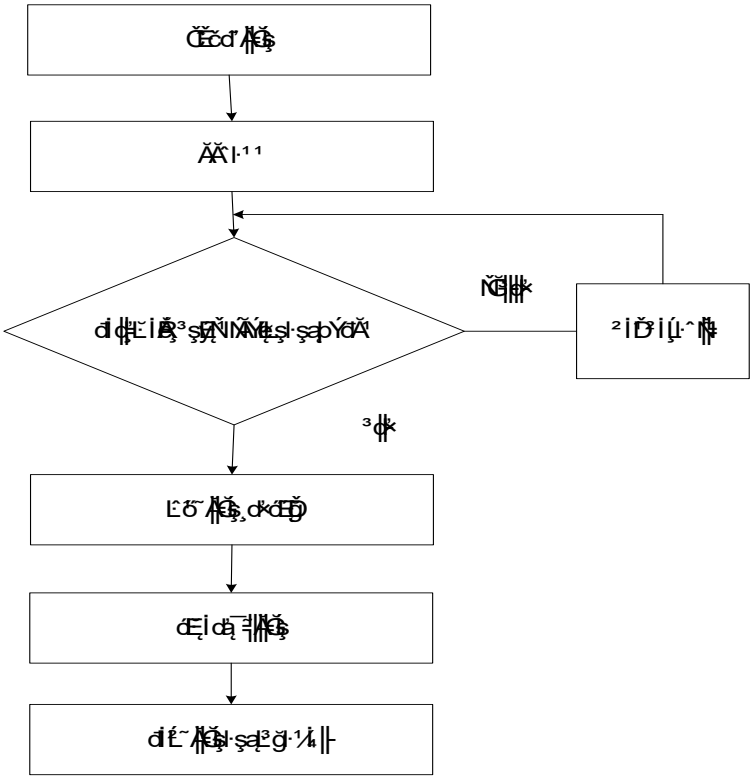
นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ไบโอดีเซล หมายถึง เป็นพลังงานเชื้อเพลิงที่ได้จากการนำน้ำมันพืชที่ใช้แล้วนำกลับผ่านกระบวนการผลิตจากเครื่องผลิตไบโอดีเซลที่ศูนย์พลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรซึ่งเป็นพลังงานทดแทนที่สามารถใช้แทนน้ำมันดีเซลได้

2. น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว หมายถึง น้ำมันพืชที่ใช้แล้วร้านอาหารบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรที่ใช้ในการประกอบอาหารประเภทของทอด

เครื่องผลิตไบโอดีเซล หมายถึง เครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบหม้อต้มผ่านตัวกรองในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

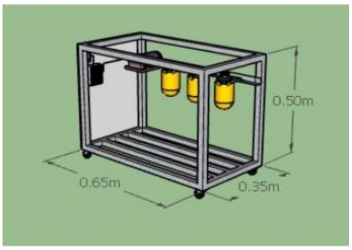
วิธีการดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

การออกแบบเครื่องผลิตไบโอดีเซลผสมแบบไม่แยกกลีเซอรีน

จาการศึกษาข้อมูลการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลผสมแบบไม่แยกกลีเซอรีนได้มีการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลผสมแบบไม่แยกกลีเซอรีนดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3



ภาพที่ 2 การออกแบบเครื่องผลิตไบโอดีเซลผสมแบบไม่แยกกลีเซอลีน

ภาพที่ 3 เครื่องผลิตไบโอดีเซลผสมแบบไม่แยกกลีเซอลีน

วิธีการทดลอง

1. นำน้ำมันพืชที่ใช้แล้วมาตากแดดอย่างน้อย 7 วัน เพื่อไล่ความชื้นในน้ำมันและให้น้ำมันตกตะกอนจนเป็นสีเหลืองส้มกรองน้ำมันพืชที่ใช้แล้วกับผ้าขาวบางเพื่อนำสิ่งปนเปื้อนออกจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว ดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 นำน้ำมันพืชที่ใช้แล้วมาใส่ภาชนะตากแดดเพื่อไล่ความชื้นแล้วน้ำมากรองด้วยผ้าขาวบาง

2. นำน้ำมันที่กรองได้มาต้มเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และรอให้น้ำมันเย็นตัวลงแล้วตกตะกอนจะได้น้ำมันที่มีความหนืดน้อยและสีส้ม ภาพที่ 5

ภาพที่ 1.5 ต้มเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ100 องศาเซลเซียสและรอให้น้ำมันเย็นตัวลงแล้วตกตะกอน

3. นำน้ำมันพืชที่ใช้แล้วจากข้อที่ 2 นำมาผ่านกระบวนการผลิตในเครื่องผลิตไบโอดีเซลผสมแบบไม่แยกกลีเซอลีนโดยจะผ่านกรองทั้งหมด 2 ชุดแรก เพื่อกรองทำความสะอาดของน้ำมันและไม่มีสิ่งตกค้างในน้ำมัน จะได้น้ำมันที่สะอาดมากขึ้นดังภาพที่ 1.6

ภาพที่ 6 กรองทำความสะอาดของน้ำมันและไม่มีสิ่งตกค้างในน้ำมัน

4. นำน้ำมันจากข้อที่ 3 ผสมน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซลตามอัตราส่วนที่กำหมดไว้เพื่อรอให้ปั๊มดึงเอาน้ำมันพืชที่ผ่านการกรองมาดูดไปผสมในกรองตัวที่ 3 เป็นกระบวนการสุดท้ายและสามารถนำเอาน้ำมันไปใช้งานได้ผสมน้ำมันพืชที่ใช้แล้วกับน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 1) 500ml/60ml/50ml, 2) 500ml/60ml/100 ml, 3) 500ml/60ml/150ml, 4) 500ml/60 ml/200ml และ 5) 500ml/60ml /250ml. ตามลำดับ และคนให้เข้ากัน

5. นำน้ำมันที่ได้มาทดสอบกับเครื่องยนต์การเกษตร เป็นเครื่องยนต์ดีเซลรุ่น RT 110 ขนาด 11 แรงม้า โดยใช้น้ำมันในปริมาณที่เท่ากัน คือ 500 มิลลิลิตรด้วยอัตราเร่งคงที่ (650 rpm) ดังภาพที่ 1.7

ภาพที่ 7 ทดสอบกับเครื่องยนต์การเกษตรเครื่องยนต์ดีเซลรุ่น RT 110 ขนาด 11 แรงม้า

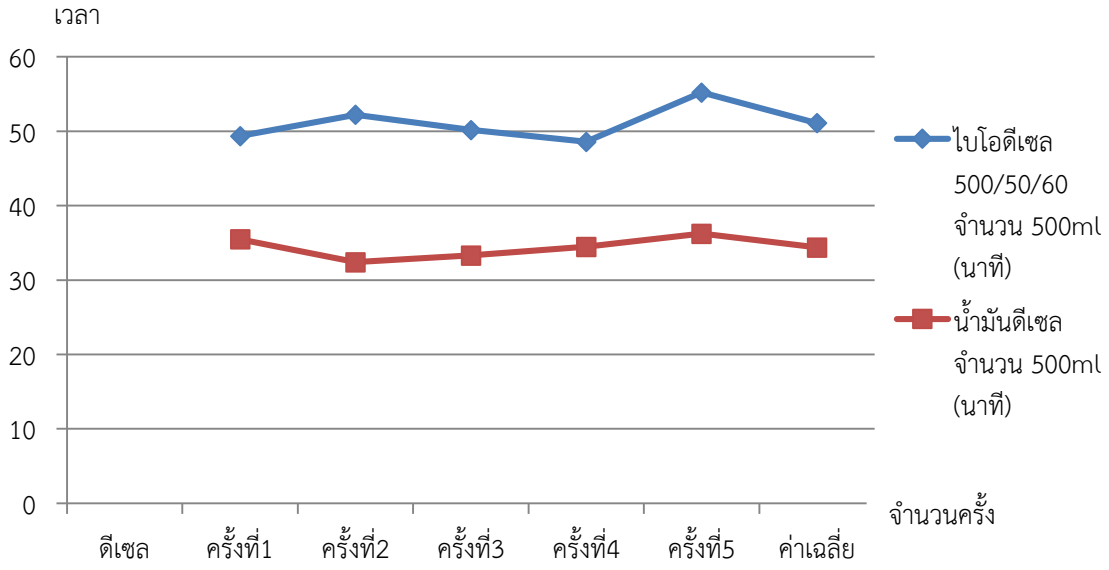
ผลการวิจัย

ตารางการเก็บผลข้อมูลการทดลองไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์

ตารางที่ 3 อัตราการผสม น้ำมันพืช 500 ml. น้ำมันดีเซล 50 ml และน้ำมันเบนซีน 60 ml.

ชนิดน้ำมันเครื่องยนต์ดีเซล	ไบโอดีเซล 500/50/60 ml จำนวน 500ml (นาที)	น้ำมันดีเซลจำนวน 500ml (นาที)
ครั้งที่ 1	49.35	35.49
ครั้งที่ 2	52.23	32.40
ครั้งที่ 3	50.17	33.30
ครั้งที่ 4	48.58	34.48
ครั้งที่ 5	55.22	36.24
ค่าเฉลี่ย	51.11	34.38

กราฟแสดงการเก็บผลข้อมูลการทดลองไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์ดีเซล



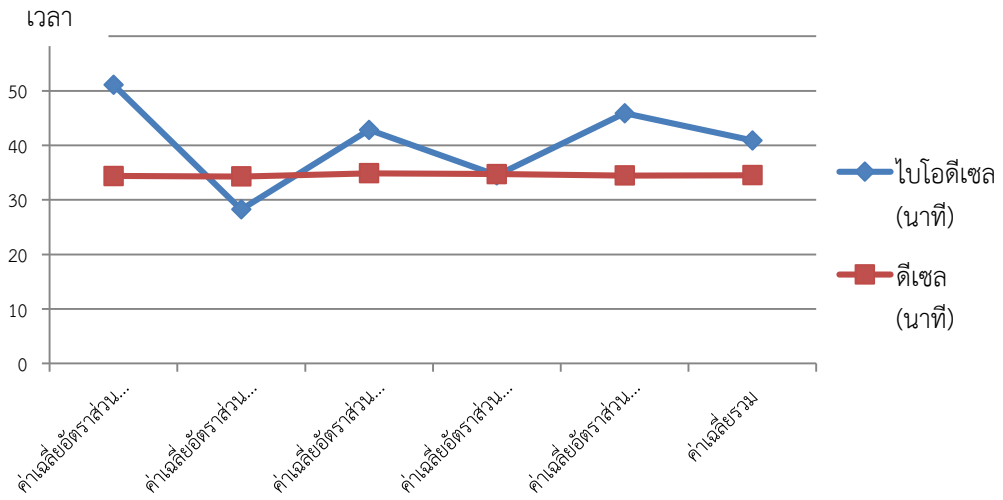
ภาพที่ 8 กราฟแสดงการเก็บข้อมูลไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์ดีเซล

ตารางค่าเฉลี่ยและหาค่าประสิทธิภาพน้ำมันไบโอดีเซลในอัตราส่วนต่าง ๆ และค่าเฉลี่ยรวม

ตารางที่ 4 ตารางค่าเฉลี่ยและหาค่าประสิทธิภาพน้ำมันไบโอดีเซลในอัตราส่วนต่าง ๆ และค่าเฉลี่ยรวม

ค่าเฉลี่ยน้ำมัน	ไบโอดีเซล (นาที)	ดีเซล (นาที)
ค่าเฉลี่ยอัตราส่วน 500/50/60	51.11	34.38
ค่าเฉลี่ยอัตราส่วน 500/100/60	28.25	34.30
ค่าเฉลี่ยอัตราส่วน 500/150/60	42.84	34.87
ค่าเฉลี่ยอัตราส่วน 500/200/60	34.49	34.73
ค่าเฉลี่ยอัตราส่วน 500/250/60	45.89	34.46
ค่าเฉลี่ยรวม	40.89	34.54

จากการเก็บข้อมูลการทดสอบน้ำมันไบโอดีเซลที่ผสมในอัตราส่วนต่างกันไปเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล พบว่าในอัตราส่วน 100/60 น้ำมันไบโอดีเซลมีการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลมีเวลาน้อยกว่าน้ำมันดีเซล แต่ในอัตราส่วน 50/60 150/60 200/60 และ 250/60 น้ำมันไบโอดีเซลมีการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลมีเวลานานกว่าน้ำมันดีเซลตามลำดับ



ภาพที่ 9 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยรวมของเวลาการเดินเครื่องยนต์ดีเซล

จากกราฟแสดงถึงค่าเฉลี่ยของเวลาการเดินเครื่องยนต์ดีเซล จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของน้ำมันที่ผสมในอัตราส่วน 500/100/60 จะมีระยะเวลาในการเดินเครื่องยนต์ลดลงเร็วกว่า 500/50/60, 500/150/60, 500/200/60 , 500/250/60

ตารางกาตารางการตรวจสอบค่าความเป็น กรด-เบส และค่าความถ่วงจำเพาะ

ตารางที่ 5 การตรวจสอบค่าความเป็น กรด-เบส และค่าความถ่วงจำเพาะ

น้ำมันไบโอดีเซล	ค่า กรด-เบส	ค่าความถ่างจำเพาะ g/ml
สูตรที่ 1	6.2	0.857
สูตรที่ 2	6.0	0.855
สูตรที่ 3	6.0	0.855
สูตรที่ 4	6.0	0.857
สูตรที่ 5	6.0	0.854

ตารางการบันทึกทึกผลการทดลองการตรวจสอบค่าความเป็น กรด-เบส และค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันไบโอดีเซลผสมของแต่ละสูตรจะได้ค่าต่าง ๆ ตามตารางแสดงผลการตรวจสอบพบว่าค่าความเป็น กรด-เบส มีค่าอยู่ในค่ามาตรฐานของน้ำมันดีเซลซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ อ้อยใจ ทองเฌอ

สรุปผลการทดสอบ

1. ไดเครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซลผสมแบบไมแยกกลีเซอลีนกึ่งอัตโนมัติ
2. สามารถผลิตน้ำมันไบโอดีเซลผสมแบบไมแยกกลีเซอลีนสำหลับเครื่องยนตทางการเกษตรได
3. ทดสอบนำน้ำมันไบโอดีเซลผสมมาใช้กับเครื่องยนต์ในอัตราสวน 500/50/60 มีระยะเวลาเฉลี่ยการเดินเครื่องยนต์ดีที่สุดโดยอัตราสวน 500/50/60 เนื่องจากสามารถเดินเครื่องได้ในระยะเวลาเฉลี่ยมากที่สุด คือ 51.11 นาที

ปัญหาและอุปสรรค

หาเครื่องยนต์ดีเซลที่จะนำมาทำการทดลองได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากน้ำมันไบโอดีเซลยังไม่เป็นที่ยอมรับมากนัก

ข้อแนะนำ

ควรให้ความรู้กับประชาชนหรือกลุ่มตัวแทนตามหน่วยงานต่าง ๆ ให้สนใจและเห็นคุณค่าของการใช้น้ำมันไบโอดีเซล ได้เรียนรู้ถึงการผลิตไบโอดีเซลเพื่อนำไปใช้เองได้

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้โดยดี ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย คณะผู้วิจัยจึงขอขอบคุณทุกท่าน ณ ที่นี้ ขอกราบขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทพ เกื้อทวีกุล ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือแนวคิด คำแนะนำ ความเอาใจใส่และตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดตลอดจนข้อคิดเห็นเพื่อปรับปรุงการทำวิจัยให้สมบูรณ์ จนกระทั่งวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปโดยดี ขอกราบขอบคุณอาจารย์ นิวดี คลังสีดา ที่กรุณาดำเนินการจัดหารถยนต์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรที่จะมาทำการทดลองวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์

ในการใช้สถานที่เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ตลอดระยะเวลาทำวิจัยและขอขอบคุณอาจารย์ประจำโปรแกรมเทคโนโลยีพลังงานทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำจนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จไปโดยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่น้องทุกคนที่ให้ความเข้าใจ ให้คำปรึกษาต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์รวมทั้งเป็นกำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้ จนสำเร็จการศึกษาได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมธุรกิจพลังงาน. (2556). กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซล ประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2556. **ราชกิจจา นุเบกษา**, 2556 เล่มที่ 130, หน้า 15-17.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน). (2552). **การผลิตการตรวจสอบมาตราฐานไบโอดีเซลเบื้องต้น**. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน).

วัชรพล ปุณขันธ์ และคณะ. (2549). ผลกระทบของน้ำมนไบโอดีเซลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลวิศวกรรม. **สารมหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 33(3): 193-208.

อนุรักษ์ ปิติรักษ์สกุล. (2548). **การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันที่ผ่านกระบวนการใช้แล้วสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**. เอกสารเผยแพร่ ความรู้เบื้องต้นไบโอดีเซล จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

อนุชา พรมวังขวา และ ชัยชาญ ฤทธิ์เกริกไกร. (2550). ไขประตูสู่ความรู้เรื่องไบโอดีเซล (1). **วารสารโลกพลังงาน**. 10:49-56.

อ้อยใจ ทองเฌอ. (2550). **เทคนิคการวิเคราะห์และทดสอบคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซลเบื้องต้นการอบรมเชิงปฏิบัติการศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอมเท็ค) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจ**. ปทุมธานี.

ชาคริต ทองอุไร. (2554). การผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน. **วารสารสงขลานครินทร์**. ฉบับที่ 1. เล่มที่ 23.

จันทร์เลขา ภู่ทองคำ. (2554). **การจัดการกลีเซอรีนในกระบวนการทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์โดยตัวดูดซับจากแกลบ**.

ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของตำรับยาแผนไทยรักษาเบาหวาน

กวินศักดิ์ จัตุฑะศรี[1*] ศศิวิสาข์ โหสุวรรณ[1] สิรินดา รอดชุม[1] วริศรา ทรัพย์ปรุง[1] ศุภวรรณ บุญเจริญ[1] อัจฉราภรณ์ อิสสุริยะ[2] จุฬาลักษณ์ โชคไพศาล[1] เกศริน มณีนูน[1] ธวัชชัย ศรีสุวรรณ[1] สุรศักดิ์ ลิ้มสุวรรณ[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส (α-glucosidase) เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (α-amylase) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของตำรับยาแผนไทยรักษาเบาหวานที่ประกอบด้วย สมุนไพร 8 ชนิด โดยในการศึกษานี้จะนำสมุนไพรของตำรับยารักษาโรคเบาหวานทั้งตำรับมาสกัดด้วย 95% เอทานอล และสกัดด้วยน้ำ จากนั้นนำสารสกัดหยาบมาทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ α-glucosidase และทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ α-amylase และนำมาทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ผลการทดลองพบว่าสารสกัดเอทานอลมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ α-glucosidase และเอนไซม์ α-amylase โดยมีค่าการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ครึ่งหนึ่ง (IC50) เท่ากับ 613.09 และ 334.94 µg/ml ตามลำดับ โดยที่สารมาตรฐาน Acarbose ที่มีค่า IC50 ต่อเอนไซม์ α-glucosidase และเอนไซม์ α-amylase เท่ากับ 4.07 และ 5.83 µg/ml ตามลำดับ ส่วนการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่า สารสกัดด้วยน้ำและอทานอลมีค่า IC50 เท่ากับ 439.87 และ 203.54 µg/ml ตามลำดับ โดยสารมาตรฐาน Trolox มีค่า IC50 เท่ากับ 4.07 µg/ml จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากตำรับยาแสดงฤธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ α-glucosidase เอนไซม์ α-amylase และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นกลไกหนึ่งในการรักษาหรือป้องโรคเบาหวาน

คำสำคัญ: ตำรับยา เบาหวาน แอลฟากลูโคซิเดส แอลฟาอะไมเลส อนุมูลอิสระ

*[1]คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา * ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: surasak.l@psu.ac.th*
[2]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา e-mail: acharaporn.i@psu.ac.th

INHIBITION OF ALPHA GLUCOSIDAS, ALPHA AMYLASE AND ANTIOXIDANT ACTIVITIES OF THAI HERBAL FORMULATIONS FOR DIABETES TREATMENT

Kawinsak Jatutasri[1*] Sasiwisa Hosuwan[1] Sirinda Rodchum[1] Varisara Supptoong[1]
Supawan Booncharoen[1] Acharaporn Issuriya[2] Katesarin Maneenoon[1]
Julaluk Chokpaisarn[1] Thawatchai Srisuwan[1] Surasak Limsuwan[1*]

Abstract

The anti α-glucosidase and α-amylase enzymes and antioxidant activity of Thai herbal formulation used for diabetes were evaluated in this study. The herbal formulation containing eight medicinal plants was extracted using 95% ethanol and water. The inhibition of enzyme activities of both extracts was performed. The antioxidant activity by DPPH assay was evaluated as well. The results showed that the half maximal inhibitory concentration (IC50) of ethanol extract on α-glucosidase and α-amylase were 613.09 and 334.94 µg/ml, respectively. The IC50 of Acarbose (positive control) on these two enzymes were 4.07 and 5.83 µg/ml, respectively. The ethanol and water extracts demonstrated antioxidant activity by DPPH assay with IC50 at 439.87 and 203.54 µg/ml, respectively. Meanwhile, Trolox (positive control) displayed IC50 at 4.07 µg/ml. The results in this study revealed the biological activities of Thai herbal formulation that traditional used for diabetes control and treatment.

Keywords: herbal formulation, diabetes, α-glucosidase, α-amylase, antioxidant

[1]*Faculty of Traditional Thai Medicine, Prince of Songkla University, Songkhlae *Corresponding author author e-mail: surasak.l@psu.ac.th*

[2]*Faculty of Science Prince of Songkla University, Songkhlae e-mail: acharaporn.i@psu.ac.th*

บทนำ

โรคเบาหวานถือเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่เป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุขอย่างหนึ่งของประเทศไทยและทั่วโลก มีจำนวนผู้ป่วยเพิ่มขึ้นทุกปี จากรายงานของสมาพันธ์เบาหวานนานาชาติ จากการสำรวจสุขภาพของประชากรไทยพบว่าความชุกของโรคเบาหวานในประชากรอายุ 15 ปี ขึ้นไป มีค่าเท่ากับ 6.9% โดยความชุกของโรคเบาหวานจะเพิ่มขึ้นตามอายุ ซึ่งพบมากที่สุดในกลุ่มอายุ 60-70 ปี (16.7%) และเพศหญิงมีความชุกของโรคมากกว่าเพศชาย (วิชัย เอกพลากร, 2553) ส่งผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจของผู้ป่วยและระบบสุขภาพของโลก ดังนั้นโรคเบาหวานจึงมีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากเป็นโรคเรื้อรังที่ต้องการการดูแลรักษาตลอดชีวิต (ชัชลิต รัตรสาร, 2557) จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ได้ทำการสำรวจพืชสมุนไพรที่ใช้ในการรักษาโรคเบาหวานของหมอพื้นบ้านในพื้นที่จังหวัดกระบี่ ตรัง และสงขลา (นวัต จึงเจริญธรรม และคณะ, 2558) แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับการรักษาโรคเบาหวานของตำรับยาทั้งตำรับ ซึ่งหมอพื้นบ้านส่วนใหญ่จะใช้ตำรับยาในการรักษาโรคมากกว่าการใช้พืชสมุนไพรเดี่ยว ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำตำรับยาที่ได้จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ (นวัต จึงเจริญธรรม และคณะ, 2558) มาทดสอบฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด โดยทดสอบผ่านกลไกการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส และเอนไซม์เอลฟาอะไมเลส และศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH เนื่องจากเป็นวิธีพื้นฐานที่ง่าย มีความรวดเร็วในการเกิดปฏิกิริยา ไม่ยุ่งยากต่อการทดลอง เพื่อใช้เป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนตำรับยารักษาโรคเบาหวานของหมอพื้นบ้าน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของตำรับยาแผนไทยรักษาโรคเบาหวาน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดของตำรับยาเบาหวานจากหมอพื้นบ้าน

นำสมุนไพรในตำรับยา (ตารางที่ 1) มาล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ อบที่อุณหภูมิ 60 °C จนแห้งสนิทประมาณ 2-3 วัน หลังจากนั้นนำมาบดเป็นผง ชั่งน้ำหนักและรวมเป็นตำรับยา

สารสกัดน้ำห่อสมุนไพรด้วยผ้าขาวบางแล้วนำไปต้ม สัดส่วนของน้ำต่อสมุนไพร 600 ml : 200 g ต้มเดือดนาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองหยาบด้วยผ้าขาวบาง และกรองละเอียดด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ระเหยเอาตัวทำละลายออกโดยใช้ Spray dryer นำสารสกัดที่ได้ชั่งน้ำหนัก

สารสกัดเอทานอล สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ในอัตราส่วนของสมุนไพรต่อตัวทำละลาย 1:2 เขย่า ทิ้งไว้ 7 วัน คนทุกวัน จากนั้นระเหยเอาตัวทำละลายออกโดยใช้ Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 45 °C นำสารสกัดที่ได้ชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาร้อยละของสารสกัดหยาบที่ได้จากสูตรดังแสดง

เปอร์เซ็น Yield = (น้ำหนักของสารสกัด × 100) / น้ำหนักของสมุนไพรที่ใช้ในการสกัด

2. การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส (Kumar *et al*., 2013)

ละลายสารสกัดด้วย Phosphate Buffer (PBS)และเจือจางแบบ 2-fold serial dilution ให้ได้ความเข้มข้น 0.1-5000 µg/ml ดูดสารสกัดปริมาตร 50 µl ใส่ใน 96-well plate ผสมกับสารละลายแอลฟากลูโคซิเดส 50 µl นำไปบ่มที่ 37 °C เป็นเวลา 10 นาที เติมสารละลาย ρ-nitrophenyl-α-D-glucopyranoside (pNPG) 50 µl นำไปบ่มต่อที่ 37 °C เป็นเวลา 20 นาที หยุดปฏิกิริยาด้วย 1M Na_2CO_3 50 µl แล้ววัดค่าดูดกลืน

แสงที่ความยาวคลื่น 405 nm ด้วยเครื่อง Microplate reader โดยใช้ Acarboseเป็นสารมาตรฐานในการทดสอบเปรียบเทียบรายงานค่าที่วัดได้เป็นค่า50%Inhibitory concentration (IC_{50})

3. การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (Chakrabarti *et al*., 2014)

ละลายสารสกัดในน้ำกลั่นและเอทานอล และเจือจางแบบ 2-fold serial dilution ด้วยสารละลาย PBS pH 6.9 ให้ได้ความเข้มข้น 0.1-5000 µg/ml ดูดสารสกัดปริมาตร 20 µl ใส่ลงใน 96-well plate เติม 1% Starch solution ปริมาตร 20 µl นำไปบ่มที่ 37°C เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเติมสารละลายแอลฟาอะไมเลสปริมาตร 20 µl บ่มต่ออีก 15 นาที หยุดปฏิกิริยาด้วย 1 M HCl ปริมาตร 20 µl แล้วเติมสารละลายไอโอดีนปริมาตร 100 µl แล้ววัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 nm ด้วยเครื่อง Microplate reader โดยใช้ Acarbose เป็นสารมาตรฐานในการทดสอบเปรียบเทียบ รายงานค่า ที่วัดได้เป็นค่า IC_{50} (Chakrabarti *et al*., 2014)

4. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging activity (Wetchakul & Chusri, 2015)

เตรียมสารสกัด ชั่งสารสกัด 40 mg ละลายด้วย DMSO 1 ml (ได้ความเข้มข้น เท่ากับ 40 mg/ml) เก็บไว้เป็น Stock solution เตรียมสารสกัดที่ระดับความเข้มข้น เท่ากับ 63 µg/ml โดยใช้ DMSO เป็นตัวท้าละลาย ละลาย DPPH ในเมทานอลให้มีความเข้มข้น 80 µM โดยชั่ง DPPH น้ำหนัก 3.154 mg ละลายและปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยเมทานอล ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Trolox โดยชั่ง Trolox 0.01 g ละลายด้วย เมทานอล 10 ml เตรียมสารละลายมาตรฐาน Trolox ความเข้มข้นสุดท้าย เท่ากับ 100, 90, 25, 12.5 และ 6.5 µg/ml

การวิเคราะห์ ปิเปตสารสกัดที่ความเข้มข้น 63 µg/ml ปริมาณ 20 µl ลงในหลุม Microplate เติมสารละลาย DPPH ในเมทานอล 180 µl โดย Blank sample ของสารละลายตัวอย่างเตรียมโดยปิเปตสารละลายที่ความเข้มข้น 63 µg/ml ปริมาณ 20 µl และเมทานอล 180 µl ลงในหลุม Microplate เตรียม Control โดยปิเปต DMSO 20 µl เติมด้วยสารละลาย DPPH ในเมทานอล 180 µl ลงในหลุม Microplate เตรียม Blank control โดยปิเปต DMSO 20 µl เติมด้วยเมทานอล 180 µl ลงในหลุม Microplate จากนั้นวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 492 nm ด้วยเครื่อง Microplate Reader คำนวนเป็นร้อยละการยับยั้ง (% Inhibition)

โดยใช้สูตร

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{[(\text{ODcontrol} - \text{ODblank control}) - (\text{ODsample} - \text{ODblank sample})] \times 100}{(\text{ODcontrol} - \text{ODblank control})}$$

ผลการวิจัย

1. ผลการสกัดสารด้วยเอทานอลและน้ำ ได้น้ำหนักสารสกัดและค่า % Yield ดังแสดงใน ตารางที่ 2 สารสกัดเอทานอลมีค่า % Yield มากกว่า สารสกัดน้ำ

2. ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอล ฟากลูโคซิเดสและเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส ดังแสดงใน ตารางที่ 3 สารสกัดเอทานอลมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอล ฟากลูโคซิเดสและเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส ได้ดีกว่าสารสกัดน้ำ

3. ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากตำรับยาแผนไทยรักษาเบาหวาน ดังแสดงในตารางที่ 4 สารสกัดน้ำมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีกว่าสารสกัดเอทานอล

ตารางที่ 1 ตำรับยาแผนไทยรักษาโรคเบาหวาน

ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่ใช้
ดีปลี	*Piper retrofractum* Vahl	ดีปลี
ช้าพลู	*Piper sarmentosum* Roxb.ex Hunter	ราก
สะค้าน	*Piper ribesioides* Wall.	เนื้อไม้
เจตมูลเพลิงแดง	*Plumbago indica* L.	ราก
ขิง	*Zingiber officinale* Roscoe	เหง้า
ฟ้าทะลายโจร	*Andrographis paniculata* (Burm. f.) Wall. ex Nees.	ทั้งต้น
หญ้าหนวดแมว	*Orthosiphon aristatus* (Blume) Miq.	ราก
บอระเพ็ด	*Tinospora crispa* (L.) Miers ex Hook.f.	เนื้อไม้

ตารางที่ 2 น้ำหนักของสารสกัดและค่า % Yield ที่ได้

สารสกัดของตำรับยา	น้ำหนักผงยา (กรัม)	น้ำหนักสารสกัด (กรัม)	% Yield
Ethanol	200	19.93	9.97
Water	200	2.26	1.13

ตารางที่ 3 การยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส และเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสของสารสกัดจากตำรับยาแผนไทยรักษาเบาหวาน และสารมาตรฐาน Acarbose

Extract/Control	**α-Glucosidase (IC_{50}: μg/ml)**		**α-Amylase (IC_{50}: μg/ml)**	
	Ethanol	Water	Ethanol	Water
Herbal formulation	613.09±33.44	>1000	334.94±12.40	>1000
Acarbose	63.78±3.77		5.46±0.07	

ตารางที่ 4 การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging activity และสารมาตรฐาน Trolox

Extract/Control	**DPPH (IC_{50}: μg/ml)**	
	Ethanol	Water
Herbal formulation	439.87±23.11	203.54±4.10
Trolox	4.07±0.04	

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สารสกัดด้วยเอทานอลจากตำรับยามีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส และเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส ได้ดีกว่าสารสกัดด้วยน้ำ เช่นเดียวกับ การศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าสารสกัดด้วยเอทานอลจากใบและกิ่งจากพืชหลายชนิดในวงศ์ Apocynaceae, Clusiaceae, Euphorbiaceae และ Rubiacea ร้อยละ 80 มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส มีค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 2.33-112.02 µg/ml (Elya *et al*., 2014) สารสกัดด้วยเอทานอลจากต้นฟ้าทะลายโจรซึ่งเป็นพืชองค์ประกอบในตำรับยาที่ทำการศึกษาในครั้งนี้มีรายงานฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส และเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส IC_{50} เท่ากับ 17.2 ± 0.15 และ 50.9 ± 0.17 mg/ml ตามลำดับ อีกทั้งสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดในสัตว์ทดลองได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Subramanian *et al*., 2008) จากผลการศึกษาพบว่าสารสกัดด้วยเอทานอลและน้ำมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน ซึ่งสารสกัดน้ำมีค่า IC_{50} ในการทดสอบ DPPH ที่ดีกว่าสารสกัดเอทานอล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพืชสมุนไพรในตำรับยาเบาหวานและลดความดันโลหิตที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH ที่พบว่าพริกไทยและดีปลีมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.39 และ 8.99 mg/ml ตามลำดับ (Tangbuchakiat , 2015) แต่เมื่อเทียบกับสารมาตรฐานทั้งในการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (Acarbose) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Trolox) พบว่า สารสกัดมีฤทธิ์ที่ด้อยกว่าอยู่มาก แต่อย่างไรก็ตามผลการทดสอบนี้ไม่ได้หมายความชี้ชัดว่าตำรับยานี้ไม่มีประสิทธิภาพในการใช้เพื่อรักษาโรคเบาหวาน เนื่องจากกลไกการลดน้ำตาลมีหลายอย่าง ตำรับยาอาจมีกลไกอื่น ๆ ที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำศึกษากลไกอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม รวมทั้งการศึกษาความเป็นพิษทั้งในระดับหลอดทดลองและสัตว์ทดลอง การทดสอบความปลอดภัยและประสิทธิผลการรักษาในมนุษย์

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องของสารสกัดเพิ่มเติม หรือทำการศึกษาฤทธิ์ลดน้ำตาลในระดับเซลล์ หรือระดับสัตว์ทดลอง
2. การทดสอบความเป็นพิษและความปลอดภัยในการใช้ตำรับยา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่ อำนวยความสะดวกในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ชัชลิต รัตรสาร. (2557). การระบาดของโรคเบาหวานและผลกระทบที่มีต่อประเทศไทย. **คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี**. 13-22.

นวัต จึงเจริญธรรม อภิสิทธิ์ แจ้งชาติ และกันตวิชญ์ ยะลา. (2558). **การสำรวจพืชสมุนไพรที่ใช้ในการรักษาโรคเบาหวานของหมอพื้นบ้านในพื้นที่จังหวัด กระบี่ ตรังและสงขลา**. 1(1):19-96.

วิชัย เอกพลากร (บรรณาธิการ). (2553). **รายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกายครั้งที่ 4 พ.ศ. 2551-2552**. นนทบุรี: สำนักงานสำรวจสุขภาพประชาชนไทย/สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข.

Chakrabarti R, Singh B, Vn P, Vanchhawng L, Thirumurugan K. (2014). Screening of nine herbal plants for in vitro α-amylase inhibition. **Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research**. 7(4): 84-89.

Elya B, Basah K, Mun'im A, Yuliastuti W, Bangun A. & Septiana EK. (2012). Screening of α-Glucosidase Inhibitory Activity from Some Plants of Apocynaceae, Clusiaceae, Euphorbiaceae, and Rubiaceae. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**. 281078: 6

Kumar D, Ghosh R, Pal BC. (2013). α-Glucosidase inhibitory terpenoids from Potentilla fulgens and their quantitative estimation by validated HPLC method. **Journal of Functional Foods**. 5(3): 1135-1141.

Subramanian R., Asmawi M. Z. & Sadikun A. (2008). In vitro α-glucosidase and α-amylase enzyme inhibitory effects of Andrographis paniculata extract and andrographolide. **Acta biochimica polonica**. 55(2): 391-398

Tangbuchakiat R. (2015). Total Polyphenol Content and Antioxidant Activity of Active Herbal Ingredients in a Traditional Thai Anti-Diabetic and Anti-Hypertensive Formula. **The Proceedings of the 1st National Conference in Traditional Thai medicine**. 136-141.

Wetchakul P. & Chusri S. (2015). Total Antioxidant Capacity of Jatu-Pha-La-Ti-Ga and Its Medicinal Plant Components Consumed in Thailand Assessed by DPPH and ABTS Assays. **The Proceedings of the 1st National Conference in Traditional Thai medicine**. 129-135.

การใช้สื่อสังคมออนไลน์ประเภทเฟสบุ๊ค สำหรับการจัดการเรียนการสอน ในรายวิชาภาษาการสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป

กัตตกมล พิศแลงาม[1*] โรจนันท์ ทรงอยู่[2*] พรศิริ นาควัชระ[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ประเภทเฟสบุ๊ค สำหรับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป 2) เพื่อประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ประเภทเฟสบุ๊ค สำหรับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาษา การสื่อสารฯ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียนในรายวิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 42 คน เครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิจัยได้แก่ เฟสบุ๊ค และแบบสอบถามความพึงพอใจ การวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) การใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ประเภทเฟสบุ๊ค สำหรับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ การโพสต์ การแบ่งปัน และการแสดงความคิดเห็น 2) ผลประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการใช้สื่อสังคมออนไลน์ประเภทเฟสบุ๊ค สำหรับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศโดยรวมอยู่ในระดับมาก (Mean = 4.39 SD = 0.68)

คำสำคัญ: สื่อสังคมออนไลน์ เฟสบุ๊ค ความพึงพอใจ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป

[1] อาจารย์ งานวิชาศึกษาทั่วไป, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี
e-mail: kattakamon@vru.ac.th
[2] อาจารย์ ดร. งานวิชาศึกษาทั่วไป, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี
e-mail: rojjanant@vru.ac.th
[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรภาษาไทยเพื่อนวัตกรรมการสื่อสาร คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: pornsiri@vru.ac.th

USING SOCIAL MEDIA: FACEBOOK FOR LEARNING AND TEACHING ON LANGUAGES COMMUNICATIONS AND TECHNOLOGY COURSE OF GENERAL EDUCATION PROGRAM

Kattakamon Pislae-ngam[1*] Rojjanan Songyoo[2] Pornsiri Nakwatchara[3]

Abstract

The objectives of this research are 1) to study the use of Social Media: Facebook for learning and teaching on Languages Communications and Technology Course of General Education Program and 2) to evaluate satisfaction with Social Media: Facebook for learning and teaching on Languages Communications and Technology Course of General Education Program. Sample of this study are the 42 students enrolled in information technology course in the second semester of academic year 2017, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage. selected by simple random sampling. Tools used in this study are a Facebook and satisfaction questionnaire. The researcher obtained Mean and Standard Deviation

The results showed that 1) using of Social Media: Facebook for learning and teaching on Languages Communications and Technology Course of General Education Program had 3 facets: post, sharing and commenting 2) satisfaction with Social Media: Facebook for learning and teaching on Languages Communications and Technology Course of General Education Program overall satisfaction was rated high (Mean = 4.39 SD = 0.68)

Keywords: Social Media, Facebook, Satisfaction, General Education Program

[1]*Lecturer Office of General Education, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail:* kattakamon@vru.ac.th

[2] *Lecturer Office of General Education, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail:* rojjanant@vru.ac.th

[3] *Assistant Professor, Thai Language for Communicative Innovation, Faculty of Humanities and Social Sciences, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail:* pornsiri@vru.ac.th

บทนำ

การปรับเปลี่ยนทางสังคมที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 ส่งผลต่อวิถีการดำรงชีวิตที่ต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงอย่างกว้างขวางและรวดเร็วจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เทคโนโลยีในปัจจุบันมีวิวัฒนาการไปอย่างรวดเร็ว (วิจารณ์ พานิช, 2555) เทคโนโลยีดิจิตอลและอุปกรณ์ไร้สาย เช่น โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน แท็บเล็ต คอมพิวเตอร์แบบพกพาขนาดเล็ก ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย สามารถนำมาใช้ประโยชน์อย่างไม่มีขีดจำกัดในทุกวงการ เช่นเดียวกับวงการศึกษาที่นำการใช้สังคมออนไลน์มาใช้ในการเรียนการสอน ผู้สอนสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและเป็นเทคนิคที่จะช่วยให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกทางหนึ่งด้วย สื่อสังคมออนไลน์ เป็นสื่อดิจิทัลหรือซอฟแวร์ที่ทำงานอยู่บนพื้นฐานของระบบเว็บไซต์บนอินเทอร์เน็ต อันเป็นเครื่องมือในการปฏิบัติการทางสังคมที่มีผู้จัดทำขึ้น โดยเมื่อผู้ส่งสารพบเจอเรื่องราวเหตุการณ์ บทความ ประสบการณ์ รูปภาพ วิดีโอและเพลงต่าง ๆ จึงนำข้อมูลเหล่านั้นมาแบ่งปันกับผู้ใช้ในโลกออนไลน์ภายใต้เครือข่ายของตนได้รับรู้และใช้ประโยชน์ร่วมกันอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ สื่อสังคมออนไลน์ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ เฟสบุ๊ค เพราะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเขียนบันทึกในรูปแบบที่มีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา และยังใช้เป็นเครื่องมือติดต่อสื่อสารที่สามารถเอื้ออำนวยความสะดวกในการติดต่อสื่อสารได้ทุกที่ทุกเวลาในรูปแบบของข้อความ ภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหว หรือที่เรียกว่ามัลติมีเดีย (ธัญวัฒน์ กาบคำ, 2555 และ Megan Poore, 2556 อ้างถึงใน ทิพรัตน์ สุทธิ์วงษ์, 2558) และยังเป็นเครือข่ายทางสังคม มีความน่าสนใจและดึงดูดใจให้เข้าใช้งาน เนื่องจากมีลักษณะการใช้งานที่หลากหลาย รองรับสื่อหลายประเภท โดยเว็บไซต์เครือข่ายทางสังคมส่วนใหญ่มักจะแนะนำให้ผู้ใช้อัพโหลดภาพตนเองเพื่อเป็นการแสดงตัวตน (Identify) ให้ผู้ใช้อื่นบนระบบได้รู้จัก (Boyd and Ellison, 2008 อ้างถึงใน ทิพรัตน์ สุทธิ์วงษ์, 2558)

เฟสบุ๊ค (Facebook) จัดเป็นสื่อสังคมออนไลน์ บริการเครือข่ายสังคมออนไลน์ที่ผู้ใช้สามารถสร้างข้อมูลส่วนตัว เพิ่มรายชื่อผู้ใช้อื่นในฐานะเพื่อนและแลกเปลี่ยนข้อความ ติดต่อสื่อสาร ตั้งประเด็นถามตอบในเรื่องที่สนใจ โพสต์รูปภาพ โพสต์คลิปวิดีโอ เขียนบทความหรือบล็อก สนทนาแบบโต้ตอบทันที นอกจากนั้นผู้ใช้ยังสามารถร่วมกลุ่มความสนใจส่วนตัวจัดระบบตามสถานที่ทำงาน โรงเรียน มหาวิทยาลัยหรืออื่น ๆ และสามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ ผ่านแอพลิเคชั่นเสริม (Applications) ที่มีอยู่มากมาย เฟสบุ๊คเป็นเครื่องมือหนึ่งในสื่อสังคมออนไลน์ได้รับความนิยมเนื่องจากเป็นรูปแบบการติดต่อสื่อสารในรูปแบบระบบเครือข่ายในรูปแบบของสังคมติดต่อสื่อสารทุกที่ทุกเวลาจากความนิยมเหล่านี้มาใช้เป็นประโยชน์ในการสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ในการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี ในรูปแบบของการนำเสนอแลกเปลี่ยนประสบการณ์ความรู้แนวความคิดระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนและผู้เรียนกับผู้เรียนด้วยกันเอง นับว่าเป็นการเรียนแบบผสมผสานระหว่างกิจกรรมในห้องเรียนกับกิจกรรมบนสังคมออนไลน์ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะช่วยดึงดูดความสนใจของผู้เรียน และส่งผลต่อประสิทธิผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

หมวดศึกษาทั่วไป (General Education) ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยองกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นวิชาพื้นฐานที่บูรณาการศาสตร์เนื้อหาวิชาต่างๆ (Integrated) อันได้แก่ กลุ่มวิชาภาษาและการสื่อสาร กลุ่มวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ทั้งหมด 9 รายวิชา รวม 30 หน่วยกิต โดยจัดการเรียนการสอนแบบเน้นกิจกรรมเป็นฐาน (Active Learning) ให้ผู้เรียนได้มีทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (21st Century Learning Skills) ได้ลงมือปฏิบัติจริง เรียนรู้จากเหตุการณ์สถานการณ์จริงสามารถรู้เท่าทันและแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม เช่นเดียวกับในวิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นวิชาบูรณาการ 3 ศาสตร์ คือ ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ และเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อมุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีให้เกิดประสิทธิภาพ รู้จักประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการค้นคว้า และ

นำเสนองานในรูปแบบต่างๆ มีทักษะการสื่อสาร การสื่อสารในสังคมพหุวัฒนธรรม ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารอย่างรู้เท่าทัน ตระหนักถึงความเสี่ยงในสังคมออนไลน์ ตระหนักถึงคุณธรรม จริยธรรม ในการใช้ภาษาและเทคโนโลยี โดยการเรียนรู้แบบร่วมมือผ่านสื่อสังคมออนไลน์ เว็บไซต์ บทเรียนออนไลน์ และการฝึกทักษะภาษาอังกฤษด้วยบทเรียนออนไลน์ โดยมุ่งเน้นการพัฒนาคุณลักษณะและความรู้ของนักศึกษา ที่มุ่งเน้นทักษะที่เป็นทักษะชีวิต หนึ่งทักษะที่สำคัญ คือ Computing and ICT Literacy ทักษะการใช้คอมพิวเตอร์

ตามที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจการนำสื่อสังคมออนไลน์ประเภทเฟสบุ๊คมาใช้สำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป เพื่อตอบโจทย์ภาระกิจของงานวิชาศึกษาทั่วไปที่จัดการเรียนการสอนแบบ Active Leaning ในศตวรรษที่ 21 และจัดการกับปัญหาปริมาณผู้เรียนต่อห้องที่มีจำนวนมาก ตลอดจนเป็นอีกหนึ่งช่องทางที่ผู้เรียนสามารถซึมซับทักษะการรู้สารสนเทศเพื่อส่งเสริมความเป็นพลเมืองดิจิตอลของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ประเภทเฟสบุ๊ค สำหรับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ประเภทเฟสบุ๊ค สำหรับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การประยุกต์ใช้สื่อสังคมออนไลน์ประเภทเฟสบุ๊ค สำหรับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป มีขั้นตอนดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียน วิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ หมวดศึกษาทั่วไป ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 128 คน จาก 3 หมู่เรียน 6 คณะ ได้แก่ คณะครุศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร คณะมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะสาธารณสุขศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 42 คน ได้จากการสุ่มแบบง่าย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบประเมินความพึงพอใจ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสอบถาม ใช้มาตราส่วนการประมาณค่าของลิเกิร์ต (Likert Scale) โดยกำหนดช่วงเป็น 5 ระดับชั้น คือ ระดับมากที่สุด ระดับมาก ระดับปานกลาง ระดับน้อย และระดับน้อยที่สุด ตามลำดับ หลังจากนั้นนำไปหาคุณภาพของแบบสอบถามโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Item Objective Congruence) หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์อัลฟ่าของครอนบาค (Cronbach,1970) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม มีค่าเท่ากับ 0.82 จึงนำไปใช้งาน

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

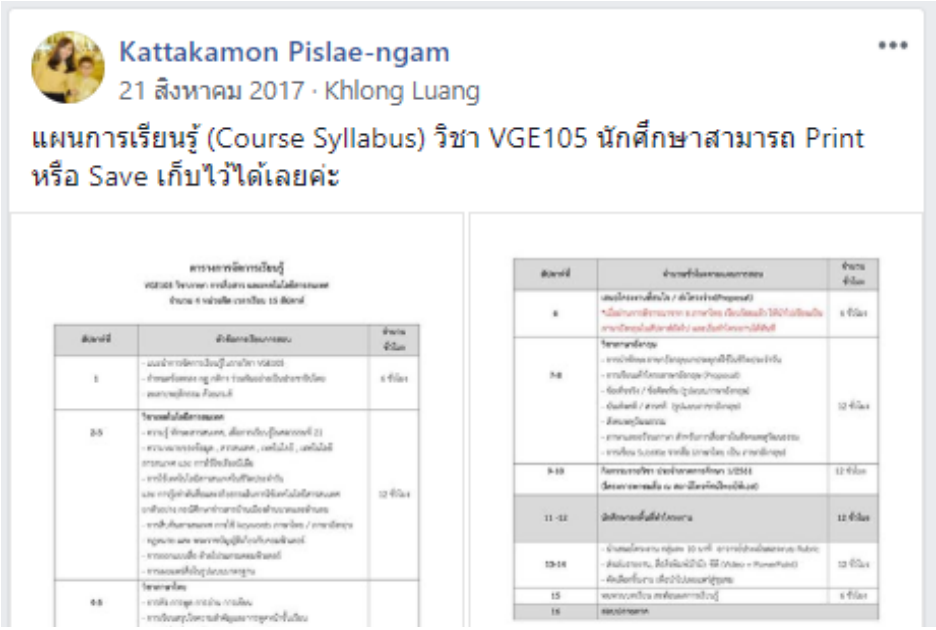
ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลหลังจากผู้เชี่ยวชาญดำเนินการประเมินความเชื่อมั่นและนักศึกษาดำเนินการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการประยุกต์ใช้สื่อสังคมออนไลน์สำหรับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป เรียบร้อยแล้วและนำไปวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

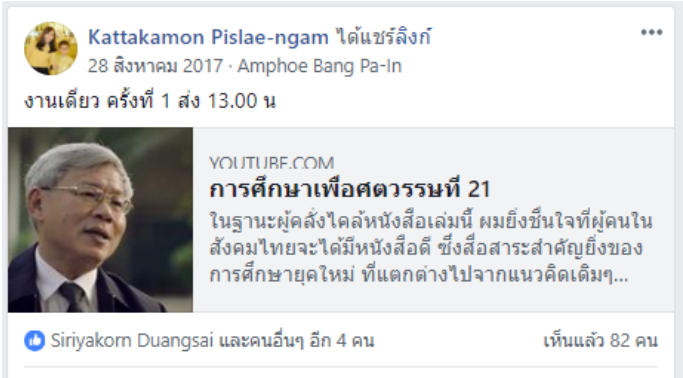
ผลการวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้สื่อสังคมออนไลน์ประเภทเฟสบุ๊ค สำหรับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป ดังนี้

1. การใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ประเภทเฟสบุ๊ค สำหรับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป ผู้สอนเป็นผู้ดูแลระบบสร้างกลุ่มการเรียนจากแอพลิเคชั่นเฟสบุ๊ค ตั้งชื่อให้สื่อกับกลุ่มเรียนที่จัดการเรียนการสอน หลังจากนั้นทำการเชิญสมาชิก (ผู้เรียน) เข้าสู่กลุ่มการเรียน เพื่อดำเนินการจัดการเรียนการสอน โดยแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1.1 การโพสต์ (Post) เป็นโพสต์เอกสารที่เน้นเกี่ยวกับการเรียนการสอนเป็นการอัพโหลดเอกสารสำหรับการเรียนการสอนในห้องเรียน เพื่อเตรียมความพร้อมในการจัดการเรียนการสนอ ผู้สอนได้อัพโหลดไฟล์แผนการเรียนรู้ (Course Syllabus) และมีการอธิบายเพิ่มเติมเป็นข้อความประกอบการโพสต์ ทำให้ผู้เรียนก็สามารถโหลดเอกสารได้ทันที สะดวก รวดเร็ว จากทุกอุปกรณ์และไม่จำกัดเวลาการเข้าใช้งาน หากมีคำถามก็สามารถเขียนข้อความใต้โพสต์ได้ทันที ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนเป็นอย่างยิ่ง อีกทั้งผู้สอนสามารถสั่งการบ้านในกลุ่มได้ โดยเขียนโพสต์รายละเอียดและระบุวันเวลาได้ชัดเจนทั้งการเขียนระบุเองแล้วปักหมุดไว้เป็นท๊อปโพสต์หรือตั้งเวลาแจ้งเตือนอัตโนมัติใต้โพสต์ได้ สำหรับผู้เรียนสามารถโพสต์การบ้านส่งบนพื้นที่ในกลุ่มเรียนได้เช่นกันดังภาพ



ภาพที่ 1 การโพสต์เอกสารแผนการจัดการเรียนรู้ (Couse syllabus)



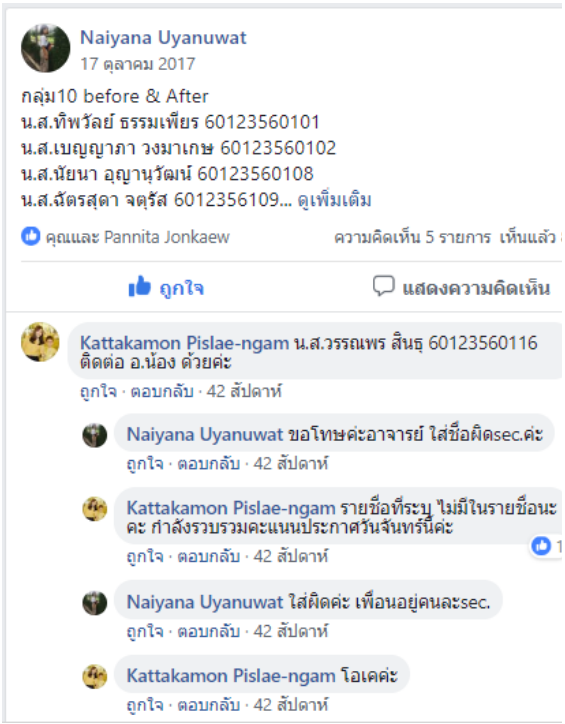
ภาพที่ 2 การโพสต์การบ้าน (Assignment)

1.2 การแบ่งปัน (Share) เป็นการแบ่งปันในกลุ่มนั้นเป็นสารสนเทศ องค์ความรู้ และทักษะที่จำเป็นในการใช้ชีวิต โดยโพสต์เป็นคลิปวิดีโอเพื่อเป็นจุดสนใจและจดจำได้ง่ายกว่าการเขียนบรรยาย สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไขคำอธิบายได้ หากผู้เรียนมีข้อสงสัยก็สามารถเขียนคำถามใต้คลิปได้ทันที ช่วยให้ผู้เรียนสามารถดาวน์โหลดวิดีโอหรือเอกสารที่มีการแบ่งปันได้ตลอดเวลา ดังภาพ

ภาพที่ 3 การแบ่งปันประสบการณ์จากการแสดงบทบาทสมมติ (Play role)

ภาพที่ 4 การแบ่งปันการเขียนโครงร่างโครงงานประจำวิชา (Proposal)

1.3 การเขียนแสดงความคิดเห็น (Comment) เป็นการตอบคำถาม การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้สอนและผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้เรียน เป็นส่วนสำคัญที่สามารถแก้ปัญหาห้องเรียนที่มีผู้เรียนจำนวนมาก เพราะการตั้งคำถามในเฟสบุ๊คและมาช่วยกันแสดงความคิดเห็นจะทำให้ได้รับคำตอบที่รวดเร็วภายในครั้งเดียว ทุกคนที่เห็นข้อความแสดงความคิดเห็นก็จะทราบทันทีพร้อม ๆ กัน ดังภาพ



ภาพที่ 5 การตอบคำถามระหว่างผู้สอนและผู้เรียน (Comment)

2. การประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ประเภทเฟสบุ๊ค สำหรับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป แบ่งเป็น 2 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จากผู้ตอบแบบสอบถาม 42 คน แบ่งเป็น 1) เพศ เพศหญิง 29 คน คิดเป็นร้อยละ 69.04 เพศชาย 13 คน คิดเป็นร้อยละ 30.96 2) ชั้นปี ชั้นปีที่ 1 จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 71.43 ชั้นปีที่ 2 จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 28.57 และตอนที่ **2** ข้อคำถามความพึงพอใจของนักศึกษา ซึ่งผลการวิเคราะห์ตามตารางด้านล่าง

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ประเภทเฟสบุ๊ค สำหรับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป

รายการความพึงพอใจ	Mean	S.D.	การแปลผล
1. มีความสะดวก สามารถเข้าถึงได้ง่าย	4.72	0.74	มากที่สุด
2. มีความทันสมัย	4.59	0.69	มากที่สุด
3. การอัพโหลด ดาวน์โหลดเอกสาร	4.65	0.77	มากที่สุด
4. มีความน่าสนใจ	4.31	0.63	มาก
5. มีความน่าเชื่อถือ	4.37	0.60	มาก
6. การเรียนรู้เข้าใจง่าย คุ้นเคยกับผู้สอน	4.64	0.79	มากที่สุด
7. การแบ่งปันข้อมูลรูปแบบต่างๆหลากหลาย	4.38	0.47	มาก
8. สามารถทบทวนได้ไม่จำกัดเวลา	4.28	0.72	มาก
9. เป็นช่องทางการประชาสัมพันธ์ที่รวดเร็วและทั่วถึง	4.43	0.68	มาก
10. ความปลอดภัย ความเป็นส่วนตัว	4.21	0.70	มาก
รวม	4.39	0.68	**มาก**

จากตารางแสดงผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการประยุกต์ใช้สื่อสังคมออนไลน์ประเภทเฟสบุ๊ค สำหรับการเรียนการสอน ในรายวิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป พบว่า รายการที่ 1 มีความสะดวก เข้าถึงได้ง่าย มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.72) รองลงมาเป็น รายการที่ 3 การอัพโหลด ดาวน์โหลดเอกสารได้สะดวก มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.65) ส่วนรายการที่ 10 ความปลอดภัย ความเป็นส่วนตัว มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด (Mean = 4.21) และเมื่อพิจารณาภาพรวมมีความพึงพอใจเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมาก (Mean=4.39)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. การใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ประเภทเฟสบุ๊ค สำหรับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ การโพสต์ (Post) การแปบ่งปัน (Share) และการแสดงความคิดเห็น (Comment) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของแอนณา อิ่มจำลอง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิไลวรรณ จงวิไลเกษม (2556) ซึ่งได้ศึกษาเรื่องการใช้เฟซบุ๊คเป็นช่องทางการสื่อสารการเรียนการสอนทางด้านนิเทศศาสตร์ ทั้งผู้เรียนและผู้สอนมีความพึงพอใจต่อการใช้เฟซบุ๊คเป็น

ช่องทางการสื่อสารเพื่อการเรียนการสอน โดยใช้เฟซบุ๊คเป็นช่องทางการสื่อสารใน 3 รูปแบบ คือ การโพสต์ การแบ่งปัน และการแสดงความคิดเห็น การโพสต์ข้อความของผู้สอนในแต่ละข้อความผู้สอนต้องการแจ้งให้ผู้เรียนได้ทราบถึงข้อกำหนดในการเรียนของแต่ละรายวิชารวมถึงเอกสารประกอบการเรียน ถือว่าเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนอย่างยิ่ง ส่วนการแบ่งปันรูปภาพและไฟล์วิดีโอที่มีเนื้อหาสัมพันธ์กับบทเรียนในแต่ละหัวข้อเพื่อเป็นกรณีศึกษาให้แก่ผู้เรียนได้ และการแสดงความคิดเห็นระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ส่วนใหญ่เป็นการถามและตอบคำถามถึงปัญหาที่ผู้เรียนเกิดความสงสัยเพื่อให้ได้คำตอบที่ชัดเจน และยังช่วยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้สอนได้อย่างต่อเนื่อง

2. การประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ประเภทเฟสบุ๊ค สำหรับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป พบว่า มีความสะดวก เข้าถึงได้ง่าย มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากเฟสบุ๊คเป็นสื่อสังคมออนไลน์ที่นักศึกษาทุกคนมีบัญชีชื่อเข้าใช้งานอยู่แล้ว เป็นสื่อสังคมออนไลน์ที่ได้รับความนิยมและใช้งานไม่ยุ่งยากหรือซับซ้อน รองลงมาคือการอัพโหลด ดาวน์โหลดเอกสารได้สะดวก เนื่องจากเป็นสื่อกลางในการรวบรวมความรู้ในรายวิชา และสามารถดำเนินการได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ และอุปกรณ์ไม่จำกัด สำหรับความปลอดภัย ความเป็นส่วนตัว มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด เนื่องจากนักศึกษาทุกคนมีสิทธิ์ในการเข้าถึงกลุ่ม สามารถโพสต์ แก้ไข ลบ เพิ่มข้อมูลต่าง ๆ ได้ อีกทั้งนักศึกษามีสิทธิ์อนุมัติเพื่อนเข้าสู่กลุ่มได้ จึงทำให้มีบุคคลอื่นเข้ามาโพสต์ก่อกวนในกลุ่ม วิธีแก้ไข นักศึกษาช่วยกันรีพอร์ต และกำหนดสิทธิ์ใหม่ให้ผู้ดูแลระบบมีสิทธิ์ดำเนินการจัดการสมาชิกได้คนเดียว และเมื่อพิจารณาภาพรวมมีความพึงพอใจเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทัดนิดา คุณสนอง (2553) ได้ศึกษาเรื่องการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์บนเครือข่ายสังคม เรื่อง การเขียนโปรแกรม ภาษาซี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีธรรมราชศึกษา พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 อยู่ในระดับมากที่สุด ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้ และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ การใช้ Facebook ในติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนทำเกิดความใกล้ชิด คุ้นเคยกับอาจารย์ผู้สอนมากขึ้น (Mean = 4.24) รองลงมาคือ การเรียนโดยใช้ Facebook ทำให้นิสิตมีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันกับเพื่อน (Mean = 4.21) เท่ากับนิสิตนำข้อเสนอแนะงานผ่าน Facebook ไปใช้ในการปรับปรุงผลงานของตนเองให้ดีขึ้น (Mean = 4.21) และการเรียนโดยใช้ Facebook ช่วยในการเสนอแนะงานทำให้ลดเวลาในนำเสนองานในชั้นเรียน (Mean = 4.18) ตามลำดับ ด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 3 ลำดับแรก คือ การเรียนโดยใช้ Facebook ทำให้นิสิตเข้าใจบทเรียนได้ดีจำได้นาน (Mean= 3.50) เนื่องจากผู้เรียนสามารถทบทวนสิ่งที่ทำและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างเพื่อนและอาจารย์ได้ตลอดเวลา ได้รับประสบการณ์ตรงจากการปรับปรุงผลงาน รองลงมาคือ นิสิตต้องการเรียนด้วยการเรียนโดยใช้ Facebook และใช้ในการเสนอแนะ งานอีกในโอกาสต่อไป (Mean = 3.79) และนิสิตมีความพึงพอใจในรูปแบบการเสนอแนะงานผ่าน Facebook ระดับใด (Mean = 3.82)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีผู้ดูแลระบบเพียงคนเดียว สามารภกำหนดสิทธิ์ให้ชัดเจน โดยผ่านการตรวจสอบจากผู้ดูแลระบบก่อนเข้าเป็นสมาชิก หรือการโพสต์ข้อมูลลงในกลุ่ม เพื่อความปลอดภัย

2. ควรมีการศึกษาวิจัยโดยนำ Facebook ใช้ร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์รูปแบบอื่น ๆ เช่น Line, Skype, Twitter, YouTube และ Instagram เพื่อส่งเสริมศักยภาพ ในการเรียนการสอนและเอื้ออำนวยในการเรียนของผู้เรียนให้มากขึ้น

3. ควรศึกษาพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ประเภทเฟสบุ๊ค ทวิตเตอร์ ไลน์ อินสตาแกรม สำหรับการเรียนการสอนของนักศึกษาในระดับปริญญาตรี และระดับบัณฑิตศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณงานวิชาศึกษาทั่วไปที่สนับสนุนการเรียนการสอนแบบ Active Learning สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในการสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนนักศึกษากลุ่มตัวอย่างทุกคน

เอกสารอ้างอิง

เข็มชาติ พงษ์พาน. (2554). **การพัฒนาระบบการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสังคมออนไลน์เฟสบุ๊ค เรื่อง การสร้างสูตรและฟังก์ชั่นในการคำนวณรายวิชาการใช้โปรแกรมตารางงาน**. วิทยานิพนธ์ ค.อ.ม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ดวงกมล ชาติประเสริฐ และศศิธร ยุวโกศล. (2556). พฤติกรรมและการใช้ประโยชน์จากเว็บไซต์เครือข่ายสังคมเฟซบุ๊ค. **วารสารวิชาการมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา**. 21 (36): 57-35

ทิพรัตน์ สิทธิวงค์. (2558). **การศึกษาความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่อการใช้ Facebook ในการเรียนการสอนรายวิชาการออกแบบและผลิตสื่อกราฟิกเพื่อการศึกษา สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยี และสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร**. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 17(3). 82-88.

ทัดนิดา คุณสนอง. (2553). **การจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์บนเครือข่ายสังคม เรื่อง การเขียนโปรแกรม ภาษาซี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีธรรมราชศึกษา**. วิทยานิพนธ์ ค.อ.ม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

นิธินันท์ ยอแสงรัตน์. (2554). **“จะชอบหรือไม่ชอบ อนาคตสื่อกระแสหลักก็ต้องมุ่งสื่อนิวมีเดีย” สื่อออนไลน์**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ Prachatai bookclub, 63-74.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). **วิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ:

วิจารณ์ พานิช. (2555). **วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21**. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.

หมวดวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. **วิชาภาษา การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ**, สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2561, จาก https://ge.vru.ac.th

M. R. de Villiers, & Marco Cobus Pretorius. (2013). Evaluation of a Collaborative Learning Environment on a Facebook Forum. **Electronic Journal of Information Systems Evaluation**. 16(1), 58-72.

Poore, M. (2013). **Using social media in the classroom: a best practice guide**. London: SAGE.

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักในท้องถิ่นจังหวัดลพบุรีด้วยวิธีดีพีพีเอช

ปิยวรรณ พันสี[1*] มัณฑนา โสมอ่ำ[1] และภารวี เสนาะสลุง[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผัก 5 ชนิดที่นิยมปลูกและบริโภคในจังหวัดลพบุรี ได้แก่ ต้นอ่อนทานตะวัน (*Helianthus annuus* L.) ผักปลัง (*Basella alba* L.) ผักหวานป่า (*Melientha suavis* Pierre) ผักบุ้งไทย (*Ipomoea aquatic* L.) และกะเพรา (*Ocimum sanctum* L.) โดยนำตัวอย่างผักสดที่ซื้อมาจากตลาดท้องถิ่นจังหวัดลพบุรีมาหั่นละเอียดแล้วสกัดด้วยเมทานอล จากนั้นระเหยตัวทำละลายออกจากสารสกัดและทำให้แห้ง ตัวอย่างจะถูกละลายด้วยเมทานอลก่อนที่จะนำไปศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอช ซึ่งวิธีนี้มีหลักการคือสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างจะทำให้สีม่วงของอนุมูลอิสระดีพีพีเอชจางลง โดยสามารถตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงสีม่วงที่ลดลงของอนุมูลอิสระดีพีพีเอชด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรีที่ความยาวคลื่น 517 nm ในงานนี้ใช้กรดแอสคอร์บิกเป็นสารมาตรฐานในการเปรียบเทียบค่าการต้านอนุมูลอิสระ และรายงานฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเป็นค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณของสารต้านออกซิเดชันที่ทำให้ความเข้มข้นของดีพีพีเอชเหลืออยู่ 50% (IC_{50}) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่ากรดแอสคอร์บิก (AAE) โดยค่า IC_{50} ของแต่ละตัวอย่างได้จากการพล็อตกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างและร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ ผลการทดลองพบว่าผักตัวอย่างทั้ง 5 ชนิด มีค่า IC_{50} ตั้งแต่ 68.62 ถึง 3,281.96 mg/L

คำสำคัญ: ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ผัก ดีพีพีเอช

[1] *สาขาวิชาเคมี (หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต) มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี*

* *ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:* pphansi@gmail.com

A STUDY ON FREE RADICAL SCAVENGING ACTIVITY OF LOCAL VEGETABLES IN LOPBURI PROVINCE BY DPPH ASSAY

Piyawan Phansi[1*] , Mantana Som-am[1], and Parawee Sanosalung[1]

Abstract

This work was a comparison of the free radical scavenging activity of five vegetable samples which were popular vegetables planted and consumed locally in Lopburi province, namely: sunflower sprout (*Helianthus annuus* L.), malabar spinach (*Basella alba* L.), sauropus androgynus (*Melientha suavis* Pierre), morning glory (*Ipomoea aquatic* L.), and holy basil (*Ocimum sanctum* L.). The fresh vegetable samples were purchased from the local market in Lopburi province, minced and extracted with methanol. After that, the solvent was removed from the extract and freeze dried. The crude extracts were redissolved in methanol to the desired concentration before measuring the antioxidant activity with 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) assay. The assay is based on the reduction by antioxidants of purple DPPH radical to yellow. Absorbance values of the test solutions were measured at 517 nm by using spectrophotometric method. In this work, ascorbic acid was used as a standard antioxidant. The antioxidant activity results were expressed as percentage of free radical scavenging (%radical scavenging), inhibitory concentration of 50% (IC_{50}), and ascorbic acid equivalent (AAE). The percentage of free radical scavenging (%radical scavenging), inhibitory concentration of 50% (IC_{50}), and ascorbic acid equivalent (AAE) were investigated. The IC_{50} value of each sample was obtained from the plotting between sample concentrations and %radical scavenging. The results showed that the IC_{50} values of 5 vegetables ranged from 68.62 to 3,281.96 mg/L

Keywords: Free radical scavenging, Vegetable, DPPH

[1]*Department of Chemistry (Education program), Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University, Lopburi.*

**Corresponding author, e-mail:* pphansi@gmail.com

บทนำ

ในปัจจุบันสารอนุมูลอิสระ (free radical หรือ oxidant) ได้รับความสนใจอย่างมากเนื่องจากมีผลเสียต่อสุขภาพร่างกายมนุษย์ อนุมูลอิสระเมื่อทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลในร่างกาย อาจทำให้การทำงานของสารชีวโมเลกุลเกิดความบกพร่อง ทำลายโครงสร้างดีเอ็นเอ เปลี่ยนสภาพโปรตีนและไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดการกลายพันธุ์และพัฒนาเป็นเซลล์มะเร็งได้ นอกจากนี้ยังเป็นสาเหตุของโรคอื่น ๆ เช่น โรคหัวใจ มะเร็ง ความดันโลหิตสูง เบาหวาน รูมาตอยด์ ความเสื่อมของเซลล์ประสาท ภาวะชรา เป็นต้น (Valko *et al*., 2007; สุกัญญา เขียวสะอาด, 2555) ซึ่งการเกิดสารอุมูลอิสระมีสาเหตุมาจากปัจจัยภายในคือ กระบวนการเผาผลาญของร่างกาย และปัจจัยภายนอก เช่น ควันบุหรี่ ไอระเหยของสารอินทรีย์ สารฆ่าแมลง ไอเสียของรถยนต์ (Scott *et al*., 2005; เจนจิรา จิรัมย์ และประสงค์ สีหานาม, 2554) ดังนั้น คนเราจึงหันมารับประทานอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เพื่อยับยั้งการก่อปัญหาสุขภาพที่เกิดสารอนุมูลอิระ โดยแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญมาจากพืช ผัก และผลไม้ ซึ่งมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี บีตาแคโรทีน แกมมา-โอรีซานอล สารประกอบฟีนอล (Podsędek *et al*., 2007)

ทานตะวัน (*Helianthus annuus L*.) เป็นพืชเศรษฐกิจหลักอย่างหนึ่งของจังหวัดลพบุรี มีพื้นที่ปลูกประมาณ 40,000 ไร่ (สำนักงานเกษตรจังหวัดลพบุรี, 2556) ซึ่งผลิตผลที่สำคัญจากทานตะวัน ได้แก่ เมล็ดทานตะวัน น้ำมัน และต้นอ่อนทานตะวัน การเพาะเมล็ดงอกเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดให้สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ยังไม่งอก ซึ่งปัจจุบันทานตะวันงอกหรือต้นอ่อนทานตะวันที่มีอายุประมาณหนึ่งสัปดาห์ กำลังเป็นที่นิยมของผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ เนื่องจากอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายในปริมาณที่สูง (สุชาวลีวรรณ ตรีเสิน และ ชนิกาญจน์ จันทร์มาทอง, 2559) มีโปรตีนมากถึง 25 เปอร์เซ็นต์ มีวิตามินเอ บี ดี และอี รวมทั้งแร่ธาตุบางชนิด เช่น แมงกานิส ซึ่งทำหน้าที่กระตุ้นเอนไซม์ที่จำเป็นต่อร่างกาย นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย (รักชนก ภูวพัฒน์ และคณะ, 2559)

ผักปลัง (*Basella alba* L.) เป็นไม้เถาเลื้อยล้มลุก ลำต้นอวบน้ำ เกลี้ยง กลม แตกกิ่งก้านสาขายาวประมาณ 2-6 เมตร ถ้าลำต้นมีสีเขียว เรียกว่า “ผักปลังขาว” มีใบสีเขียวเข้ม ส่วนชนิดลำต้นสีม่วงแดง เรียกว่า “ผักปลังแดง” มีใบสีเขียวเข้ม ก้านใบสีม่วงแดง มีถิ่นกำเนิดในแถบแอฟริกา และมีการกระจายพันธุ์ในทวีปเอเชีย เช่น จีน ญี่ปุ่น และไทย พบตามป่าทุ่ง ตามที่ชุ่มชื้นทั่วไป นิยมปลูกเป็นผักริมรั้ว ออกยอดตลอดปี (สุดารัตน์ หอมหวล, 2553) นิยมนำมาประกอบอาหาร เช่น แกงส้ม ผัดน้ำมัน ลวกจิ้มน้ำพริก ผักปลังมีสารประกอบที่สำคัญคือ สารกลุ่มสารฟีนอลิก สารบีทาเลน (จากผลสุก) ได้แก่ บีทานิดินมอโนกลูโคไซด์, กอมเฟรนีน และสารกลุ่มคาโรทีนอยด์ ได้แก่ นีออกแซนธิน, ไฟวโอลาแซนธิน, ลูเทอิน, ซีแซนธิน, แอลฟาและเบต้าแคโรทีน (สุดารัตน์ หอมหวล, 2553)

ผักหวานป่า (*Melientha suavis* Pierre) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบประเทศเอเชียอาคเนย์ ในประเทศไทยพบทั่วทุกภาค ลักษณะเป็นไม้เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง มีความสูง 5-15 เมตร ใบเป็นใบเดี่ยว (simple leaf) ออกเรียงสลับกัน ใบอ่อนรูปร่างแคบรี ปลายใบแหลม สีเขียวอมเหลือง และเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้มเมื่ออายุมากขึ้น ใบอ่อนใช้รับประทานได้ ยอดอ่อน ใบอ่อน และดอกอ่อนของผักหวานป่า มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีส่วนประกอบสำคัญ เช่น วิตามินเอ วิตามินซี เบต้า-แคโรทีน แคลเซียม และฟอสฟอรัส เป็นต้น (ณัฏฐากร เสมสันทัด และบัณฑิต โพธิ์น้อย, 2552) ซึ่งยังไม่มีรายงานการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผักหวานป่าด้วยวิธี DPPH มาก่อนหน้านี้

ผักบุ้งไทย (*Ipomoea aquatic* L.) เป็นพันธุ์ผักบุ้งท้องถิ่น และเป็นพันธุ์ผักบุ้งดั้งเดิมของไทย มีลักษณะเป็นไม้เถาล้มลุก ขึ้นในน้ำหรือพื้นดิน มีรากตามข้อ ลำต้นกลวง ใบรูปไข่ รูปขอบขนาน หรือรูปใบหอก ปลายแหลมหรือแหลมยาว โคนตัดรูปหัวใจหรือเงี่ยงลูกศร ซึ่งเป็นที่นิยมนำมารับประทาน และใช้ประกอบอาหาร มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ส่วนประกอบสำคัญ เช่น วิตามินเอ วิตามินซี แคลเซียม ฟอสฟอรัส และสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ และฟลาโวนอยด์ เป็นต้น (ศศิภา เกตุกราย และคณะ, 2561; สำนักงานหอพรรณไม้, 2560; ภาณุมาศ ฤทธิไชย และคณะ, 2560)

กะเพรา (*Ocimum sanctum* L.) เป็นไม้ล้มลุกขนาดเล็ก ปลูกได้ทั่วไปในเขตร้อน ใบเป็นใบเดี่ยว รูปรี ปลายแหลม ขอบใบหยัก มีกลิ่นหอม นิยมนำมาประกอบอาหาร เช่น ผัดกะเพรา ในกะเพรามีสารประกอบที่สำคัญ เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรท วิตามินซี เบต้าแคโรทีน และสารประกอบฟีนอล เป็นต้น (สุกัญญา เขียวสะอาด, 2555; เอนก หาลี และบุณยกฤต รัตนพันธุ์, 2560) กะเพรามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น อนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์แอนไอออน อนุมูลไฮดรอกซิล อนุมูลเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น (Hakkim *et al*., 2007)

ด้วยเหตุนี้การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้านจึงมีความสำคัญเพื่อสนับสนุนและส่งเสริมให้ผักพื้นบ้านได้เป็นที่รู้จัก เป็นองค์ความรู้เผยแพร่ให้ประชาชนเห็นความสำคัญในการผลิตและบริโภคผักพื้นบ้านต่อไป โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธี DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) เนื่องจากวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่าย รวดเร็ว สะดวก (Jabbari and Jabbari, 2016) และนิยมใช้กันทั่วไป ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้านในจังหวัดลพบุรี 5 ชนิด ได้แก่ ต้นอ่อนทานตะวัน ผักปลัง ผักหวานป่า ผักบุ้งไทย และกะเพรา ซึ่งเป็นผักพื้นบ้านที่นิยมบริโภคและพบโดยทั่วไปในเขตจังหวัดลพบุรี (จุฑาทิพย์ เชียรเจริญ, 2542) และภูมิภาคอื่น ๆ ในประเทศไทย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผักในท้องถิ่นจังหวัดลพบุรี ได้แก่ ต้นอ่อนทานตะวัน ผักปลัง ผักหวานป่า ผักบุ้งไทย และกะเพรา

วิธีดำเนินการวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ผักในท้องถิ่นจังหวัดลพบุรี ได้แก่ ต้นอ่อนทานตะวัน ผักปลัง ผักหวานป่า ผักบุ้งไทย และกะเพรา โดยซื้อจากตลาดใน อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี

การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างผักสดมาล้างให้สะอาดและผึ่งให้แห้ง หลังจากนั้นนำมาหั่นให้ละเอียด แล้วชั่งผัก 100 g ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 500 mL และเติมเมทานอลจนท่วมผัก นำไปเขย่าด้วยเครื่องเครื่องเขย่าสาร (Lab-Shaker LS-X, สาธารณรัฐประชาชนจีน) 120 รอบ ต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำผักที่ได้ไปกรองด้วยผ้าขาวบางและกระดาษกรองเบอร์ 1 นำไปเข้าเครื่องระเหยสุญญากาศ (Evaporator) (BUCHI Rotavapor R-124, ประเทศเยอรมัน) ที่อุณหภูมิ 50-60 °C ให้สารมีปริมาตรน้อยที่สุด หรือประมาณ 1-2 mL นำผักสกัดที่ได้เก็บไว้ในขวดสีชา และนำไปแช่ตู้ที่อุณภูมิ -40 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำผักสกัดไปเข้าเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dryer) (LABCONCO, ประเทศสหรัฐอเมริกา) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เก็บผักสกัดไว้ที่อุณหภูมิ -18 °C และนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

เตรียมสต็อก (Stock) ตัวอย่าง โดยชั่งตัวอย่างผักที่ผ่านการสกัดและทำให้แห้งแล้ว ละลายและปรับปริมาตรตัวอย่างด้วยเมทานอลจนครบปริมาตรที่ต้องการ

วิธีการเตรียมสารเคมี

สารละลาย DPPH (Sigma-Aldrich, ประเทศเยอรมัน) ความเข้มข้น 2.0 mmol/L ปริมาตร 50 mL เตรียมโดยชั่ง DPPH 39 mg ละลายและปรับปริมาตรให้เท่ากับ 50 mL ด้วยเมทานอล (RCI Labscan, ประเทศไทย)

สารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) เข้มข้น 5,000 mg/L เตรียมได้จาก ชั่งกรดแอสคอร์บิก 0.125 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน 25 mL

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ปิเปตสารละลาย 2.0 mmol/L DPPH ลงในขวดวัดปริมาตรขาด 10.00 mL หลังจากนั้นปิเปตสารละลายตัวอย่างหรือสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ในปริมาตรที่เหมาะสมลงในขวดวัดปริมาตรที่มี DPPH อยู่ เขย่าสารละลายให้เข้ากัน และเก็บในที่มืด 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงของสารด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโต-มิเตอร์ (Lab Tech รุ่น UV 1900 D, สหรัฐอเมริกา) ที่ความยาวคลื่น 517 nm

การวัดค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างผักทำโดยหาวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารที่ 517 nm และนำข้อมูลมาคำนวณจากสูตรค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ (%radical scavenging), IC_{50}, ascorbic acid equivalents (AAE) และ %yield ดังต่อไปนี้(Mrazek *et al*., 2012; ประวิทย์ สันติวัฒนา และจิตตินันท์ ปานประไพ, 2016; บุหรัน พันธุ์สวรรค์, 2556; นพวัฒน์ เพ็งคำศรี และคณะ, 2554)

$$\text{DPPH radical scavenging (\%)} = [(A_0-A_s)/A_0] \times 100$$

โดย A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงตั้งต้น และ

A_s = ค่าการดูดกลืนแสงหลังจากเติมสารตัวอย่าง

IC_{50} หาได้จาก %radical scavenging ที่ 50% โดยแทนค่า y = 50 ลงในสมการของกราฟตัวอย่างผักที่พล็อตความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างค่าความเข้มข้นของตัวอย่างกับค่า %radical scavenging

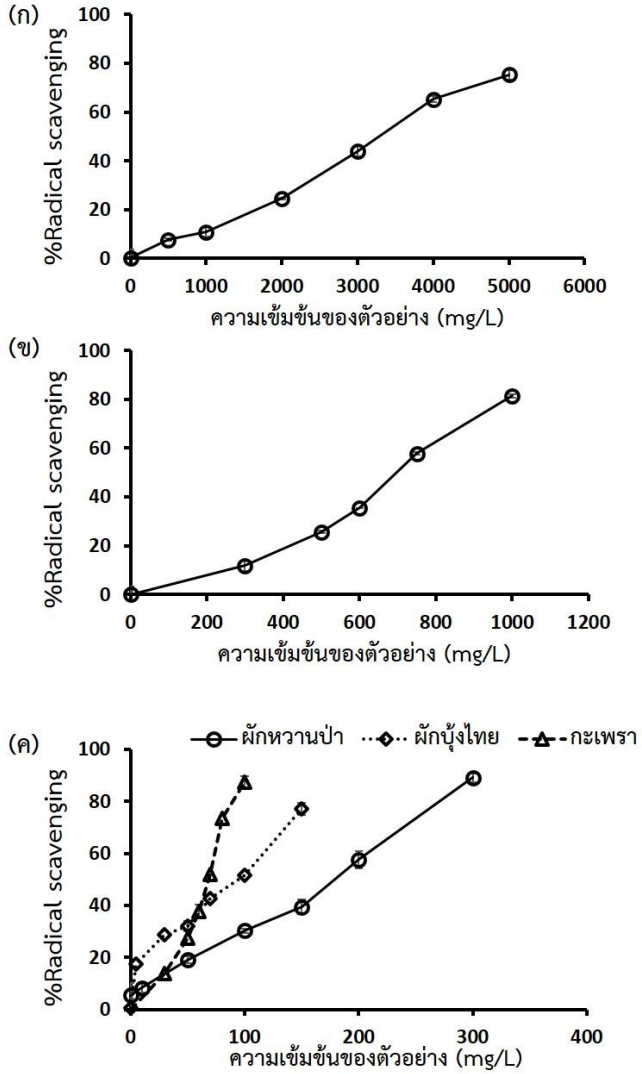
ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเมื่อเทียบกับสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid equivalent (AAE)) ได้จากจากการแทนค่า %radical scavenging ของตัวอย่าง ลงในสมการที่ค่า y ของกราฟมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง 3 ซ้ำ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 16.0 และเปรียบเทียบความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผัก 5 ชนิดที่มีนิยมปลูกและบริโภคท้องถิ่นในจังหวัดลพบุรี ได้แก่ ต้นอ่อนทานตะวัน ผักปลัง ผักหวานป่า ผักบุ้งไทย และกะเพรา โดยนำผักแต่ละชนิดมาหาร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ (%radical scavenging) และสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของตัวอย่างกับค่า %radical scavenging (ดังภาพที่ 1) เพื่อที่จะคำนวณค่า IC_{50} ซึ่งแสดงในตารางที่ 1 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างผักกะเพรามีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เนื่องจากมีค่า IC_{50} น้อยที่สุดคือ 68.62 ± 1.34 mg/L รองลงมาคือตัวอย่างผักบุ้งไทย ผักหวานป่า ผักปลัง และต้นอ่อนทานตะวัน ซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 96.95 ± 1.82 mg/L, 173.18 ± 2.99 mg/L, 642.30 ± 2.83 mg/L และ 3,281.96 ± 1.81 mg/L ตามลำดับ



ภาพที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของตัวอย่างผักและค่า %radical scavenging โดยมีตัวอย่างผัก คือ (ก) ต้นอ่อนทานตะวัน (ข) ผักปลัง และ (ค) ผักหวานป่า ผักบุ้งไทย และกะเพรา

ตารางที่ 1 ค่า IC_{50} ของผักตัวอย่าง

ตัวอย่าง	IC_{50} (mg/L)
ต้นอ่อนทานตะวัน	3,281.96 ± 1.81[a]
ผักปลัง	642.30 ± 2.83[b]
ผักหวานป่า	173.18 ± 2.99[c]
ผักบุ้งไทย	96.95 ± 1.82[d]
กะเพรา	68.62 ± 1.34[e]

ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3)

[a-e] แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน

จากนั้นทำการสร้างกราฟมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกโดยพล็อตระหว่างความเข้มข้นกรดแอสคอร์บิกตั้งแต่ 2.5 ถึง 12.5 mg/L กับค่า %radical scavenging ได้สมการเส้นตรงคือ y = 9.6476 - 23.2890 (r^2 = 0.9958) เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผักตัวอย่างกับสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid equivalent (AAE)) (Mrazek *et al*., 2012) ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่า AAE ของผักตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของตัวอย่าง (mg/L)	AAE (mg/L)
ต้นอ่อนทานตะวัน	1000	2.43 ± 0.21
ผักปลัง	500	4.40 ± 0.08
ผักหวานป่า	100	5.75 ± 0.10
ผักบุ้งไทย	100	7.74 ± 0.13
กะเพรา	100	11.46 ± 0.23

ผลการทดลองในงานวิจัยนี้มีสอดคล้องกับรายงานงานวิจัยที่ได้รายงานมาก่อนหน้านี้ เช่น เอนกหาลี และบุณยกฤต รัตนพันธุ์ (2560) ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระจากสมุนไพรพื้นบ้าน ได้แก่ อัญชัน ขมิ้น ใบเตย มะรุม กระเจี๊ยบ โหระพา สะระแหน่ มะตูม ข่า ขิง มะขาม กะเพรา ตะไคร้ แมงลัก และมะนาว ซึ่งมีประสิทธิภาพต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH อยู่ในช่วง 0.39-21.21 μmol Trolox equivalent/g พบว่ากะเพรามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงมากเมื่อเทียบกับสมุนไพรพื้นบ้านชนิดอื่น ๆ คือ ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 17.62 μmol Trolox equivalent/g รองจากกระเจี๊ยบซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 21.21 μmol Trolox equivalent/g และงานวิจัยของ Aqli และคณะ (2006) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าสารสกัดเมทานอลของกะเพรามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพืชหลายชนิด เช่น ชา และกระเทียม

จากผลการทดลองที่พบว่าต้นอ่อนทานตะวันมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสอดคล้องกับงานวิจัยของรักชนก ภูวพัฒน์ และคณะ (2559) ซึ่งได้ศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสารสกัดของใบและลำต้นอ่อน

ทานตะวันอายุ 1 และ 2 สัปดาห์ พบว่าทั้งใบและลำต้นอ่อนทานตะวันอายุ 1 และ 2 สัปดาห์ มีสารประกอบฟีนอล จึงมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH

เมื่อเทียบผลการทดลองในงานนี้กับงานวิจัยของบังอร วงศ์รักษ์ และศศิลักษณ์ ปิยะสุวรรณ์ (2549) ซึ่งได้ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้าน 6 ชนิด ด้วยวิธี DPPH ได้แก่ ผักกูด ผักติ้ว ผักปลังขาว ย่านาง ผักเหมียง และผักหวานบ้าน พบว่าผักทั้ง 6 ชนิดมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ พบว่าผักติ้วและย่านางแสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ มีค่า IC_{50} ระหว่าง 101.79-772.63 mg/L ซึ่งสูงกว่าผักอีก 4 ชนิด คือ ผักกูด ผักปลังขาว ผักเหมียง และผักหวานบ้าน ที่มีค่า IC_{50} สูงกว่า 1,000 mg/L (บังอร วงศ์รักษ์ และศศิลักษณ์ ปิยะสุวรรณ์, 2549) ซึ่งในการทดลองนี้พบว่าต้นอ่อนทานตะวันมีค่า IC_{50} เท่ากับ 3,281.96 mg/L ส่วนผักปลังมีค่า IC_{50} เท่ากับ 642.30 mg/L ซึ่งผลการทดลองที่ได้มีความแตกต่างกันอาจเนื่องจากสภาพดินที่ปลูกผัก หรือระยะเวลาที่เก็บเกี่ยวผักต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

ตัวอย่างผักที่ซื้อจากตลาดในจังหวัดลพบุรีทั้ง 5 ชนิด มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยมีค่า ค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 68.62 ถึง 3,281.96 mg/L ซึ่งผักกะเพรามีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เนื่องจากมีค่า IC_{50} น้อยที่สุด รองลงมาคือผักบุ้งไทย ผักหวานป่า ผักปลัง และต้นอ่อนทานตะวัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าผักเหล่านี้มีประโยชน์เนื่องจากมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และควรส่งเสริมให้มีการผลิตและบริโภคต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งต่อไปสามารถนำเทคนิคการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระนี้ไปใช้กับการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผักชนิดอื่น ๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย ขอบคุณทุนสนับสนุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี (ปีงบประมาณ 2561) ที่ให้แก่ ดร.ปิยวรรณ พันสี และขอบคุณ ดร. ภาราดร งามดี สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่ช่วยให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวิเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

จุฑาทิพย์ เชียรเจริญ. (2542). **พืชผักพื้นเมืองในจังหวัดลพบุรี**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เจนจิรา จิรัมย์ และประสงค์ สีหานาม. (2554). อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ: แหล่งที่มาและกลไกการเกิดปฏิกิริยา. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์**, 1(1): 59-70.

นพวัฒน์ เพ็งคำศรี, จัตุพล กันทะมูล, ภัทราภรณ์ โตวัฒนกิจ, วชิรวิทย์, วงศ์ษารัฐ, วนิดา ใจหมั่น, นิภาพร เมืองจันทร์ และสุภารัตน์ จันทร์เหลือง. (2554). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเหง้าข่าลิง. **ไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ**, 6(3): 195-201.

บังอร วงศ์รักษ์ และศศิลักษณ์ ปิยะสุวรรณ์. (2549). **ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้าน**. ปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต คณะเภสัชศสาตร์ มหาวิทายาลัยมหิดล.

บุหรัน พันธุ์สวรรค์. (2556). อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 21(3): 275-286.

ประวิทย์ สันติวัฒนา และจิตตินันท์ ปานประไพ. (2559). การเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม มะเขือเทศ และงาดำ น้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม มะเขือเทศ และงาดำ. **วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์**. 15(1): 1-13.

สุกัญญา เขียวสะอาด. (2555). กะเพรากับการต้านอนุมูลอิสระ. **วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง**. 21(2): 54-65.

สุดารัตน์ หอมหวล. (2553). **ฐานข้อมูลสมุนไพร**. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี <http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=238>.

ณัฏฐากร เสมสันทัด และบัณฑิต โพธิ์น้อย. (2552). **ผักหวานป่า**. กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

ภาณุมาศ ฤทธิไชย, เยาวพา จิระเกียรติกุล ชานนท์ มณีรัตน์ และนภาพร ยังวิเศษ. (2560). ผลของ Folic Acid ต่อการเจริญเติบโตและสารต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้งจีน (*Ipomoea aquatica* Forsk.). **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 25(1): 46-55.

รักชนก ภูวพัฒน์, มูฮัมมัดบาคอรี ยูโซ๊ะ และโซเฟีย เมฆารัฐ. (2559). การศึกษาอายุที่เหมาะสมของต้นอ่อนทานตะวันต่อความสามารถในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ. **วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์**. 8(1): 90-100.

ศศิภา เกตุกราย, นฤชิต ดำปิน และเกษม จันทร์แก้ว. (2561). ผลผลิตและการแพร่กระจายของผักบุ้ง (*Ipomoea aquatic* Forsk.) ในแม่น้ำท่าจีน. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 26(8): 1325-1335.

สุชาวลีวรรณ ตรีเสิน และชนิกาญจน์ จันทร์มาทอง. (2559). ผลของการแช่เมล็ดด้วยกรดซาลิซิลิกต่อความงอกของเมล็ด การเจริญเติบโต และศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวัน. **วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์**. (3): 10-16.

สำนักงานเกษตรจังหวัดลพบุรี. (2556). พืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดลพบุรี. <http://www.lopburi.doae.go.th/index1.htm> 22 พฤษภาคม 2560.

สำนักงานหอพรรณไม้ (2560). **ผักบุ้ง**. สารานุกรมพืชในประเทศไทย (ฉบับย่อ). สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

เอนก หาลี และบุณยกฤต รัตนพันธุ์. (2560). การศึกษาประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระจากพืชผักสมุนไพรพื้นบ้าน 15 ชนิด. **วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.**, 40(2): 283-293.

Aqil, F., Ahmad, I. & Mehmood, Z. (2006). Antioxidant and free radical scavenging properties of twelve traditionally used Indian medicinal plants. **Turkish Journal of Biology**, 30, 177-183.

Hakkim, F.L., Shankar, C.G. & Girija, S. (2007). Chemical composition and antioxidant property of holy basil (*Ocimum sanctum* L.) leaves, stems, and inflorescence and their *in vitro* callus cultures. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 55, 9109-9117.

Mrazek, N., Watla-iad, K., Deachathai, S. & Suteerapataranon, S. (2012). Rapid antioxidant capacity screening in herbal extracts using a simple flow injection-spectrophotometric system. **Food Chemistry**. 132, 544-548.

Podsędek, A. (2007). Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. **LWT - Food Science and Technology**. 40, 1-11.

Scott, D.A., Poston, R.N., Wilson, R.F., Coward, P.Y. and Palmer, R.M. (2005). "The in-fluence of vitamin C on systemic markers of endothelial and inflammatory cell activation in smokers and non-smokers". **Journal of Inflammation Research**, 54, 138–144.

Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Mark, T.D., Cronin, M.T.D., Milan Mazur, M. & Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, 39(1), 44–84.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งโรตีสายไหมจากแป้งข้าวหอมนิล

สุนันทา คะเนนอก[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งสาลีและแป้งข้าวหอมนิลในการผลิตแผ่นแป้งโรตี ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อแป้งโรตีสายไหมแป้งข้าวหอมนิล สมบัติทางเคมี กายภาพของแป้งโรตีสายไหมแป้งข้าวหอมนิล และต้นทุนการผลิตสูตรมาตรฐานแป้งโรตีสายไหมแป้งข้าวหอมนิล ทำการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 100 คน ผลการศึกษายอมรับทางด้านประสาทสัมผัส พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยทุกด้านสูงที่สุด คือ แผ่นแป้งโรตีสูตรทดแทนในปริมาณร้อยละ 10 มีส่วนผสมของแป้งสาลีอเนกประสงค์ ร้อยละ 47.52 แป้งข้าวหอมนิล ร้อยละ 5.28 น้ำเปล่าร้อยละ 40.62 นมข้นจืด ร้อยละ 5.89 เกลือป่น ร้อยละ 0.49 และกลิ่นวนิลลา ร้อยละ 0.20

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ค่าแรงดึง 54 ± 4.50 กรัม ซึ่งต่ำกว่าสูตรมาตรฐาน มีค่าความสว่าง L* ค่าความแดง a* และค่าความเหลือง b* เท่ากับ 54.15 ± 3.40 1.99 ± 0.44 12.11± 1.77 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ 100 กรัม ให้พลังงานรวม เท่ากับ 477.4 กิโลแคลอรี่ มีความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดต ร้อยละ 40.08, 10.10, 1.09,1.25, 0.67 และ 46.81 ตามลำดับ สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสผู้บริโภคประเมินอยู่ในระดับชอบมาก (ด้านลักษณะปรากฏ 7.67±0.67 สี 7.69±0.79 กลิ่น 7.72±0.74 รสชาติ 7.67±0.84 เนื้อสัมผัส 7.76±0.78 และความชอบโดยรวม 7.89±0.69)

ผู้บริโภคทั้งหมดให้การยอมรับและตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งโรตีสายไหมข้าวหอมนิล แผ่นแป้งโรตีสายไหมสูตรมาตรฐานใช้ต้นทุนในการผลิต 1 กิโลกรัม เท่ากับ 26 บาท และสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดทดแทนแป้งปริมาณ ร้อยละ 10 ใช้ต้นทุนในการผลิต 1 กิโลกรัม เท่ากับ 28 บาท มีต้นทุนสูงกว่าเท่ากับสูตรมาตรฐาน 2 บาท

คำสำคัญ: การพัฒนาผลิตภัณฑ์ แผ่นแป้งโรตี ข้าวหอมนิล

[1] *หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา e-mail: sununta.kanenok@gmail.com*

DEVELOPMENT OF ROTISAIMAI DOUGH WITH HOMNIN RICE

Sununta Kanenok[1*]

Abstract

The objectives of this research were to study the suitable substituted Homnin rice flour as All-purpose flour in of Rotisaimai Dough production (2) physicochemical qualities were investigated (3) to consumer acceptance of Rotisaimai Dough with Homnin rice, and (4) To calculating costs and selling prices of products.

The sample consisted of 100 students in Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University. The instruments used were the sensory evaluation 9-Point Hedonic scale. (1=dislike very much, 9=like very much)

Result showed that. There were significant differences ($p \leq 0.05$) the optimal formulation was Rotisaimai Dough with Homnin rice 10%. The Rotisaimai Dough with Homnin rice was composed of 47.52% all purpose flour, 5.28% Homnin rice flour, 40.62 %water, 5.89 % fresh milk, 0.49 % salt, and 0.20% vanilla extract.

For the physiological quality assessment found that Hardness was 54 ± 4.50 g. Lower than control recipe and Color value significant ($p \leq 0.05$) The brightness (L*), reddish (a*) and yellowish (b*) were 54.15 ± 3.40 1.99 ± 0.44 12.11± 1.77, respectively.

Approximate chemical composition (100 g.) was found that Fat content and provided energy around 477.4 kcal. The product was composed of moisture ash protein fat fiber and carbohydrate (40.08, 10.10, 1.09,1.25, 0.67 and 46.81 ,respectively.)

The sensorial results showed that All-purpose flour substituted with 30% banana flour had the highest overall acceptability score Consumer acceptance were very liking (The characteristic for appearance was 7.67±0.67 color was 7.69±0.79 flavor was 7.72±0.74, taste was 7.67±0.84, texture was 7.76±0.78 and overall was 7.89±0.69)

The consumer's acceptability test revealed that All of consumers accept and decided to buy the product. Calculating costs and selling prices of Rotisaimai Dough substituted 10 % Homnin rice flour was 26 baht/1 Kg.

Keywords: Product Development, Rotisaimai Dough, Homnin rice

[1]*Home Economics, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, e-mail: sununta.kanenok@gmail.com*

บทนำ

โรตีสายไหม เป็นอาหารประเภทขนมหวานชนิดหนึ่งมีส่วนประกอบหลักอยู่สองส่วน คือ แผ่นแป้ง และส่วนไส้ที่เป็นน้ำตาลเคี่ยวทำเป็นเส้นฝอยที่เรียกว่า สายไหม เวลารับประทานจะนำแผ่นแป้งมาห่อไส้และม้วน เพื่อรับประทานโรตีสายไหม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นชื่อของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นที่รู้จักกันดีทั้งคนท้องถิ่นและนักท่องเที่ยว ซึ่งแผ่นแป้งส่วนใหญ่มีส่วนผสมของแป้งสาลี หรือบางร้านมีการเสริมงา แต่งสีกลิ่นด้วยสีผสมอาหารวัตถุสังเคราะห์ มิได้มีการใช้สีจากธรรมชาติแต่อย่างใด (โรตีสายไหม, 2559)

ข้าวกล้องหอมนิล เป็นวัตถุดิบพื้นบ้านและเป็นทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่น ข้าวกล้องหอมนิลเป็นข้าวที่มีประโยชน์หลายด้าน มีคุณค่าทางโภชนาการสูง สารสกัดจากรำข้าวหอมนิล อุดมไปด้วย น้ำมันธรรมชาติ, วิตามินอี และบี คอมเพล็กซ์ และรงควัตถุ (Anthocyanin) (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2560) ข้าวกล้องหอมนิลมีสีหลักทั้งหมดสามสี คือ สีน้ำตาลอ่อน (สาร ProAnthocyanidin), สีแดง (สาร Peonidin), และสีม่วงเข้ม (สาร Cyanidin) สีทั้งหมดของข้าวเป็น รงควัตถุ (pigments) ที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ Flavonoid ในต้นข้าว และสารที่สำคัญที่ได้รับจากข้าวกล้องหอมนิล คือ สาร G-oryzanol เป็นสาร antioxidant ดีกว่าวิตามินอี วิตามินซีและเบต้าคาร์โรทีน สารนี้สกัดได้จากน้ำมันรำข้าวมีปริมาณประมาณ 3,000 mg/kg มากกว่าวิตามินอี ซึ่งมีปริมาณเพียง 300 mg/kg แล้วมีรายงานว่า สารลดการเกิดปฏิกิริยา oxidation ซึ่งเป็นผลผลิตจาก cholesterol ที่อาจก่อเกิดสารประกอบที่เป็นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม (mutagenic) และก่อมะเร็ง (carcinogenic) ซึ่งสารเหล่านี้เป็นอันตรายต่อเซลล์ต่างในหลอดเลือด เช่น macrophage และเซลล์ endothelial ซึ่งเป็นเหตุของโรคเส้นอุดตันในหัวใจ และโรคที่เกี่ยวข้องกับปอด นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันโรคมะเร็งได้ (ก้องเกียรติ เกษเพ็ชร์, 2556) ข้าวกล้องหอมนิลยังอุดมไปด้วยวิตามินที่มีหน้าที่สำคัญในการช่วยการทำงานของระบบประสาทและสมอง ทำให้ความจำดี อารมณ์ดี ไม่เครียดง่าย ช่วยในการทำงานของระบบกล้ามเนื้อ เสริมความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหัวใจ ช่วยรักษาโรคเหน็บชา วิตามินอีในจมูกข้าวยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระตัวสำคัญ ที่จะช่วยป้องกันไม่ให้ผิวหนังเหี่ยวย่น เป็นรอยตีนกา ฝ้า กระ ข้ออักเสบ ต้อกระจก หลอดเลือดอุดตัน สาเหตุของโรคหัวใจ อัมพาต โรคมะเร็ง และธาตุเหล็กที่ช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง ด้วยสีที่เป็นเอกลักษณ์ของข้าวหอมนิล คือสีม่วง จึงเหมาะที่จะนำมาประกอบอาหารเพื่อเพิ่มสีสัน

การวิจัยครั้งนี้เป็นกระบวนการสร้างองค์ความรู้และต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่น ให้เกิดประโยชน์เชิงพาณิชย์และสาธารณะ และส่งเสริมเศรษฐกิจสร้างสรรค์ โดยนำข้าวหอมนิลซึ่งเป็นข้าวพื้นบ้านของไทย และเป็นสินค้าทางการเกษตรของประเทศในกลุ่มอาเซียน มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่ดีของผู้บริโภคในรูปแบบที่รับประทานง่าย และให้คุณค่าทางโภชนาการเหมาะสมแก่ผู้บริโภค อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่พืชผักพื้นบ้าน โดยการผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่มีคุณค่าโภชนาการสูง เป็นแนวทางแก่หน่วยงานภาครัฐบาลส่งเสริมพืชเศรษฐกิจของเกษตรกรในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและเขตภาคกลางให้ปลูกและใช้ประโยชน์จากข้าวมากขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งโรตีสายไหมข้าวหอมนิล ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. เพื่อคัดเลือกสูตรมาตรฐานในการผลิตแผ่นแป้งโรตีสายไหมข้าวหอมนิล
2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งสาลีและแป้งข้าวหอมนิลในการผลิตแผ่นแป้งโรตี
3. เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งโรตีสายไหมแป้งข้าวหอมนิล
4. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อแป้งโรตีสายไหมแป้งข้าวหอมนิล
5. เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตสูตรควบคุมแป้งโรตีสายไหมแป้งข้าวหอมนิล

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การคัดเลือกสูตรแป้งโรตีสายไหมเพื่อเป็นสูตรมาตรฐาน

นำสูตรแป้งโรตีสายไหม จำนวน 3 สูตร ดังตารางที่ 1 มาผลิตเป็นแป้ง มาให้ผู้ทดสอบชิมคือผู้เชี่ยวชาญและนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จำนวน 40 คน โดยประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale (1 คะแนน คือ ไม่ชอบมากที่สุด และ9 คะแนน คือ ชอบมากที่สุด) โดยสูตรที่มีคะแนนการประเมินความชอบสูงสุดจะใช้เป็นสูตรพื้นฐานสำหรับการศึกษาการทดแทนสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลต่อไป

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณส่วนผสมในการผลิตแป้งโรตีสายไหมเพื่อคัดเลือกสูตรมาตรฐาน

ส่วนประกอบ (กรัม)	สูตร 1*	สูตร 2**	สูตร 3***
แป้งสาลีอเนกประสงค์ (ตราว่าว)	200	180	130
น้ำเปล่า	120	130	100
นมข้นจืด (ตราคาเนชั่น)	50	35	14.5
เกลือป่น (ตราปรุงทิพย์)	1	1.2	1.2
กลิ่นนมเนย	0.5	0.5	-
กลิ่นวนิลลา	-	-	0.5

ที่มา : * นิด บำรุงราษฎร์ (2560) ** นิรนาม (2559) ***สุนันทา คะเนนอก (2559)

2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งโรตีสายไหมจากแป้งข้าวหอมนิล

2.1 การผลิตแป้งข้าวหอมนิล ผู้วิจัยได้มีการเตรียมแป้งข้าวหอมนิลตามวิธีการโม่แห้งโดยนำข้าวหอมนิลไปทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำไปปั่นให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 150 μm และบรรจุในถุงพลาสติกสุญญากาศเก็บในที่แห้งเพื่อใช้ในการผลิต

2.2 พัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งโรตีสายไหมจากแป้งข้าวหอมนิล ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณอัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งหอมนิลแตกต่างกัน 4 ระดับ ปริมาณร้อยละ 5 10 15 และ 20 เพื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic Scale ในช่วงคะแนน 1-9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด ส่วน 9 = ชอบมากที่สุด) โดยให้ผู้ทดสอบ จำนวน 40 คน ประเมินการยอมรับในด้านประสาทสัมผัส

2.3 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แป้งโรตีสายไหมจากแป้งข้าวหอมนิล ผู้วิจัยได้นำแผ่นแป้งและน้ำตาลสายไหม โดยใช้แผ่นแป้งสูตรที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับสูงสุด ไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อผู้บริโภคได้ทำการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคและข้อมูลทั่วไป จำนวน 100 คน โดยใช้แบบสอบถาม

2.4 การศึกษาการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งโรตีสายไหมสูตรพื้นฐานเปรียบเทียบกับสูตรทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับสูงสุด โดยวิเคราะห์องค์ประอบทางเคมีโดยประมาณ

3. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (one-Way ANOVA)

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนับสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป แสดงผลในรูปของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

1. ผลการคัดเลือกสูตรมาตรฐานในการผลิตแผ่นแป้งโรตีสายไหมข้าวหอมนิล

ผู้วิจัยได้มีกระบวนการคัดเลือกสูตรมาตรฐานโดยนำสูตรแผ่นแป้งโรตี 3 สูตร ที่แตกต่างกันให้ผู้เชี่ยวชาญ 40 คน ทดสอบชิมโดยมีการวางแผนแบบสุ่มบล็อคสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส คือ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม นำมาวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า ทั้งสามสูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สูตรที่เหมาะสมต่อการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลคือ สูตรที่ 3 (สุนันทา คะเนนอก, 2559) เพราะมีความนุ่ม และหอม เนื้อสัมผัสดีที่สุด คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยผู้วิจัยได้นำสูตรที่ได้รับการคัดเลือก มาศึกษาปริมาณการทดแทนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นแป้งโรตีในปริมาณร้อยละ 5 10 15 และ 20 ในขั้นตอนต่อไป

2. ผลการศึกษาหาปริมาณการทดแทนที่เหมาะสม

จากการศึกษาอัตราส่วนการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิล ในระดับต่าง ๆ ปริมาณร้อยละ 0 ร้อยละ 5 ร้อยละ 10 ร้อยละ 15 และร้อยละ 20 ได้นำแผ่นแป้งโรตีทั้ง 5 สูตร ไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยให้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จำนวน 40 คน ประเมินการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี 9 Point Hedonic Scale เป็นการให้คะแนนตามลำดับความชอบในช่วงคะแนน 1-9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด ส่วน 9 = ชอบมากที่สุด) ซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด คือ สูตรที่ 3 ทดแทนในปริมาณ ร้อยละ 10 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (n=40)

ปริมาณการทดแทนร้อยละ	ลักษณะปรากฏ^{ns}	สี^{ns}	กลิ่น*	รสชาติ*	เนื้อสัมผัส*	ความชอบโดยรวม*
0	7.23±0.97	7.38±0.84	7.58±0.11^{a}	7.43±0.96^{a}	7.45±1.36^{a}	7.58±0.84^{a}
5	6.88±1.22	7.00±0.96	7.08±0.46^{ab}	6.80±1.09^{b}	6.90±0.87^{ab}	7.20±0.79^{ab}
10	6.93±1.53	7.13±1.27	7.15±1.03^{ab}	7.43±1.22^{a}	7.40±1.34^{a}	7.58±0.81^{a}
15	6.68±1.44	6.98±1.41	6.50±1.32^{c}	6.73±1.34^{b}	6.78±1.46^{b}	7.05±1.22^{b}
20	6.80±1.88	6.93±1.37	6.73±0.91^{bc}	6.78±1.00^{b}	6.68±0.90^{b}	6.78±1.09^{b}

หมายเหตุ (a-c) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p \leq 0.05$)

* คือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p \leq 0.05$)

^{ns} คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p > 0.05$)

การยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสถิติ ($p \leq .05$) ส่วนด้านลักษณะปรากฏ และสี พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสถิติ ($p > 0.05$) โดยสูตรที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 10 มีค่าเฉลี่ยด้านความชอบสูงที่สุด

3. ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งโรตีสายไหมแป้งข้าวหอมนิล

ผลวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ค่าแรงดึง สูตรมาตรฐาน เท่ากับ 75 ± 2.30 กรัม สูตรที่ผู้บริโภคยอมรับ เท่ากับ 54 ± 4.50 กรัม วัดค่าความสว่าง L* ค่าความแดง a* และค่าความเหลือง b* ของสูตรมาตรฐาน เท่ากับ 62.88 ± 3.33 -0.43 ± 0.12 16.32 ± 1.62 ตามลำดับ สูตรที่ผู้บริโภคยอมรับ เท่ากับ 54.15 ± 3.40 1.99 ± 0.44 12.11± 1.77 ตามลำดับ ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate Analysis) คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักแห้ง (dry basis) สูตรที่ผู้บริโภคยอมรับให้พลังงานรวมเท่ากับ 477.4 กิโลแคลอรี่ ประกอบด้วย ความชื้น (Moisture) ร้อยละ 40.08 โปรตีน (Protein) ร้อยละ 10.10 ไขมัน (Crude fat)ร้อยละ 1.09 เส้นใย (Crude fiber) ร้อยละ 1.25 เถ้า (Ash) ร้อยละ 0.67 คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ร้อยละ 46.81 ซึ่งมีโปรตีน ไขมัน และเส้นใยเพิ่มขึ้นจากสูตรมาตรฐาน (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแผ่นแป้งโรตีสายไหม

	ผลการวิเคราะห์*	
	สูตรมาตรฐาน	สูตรที่ผู้บริโภคยอมรับ
สมบัติทางกายภาพ Texture analysis		
ค่าความแข็ง (Hardness) (g)	54 ± 4.50	75 ± 2.30
Color		
ค่าสี L	62.88 ± 3.33	54.15 ± 3.40
ค่าสี a*	-0.43 ± 0.12	1.99 ± 0.44
ค่าสี b*	16.32 ± 1.62	12.11± 1.77
สมบัติทางเคมี		
ความชื้น (Moisture)	43.06 ± 0.95	40.08 ± 0.70
โปรตีน (Protein)	9.94 ± 0.45	10.10 ± 0.50
ไขมัน (Crude fat)	0.30 ± 0.01	1.09 ± 0.01
เส้นใย (Crude fiber)	0.89 ± 0.05	1.25 ± 0.01
เถ้า (Ash)	0.50 ± 0.01	0.67 ± 0.01
คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)	45.31 ± 0.31	46.81 ± 0.25

* สมบัติทางกายภาพ ค่าเฉลี่ยของการทดลอง 5 ซ้ำ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, สมบัติทางเคมีค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อแป้งโรตีสายไหมแป้งข้าวหอมนิล

ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์และการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งโรตีสายไหมแป้งหอมนิลร้อยละ 10 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบผลิตภัณฑ์โรตีสายไหมข้าวหอมนิล

ข้อมูลการทดสอบผลิตภัณฑ์โรตีสายไหมข้าวหอมนิล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
การยอมรับผลิตภัณฑ์โรตีสายไหมข้าวหอมนิลของผู้บริโภค		
ยอมรับ	100	100
ไม่ยอมรับ	-	-
การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์โรตีสายไหมข้าวหอมนิลของผู้บริโภค		
ซื้อ	100	100
ไม่ซื้อ	-	-

จากข้อมูลในตารางเกี่ยวกับการทดสอบผลิตภัณฑ์โรตีสายไหมข้าวหอมนิล ผู้บริโภคทั้งหมดให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โรตีสายไหมข้าวหอมนิลและตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์โรตีสายไหมข้าวหอมนิล

ส่วนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งโรตีสายไหมแป้งหอมนิลร้อยละ 10 อยู่ในระดับชอบมาก (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งโรตีสายไหมแป้งหอมนิลร้อยละ 10

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	การแปลระดับความชอบ
ลักษณะปรากฏ	7.67±0.67	ชอบมาก
สี	7.69±0.79	ชอบมาก
กลิ่น	7.72±0.74	ชอบมาก
รสชาติ	7.67±0.84	ชอบมาก
เนื้อสัมผัส	7.76±0.78	ชอบมาก
ความชอบโดยรวม	7.89±0.69	ชอบมาก

5. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต

ผลการประเมินต้นทุนการผลิตในเชิงการค้า โดยเปรียบเทียบต้นทุนในเชิงการค้าสูตรมาตรฐานและสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบต้นทุนในเชิงการค้าสูตรมาตรฐานและสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับ

ผลิตภัณฑ์	ราคาต่อหน่วย (1 กิโลกรัม/บาท)
สูตรมาตรฐาน	26
สูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด	28

สูตรการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิล ร้อยละ 10 ที่ผู้บริโภคยอมรับมีต้นทุน 28 บาท ต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม สูตรมาตรฐานมีต้นทุน 26 บาท ต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าสูตรมาตรฐาน 2 บาท ต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม แต่เนื่องจากสูตรที่มีข้าวหอมนิลมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าสูตรมาตรฐาน จึงทำให้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคที่ดูแลสุขภาพได้

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. สูตรที่เหมาะสมต่อการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลคือ สูตรที่ 3 (สุนันทา คะเนนอก, 2559) เพราะมีความนุ่ม และหอม เนื้อสัมผัสดีที่สุด คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

2. การยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสถิติ ($p \leq .05$) ส่วนด้านลักษณะปรากฏ และสี พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสถิติ ($p > .05$) โดยสูตรที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 10 มีค่าเฉลี่ยด้านความชอบสูงที่สุด เนื่องจาก

3. แป้งโรตีสายไหมสูตรที่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลมีค่าแรงดึงสูงกว่าสูตรมาตรฐาน เนื่องจาก แป้งสาลีมีค่าอะไมโลสสูงกว่าแป้งข้าวหอมนิลจึงมีผลต่อการยึดเกาะกันแน่น (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2556) สอดคล้องกับ การศึกษาของธิดารัตน์ เปรมประสพโชค ปภาวรินท์ คิงวิ และปัณฐชา ชื่นจิต (2558) ที่พบว่าเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องสีนิลมากขึ้นทำให้ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาตรลดลง แต่มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ($p \leq .05$) และการศึกษาของวิชชุดา สังข์แก้ว และ จีรนันท์ โชมขุนทด (2558) ที่พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณข้าวหอมนิล ในมัฟฟินทำให้มีค่า Adhesiveness สูงขึ้นทั้งนี้ เนื่องจากมีปริมาณแป้งข้าวหอมนิลสูงขึ้นจะขึ้นฟูได้น้อยลงเนื่องจากมีปริมาณกลูเตนลดลงจึงทำให้เนื้อมัฟฟินเกาะตัวกันมากขึ้น ($P \leq 0.05$)

4. แป้งโรตีสายไหมสูตรที่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลมีค่าความสว่าง L* ลดลง ค่าความแดง a* เพิ่มขึ้น ค่าความเหลือง b* ลดลง ในแป้งข้าวหอมนิลมีรงควัตถุ (Anthocyanin) มีสีหลักทั้งหมดสามสี คือ สีน้ำตาลอ่อน (สาร ProAnthocyanidin), สีแดง (สาร Peonidin), และสีม่วงเข้ม (สาร Cyanidin) สีทั้งหมดของข้าวเป็น รงควัตถุ (pigments) ที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ Flavonoid ในต้นข้าว และสารที่สำคัญที่ได้รับจากข้าวหอมนิล คือ สาร G-oryzanol เป็นสาร antioxidant ดีกว่าวิตามินอี วิตามินซีและเบต้าคาร์โรทีน

5. แป้งโรตีสายไหมสูตรที่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลมีโปรตีน ไขมัน และเส้นใยเพิ่มขึ้นจากสูตรมาตรฐาน เนื่องจากแป้งข้าวหอมนิลมีโปรตีน และไขมันสูงกว่าแป้งสาลี

6. แป้งโรตีสายไหมสูตรที่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลมีต้นทุนสูงกว่าสูตรมาตรฐาน 2 บาท ต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม แต่เนื่องจากสูตรที่มีข้าวหอมนิลมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าสูตรมาตรฐาน จึงทำให้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคที่ดูแลสุขภาพได้ เป็นเหตุให้ผู้บริโภคทั้งหมดให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โรตีสายไหมข้าวหอมนิลและตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์โรตีสายไหมข้าวหอมนิล

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอเกี่ยวกับงานวิจัย

1. การทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลสามารถให้สีม่วงน้ำตาลจากธรรมชาติได้ ซึ่งแป้งโรตีสายไหมที่ไม่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลมีสีขาวเหลือง ส่วนสูตรที่มีการทดแทนจะมีสีน้ำตาลม่วงเข้มขึ้นตามระดับการทดแทน เนื่องจากในแป้งข้าวหอมนิลมีรงควัตถุ (Anthocyanin) มีสีหลักทั้งหมดสามสี คือ สีน้ำตาลอ่อน (สาร สีแดง และสีม่วงเข้ม และสารที่สำคัญที่ได้รับจากข้าวหอมนิล คือ สาร G-oryzanol เป็นสาร antioxidant ดีกว่าวิตามินอี วิตามินซีและเบต้าคาร์โรทีน

2. แป้งสาลีมีค่าอะไมโลสสูงกว่าแป้งข้าวหอมนิลจึงมีผลต่อการยึดเกาะกันแน่น ซึ่งหากผลิตแป้งโรตีสายไหมที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิล ร้อยละ 10 จะยังสามารถดึงยืดและแต้มแป้งได้ มีความยืดหยุ่นดีเทียบเท่ากับสูตรมาตรฐาน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. หากมีการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งโรตีสายไหมข้าวหอมนิลในเรื่องอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่นานขึ้น

2. ควรศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่หลากหลายมากขึ้น เช่น แป้งชนิดอื่น ๆ การใช้สารสีจากธรรมชาติในแป้งโรตีสายไหม เป็นต้น เพื่อเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค อีกทั้งเป็นแนวทางให้หน่วยงานภาครัฐบาลส่งเสริมพืชเศรษฐกิจของเกษตรกรในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่ปลูกข้าวมากขึ้น

3. การวิจัยครั้งนี้ได้นำแป้งหอมนิลมาผลิตแผ่นแป้งโรตีสายไหมเพียงเท่านั้น ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะให้มีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ จากแป้งข้าวหอมนิล เช่น เค้กแป้งข้าวหอมนิล บะบิ่นข้าวหอมนิล เป็นต้น เป็นแนวทางการจัดการต้นทุนของกลุ่มแม่บ้านธุรกิจขนาดย่อม SME หรือกลุ่มสินค้า OTOP ที่เกี่ยวกับการแปรรูปข้าว ให้รู้จักนำมาแปรรูปโดยสร้างมูลค่าเพิ่มและลดต้นทุนในการผลิตและก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งโรตีสายไหมจากแป้งข้าวหอมนิล ได้รับทุนสนับสนุน การวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ปี พ.ศ. 2560 และให้ความช่วยเหลือชี้แนะการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงใคร่กราบขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่ได้กรุณาจัดสรรงบประมาณและแต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิอ่านรายงานวิจัยและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ด้วยดีเสมอมา ตลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไขรายงานวิจัยฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

ก้องเกียรติ เกษเพ็ชร์. (2556). **ข้าวหอมนิลมีประโยชน์มากกว่าที่คุณคิด.** [Online] http://www.pensook.in.th/article/341. [สืบค้น เมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2560].

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. (2556). **เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริยา เดชกุญชร. (2552). **สุดยอดเบเกอรี**. กรุงเทพฯ: สถาพรบุ๊คส์.

ธิดารัตน์ เปรมประสพโชค ปภาวรินท์ คิงวิ และปัณฐชา ชื่นจิต. (2558). **ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องสีนิล ต่อคุณภาพด้านกายภาพและประสาทสัมผัสของเค้กแครอทงาดำ**, การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 52 เล่มที่ 6 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, 4-7 กุมภาพันธ์ 2557.

นิด บำรุงราษฎร์. (2560). **การสัมภาษณ์ผู้ประกอบการโรตีสายไหม**. วันที่ 25 เมษายน 2560

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. (2560). **องค์ความรู้เรื่องข้าว**. [Online] www.brrd.in.th [สืบค้น เมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2560].

สุนันทา คะเนนอก. (2559). **เอกสารประกอบการสอนวิชาขนมอบและการแต่งหน้าเค้ก**. สาขาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

โรตีสายไหม. (2559). **โรตีสายไหม.** [Online] https://sites.google.com/site/rotisayhimrotisaimai11/history-of-rotisaimai

วิชชุดา สังข์แก้ว และจีรนันท์ โชมขุนทด. (2558). การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลในผลิตภัณฑ์มัฟฟินเพื่อสุขภาพ. **วารสาร ว. วิทยาศาสตร์เกษตร**. 46(3) (พิเศษ) กันยายน-ธันวาคม 2558.

ผลกระทบของแอคติโนมัยสีทที่ผลิตสารสีต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของโบราณ ในอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

สุจิกัลยา มฤครัฐอินแปลง[1*] มูกัลโสม ประมาณ[2]

บทคัดย่อ

แอคติโนมัยสีท เป็นแบคทีเรียแกรมบวกที่มีลักษณะการเจริญเป็นเส้นสาย ในจีโนมมีปริมาณ GC สูง สร้างสปอร์และสามารถทนต่อสภาวะแวดล้อมที่มีความรุนแรงได้เป็นระยะเวลานาน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแยกและศึกษาผลกระทบของแอคติโนมัยสีทที่ผลิตและหลั่งสารสีต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของโบราณสถานในอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา โดยการเก็บตัวอย่างดินและตัวอย่างพื้นผิวจากโบราณสถาน 3 แห่ง คือ วัดมหาธาตุ วัดราชบูรณะ และวัดพระราม มาแยกเชื้อด้วยอาหารแข็งสูตร Starch casein agar ได้ 32, 49 และ 35 ไอโซเลต ตามลำดับ ผลการศึกษาความสามารถในการผลิตสารสีโดยการเพาะในอาหารเหลวสูตรกลูโคส พบว่า แอคติโนมัยสีทที่แยกได้ ผลิตและหลั่งสารสีได้แก่ สีแดง สีเขียว สีม่วง สีเหลือง และสีน้ำตาล โดยมีจำนวนเชื้อที่ผลิตสารสีดังกล่าวได้จำนวน 1, 2, 3, 16 และ 25 ไอโซเลต ตามลำดับ และเมื่อประเมินการเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนวัสดุก่อสร้างภายใต้กล้อง SEM พบว่า มีทั้งแอคติโนมัยสีทและเชื้อจุลินทรีย์อื่น ๆ บนผิวของชิ้นส่วนวัสดุที่นำมาทำการศึกษา

คำสำคัญ: การเสื่อมสภาพทางชีววิทยา อุทยานประวัติศาสตร์ จุลินทรีย์ผลิตสารสี

[1] อาจารย์ สาขาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา e-mail: sujidkanlaya@gmail.com

[2] นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา e-mail: mukalsom@hotmail.com

THE AFFECTED OF COLOR PRODUCING ACTINOMYCETES FOR BIODETERIORATION OF HISTORICAL RUINS IN PHRA NAKHON SI AYUTTHAYA HISTORICAL PARK, PHRA NAKHON SI AYUTTHAYA PROVINCE

Sujidkanlaya Maruekarajtinplaeng[1*] Mukansom Praman[2*]

Abstract

Actinobacteria are bacteria with high GC content in the genome, which produce spore and can be alive in street environment. The aim of this experiment was to isolate and study effected of color producing Actinomycetes for biodeterioration of historical ruins in Phra Nakhon Si Ayutthaya historical park. The samples were collected from soil and surface of historical ruins at Wat Mahathat, Wat Ratcha Burana, and Wat Phra Ram. The pure cultures were isolated by using Starch casine agar, could be collected 32, 49 and 35 isolates respectively. Moreover, the study of capable color producing by using glucose broth found that they could produce and secreted color substance consist of red, green, purple yellow and brown color were 1, 2, 3, 16 and 25 isolates respectively. The result of the study piece of the construction samples from 3 places under SEM found that there are both Actinomycetes and other microorganisms on that surface.

Keywords: biodeteriration, historical ruins, colors producing microorganism

[1] *Assistance Associate professor Doctor of Microbiology Program in Microbiology,* Phra Nakhon Si Ayutthaya *Rajabhat University, e-mail:* Sujidkanlaya@gmail.com

[2] *Department of Microbiology, Faculty of Science and Technology,* Phra Nakhon Si Ayutthaya *Rajabhat University, e-mail: mukalsom@hotmail.com*

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศในทวีปเอเชียที่มีโบราณสถานที่มีชื่อเสียงทั้งในระดับประเทศและระดับโลก ซึ่งจัดว่าเป็นสถานที่ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุทยานประวัติศาสตร์ที่ตั้งอยู่ในจังหวัดต่างๆ หลายจังหวัด จนได้รับการประกาศจากองค์การยูเนสโกให้เป็นมรดกโลก อุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา นับได้ว่าเป็นอุทยานประวัติศาสตร์แห่งหนึ่งที่มีความสำคัญ โดยเฉพาะการเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมที่นักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ ให้ความสนใจเข้ามาท่องเที่ยวและศึกษาวัฒนธรรมอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามสืบเนื่องจากการมีอายุยาวนาน และถูกสร้างมาเมื่อหลายร้อยปีก่อน ทำให้ปัจจุบันสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่ในบริเวณอุทยานประวัติศาสตร์แห่งนี้เกิดการเสื่อมสภาพลงไปมาก ซึ่งเป็นการเสื่อมสภาพที่สามารถมองเห็นได้ ทั้งการเสื่อมสภาพทางกายภาพ และการเสื่อมสภาพทางความงาม (สุจิตกัลยา, 2560; Johnson, 1965; Jain et al., 1991) สาเหตุที่ทำให้โบราณสถานเกิดการเสื่อมสภาพมีหลายสาเหตุด้วยกัน เช่น เกิดจากสิ่งแวดล้อม การเกิดจุดอ่อนในตัวเอง รวมทั้งที่เกิดจากการกระทำของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ทั้งขนาดเล็ก เช่น จุลินทรีย์ สาหร่ายขนาดเล็ก มอส เฟร์น ฯลฯ หรือสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ เช่น พืช สัตว์ และมนุษย์ ทั้งนี้การเสื่อมสภาพที่มีสาเหตุมาจากสิ่งที่มีชีวิต จะเรียกว่าการเสื่อมสภาพทางชีววิทยา (biodeterioration) (Kumer, 1999) และเรียกสิ่งมีชีวิตที่เป็นสาเหตุให้เกิดการเสื่อมสภาพว่า ไบโอดีเทอริโอเจน (biodeteriogent) (Gargani, 1968) โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าไบโอดีเทอริโอเจน ประเภทจุลินทรีย์ที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของโบราณสถานมีหลากหลายชนิด เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ รา สาหร่ายขนาดเล็ก ไลเคน เป็นต้น (Bartoli et al., 2014; Filomena et al., 2012; Pandey et al., 2011)

การเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของโบราณสถานที่สาเหตุเนื่องมาจากจุลินทรีย์นั้นสามารถเกิดขึ้นได้ แต่จะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และค่อยเป็นค่อยไป หากไม่สังเกตอย่างละเอียดอาจไม่พบว่ามีการเสื่อมสภาพเกิดขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นการเสื่อมสภาพที่เกิดจากจุลินทรีย์เมื่อใดที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า แสดงว่าเหตุการณ์นั้นได้เกิดขึ้นมาเป็นระยะเวลาหนึ่งซึ่งจุลินทรีย์ที่เป็นเหตุแห่งการเกิดนั้นมีการสะสมเพิ่มจำนวนจนสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า กระบวนการที่จุลินทรีย์ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาได้นั้น สืบเนื่องจากการเจริญเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ โดยจุดเริ่มต้นของกระบวนการมาจากในสภาพแวดล้อมทั่วไป จะมีจุลินทรีย์ปะปนอยู่ ทั้งที่อยู่ในรูปของเซลล์และอยู่ในรูปของสปอร์ที่ปะปนมากับฝุ่นละอองหรือไอน้ำ เมื่อเซลล์หรือสปอร์ของจุลินทรีย์เหล่านั้นตกลงบนโบราณสถาน กรอปกับการมีระยะเวลาที่เพียงพอและภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญ ส่งผลให้จุลินทรีย์เหล่านั้นเจริญเพิ่มจำนวนได้ (สุจิตกัลยา, 2558; สุจิตกัลยา, 2560) เมื่อจุลินทรีย์มีการเจริญเพิ่มจำนวนจะเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยา เช่น การทำให้วัสดุที่ใช้ก่อสร้างเกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติด้านโครงสร้าง การเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างภายนอก เช่น เกิดเป็นร่องรอยการกัดกร่อน การเปลี่ยนแปลงสี เช่น การเกิดคราบสีบนพื้นผิว เป็นต้น

แอคติโนมัยสีท เป็นแบคทีเรียแกรมบวก มีลักษณะเฉพาะที่โดดเด่นคือสร้างเส้นใย (hyphae) คล้ายเส้นใยราได้ โดยมีทั้งเส้นใยใต้ผิวอาหาร (substrate mycelium) และเส้นใยเหนือผิวอาหาร (aerial mycelium) แต่เส้นใยจะสั้นกว่าเส้นใยรา จีโนมของแอคติโนมัยสีทจะมีปริมาณของเบสกัวนีนกับไซโตซีน (G+C) สูงกว่าแบคทีเรียกลุ่มอื่นๆ ทั่วไป กล่าวคือแอคติโนมัยสีทจะมีปริมาณของเบสกัวนีนกับไซโตซีนประมาณ 55 – 78 mole % และเป็นที่ทราบกันดีว่าสมบัติเด่นอีกประการหนึ่งของเชื้อกลุ่มแอคติโนมัยสีทคือ การมีความสามารถในการผลิตสารต้านการเจริญจุลินทรีย์อื่น (Dastager et al., 2006; Madigan, 2015) รวมทั้งผลิตเอนไซม์ต่าง ๆ ได้ เช่น เซลลูเลส (cellulases) (Mohanta, 2014) ไคติเนส (chitinases), ไซแลนเนส

(xylanases), เพกติเนส (pectinases), โปรติเนส (proteases) เฮมิเซลลูเลส (hemicellulases) และเคลาติเนส (keratinases) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยอีกหลายเรื่องที่รายงานว่าเชื้อกลุ่มนี้มีความสามารถในการผลิตสารสีต่าง ๆ ได้ เช่น สีดำ (melanin) (Dastager et al., 2006; Modi et al., 2016) สีฟ้า (Blue pigment) (Yan et al., 2012) สีน้ำตาล และสีเขียวเข้ม (zeinab et al., 2016) เป็นต้น นอกจากนี้สภาวะที่เชื้อในกลุ่มแอคติโนมัยสีทที่สามารถเจริญและรอดชีวิตได้ในสภาพที่แห้งแล้ง และอุณหภูมิสูง ๆ ได้ดี ซึ่งใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมของโบราณสถานในอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของโบราณสถานในอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา ที่เกิดจากแอคติโนมัยสีทเป็นสาเหตุ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการป้องกันการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของโบราณสถานต่าง ๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อแยกแอคติโนมัยสีทที่ผลิตสารสีจากโบราณสถานในอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการผลิตสารสีของเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้
3. เพื่อศึกษาผลกระทบของเชื้อต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยา

วิธีดำเนินการวิจัย

สถานที่และการเก็บตัวอย่าง

งานวิจัยนี้เก็บตัวอย่างดินและตัวอย่างพื้นผิวจากโบราณสถานที่ตั้งอยู่ในบริเวณอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา 3 แห่ง คือ วัดมหาธาตุ วัดราชบูรณะ และวัดพระราม

การแยกเชื้อแอคติโนมัยสีท

นำตัวอย่างมาเจือจางแบบลดลำดับส่วน จาก 10^{-1} จนถึง 10^{-6} จากนั้นดูดตัวอย่างแต่ละความเจือจาง ตัวอย่างละ 0.1 มิลลิลิตร ลงบนจานอาหารแข็ง Starch-Casein Agar (SCA) (Jeffrey, 2008) เกลี่ยให้ทั่วผิวหน้าอาหารโดยใช้แท่งแก้วสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จนกระทั่งตัวอย่างกระจายทั่วผิวหน้าอาหาร (spread plate) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สังเกตการเจริญของเชื้อทุก ๆ วัน เขี่ยเชื้อที่ โคโลนีจมฝังลงในเนื้ออาหาร ผิวหน้าไม่มันวาว คล้ายกำมะหยี่ ซึ่งเป็นสมบัติเบื้องต้นของเชื้อในกลุ่มแอคติโนแบคทีเรีย ไป streak ใหม่หลาย ๆ ครั้ง บนอาหาร Hickey Tresner's agar (HTA) (Abdulla et al., 2008) จนกระทั่งได้เชื้อบริสุทธิ์ เก็บเชื้อบริสุทธิ์ไว้ในอาหารแข็งเอียง HTA เพื่อการศึกษาในลำดับต่อไป (สุจิตกัลยา, 2560)

การศึกษาความสามารถในการผลิตสารสี

เตรียมอาหารเหลวสูตร glucose (สุจิตกัลยา, 2560(ก); สุจิตกัลยา, 2560(ข)) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใส่ flask ขนาด 250 มิลลิลิตร นำแอคติโนแบคทีเรียที่ต้องการทดสอบทั้ง 83 ไอโซเลต มาเพาะเลี้ยงในอาหารข้างต้น แล้วบ่มในเครื่องเขย่าแบบวงกลม (rotary shaker) ที่ควบคุมอุณหภูมิที่ระดับ 30 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที เมื่อครบ 5 วัน ตรวจสอบการผลิตสารสีโดยเปรียบเทียบสีอาหารเลี้ยงเชื้อที่เปลี่ยนแปลงกับอาหารสูตรควบคุม

การศึกษาผลกระทบของเชื้อต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยา

เก็บตัวอย่างวัสดุที่ใช้ก่อสร้างโบราณสถานที่ตั้งอยู่ในบริเวณอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา 3 แห่ง ได้แก่ วัดมหาธาตุ วัดราชบูรณะ และวัดพระราม ศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, SEM)

ผลการวิจัย

ผลการเก็บตัวอย่างและผลการแยกเชื้อแอคติโนมัยสีทจากโบราณสถาน

จากการลงพื้นที่เพื่อเก็บตัวอย่างดินและตัวอย่างจากพื้นผิวโบราณสถานในเขตอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา 3 แห่ง คือ วัดมหาธาตุ วัดราชบูรณะ และวัดพระราม เพื่อใช้ในการแยกเชื้อแอคติโนมัยสีท พบว่า โบราณสถานทั้ง 3 แห่ง มีลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สถานที่เก็บตัวอย่างและลักษณะของผลกระทบจากจุลินทรีย์ต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยา โดยการสร้างไบโอฟิมล์รูปแบบต่าง ๆ บนโบราณสถานที่อยู่ในเขตอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา

สถานที่เก็บตัวอย่าง	ลักษณะไบโอฟิมล์	เชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้ (ไอโซเลต)
วัดมหาธาตุ	สีดำ สีเขียว สีเทา สีน้ำตาล	32
วัดราชบูรณะ	สีดำ สีเทา สีน้ำตาล	49
วัดพระราม	สีดำ สีเทา สีน้ำตาล	35

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าไบโอฟิมล์ (biofilm) ที่ปรากฏบนพื้นผิวโบราณทั้ง 3 แห่ง จะคล้าย ๆ กัน คือ ไบโอฟิมล์มีสีดำ ครอบคลุมพื้นผิวมากที่สุด ส่วนไบโอฟิมล์สีอื่น ๆ พบปะปนบ้างเล็กน้อย เช่น สีเทา สีน้ำตาลเข้ม สีเขียว ส่วนผลการแยกเชื้อบริสุทธิ์ พบว่า ตัวอย่างจากวัดราชบูรณะแยกเชื้อได้จำนวนไอโซเลตมากที่สุด คือ 49 ไอโซเลต รองลงมาคือ ตัวอย่างจากวัดพระรามและวัดมหาธาตุ แยกได้เชื้อบริสุทธิ์ จำนวน 35 และ 32 ไอโซเลต ตามลำดับ

ผลการศึกษาความสามารถในการผลิตสารสีของแอคติโนมัยสีท

ผลจากการนำเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้มาศึกษาความสามารถในการผลิตสารสี โดยการเพาะในอาหารเหลวสูตรกลูโคส บ่มโดยการเขย่าแบบวงกลม ควบคุมอุณหภูมิที่ระดับ 30 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที พบว่าเชื้อทดสอบมีการผลิตและหลั่งสารสีออกนอกเซลล์ โดยสารสีที่เชื้อผลิตมีหลากหลายสี ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การผลิตและหลั่งสารสีของเชื้อแอคติโนมัยสีทบริสุทธิ์ที่แยกจากโบราณสถานในอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา

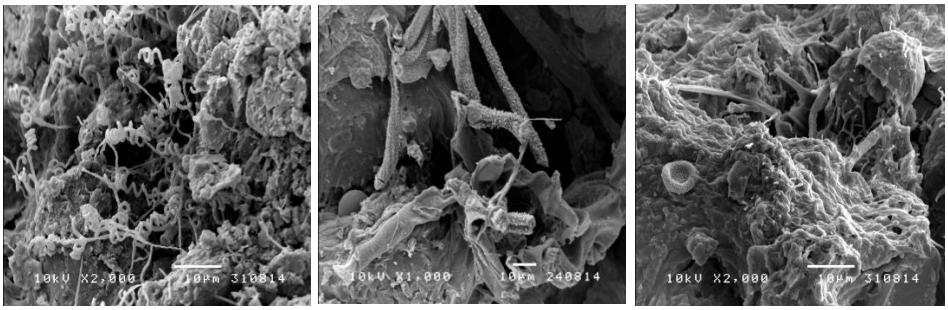
สารสี	จำนวนไอโซเลต	รหัสไอโซเลต
สีแดง	1	AMT33
สีเขียว	2	APR23, ARB26
สีม่วง	3	APR20, APR27, APR30
สีเหลือง	16	AMT04, AMT07, AMT25, AMT27, APR01, APR02, APR03, APR07, APR12, APR19, APR22, APR25, ARB07, ARB25, ARB29, ARB37
น้ำตาล	25	AMT16, AMT21, AMT22, AMT23, AMT28, AMT30 AMT10, AMT15, AMT20, AMT24, AMT26, AMT32 ARB28, ARB30, ARB36, APR05, APR13, APR21, APR10 APR14, APR04, APR08, APR17, APR08, APR17

หมายเหตุ AMT หมายถึง ไอโซเลตที่แยกจากตัวอย่างที่เก็บจากวัดมหาธาตุ
ARB หมายถึง ไอโซเลตที่แยกจากตัวอย่างที่เก็บจากวัดราชบูรณะ
APR หมายถึง ไอโซเลตที่แยกจากตัวอย่างที่เก็บจากวัดพระราม

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าเชื้อแอคติโนมัยสีทที่แยกได้แต่ละไอโซเลต ผลิตและหลั่งสารสีได้แตกต่างกัน โดยสีน้ำตาลเป็นสีที่มีจำนวนเชื้อผลิตได้จำนวนมากที่สุดคือ 25 ไอโซเลต รองลงมาการผลิตสารสีเหลือง สีม่วง สีเขียว และสีแดง โดยมีจำนวนไอโซเลตที่ผลิตได้ 16, 3, 2 และ 1 ไอโซเลต ตามลำดับ

ผลการศึกษาผลกระทบของเชื้อต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของโบราณสถาน

จากการเก็บตัวอย่างวัสดุที่ใช้ก่อสร้างโบราณสถานในอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา ทั้ง 3 แห่ง คือ วัดมหาธาตุ วัดราชบูรณะ และวัดพระราม มาตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) พบร่องรอยการกัดกร่อนพื้นผิวของวัสดุ รวมทั้งพบว่ามีการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ดังภาพที่ 1



(1) (2) (3)

ภาพที่ 1 ภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดของตัวอย่างอิฐซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้างของโบราณสถานในอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา (1) ตัวอย่างอิฐจากวัดมหาธาตุ (2) ตัวอย่างอิฐจากวัดวัดราชบูรณะ (3) ตัวอย่างอิฐจากวัดพระราม

จากภาพที่ 1 เป็นภาพวัสดุก่อสร้างภายใต้กล้อง SEM ซึ่งจะเห็นว่ามีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ลักษณะต่างๆ ปรากฏบนชิ้นส่วนพื้นผิวของวัสดุที่นำมาศึกษา เช่น ภาพที่ 1(1) เป็นชิ้นส่วนที่เก็บตัวอย่างมาจากวัดมหาธาตุ จะเห็นเส้นใยขนาดเล็ก ด้านปลายเส้นใยม้วนงอ เจริญบนพื้นผิวและแทรกลงในเนื้อวัสดุ ซึ่งลักษณะเส้นใยแบบนี้เป็นลักษณะเฉพาะของเชื้อกลุ่มแอคติโนมัยสีท ในขณะที่ ภาพที่ 1(2) เป็นชิ้นส่วนที่เก็บตัวอย่างมาจากวัดราชบูรณะ พบว่าจุลินทรีย์ที่พบบนพื้นผิวของชิ้นส่วนวัสดุมีลักษณะที่แตกต่างออกไป โดยพบอนุภาคที่มีรูปร่างกลมและโครงสร้างชิ้นส่วนที่เป็นเส้นใยขนาดใหญ่แทรกตัวอยู่ในวัสดุ ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นเส้นใยราและสปอร์ของรา ในขณะที่ภาพที่ 1(3) เป็นชิ้นส่วนที่เก็บตัวอย่างมาจากวัดพระราม จะเห็นว่าลักษณะของจุลินทรีย์ที่ปรากฏบนภาพจะมีทั้งที่เป็นเส้นใยขนาดใหญ่ และเส้นใยขนาดเล็กของแอคติโนมัยสีท รวมทั้งพบว่ามีอนุภาคที่มีรูปร่างคล้ายโดนัทไม่มีรู จากภาพที่ 1 จะเห็นว่าพื้นผิวของวัสดุที่ศึกษามีลักษณะผิวที่ขรุขระ ไม่เรียบ และจุลินทรีย์สามารถใช้พื้นผิวของวัสดุเป็นแหล่งที่อยู่และเจริญเพิ่มจำนวนได้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของโบราณสถานโดยตรง

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การเสื่อมสภาพทางชีววิทยาเป็นการเสื่อมสภาพทของสิ่งก่อสร้างที่มีสาเหตุจากสิ่งมีชีวิต จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่พบว่าเป็นไบโอดีเทอริโอเจนที่สำคัญประเภทหนึ่ง (Jain et al., 1991; Gargani, 1968) ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งก่อสร้างประเภทต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อการเสื่อมสภาพของโบราณสถาน สืบเนื่องจากโบราณเป็นสิ่งก่อสร้างที่สร้างขึ้นนานหลายร้อยปีซึ่งมีการเสื่อมสภาพที่เกิจากการเกิดจุดอ่อนในตัวเองอยู่แล้ว จุลินทรียนับเป็นไบโอดีเทอริโอเจนที่ส่งผลกระทบต่อโบราณสถานหลายๆ ด้าน ทั้งด้านโครงสร้างและด้านกายภาพโดยเฉพาะด้านความงาม (Arenz, & Blanchette, 2009; Bartoli et al., 2014)

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลกระทบของแอคติโนมัยสีทที่ผลิตสารสีต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของโบราณสถานในอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา ซึ่งทำการศึกษาโดยการแยกเชื้อแอคติโนมัยสีทจากดินและพื้นผิวของโบราณสถาน ผลการวิจัยสามารถแยกเชื้อแอคติโนมัยสีท ที่มีความหลากหลายมากทั้งด้านสัณฐานวิทยาและด้านสรีรวิทยา (สุจิตกัลยา, 2558) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของ

สิ่งก่อสร้างที่มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์ของประเทศอื่นๆ เช่น จีน (Wang et al., 2011) กำพูชา (Bartoli et al., 2014) เกาหลี (Kim et al., 2016) อินเดีย (Pandey et al., 2011) อียิบป์ (Sakr et al., 2013) เป็นต้น ที่พบว่าจุลินทรีย์ที่ส่งผลกระทบต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของโบราณแต่ละแห่งมีความหลากหลายทางชีววิทยาสูง (Anna et al., 2004) รวมทั้งการส่งผลกระทบมีความแตกต่างกัน และเป็นการส่งผลกระทบที่มีลักษณะเฉพาะตัวขึ้นกับสมบัติของเชื้อจุลินทรีย์ที่ศึกษา งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาผลกระทบของการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของโบราณสถานในอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา โดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อตรวจสอบผลกระทบจากแอคติโนมัยสีทที่ผลิตและหลั่งสารสี ผลจากการทดสอบความสามารถในการหลั่งสารสีของเชื้อที่แยกได้ในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่าเชื้อสามารถหลั่งสารสีได้หลายสี เช่น แดง เขียว น้ำตาล หรือ ดำ ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ตั้งไว้คือ พบว่าเชื้อแอคติโนมัยสีทที่แยกจากโบราณสถานมีความสามารถในการผลิตและหลั่งสารสีออกนอกเซลล์ได้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากสภาวะที่ใช้ในการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการมีความแตกต่างกับสภาพแวดล้อมจริง จึงคาดว่าสารสีที่เชื้อผลิตในสภาพจริงอาจมีสีที่แตกต่างกับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสารสีของเชื้อแอคติโนมัยสีท เกี่ยวข้องกับชนิดของแหล่งคาร์บอน แหล่งไนโตรเจน รวมทั้งระดับค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อ (Vonothini et al., 2008; Shreya et al., 2016) นอกจากนี้ ผลจากการศึกษาชิ้นส่วนของวัสดุที่ใช้ก่อสร้างโบราณสถานภายใต้กล้อง SEM ที่ได้จากงานวิจัยนี้ สามารถยืนยันได้ว่า มีเชื้อแอคติโนมัยสีทอยู่บนพื้นผิวของโบราณสถานได้ ซึ่งการที่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตและหลั่งสารสีออกนอกเซลล์บนพื้นผิวโบราณสถานย่อยส่งผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสีของพื้นผิวโบราณสถานได้อย่างแน่นอน ดังนั้นหากโบราณสถานแห่งไดมีปริมาณเชื้ออยู่สูง การเปลี่ยนแปลงสีย่อยสามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน และสืบเนื่องโบราณสถานเป็นสิ่งที่สร้างมานานนับแรมปี ย่อมมีจุลินทรีย์เจริญอยู่บนพื้นผิวอย่างแน่นอน จึงทำให้ปัจจุบันพื้นผิวของโบราณสถานต่างๆ ในประเทศไทย รวมทั้งโบราณสถานที่ตั้งอยู่ในเขตอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา มองเห็นว่ามีคราบสีต่างๆ ปกคลุมพื้นผิวอยู่เป็นบริเวณกว้าง ซึ่งคราบเหล่านี้น่าจะเป็นผลมาจากกิจกรรมการเจริญของจุลินทรีย์ (Sravanthi et al., 2015; Suihko et al., 2007; Takizawa, 1993) รวมทั้งแอคติโนมัยสีทเจริญทับทมบนพื้นผิวของโบราณสถานเหล่านั้นเป็นจำนวนมาก โดยจุลินทรีย์อาจผลิตและหลั่งสารสีออกมาทำให้พื้นผิวของโบราณสถานเหล่านั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงสีไปจากสีเดิม ถึงแม้ว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีสาเหตุจากปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วย แต่จุลินทรีย์นับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีส่วนกระทบต่อโบราณสถานเหล่านั้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป อย่างไรก็ตาม ในการอนุรักษ์โบราณสถานให้ปลอดภัยจากการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาที่มีจุลินทรีย์เป็นสาเหตุโดยการกำจัดจุลินทรีย์ที่เจริญบนโบราณสถานโดยวิธีที่ไม่ส่งผลกระทบต่อโบราณสถานนั้นทำได้ค่อนข้างยาก ดังนั้นแนวทางในการอนุรักษ์โบราณสถานไว้ไม่ให้เกิดการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาควรใช้วิธีป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์เจริญหรือใช้โบราณสถานเป็นแหล่งที่อยู่แทน

จากการตรวจสอบพื้นผิวของวัสดุก่อสร้างภายใต้กล้อง SEM จะเห็นว่า มีจุลินทรีย์ที่มีรูปร่างและสัณฐานวิทยาหลายแบบ รวมทั้งพบอนุภาคอื่นๆ ที่หลากหลายบนพื้นผิวของชิ้นส่วนวัสดุที่เก็บตัวอย่างจากโบราณสถานทั้ง 3 แห่ง รวมทั้งพบว่ามีเชื้อแอคติโนมัยสีท (ภาพที่ 1(1)) ซึ่งสามารถใช้พื้นผิวของโบราณสถานเป็นแหล่งที่อยู่และเจริญเพิ่มจำนวนได้ ดังนั้นเมื่อเชื้อแอคติโนมัยสีทเหล่านี้มีการเจริญเพิ่มจำนวน ย่อมมีการผลิตและหลั่งสารต่างๆ ออกนอกเซลล์รวมทั้งสารสีต่างๆ ซึ่งย่อมส่งผลกระทบต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของโบราณสถานด้านการเปลี่ยนแปลงสีของโบราณสถานได้

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ศึกษาโดยการแยกเชื้อในกลุ่มแอคติโนมัยสีทให้เป็นเชื้อบริสุทธิ์ แล้วตรวจสอบความสามารถในการผลิตและหลั่งสารสีในระดับห้องปฏิบัติการ โดยการเพาะเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมต่อการเจริญ ซึ่งพบว่าเชื้อแอคติโนมัยสีทแต่ละไอโซเลตผลิตและหลั่งสารสีออกมาหลายสีซึ่งสภาวะแวดล้อมรวมทั้งองค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อมีความแตกต่างจากสภาพแวดล้อมในธรรมชาติ ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมด้านการใช้วัสดุก่อสร้างมาเป็นแหล่งอาหารในการทดสอบ รวมทั้งควรมีการตรวจวัดค่าสีของพื้นผิวว่าจุลินทรีย์ที่สร้างสีส่งผลกระทบต่อสีพื้นผิวอย่างไร นอกจากนี้ควรมีการศึกษาผลกระทบของสีที่จุลินทรีย์หลั่งออกนอกเซลล์ว่ามีผลอย่างไรต่อโบราณสถานในลักษณะการศึกษาเป็นกลุ่มจุลินทรีย์เพราะในธรรมชาติจุลินทรีย์ไม่อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ กรมศิลปากร ด้านการอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่าง มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา โดย สถาบันวิจัยและพัฒนาที่อำนวยความสะดวกในด้านการบริหารจัดการงานวิจัย และขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ด้านการใช้เครื่องมือและสถานที่ในการทดลอง จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

สุจิตกัลยา มฤครัฐอินแปลง. (2558). ความหลากหลายของแอคติโนแบคทีเรียที่ส่งผลกระทบต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของวัดมหาธาตุ ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. **วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม**. 16(2), 300-311.

สุจิตกัลยา มฤครัฐอินแปลง. (2560, ก). การแยกและศึกษาสมบัติบางประการของแอคติโนแบคทีเรียจากอุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชรที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยา. **วารสารวิทยาศาสตร์ มศว**. 33(2), 51-69.

สุจิตกัลยา มฤครัฐอินแปลง. (2560, ข). การคัดแยกและศึกษาสมบัติบางประการของแอคติโนแบคทีเรียที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของโบราณสถานในอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย. **วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 12(1), 107-117.

Abdulla, H., Eric, M., Magdi, B., & Ahmed, D. (2008). Characterization of Actinomycetes isolation from Ancient Stone and Their Potential for Deterioration. **Polish Journal of Microbiology**, 57(3), 213-220.

Anna A. G., Jeroen, H., Thomas, D., Gonzalez-Delvalle, M., Wolfgang, E. K., Leonila, L., Karin, P., Cesareo, S. J. and Jean, W. (2004). Bacteria and Fungi diversity and Biodeterioration problems in mural painting environment of St. Martin church. **International Biodeterioration & Degradation**, 53, 13-24.

Arenz, B. E. and Blanchette, R. A. (2009). Investigations of fungal diversity in wooden structures and soils at historic sites on the Antarctic Peninsla. **Canada Journal of Microbiology**, 55, 46-56.

Bartoli, F., Municchia, A. C., Futagami, Y., Kashiwadani, H. and Moon, K. H. (2014). Biological colonization patterns on the ruins of Angkor temples (Cambodia) in the biodeterioration vs bioprotection dabate. **International Biodeterioration & Degradation**, 96, 157-165.

Dastager S.G., Wen-Jun Li, Dayanand A., Shu-Kun Tang, Xin-Peng Tian Xiao-Yang Zhi, Li-Hua Xu and Cheng-Lin Jiang. (2006). Separation, identification and analysis of pigment (melanin) production in *Streptomyces*. **African Journal of Biotechnology**, 5 (8), 1131-1134.

Filomena, D. L., Agnese, L., Gabrielle, Z. and Clara, E. U. (2012). Chemoorganotrophic bacteria isolated from biodeteriorated surfaces in cave and catacombs. **International Journal of Speleology**, 41(2), 125-136.

Gargani, G. (1968). **Deterioration of works of art fallowing the Florence flood disaster**. In: Haderlie, E. C. Editor. Biodeterioration of Materials: Microbiological and Allied Aspect. Proceedings of the 1st International Biodeterioration Symposium; 9-14 September 1968. Southampton. London.

Jain, K. K., Mishra, A. K. and Singh, T. (1991). **Studies in the effect of biogenic on stone materials**. In Biodegradation of Cultural Property: Held at National Research Laboratory for Conservation of Cultural Property, in Collaboration with ICCROM and INTACH, Agrawal, O. P. and Shashi D., Editors. Proceedings of the International Conference on Biodeterioration of Cultural Property; 20-25 February 1989. New Dheli, Macmillan India. p. 240-49.

Jeffrey, L. H. (2008). Isolation, Characterization and identification of actinomyctes from agriculture soil at Semongok, Sarawak. **African Journal of Biotechnology**, 7(20), 3697-3702.

Johnson, H. M. (1965). Concerted Structure: Causes of Deterioration and Preventive Measure. Deterioration, Maintenance and Repair of Structure. **MacGrew-Hill Book Company**. p. 154.

Kim, M. J., Shin, H. K., Choi, Y., Kim, G. and Kim, G. H. (2016). An aeromycological study of various wooden cultural heritages in Korea. **Journal of Cultural Heritage**, 17, 123-130.

Kumer, 1999 Kumer R. and Kumer A. V. (1999**). Biodeterioration of stone in tropical Environment : An overview**. The Getty Conservation institute. pp 1-9.

Madigan, M., Martinko, J., Bender, K., Buckley, D. & Stahl, D. (2015). **Brock Biology of Microorganisms**. 14th Edition. New York. Pearson Global Edition, Inc. p. 535.

Mohanta, Y.K. (2014). **Isolation of cellulose degrading actinomycetes and evaluation of their cellulolytic potential.** *Bioengineering and Bioscience,* 2, 1-5.

Pandey, A. K., Shrivastav, A., Bhatnagar, P., Sarsaiya, S. and Awasthi, M. K. (2011). Diversity of Monument Deterioration-Causing Fungi at Gwalior fort (M.P.) India. **Annals of Environmental Science**, 5, 35-40.

Sakr, A. A., Ghaly, M. F., Ali, M. F. and Abdel-Haliem, M. E. F. (2013). Biodeterioration of binding media in tempera paintings by Streptomyces isolated from some ancient Egyptian paintings. **African Journal of Biotechnology**, 12(14), 1644-1656.

Shreya M, Poonam, B. C., Mayur, G. and Hiren, P. (2016). Extraction and isolation of melanin from Actinomycetes. **International Journal Drug Research Technology**, 6(2), 79-86.

Sravanthi, V., Babu, Z. F., Gregory, G. W., Elias, S., Seifollah, N., Ley, M. T. and Joshua, R. (2015). Isolation of a sulfur-oxidizing Streptomyces sp. From deterioration bridge structure and its role in concrete deterioration. **International Biodeterioration & Degradation**, 97, 128-134.

Suihko, M. L., Alakomi, H. L., Gorbushina, A., Fortunr, I., Marquardt, J. and Saarela, M. (2007). Characterization of aerobic bacterial and fungal microbiota on surfaces of historic Scottish monuments. **Systematic and Applied Microbiology**, 30, 494-508.

Takizawa, M., Colwell, R. and Hill, R. (1993). Isolation and Diversity of Actinomycetes in the Chesapeake Bay. **Applied and Environment Microbiology**, 59(4), 997-1002.

Vonothini, G., Murugan, M., Sivakumar, K. and Sudha, S. (2008). Optimization of protease production by an actinomycete Strain, PS-18A isolated from an estuarine shrimp pond. **African Journal of Biotechnology**, 7(8), 3225-3230.

Wang, Q., Ma, G. Y., He, L. Y. and Sheng, X. F. (2011). Characterization of bacterial community in habititing the surfaces of weathered bricks of Nanjing Ming city wall. **Science of the Total Environment**, 409, 756-762.

Yan, B. L., Xin, Y. W., Hui, F., Ya, N. M., Jing, T., Ming, T. and Ge Hong, W. (2012). *Streptomyces shaanxiensis* sp. nov., a blue pigment-producing streptomycete from sewage irrigation soil. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, 62, 1725–1730.

Zeinab, H., Kheiralla, M. A., Howida, R. M. and Osama, M. D. (2016). Isolation of Pigment Producing Actinomycetes from Rhizosphere Soil and Application It in Textiles Dyeing. **Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences**, 7(5), 2128- 2136.

การคัดเลือกสารเติมแต่งที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาหัวเชื้อแบคทีเรียทนแล้งในสารละลายสูตรน้ำ

กัลย์สุดา ดวงศรีแก้ว[1*] ศิรินภา ดุกสี[1]

บทคัดย่อ

แบคทีเรียทนแล้งเป็นหนึ่งในสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ช่วยส่งเสริมการเจริญของพืช ซึ่งเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับนำมาใช้เพื่อยกระดับคุณภาพการเพาะปลูกพืชทางการเกษตร แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* sp. บางสายพันธุ์ที่มีคุณสมบัติเป็นแบคทีเรียทนแล้ง การเก็บรักษาแบคทีเรียกลุ่มนี้โดยทั่วไปสามารถเก็บในรูปของสปอร์ได้ แต่อาจทำให้ต้องใช้เวลาในการกระตุ้นการงอกของแบคทีเรีย และอัตราการงอกต่ำ การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสารเติมแต่งที่เหมาะสมสำหรับเก็บรักษาหัวเชื้อแบคทีเรียทนแล้งในสารละลายสูตรน้ำ โดยนำเชื้อแบคทีเรียทนแล้ง 3 สายพันธุ์ มาเก็บรักษาในสารละลายโซเดียมฟอสเฟต (pH 7) ที่เติมสารเติมแต่ง 5 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง, Glycerol, Skim milk, Polyvinyl pyrrollidone (PVP) และ Polyethylene glycol 6000 (PEG6000) ในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่มีจำนวนเซลล์ตั้งต้นประมาณ 10^8 CFU/มิลลิลิตร และเก็บรักษาในหลอดเก็บเชื้อที่อุณหภูมิห้อง ทำการทดสอบความอยู่รอดของเชื้อแบคทีเรียทนแล้ง ด้วยวิธี spread plate วันที่ 0, 7 และ 28 วัน จากนั้นเก็บตัวอย่างทุก ๆ 1 เดือน จนครบ 5 เดือน แล้วนำหัวเชื้อแบคทีเรียทนแล้งมาทดสอบคุณสมบัติ การส่งเสริมการเจริญของพืช 3 ชนิด ได้แก่ การผลิต IAA, Catalase test และทดสอบการย่อยฟอสเฟต ผลการทดลองพบว่าสารละลายโซเดียมฟอสเฟตที่เติมสารเติมแต่ง 2% PVP เป็นสูตรที่สามารถเก็บรักษาหัวเชื้อแบคทีเรียทนแล้งได้ดีที่สุด โดยสามารถคงจำนวนเซลล์ให้อยู่ในระดับ 10^7-10^8 CFU/มิลลิลิตร ได้นานถึง 5 เดือน โดยที่ตัวเซลล์ไม่เปลี่ยนเป็นสปอร์ และ *B. altitudinis* T17 ยังคงมีคุณสมบัติส่งเสริมการเจริญของพืชดีกว่าแบคทีเรียทนแล้งชนิดอื่น

คำสำคัญ: แบคทีเรียทนแล้ง สารละลายสูตรน้ำ สารเติมแต่ง

[1] *สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี*
e-mail: kansuda.d@hotmail.com

SELECTION OF SUITABLE ADDITIVE FOR DROUGHT TOLERANT BACTERIA STORAGE IN LIQUID FORMULATION

Kansuda Duangsrikaew[1*] Sirinapha Duksee[1]

Abstract

Drought tolerant bacteria are one of the small organisms to help plant growth promotion which is a good choice for used to raise the quality of agriculture. Some strains of *Bacillus* sp. group have an ability as drought tolerant bacteria. These bacterial group usually storage with spore forming unit but this form spend more time to activate the germination and sometime have low germination rate. The purpose of this study is to selection of suitable additive for drought tolerant bacterial storage in liquid formulation. drought tolerant bacteria 3 strains were individual stored in sodium phosphate solution (pH 7) supplemented with 5 additives (Tapioca starch, Glycerol, Skim milk, Polyvinyl pyrrollidone (PVP) and Polyethylene glycol 6000 (PEG6000)) in different ratios. The start number of cells is about 10^8 CFU/ml and storage in the small plastic tube at room temperature. Bacterial cell survivals were measured by spread plate at Day 0, 7 and 28 then sample every 1 month until 5 months. Drought tolerant bacterial inoculum were evaluated for plant growth promoting activity with 3 factors (IAA production, Catalase test and phosphate solubilization). The results showed that additive solution as 2% PVP gave the best formula for storage drought tolerant bacteria because this formula can be maintained the cell at 10^7-10^8 CFU/ml around 5 months and the bacterial cell not passed to form spore. The results of plant growth promoting activity show that *B. altitudinis* has the ability to produce growth factors better than another drought tolerant bacteria in different additive solutions.

Keywords: Drought tolerant bacteria, Liquid formulation, Additive

[1] *Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University, Lopburi,*
e-mail: kansuda.d@hotmail.com

บทนำ

ปัญหาภัยแล้งเป็นภัยธรรมชาติที่นำความเสียหายทางเศรษฐกิจและสังคม ทั้งทางด้านการขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และด้านผลิตผลทางการเกษตรที่ต้องพึ่งพาแหล่งน้ำจากธรรมชาติ ประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกสินค้าเกษตร และผลิตภัณฑ์แปรรูปทางการเกษตรที่สำคัญในตลาดโลก ภัยแล้งจึงมีผลกระทบโดยตรงต่อการลดลงของผลผลิตทางด้านการเกษตรของไทย (สิตาวีร์, 2558) และจากรายงานของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ประจำวันที่ 29 เมษายน 2559 ประเทศไทยมีจังหวัดที่ได้รับผลกระทบและประกาศเขตการให้ความช่วยเหลือ ผู้ประสบภัยพิบัติกรณีฉุกเฉิน (ภัยแล้ง) ทั้งหมด 29 จังหวัด 154 อำเภอ 705 ตำบล 5,679 หมู่บ้าน โดยปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดภาวะภัยแล้ง คือ ปริมาณฝน ซึ่งในปี 2558 มีปริมาณฝนสะสมเฉลี่ยทั้งประเทศเพียง 1,251 มิลลิเมตร น้อยกว่าปกติอยู่ประมาณ 14.73% หรือน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ปี 2524-2557 ซึ่งหมายรวมถึงการมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าปีที่ประเทศไทยประสบภัยแล้งรุนแรง เช่น ปี 2537 ปี 2542 ปี 2548 และปี 2553 ภัยแล้งถือเป็นปัญหาที่สำคัญของประเทศอีกด้านหนึ่ง ซึ่งปัญหาดังกล่าวนั้นอาจถือได้ว่าเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี ประกอบกับจากปรากฏการณ์เอลนิโญ ในปี 2558 นั้น อาจถือว่ามีความรุนแรงมากที่สุดในรอบหลาย ๆ ปีที่ผ่านมา ส่งผลให้ฝนไม่ตกตรงตามฤดูกาล หรือตกมาแต่มีปริมาณน้ำฝนที่น้อยกว่าระดับปกติ ทำให้การกักเก็บน้ำของแหล่งน้ำขนาดใหญ่สามารถกักเก็บได้ในปริมาณน้อย จึงได้นำพาความเสียหายมาสู่ภาคเศรษฐกิจและสังคม ทั้งด้านการขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และด้านการเพาะปลูกของภาคเกษตร (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2558)

จากปัญหาภัยแล้งเกิดขึ้นแล้วในหลายพื้นที่ของประเทศไทย ได้ส่งผลกระทบต่อประชาชนจำนวนมาก โดยเฉพาะเกษตรกรในหลายจังหวัดที่ไม่สามารถทำการเพาะปลูกได้ และย่อมส่งผลต่อรายได้ของเกษตรกรที่ลดน้อยลงไป ส่งผลให้มีการลดการใช้จ่าย หรือระมัดระวังในการใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น เพราะไม่รู้ว่าปัญหาดังกล่าวจะกินระยะเวลาไปมากน้อยเพียงใด หากเป็นระยะสั้นก็อาจส่งผลกระทบไม่มากนัก แต่หากระยะยาวคาดว่าจะส่งผลกระทบเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะกลุ่มเกษตรกรที่มีรายได้ไม่สูงมาก การประคองตัวด้านรายได้และการใช้จ่ายอาจมีไม่มากเหมือนกลุ่มอื่น ๆ (จิรัฐ, 2015) ประกอบกับในปัจจุบันราคาสินค้าไม่ว่าจะเป็นด้าน อุปโภคหรือบริโภคต่าง ๆ ก็ยังอยู่ในระดับสูง ซึ่งหากยังไม่สามารถทำการเพาะปลูกได้ก็คงส่งผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกรอย่างต่อเนื่อง ในปัจจุบันจึงได้มีการนำแบคทีเรียทนแล้งมากระตุ้นการทนแล้งของพืช และผลิตเป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการเกษตรภายใต้สภาวะแล้ง อย่างไรก็ตามหัวเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวเมื่ออยู่ในสภาวะปกติจะมีระยะการอยู่รอดได้สั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจมุ่งเน้นที่จะศึกษาสารเติมแต่งที่เหมาะสมสำหรับเก็บรักษาหัวเชื้อแบคทีเรียให้มีจำนวนชีวิตอยู่รอดได้นานอย่างน้อย 5 เดือน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้สารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง, Glycerol, Skim milk, Polyvinyl pyrrollidone (PVP) และ Polyethylene glycol (PEG6000) เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อคัดเลือกสารเติมแต่งที่เหมาะสมสำหรับเก็บรักษาหัวเชื้อแบคทีเรียทนแล้งในสารละลายสูตรน้ำ

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการทำวิจัยครั้งนี้ใช้เชื้อแบคทีเรียทนแล้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *Bacillus altitudinis* T17, *B. stratospherious* L19 และ *B. thuringiensis* B2 ซึ่งได้คัดแยกมาจากดินรอบรากพืชเศรษฐกิจ เช่น ข้าว และ

อ้อยที่ปลูกในเขตพื้นที่แล้งซ้ำซากในจังหวัดลพบุรี และทำการทดสอบคุณสมบัติการทนแล้งในต้นพืชในระดับเรือนทดลอง และคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญของพืชแล้วจากการทดลองที่ผ่านมา

1. การเก็บรักษาหัวเชื้อแบคทีเรียระยะยาวในสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ

เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียทนแล้งทั้ง 3 สายพันธุ์ ในอาหาร Trypticase Soy Broth (TSB) นำไปบ่มที่เครื่องเขย่าสารที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที จากนั้นนำเชื้อที่เจริญแล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 8,000 รอบ เป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้ได้ตะกอนเซลล์ เทส่วนใสออกแล้วล้างตะกอนเซลล์แต่ละตัวด้วย Sodium ฟอสเฟต buffer (pH 7) แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 8,000 รอบ เป็นเวลา 15 นาที เทส่วนใสออกแล้วนำตะกอนเซลล์แต่ละตัวมาเจือจางด้วย Sodium ฟอสเฟต (pH 7) ในสัดส่วนที่เหมาะสม จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร (OD_{625}) เท่ากับ 1 แล้วนำตะกอนเซลล์แต่ละชนิดที่วัดค่าดูดกลืนแสงแล้ว มาใส่ในสารเติมแต่ง ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง อัตราส่วน 0.1% และ 0.5% ตามลำดับ ส่วน Skim milk, Glycerol, Polyvinyl pyrrollidone (PVP) และ Polyethylene glycol 6000 (PEG 6000) อัตราส่วน 1% และ 2% ตามลำดับ (Nopcharoenkul และคณะ, 2011)

2. การคัดเลือกสารเติมแต่งที่เหมาะสมสำหรับเก็บรักษาหัวเชื้อแบคทีเรียทนแล้งในสารละลายสูตรน้ำ

คัดเลือกสารเติมแต่งที่เหมาะสมสำหรับเก็บรักษาหัวเชื้อแบคทีเรียทนแล้ง ในสารละลายสูตรน้ำ จากข้อ 1. ทำการเก็บรักษาหัวเชื้อแบคทีเรียเป็นเวลา 5 เดือน เก็บตัวอย่างทุก ๆ 1 เดือน โดยทำการนับจำนวนแบคทีเรียที่รอดชีวิตโดยใช้วิธี spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Trypticase Soy Agar (TSA) แต่ละความเจือจางเพาะเชื้อละ 3 ซ้ำ เพื่อหาสารเติมแต่งที่เชื้ออยู่รอดและเจริญได้ดีที่สุด โดยคำนวณเป็น CFU/มิลลิลิตร เปรียบเทียบกับผลการย้อมสีสปอร์ของแบคทีเรียในตัวอย่างสารละลายสูตรน้ำ

3. การทดสอบคุณสมบัติการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในเชื้อแบคทีเรียทนแล้ง

ทดสอบคุณสมบัติการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในแบคทีเรียทนแล้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *B. altitudinis* T17, *B. stratospherious* L19 และ *B. thuringiensis* B2 ทั้งก่อนทำการเก็บรักษา และภายหลังเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 เดือน

3.1 ทดสอบวิเคราะห์การผลิตสาร Indole-3-acetic acid (IAA)

นำเชื้อแบคทีเรียทนแล้ง 4 สายพันธุ์ มาเลี้ยงในอาหาร Trypticase Soy Broth (TSB) ที่เติม L-tryptophan 0.5 กรัมต่อลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่อง centrifuge ความเร็วรอบ 4,300 รอบ เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้ได้ส่วนใส (Supernatant) เก็บเฉพาะส่วนใสปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมกับ Salkowski’s reagent 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องในสภาพไร้แสง เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร (OD_{530}) (Ahmad และคณะ, 2008)

3.2 การทดสอบ Catalase test

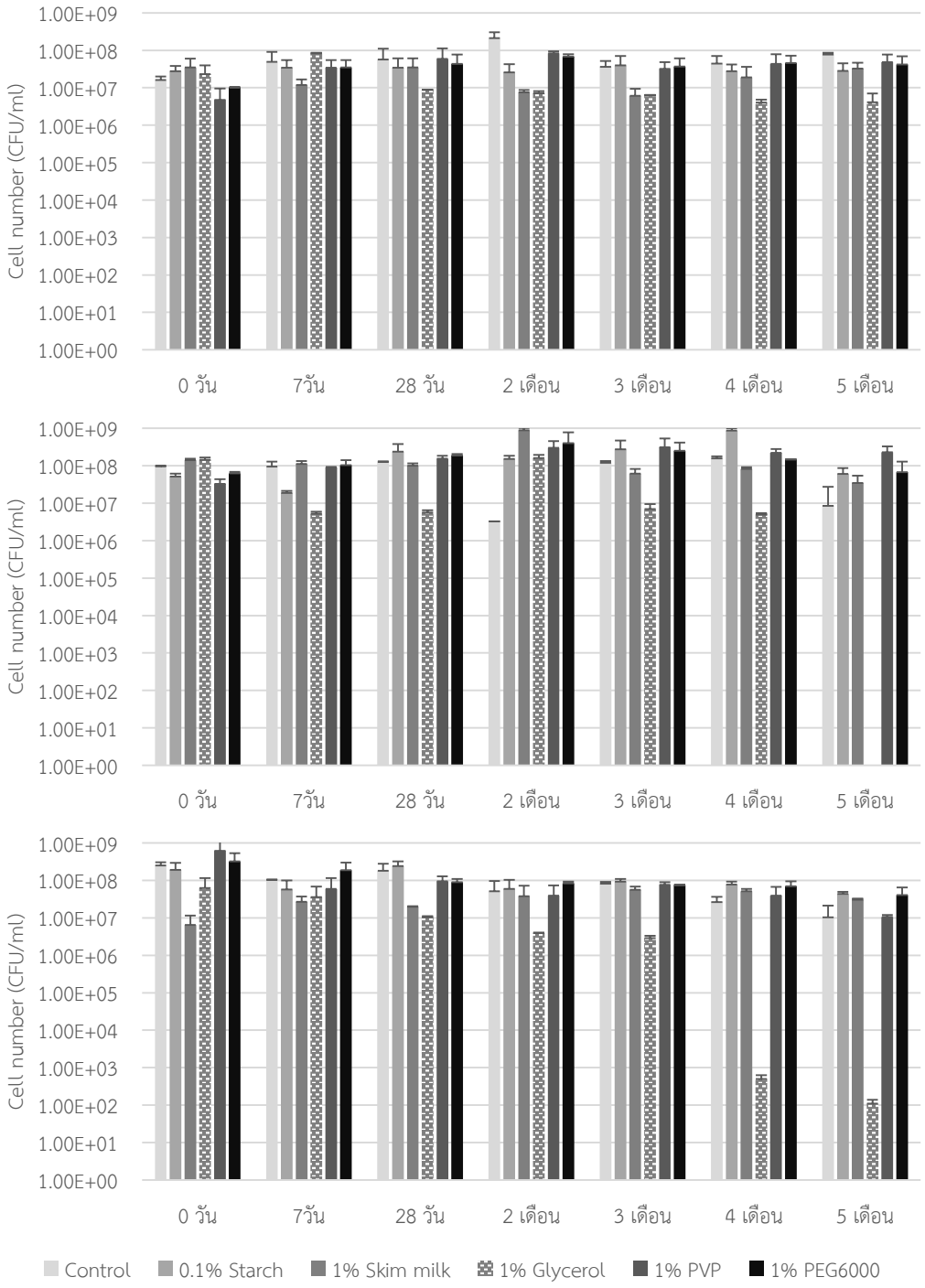
ใช้ loop เขี่ยเชื้อจากอาหาร Trypticase Soy Agar (TSA) ป้ายลงบนแผ่นสไลด์ หยด 3% hydrogenperoxide ลงบนเชื้อ สังเกตการณ์เกิดฟอง ผลบวก : มีฟองอากาศเกิดขึ้น, ผลลบ: ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

3.3 ทดสอบการย่อย ฟอสเฟต

หยดเชื้อปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงในอาหาร Pikovskaya’s agar นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง วัดขนาดโซนใสจากการย่อย ฟอสเฟต และบันทึกผล (Paul and Sinha, 2013)

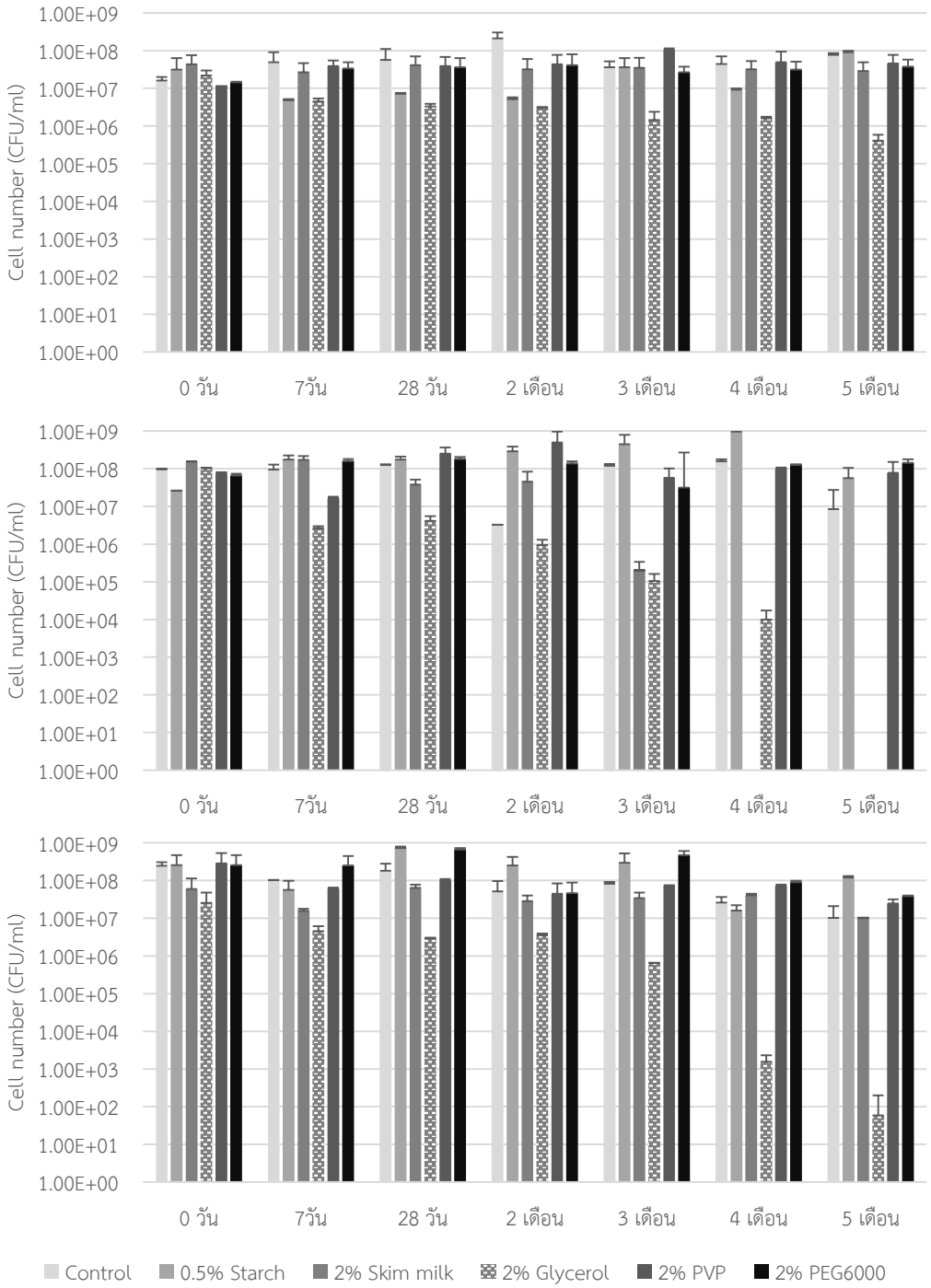
ผลการวิจัย

จากผลการเก็บรักษาหัวเชื้อแบคทีเรียทนแล้ง ในสารเติมแต่งที่ความเข้มข้นต่างกัน ในระยะเวลา 5 เดือน พบว่า สารละลายเติมแต่ง 0.1% Starch, 1% PVP และ 1% PEG6000 มีจำนวนของเชื้อแบคทีเรียค่อนข้างคงที่ (ภาพที่ 1) สอดคล้องกับผลการใช้สารละลายเติมแต่ง 0.5% Starch, 2% PVP และ 2% PEG6000 ซึ่งสามารถเก็บรักษาแบคทีเรียให้มีชีวิตรอดได้มากกว่า 10^7 CFU/มิลลิลิตร ในขณะที่ชุดทดลองที่เติม Skim milk และ Glycerol พบว่าจำนวนแบคทีเรียมีการลดลงในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 เดือน ทั้งนี้ Glycerol เป็นสารที่เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีรสหวานเล็กน้อย มีสมบัติในการละลายในน้ำ และดูดจับน้ำได้ดี (hydroscopic) เป็นสารเก็บความชื้น (humectant) ป้องกันไม่ให้อาหารแห้ง (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2539) อย่างไรก็ตามมีรายงานว่า *B. stratosphericus* และ *B. altitudinis* สามารถใช้ Glycerol เป็นแหล่งคาร์บอนได้ (Shivaji et al., 2006) ดังนั้นเมื่อแบคทีเรียใช้ Glycerol จึงมีการเจริญและขับของเสียออกมาในระหว่างการเก็บรักษา ของเสียเหล่านั้นจึงมีความเป็นพิษและทำให้แบคทีเรียตายในที่สุด ส่วน Polyethylene glycol (PEG6000) เป็นสารเคมีสังเคราะห์เนื่องจากสมบัติที่ดี เช่น มีความชอบน้ำสูง ทำให้สามารถนำไปผสมกับสารอื่น ๆ ให้เพิ่มความชอบน้ำได้ น้ำหนักโมเลกุลที่เพิ่มขึ้นของ PEG จะส่งผลทำให้คุณสมบัติ เช่น ความสามารถในการละลายน้ำ การดูดความชื้น และจุดเยือกแข็ง เปลี่ยนแปลงไปด้วย (พิชญา, 2558)



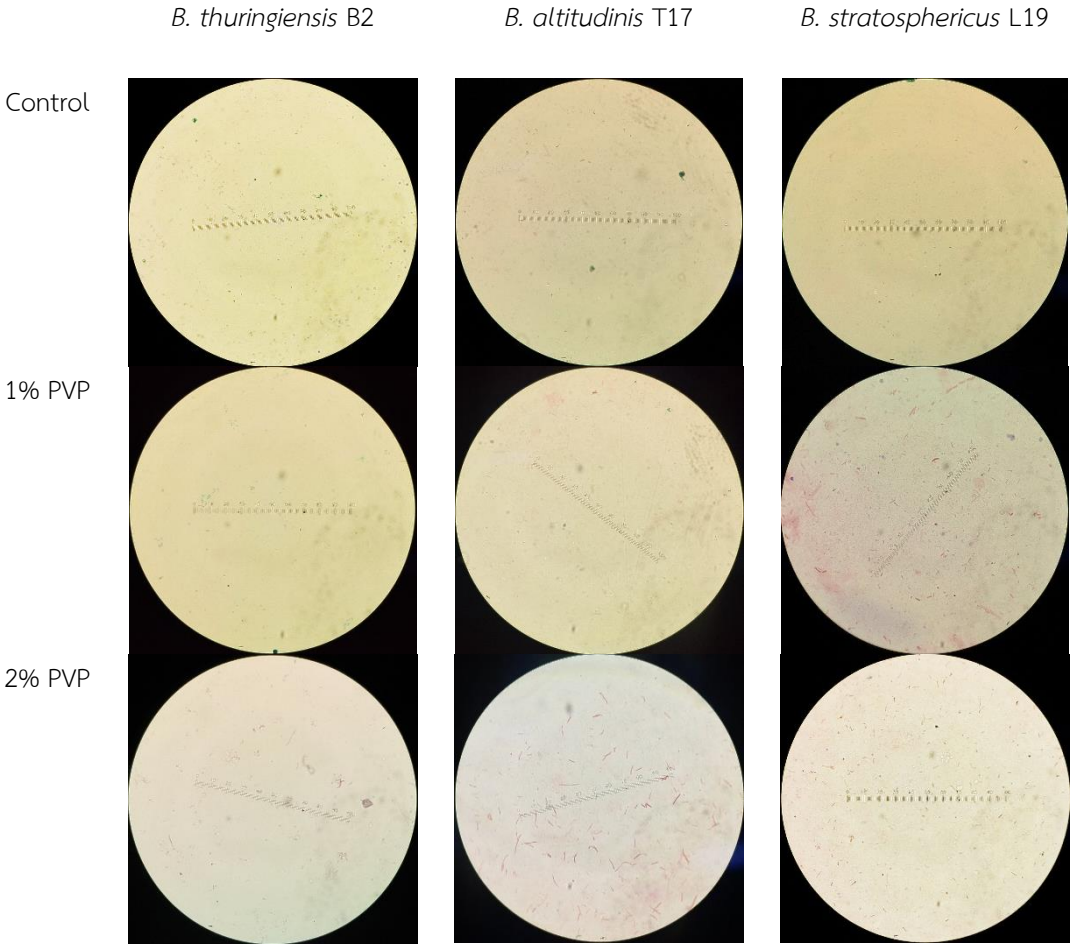
B. thuringiensis B2

ภาพที่ 1 จำนวนเซลล์แบคทีเรียทนแล้งที่เก็บรักษาในสารละลายสูตรน้ำที่เติมสารเติมแต่ง ความเข้มข้น 0.1% และ 1%



B. thuringiensis B2

ภาพที่ 2 จำนวนเซลล์แบคทีเรียทนแล้งที่เก็บรักษาในสารละลายสูตรน้ำที่เติมสารเติมแต่ง ความเข้มข้น 0.5% และ 2%



ภาพที่ 3 ตัวเซลล์และสปอร์ของแบคทีเรียทนแล้งใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า ภายหลังการเก็บรักษา 5 เดือน

จากการศึกษาลักษณะของเชื้อแบคทีเรียทนแล้งภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า 2% PVP สามารถพบตัวเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียทนแล้งทั้ง 3 ชนิด เมื่อเทียบกับ Control ที่ไม่พบตัวเซลล์ของแบคทีเรียทนแล้ง และ 1% PVP พบตัวเซลล์เฉพาะ *B. stratosphericus* L19 ในขณะที่แบคทีเรียอีก 2 ชนิดพบสปอร์เท่านั้น (ภาพที่ 3) นอกจากนี้ สารเติมแต่งชนิดอื่นที่เหลือพบเฉพาะสปอร์ของแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดเท่านั้น ดังนั้นผลงานวิจัยนี้จึงมีความเป็นไปได้ในการใช้ 2% PVP เป็นสารเติมแต่งสำหรับการเก็บรักษาเชื้อแบคทีเรียทนแล้งในรูปแบบน้ำ เพื่อให้ตัวเซลล์สามารถปรับตัวในอาหารเหลวสำหรับเพิ่มปริมาณเชื้อได้ไวกว่าการเก็บเชื้อในรูปแบบสปอร์สำหรับใช้ทดสอบในกระถาง และแปลงทดลองต่อไป

2. การทดสอบคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในแบคทีเรียทนแล้ง

การทดสอบคุณสมบัติของแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของพืชมีหลากหลายวิธี งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตฮอร์โมน IAA การละลายฟอสเฟต และการผลิตเอนไซม์ Catalase ทั้งก่อนการเก็บรักษาและภายหลังการเก็บรักษาหัวเชื้อแบคทีเรียทนแล้ง เป็นเวลา 5 เดือน เพราะเป็นสารส่งเสริมการเจริญที่สำคัญและเป็นวิธีการทดสอบที่ไม่ยุ่งยาก ใช้เวลาสั้น ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งพบว่า *B. altitudinis* T17 หลังจากเก็บรักษาในระยะเวลา 5 เดือน มีความสามารถในการละลายฟอสเฟตสูง โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใสอยู่ที่ 3.3 มิลลิเมตร ทั้งนี้ความสามารถในการละลายฟอสเฟตจะสัมพันธ์กับการส่งเสริมการเจริญของพืชทั่วไป นอกจากนี้ยังสามารถผลิตเอนไซม์ Catalase ซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำลายอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในสภาวะแห้งแล้งและลดความเสียหายจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และยังมีความสามารถในการผลิต IAA ได้ดีกว่าแบคทีเรียทนแล้งชนิดอื่น

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการผลิตฮอร์โมน IAA การละลายฟอสเฟต และการผลิตเอนไซม์ Catalase ของเชื้อแบคทีเรียทนแล้ง ทั้งก่อนการเก็บรักษาและภายหลังการเก็บรักษา 5 เดือน

แบคทีเรียทนแล้ง	การละลายฟอสเฟต (เส้นผ่านศูนย์กลาง:มม.)		การผลิต Catalase		การผลิต IAA (μM)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
B. altitudinis T17	4.3	3.5	+	+	20.25	16.82
B. stratosphericus L19	18.0	3.3	+	+	21.25	15.06
B. thuringiensis B2	6.0	4.3	+	+	31.25	0.88

หมายเหตุ + = เกิดฟองก๊าซ

จากการทดสอบคุณสมบัติการส่งเสริมการเจริญ 3 ชนิด ได้แก่ การละลายฟอสเฟต การผลิตเอนไซม์ Catalase และการผลิตฮอร์โมน IAA (ตารางที่ 1) พบว่า ภายหลังการเก็บรักษาเชื้อแบคทีเรียทนแล้งเป็นระยะเวลา 5 เดือน คุณสมบัติในการละลายฟอสเฟต และการผลิตฮอร์โมน IAA ลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะการผลิตฮอร์โมน IAA ของ *B. thuringiensis* B2 ซึ่งควรมีการปรับปรุงสูตรของสารละลายสำหรับการเก็บรักษาแบคทีเรียทนแล้งที่เหมาะสมต่อไป

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการเก็บรักษาเชื้อแบคทีเรียทนแล้งที่เติมสารเติมแต่ง 5 ชนิด ที่ความเข้มข้นต่างกันในสารละลายโซเดียมฟอสเฟต (pH 7) ที่มีจำนวนเซลล์ประมาณ 10^9 และเก็บรักษาในหลอดเก็บเชื้อเป็นระยะเวลา 5 เดือน ระหว่างการเก็บรักษาจะทำการนับจำนวนแบคทีเรียที่รอดชีวิตซึ่งใช้วิธี spread plate และนับจำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียทนแล้ง ตั้งแต่วันที่ 0, 7 และ 28 วัน จากนั้นเก็บตัวอย่างทุก ๆ 1 เดือน จนครบ 5 เดือน พบว่าการเก็บรักษาหัวเชื้อแบคทีเรียทนแล้ง ในสารละลายเติมแต่ง PVP มีจำนวนของเชื้อแบคทีเรียค่อนข้างคงที่ สอดคล้องกับการศึกษาลักษณะของเชื้อแบคทีเรียทนแล้งภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า 1% PVP และ 2% PVP มีตัวเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียทนแล้ง เมื่อเทียบกับ Control ที่ไม่พบตัวเซลล์ของแบคทีเรียทนแล้ง

จากผลการวิจัยของ Karunya และ Reetha (2014) พบว่าสาร PVP มีค่า water binding capacity สูงจึงสามารถคงความชื้นโดยการยึดเกาะน้ำบริเวณรอบ ๆ เซลล์ได้มากขึ้น จึงทำให้เซลล์สามารถใช้น้ำในกระบวนการต่าง ๆ และยืดอายุการเก็บรักษาได้ นอกจากนี้ยังสามารถยึดเกาะเซลล์เข้าไว้ด้วยกัน สามารถลอยอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อได้ในรูปของ colloid ซึ่งทำให้อากาศที่อยู่ในอาหารสามารถเข้าถึงเซลล์ของแบคทีเรียได้ดีกว่าการที่เซลล์ตกตะกอนอยู่ด้านล่างของภาชนะบรรจุ ดังนั้นจึงอาจเป็นกลไกที่ทำให้เซลล์สามารถมีชีวิตอยู่รอด และยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น ในขณะที่ Glycerol มีจำนวนเชื้อแบคทีเรียลดลง (ภาพที่ 1 และ 2) จึงไม่เหมาะที่จะนำมาเก็บรักษาหัวเชื้อแบคทีเรียทนแล้ง

งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีการใช้สาร PVP เป็นสารเติมแต่งในสารละลายจุลินทรีย์เพื่อทดสอบการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ เช่น Karunya และ Reecha (2014) ได้ศึกษาจุลินทรีย์ 3 สายพันธุ์ ที่ทนต่อความเค็ม ได้แก่ PGPR สายพันธุ์ *Azospirillum brasilense* PA-17 *Bacillus subtilis* PB-15 และ *Pseudomonas fluorescens* PP-15 ทดสอบในอาหารสูตรเหลวที่มีการปรับปรุงด้วยสารเติมแต่งที่ต่างกัน เช่น PVP, trehalose และ glycerol เป็นระยะเวลา 6 เดือน ผลจากการศึกษาพบว่าจุลินทรีย์ที่มีชีวิตรอด (1×10^8 เซลล์/มิลลิลิตร) เป็นสายพันธุ์ที่ทนต่อเกลือ และ PVP อัตราส่วน 1% ช่วยให้จุลินทรีย์ PGPR เพิ่มมากขึ้น มีชีวิตรอดเกิน 6 เดือนของระยะเวลาการเก็บรักษา โดยไม่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญใด ๆ

Leo และคณะ (2013) ศึกษาถึงผลกระทบของพอลิเมอร์ สารเติมแต่ง และสารลดแรงตึงผิว สำหรับความสามารถในการยืดอายุการเก็บรักษา และประสิทธิภาพทางชีวภาพของเชื้อจุลินทรีย์ (*Bacillus megaterium, Azospirilum brazilense* และ *Azotobacter chrococcum*) ที่เติมด้วย 2% polyvinyl pyrollidone (PVP 30 K) การส่งเสริมการรอดชีวิตระยะยาวของ *Bacillus megaterium*, *Azospirilum* และ *Azotobacter* ให้ผล 5.6×10^7, 1.9×10^8 และ 3.5×10^7 CFU/มิลลิลิตร. ตามลำดับ หลังจากเก็บรักษาไว้ 480 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเชื้อแบคทีเรียแต่ละชนิดมีความสามารถในการเจริญในสารละลายเติมแต่งที่แตกต่างกัน และสารเติมแต่งเหล่านี้สามารถเป็นตัวเลือกที่ดีในการเก็บรักษาหัวเชื้อแบคทีเรียทนแล้งในระยะยาวได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรพัฒนาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับเก็บรักษาเชื้อแบคทีเรียโดยไม่ทำให้คุณสมบัติการส่งเสริมการเจริญของพืชลดลง
2. ควรนำไปประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมการเจริญของพืชจริงในระดับกระถางต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี สำหรับทุนอุดหนุนการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

จิรัฐ เจนพึ่งพร. (2015). **ภัยแล้งครั้งนี้รุนแรงและเสี่ยงแค่ไหน. บทวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจ**. [เว็บบล็อก]. สืบค้นจาก https://www.chiangmainews.co.th/page/archives/482180.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (2539). **Glycerol**. [เว็บบล็อก]. สืบค้นจาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/5079/glycerin.

พิชญา ดิลกพัฒนมงคล. (2558). **Polyethylene glycol 6000**. [เว็บบล็อก]. สืบค้นจาก http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/dic/QA_full.php?id=2234.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2558). **บันทึกเหตุการณ์ภัยแล้ง 2558-2559**. [เว็บบล็อก]. สืบค้นจาก http://www.thaiwater.net/current/2016/drought59/drought59.htมิลลิลิตร

สิตาวีร์ ธีรวฏิพห์. (2558). **การแก้ไขปัญหาภัยแล้งอย่างยั่งยืน**. บทความวิชาการ. สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร.

Ahmad, F., Ahmad, I. & Khan, M.S. (2008). Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. **Microbiological Research**. 163; 173-181.

Karunya, S.K. and Reecha, D. (2014). Survival of saline tolerant PGPR in different carriers and liquid formulations: **International Journal of Advanced Research in Biological Sciences**. *1*(2), 179–183.

Leo Daniel, A., Venkateswarlu, B., Desai, S., Hassan, M., and Meenakshi, T. (2013). Physiology and pathology effect of polymeric additives, adjuvants, surfactants on survival, stability and Plant-Growth-Promoting ability of liquid bioinoculants: **Journal of Plant Physiology & Pathology**. *1*(2), 2-6.

Nopcharoenkul, W., Pinphanichakarn, P. and Pinyakong, O. (2011). The development of a liquid formulation of *Pseudoxanthomonas* sp. RN402 and its application in the treatment of pyrene-contaminated soil. **Journal of Applied Microbiology**. 111; 36–47.

Paul, D. and Sinha, S.N. (2013). Phosphate solubilizing activity of some bacterial strains isolated from jute mill effluent exposed water of River Ganga**. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences**. 3; 39-45.

Shivaji, S., Chaturvedi, P., Suresh, K., Reddy, G.S.N., Dutt, C.B.S., Wainwright, M., Narlikar, J.V. and Bhargava, P.M. (2006). *Bacillus aerius* sp. nov., *Bacillus aerophilus* sp. nov., *Bacillus stratosphericus* sp. nov. and *Bacillus altitudinis* sp. nov., isolated from cryogenic tubes used for collecting air samples from high altitudes: **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**. 56, 1465–1473.

การแยกแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งเพื่อการผลิตกรดแล็กติกจากแป้ง

เจนจิรา เดชรักษา[1*] อลิสา ท้าวฝ้าย[1] วราภรณ์ วิถีไพร[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแยกแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งจากกลุ่มตัวอย่างที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ เพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อในการผลิตกรดแล็กติก โดยนำตัวอย่างที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ จำนวน 27 ตัวอย่างมาแยกแบคทีเรียกรดแล็กติกโดยใช้อาหาร De Man, Rogosa and Sharp (MRS) agar ที่เติมแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ความเข้มข้น 1% พบว่า สามารถแยกแบคทีเรียกรดแล็กติกที่มีรูปร่างท่อนแกรมบวก และไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลสได้ทั้งหมด 55 ไอโซเลต นำแบคทีเรียกรดแล็กติกทุกไอโซเลตมาทดสอบการย่อยแป้งบนอาหาร MRS-starch agar พบว่ามีแบคทีเรียกรดแล็กติกเพียง 3 ไอโซเลตที่มีกิจกรรมการย่อยแป้ง ได้แก่ LB13.5, LB13.6 และ LB22.1 จากนั้นทดสอบความสามารถผลิตกรดแล็กติกใน MRS-starch broth พบว่าแบคทีเรียกรดแล็กติก LB13.5 สามารถผลิตได้สูงสุด โดยมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแล็กติก 0.97% และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 4.39 นอกจากนี้แบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้ง LB13.5 สามารถผลิตกรดแล็กติกใน MRS broth ที่เติมแหล่งแป้งต่าง ๆ ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด เมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บด และมันสำปะหลัง เมื่อทำการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา คุณสมบัติทางกายภาพและการทดสอบการหมักย่อยคาร์โบไฮเดรตด้วยชุดทดสอบสำเร็จรูป API 50 CHL (BioMerieux) พบว่า แบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งไอโซเลต LB13.5 คือ *Lactobacillus plantarum*

คำสำคัญ: แบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้ง กรดแล็กติก แป้ง

[1] *หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี*
e-mail: jdeatraksa@hotmail.com

* *ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:* jdeatraksa@hotmail.com

ISOLATION OF AMYLOLYTIC LACTIC ACID BACTERIA FOR LACTIC ACID PRODUCTION FROM STARCH

Janejira Detraksa [1*] Alisa Tawfay[1] Waraporn Witheeprai[1]

Abstract

This research aimed to isolate amylolytic lactic acid bacteria (ALAB) as the starter culture for lactic acid production. Twenty-seven of the starch raw material samples were isolated lactic acid bacteria (LAB) by De Man, Rogosa and Sharp (MRS) agar plate with 1% $CaCO_3$. A total of 55 LAB isolates was gram-positive, rods shaped, and catalase negative. Starch degradation activity of all LAB isolates was determined, found that the three LAB isolates exhibited starch degradation activity in MRS-starch agar plate; LB13.5, LB13.6, and LB22.1. And then the three ALAB isolates were determined lactic acid productivity in MRS-starch broth, results showed the ALAB isolate LB13.5 produced the highest yield of total acidity content was 0.97% and pH value 4.39. Moreover, the ALAB isolate LB13.5 produced lactic acid in MRS broth with cornstarch, cassava starch, field cornmeal, and cassava meal. Based on morphological and physical properties analysis and identified by API 50CHL system indicated the ALAB isolate LB13.5 belonged to *Lactobacillus plantarum.*

Keywords:amylolytic lactic acid bacteria, lactic acid, starch

[1]*Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University , e-mail:* jdeatraksa@hotmail.com

** Corresponding author, e-mail:* jdeatraksa@hotmail.com

บทนำ

กรดแล็กติกเป็นกรดอินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้แก่ ใช้เป็นสารปรุงแต่งเพิ่มรสเปรี้ยวในอาหารและเครื่องดื่ม ช่วยป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารและควบคุมจุลินทรีย์ก่อโรค ใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ยาและเครื่องสำอาง นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมพลาสติกมีการนำกรดแล็กติกมาเป็นผลิตเป็นพอลิเมอร์ (Poly Lactic Acid: PLA) ซึ่งนำไปผลิตเป็นพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทดแทนพลาสติกสังเคราะห์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้ (Bayitse, 2015) การผลิตโดยกระบวนการหมักจะได้กรดแล็กติกในรูป L(+)-lactic acid หรือ D(-)-lactic acid เพียงโครงสร้างเดียว แตกต่างจากการผลิตทางเคมีที่จะได้กรดแล็กติกในรูป LD-lactic acid โครงสร้างบริสุทธิ์โดยเฉพาะ L(+)-lactic acid จะมีผลต่อคุณภาพของ PLA (Moon et al., 2012; Wang et al., 2010) ดังนั้นอุตสาหกรรมกรดแล็กติกจึงนิยมใช้กระบวนการหมักจากจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียกรดแล็กติก ปัจจุบันแบคทีเรียกรดแล็กติกได้รับความสนใจในการพัฒนาเป็นกล้าเชื้อในอุตสาหกรรมอาหารหมักหลายชนิดเนื่องจากได้รับการยอมรับว่าปลอดภัย (Generally recognized as safe organisms) แบคทีเรียกรดแล็กติกเป็นกลุ่มแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างกลมและรูปท่อน ไม่สร้างสปอร์ ไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลส ต้องการอากาศเล็กน้อยในการเจริญ (microaerophile) ทนกรด และผลิตกรดแล็กติกเป็นผลิตภัณฑ์หลักในการหมักคาร์โบไฮเดรต พบทั่วไปในอาหารหมักท้องถิ่นของไทยที่มีการหมักตามธรรมชาติหลายชนิด เช่น หน่อไม้ดอง ผักกาดดอง แหนม ไส้กรอกอีสาน ปลาร้า และปลาส้ม เป็นต้น (Tanasupawat, 2009)

การผลิตกรดแล็กติกในระดับอุตสาหกรรมต้องผลิตให้ได้ปริมาณมากและต้นทุนการผลิตต่ำ การคัดเลือกวัตถุดิบที่นำมาใช้ต้องมีราคาถูก สามารถนำการหมักได้โดยใช้วิธีการปรับสภาพก่อนใช้ (pre-treatment) น้อยที่สุด และขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและทำให้บริสุทธิ์ไม่ยุ่งยาก แหล่งคาร์บอนที่จุลินทรีย์สามารถนำไปผลิตเป็นกรดแล็กติกคือ กลูโคส ซูโครส และแลคโตส หรือน้ำตาลที่มีอยู่ในวัตถุดิบในการหมักต่าง ๆ เช่น ซูโครสจากน้ำอ้อยและกากน้ำตาล แลคโตสจากเวย์ รวมทั้งน้ำตาลจากวัตถุดิบจำพวกแป้ง ได้แก่ มันฝรั่ง มันสำปะหลัง ข้าว ข้าวบาร์เลย์ ข้าวฟ่าง และแครอท (Narayanan et al., 2004; Rojan et al., 2007) กระบวนการหมักกรดแล็กติกโดยทั่วไปมี 2 ขั้นตอน คือ การไฮโดรไลซ์แป้งและเซลลูโลสด้วยเอนไซม์หรือกรดให้กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว และการหมักด้วยแบคทีเรียกรดแล็กติกกลุ่มโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (homofermentative) ได้แก่ จีนัส *Lactobacillus, Lactococcus* และ *Enterococcus* ในขณะที่แบคทีเรียกรดแล็กติกที่มีความสามารถในการย่อยสลายแป้ง หรือเรียกว่าแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้ง (amylolytic lactic acid bacteria: ALAB) สามารถที่จะทำให้เกิดกระบวนการหมักในวัตถุดิบประเภทแป้ง โดยการผลิตเอนไซม์อะไมเลสไฮโดรไลซ์แป้งให้เป็นน้ำตาล และเกิดกระบวนการหมักเป็นกรดแลคติคโดยตรง (Putri et al., 2011) สายพันธุ์แบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งพบได้น้อยมาก โดยมักพบในจีนัส *Lactobacillus*, *Lactococcus* และ *Streptococcus* (Onilude et al., 2017) ซึ่งการใช้แบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งในกระบวนการหมักกรดแล็กติกจะสามารถลดขั้นตอนและต้นทุนในส่วนของการไฮโดรไลซ์ได้ (Reddy et al., 2008) ปัจจุบันสายพันธุ์แบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งที่สามารถใช้แป้งในกระบวนการหมักกรดแล็กติกโดยตรง เช่น *Lactobacillus amylophilus* GV6, *Lactobacillus manihotivorans* LMG18011, *Lactobacillus plantarum* SW14, *Lactobacillus caseistrain* และ *Streptococcus bovis* 148 เป็นต้น (Bayitse, 2015) ในประเทศไทยมีผลผลิตทางการเกษตรที่มีราคาถูกหรือวัสดุเหลือทิ้งประเภทแป้งจำนวนมาก เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง มันสำปะหลัง กากมันสำปะหลัง และน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งชนิดต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งวัตถุดิบเหล่านี้ที่มีศักยภาพเพียงพอที่จะใช้ในการหมักกรดแล็กติก (สุขใจ ชูจันทร์, 2554) ดังนั้นการคัดเลือกสายพันธุ์แบคทีเรีย

กรดแล็กติกย่อยแป้งที่สามารถหมักกรดแล็กติกจากวัตถุดิบประเภทแป้งจะเป็นการลดต้นทุนการผลิต ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาอุตสาหกรรมกรดแล็กติก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อแยกแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งที่มีความสามารถในการหมักกรดแล็กติกจากตัวอย่างประเภทอาหารและไม่ใช่อาหาร และจัดจำแนกสายพันธุ์แบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งที่แยกได้โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยา คุณสมบัติทางกายภาพ และการทดสอบการหมักย่อยคาร์โบไฮเดรตด้วยชุดทดสอบสำเร็จรูป API 50 CHL (BioMerieux)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบมาใช้ในการแยกแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้ง ได้แก่ ลูกแป้งข้าวหมาก ลูกแป้งสาโท ปลาส้ม ปลาส้มฟัก ไส้กรอกอีสาน ขนมจีน น้ำทิ้งจากการหมักขนมจีน มูลวัว มันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลัง จำนวน 27 ตัวอย่าง

2. **การแยกแบคทีเรียกรดแล็กติก**

นำตัวอย่างนำมาแยกแบคทีเรียกรดแล็กติกด้วยวิธี serial dilution spread plate โดยชั่งตัวอย่าง 10 กรัมผสมในน้ำเกลือความเข้มข้น 0.85% 90 มิลลิลิตร ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย stomacher จากนั้นเจือจางที่ระดับการเจือจางที่เหมาะสม และเพาะเลี้ยงด้วยวิธีการ pour plate บนอาหาร De Man, Rogosa and Sharp agar (MRS agar) ที่เติมแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ความเข้มข้น 1% (ดัดแปลงจาก Hwanhlem et al., 2011) บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมงใน candle jar เพื่อปรับสภาพ microaerophilic เลือกเก็บโคโลนีแบคทีเรียกรดแล็กติกที่มีบริเวณใสรอบโคโลนี มาทำเชื้อบริสุทธิ์โดยการขีดเชื้อ (cross streak) บนอาหาร MRS agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ใน candle jar

ศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของแบคทีเรียกรดแล็กติกที่แยกได้ ได้แก่ ลักษณะรูปร่าง การย้อมสีแบบแกรม และศึกษาการสร้างเอนไซม์คะตะเลส (catalase test) โดยคัดเลือกแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างกลมและท่อน และให้ผลการทดสอบคะตะเลสเป็นลบ (Hwanhlem et al., 2011)

3. การคัดเลือกแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้ง

ทำการขีดเชื้อแบคทีเรียกรดแล็กติกที่แยกได้บนอาหาร MRS-starch agar ซึ่งเติมแป้งความเข้มข้น 1% (soluble starch 1%, w/v) แทนที่น้ำตาลกลูโคส บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ใน candle jar เมื่อเชื้อเจริญแล้วนำสารละลายไอโอดีนเทลงบนโคโลนีของเชื้อ สังเกตการย่อยแป้งโดยดูจากบริเวณใสรอบโคโลนี (Nawaz et al., 2016) ทำการเก็บรักษาเชื้อบริสุทธิ์โดยเพาะเลี้ยงเชื้อในอาหาร MRS agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เติมกลีเซอรอลความเข้มข้น 20% ผสมให้เข้ากัน เก็บที่ตู้เย็น -20 องศาเซลเซียส

4. การศึกษาการผลิตกรดแล็กติกโดยใช้แป้งเป็นวัตถุดิบ

เตรียมกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้ง โดยเขี่ยเชื้อลงในอาหาร MRS broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำกล้าเชื้อปริมาณ 1% (v/v) เติมลงใน MRS-starch broth (soluble starch 1%, w/v) บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำไปเหวี่ยงแยกเซลล์ออกด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง

ความเร็วรอบ 6,000 rpm จากนั้นนำไปวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วย pH meter และวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดทั้งหมดในรูปกรดแล็กติกโดยวิธีการไตเตรท (AOAC, 2000)

5. การศึกษาชนิดของแป้งที่เหมาะสมต่อการหมักกรดแล็กติกของแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งที่แยกได้

นำกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งปริมาณ 1% (v/v) เติมลงใน MRS broth ที่เติมแหล่งคาร์บอนชนิดต่าง ๆ ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด เมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บด และมันสำปะหลัง ปริมาณ 1% (w/v) ที่ฆ่าเชื้อแล้ว เปรียบเทียบกับ MRS broth ที่เติมกลูโคส บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำไปเหวี่ยงแยกเซลล์ออกด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วรอบ 6,000 rpm จากนั้นนำไปวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง และวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดทั้งหมดในรูปกรดแล็กติกโดยวิธีการไตเตรท

6. การจัดจำแนกแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งโดยการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

การตรวจสอบการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เขี่ยเชื้อแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งลงในอาหาร MRS broth ที่ใส่หลอดดักก๊าซ บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟจะพบก๊าซในหลอดดักก๊าซ ส่วนแบคทีเรียกลุ่มโฮโมเฟอร์เมนเททีฟจะไม่พบก๊าซในหลอดดักก๊าซ

การทดสอบการเจริญที่อุณหภูมิ ปริมาณเกลือ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่แตกต่างกัน

เขี่ยเชื้อแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งลงในอาหาร MRS broth บ่มที่อุณหภูมิ 10 และ 45 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจสอบการเจริญจากความขุ่น

เขี่ยเชื้อแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งในอาหาร MRS broth ที่เติมเกลือ NaCl 4, 6.5, 10 และ 18% บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจสอบการเจริญจากความขุ่น

เขี่ยเชื้อแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งในอาหาร MRS broth ที่ปรับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.5 และ 9.6 บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจสอบการเจริญจากความขุ่น

7. การจัดจำแนกแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งโดยการศึกษาความสามารถในการหมักคาร์โบไฮเดรต

เพาะเลี้ยงแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งบนอาหาร MRS agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทดสอบการหมักคาร์โบไฮเดรต 49 ชนิดโดยชุดทดสอบสำเร็จรูป API 50 CHL (BioMerieux, sa France) และนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม apiweb™ identification software

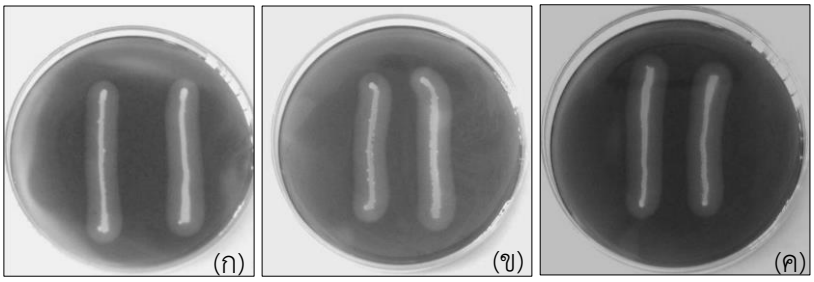
ผลการวิจัยและอภิปราย

1. การแยกแบคทีเรียกรดแล็กติก

จากการนำตัวอย่างที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบมาใช้ในการแยกแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งทั้งหมด 27 ตัวอย่าง ได้แก่ ลูกแป้งข้าวหมาก ลูกแป้งสาโท ปลาส้ม ปลาส้มฟัก ไส้กรอกอีสาน ขนมจีน น้ำทิ้งจากการหมักขนมจีน มูลวัว มันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลัง มาทำการแยกแบคทีเรียกรดแล็กติก พิจารณาจากบริเวณใสรอบโคโลนีพบว่าสามารถแยกแบคทีเรีย 55 ไอโซเลต เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยการย้อมสีแบบแกรมพบว่าแบคทีเรียที่แยกได้ทุกไอโซเลตติดสีแกรมบวก มีรูปร่างเป็นรูปท่อน ไม่สร้างสปอร์ ให้ผลการสร้างเอนไซม์คะตะเลสเป็นลบ ซึ่งคุณสมบัติการทางสัณฐานวิทยาและการไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลสเป็นคุณสมบัติขั้นต้นในการจัดจำแนกแบคทีเรียกรดแล็กติก (Axelsson, 2004)

2. การคัดเลือกแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้ง

แบคทีเรียกรดแล็กติกที่แยกได้ทั้งหมดมาทดสอบความสามารถในการย่อยแป้งในขั้นต้น โดยการขีดเชื้อบนอาหาร MRS-starch agar ที่มีการเติม soluble starch ความเข้มข้น 1% เพื่อให้เป็นแหล่งคาร์บอน เมื่อเทสารละลายไอโอดีนลงไปจะเกิดบริเวณใส ซึ่งเกิดจากการที่เชื้อสร้าง extracellular amylolytic enzyme มาย่อยแป้งให้กลายเป็นน้ำตาลชนิดต่าง ๆ พบว่าแบคทีเรียกรดแล็กติกที่แสดงความสามารถย่อยแป้งเพียง 3 ไอโซเลต ได้แก่ LB13.5, LB13.6 และ LB22.1 (ภาพที่ 1) โดยทั้ง 3 ไอโซเลตแยกได้จากมันสำปะหลังหมักสำหรับเป็นอาหารวัว ซึ่งมันสำปะหลังเป็นแหล่งแป้งที่สามารถชักนำให้แบคทีเรียกรดแล็กติกสร้างเอนไซม์อะไมเลสได้ สอดคล้องกับรายงานของ Amapu et al. (2016) ที่กล่าวว่าแม้ว่าจะมีการแยกแบคทีเรียกรดแล็กติกมาจากตัวอย่างหลายแหล่ง แต่พบว่าแหล่งแป้งในตัวอย่างจะเป็นสารตั้งต้นชักนำให้สร้างเอนไซม์อะไมเลสแตกต่างกันได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้พบว่ามันสำปะหลังเป็นแหล่งแป้งที่มีศักยภาพที่ดีที่สุดในการชักนำให้แบคทีเรียกรดแล็กติกมีการสร้างเอนไซม์อะไมเลส



ภาพที่ 1 ความสามารถย่อยแป้งของแบคทีเรียกรดแล็กติกไอโซเลต LB13.5(ก) LB13.6 (ข) และ LB22.1 (ค) บนอาหาร MRS starch agar

3. การศึกษาการผลิตกรดแล็กติกโดยใช้แป้งเป็นวัตถุดิบ

จากการนำแบคทีเรียกรดแล็กติก LB13.5, LB13.6 และ LB22.1 ไปเพาะเลี้ยงในอาหาร MRS starch broth ที่มี soluble starch เป็นแหล่งคาร์บอน พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของ MRS starch broth ลดลงและตรวจพบปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแล็กติกหลังการเพาะเลี้ยง 48 ชั่วโมง แสดงถึงความสามารถของแบคทีเรียกรดแล็กติกในการเกิดกระบวนการหมักย่อย สามารถเปลี่ยนแป้งให้กลายเป็นกรดแล็กติก โดยเมื่อแบคทีเรียกรดแล็กติก LB13.5 เจริญใน MRS broth มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด คือ 4.39 และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแล็กติกเท่ากับ 0.97% แสดงดังตารางที่ 1 ส่วนไอโซเลต LB13.6 และ LB22.1 มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงและมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแล็กติกต่ำ แสดงถึงความสามารถในการเกิดกระบวนการหมักต่ำ

ตารางที่ 1 ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแล็กติกใน MRS starch broth ของแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้ง

แบคทีเรียกรดแล็กติก	pH	ปริมาณกรดทั้งหมด (%)
LB13.5	4.39±0.02*	0.97±0.02
LB13.6	6.01±0.03	0.27±0.06
LB22.1	5.07±0.07	0.45±0.05

* ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. การทดสอบความสามารถหมักกรดแล็กติกโดยใช้วัตถุดิบแป้งประเภทต่าง ๆ เป็นแหล่งคาร์บอน

จากการนำแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งไอโซเลต LB 13.5 มาเพาะเลี้ยงในอาหาร MRS broth ที่เติมแป้งชนิดต่าง ๆ ได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง เมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บด และมันสำปะหลัง เปรียบเทียบกับน้ำตาลกลูโคส พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแล็กติกใน MRS broth ที่เติมแป้งทุกชนิดมีปริมาณต่ำกว่า MRS broth ที่เติมกลูโคส แสดงดังตารางที่ 2 โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของ MRS broth ที่เติมแป้งทั้ง 4 ชนิดมีค่าในช่วง 4.33-4.44 ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกันในช่วง 0.90-1.08% แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งไอโซเลต LB13.5 สามารถใช้แป้งที่นำมาทดสอบทั้งหมดเป็นแหล่งคาร์บอนในการผลิตกรดแล็กติกได้ เช่นเดียวกับการทดลองของ Pikul-ngoen (2010) ได้นำ *Streptococcus* SUT513 มาทำการหมักใน MRS broth ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.05 และมีปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 0.56% ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการหมักกรดแล็กติกของแบคทีเรีย

ตารางที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดทั้งหมดจากการหมักของแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งไอโซเลต LB13.5 ใน MRS broth ที่เติมแหล่งคาร์บอนชนิดต่าง ๆ

แหล่งคาร์บอน	pH	ปริมาณกรดทั้งหมด (%)
กลูโคส	4.16±0.02*	2.68±0.04
แป้งมันสำปะหลัง	4.33±0.05	0.99±0.03
แป้งข้าวโพด	4.44±0.09	0.94±0.06
มันสำปะหลัง	4.34±0.07	1.08±0.03
เมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	4.43±0.03	0.90±0.02

* ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5. การจำแนกแบคทีเรียกรดแล็กติก

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา และลักษณะทางกายภาพของแบคทีเรียกรดแล็กติกไอโซเลต LB13.5 ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 37 °C แต่ไม่เจริญที่ 10 และ 45 °C ไม่สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการหมักกลูโคส จึงจัดอยู่ในกลุ่มโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ เจริญในอาหารที่มีความเป็นกรด-ด่าง 4.5 แต่ไม่เจริญที่ 9.6 และเจริญในสภาวะที่มีเกลือ NaCl ต่ำที่สุดเท่ากับ 4% จากลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะทางกายภาพบางประการของแบคทีเรียกรดแล็กติกไอโซเลต LB13.5 ได้แก่ รูปร่างท่อน ติดสีแกรมบวก ปฏิกิริยาคะตะเลสเป็นลบ ซึ่งสามารถจัดจำแนกอยู่ในจีนัส *Lactobacillus* และ *Carnobacterium* ได้ ซึ่ง *Carnobacterium* เจริญได้ที่ 10 °C ได้ ในขณะที่ไอโซเลต LB13.5 สามารถเจริญที่อุณหภูมิ 37 °C แต่ไม่เจริญที่ 10 และ 45 °C และมีความสามารถในการผลิตกรดในอาหารเลี้ยงเชื้อนั้น ดังนั้นเมื่อจัดจำแนกแบคทีเรียกรดแล็กติกโดยอ้างอิงการจัดจำแนกของ Axelsson (2004) สามารถจัดจำแนกไอโซเลต LB13.5 ในระดับจีนัส คือ *Lactobacillus*

ตารางที่ 3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ลักษณะทางกายภาพและเคมีของแบคทีเรียกรดแล็กติกไอโซเลต LB13.5

คุณลักษณะ	LB13.5
การติดสีแกรม	บวก
รูปร่าง	รูปท่อน
การสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	-
การเจริญที่ 10 °C	-
การเจริญที่ 45 °C	-
การเจริญที่ NaCl 4%	+
การเจริญที่ NaCl 6.5%	-
การเจริญที่ NaCl 10%	-
การเจริญที่ NaCl 18%	-
การเจริญที่ pH 4.5	+
การเจริญที่ pH 9.6	-

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่มีการเจริญ
+ หมายถึง มีการเจริญ

จากการนำแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้ง *Lactobacillus* sp. LB 13.5 ไปทดสอบความสามารถในการหมักย่อยคาร์โบไฮเดรต 49 ชนิด (ตารางที่ 4) พบว่าเชื้อสามารถหมักย่อยคาร์โบไฮเดรตได้ 24 ชนิด เช่น L-arabinose, ribose, galactose, mannose, cellubiose, lactose, maltose, sucrose และ inulin เป็นต้น เชื้อให้ผลการทดสอบการหมักย่อยคาร์โบไฮเดรตไม่ชัดเจนหรือให้ผลบวกแบบอ่อน (weakly positive) 3 ชนิด ได้แก่ glycerol, rhamnose และ gluconate และเชื้อไม่สามารถหมักย่อยคาร์โบไฮเดรต 22 ชนิด

เมื่อนำข้อมูลการหมักย่อยคาร์โบไฮเดรตชนิดต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม apiweb™ identification software และพิจารณาจากรูปร่างเซลล์ พบว่าแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้ง *Lactobacillus* sp. LB 13.5 คือ *Lactobacillus plantarum* ที่เปอร์เซ็นต์ความเหมือน 99.9%

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการหมักคาร์โบไฮเดรตโดยชุดทดสอบ API 50 CHLของ *Lactobacillus* sp. LB13.5

คาร์โบไฮเดรต	ผลการทดสอบ	คาร์โบไฮเดรต	ผลการทดสอบ
Glycerol	?	Salicin	+
Erythritol	-	Cellubiose	+
D-Arabinose	-	Maltose	+
L-Arabinose	+	Lactose	+
Ribose	+	Melibiose	+
D-Xylose	-	Sucrose	+
L-Xylose	-	Trehalose	+
Adonitol	-	Inulin	+
β-methyl-D-xyloside	-	Melezitose	+

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการหมักคาร์โบไฮเดรตโดยชุดทดสอบ API 50 CHLของ *Lactobacillus* sp. LB13.5

คาร์โบไฮเดรต	ผลการทดสอบ	คาร์โบไฮเดรต	ผลการทดสอบ
Galactose	+	Raffinose	-
Glucose	+	Amidon	-
Fructose	+	Glycogen	-
Mannose	+	Xylitol	-
Sorbose	-	Gentiobiose	+
Rhamnose	?	D-Turanose	+
Dulcitol	-	D-Lyxose	-
Inositol	-	D-Tagalose	-
Mannitol	+	D-Fucose	-
Sorbitol	+	L-Fucose	-
α-Methyl-D-Mannoside	+	D-Arabitol	-
α-Methyl-D-Glucoside	-	L-Arabitol	-
N-Acetyl-Glucosamine	+	Gluconate	?
Amygdalin	+	2-keto-gluconate	-
Arbutin	+	5-keto-gluconate	-
Esculin	+		

หมายเหตุ + ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนได้ - ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนไม่ได้
? ผลการทดสอบไม่ชัดเจน (ผลบวกแบบอ่อน)

L. plantarum เป็นแบคทีเรียกรดแล็กติกที่พบได้โดยทั่วไปในสิ่งแวดล้อมที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง และนิยมนำมาใช้ในกระบวนการหมักในระดับอุตสาหกรรมที่หลากหลายเนื่องจากได้รับการยอมรับเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความปลอดภัย (Belicová et al., 2013) ซึ่ง *L. plantarum* LB13.5 ที่คัดเลือกได้ในงานวิจัยนี้แยกได้จากมันสำปะหลังหมักสำหรับผลิตเป็นอาหารวัว โดยมีรายงานการแยกแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้ง *L. plantarum* S7 จากน้ำทิ้งกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง (Onilude et al., 2017) *L. plantarum* A.S1.2 แยกจากข้าว บาร์เล่ย์ (Hattingh et al., 2015) *L. plantarum* A6 แยกจากธัญพืชหมักของประเทศแอฟริกา ซึ่งการย่อยสลายแป้งของ *L. plantarum* เป็นผลจากการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสที่ย่อยอะมิโลสและอะมิโลเพกทินให้กลายเป็นน้ำตาลมอลโตส รวมทั้งสามารถเปลี่ยนน้ำตาลให้กลายเป็นกรดแล็กติกในกระบวนการหมักได้

สรุปผลการวิจัย

การแยกแบคทีเรียกรดแล็กติกจากตัวอย่างวัตถุดิบจำพวกแป้ง ได้แก่ ลูกแป้งข้าวหมาก ลูกแป้งสาโท ปลาส้ม ปลาส้มฟัก ไส้กรอกอีสาน ขนมจีน น้ำทิ้งจากการหมักขนมจีน มูลวัว มันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลัง โดยใช้อาหาร MRS agar ที่เติมแคลเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 1% สามารถแยกแบคทีเรียกรดแล็กติกได้จำนวน 55 ไอโซเลต จากนั้นนำมาทดสอบความสามารถในการย่อยแป้งบนอาหาร MRS-starch agar

พบว่ามีแบคทีเรียกรดแล็กติกที่สามารถย่อยแป้ง 3 ไอโซเลต ได้แก่ LB13.5, LB13.6 และ LB22.1 นำแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้งทั้ง 3 ไอโซเลตไปทดสอบความสามารถในการหมักในอาหาร MRS-starch broth พบว่าไอโซเลต LB13.5 ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของ MRS broth ลดลงต่ำสุดเท่ากับ 4.39 และสามารถผลิตกรดแล็กติกได้สูงสุด 0.97% นอกจากนี้ *Lactobacillus* sp. LB 13.5 มีความสามารถในการใช้แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด เม็ดข้าวโพดแข็ง และมันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์บอนในการผลิตกรดแล็กติกได้ เมื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพบางประการ และคุณสมบัติทางเคมีด้วยชุดทดสอบสำเร็จรูป API 50 CHL พบว่าแบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้ง LB13.5 คือ *Lactobacillus plantarum*

แบคทีเรียกรดแล็กติกย่อยแป้ง *L. plantarum* LB13.5 ที่คัดเลือกได้ สามารถนำไปใช้ในกระบวนการหมักกรดแล็กติกที่ใช้วัตถุดิบประเภทแป้งโดยตรง โดยไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการ pre-treatment แป้งให้กลายเป็นน้ำตาลก่อน ทั้งนี้จะสามารถช่วยลดต้นทุนด้านวัตถุดิบในอุตสาหกรรมกรดแล็กติกได้ รวมทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้วัตถุดิบประเภทแป้งจากเกษตรกรรมที่มีมากในประเทศไทยและมีราคาถูก

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

เอกสารอ้างอิง

สุขใจ ชูจันทร์. (2554). **การผลิตกรดอินทรีย์จากวัสดุเหลือใช้มวลชีวภาพ.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Amapu, T.Y., Ameh, J.B., Ado, S.A., Abdullahi, I.O., and Dapiya, H.S. (2016). Amylolytic potential of lactic acid bacteria isolated from wet milled cereals, cassava flour and fruits. **British Microbiology Research Journal**. 13(2): 1-8.

AOAC. (2000). Official Method of Analysis. 17th ed., The Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia.

Axelsson, L. (2004). **Lactic acid bacteria : classification and physiology**. ***In* Salminen, S. and A. Wright. Lactic acid bacteria: microbiology and functional espects:** third edition, revised and expanded. Marcel Dekker, Inc., New York.

Bayitse, R. (2015). Lactic acid production from biomass: prospect for bioresidue utilization in Ghana: technological review. **International Journal of Applied Science and Technology**. 5(1): 164-174.

Belicová, A., Mikulášová, M., and Dušinský, R. (2013). Probiotic potential and safety properties of *Lactobacillus plantarum* from Slovak Bryndza cheese. **BioMed Research International**. 2013: 1-8. http://dx.doi.org/10.1155/2013/760298.

Hattingh, M., Alexander, A., Meijering, I., Van Reenen, C.A., and Dicks, L.M.T. (2015). Amylolytic strains of *Lactobacillus plantarum* isolated from barley. **African journal of biotechnology.** 14(4): 310-318.

Hwanhlem, N., Buradaleng, S., Wattanachant, S., Benjakul, S., Tani, A., and Maneerat, S. (2011). Isolation and screening of lactic acid bacteria from Thai traditional fermented fish (Plasom) and production of Plasom from selected strains. **Food Control**. 22: 401-407.

Moon, S., Wee, Y., and Choi, G. (2012). A novel lactic acid bacterium for the production of high purity L-lactic acid, *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* CHB2121. **Journal of Bioscience and Bioengineering.** 114(2): 155-159.

Narayanan, N., Roychoudhury, P.K., and Srivastava, A. (2004). L (+) lactic acid fermentation and its product polymerization. **Electronic Journal of Biotechnology**. 7(2): 167-169.

Nawaz, F., Mehmood, S., Ghazanfar, S., Tahir, S.S., Rauf, N., and Imran, M. (2016). Isolation, characterization and application of indigenous lactic acid bacteria in milk fermentation. **International Journal of Biosciences**. 9(6): 415-430.

Onilude, A.A., Ayinla, G.S., and Eluehike, C. (2017). Properties of alpha-amylase of *Lactobacillus plantarum* isolated from cassava waste samples. **Biotechnology Journal International.** 19(1): 1-14.

Pikul-ngoen, Y. (2010). **Potential of lactic acid bacteria for L-lactic acid production from tapioca starch**. (Master’s thesis). Retrieved from Science in Microbiology. Suranaree University of Technology.

Putri, W.D.R., Haryadi, D.W., Marseno, M.N., and Cahyanto, M.N. (2011). Effect of biodegradation by lactic acid bacteria on physical properties of cassava starch. **International Food Research Journal**. 18(3): 1149-1154.

Reddy, G., Altaf, M. D., Naveena, B.J., Venkateshwar, M., and Vijay Kumar, E. (2008). Amylolytic bacterial lactic acid fermentation - a review. **Biotechnology Advance**. 26: 22–34.

Rojan, P.J., Nampoothir, M. K., and Pandey, A. (2007). Fermentative production of lactic acid from biomass: an overview on process developments and future perspectives. **Applied Microbiology and Biotechnology.** 74: 524–534.

Tanasupawat, S. (2009). Thai lactic acid bacteria: diversity and applications**.** **Srinakharinwirot Science Journal.** 25(1): 1-13.

Wang, L., Zhao, B., Liu, B., Yang, C., Yu, B., Li, Q., Ma, C., Xu, P., and Ma, Y. (2010). Efficient production of L-lactic acid from cassava powder by *Lactobacillus rhamnosus*. **Bioresource Technology.** 101: 7895–7901.

การพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจอาคารและทดสอบประสิทธิภาพ

พัชรินทร์ อินทมาส[1*] เปมิกา แซ่เตียว[2] กวินทิพย์ พรหมเมือง[3] วิทยา วงษ์กลาง[4] นครินทร์ กุญชรินทร์[5]

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อการพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจอาคารและทดสอบประสิทธิภาพ ผลการวิจัย พบว่า 1) ผลการพัฒนาการหุ่นยนต์สำรวจ โดยมีการควบคุมการทำงานโดยใช้ ไมโครคอนโทลเลอร์ (Microcontroller) ของอาดูยโน่ (Arduino) พัฒนาโมบายล์แอพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพหุ่นยนต์สำรวจอาคารเชิงปริมาณมีอัตราการเคลื่อนไหว เฉลี่ย 24.59 เมตร/นาที โดยมีอัตราการเคลื่อนไหวถอยหลังมากที่สุด ประสิทธิภาพการรับรู้อัตราความเร็วในการเคลื่อนที่เฉลี่ย 39.78 เมตร/นาที มีความสามารถในการเคลื่อนที่ทางตรงบนพื้นผิวราบมากที่สุด และประสิทธิภาพการประมวลผลระยะเวลารับภาพ เฉลี่ย 8.11 นาที โดยระยะทาง 0-10 เมตร มีระยะเวลาการรับภาพดีที่สุด ซึ่งมีประสิทธิภาพประมวลผลการรับภาพในระยะทางไม่เกิน 50 เมตร 3) ผลการศึกษาประสิทธิภาพเชิงคุณภาพการใช้งานของหุ่นยนต์สำรวจอาคาร พบว่า มีประสิทธิภาพเชิงคุณภาพการใช้งานอยู่ในระดับมาก โดยมีประสิทธิภาพตอบสนองการใช้งานได้จริงมากที่สุด

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพ การพัฒนาหุ่นยนต์ หุ่นยนต์สำรวจอาคาร

---

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช e-mail: Intamas.patcharin@gmail.com

[2] สาขาวิชาเอกเทคโนโลยีอุตสาหการและการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช e-mail: paemika_sae@nstru.ac.th

[3] นักวิจัยอิสระ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร e-mail: Kawintip_2523@hotmail.com

[4] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช e-mail: wittaya_won@nstru.ac.th

[5] นักศึกษา สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช e-mail: nakarin_zaza_1994@hotmail.com

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: Intamas.patcharin@gmail.com*

DEVELOPMENT OF ROBOT EXPLORATORY AND PERFORMACE TEST

I. Patcharin[1*] S. Paemika[2] P. Kawintip[3] W. Wittaya[4] K. Nakarin[5]

Abstract

This research is aimed at developing robots, building surveys and performance tests. The research found that 1) Results of exploration robot development It is controlled by the use microcontroller of arduino. Develop mobile application on Android operating system. 2) The quantitative test efficiency of exploratory robot survey robot movement rate 24.59 m / min and rate of movement backwards most. By speed performance in movement rate 39.78 m / min and rate of movement directly on flat surfaces most. Processing efficiency average processing time (min) 8.11 min. The distance between 0-10 meters has the best picture. It can process images up to 50 meters. 3) The quality test efficiency of exploratory robot on the use of the survey robot were found have a high level of performance feedback because the efficiency is the most practical.

Keywords: Efficiency, Development of Robot, Survey Robot

[1] *Department of Engineering Electronics and Telecommunications, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat Province, e-mail: Intamas.patcharin@gmail.com*

[2] *Department of Industrial Production Technology, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat Province, e-mail: paemika_sae@nstru.ac.th*

[3] *Independent researchers, Khampangphet Province, e-mail: Kawintip_2523@hotmail.com*

[4] *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat Province, e-mail:* wittaya_won@nstru.ac.th

[5] *Student of Industrial Electronics and Telecommunications Technology Program, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat province*
e-mail: nakarin_zaza_1994@hotmail.com

** Corresponding author, e-mail: Intamas.patcharin@gmail.com*

บทนำ

ปัจจุบันหุ่นยนต์ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะงานด้านอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้มีการนำหุ่นยนต์มาใช้งานในหลายรูปแบบแตกต่างกันออกไป ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์สำรวจอาคารขนาดเล็ก ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทลเลอร์ (Microcontroller) ของอาดูยโน่ (Arduino) และมีการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อใช้ควบคุมหุ่นยนต์ในรูปแบบของโมบายล์แอพพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android Operating Systems) ผ่านเครื่องมือแอนดรอยด์เอสดีเค (Android SDK) ให้ผลการควบคุมหุ่นยนต์สำรวจอาคารมีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากที่สุด ด้วยการควบคุมแบบไร้สาย (Bluetooth) ซึ่งจะสำรวจอาคารโดยการส่งสัญญาณภาพผ่านบลูทูธของสมาร์ทโฟน การส่งตำแหน่งทิศทาง สามารถประมวลผลระยะเวลาการรับภาพด้วยกล้องอินฟราเรดเซนเซอร์ ตรวจวัดระยะทางเมื่อหุ่นยนต์วิ่งไปบนพื้นที่ที่ต้องการ จะทำการส่งข้อมูลกลับมาที่สมาร์ทโฟนและแทปเล็ต หุ่นยนต์วิ่งผ่านโดยส่งข้อมูลผ่านไวไฟโมดูล (UART to WIFI Module)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

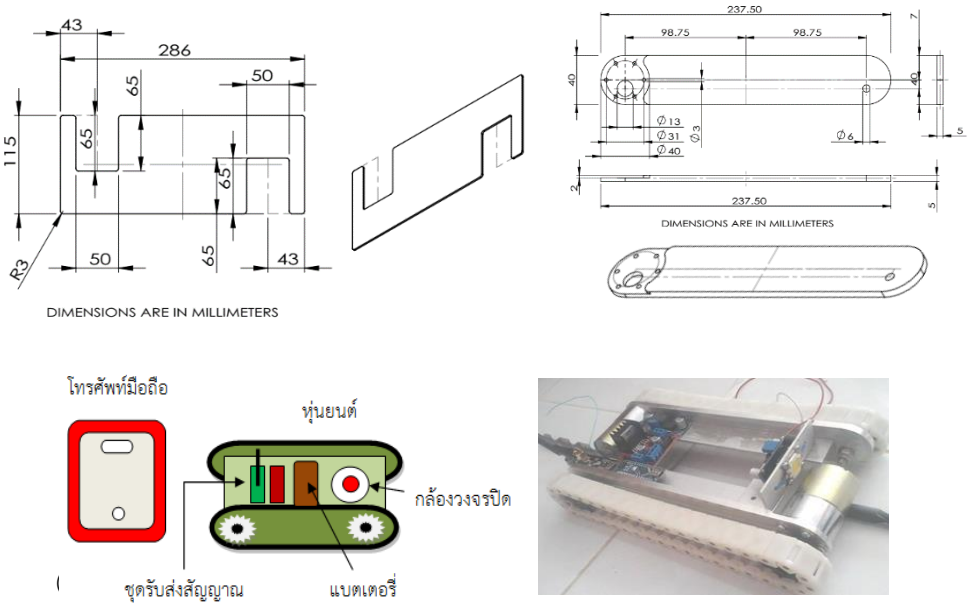
1. เพื่อออกแบบและสร้างหุ่นยนต์สำรวจอาคาร
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเชิงปริมาณของหุ่นยนต์สำรวจอาคาร
3. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเชิงคุณภาพของหุ่นยนต์สำรวจอาคาร

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจอาคาร ได้แก่ ตามแนวทาง บุญธรรม ภัทราจารุกุล (2556) ได้แก่ การศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้าง การออกแบบและสร้างโครงสร้างทางกลศาสตร์ โครงสร้างทางอิเล็กทรอนิกส์ โครงสร้างทางการควบคุม ซึ่งสรุปรายละเอียด ดังนี้

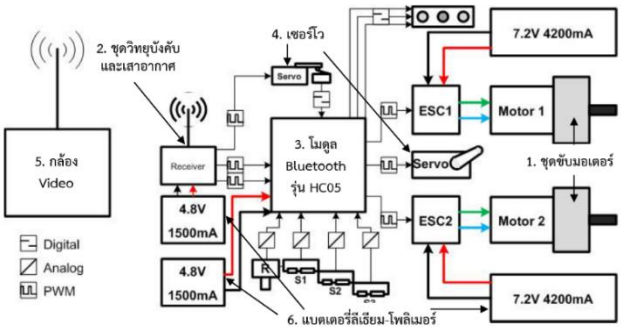
1.1 ศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างหุ่นยนต์สำรวจอาคาร โดยใช้บอร์ดรุ่นต่าง ๆ ของ Arduino ได้แก่ คุณสมบัติ ข้อดี การใช้งานร่วมกับบอร์ดเสริม แล้วกำหนดบอร์ด Arduino ที่ใช้ในงานวิจัย คือ บอร์ดควบคุม, บอร์ดขับ มอเตอร์, ไวไฟโมดูล (UART to Wi-Fi Module) และกล้องอินฟราเรดเซนเซอร์ (Infrared Sensor) นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์จำพวกเซ็นเซอร์ เช่น สวิตซ์แม่เหล็ก (Reed Switch) และอินฟาเรดเซ็นเซอร์ (Infrared Sensor) มาร่วมด้วย

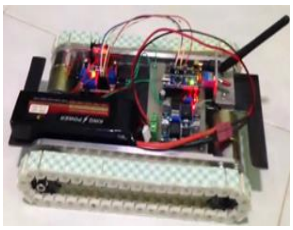
1.2 การออกแบบและสร้างโครงสร้างทางกลศาสตร์ของตัวหุ่นยนต์ ซึ่งใช้อลูมิเนียมผสมแมงกานีส ความหนา 0.2 มิลลิเมตร และแผ่นอะคริลิค ความหนา 0.5 มิลลิเมตร ตัวหุ่นยนต์มีความยาว 19 เซนติเมตร ความกว้าง 13 เซนติเมตร และน้ำหนัก 4.80 กิโลกรัม ใช้การขับเคลื่อนด้วยล้อชนิดสายพานตีนตะขาบ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 (ก) การออกแบบโครงสร้างฐานหุ่นยนต์ (ข) การออกแบบโครงสร้างล้อชนิดสายพานตีนตะขาบของหุ่นยนต์ และ (ค) การประกอบโครงสร้างทางกลศาสตร์ของหุ่นยนต์สำรวจอาคาร

1.3 การออกแบบและสร้างโครงสร้างทางอิเล็กทรอนิกส์ ออกแบบโครงสร้างทางอิเล็กทรอนิกส์ด้วยชุดขับมอเตอร์แบตเตอรี่ลีเธียม-โพลิเมอร์ และมอร์เตอร์เกียร์ เพื่อควบคุม ทั้ง ทิศทาง และ ความเร็วของหุ่นยนต์สำรวจ มีอุปกรณ์ที่สำคัญ ได้แก่ 1) ชุดขับมอเตอร์ (Driver Motor) L298N Dual H-Bridge Motor Controller 2) วิทยุบังคับพร้อม เสาอากาศ NRF24L01+PA+LNA Module 3) โมดูล Bluetooth รุ่น HC05 4) เซอร์โวมอเตอร์ 5) กล้อง Video และ 6) แบตเตอรี่ลีเธียมโพลิเมอร์ ซึ่งมีขั้นตอนทำงาน เริ่มจากแบตเตอรี่ลีเธียม-โพลิเมอร์เป็นอุปกรณ์ที่กำเนิดพลังงานไฟฟ้าอ่านข้อมูลส่งสัญญาณควบคุมการทำงาน ผ่านโมดูล Bluetooth รุ่น HC05 ไปยังชุดขับมอเตอร์ (Driver Motor) L298N Dual H-Bridge Motor Controller ของไมโครคอนโทรเลอร์ โดยมี DC Motor รับสัญญาณการคุมรอบความเร็วที่ส่งมาจากเซอร์โวมอเตอร์โดยมีวิทยุบังคับพร้อมเสาอากาศ NRF24L01+PA+LNA Module ขยายสัญญาณส่งสามารถทำให้กล้อง Video ทำหน้าที่รับ-ส่งสัญญาณในตัวและแสดงภาพได้ในพื้นที่เสี่ยงภัยได้จริง จากนั้นสร้างโครงสร้างทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้พลังงานไฟฟ้าขับเคลื่อนหลักให้หุ่นยนต์ โดยประกอบชุดขับมอเตอร์ L298N Dual H-Bridge Motor Controller แบตเตอรี่ลีเธียม-โพลิเมอร์ และมอเตอร์เกียร์ มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นชุดเฟืองขับ มอเตอร์เกียร์หรือว่ามอเตอร์บ็อก สเต็ปเปอร์มอเตอร์ และเซอร์โวมอเตอร์ เข้าด้วยกันตามภาพที่ 2

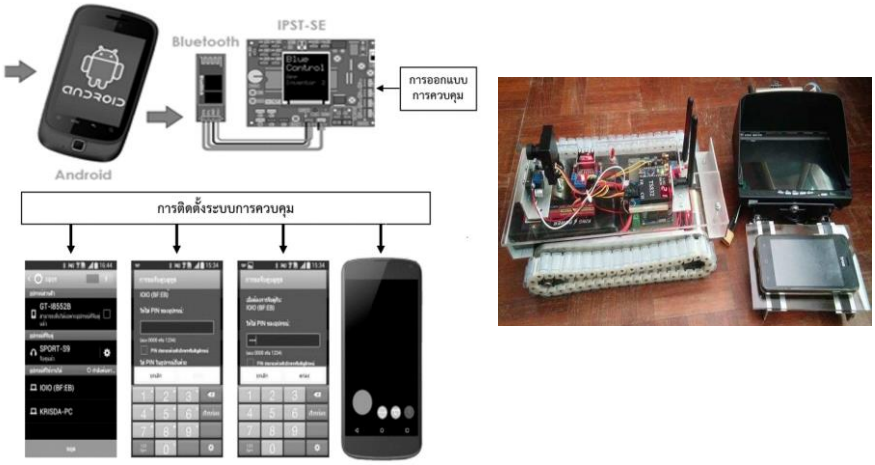




การสร้างโครงสร้างทางอิเล็กทรอนิกส์
ของหุ่นยนต์สำรวจอาคาร

ภาพที่ 2 การออกแบบและสร้างโครงสร้างทางอิเล็กทรอนิกส์ของหุ่นยนต์สำรวจอาคาร

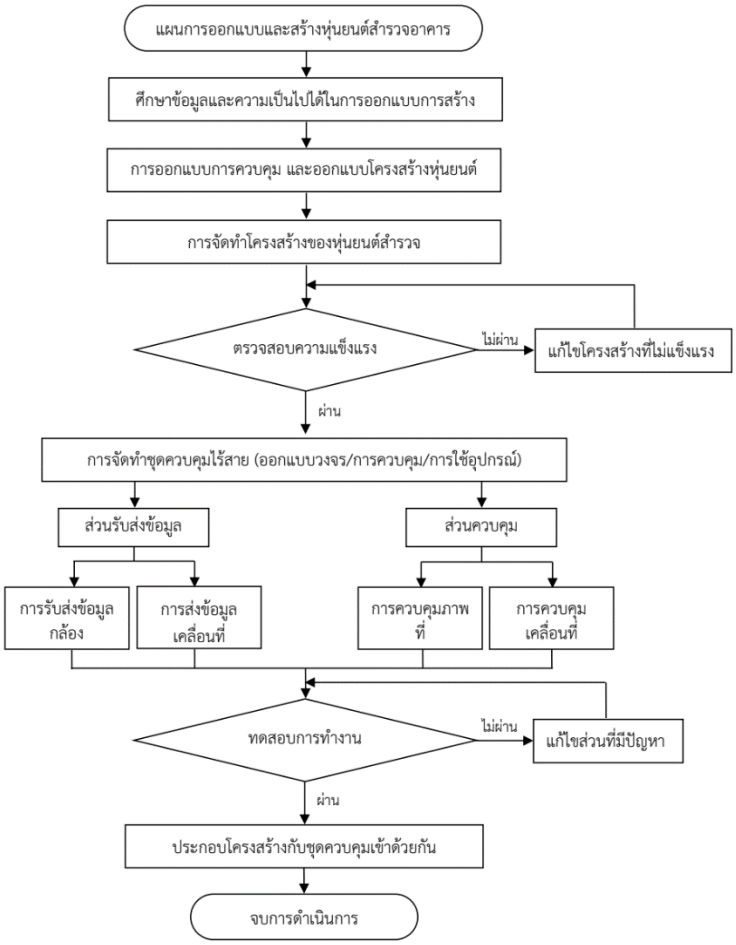
1.4 การออกแบบและสร้างโครงสร้างการควบคุมระบบหุ่นยนต์สำรวจอาคาร ออกแบบการควบคุม ผ่านโทรศัพท์มือถือทั้งหมด ดำเนินการสร้าง โดยติดตั้งกล้องวงจรปิดที่ตัวหุ่นยนต์ไปด้วยควบคุมการทำงาน ผ่านโทรศัพท์มือถือ โดยใช้โมดูล Bluetooth มาเป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อการคอนโทรลผ่านโทรศัพท์มือถือ โดยใช้อุปกรณ์โมดูล Bluetooth รุ่น HC05 พร้อมเสาอากาศ NRF24L01+PA+LNA Module เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อการควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์สำรวจอาคารผ่านโทรศัพท์มือถือ โดยกำหนดสถานการณ์ควบคุมการเคลื่อนที่หุ่นยนต์ ดังนี้ 1) สถานการณ์ควบคุมหุ่นยนต์ else if(Data == 'j' k' l' m') คือ ควบคุมให้หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ 2) สถานการณ์ควบคุมหุ่นยนต์ if(Data == 'J') คือ ควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เดินหน้า 3) สถานการณ์ควบคุมหุ่นยนต์ if(Data == 'K') คือ ควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลัง 4) สถานการณ์ควบคุมหุ่นยนต์ else if(Data == 'L') คือ ควบคุมให้หุ่นยนต์หมุนทางซ้าย 5) สถานการณ์ควบคุมหุ่นยนต์ if(Data == 'M') คือ การควบคุมให้หุ่นยนต์หมุน ตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โครงสร้างระบบควบคุมหุ่นยนต์สำรวจอาคารผ่านโทรศัพท์มือถือ
ที่มา : กฤษดา ขันกสิกรรม และยศวัฒน์ พิลาถ้อย (2559)

2. การทดสอบประสิทธิหุ่นยนต์สำรวจภาพเชิงปริมาณ ตามแนวทางของ พิมพ์ฉัตร์ แจ่มชัดใจ และกัลยา อุดมวิทิต (2551) บุญธรรม ภัทราจารุกุล (2556) และสยาม เจริญเสียง (2558) ประกอบด้วยองค์ประกอบวิทยาการของระบบควบคุมหุ่นยนต์เชิงปริมาณที่สามารถแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนสำหรับหุ่นยนต์ ดังนี้ 1) องค์ประกอบของระบบในการควบคุมหุ่นยนต์ 2) องค์ประกอบการรับรู้ (Perception) 3) องค์ประกอบการประมวลผล ทำการทดสอบโดยจากผู้เชี่ยวชาญ 10คนและอาสมัครจำนวน 50 คน บนสนามทดสอบภายในอาคารและภายนอกอาคาร ระยะทาง 1,200 เมตร ซึ่งวิเคราะห์ค่าสถิติ โดยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)

3. การทดสอบประสิทธิหุ่นยนต์สำรวจเชิงคุณภาพ โดยสอบถามความพึงพอใจผู้เชี่ยวชาญ 10 คน และผู้ใช้งานทั่วไป 50 คน ตามแนวทางสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล (2561) ประสิทธิภาพเทคโนโลยีหลักตอบสนองความต้องการในการใช้งานเชิงคุณภาพ ดังนี้ 1) ความเร็วที่เหมาะสม 2) มีเวลาแสดงภาพเหมาะสม 3) โครงสร้างแข็งแรง 4) การตอบสนองการเคลื่อนที่ตามความต้องการ 5) มีเทคโนโลยีการควบคุมการเคลื่อนที่หุ่นยนต์แม่นยำ 6) การกำหนดฟังชันทำงานเหมาะสม 7) ระบบควบคุมโครงสร้างภายนอกมีประสิทธิภาพตอบสนองการใช้งานได้จริง ซึ่งวิเคราะห์ค่าสถิติ โดยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ซึ่งสามารถสรุปวิธีดำเนินการวิจัย เรื่อง การพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจอาคารและทดสอบประสิทธิภาพ ตามภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แผนผังการออกแบบและวิธีดำเนินการวิจัยการพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจอาคารและทดสอบประสิทธิภาพ

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจอาคาร

ผลการพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจอาคาร พบว่า 1) ผลการศึกษาการออกแบบและการสร้าง โดยใช้บอร์ดของ Arduino ประกอบด้วย บอร์ดควบคุม บอร์ดขับ มอเตอร์ ไวไฟโมดูล (UART to Wi-Fi Module) และกล้องอินฟราเรดเซนเซอร์ (Infrared Sensor) อุปกรณ์เซ็นเซอร์ 2) ผลการออกแบบและสร้างโครงสร้างทางกลศาสตร์ใช้อลูมิเนียมแบบหนาเป็นส่วนประกอบหลัก 3) ผลการออกแบบและสร้างโครงสร้างทางอิเล็กทรอนิกส์ออกแบบโครงสร้างทางอิเล็กทรอนิกส์ด้วยชุดขับมอเตอร์แบตเตอรี่ลีเธียมโพลิเมอร์ และมอร์เตอร์เกียร์ เพื่อควบคุมทั้งทิศทางและความเร็วของหุ่นยนต์สำรวจ มีอุปกรณ์ที่สำคัญ ได้แก่ ชุดขับมอเตอร์ (Driver Motor) L298N Dual H-Bridge Motor Controller วิทยุบังคับพร้อมเสาอากาศ NRF24L01+PA+LNA Module โมดูล Bluetooth รุ่น HC05 เซอร์โวมอเตอร์ กล้อง Video และแบตเตอรี่ลีเธียมโพลิเมอร์ และ 4) ผลการออกแบบและสร้างโครงสร้างการควบคุมระบบหุ่นยนต์สำรวจอาคาร โดยการควบคุมผ่านโทรศัพท์มือถือทั้งหมด โดยใช้อุปกรณ์โมดูล Bluetooth รุ่น HC05 พร้อมเสาอากาศ NRF24L01+PA+LNA Module เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อการควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์สำรวจอาคาร ผ่านโทรศัพท์มือถือ

2. การทดสอบประสิทธิภาพของหุ่นยนต์สำรวจเชิงปริมาณ ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพหุ่นยนต์เชิงปริมาณ (ในสนามทดสอบระยะทาง 1,200 เมตร)

การทดสอบ (เมตร/นาที)	ภายในอาคาร				ภายนอกอาคาร				เฉลี่ย
	Min	Max	$\bar{X}$	S.D.	Min	Max	$\bar{X}$	S.D.	($\bar{X}$)
1. การตรวจสอบทิศทางการเคลื่อนไหว									
1.1 เดินหน้า	23.35	25.95	24.88	0.94	23.44	26.95	25.40	1.20	25.14
1.2 ถอยหลัง	22.23	25.55	24.50	1.15	24.35	27.65	25.99	1.11	25.25
1.3 หมุนซ้าย	23.23	24.67	24.07	0.48	22.53	25.87	24.64	0.98	24.36
1.4 หมุนขวา	21.69	23.55	22.79	0.71	22.33	25.59	24.39	1.07	23.59
รวม	22.63	24.93	24.06	0.82	23.16	26.52	25.11	1.09	24.59
2. การทดสอบประสิทธิภาพการประมวลผลระยะเวลาการรับภาพ									
2.1 ระยะ 0-10 เมตร	9.00	12.53	11.23	1.21	10.02	13.31	11.91	1.34	11.57
2.2 ระยะ 11-20 เมตร	8.20	10.12	9.27	0.58	9.18	12.10	10.83	0.94	10.05
2.3 ระยะ 21-30 เมตร	6.20	8.30	7.47	0.68	8.20	10.30	9.20	0.69	8.34
2.4 ระยะ 31-40 เมตร	4.20	6.45	5.34	0.80	6.20	8.45	7.17	0.74	6.26
2.5 ระยะ 41-50 เมตร	2.23	4.43	3.35	0.78	4.23	6.43	5.37	0.81	4.36
2.6 ระยะ 50 เมตร ขึ้นไป	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รวม	5.97	8.37	7.33	0.81	7.57	10.12	8.90	0.90	8.11
3. การทดสอบประสิทธิภาพการรับรู้อัตราความเร็วในการเคลื่อนที่									
3.1 พื้นที่ผิวราบ	46.70	51.44	49.75	1.58	48.78	53.34	50.97	1.76	50.36
3.2 พื้นที่ผิวขรุขระ	29.66	38.87	32.23	2.79	32.31	40.85	37.96	2.46	35.10
3.3 พื้นที่ผิวลาดชัน	44.38	47.22	46.12	0.96	46.28	49.22	47.52	1.07	46.82
3.4 พื้นที่ผิวต่างระดับ	24.44	27.23	25.52	0.88	26.44	29.66	28.14	1.15	26.83
รวม	36.30	41.19	38.40	1.55	38.45	43.27	41.15	1.61	39.78

จากตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงปริมาณ พบว่าประสิทธิภาพทิศทางการเคลื่อนที่ (นาที) ในภาพรวมเฉลี่ย ($\bar{x}$ = 24.59) เมตร/นาที โดยมีอัตราการเคลื่อนไหว (เมตร/นาที) ถอยหลังมากที่สุด ($\bar{x}$ = 25.25) รองลงมา คือ เดินหน้า ($\bar{x}$ = 25.14) และหมุนซ้าย ($\bar{x}$ = 24.36) ตามลำดับ ประสิทธิภาพการประมวลผลระยะเวลาการรับภาพ (นาที) ในภาพรวม ($\bar{x}$ = 8.11) โดยระยะทาง 0-10 ($\bar{x}$ = 11.57) เมตร มีประสิทธิภาพการประมวลผลระยะเวลาการรับภาพ (นาที) มากที่สุด รองลงมา คือ ระยะ 11-20 เมตร ($\bar{x}$ = 10.05) และระยะ 21-30 เมตร ($\bar{x}$ = 8.34) ตามลำดับ ประสิทธิภาพการรับรู้อัตราความเร็วในการเคลื่อนที่ (เมตร/นาที) ในภาพรวม ($\bar{x}$ = 39.78) โดยมีอัตราการเคลื่อนที่ (เมตร/นาที) บนผิวราบมากที่สุด ($\bar{x}$ = 50.36) รองลงมา คือพื้นที่ผิวลาดชัน ($\bar{x}$ = 46.82) และพื้นที่ผิวขรุขระ ($\bar{x}$ = 35.10) ตามลำดับ

3. การทดสอบประสิทธิภาพของหุ่นยนต์สำรวจเชิงคุณภาพ ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพเชิงคุณภาพการใช้งาน

คุณภาพการใช้งาน	ระดับความคิดเห็นประสิทธิภาพเชิงคุณภาพการใช้งาน								
	ผู้เชี่ยวชาญ			ผู้ใช้งาน			รวม		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. มีความเร็วที่เหมาะสม	3.00	1.41	ปานกลาง	4.16	0.67	มาก	4.16	0.64	มาก
2. มีเวลาแสดงภาพเหมาะสม	4.20	0.40	มาก	4.13	0.58	มาก	4.12	0.55	มาก
3. มีโครงสร้างแข็งแรง	3.80	0.40	มาก	4.02	0.71	มาก	4.08	0.72	มาก
4. การตอบสนองการเคลื่อนที่ได้ตามความต้องการ	4.60	0.49	มากที่สุด	3.91	0.59	มาก	3.96	0.60	มาก
5. มีเทคโนโลยีการควบคุมการเคลื่อนหุ่นยนต์ที่แม่นยำ	4.40	0.49	มาก	4.18	0.57	มาก	4.24	0.59	มาก
6. การกำหนดฟังก์ชันทำงานเหมาะสม	4.80	0.40	มากที่สุด	4.07	0.49	มาก	4.08	0.48	มาก
7. ระบบควบคุมโครงสร้างภายนอกมีประสิทธิภาพตอบสนองการใช้งานได้จริง	4.20	0.40	มาก	4.33	0.60	มาก	4.38	0.60	มาก
เฉลี่ยรวม	4.17	0.51	มาก	4.11	0.60	มาก	4.15	0.60	มาก

จากตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของหุ่นยนต์สำรวจเชิงคุณภาพ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานทั่วไป มีความพึงพอใจประสิทธิภาพเชิงคุณภาพการใช้งานหุ่นยนต์สำรวจในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.15) โดยมีความพึงพอใจระบบควบคุมโครงสร้างภายนอกมีประสิทธิภาพตอบสนองการใช้งานได้จริงมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.38) รองลงมา คือ มีเทคโนโลยีการควบคุมการเคลื่อนหุ่นยนต์ที่แม่นยำ ($\bar{x}$ = 4.24) และมีความเร็วที่เหมาะสม ($\bar{x}$ = 4.16) ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. การพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจอาคาร โดยใช้บอร์ดของ Arduino ควบคุมการทำงานผ่านมือถือ บอร์ดขับมอเตอร์ ไวไฟโมดูล (UART to Wi-Fi Module) และโมดูลเข็มทิศดิจิตอล (Digital Compass Module) ใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์ เช่น สวิตช์แม่เหล็ก (Reed Switch) และอินฟราเรดเซ็นเซอร์ (Infrared Sensor) มาควบคุม

การรับรู้ของหุ่นยนต์ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของกฤษดา ขันกสิกรรม และยศวัฒน์ พิลาถ้อย (2559) ทำการพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจแบบกึ่งอัตโนมัติบนโยโยแพลทฟอร์ม ผลการทดสอบประสิทธิภาพ พบว่า การควบคุมการทำงานผ่านโมบายล์แอพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เนื่องจากกันสามารถนำไปใช้งานได้อย่างเหมาะสมเช่นเดียวกัน

2. ประสิทธิภาพหุ่นยนต์สำรวจอาคารเชิงปริมาณ มีอัตราการเคลื่อนไหว (เมตร/นาที) เฉลี่ย 24.59 นาที โดยมีอัตราการเคลื่อนไหวถอยหลังมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ วรพจน์ โรจนสโรช วันชัย นพฤทธิ์ และอิสระพงศ์ ลือวัฒนะ (2553) ได้ทำการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจแบบชีวกลหกขาผลการทดสอบประสิทธิภาพ การเคลื่อนไหว พบว่า หาความเร็วสูงสุดของหุ่นยนต์ว่ามีความเร็วสูงสุด โดยบังคับรถให้เคลื่อนที่ไปด้านหน้าตรง ๆ ในระยะ 10 เมตร และจับเวลาเคลื่อนที่หาค่าเฉลี่ย พบว่า หุ่นยนต์ มีความเร็วเฉลี่ย 0.25 - 0.50 m/s

3. ประสิทธิภาพหุ่นยนต์สำรวจอาคารเชิงคุณภาพ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญ และผู้ใช้งานมีความคิดเห็นประสิทธิภาพเชิงคุณภาพการใช้งานหุ่นยนต์สำรวจ โดยมีประสิทธิภาพตอบสนองการใช้งานได้จริง ($\bar{x}$ = 4.38) มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ศุภกฤต พริ้วไธสง (2558) ได้ทำการพัฒนาหุ่นยนต์บอกตำแหน่งด้วยอาร์เอฟไอดีเชื่อมต่อผ่านบลูทูธ ผลการทดสอบประสิทธิภาพ โดยภาพรวม พบว่า หุ่นยนต์ที่ติดตั้งระยะการอ่านแท็กที่ 50 มิลลิเมตร ใช้เวลาน้อยกว่าระยะ 40 มิลลิเมตร คือ 70.5 : 75.2 วินาที

ข้อเสนอแนะ

ในการทำวิจัยครั้งต่อไปจะทำการศึกษาและพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจอาคารด้วยการใช้อุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยีที่สูงขึ้น ขนาดเล็กลง และน้ำหนักเบา เช่น กล้องวีดีโอขนาดเล็ก เพื่อทำการบันทึกภาพขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อน และส่งเป็นวีดีโอหรือรูปภาพกลับมาแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์ และเพิ่มโมดูล GPS เพื่อใช้บอกตำแหน่งในแผนที่บน Google Map เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่เอื้อสถานที่และห้องปฏิบัติในการทำงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กฤษดา ขันกสิกรรม และยศวัฒน์ พิลาถ้อย. (2559). การพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจแบบกึ่งอัตโนมัติบนโยโยแพลทฟอร์ม. **วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์**. 8(8), มกราคม 2559-ธันวาคม 2559, หน้า 3-14.

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2557). **การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS แ ละ AMOS (ปรับปรุงใหม่ล่าสุด)**. กรุงเทพฯ: วี.อินเตอร์ พริ้นท์.

บุญธรรม ภัทราจารุกุล. (2556). **หุ่นยนต์อุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

พิมพ์ฉัตร์ แจ่มชัดใจ และกัลยา อุดมวิทิต. (2551). **ประเทศไทยกับการพัฒนาหุ่นยนต์**. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.

ศุภกฤต พลิ้วไธสง. (2558). **การพัฒนาหุ่นยนต์บอกตำแหน่งด้วยอาร์เอฟไอดีเชื่อมต่อผ่านบลูทูธ. รายงานวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล**. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล.

สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. (2561). **รายงานวิเคราะห์อุตสาหกรรมการใช้งานเทคโนโลยีระบบหุ่นยนต์ (Robotics) ในอุตสาหกรรมการผลิตในกลุ่มประเทศอาเซียน**. กรุงเทพฯ: สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล.

สยาม เจริญเสียง. (2558). สถานภาพหุ่นยนต์ในไทย. **วารสารสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีชั้นสูง**. 1(1), มีนาคม 2558, 96.

หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ วรพจน์ โรจนสโรช วันชัย นพฤทธิ์ และอิสระพงศ์ ลือวัฒน์. (2553). การออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจแบบชีวกลหกขา. **วารสารการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย**. ครั้งที่ 24, 20-22 ตุลาคม 2553, หน้า 34-40.

บทความวิจัยภาคโปสเตอร์
(Poster Presentation)
กลุ่ม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี นวัตกรรมและวิศวกรรม

การประชุมวิชาการระดับชาติ ปริญญาตรี
“วิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคม”
วันที่ 18-19 ตุลาคม 2561
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพและคุณสมบัติของกระถางจากวัสดุเกษตรร่วมกับการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน

ดุสิต จันทโยธา[1] วรัญญา อาจบุราย[2] สุชาดา สานุสันต์[3*]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของชนิดและอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นผสมกับปุ๋ยมูลไส้เดือน ต่อความคงทน การย่อยสลายของกระถาง และการเจริญเติบโตของพืชปลูก วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ที่ในสภาพโรงเรือน สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ประกอบด้วยกรรมวิธี 4 วิธี ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 (T1) คือ อัตราส่วน ขุยมะพร้าว : มูลไส้เดือน : แป้งมัน (2.5: 1:2.5) กรรมวิธีที่ 2 (T2) คือ อัตราส่วน กระดาษหนังสือพิมพ์ : มูลไส้เดือน : แป้งมัน (3.5: 1:2.5) กรรมวิธีที่ 3 (T3) คือ อัตราส่วน ก้อนเห็ดเก่า : มูลไส้เดือน : แป้งมัน (2.5: 1:2.5) และ กรรมวิธีที่ 4 (T4) คือ อัตราส่วน ปุ๋ยคอกมูลวัว: มูลไส้เดือน : แป้งมัน (2.5:1:2.5) นำต้นกล้ามะนาว ที่มีอายุ 45 วัน ปลูกลงในกระถางแต่ละชนิด ผลการทดลองพบว่า กรรมวิธี 2 กระดาษ+ปุ๋ยมูลไส้เดือน ได้กระถาง ที่มีความคงรูปได้ดี การแตกร้าวและการแตกหักน้อยที่สุด ส่วนกรรมวิธีที่ 4 ปุ๋ยคอก+มูลไส้เดือน ได้กระถางที่มีการแตกร้าวและแตกหักมากที่สุดเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 65 วันหลังจากปลูกพืช และกรรมวิธีที่ 3 ก้อนเห็ดเก่ากับมูลไส้เดือน ให้ความคงรูปค่อนค้างดี การแตกร้าวการแตกหักมีน้อย ส่วนผลของต่อพืชปลูก พบว่ากรรมวิธีที่ 4 ปุ๋ยคอก+มูลไส้เดือน ให้การเจริญเติบโตของต้นมะนาว ดีที่สุดโดยให้ความสูงที่ 34.17 เซนติเมตร เมื่อ 65 วันหลังจากการปลูก รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 1 ขุยมะพร้าว+มูลไส้เดือน กรรมวิธีที่ 3 และกรรมวิธีที่ 2 ให้ความสูงของต้นมะนาว ที่ 32.15, 31.67 และ 31.2 เซนติเมตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: พัฒนาผลิตภัณฑ์ กระถางชีวภาพ ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน

[1]โรงเรียนบ้านหนองชุมแสง ตำบลเมืองพลับพลา อำเภอห้วยแถลง จังหวัดนครราชสีมา e-mail: est01649@hotmail.co.th

[2]นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ e-mail:waranya2540.wa@hotmail.com

[3]อาจารย์สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ e-mail: sanusan@gmail.com*

**ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล์:sanusan@gmail.com*

COMPARISON OF EFFICIENCY AND PROPERTIES OF POTS FROM AGRICULTURAL MATERIALS WITH VERMICOMPOST

Dusit Janthayotha[1] Waranya Artburai[2] Suchada Sanusan[3*]

Abstract

The study on the effect of appropriate type and ratio of local waste from agricultural materials mixed with vermicompost on potted plants and the growth of plants. A completely randomized design (CRD) at *Faculty of Agricultural Technology, Buriram Rajabhat University* .The method were 6 treatments with four replications included that; (T1) coconut husk: vermicompost: flour (2.5: 1:2.5) (T2) paper: vermicompost: flour (3.5: 1:2.5) (T3) mushrooms: vermicompost: flour (2.5: 1:2.5) (T4) cattle manure: vermicompost: flour (2.5:1:2.5). Then, planted of lemongrass plant in each pot at 45 days old of seedlings. The results showed that (T2) of paper: vermicompost: flour (3.5: 1:2.5) had a good pot life in rupture and fracture are minimal. and (T4) cattle manure: vermicompost: flour (2.5:1:2.5) gave the most of containing ,rupture and fracture at 65 days after planting. And the third treatment gave a good stability, fracture of pot. The effect of the plant. The (T1) coconut husk: vermicompost: flour (2.5: 1:2.5) gave the plant highest of 34.17 cm, 65 days after planting and the treatment 1 and 3 gave the height of lemon trees at 32.15, 31.67 and 31.2 cm, respectively.

Keywords: Development, Biological Pots Products, Vermicompost

[1] *Bannong chum saeng School, Phlapphla Chai Sub-district, Huai Thalaeng District, Nakhon Ratchasima Province. e-mail: est01649@hotmail.co.th*

[2] *Undergraduate for Agriculture program, Faculty of Agricultural Technology, Buriram Rajabhat University e-mail: Waranya2540.wa@hotmail.com*

[3*] *Instructor for Agriculture program, Faculty of Agricultural Technology, Buriram Rajabhat University e-mail: sanusan@gmail.com*

** Corresponding author; e-mail: sanusan@gmail.com*

บทนำ

ปัจจุบันวัสดุที่ทำมาจากพลาสติกนั้นเป็นที่ทราบกันดีว่า ไม่ย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ส่งผลให้พลาสติกมีอายุยาวนานนับร้อยปี การใช้พลาสติกที่มากขึ้นนำมาซึ่งปัญหาหลายด้าน ทั้งปัญหาสุขภาพตลอดจนปัญหาสิ่งแวดล้อม (ศุลีพร แสงกระจ่าง และคณะ, 2556) ประกอบกับพลาสติกมีราคาถูกจึงมี การใช้งานอย่างแพร่หลายโดยมีการใช้งานทดแทนวัสดุอื่นๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ปิยณัฐ โตอ่อนและ คณะ (2558) กล่าวว่า ปัจจุบันวัสดุที่ทำมาจากพลาสติกนั้นเป็นที่ทราบกันดีว่าต้องใช้ระยะเวลาหลายสิบปีกว่าพลาสติกเหล่านี้จะย่อยสลายในการนำกลับมาใช้ใหม่ก็มีขั้นตอนที่ยุ่งยากพร้อมทั้งมีต้นทุนสูงมาก และยังเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดปัญหาภาวะโลกร้อน วิธีลดการใช้พลาสติกถือว่าเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดปัญหาโลกร้อน จากสถิติ ปี 2542 ปริมาณการใช้ถุงพลาสติกและโฟมในประเทศไทย คิดเป็นร้อยละ 14 หรือ 1.9 ล้านตัน มีอัตราเพิ่มขึ้นประมาณ 1.5 เท่าในช่วง 4 ปีที่ ผ่านมา ส่งผลให้ปริมาณขยะมูลฝอยประเภทพลาสติก และโฟมในปี 2546 มีประมาณเป็นร้อยละ 18.27 หรือ 2.78 ล้านตัน และอนาคตอีก 10 ปีข้างหน้าอาจเพิ่ม จากเดิมอีก 2 -3 เท่า (กรมควบคุมมลพิษ, 2556) ไม่เว้น แม้แต่วัสดุที่ใช้ในด้านเกษตรกรรม เช่น กระถางต้นไม้ และถุงเพาะต้นกล้า ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันทำมาจาก พลาสติก เนื่องจากมีราคาต้นทุนถูกกว่ากระถางที่ทำมาจากดินเผา

ปัจจุบันมีได้มีการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ขุยมะพร้าวและ ใยมะพร้าว ผสมปุ๋ยคอก (มูลโค-กระบือ) เพื่อผลิตกระถางที่ย่อยสลายได้ ในอัตราส่วนร้อยละ 10 ของน้ำหนัก โดยรวมของกระถาง เพื่อเสริมแร่ธาตุและส่งผลต่ออัตราการเติบโตของต้นกล้าที่ใช้ปลูก (ศูนย์ส่งเสริมและ พัฒนาอาชีพการเกษตร, 2553) โดยขุยและใยมะพร้าวสามารถนำมาทำเป็นกระถางได้และช่วยอุ้มน้ำได้ดีกว่ากระถางพลาสติกในการผสมปุ๋ยคอกลงในกระถางต้นไม้แบบการอัดขึ้นรูปด้วย ซึ่งขุยและใยมะพร้าวจะต้องมีปริมาณไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนักหนักของกระถางเนื่องจากหากใส่มากเกินไปจะทำให้ดินเค็มต้นกล้าอาจตายได้ (ปิยณัฐ โตอ่อนและ คณะ, 2558) กระถางที่ทำจากขุยมะพร้าว นอกจากจะมีแร่ธาตุที่เหมาะสม ช่วยเสริมความแข็งแรงทนทาน ความยืดหยุ่นสูงรากของกิ่งสามารถชอนไชออกจากก้นของกระถางได้ดี มีความสามารถในการอุ้มน้ำ และการระบายความร้อนได้ดี อีกทั้งยังสามารถย่อยสลายเองได้ตามธรรมชาติ (สุจิน สุนีย์, 2551) ธนาวดี ลี้จากภัยและธิดารัตน์ นิ่มเชื้อ (2558) กล่าวว่า ถุงเพาะชำย่อยสลายได้ทางชีวภาพเป็นแนวทางหนึ่งของการจัดการเชิงรุกเพื่อลดปริมาณขยะพลาสติกลดค่าใช้จ่ายของการกำจัดขยะและป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อมต่างๆโดยสามารถนำไปปลูกพร้อมกับต้นกล้าในแปลงปลูกได้ทันทีไม่ต้องฉีกถุงจึงไม่กระทบกระเทือนต่อระบบรากของพืช และจะย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติภายในระยะเวลาที่เหมาะสมของพืชแต่ละชนิด ซึ่งใช้ได้กับทั้งพืชยืนต้นและพืชล้มลุก อีกทั้งหากมีการผสมมูลไส้เดือนก็จะส่งผลที่ดีต่อพืชที่ปลูกอีกด้วย เนื่องจากปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่มีทั้งจุลินทรีย์ และธาตุอาหารพืชที่ถูกเก็บอยู่ในโมเลกุลของกรดฮิวมิค ซึ่งจะถูกปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืช (อานัฐ ตันโช, 2552) ส่วนผสมในวัสดุปลูกพืชที่มีการเติมปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ผลิตจากมูลสัตว์ปริมาณ 5% กับวัสดุปลูกทางการค้าแล้วนำมาปลูกพืชพบว่าสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ดีมาก (Scott, 1988)

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงคิดนำเอาเศษวัสดุที่เหลือจากการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด นำขุยมะพร้าว ก้อนเห็ดเก่า เศษกระดาษ ปุ๋ยคอก และผสมมูลไส้เดือนแต่การทำกระถางจากวัตถุดิบแต่ละชนิดจำเป็นต้องมีการศึกษาให้ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมจึงจะสามารถขึ้นรูปกระถางได้ และศึกษาถึงผลของการเจริญเติบโตของพืชในกระถาง ซึ่งข้อมูลที่ได้จะทำให้ได้กระถางที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช ซึ่งจะส่งผลดี ต่อเกษตรกรผู้ประกอบการร้านขายไม้ดอกไม้ประดับ รวมไปถึงบุคคลทั่วไปที่ใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาอัตราส่วนผสม ระหว่างปุ๋ยคอก ขุยมะพร้าว ก้อนเห็ด กระดาษ ที่ผสมปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ที่ส่งต่อการขึ้นรูปกระถาง และส่งผลต่อการเจริญเติบโตของมะนาว ที่ปลูกในกระถางแต่ละชนิด

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาผลของกระถางแต่ละชนิดที่ผสมมูลไส้เดือนต่อสภาพความคงทน การย่อยสลาย และผลต่อการเจริญเติบโตของพืชปลูกบางชนิด วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) 4 วิธีจำนวน 4 ซ้ำ ที่ในสภาพโรงเรือน สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ประกอบด้วยกรรมวิธี 4 วิธี ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 (T1) คือ อัตราส่วน ขุยมะพร้าว: มูลไส้เดือน : แป้งมัน (2.5: 1:2.5) กรรมวิธีที่ 2 (T2) คือ อัตราส่วน กระดาษหนังสือพิมพ์ : มูลไส้เดือน : แป้งมัน (3.5: 1:2.5) กรรมวิธีที่ 3 (T3) คือ อัตราส่วน ก้อนเห็ดเก่า : มูลไส้เดือน : แป้งมัน (2.5: 1:2.5) และกรรมวิธีที่ 4 (T4) คือ อัตราส่วน ปุ๋ยคอกมูลวัว: มูลไส้เดือน : แป้งมัน (2.5:1:2.5) นำกระถางแต่ละกรรมวิธีมาใส่ดินแล้วนำต้นกล้ามะนาว ที่มีอายุ 45 วัน ปลูกลงในกระถางแต่ละชนิด รดน้ำเช้า เย็นครั้งล่ะ 100 ml ต่อกระถาง

การเตรียมวัสดุกระถางจากขุยมะพร้าว นำขุยมะพร้าวผสมแป้งเปียกผสมปุ๋ยมูลไส้เดือน ในอัตราส่วน 2.5:2.5:1 การเตรียมวัสดุกระถางจากกระดาษหนังสือพิมพ์ นำกระดาษที่แช่น้ำ 7 วัน ผสมแป้งเปียกผสมปุ๋ยมูลไส้เดือน ในอัตราส่วน 3.5:2:1 การเตรียมวัสดุกระถางจากก้อนเห็ดเก่า นำก้อนเห็ดเก่าที่ผ่านการตากแดดแล้ว 2-3 วัน ผสมแป้งเปียกผสมปุ๋ยมูลไส้เดือน ในอัตราส่วน 2.5:2.5:1 และการเตรียมวัสดุกระถางจากปุ๋ยคอกมูลวัว ที่ผ่านการหมักแล้วประมาณ 30 วัน ผสมแป้งเปียกผสมปุ๋ยมูลไส้เดือน ในอัตราส่วน 2.5:2.5:1 แล้วนำส่วนผสมแต่ละชนิดเข้าเครื่องอัดกระถาง (ภาพที่ 1) นำตากแดด ประมาณ 3-4 วัน ซึ่งจะได้กรถางที่มีความกว้างของกระถางด้านบน กว้าง 17 เซนติเมตร ความสูง 17 เซนติเมตร ความหนา 1.5 เซนติเมตร และความกว้างของก้นกระถาง ปริมาณน้ำหนักของกระถางเปียกประมาณ 1,600-1,700 กรัม หลังจากผึ่งแห้งประมาณ 3 วัน มีปริมานน้ำหนักแห้งที่ 200-300 กรัม

ภาพที่ 1 เครื่องอัดกระถางและลักษณะกระถาง

บันทึกข้อมูล วิเคราะห์ปริมานธาตุอาหารจากวัสดุแต่ละชนิด ส่วนกระถาง บันทึกสภาพทางกายภาพกระถาง ความคงทนในการคงรูป และอัตราการย่อยสลาย ข้อมูลเปอร์เซ็นต์การแตกร้าว การแตกหัก สี ของกระถาง โดยการให้คะแนน และสังเกต เป็นระยะเวลา 65 วัน โดยการให้คะแนน และสังเกต โดยการให้ระดับคะแนนออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับคะแนนที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงความคงรูปไปจากเดิมที่ 90 %
ระดับคะแนนที่ 2 มีการเปลี่ยนแปลงความคงรูปไปจากเดิมที่ 70 %
ระดับคะแนนที่ 3 มีการเปลี่ยนแปลงความคงรูปไปจากเดิมที่ 50 %
ระดับคะแนนที่ 4 มีการเปลี่ยนแปลงความคงรูปไปจากเดิมที่ 30 %
ระดับคะแนนที่ 5 มีการเปลี่ยนแปลงความคงรูปไปจากเดิมที่ 10 %

บันทึกข้อมูลเปอร์เซ็นต์การแตกร้าว การแตกหัก สี ของกระถาง โดยการให้ระดับคะแนนออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับคะแนนที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมที่ 10 %
ระดับคะแนนที่ 2 มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมที่ 30 %
ระดับคะแนนที่ 3 มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมที่ 50 %
ระดับคะแนนที่ 4 มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมที่ 70 %
ระดับคะแนนที่ 5 มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมที่ 90 %

การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลองโดยนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ผลด้วยวิธี Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างกรรมวิธีด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistic 8.1

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ปริมานธาตุอาหาร ไนโตรเจนจะมีปริมานต่ำมาก โดยพบว่า กรรมวิธีที่ 2 มีธาตุอาหารเพียง 0.85 % กรรมวิธีที่ 4 (ปุ๋ยคอก+ปุ๋ยมูลไส้เดือน) มีไนโตรเจน 1.98 % ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมพบว่ามากที่สุดใน กรรมวิธีที่ 4 (ปุ๋ยคอก+ปุ๋ยมูลไส้เดือน) ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่าง ซึ่งพบว่า มีค่ากรด ด่างระหว่าง 6-7.56 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมานธาตุอาหารในวัสดุที่ใช้ทำกระถาง

กรรมวิธี	T1 1/	T2 2/	T3 3/	T4 4/
ความเป็นกรดด่าง	6.7	7.1	7.26	7.56
ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.7	0.85	1.88	1.98
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (%)	0.02	0.07	0.13	0.15
โพแทสเซียมทั้งหมด (%)	0.18	0.33	0.86	1.05
แคมเซียมทั้งหมด (%)	0.28	1.12	1.56	2.03
แมกนีเซียมทั้งหมด (%)	0.11	0.13	0.83	1,573
คาร์บอน (%)	11.23	10.12	8.63	6.33
สัดส่วนคาร์บอน/ ไนโตรเจน	32.32	32.35	18.2	16.33

ผลของชนิดและอัตราส่วน ขุยมะพร้าว กระดาษหนังสือพิมพ์ ก้อนเห็ดเก่า ปุ๋ยคอก ผสมปุ๋ยมูลไส้เดือนต่อการขึ้นรูปกระถาง

ความคงรูปของกระถางที่ทำมาจากวัสดุที่ต่างกันผสมกับการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือน ทั้ง 4 กรรมวิธี ทำให้ความคงรูปของกระถาง แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บข้อมูล ที่ 12 18 24 30 36 47 53 59 และ 65 วันหลังจากการปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ 1 (T1) คือ อัตราส่วน ขุยมะพร้าว : มูลไส้เดือน : แป้งมัน (2.5: 1:2.5) และกรรมวิธีที่ 2 (T2) คือ อัตราส่วน กระดาษหนังสือพิมพ์ : มูลไส้เดือน : แป้งมัน (3.5: 1:2.5) ทำให้กระถางมีความคงรูปมากที่สุด และเริ่มหมดความคงรูป เมื่อ 53 วันหลังจากการปลูกพืชส่วน กรรมวิธีที่ 3 (T3) คือ ก้อนเห็ดเก่า (ก้อนเห็ดเก่า : มูลไส้เดือน : แป้งมัน คือ 2.5: 1:2.5) และ กรรมวิธีที่ 4 (T4) คือ ปุ๋ยคอกมูลวัว (ปุ๋ยคอกมูลวัว: มูลไส้เดือน : แป้งมัน คือ 2.5:1:2.5)ความคงรูปของกระถางเริ่มหลุดลุ่ยตั้งแต่ 6 วันหลังจากการปลูกพืช ซึ่ง ส่วนกรรมวิธีที่ผสม ก้อนเห็ด+ปุ๋ยมูลไส้เดือน จะหลุดร่วงอีกครั้ง 53 วันหลังจากการปลูกพืชส่วน ส่วนกรรมวิธีที่ 4 (T4) คือ ปุ๋ยคอกมูลวัว (ปุ๋ยคอกมูลวัว: มูลไส้เดือน : แป้งมัน คือ 2.5:1:2.5) จะหลุดร่วงอีกครั้ง 47 วันหลังจากการปลูกพืช (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ความคงรูปของกระถาง ที่ระยะ 12 18 24 30 36 41 47 53 59 และ 65 วันหลังจากปลูกพืช (Day after planting)

กรรมวิธี	จำนวนวันหลังจากปลูกพืช (Day after planting)										
	6	12	18	24	30	36	41	47	53	59	65
T1	5	5a	4.75a	4.75a	4.75a	4.75a	4.25	4.25a	3.75a	3ab	3a
T2	5	5a	5a	5a	5a	5a	4.75	4.5a	4.5a	4.25a	4b
T3	4.75	4.75a	4.75ab	4.75a	4.75a	4.5a	4.75	4.5a	3.75a	3.35ab	2c
T4	4.25	3.75b	3.55b	3.2b	3b	3b	3	2.75b	2.75b	2.25b	1d
F-test	ns	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**
CV (%)	11.37	7.64	14	10.14	8.08	12.96	9.76	14.85	14.61	18.67	16.33

หมายเหตุ: **=แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง (P<.01), *= แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>.01),
ns= ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>.05)

การแตกร้าวของกระถางที่ทำมาจากวัสดุที่ต่างกันผสมกับการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือน กรรมวิธีทั้ง 4 กรรมวิธี ทำให้การแตกร้าวของกระถาง มีแตกต่างกันทางสถิติ ทุกระยะของการเก็บข้อมูล กรรมวิธีที่ผสมปุ๋ยคอก+ปุ๋ยมูลไส้เดือนทำให้กระถางมีการแตกร้าวมากที่สุด เริ่มตั้งแต่ 6 วันหลังจากปลูกพืช และเริ่มการแตกร้าวมากสุด เมื่อ 47 วันหลังจากปลูกพืช รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ผสม ก้อนเห็ด+ปุ๋ยมูลไส้เดือนทำให้กระถางมีการแตกร้าว เริ่มตั้งแต่ 6 วันหลังจากการปลูกพืช และเริ่มการแตกร้าวมากสุด อีกครั้ง เมื่อ 53 วันหลังจากปลูกพืช ส่วน กรรมวิธีที่ ขุยมะพร้าว+ปุ๋ยมูลไส้เดือน แ ละ กระดาษ+ปุ๋ยมูลไส้เดือนระดับความแตกร้าวไม่แตกต่างกัน มีการแตกร้าวน้อย และเริ่มการแตกร้าวอีกครั้ง เมื่อ 53 วันหลังจากปลูกพืชระดับการแตกร้าว 1.75 และ 1.5 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การแตกร้าวของกระถาง ที่ระยะ 12 18 24 30 36 41 47 53 59 และ 65 วันหลังจากปลูกพืช (Day after planting)

กรรมวิธี	จำนวนวันหลังจากปลูกพืช (Day after planting)										
	6	12	18	24	30	36	41	47	53	59	65
T1	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1.75b	2b	2.5c
T2	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1.5b	1.75b	2c
T3	1.25b	1.25ab	1.5ab	1.5b	1.75b	1.75b	2b	2b	2.75ab	3.5a	4b
T4	2.25a	2.5a	3.5a	3.5a	3.5a	3.75a	4a	4a	4a	4a	5b
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Cv(%)	25.71	26.57	40	30.84	44.43	38.71	33.13	26.67	24.49	13.5	8.55

หมายเหตุ: **=แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง (P<.01), *= แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>.01), ns= ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>.05)

การแตกหักของกระถางที่ทำมาจากวัสดุที่ต่างกันผสมกับการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือน กรรมวิธีทั้ง 4 กรรมวิธี ทำให้การแตกหักของกระถาง มีแตกต่างกันทางสถิติ ทุกระยะของการเก็บข้อมูลกรรมวิธีที่ผสมปุ๋ยคอก+ปุ๋ยมูลไส้เดือนทำให้กระถางมีการแตกหักมากที่สุด เริ่มตั้งแต่ 6 วันหลังจากปลูกพืช ที่ระดับ 2.25 และเริ่มการแตกหักมากสุดอีกครั้ง เมื่อ 47 วันหลังจากปลูกพืชรองลงมา คือ กรรมวิธีที่ผสม ก้อนเห็ด+ปุ๋ยมูลไส้เดือน ทำให้กระถาง มีการแตกหัก เริ่มตั้งแต่ 6 วันหลังจากการปลูกพืช ที่ระดับ 1 และเริ่มการแตกหัก อีกครั้ง เมื่อ 47 วัน หลังจากการปลูกพืช ส่วนกรรมวิธีที่ ขุยมะพร้าว+ปุ๋ยมูลไส้เดือน และกระดาษ+ปุ๋ยมูลไส้เดือน ระดับความแตกหักไม่แตกต่างกัน มีการแตกหักน้อย และเริ่มการแตกหักอีกครั้ง เมื่อ 59 วันหลังจากปลูกพืชระดับการแตกร้าว 2 และ 1.75 ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 การแตกหักของกระถางที่ระยะ 12 18 24 30 36 41 47 53 59 และ 65 วันหลังจากปลูกพืช (Day after planting)

กรรมวิธี	จำนวนวันหลังจากปลูกพืช (Day after planting)										
	6	12	18	24	30	36	41	47	53	59	65
T1	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b	2bc	2b	2b
T2	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1c	1.75b	2b
T3	1b	1.25b	1.5ab	1.5ab	1.5b	1.5b	1.5b	1.75b	2.5ab	3.25a	4a
T4	2.25a	2a	2.5a	2.5a	3a	3.5a	3.5a	3.75a	3.75a	4a	5a
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Cv(%)	19.05	19.05	38.49	38.49	30.77	32.99	44.34	26.67	29.93	12.86	12.86

หมายเหตุ: **=แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง (P<0.01), *= แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.01), ns= ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>.05)

ผลของชนิดและอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นผสมกับปุ๋ยมูลไส้เดือนต่อพืช

ความสูงของพืชที่ปลูกในกระถางที่ทำมาจากวัสดุที่ต่างกันผสมกับการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือน กรรมวิธีทั้ง 4 กรรมวิธี ความสูงของพืชที่ปลูกในกระถางไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทุกระยะของการเก็บข้อมูล แต่พบว่า

แนวโน้ม ช่วงแรก 6-12 วันหลังจากปลูกพืช ความสูงของมะนาว ทุกกรรมวิธีไม่ต่างกัน ซึ่งพบว่า กรรมวิธีการผสม ขุยมะพร้าว+ปุ๋ยมูลไส้เดือน กรรมวิธีกระดาษ+ปุ๋ยมูลไส้เดือน และ กรรมวิธีก้อนเห็ด+ปุ๋ยมูลไส้เดือน เริ่มสูงที่ระดับ 24.8 24.12 และ 24.45 เซนติเมตร ตามลำดับ ที่ระยะ 18 วันหลังจากปลูก และคงที่ ตลอดจนมีความสูงถึง 32.15 31.2 และ 31.67 เซนติเมตร ตามลำดับ ที่ระยะ 65 วันหลังจากปลูก ส่วนกรรมวิธี ปุ๋ยคอก+ปุ๋ยมูลไส้เดือน ความสูงของมะนาวที่ระดับ 27.07 เซนติเมตร ที่ระยะ 37 วันหลังจากปลูกพืช และ มีความสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่น ให้ความสูงพืช 34.17 เซนติเมตร ที่ระยะ 65 วันหลังจากปลูกพืช (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ความสูงของพืชที่ระยะ 12 18 24 30 36 41 47 53 59 และ 65 วันหลังจากปลูกพืช (Day after planting)

กรรมวิธี	จำนวนวันหลังจากปลูกพืช (Day after planting)										
	6	12	18	24	30	36	41	47	53	59	65
T1	20.225	23.925	24.8	24.775	25	27.15	27.925	28.55	30	28.625	32.15
T2	20.4	22.25	24.125	24.325	25.525	26.575	27.525	27.825	27.4	27.45	31.2
T3	20.3	21.425	24.45	24.225	23.6	27.75	27.85	28.25	28.9	29.075	31.675
T4	20.65	22.625	22.75	22.85	23.3	27.075	27.7	28.225	28.35	27.9	34.175
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	1.3	7.83	8.67	8.23	7.73	10.9	8.17	8.19	9.55	9.83	6.76

หมายเหตุ: **=แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง (P<0.01), *= แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.01),
ns= ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลของชนิดและอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นผสมกับปุ๋ยมูลไส้เดือนในการขึ้นรูปกระถาง พบว่า กรรมวิธีที่ ให้กระถาง มีความคงรูปได้ดี การแตกร้าว การแตกหักน้อยที่สุด คือ กรรมวิธี 2 กระดาษ+ปุ๋ยมูลไส้เดือน ส่วนกรรมวิธีที่ทำให้กระถาง มีความคงรูปได้น้อย มีการแตกร้าว แตกหักมากที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 4 ปุ๋ยคอก+มูลไส้เดือน ส่วนกรรมวิธีที่ 1 ขุยมะพร้าว+มูลไส้เดือน และกรรมวิธีที่ 3 ก้อนเห็ดเก่ากับมูลไส้เดือน ให้ความคงรูปค่อนค้างดี การแตกร้าวการแตกหักมีน้อยกว่ากรรมวิธีที่ 4 เนื่องจากกระดาษมีการยึดเกาะกับแป้งเปียกดีกว่าขุยมะพร้าวขุยมะพร้าวเป็นเส้นใยยึดเกาะกับแป้งเปียกได้บ้าง ปุ๋ยคอกมีความร่วนซุยจึงไม่สามารถยึดเกาะได้ดีกับแป้งเปียกส่วนก้อนเห็ดเก่าเป็นเนื้อไม่มีความร่วนจึงยึดเกาะได้เล็กน้อย การใช้ขุยและใยมะพร้าวสามารถนำมาทำเป็นกระถางได้เป็นกระถางต้นไม้ได้และช่วยอุ้มน้ำได้ดีกว่ากระถางพลาสติกในการผสมปุ๋ยคอกลงในกระถางต้นไม้แบบการอัดขึ้นรูปด้วย ขุยและใยมะพร้าวจะต้องมีปริมาณไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนักหนักของกระถางเนื่องจากหากใส่มากเกินไปจะทำให้ดินเค็มต้นกล้าอาจตายได้ (ปิยณัฐ โตอ่อน และคณะ, 2558)

การศึกษาผลของชนิดและอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นผสมกับปุ๋ยมูลไส้เดือนต่อพืช พบว่ากรรมวิธีที่ 4 ปุ๋ยคอก+มูลไส้เดือน ให้การเจริญเติบโตของพืชดีที่สุดโดยให้ความสูงที่ 34.175 เซนติเมตร เมื่อ 65 วันหลังจากการปลูก รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 1 ขุยมะพร้าว+มูลไส้เดือน กรรมวิธีที่ 3 และกรรมวิธีที่ 2 ให้ความสูงของพืชที่ 32.15, 31.67 และ 31.2 เซนติเมตร ตามลำดับเนื่องจาก กรรมวิธีที่ 4 มีส่วนผสมทั้งปุ๋ยคอกและปุ๋ยมูลไส้เดือนจึงทำให้พืชมีการเจริญเติบโตดีที่สุด และกรรมวิธีที่ 4 ยังอุ้มน้ำได้ดี และจากการวัดหาค่าธาตุอาหารยังพบธาตุอาหารมากกว่ากรรมวิธีอื่น ซึ่งจะขัดแย้งกับ ปวีณา สามเตี้ย กล่าวว่า

การนำกระถางจาก ขุยมะพร้าวไปทดลองใช้งานในการเพาะชำกล้าไม้ ว่า หากเปรียบเทียบในเรื่องของความคงทน พลาสติกจะทนกว่าอยู่แล้ว แต่ในเรื่องของการอุ้มน้ำกระถางจาก ขุยมะพร้าว สามารถอุ้มน้ำได้นานกว่านอกจากนี้ เวลานำต้นไม้จากกระถางไปปลูก หากใช้กระถางพลาสติกในการเพาะชำจะทำให้รากต้นไม้ขาดได้ เพราะจะต้องดึงต้นไม้ออกจากกระถางก่อนนำไปปลูก แต่ในทางกลับกันหากใช้กระถางที่ทำจาก ขุยมะพร้าว สามารถต้นกล้าไปปลูกทั้งกระถางได้เลยโดยไม่ต้อเสียเวลาดึงต้นกล้าออกจากกระถาง รากต้นกล้าจึงไม่มีโอกาสที่จะขาดออกจากต้นทำให้ต้นไม้ที่เพาะในกระถางจากขุยมะพร้าวเจริญเติบโตได้ดีกว่า มีงานทดลองที่เสริมได้ว่าการที่ผสม มูลไส้เดือนดินที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายขยะอินทรีย์โดยใช้ไส้เดือนดินในการปลูกพืชหลายชนิด เช่นการนามาผลิตไม้ดอกชนิดต่างๆ ภายโรงเรียนรวมทั้งพืชสวนและพืชไร่ชนิดอื่นๆ ภายในฟาร์มซึ่งตัวอย่างของพืชที่ปลูกได้ผลดีในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินได้แก่มะเขือมะเขือเทศกะหล่ำปลี คะน้า สะระแหน่ พริก ดอกรักเร่โพลีแอนทัส เบญจมาศ ชัลเวีล พิทูเนีย ข้าว ข้าวโพดและพืชปลูกชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิดซึ่งพบว่าพืชเหล่านี้เมื่อปลูกในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินจะสามารถเจริญเติบโตได้เร็วและออกดอกได้เร็วกว่าปกติ ซึ่งจากการทดลองของ Reddy (1988) พบว่าภายหลังจากการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Pheretimaalerandri* ทำให้ต้นแพงพวยและต้นข้าวมีจำนวนดอกเพิ่มขึ้นนอกจากนี้ Edwards และ Burrows (1988) ได้ทดลองนำปุ๋ยมูลไส้เดือนดินมาใช้เป็นวัสดุปลูกพืชและวัสดุเพาะกล้าพืชหลายชนิด เช่น มะเขือม่วง กะหล่ำ พริก แตงกวา ผักสลัดแรดดิช และมะเขือเทศ จำพวกไม้ดอก เช่น อะลิชั่ม (Alyssum) แอนเทอร์รินั่ม (Antirrhinum) แอสเตอร์ (Aster) ดอกระฆัง (Companula) ดาวเรืองฝรั่งเศส (French marigold) โพลิแอนทัส (Polyanthus) ซัลเวีย (Salvia) และสวีทพี โดยใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินเพียงอย่างเดียวและใช้ผสมกับวัสดุปลูกชนิดอื่นๆ เช่น ผสมปุ๋ยมูลไส้เดือนดินกับพีทเปลือกไม้หรือดินร่วนในอัตรา 3:1 หรือ 1:1 แล้วนำมาทดลองปลูกพืชเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกทางการค้า พบว่าพืชที่ปลูกในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าวัสดุปลูกทางการค้าทั่วไป

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลอง พบว่า กรรมวิธีที่ 4 ปุ๋ยคอก+ปุ๋ยมูลไส้เดือนมีผลดีต่อพืชปลูก กรรมวิธี 2 กระดาษ+ปุ๋ยมูลไส้เดือน ไม่แนะนำให้ใช้ในการปลูกพืชแต่ขึ้นรูปคงทนได้ดี ควรแนะนำพัฒนากระถางไม้ประดับที่ใช้ในร่มอาคาร ห้องทำงาน กรรมวิธีที่ 3 ก้อนเห็ด+ปุ๋ยมูลไส้เดือนเนื้อกระถางสวยหรับเหมาะลงสีตกแต่งประดับห้องทำงานต่างๆ แนะนำ ท้องถิ่นที่มีการทำฟาร์มเห็ดให้เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ทำให้เกิดรายได้อีกหนึ่งทาง และกรรมวิธีที่ 1 ขุยมะพร้าว+มูลไส้เดือน ขึ้นรูปได้ดี แต่มีต้นทุน ในการซื้อขุยมะพร้าว งานทดลองต่อไป กรรมวิธีที่ 4 ปุ๋ยคอก+ปุ๋ยมูลไส้เดือนตัวผสานจากแป้งเปียกเป็นตัวอื่นที่มีประสิทธิ์ภาพในการยึดเกาะที่มากขึ้น และพัฒนากระถางชีวภาพให้ไปใช้กับ พืชถนอมราก เช่น ผักหวานป่า ที่สามารถปลูกลงดินได้ เลยโดยไม่ทำรายรากของพืช ทดลองเปรียบเทียบกระถางชีวภาพทุกกรรมวิธีกับพืชชนิดอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากเกษตรกร บ้านม่วงใต้ ตำบลบ้านบัว อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ที่ช่วยเหลือในการทำวิจัย ในการนำก้อนเห็ดเก่า และให้ข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไขปัญหาในกระบวนการการวิจัย และการประยุกต์ใช้ผลการวิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่สนับสนุนสถานที่และเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2556). **โครงการจัดทำฐานข้อมูลการลดและใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาล**. สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2558 จาก,http://www.pcd.go.th/about/ab_operation.html

ธนาวดี ลี้จากภัย และธิดารัตน์ นิ่มเชื้อ. (2558). **ถุงเพาะชำย่อยสลายได้ทางชีวภาพหรือ ไบโอโปร (BIOpro)**. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะ และวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (เอ็มเทค).

ปิยณัฐ โตอ่อน,วรรณรพ ขันธิรัตน์ และจรุงรัตน์ พันธุ์สุวรรณ. (2558). การวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตของพืชที่ใช้กระถางต้นไม้จากปุ๋ยคอก ขุยและใยมะพร้าวโดยใช้หลักการออกแบบการทดลองการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโต. **EAU Heritage Journal 140 Science and Technology**. 8(1) January-June 2014.

ศุลีพร แสงกระจ่าง, ปัทมา พลอยสว่าง,ปริณดา พรหมหิตาธร. (2556). ผลกระทบของพลาสติกต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม. **วารสารพิษวิทยาไทย**. 28(1): 39-50.

ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดนครราชสีมา (พืชสวน). (2553). **ข่าวประชาสัมพันธ์ ศูนย์ส่งเสริม และพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดนครราชสีมา**. สืบค้นจาก http://www.aopdh06.doae.go.th/news/new. html.

สุจิน สุนีย์. (2551). **กระถางจากขุยมะพร้าว**. หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ วันศุกร์ที่ 18 เมษายน 2551 ปีที่ 59 ฉบับที่ 18350.

อานัฐ ตันโช. (2552). **คู่มือการกำจัดขยะอินทรีย์โดยใช้ไส้เดือนดินในชุมชนขนาดย่อม**. เชียงใหม่. ทรีโอแอด เวอร์ไทซิ่งแอนด์มีเดีย.

Edwards, C. A. & Burrows, I. (1988). **The potential of earthworm composts as plant growth media, in Earthworms in Environmental and Waste management**, (eds C.A. Edwards and E.F. Neuhauser). SPB Accad. Publ., The Netherlands, pp. 211-20.

Reddy, M. V. (1988). **The effect of casts of Pheretima alexandri on the growth of Vinca rosea and Oryza sativa, In Earthworms in Environmental and Waste Management**, (eds C.A. Edwards and E.F. Neuhauser), SPB Bakker, The Neterlands, pp. 241-8.

Scott, M. A. (1988). **The use of worm-dijested animal waste as a supplement to peat in loamless**.

composts for hardy nursery stock, in **Earthworms in Environmental and Waste Management**, (eds C. A. Edwards and E. F. Neuhauser), SPB Acad. Publ., The Netherlands, pp. 9-231.

การออกแบบถังดักไขมันและศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหารตามสั่ง

พัฒนะ สินปรุ[1] มณทิพย์ จันทร์แก้ว[2*]

บทคัดย่อ

การปล่อยน้ำเสียจากร้านอาหารลงสู่แหล่งน้ำก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสีย เนื่องจากมีน้ำมันและไขมันเป็นองค์ประกอบ ซึ่งน้ำมันที่ลอยอยู่หน้าผิวน้ำนี้ทำให้อากาศไม่สามารถผ่านลงสู่แหล่งน้ำได้ งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อบำบัดไขมันที่แหล่งกำเนิด คือร้านอาหารตามสั่งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ โดยทำการออกแบบถังดักไขมันแบ่งออกเป็น 3 ถัง เพื่อกรองเศษอาหารในถังแรกด้วยตะแกรงหยาบ กรองละเอียดในถังที่สอง และในถังที่สาม ตามลำดับ ได้การออกแบบได้ถูกพัฒนาจากการทดลองจริงและปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น งานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านถังดักไขมัน พบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียดังนี้ BOD ร้อยละ 50.53 ความขุ่นร้อยละ 51.07 ปริมาณไขมันและน้ำมันร้อยละ 76.23 และปริมาณของของแข็งแขวนลอยร้อยละ 86.01 ซึ่งคุณภาพน้ำหลังการบำบัดด้วยถังดักไขมันไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด (อาคารประเภท จ) ที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ

คำสำคัญ: ถังดักไขมันแบบหลายขั้นตอน ประสิทธิภาพ ร้านอาหารตามสั่ง น้ำเสีย

[1] *หลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: phattana2805@gmail.com*

[2] *หลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail:* montip@vru.ac.th

DEVELOPMENT OF GREASE TRAP AND STUDY OF EFFICIENCY FOR WASTEWATER TREATMANT FROM A CARTE RESTAURANT

Phatthana Sinpru[1] **Montip Jankaew**[2*]

Abstract

Wastewater form A Carte Restaurant caused water pollution because of grease and oil component. The floating grease and oil will block the air from the atmosphere so it cannot puss through the water. This research aims at grease and oil treatment at the origin; A Carte Restaurant, before releasing to the water resource by designing a grease trap system. The system consists of three tanks. Coarse screening and fire screening were designed in the first and the second tanks. Then filtration by four materials; mash filter, brick broken, pumice stone, and charcoal in the third tank. The grease tarp system has been developed and improved by testing in real situation, The water quality has been analyzed at before and after passing the grease tarp system. The results present efficiency of wastewater treatment as following; 50.53 % BOD, 51.07 % turbidity, 76.23 % grease and oil, and 86.01 % SS. The quality of treated water was found under the standard of wastewater from household by Pollution Control Department.

Keywords: Grease traps, Efficiency, Carte Restaurant, Wastewater

[1] *Environmental Science Program, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: phattana2805@gmail.com*

[2] *Environmental Science Program, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail:* montip@vru.ac.th

บทนำ

น้ำเสียที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ มากมายจนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่ต้องการ และน่ารังเกียจของคนทั่วไป ไม่เหมาะสำหรับใช้ประโยชน์อีกต่อไป (กรมควบคุมมลพิษ, 2545) น้ำที่อาจเกิดการปนเปื้อนของสารพิษ เช่น วัตถุมีพิษ โลหะหนัก เชื้อโรค ฯลฯ แล้วทำให้น้ำเหล่านี้มีสมบัติเปลี่ยนไปจากสมบัติเดิม (เกษม จันทร์แก้ว, 2530) และน้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ อยู่ในปริมาณสูงจนกระทั่งกลายเป็นที่ไม่ต้องการ และน่ารังเกียจของคนทั่วไป (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2538) สำหรับแหล่งชุมชน ได้แก่ บ้านเรือน อาคารพาณิชย์ โรงแรม โรงพยาบาล โรงเรียน สำนักงาน น้ำทิ้งจากสถานที่ดังกล่าวจะมีสารมลพิษที่เป็นสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นเศษอาหาร ของเสีย และสารที่ใช้ซักฟอกปะปนมา แหล่งกำเนิดที่ให้เกิดน้ำเสีย ประกอบด้วย บ้านเรือน โรงพยาบาล สถานที่ราชการ ร้านอาหาร โรงแรม เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2535) ในชีวิตประจำวันของประชาชนในชุมชนแล้วปล่อยทิ้งลงแหล่งรองรับน้ำโดยไม่ผ่านการบำบัดน้ำเสียก่อน เช่น การอาบ การซักทำสะอาดผ้า และการล้างทำความสะอาดภาชนะหรืออุปกรณ์ประกอบอาหาร เป็นต้น โดยน้ำเสียจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้น้ำ ซึ่งปกติมีสัดส่วนน้ำเสียประมาณร้อยละ 80-90 ของปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมด (น้ำเสียชุมชนและการบำบัดน้ำเสีย, 2545) โยธิน สุริยพงศ์ (2542) ได้กล่าวว่าน้ำเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละประเภทมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปตามลักษณะของการใช้น้ำในกิจกรรมนั้น เช่น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีสารพิษมากกว่าน้ำเสียจากครัวเรือน หรือมีกลิ่นเหม็นมากกว่า เป็นต้น เกษม จันทร์แก้ว (2541) กล่าวถึงกระบวนการเกิดน้ำเสียว่าเริ่มจากการปนเปื้อนหรือการทิ้งของเสียของเหลวและของแข็งลงสู่แหล่งน้ำ สิ่งเหล่านี้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ โดยผ่านกระบวนการย่อยสลายในสองกระบวนการ กระบวนการแรกเป็นกระบวนการย่อยสลายที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Process) สมการที่ (1) และ (2) กระบวนการที่สองเป็นกระบวนการย่อยสลายที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Process)

$$\text{Organic} + \text{Substance} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + \text{new cell} \qquad \text{.....(1)}$$

$$\text{Organic} \rightarrow \text{Anarobic Bacteria} \rightarrow \text{Organic acid} \rightarrow CO_2 + NH_3 + H_2S + CH_4 \text{ Alcohol} + H_2O \text{....(2)}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏถือเป็นสถาบันที่ให้บริการในด้านต่าง ๆ เช่น สิ่งสาธารณูปโภคด้านอาหารและเครื่องดื่มภายในมหาวิทยาลัยตามคณะต่าง ๆ และมีนักศึกษาใช้บริการเป็นจำนวนมาก สิ่งเกิดตามมาจากการล้างทำความสะอาดภาชนะและอุปกรณ์ประกอบอาหารก็คือไขมันและน้ำมันที่จะปนเปื้อนมากับน้ำเสีย จะทำให้น้ำมีสภาพเหมือนแผ่นฟิล์มเคลือบผิวน้ำเสีย การใช้ถังดักไขมันเป็นเครื่องมือการบำบัดเบื้องต้นสำหรับบำบัดน้ำเสียจากห้องครัว หรือร้านอาหาร หากไม่กำจัดออกจะทำให้ท่อระบายน้ำอุดตัน โดยน้ำที่ใช้แล้วจากครัวและแผงลอยจำหน่ายอาหารที่มีการปนเปื้อนด้วยน้ำมันและไขมันจะไหลผ่านเข้าไปในถังดักไขมัน ซึ่งเมื่อทิ้งไว้ระยะหนึ่งไขมันจะลอยตัวขึ้นมาสะสมบนผิวน้ำแล้วจึงตักออกไปกำจัด การออกแบบบ่อดักไขมันสำหรับประเทศไทยซึ่งมีอุณหภูมิสูง การจับตัวของไขมันช้า ดังนั้นระยะเวลากักพักของบ่อดักไขมันจึงไม่ควรน้อยกว่า 6 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำมันและไขมันแยกตัวออก และลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ (Banchongsiri, K., 2004; Pollution Control Department, 2002) การที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว จึงจัดทำถังดักไขมันด้วยวัสดุกรองอย่างง่าย และศึกษาประสิทธิภาพถังดักไขมันที่เหมาะสมกับร้านอาหารตามสั่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ออกแบบระบบถังและศึกษาประสิทธิภาพของถังดักไขมันประดิษฐ์ขึ้น เพื่อใช้บำบัดน้ำเสียจากร้านอาหารตามสั่ง ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บข้อมูลจากพื้นที่ศึกษา คือ ปริมาณน้ำที่ใช้ในระยะเวลา 1 วัน โดยภายในร้านจะมีอ่างล้างทำความสะอาดภาชนะทั้งหมด 2 อ่าง ซึ่งอ่างที่อยู่ภายในร้านจะใช้ล้างภาชะที่ใช้ประกอบอาหารโดยเฉพาะล้างกระทะที่มีการใช้งานและล้างอยู่ตลอดเวลา และอ่างที่อยู่ภายนอกร้านส่วนใหญ่จะใช้ล้างภาชนะลองอาหารหรือล้างทำความสะอาดวัตถุดิบในการประกอบอาหาร เช่น ล้างข้าวสาร ล้างผักหรือเนื้อต่าง ๆ เป็นต้น และจากการวัดปริมาณน้ำที่ใช้ในแต่ละวันของร้าน โดยาการใช้ภาชนะรองน้ำตวงปริมาตรของน้ำในแต่ละชั่วโมง เป็นเวลา 9 ชั่วโมง และปริมาณการใช้น้ำของร้านอาหารตามสั่ง 188.8 ลิตรต่อวัน โดยคิดจากค่าเฉลี่ยของน้ำใช้แต่ละชั่วโมง คือ 20.98 ลิตรต่อชั่วโมง

2. การออกแบบและสร้างถังดักไขมันและวัสดุกรองในการบำบัดน้ำเสีย โดยการออกแบบถังดักไขมันอย่างง่าย ซึ่งจะใช้วัสดุที่หาได้ง่าย ประหยัด และมีคุณภาพต่อการใช้งานได้ในระยะเวลานาน สามารถใช้งานและทำความสะอาดได้ง่าย

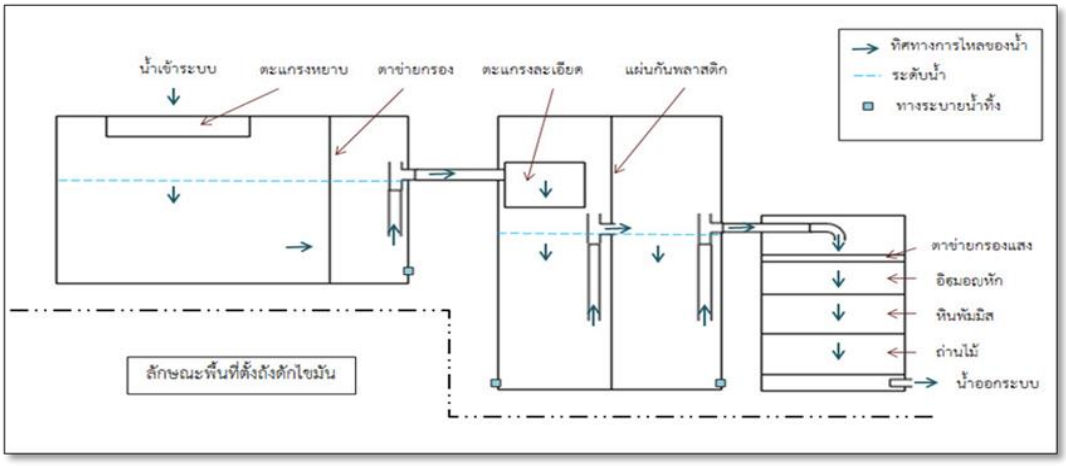
3. การวิเคราะห์ทางเคมีประกอบด้วย ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), ค่าความขุ่น (Turbid), ค่าการนำไฟฟ้า (EC), ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS), ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO), ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ (BOD) และน้ำมันและไขมัน (O & G)

4. ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งเข้าระบบและออกจากระบบถังดักไขมันในทุกพารามิเตอร์จะทำการวิเคราะห์ 3 ครั้ง และใช้วิธีการและขั้นตอนการวิเคราะห์เหมือนกันทุกครั้ง

5. คุณภาพน้ำเสียที่วิเคราะห์ในแต่ละครั้งแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<.05$)

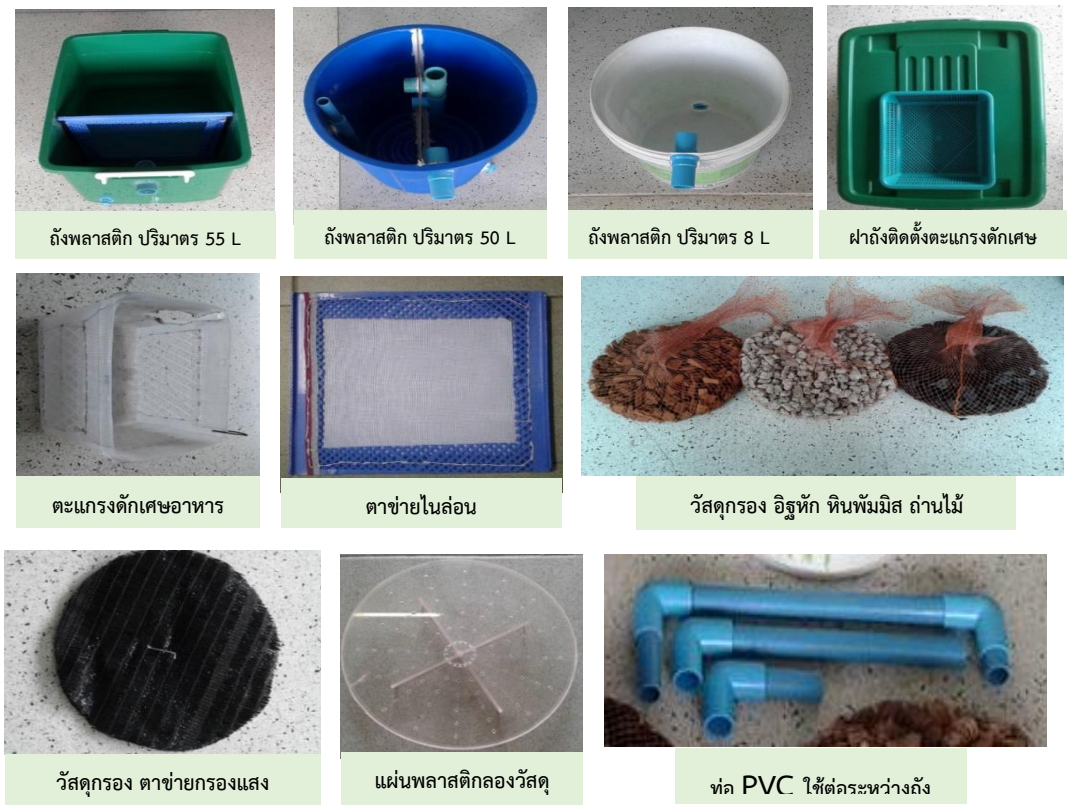
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การศึกษาถึงประสิทธิภาพของถังดักไขมันที่ได้ทำการออกแบบ โดยการวิเคราะห์น้ำคุณภาพน้ำเพื่อหาความแตกต่างระหว่างน้ำก่อนเข้ากับน้ำออกจากระบบถังดักไขมัน และลักษณะการทำงานของถังดักไขมันที่ทำการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะระบบถังดักไขมันที่ทำการศึกษาวิจัย

การออกแบบถังดักไขมันโดยออกแบบให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ของร้านอาหารตามสั่ง และไม่ขัดขวางการทำงานของทางร้าน ลักษณะของระบบถังดักไขมัน มีทั้งหมด 3 ถัง แบ่งเป็นถังดักไขมัน 2 ถัง ซึ่งจะมีตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียดดักเศษอาหารหรือของแข็งที่ปะปนมากับน้ำเสีย และถังกรองอีก 1 ถัง ซึ่งภายในถังกรองจะมีวัสดุกรอง 4 ชนิด คือ ตาข่ายกรองแสง อิฐมอญหัก หินพัมมิส และถ่านไม้ การกรองจะเป็นส่วนสุดท้ายในกระบวนการบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหารตามสั่งก่อนปล่อยน้ำทิ้งลงท่อระบายน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 วัสดุและส่วนประกอบของถังดักไขมันที่ศึกษาวิจัย

ภาพที่ 3 ลักษณะของระบบถังดักไขมันในช่วงเวลาใช้งาน

การนำผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเข้าและออกระบบถังดักไขมัน มาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), ค่าความขุ่น (Turbid), ค่าการนำไฟฟ้า (EC), ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS), ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO), ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ (BOD) และน้ำมันและไขมัน (O & G) เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมันออกจาก น้ำเสียจากร้านอาหารตามสั่ง และผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเข้า-ออกระบบถังดักไขมันดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเข้า-ออกระบบถังดักไขมัน และประสิทธิภาพของระบบถังดักไขมันในการบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหารตามสั่ง

ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำของระบบถังดักไขมัน				ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำ (ร้อยละ)
พารามิเตอร์	ครั้ง	เข้าระบบ	ออกระบบ	
อุณหภูมิ	1	37.54±0.23[c]	33.360±0.18[b]	-
^{O}C	2	38.86±0.17[a]	34.220±0.15[a]	-
	3	37.88±0.16[b]	33.620±0.16[b]	-
	% CV	0.40	0.56	
	LSD	**	**	-

ตารางที่ 1 (ต่อ)

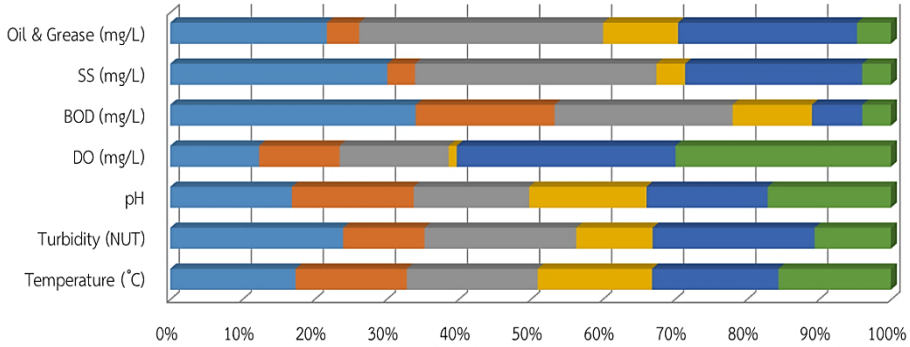
ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำของระบบถังดักไขมัน				ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำ (ร้อยละ)
พารามิเตอร์	ครั้ง	เข้าระบบ	ออกระบบ	
ความเป็นกรด–ด่าง	1	7.68±0.05[a]	7.64 ±0.02[b]	-
(pH)	2	7.23±0.02[c]	7.33 ±0.02[c]	-
	3	7.60±0.02[b]	7.70 ±0.02[a]	-
	% CV	0.43	0.25	
	LSD	**	**	-
ความขุ่น	1	261.33±8.14[a]	112.25±0.96[a]	51.73
NTU	2	208.33±0.96[c]	104.92±0.96[b]	49.76
	3	232.00±2.00[b]	112.25±2.65[a]	51.73
	% CV	2.17	1.47	-
	LSD	**	**	ค่าเฉลี่ย 51.07
ค่าดีโอ (DO)	1	2.13±0.03[c]	1.91±0.02[b]	-
mg /L	2	2.62±**0.02[b]**	2.22±0.03[c]	-
	3	5.22±0.01[a]	5.15±0.02[a]	-
	% CV	0.45	0.89	-
	LSD	**	**	-
น้ำมันและไขมัน	1	481.57±4.91[c]	103.89±2.50[b]	78.43
mg/L	2	780.33±4.91[a]	237.56±0.84[a]	69.59
	3	552.44±12.17[b]	106.89±5.74[b]	80.66
	% CV	1.55	2.23	-
	LSD	**	**	ค่าเฉลี่ย 76.23
บีโอดี (BOD)	1	2376.70±36.86[a]	1345.00±10.00[a]	43.40
mg/L	2	1691.70±10.41[b]	631.00±472.82[b]	63.75
	3	450.00±18.03[c]	250.00±10.00[c]	44.43
	% CV	1.34	2.12	-
	LSD	**	**	ค่าเฉลี่ย 50.53
ของแข็งแขวนลอย (SS)	1	449.33±10.07[a]	52.50±10.07[a]	88.06
mg/L	2	471.00±10.15[a]	58.00±10.15[a]	87.68
	3	339.00±11.53[b]	59.50±11.53[b]	82.28
	% CV	3.09	3.58	-
	LSD	**	**	ค่าเฉลี่ย 86.01
ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย				65.96

หมายเหตุ : 1) *, ** หมายถึง คุณภาพน้ำเสียที่วิเคราะห์ในแต่ละครั้งแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$)
2) ส่วนผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ns) a, b และc เป็นสัญลักษณ์ที่บ่งบอกถึงค่าเฉลี่ยมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ ผลการวิเคราะห์แต่ละครั้ง โดยที่ a แทนค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ b และ c ตามลำดับ

จากผลดังตารางที่ 1 อุณหภูมิของน้ำลดลงเนื่องจากน้ำจากการล้างภาชนะประกอบอาหารโดยเฉพาะกระทะจะมีความร้อน เมื่อน้ำส่วนดังกล่าวถูกพักภายในถังดักไขมันน้ำจึงได้เย็นตัวลง ส่งผลให้น้ำทิ้งมีอุณหภูมิไม่แตกต่างจากอุณหภูมิน้ำปกติ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนเข้าและออกระบบถือว่าไม่แตกต่างกันมาก เนื่องจากสภาพของน้ำก่อนเข้าระบบเป็นกลางอยู่แล้วเมื่อเข้าสู่ระบบถังดักไขมันที่ไม่มีวัสดุกรองที่มีสถานะเป็นกรด-ด่าง ส่งผลให้น้ำทิ้งหรือน้ำที่ออกระบบมีความเป็นกรด-ด่างที่ไม่แตกต่างไปจากเดิม และค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงเล็กน้อย เนื่องจากภายในถังดักไขมันจะกักพักน้ำไว้ระยะเวลาหนึ่งให้น้ำมันแยกตัวลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ ทำให้ออกซิเจนในอากาศไม่สามารถถ่ายเทลงในน้ำได้สะดวก ส่งผลให้น้ำที่ถูกพักแล้วไหลออกจากระบบถังดักไขมันมีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลง

พารามิเตอร์ที่ใช้สถิติคำนวณประสิทธิภาพในการบำบัดโดยคิดเป็นร้อยละ คือ ความขุ่นของน้ำลดลงได้ร้อยละ 51.07 เนื่องจากสารแขวนลอยที่ปะปนอยู่ในน้ำก่อนเข้าระบบ เมื่อไหลผ่านระบบถังดักไขมันสารแขวนลอยส่วนหนึ่งที่มีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของตะแกรงดักเศษอาหาร ตาข่ายไนลอน และวัสดุกรองจะถูกดักกรองก่อนปล่อยน้ำออกระบบถังดักไขมัน ปริมาณไขมันและน้ำมันสามารถกำจัดได้ร้อยละ 76.23 เนื่องจากระบบถังดักไขมันจะมีการกักพักน้ำไว้ระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้เวลาอนุภาคไขมันและน้ำมันที่มีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำ และน้ำที่แยกชั้นกับไขมันและน้ำมันจะไหลผ่านวัสดุกรองที่ช่วยในการดักจับไขมันและน้ำมันบางส่วนที่ยังแขวนลอยในน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ มีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 50.53 เป็นพารามิเตอร์ที่บำบัดได้น้อยที่สุดเกิดจากจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้น้อยลง เนื่องจากภายในระบบถังดักไขมันมีออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำ ทำให้จุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ออกซิเจนมีประสิทธิภาพในการทำงานน้อยลง ส่งผลให้สารอินทรีย์บางส่วนที่ผ่านตะแกรงดักเศษอาหารทั้ง 2 ใบ ถูกย่อยสลายได้น้อย ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าดังกล่าวค่อนข้างต่ำ ส่วนปริมาณของแข็งแขวนลอยสามารถบำบัดได้ร้อยละ 86.01 ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สามารถบำบัดได้มากที่สุด เนื่องจากสารแขวนลอยในน้ำเสียจากร้านอาหารส่วนมากเป็นสารอินทรีย์ ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะมากและสามารถจมตัวได้เร็ว เมื่อพักน้ำไว้ในระบบถังดักไขมันสารแขวนลอยบางส่วนที่ไม่จมตัวจะถูกกรองด้วยตะแกรงดักเศษอาหารและวัสดุกรอง ส่งผลให้น้ำเสียที่ผ่านระบบถังดักไขมันมีปริมาณสารแขวนลอยลดลงซึ่งมีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท จ.

ประสิทธิภาพของถังดักไขมันในการกำจัดไขมันและน้ำมัน โดยการนำผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ได้จากการแปรผลทางสถิติมาเปรียบเทียบกับค่ามาความสามารถในการกำจัดไขมันและน้ำมันของถังดักไขมันโดยทั่วไป



	Temperature (˚C)	Turbidity (NUT)	pH	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	Oil & Grease (mg/L)
ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง ครั้งที่ 1 น้ำเข้า	37.3	236	7.6	2.12	2,348.00	432	499
ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง ครั้งที่ 1 น้ำออก	33.1	111	7.6	1.92	1,327.00	55	103
ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง ครั้งที่ 2 น้ำเข้า	38.9	207	7.21	2.6	1,703.00	480	777.13
ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง ครั้งที่ 2 น้ำออก	34	104	7.32	0.19	757	57	237.73
ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง ครั้งที่ 3 น้ำเข้า	37.6	221	7.57	5.21	481	352	570.07
ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง ครั้งที่ 3 น้ำออก	33.4	104	7.68	5.13	273	57	107.73

ภาพที่ 4 แผนภูมิแสดงประสิทธิภาพของถังดักไขมันที่ทำการศึกษาวิจัย

จากภาพที่ 4 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพของถังดักไขมันที่ทำการศึกษาวิจัยและความสามารถในการกำจัดไขมันและน้ำมันของถังดักไขมันและพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ดี ซึ่งจากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตัวอย่างตลอดระยะเวลา 3 เดือน ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของถังดักไขมันที่ได้ทำการศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้ จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำครั้งที่ 1, 2 และครั้งที่ 3 สามารถกำจัดไขมันและน้ำมันได้ ร้อยละ 78.43, 69.59 และ 80.66 ตามลำดับ แต่ปริมาณน้ำมันและไขมันในน้ำยังสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากปริมาณน้ำมันและไขมันก่อนเข้าระบบถังดักไขมันมีปริมาณค่อนข้างสูงและในแต่ละวันจะมีปริมาณแตกต่างกันมาก ประกอบระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสียสั้นทำให้น้ำมันและไขมันส่วนที่มีความถ่วงจำเพาะมากยังปะปนอยู่ในน้ำจำนวนมาก จึงส่งผลให้น้ำที่ผ่านระบบมีปริมาณน้ำมันและไขมันต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาประสิทธิภาพของถังดักไขมันในการบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหารตามสั่ง พื้นที่ศึกษาร้านอาหารตามสั่งหน้าอาคารคณะวิทยาการจัดการ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ซึ่งได้สร้างถังดักไขมันให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และลักษณะของน้ำเสียของร้านอาหารตามสั่ง และระบบของถังดักไขมันแบ่งออกเป็น 3 ถัง 2 ถังแรกเป็นการกำจัดไขมันแบบกักเก็บน้ำไว้ให้ระยะเวลาในการลอยตัวของไขมันที่ปะปนอยู่ในน้ำเสียจากอ่างล้างทำความสะอาด และถังสุดท้ายเป็นถังกรอง ที่ใส่วัสดุกรอง 4 ชนิด คือ ตาข่ายกรองเศษอาหาร, อิฐมอญหัก, หินพัมมิส และถ่านไม้ ซึ่งลักษณะการกรองน้ำจะไหลจากข้างบนผ่านวัสดุกรองแต่ละชั้นลงสู่ด้านล่างของถังที่มีทางน้ำออกระบบ และทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนเข้าระบบและออกระบบถังดักไขมัน เพื่อหาประสิทธิภาพของถังดักไขมันโดยใช้สถิติในการคำนวณหาร้อยละในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งการวิเคราะห์คุณภาพน้ำมีพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ, ความเป็นกรด-ด่าง และประมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าที่ไม่แตกต่างกันมาก สำหรับค่าความขุ่นมีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 51.07 ปริมาณ

ออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำมีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 50.53 ค่าของแข็งแขวนลอยมีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 86.01 ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สามารถบำบัดได้มากที่สุด และการกำจัดน้ำมันและไขมันมีประสิทธิภาพบำบัดร้อยละ 76.23 คุณภาพน้ำทิ้งยังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อยของน้ำทิ้งจากอาคารประเภท จ. ซึ่งผู้วิจัยจะต้องมีพัฒนาถังดักไขมันให้เหมาะสมต่อไป สรุปภาพร่วมของถังดักไขมันที่ศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียเฉลี่ยร่วมคิดเป็นร้อยละ 65.96

ข้อเสนอแนะ

ควรหมั่นดูแลรักษาความสะอาดของระบบถังดักไขมันอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะตะแกรงดักเศษอาหารควรทิ้งเศษอาหารทุกวัน และควรตักไขมันและน้ำมันที่ลอยบนผิวน้ำออกเมื่อมีปริมาณที่สะสมมากเกินไป

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการศึกษาวิจัยเรื่อง การวิจัยรูปแบบการจัดการน้ำเสียของมหาวิทยาลัยราชภัฏ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์อรพินท์ พิเนตรพงษ์ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ ขอขอบคุณอาจารย์ในหลักสูตรที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือด้านเก็บขนวัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณนางสาวปิยะเกล้า ปรีแย้ม นางสาวภาณุมาศ จันคะนา นางสาวสุวรรณี อุดมแก้ว นายวัชรินทร์ แสนงาม นายปิยะนัฐ พลมะศรี ผู้ช่วยนักวิจัย ตลอดจนนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกคนที่ร่วมมือในการจัดทำแพพืชบำบัด และช่วยเหลือการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้วยดี

ท้ายที่สุดคณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัย วช. จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีงบประมาณ 2559 เป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

เกษม จันทร์แก้ว. (2541). **เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพฯ: โครงการบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมควบคุมมลพิษ. (2545). **ตำราน้ำชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย**. กองจักการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ครุสภาลาดพร้าว.

กรมควบคุมมลพิษ. (2548). **ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด**. (สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม พ.ศ. 2559), http://www.pcd .go.th

กรมควบคุมมลพิษ. (2551). **คู่มือแนวทางการจักการน้ำมันและไขมันจากบ่อดักไขมันและการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับร้านอาหาร**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ทีคิวพี,.

กรมควบคุมมลพิษ. (2551). **คู่มือแนวทางการจัดการน้ำมันและไขมันจากบ่อดักไขมันและการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับบ้านเรือ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ทีคิวพี.

เกวลี ศิริวาลย์, อลิษา แสนโสม และอนุชา เพียรชนะ. (2558). **การบำบัดไขมันจากโรงอาหารโดยถังดักไขมันร่วมกับกกราชินี**. ภาควิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, จังหวัดอุบลราชธานี, (สืบค้นเมื่อ 21 มีนาคม พ.ศ. 2559), http://nestc.sci.ubu.ac.th

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และ วิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธิศักดิ์. (2540). **ตำราคู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อม แหล่งประเทศไทย.

บุญส่ง ไข่เกษ สุธาสินี อั้งสูงเนิน จิรา แก้วคำและ ปัญจ์ปพัชรภร บุญพร้อม. (2554). ประสิทธิภาพของถังดักไขมันที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากบ้านเรือน และแผงลอยจำหน่ายอาหารในชุมชนซอยโซดา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร. **วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม**. 3(1): 30-42.

ผดุง คำยอด. (2542). **ผลของน้ำยาล้างภาชนะที่มีต่อประสิทธิภาพของถังดักไขมันในการบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหาร**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล (สืบค้นเมื่อ 23 มีนาคม พ.ศ. 2559).

โยธิน สุริยพงศ์. (2542). **มลพิษสิ่งแวดล้อม.** นครราชสีมา: สถาบันราชภัฏนครราชสีมา โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. (2535). **ความหมายของน้ำเสีย**. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, (สืบค้นเมื่อ 16 มีนาคม พ.ศ. 2559), http://www.pcd.go.th.

ไมตรี จิรไมตรี. (2551). **การพัฒนาถังดักไขมันโดยการดูซับด้วยกาบมะพร้าว**. ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษามหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สืบค้นเมื่อ 13 มีนาคม พ.ศ. 2559), http://thesis.swu.ac.th.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2538). **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เรืองเดช วงศ์หล้า. (2555). **ตำราวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและการจัดการคุณภาพ**. เชียงใหม่: กองทุนเผยแพร่วิชาการด้านสิ่งแวดล้อมและการสาธารณสุข ห้างหุ้นส่วนจำกัดเชียงใหม่ โรงพิมพ์แสงศิลป์.

สิริโสภา เดชศรชัยสิทธิ์. (2552). **ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการใช้งานบ่อดักไขมันของผู้ประกอบการร้านอาหาร: กรณีศึกษาเขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร**. สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนาบริหารศาสตร์.

Banchongsiri, K. (2004). Approach to improve water quality from community and industry [In Thai]. **Warasarn Rom Sai Thong**, 13(4), 14 - 20.

Luangrungkiat, P. (2002). KAP of food establishment owners and factors affecting grease traps efficiency in Bangkok [In Thai]. **Thailand journal of health promotion and environmental health**, 25(2), 54 - 64.

Pollution Control Department. (2002). Domestic wastewater and wastewater treatment [In Thai]. Bangkok: Khurusapha Lad Phrao.

Sisenphila, K. & Thongkham, N. (2001). Monitoring the efficiency of grease traps in restaurant in Dusit district [In Thai]. Bangkok: Suan Sunandha Rajabhat University Press.

Thawikun, P. (2007). **A comparison study of the efficiency of grease traps made from recycled material with ready-made grease**. Unpublished master’s thesis, Chiangmai Rajabhat Univeristy.

การประเมินคุณลักษณะและกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสจากต้นอ่อนก้ามปู

พุธิตา ภูมิคอนสาร[1] มานะ ขาวเมฆ[2*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาค่ากิจกรรมจำเพาะและคุณลักษณะของเอนไซม์ไคติเนสที่สกัดจากต้นอ่อนก้ามปูอายุ 2 สัปดาห์ พบว่า ไคติเนสมีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงที่สุดคือ 10.8040 ยูนิต/มิลลิกรัม ค่าพีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายคอลลอยด์ไอดอลไคติน1 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 3.5 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อบ่มไคติเนสกับคอลลอยด์ไอดอลไคตินที่เวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง พบว่า ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้ในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกันโดยไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการบ่มที่เวลาน้อยกว่าคือ 30 นาที จะมีโมเลกุลของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดใหญ่ ($(GlcNAc)_4$, $(GlcNAc)_5$ และ $(GlcNAc)_6$) มากกกว่าโมเลกุลขนาดเล็ก (GlcNAc, $(GlcNAc)_2$ และ $(GlcNAc)_3$) และเมื่อใช้เวลาในการบ่มเพิ่มเป็น 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง จะได้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กเพิ่มขึ้น (GlcNAc, $(GlcNAc)_2$ และ $(GlcNAc)_3$) และโมเลกุลขนาดใหญ่จะมีปริมาณลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ไคติเนส ก้ามปู ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์

[1] นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ e-mail: xsrisng95@gmail.com

[2] รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ e-mail: mana@vru.ac.th

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: mana@vru.ac.th*

ASSESSMENT OF CHARACTERS AND ACTIVITIES OF CHITINASE FROM *SAMANCA SAMAN* (JACQ)

Phuthita Phumkhonsan[1] Mana Kaomek[2*]

Abstract

This research were aims to assessment of characters and activities of chitinase that was extracted from 2 weeks old germinated of *Samanca Saman* (Jacq) that had the highest activity value of 10.8040 Unit/mg. The pH and temperature optimum for catalytic decomposition of colloid chitin 1 percent were 3.5 and 45 ° C, respectively. The mixture of chitinase and colloid chitin were incubated for 30 minutes, 1 hour, 2 hours and 4 hours that showed the chitooligosaccharides are different at intervals. There were large molecules of chitooligosaccharides ($(GlcNAc)_4$, $(GlcNAc)_5$ and $(GlcNAc)_6$) more than small molecules (GlcNAc, $(GlcNAc)_2$ and $(GlcNAc)_3$) when they were from curing at less than 30 minutes.

Keywords: Chitinase, *Samanca Saman* (Jacq), Chitooligosaccharides

[1] *Bachelor of Science Program in Chemistry, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, e-mail: xsrisng95@gmail.com*

[2] *Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, e-mail: mana@vru.ac.th*

** Corresponding author, e-mail: mana@vru.ac.th*

บทนำ

ไคติเนสเป็นเอนไซม์ที่สลายพันธะเบตา 1,4 ไกลโคซิดิกของไคตินได้ผลผลิตเป็นเอ็นอะซิติลกลูโคซามีนและไคโตโอลิโอแซคคาไรด์ที่มีความยาวต่าง ๆ กัน ไคติเนสพบในสิ่งมีชีวิตหลายชนิด เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา ยีสต์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการประยุกต์ใช้ทางเทคโนโลยีชีวภาพ โดยเฉพาะด้านอุตสาหกรรมการเกษตรใช้ควบคุมโรคพืชที่เกิดจากเชื้อราและแมลงที่เป็นอันตราย (Chernin et al, 1997) จากการศึกษาเชื้อราที่เป็นศัตรูพืชและก่อให้เกิดปัญหาต่อการเกษตรกรรมของประเทศไทย มีทั้งความเสียหายต่อผลผลิตและการปนเปื้อนของสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อรา ซึ่งก่อให้เกิดผลร้ายทั้งต่อสิ่งแวดล้อม สุขภาพของประชากร และเศรษฐกิจ จึงมีการแก้ปัญหาโรคพืชที่เกิดจากเชื้อราของเกษตรกรรม การส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรอินทรีย์ของประเทศให้ก้าวหน้า การใช้เอนไซม์ซึ่งเป็นสารชีววัตถุที่สามารถย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อราหรือยับยั้งการงอกของสปอร์ในการควบคุมและกำจัดเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคในพืชหลายประเภท เอนไซม์ที่สำคัญคือ เอนไซม์ไคติเนส ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้เพราะ เส้นใยของเชื้อรามีไคตินเป็นโครงสร้างหลัก เอนไซม์ไคติเนสสามารถพบได้ในสิ่งมีชีวิตที่หลากหลายตั้งแต่เชื้อแบคทีเรียทั้งบนดินและในทะเล เชื้อรา รวมทั้งพืช โดยเฉพาะในพืชตระกูลถั่วและสัตว์บางประเภท มีผลการวิจัยเป็นจำนวนมากที่ได้แสดงถึงความสามารถของเอนไซม์ไคติเนสที่เตรียมได้จากแหล่งต่าง ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคพืชชนิดต่าง ๆ หลายประเภท โดยผลจากงานวิจัยส่วนใหญ่ พบว่า เอนไซม์ไคติเนสจากพืชและแบคทีเรียมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ดี (Lievens, 2009) และจากรายงานการวิจัยของพูนศุข ศรีโยธา (2540) ที่มีการตรวจหาไคติเนสจากเมล็ดพืชไทยจำนวน 80 ชนิดพบว่า เมล็ดพืชจำนวน 37 ชนิด มีเอนไซม์ไคติเนส โดยก้ามปูเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูง และจากรายงานการวิจัยของวิชาญ ภู่บึงพร้าว และสุภาพร ปรูกระโทก (2548) พบว่าต้นอ่อนของพืชมีค่ากิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ไคโตซาเนสมากกว่าเมล็ด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำก้ามปูมาเพาะต้นอ่อนอายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ศึกษาค่ากิจกรรมจำเพาะของต้นอ่อนในแต่ละช่วงเวลา หาคุณลักษณะพีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยา และรูปแบบของผลิตผลไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการยับยั้งเชื้อราและต้านอนุมูลอิสระต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อตรวจหาค่ากิจกรรมจำเพาะของไคติเนสจากต้นอ่อนก้ามปูอายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์
2. เพื่อหาคุณลักษณะของไคติเนสด้านพีเอช อุณหภูมิ และรูปแบบของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สกัดเอนไซม์ไคติเนสจากต้นอ่อนของก้ามปูที่มีอายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์โดยวิธีของบอลเลอร์และคณะ (Boller et al, 1983) โดยนำต้นอ่อนก้ามปูอายุต่าง ๆ มาบดในไนโตรเจนเหลว เติมโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ พีเอช 3.5 ปริมาตร 2:1 ที่มีฟีนิลเมธิลซัลโฟนิลฟลูออไรด์เข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ และพอลิไวนิลพอลิไพโรลิดอล เข้มข้น5 เปอร์เซ็นต์ นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 25,000 g เป็นเวลา 30 นาที จะได้สารละลายของสารสกัดไคติเนส

2. หาค่ากิจกรรมของไคติเนส (Boller et al, 1983) โดยนำสารสกัดไคติเนส 200 ไมโครลิตรผสมกับคอยลอยด์ไอดอลไคตินเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (เตรียมโดยวิธี Shimahara and Takiguchi, 1988) ในโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ พีเอช 3.5 ปริมาตร 800 ไมโครลิตร บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส 20 นาที นำของผสมปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 g เป็นเวลา 10 นาที ดูดสารละลายใส 500 ไมโครลิตร เติม 0.8 โมลาร์โซเดียมเตตระบอเรต ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ต้มในน้ำเดือด 3 นาที เติมสารละลายพาราไดเมธิลอะมิโน

เบนซัลดีไฮด์ปริมาตร 3 มิลลิลิตร บ่มในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 585 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐานเอ็นอะซิติลกลูโคซามีน

3. หาปริมาณโปรตีนด้วยวิธีของเลาว์รี (Lowry et al, 1951) โดยนำสารสกัดไคติเนสมา 10 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรเป็น 500 ไมโครลิตร ด้วยโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์พีเอช 3.5 เติมสารละลายผสมคอปเปอร์ซัลเฟต 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เติมสารละลาย 50 เปอร์เซ็นต์ โฟลินปริมาตร 250 ไมโครลิตรเขย่าและตั้งทิ้งไว้ 30 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ 750 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐานของโปรตีนโบไวน์ซีรัมอัลบลูมีน (BSA)

4. ศึกษาผลของพีเอชและอุณหภูมิต่อการเร่งปฏิกิริยา (Gomori, 1955)

4.1 ศึกษาค่ากิจกรรมในช่วงพีเอช 3.0-10 (ช่วงต่าง 0.5) โดยพีเอชช่วง 3.0-6.0 ใช้โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ ช่วงพีเอช 6.5-8.0 ใช้ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ และช่วงพีเอช 8.5-10 ใช้ทริสไฮโดรคลอริก บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

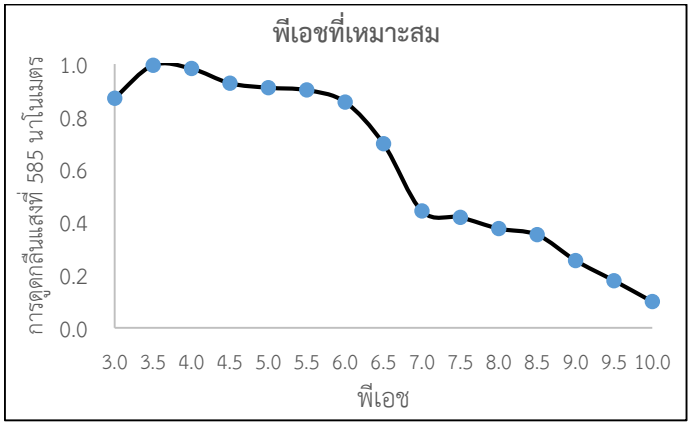
4.2 ศึกษาค่ากิจกรรมที่อุณหภูมิ 30-70 องศาเซลเซียส (ช่วงต่าง 5 องศาเซลเซียส) โดยใช้อะซิเตตบัฟเฟอร์พีเอชที่เหมาะสม (ผลจากข้อ 4.1) บ่มที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 20 นาที

5. เตรียมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ด้วยไคติเนส (Miller, 1959) โดยผสมคอยลอยด์ไอดอลไคติน 800 ไมโครลิตรกับสารสกัดไคติเนส 200 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิที่เหมาะสม (ผลจากข้อ 4.2) เป็นเวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมงนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที และนำของผสมปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที จะได้สารละลายไคโตโอลิโกแซคคาไรด์

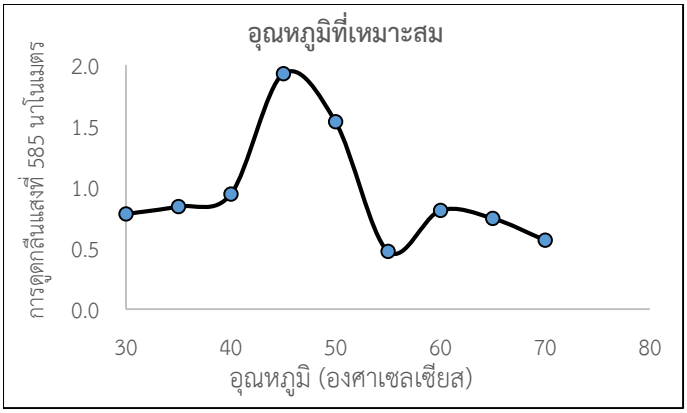
6. ตรวจสอบรูปแบบไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ด้วย TLC (Pownibg and Lrzykiewicy, 1967) โดยสปอตสารตัวอย่างจากข้อ 5 จำนวน 4 จุด และสารมาตรฐานไคโตโอลิโกแซคคาไรด์อีก 1 จุด โดยใช้ตัวทำละลายเป็นโพรพานอล : น้ำ : แอมโมเนีย 70 : 30 : 1 และทำให้เกิดสีโดยสเปร์ยสารผสมของอะนิลีนบนแผ่น TLC นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 145 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที หาค่า Rf เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานไคโตโอลิโกแซคคาไรด์

ผลการวิจัย

เอนไซม์ไคติเนสที่สกัดจากต้นอ่อนก้ามปูอายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ด้วย 0.1 โมลาร์ โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ พบว่ามีค่ากิจกรรมเท่ากับ 18.2140, 19.2687, 19.0124 และ 18.5687 ยูนิต/มิลลิลิตร ตามลำดับ และมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 1.8610, 1.7835ม 1.8761 และ 1.8610 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อนำค่ากิจกรรมและปริมาณโปรตีนมาคำนวณค่ากิจกรรมจำเพาะ พบว่ามีค่าเท่ากับ 9.7870, 10.8040, 10.1340 และ 9.9780 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ โดยไคติเนสจากต้นอ่อนก้ามปูอายุ 2 สัปดาห์มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงที่สุดคือเท่ากับ 10.8040 ยูนิต/มิลลิกรัม เมื่อนำไคติเนสจากต้นอ่อนก้ามปูอายุ 2 สัปดาห์มาหาค่าพีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาพบว่า พีเอชที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 3.5 และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 45 องศาเซลเซียสดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2 ตามลำดับ

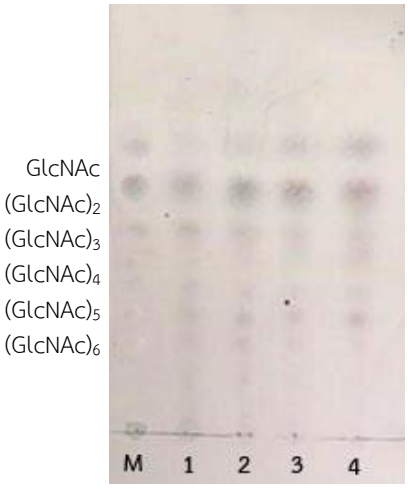


ภาพที่ 1 กราฟแสดงการเร่งปฏิกิริยาของไคติเนสในช่วงพีเอช 3.0 -10.0



ภาพที่ 2 กราฟแสดงการเร่งปฏิกิริยาของไคติเนสในช่วงอุณหภูมิ 30 – 70 องศาเซลเซียส

เมื่อนำไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการสลายด้วยไคติเนสที่อุณหภูมิและพีเอชที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาคือ 45 องศาเซลเซียส พีเอช 3.5 ตามลำดับ มาหารูปแบบด้วย TLC พบว่า เวลาที่ใช้ในการบ่มที่ 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง จะได้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดต่าง ๆ กัน เมื่อใช้เวลาในการบ่ม 30 นาที จะได้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดตั้งแต่ $(GlcNAc)_{1-6}$ โดยไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีโมเลกุลใหญ่ ($(GlcNAc)_4$, $(GlcNAc)_5$ และ $(GlcNAc)_6$) จะมีจุดที่เข้มกว่าโมแลกุลขนาดเล็ก แสดงว่ามีปริมาณโมเลกุลขนาดใหญ่มากกว่า แต่เมื่อใช้เวลาในการบ่มมากขึ้นเป็น 1, 2 และ 4 ชั่วโมง ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จะมีขนาดโมเลกุลเล็ก (GlcNAc, $(GlcNAc)_2$ และ $(GlcNAc)_3$) เพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 รูปแบบของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการสลายคอลลอยด์ไอดอลไคตินที่ 45 องศาเซลเซียส พีเอช 3.5 เวลาที่ใช้บ่มต่างกัน M: สารมาตรฐานไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาด 1 - 6 โมเลกุล ($(GlcNAc)_{1-6}$), 1: ใช้เวลาบ่ม 30 นาที 2: ใช้เวลาบ่ม 1 ชั่วโมง 3: ใช้เวลาบ่ม 2 ชั่วโมง และ 4: ใช้เวลาบ่ม 4 ชั่วโมง

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ไคติเนสที่สกัดจากต้นอ่อนก้ามปูที่มีอายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ มีค่ากิจกรรมจำเพาะแตกต่างกัน โดยไคติเนสที่สกัดจากต้นอ่อนก้ามปูอายุ 2 สัปดาห์ มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงที่สุดคือ เท่ากับ 10.8040 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน พีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาคือ 3.5 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่ากิจกรรมจำเพาะของไคติเนสจากต้นอ่อนก้ามปูอายุ 2 สัปดาห์กับไคติเนสที่สกัดได้จากแหล่งต่าง ๆ พบว่า ไคติเนสจากต้นอ่อนก้ามปูอายุ 2 สัปดาห์ มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงกว่าไคติเนสที่ได้จากแหล่งอื่น ๆ เช่น ขาวเมฆ และคณะ (Kaomek et al, 2003) สกัดไคติเนสจากต้นอ่อนกระถินบ้าน พบว่ามีค่ากิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 0.5640 ยูนิต/มิลลิกรัม คีธและมาร์ก (Keith and Mark, 1984) สกัดไคติเนสจากยีสต์ *Candida albicans* พบว่ามีค่ากิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 0.0758 ยูนิต/มิลลิกรัม นีตูและคณะ (Neetu et al, 2005) สกัดไคติเนสจากแบคทีเรีย *Enterobacter* sp. พบว่ามีค่ากิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 0.1750 ยูนิต/มิลลิกรัม

ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยของไคติเนสจากต้นอ่อนก้ามปูอายุ 2 สัปดาห์ ที่ใช้เวลาย่อย 30 นาที จะมีไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดใหญ่มากกว่าไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยที่ 1, 2 และ 4 ชั่วโมง แต่มีไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดเล็กน้อยกว่า คือไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อย 30 นาที จะมีไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ของ ($(GlcNAc)_4$, $(GlcNAc)_5$ และ $(GlcNAc)_6$) มากกว่า GlcNAc, $(GlcNAc)_2$ และ $(GlcNAc)_3$ แต่เมื่อใช้เวลาในการย่อยเป็น 1, 2 และ 4 ชั่วโมง ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดใหญ่จะถูกย่อยสลายให้ขนาดโมเลกุลที่เล็กลงเป็น GlcNAc, $(GlcNAc)_2$ และ $(GlcNAc)_3$ โดย $(GlcNAc)_4$ ถูกย่อยเป็น $(GlcNAc)_2$ + $(GlcNAc)_2$ หรือ $(GlcNAc)_3$ + $(GlcNAc)_1$, $(GlcNAc)_5$ ถูกย่อยเป็น $(GlcNAc)_2$ + $(GlcNAc)_3$ หรือ $(GlcNAc)_4$ + $(GlcNAc)_1$ และ $(GlcNAc)_6$) ถูกย่อยเป็น $(GlcNAc)_2$ + $(GlcNAc)_4$ หรือ $(GlcNAc)_3$ + $(GlcNAc)_3$ หรือ $(GlcNAc)_5$ + $(GlcNAc)_1$

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยนี้ได้ผลการวิจัยของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์มาจากก้ามปูที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูง ควรเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่น ๆ ที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูง เช่น ข้าวดอกมะลิ 105 นอกจากนี้ควรนำผลิตผลไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้ในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืช และทดสอบการต้านอนุมูลอิสระใช้ในเครื่องสำอาง ใช้ในการเร่งการเจริญเติบโตของพืช และใช้ในการผสมอาหารบางชนิด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่อำนวยความสะดวกการใช้เครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

พูนศุข ศรีโยธา. (2540). **รายงานการวิจัยเรื่องเอนไซม์สลายไคตินและคุณสมบัติในการเร่งปฏิกิริยา**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 40 หน้า.

วิชาญ ภู่บึงพร้าว และสุภาพร ปรูกระโทก. (2548). **การหาเอนไซม์ไคโตซาเนสจากข้าวไทย**. ปทุมธานี: โปรแกรมเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี. 41 หน้า.

Boller, T., Gehri, A., Mauch F. & Vogeli, U. (1983). Chitinase in Bean Leaves: Induction by Ethylene, Purification, Properties and Possible Function. **Planta**. 157: 22-31.

Chernin, L. S., Fuente, L. D., Sobolev, L. V., Haran, S., Vorgias, C. E., Oppenheim, A. B. & Chet, I. (1997). Molecular Cloning, Structural Analysis, and Expression in *Escherichia coli* of a Chitinase Gene from *Enterobacter Agglomerans*. **Appl. Environ. Microbiol.** 63 (3): 834–839.

Gomori, G. (1955). Preparation of Buffers for Use in Enzymes Studies. **Methodology Enzymology.** 1: 139-146.

Kaomek, M., Mizuno, K., Fujimura, T., Sriyotha, P. & Cairns, J. R. (2003). Cloning, Expression, and Characterization of an Antifungal Chitinase from *Leucaena leucocephala* de Wit. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry.** 67(4): 667-676.

Keith, B. B. & Mark, H. (1984). The Detection and Analysis of Chitinase Activity from the Yeast Form of *Candida albicans*. **Journal of General Microbiology**. 130: 1857-1861.

Lievens, B., Houterman, P. M. & Rep, M. (2009). Effector Gene Screening Allows Unambiguous Identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici Races and Discrimination from other Formae Specials. **FEMS Microbiology Letters**. 300 (2): 201–215.

Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951). Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent. **Journal of Biological Chemistry.** 193: 265-275.

Miller, G. C. (1959). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Etermination of Reducing Sugar. **Analytical Chemistry**. 31: 426-428.

Neetu, D., Rupinder, T., Ram, P. T. & Gurinder, S. H. (2005). Chitinase from *Enterobacter sp.* NRG4: Its Purification, Characterization and Reaction Pattern. **Microbial Biotechnology**. 8(2): 8-17.

Pownibg, R. F. & Lrzykiewicy, H. (1967). Sepration of Chitin Oligosaccharide by Thin Layer Chromatography. **Journal of Chromatography**. 27: 115-119.

Shimahara, K. & Takiguchi, Y. (1988). Preparation of Crustacean Chitin. **Methodology Enzymology**. 161: 417-423.

ระบบควบคุมไฟถนนแบบหลอดแอลอีดีด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

จุไรรัตน์จินดา อรรคนิตย์[1*] อลงกรณ์ พรมที[2] ปฏิภาณ ฮาดสม[3] จุฑามาศ อันเนิน[3] รุ่งโรจน์ เมฆสว่าง[3]

บทคัดย่อ

บทความเรื่องระบบควบคุมโคมไฟถนนแบบหลอดแอลอีดีด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ แอปพลิเคชั่นควบคุมการ เปิด - ปิดไฟถนนด้วยโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ตโฟน ซึ่งใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266V2 เชื่อมต่อสัญญาณวายฟาย โคมไฟถนนแบบหลอดแอลอีดีขนาด 26 วัตต์ จำนวน 8 โคม ผลการทดลองพบว่าแอปพลิเคชั่นควบคุมการเปิด - ปิด โคมไฟถนนสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี และโคมไฟถนนมีกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 26 วัตต์ ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย 15 ลักซ์ ที่ความสูง 2 เมตร ระยะการทำงานของชุดวายฟายน้อยกว่า 30 เมตร สามารถประหยัดพลังงานได้ 7,818.125 กิโลวัตต์ต่อปี จุดคุ้มทุนจะอยู่ที่ประมาณ 5 เดือน

คำสำคัญ : ไมโครคอนโทรลเลอร์ สมาร์ตโฟน หลอดแอลอีดี

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*
e-mail : Churairatchinda@yahool.com
[2] รองศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
e-mail : Promtee@gmaill.com
[3] นักศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
e-mailPatipan7839@gmail.com

LED STREET LAMP CONTROL SYSTEM BY MICROCONTROLLER

Churairatchinda Akkanit[1*] Alongorn Promtee[2] Patiphan Hadsom[3] Chutamas Oannoen[3] Rungroj Makesaang[3]

Abstract

These articles about led street lamp control system by microcontroller consists of 3 parts: an application to control the on - off street light with smart phone that used android operating system. The microcontrollers ESP8266 V2 control to wifi signal. The eight LED street lamp was 26 watt. The results showed that the application control can be used as well. The a street lamp power has 26 watt luminance values average 15 Lux at a height of 2 meter. The distance of work at less than 30 meter these lamp can save energy 7818.125 kilowatt/year breakeven point is approximately 5 months

Keywords : Microcontrollers, Smart Phone, LED Lamp

[1*] *Assistant Professor in Electrical Engineering, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University*
e-mail:Churairathinda@yahoo.com

[2*] *Associate Professor in Electrical Engineering, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University*
e-mail: Promtee@gmaill.com

[3*] *Bachelor of Engineering Program in Electrical Engineering, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University*
e-mail: Patipan7839@gmail.com

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านการสื่อสารได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินชีวิตประจำวันมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารทางด้านข้อมูลและข่าวสารได้มีการพัฒนากันอย่างรวดเร็วโทรศัพท์เคลื่อนที่มีความสามารถเพิ่มมากขึ้นจนเกือบจะเทียบเท่าคอมพิวเตอร์ และระบบปฏิบัติการที่ใช้ในโทรศัพท์เคลื่อนที่มีสัดส่วนการใช้งานดังนี้ คือ ระบบแอนดรอยด์ 33 เปอร์เซ็นต์ ระบบไอโอเอส 16 เปอร์เซ็นต์ ระบบริม 14 เปอร์เซ็นต์ ระบบซิมเบี้ยน 31 เปอร์เซ็นต์ ระบบวินโดวส์โมบาย 3เปอร์เซ็นต์ และระบบอื่น ๆ อีก 3 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มีจำนวนมาก อุปกรณ์มีหลากหลายระดับ หลายราคา รวมทั้งสามารถทำงานบนอุปกรณ์ที่มีขนาดหน้าจอและความละเอียดแตกต่างกันได้ ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกได้ตามต้องการ โดยความต้องการทางด้านพลังงานไฟฟ้าที่นำมาใช้นั้นมีหลากหลายในการนำไปใช้งาน แต่ในด้านหนึ่งซึ่งถือว่าสูงมากก็คือทางด้านแสงสว่าง ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในชีวิตประจำวันในทุกส่วนทั้งกลางวันและกลางคืน จึงเห็นได้ว่าทั่วทั้งโลกก็มีความจำเป็นต้องใช้แสงสว่าง โดยปัจจุบันมีการใช้งานหลอดที่ให้แสงสว่าง เช่น หลอดไส้ (Incandescent) ฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent) หรือหลอด LED

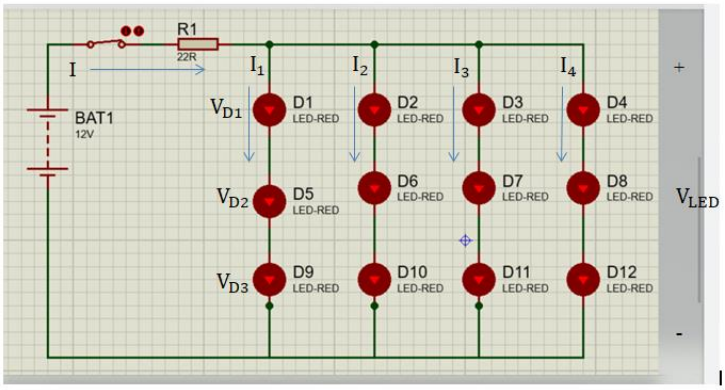
ระบบการทำงานของการควบคุมโคมไฟถนนโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งจะประกอบด้วยภาคส่ง ได้แก่ การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานโดยใช้แอนดรอยด์ซึ่งส่งสัญญาณเชื่อมต่อแบบไวไฟไร้สายผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ และภาครับใช้โมดูลรับสัญญาณไวไฟในการเชื่อมต่อสัญญาณวายฟายและเข้าสู่วงจรเชื่อมต่อโดยใช้รีเลย์ในการควบคุมการปิดเปิดไฟถนน ซึ่งการใช้เทคโนโลยีในการควบคุมการเปิด-ปิดไฟถนน จะทำให้เกิดความสะดวกสบายและสามารถควบคุมการทำงานได้แม้อยู่ในที่ห่างไกล

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ออกแบบและสร้างโปรแกรมควบคุมการเปิด-ปิดไฟถนนด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
2. ออกแบบและสร้างโคมไฟถนนแบบหลอดแอลอีดีสำหรับถนนย่อย
3. ทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมและโคมไฟถนนแบบหลอดแอลอีดี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบโมดูลหลอด LED สำหรับงานวิจัยเรื่องนี้ใช้โคมไฟถนนแบบถนนย่อย ซึ่งเป็นโคมหลังเต่า ขั้วหลอดแบบ E27 มาใช้โดยตัดขั้วหลอดออกแบบนำแผ่นสะท้อนแสงขนาดเท่าโคมวางลงไป เลือกใช้หลอดแอลอีดีแบบกำลังสีขาวขนาดหลอดละ 3 วัตต์ แรงดัน 3.2 โวลต์ กระแส 0.7 แอมแปร์ จำนวน 12 หลอดโดยนำมาต่อวงจรแบบผสมกัน ดังภาพที่ 2



(ก) วงจรหลอด LED แบบผสม (ข) การวางหลอด LED บนโคมหลังเต่า

ภาพที่ 2 การออกแบบโมดูลหลอด LED สำหรับโคมไฟถนน

การคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า (I) ในภาพที่ 2 ซึ่งเป็นการต่อแบบผสม โดย LED ต่ออนุกรม 3 ตัว แล้วนำมาขนานกัน 4 ชุด ดังนั้นสามารถคำนวณค่ากระแส I ได้จากสมการที่ 1

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \tag{1}$$

เมื่อ I_1 = 0.7 A ,I_2 = 0.7 A , I_3 = 0.7 A และ I_4 = 0.7 A
แทนค่าในสมการที่ 1 จะได้

$$I = 0.7+0.7+0.7+0.7 = 2.8 \text{ A}$$

การคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้า V_{LED} ซึ่งเป็นการต่อแบบอนุกรม 3 ตัว หาค่าได้จากสมการ

$$V_{LED} = V_{D1} + V_{D2} + V_{D3} + V_{D4} \tag{2}$$

เมื่อแรงดันตกคร่อม LED แต่ละหลอดมีค่า 3.2 V แทนค่าในสมการที่ 2 จะได้

$$V_{LED} = 3.2 \text{ V} + 3.2 \text{ V} + 3.2 \text{ V}$$

$$V_{LED} = 9.6 \text{ V}$$

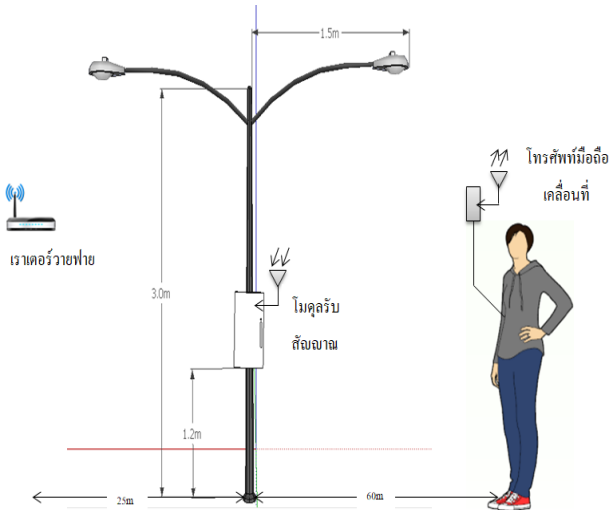
การคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าสำหรับโคมไฟถนน 1 โคม หาค่าได้จากสมการ

$$P = V_{LED} I \tag{3}$$

$$P = 9.6V \times 2.8A$$

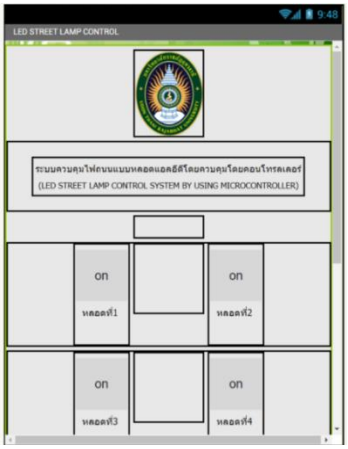
$$P = 26.88\ W$$

2. การออกแบบโครงสร้าง ผู้วิจัยได้ออกแบบโคมไฟตามมาตรฐานถนนย่อยของกรมทางหลวง โดยมีระดับความสูงของเสา 3 เมตร และมีแขนทั้งสองข้างตามภาพที่ 3 โดยติดตั้งโมดูลรับสัญญาณวายฟายในตู้ข้างเสาไฟถนนชุดที่ 1



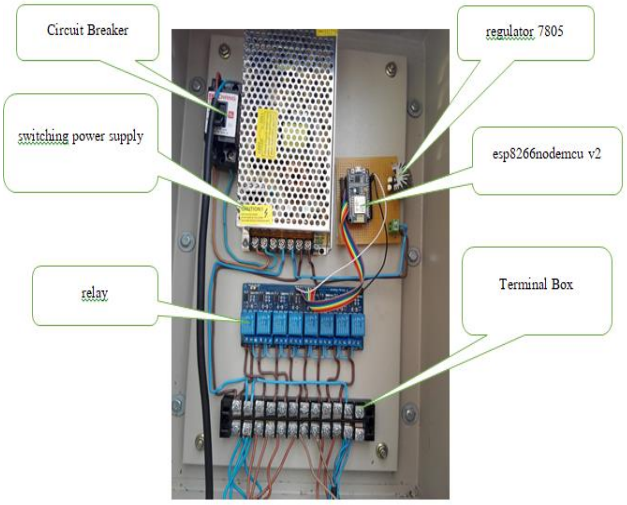
ภาพที่ 3 การติดตั้งอุปกรณ์รับสัญญาณวายฟาย

3. การออกแบบแอปพลิเคชั่น ออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชั่นบนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม App Inventor 2 โดยให้สวิตซ์ควบคุมการทำงาน 8 สวิตซ์ สามารถควบคุมการทำงานของโคมไฟฟ้าถนนได้ทั้ง 8 หลอดโดยเมื่อกดสวิตซ์จะมีการแสดงสถานะการทำงานของหลอดเป็นรูปหลอดไฟติดสว่างแสดงว่ามีการทำงาน แต่เมื่อกดปล่อยหลอดไฟที่หน้าจอแอพลิเคชั่นจะไม่สว่าง



ภาพที่ 4 หน้าจอแอปพลิเคชั่นการควบคุมการปิดเปิดไฟถนน

4. การออกแบบชุดขับหลอด LED ของโคมไฟถนนแบบหลอดแอลอีดีโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้โมดูลรีเลย์ขนาด 12 โวลต์ จำนวน 8 ตัวเพื่อควบคุมการทำงานของหลอด LED



(ก) โครงสร้างชุดควบคุม เปิด-ปิด โคมไฟถนน (ข) การกดปุ่มควบคุมการทำงาน

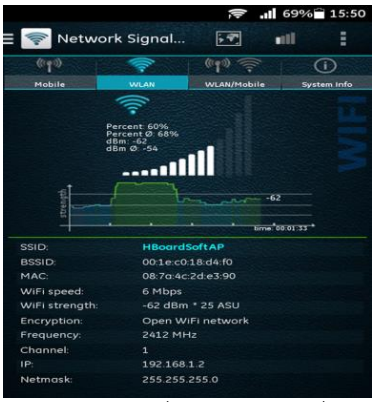
ภาพที่ 5 ชุดควบคุม เปิด-ปิด โคมไฟถนน แบบหลอดแอลอีดีโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

จากภาพที่ 5 ชุดควบคุมประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตซ์ชิงซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าไปยังโคมไฟถนนทั้ง 8 โคม

โดยมีไอซี 7805 ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันให้คงที่และจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรไมโครคอนโทรเลอร์ ทำหน้าที่เชื่อมต่อสัญญาณวายฟายจากเราเตอร์ และรอรับคำสั่งจากโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบสมาร์ตโฟน

ผลการวิจัย

1. การปิด-เปิดหลอดไฟฟ้าผ่านแอพพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ เมื่อใช้การเชื่อมต่อโทรศัพท์ผ่านสัญญาณวายฟาย และเราเตอร์อินเตอร์เน็ตแบบไร้สาย ในระยะ 0 เมตร - 30 เมตร ทำการวัดค่าความแรงของสัญญาณวายฟายที่มุมต่างๆ และสังเกตการติดดับของโคมไฟถนนทั้งแบบโคม



ภาพที่ 6 ระดับสัญญาณที่ระยะ 5 เมตร ที่มุม 90 องศา

จากภาพที่ 6 เมื่อทำการวัดระดับความแรงของสัญญาณไวไฟโดยใช้โปรแกรม Network Signal พบว่า ระดับความแรงของสัญญาณวายฟายมีค่า 60 เปอร์เซ็นต์ ความเร็ว 6 Mbps

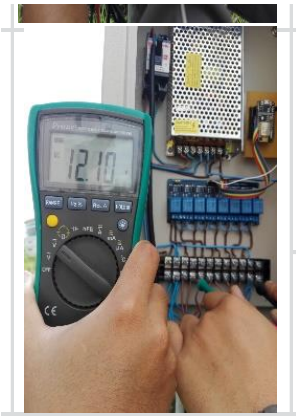
ตารางที่ 1 ระยะการทำงานติดดับของโคมไฟถนนเมื่อเชื่อมสัญญาณผ่านวายฟาย

ระยะ (เมตร)	สถานะการทำงานของโคมไฟถนน							
	โคมที่ 1	โคมที่ 2	โคมที่ 3	โคมที่ 4	โคมที่ 5	โคมที่ 6	โคมที่ 7	โคมที่ 8
0	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด
10	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด
15	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด
20	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด
25	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด
30	ไม่ติด	ไม่ติด	ไม่ติด	ไม่ติด	ไม่ติด	ไม่ติด	ไม่ติด	ไม่ติด

จากตารางที่ 1 เมื่อทำการทดสอบระยะการทำงานที่ระยะจาก 0 เมตร จนถึง 25 เมตร แอพพลิเคชั่นสามารถควบคุมการปิด เปิดของโคมไฟถนนทั้ง 8 โคมได้ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อทดสอบที่ระยะ 30 เมตร โคมไฟถนนจะไม่ติดเนื่องจากระยะในการควบคุมห่างจากจุดปล่อยสัญญาณวายฟาย

2. การควบคุมการปิดเปิดของโคมไฟถนนผ่านสัญญาณอินเตอร์เน็ต 4G ตั้งแต่ระยะ 0 เมตร – 60 เมตร จะสามารถควบคุมการปิด เปิดของโคมไฟถนนได้ และเมื่อทดสอบที่ระยะ 1 กิโลเมตร แอพพลิเคชั่นก็สามารถควบคุมการปิดเปิดของโคมไฟถนนได้

3. การวัดค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้าของชุดควบคุมระบบควบคุมโคมไฟถนนแบบหลอดแอลอีดีโดยใช้ไมโครคอน โทรลเลอร์ทั้ง 8 โคม เมื่อกดสวิตช์ที่โทรศัพท์ เมื่อกดสวิตช์ 1 และกดสวิตช์ทั้ง 8 พร้อมกัน



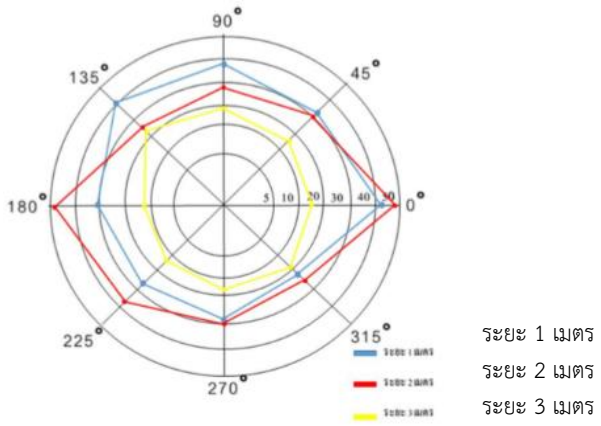
ภาพที่ 7 การวัดแรงดันของโคมไฟถนนเมื่อกดสวิตช์ทั้ง 8 พร้อมกัน

ตารางที่ 2 การวัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของโคมไฟถนนเมื่อกดสวิตช์ที่แอพพลิเคชัน

การทำงาน	สถานะสวิตช์	สถานะหลอด LED ของโคมไฟถนน	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
กดสวิตช์ที่ 1	ON	ติด 1 โมดูล	11.03	2.71	29.891
	OFF	ดับ	0	0	0
กดพร้อมกัน 8 สวิตช์	ON	ติด 8 โมดูล	12.1	19.38	234.5
	OFF	ดับ	0	0	0

จากตารางที่ 2 เมื่อกด 1 สวิตช์ แรงดันไฟฟ้าจะมีค่า 11.03 โวลต์ และ ค่าของกระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 2.71แอมแปร์กำลังไฟฟ้า 29.891 วัตต์ และเมื่อกดทั้ง 8 สวิตช์ พร้อมกันของแรงดันไฟฟ้าจะมีค่า 12.10 โวลต์ และค่ากระแสอยู่ที่ 19.38 แอมแปร์ ค่ากำลังไฟฟ้า 234.5 วัตต์

4. การวัดความส่องสว่างของโคมไฟถนนทั้ง 8 โคมโดยหาค่าเฉลี่ย ที่มุม 0 องศา 45 องศา 90 องศา 135 องศา 180 องศา 225 องศา 270 องศา และ 315 องศา ที่ระยะความสูงโคม ตั้งแต่ 0 เมตร - 3 เมตร



ภาพที่ 8 แสดงลักษณะการกระจายแสงของโคมไฟถนนที่มุมและระยะต่างๆ

จากภาพที่ 8 ได้กราฟที่มีลักษณะการกระจายของแสงคล้ายวงกลมโดยมุม 0 องศา และ 180 องศา มีค่าความส่องสว่างสูงสุด 58 ลักซ์ ที่ระยะ 1 เมตร

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. ชุดโคมไฟถนนแบบหลอด LED ขนาด 26 วัตต์ มีกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยดังนี้ กำลังไฟฟ้าโคมไฟที่ 1 มีค่า 29.89 วัตต์ โคมที่ 2 มีค่า 24.33 วัตต์ โคมที่ 3 มีค่า 19.12 วัตต์ โคมที่ 4 มีค่า 16.25 วัตต์ โคมที่ 5 มีค่า 15.02 วัตต์ โคมที่ 6 มีค่า 18.26 วัตต์ โคมที่ 7 มีค่า 17.85 วัตต์ โคมที่ 8 มีค่า 16.13 วัตต์ ค่าเฉลี่ยต่อ 1 โคม คือ 19.61 วัตต์ ความสูงจากโคมที่ระยะ 1 เมตร ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของไฟถนนมีค่า 35 ลักซ์ ที่ระยะ 2 เมตร ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย มีค่า 25 ลักซ์ และ ที่ระยะ 3 เมตร ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยมีค่า 8 ลักซ์ ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างในระยะ 2 เมตรจะมีค่าความส่องสว่างดีที่สุดและลักษณะการกระจายแสงเป็นแบบวงกลม

2. โปรแกรมควบคุมการ ปิด-เปิดโคมไฟถนนโดยใช้แอปพลิเคชั่นบนโทรศัพท์แบบสมาร์ตโฟน ด้วยระบบปฏิบัติการแบบแอนดรอยด์มีปุ่มสวิตช์ควบคุมการ ปิด-เปิด จำนวน 8 ปุ่มสวิตช์ สามารถควบคุมการทำงานของโคมไฟถนนได้เป็นอย่างดี โมดูลรับสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์มีระยะในการรับส่งสัญญาณสูงสุด 60 เมตร และระยะในการติดตั้งโมดูลวายฟาย ห่างประมาณ 25 เมตร ที่มุม 90 องศา เมื่อใช้วายฟาย AIS Fiber ระยะในการควบคุมแอปพลิเคชั่น ปิด-เปิด โคมไฟถนนได้ไม่เกิน 25 เมตร สำหรับการใช้อินเตอร์เน็ตแบบ 4 G ของเครือข่าย AIS ระยะทางในการควบคุมการปิด – เปิดแอปพลิเคชั่นมีค่ามากกว่า 60 เมตร โดยสามารถควบคุมได้ในบริเวณใดก็ได้ที่มีสัญญาณโทรศัพท์

3. สำหรับการอนุรักษ์พลังงานระบบแสงสว่างโดยใช้มาตรการเปลี่ยนหลอดแสงจันทร์ขนาด 250 วัตต์ เป็นหลอด LED ขนาด 26 วัตต์ สามารถประหยัดไฟฟ้าได้ใน 1 ปี 7,818.125 กิโลวัตต์ต่อปี เป็นเงิน 23,454.375 บาทต่อปี คุ้มทุนได้ประมาณ 5 เดือน

ข้อเสนอแนะ

1. ระบบควบคุมไฟถนนแบบหลอดแอลอีดีควบคุมโดยคอนโทรเลอร์ให้สามารถดาวน์โหลดแอปพลิเคชั่นใน App Play Store ได้
2. มีการตรวจสอบการทำงานของหลอดไฟซึ่งแสดงสถานะว่าขาดหรือทำงานปกติที่หน้าจอแอปพลิเคชั่น
3. มีการลดค่าสูญเสียแรงดันไฟฟ้าในสายไฟ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จักรชัย โสอินทร์. (2011). **Android App Development**. นนทบุรี: ไอดีซี พรีเมียร์.

พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร. (2013). **คู่มือเขียนแอพ Android ฉบับสมบูรณ์**. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.

อานนท์ ศิริไทย. (2015). ชุดควบคุมโคมไฟถนนประหยัดพลังงานแบบอัจฉริยะ. **วารสาร มทร. อีสาน**. 8(1): มกราคม - เมษายน 2558 หน้า 127 -139.

ควบคุม esp8266 Relay กับ Android โดยใช้ MIT App Inventor. [ออนไลน์], 4 ตุลาคม 2560 [เข้าถึงเมื่อ 8 ธันวาคม 2560]. เข้าถึงได้จาก myelectronicslab.com: https://myelectronicslab.com/control-esp8266-relay-with-android-using-mit-app-inventor.

บทความการใช้งานเริ่มต้น ESP8266 NodeMCU. [เข้าถึงเมื่อ 8 ธันวาคม 2560] เข้าถึงได้จาก https://www.thaieasyelec.com/article-วัตต์iki/embedded-electronics-application/getting-started-with-esp8266-nodemcu.htm.

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมจืดพาสเจอร์ไรส์จากสหกรณ์โคนมนครปฐม

ภัทรนันท์ แม๊กพิมาย[1] รัชนีวรรณ สุนสาย[1] ชีระวิทย์ รัตนพันธ์[2] วีระวัฒน์ อุ่นเสน่หา[1*]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ชนิดถุง รสจืด ขนาด 200 มิลลิลิตร โดยทำการรวบรวมของกระบวนการผลิตของสหกรณ์ฟาร์มโคนมนครปฐม โดยทำการศึกษาเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซาก เพื่อนำมาใช้ในการประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนตามคู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (มหาชน) ผลจากการศึกษา พบว่า ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ รสจืด จำนวน 1 ถุงขนาด 200 มิลลิลิตร ของสหกรณ์กรณีศึกษามีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 723 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยมาจากขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบสูงที่สุด เนื่องมาจากมีรับน้ำนมดิบมาจากศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบในจังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งทำให้มีปริมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเท่ากับ 2.0560 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังนั้น หากสหกรณ์กรณีศึกษาสามารถรับน้ำนมดิบโดยศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบในที่ต่าง ๆ ทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนมีปริมาณลดลงตามไปด้วยนั่นเอง

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ นมพาสเจอร์ไรส์ สหกรณ์โคนมนครปฐม

---

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

[2] สถาบันพัฒนาสุขภาพอาเซียน มหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: ounsaneha.w@gmail.com*

CARBON FOOTPRINT OF PASTEURIZED FRESH MILK FROM NAKHON PATHOM COPERATIVE

Pattaranan Maekphimay[1] Rattaneewan Sunsay[1] Cheerawit Rattanapan[2]
Weerawat Ounsaneha[1*]

Abstract

The objective of this research was to assess carbon foot print of pasteurized fresh milk with 200 mL/bag. Firstly, the production process of Nakhon pathom cooperative was collected from the material source, production process, distribution, consumption and disposal for carbon assessment based on manual of carbon footprint product by Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). The result showed that the value of carbon footprint for pasteurized fresh milk with 200 mL/bag of Nakhon pathom cooperative was 723 gCo_2e, which came from the material source because the fresh milk come from other province and presented 2.0560 kgCo_2e of carbon emission. Hence, the fresh milk of this cooperative should be collected by various center of raw milk collection for carbon footprint reduction.

Keywords: Carbon footprint, Pasteurized Fresh Milk, Nakhon Pathom Cooperative

[1] Environmental Science Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage,
[2] ASEAN Intuition for Health Development, Mahidol University.
** Coressponding Author: e-mail: weerawat@vru.ac.th*

บทนำ

ในปัจจุบันระบบการเกษตรและอาหารเป็นหน่วยที่ได้รับความท้าทายที่ต้องผลิตอยู่บนพื้นฐานของการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Sutton et al., 2013) อันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรที่ควบคู่ไปกับการเพิ่มขึ้นของความต้องการอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งความต้องการในการบริโภคเนื้อและนม จากการรายงานของ FAO (2009) ระบุว่า ปริมาณความต้องการบริโภคนมสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องมาจากเป็นแหล่งโปรตีน พลังงาน และ ไขมันที่สำคัญ อีกทั้งนมยังเป็นสัญลักษณ์ของสุขภาพที่ดีและยังเป็นส่วนมีประกอบที่สำคัญของคุณค่าทางอาหารอีกด้วย (Meneses et al., 2012) จากการเพิ่มขึ้นของความต้องการบริโภคนมนี้จึงส่งผลต่อผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมโดยรวม อาทิ การเปลี่ยนแปลลงภาวะอากาศ การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ และการพังทลายของพื้นดินและน้ำจืด เป็นต้น (Foley et al., 2011)

สำหรับประเทศไทย จากการรายงานของสถาบันอาหาร (2560) ได้แสดงให้ถึง การเพิ่มขึ้นของความต้องการบริโภคนมของคนไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากนโยบายของภาครัฐในการส่งเสริมให้เด็กไทยในวัยประถมศึกษาได้รับประทานนมโรงเรียนกันทุกคน ส่งผลให้เครื่องดื่มประเภทนมจึงกลายเป็นเครื่องดื่มทางเล่นเช่นเดียวกับน้ำอัดลมและน้ำผลไม้ โดยจากข้อมูลของกรมส่งเสริมสหกรณ์ (2558) ระบุว่าในปัจจุบันจำนวนของสหกรณ์โคนมที่มีการแปรรูปน้ำนมดิบมีจำนวนทั้งสิ้นถึง 111 สหกรณ์ โดยเน้นการสนับสนุนภารกิจของนมโรงเรียนเป็นหลัก ทั้งนี้จากการศึกษาของ ชาญวิทย์ กุลทรัพย์ศักดิ์ (2553) พบว่า การจัดตั้งสหกรณ์และโรงงานผลิตนมจำนวนมากในประเทศไทยนั้น ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมาเนื่องจากการแปรรูปนมนั้นมีการปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมที่มาจากการใช้ทรัพยากรในการผลิตสูง จึงทำประเด็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อมของจากการแปรรูปน้ำนมเป็นประเด็นที่สำคัญและส่งผลกระทบโดยตรงต่อการลงทุนในรูปแบบของต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น

ดังนั้น จึงได้มีการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการผลิตนมด้วยหลักการวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ในหลากหลายประเทศและหลายงานขอบเขตของการวิจัย (Thomassen et al., 2008; Van der Werf et al., 2009; Vasilaki et al., 2016) แต่เมื่อพิจารณาถึงการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตนมนั้นยังมีจำนวนไม่มากนัก โดยได้ทำการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์เฉพาะในส่วนของฟาร์มโคนมสถานีทดลองและฝึกอบรมเกษตรกรรมร้อยเอ็ดที่สามารถนำมาบ่งบอกประสิทธิการดำเนินงานของฟาร์ม (มธุรส อรังศรี และวิโรจน์ ภัทรจินดา, 2557) ทั้งนี้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์(Carbon Footprint, CF) เป็นตัวชี้วัดสำหรับการประเมินเพื่อการสนับสนุนการประเมินภาวะโลกร้อน ซึ่งมีการนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรงและทางอ้อมของระบบและกิจกรรมทางการเกษตร (Wiedmann and Minx, 2008; Finkbeiner, 2009) โดยการทราบปริมาณและแหล่งที่มาของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ทำให้สามารถพัฒนาหรือเสนอแนะแนวทางเพื่อการลดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนและสามารถเลือกเทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้เพื่อการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Cheng et al., 2011; Pishgar-Komleh et al., 2017).

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์เพื่อได้ใช้ข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการประเมินในรูปแบบ Business to Consumer (B2C) ของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์เป็นกรณีศึกษา โดยกำหนดพิจารณาผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ รสจืด ขนาด 200 มิลลิลิตร เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำวิธีการประเมินที่ได้มาตรฐาน พร้อมกันนี้ยังสามารถเสนอแนะแนวทางในการลดปริมาณของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้กับสหกรณ์ฟาร์มโคนมกรณีศึกษาอีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนในลักษณะ B2C ของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์รสจืด ขนาด 200 มิลลิลิตร

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ขนาด 200 มิลลิลิตร ด้วยประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิคของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) และคู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ภายใต้โครงการส่งเสริมการใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2554) ซึ่งขอบเขตการศึกษานี้จะใช้รูปแบบ Business to Consumer (B2C) โดยทำการคำนวณจากข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากรในกระบวนการผลิตที่ได้จากกระบวนการผลิตจริงในสหกรณ์โคนม นำมาคำนวณร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor : EF) กับสารขาเข้าและสารขาออกในแต่ละรายการ (สูตรที่ 1)

$$\text{Carbon Footprint} = \text{Products Inventory} \times \text{Emission Factor} \qquad (1)$$

ทั้งนี้ทำการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์รสจืด ขนาด 200 มิลลิลิตร โดยผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ตั้งแต่การได้มาซึ่งน้ำนมดิบ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ ซึ่ง วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตคือน้ำนมดิบ และถุงบรรจุภัณฑ์ ซึ่งผ่านกระบวนผลิตที่เริ่มต้นจากการรับซื้อน้ำนมดิบจากเกษตรกร การตรวจสอบคุณภาพน้ำนมดิบ ทำให้เย็น 1 องศาเซลเซียส Plate Heat การโฮโมจีไนเซชั่น การพาสเจอร์ไรส์เซชั่น เก็บไว้ในถังรอบรรจุ การบรรจุ เก็บรักษา 4 องศาเซลเซียส และการขนส่งผลิตภัณฑ์เพื่อส่งต่อไปยังผู้บริโภค ซึ่งทำการเก็บรวบรวมจากการสำรวจกระบวนการผลิต ลงพื้นที่ และการสอบถามสัมภาษณ์กลุ่มเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ โดยใช้แบบสัมภาษณ์และการชั่งวัตถุดิบหรือสารขาเข้าของกระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมุ่งเน้นการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นซึ่งส่งผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent) ซึ่งการประเมินทำได้โดยการแปลงค่าสารแต่ละตัวในกลุ่มของผลกระทบเดียวกันให้อยู่ในรูปตัวเลขที่บอกถึงค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสารแต่ละตัวมีศักยภาพในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับที่แตกต่างกัน จึงต้องนำมาเทียบอ้างอิงกับสารพื้นฐาน โดยดูจากค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบ (Potential Environment Impact) ที่น่าสนใจ คือ ภาวะโลกร้อน ในกระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์นี้ ก่อให้เกิดน้ำเสีย และของเสียออกมา

หลังจากเก็บรวมข้อมูลจึงนำวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่เกิดจากสหกรณ์ที่ทำการศึกษา โดยนำน้ำหนักสารขาเข้าที่ชั่งได้ มาคูณกับค่า Emission Factor ตามที่อบก.กำหนดไว้หรือจากเอกสารอ้างอิงอื่นๆ จึงได้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละขั้นตอนออกมา จากนั้นจึงนำผลคูณในแต่ละขั้นตอนมาบวกกันจะได้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เพื่อนำมาสรุปเป็นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ รสจืด ขนาด 200 มิลลิลิตร ในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent)

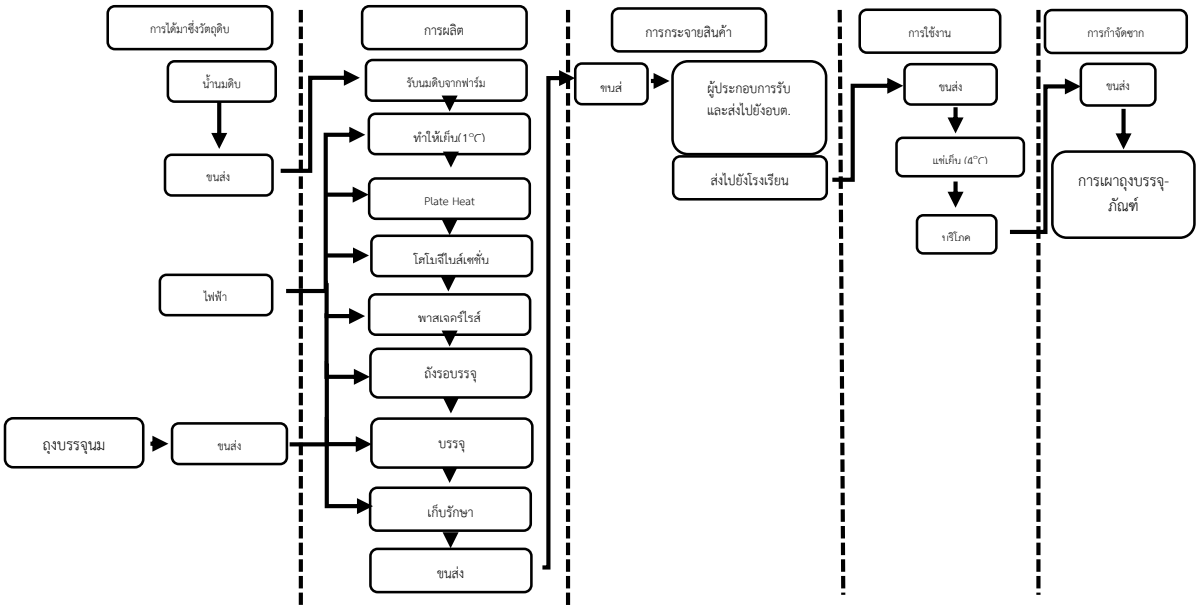
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

กระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ของสหกรณ์โคนมนครปฐม

กระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ของสหกรณ์กรณีศึกษา ประกอบด้วย การรวบรวมน้ำนมดิบ การแปรรูปผลิตภัณฑ์นม การบรรจุ การเก็บรักษา และ การขนส่งผลิตภัณฑ์ ดังภาพที่ 1 ซึ่งกระบวนการผลิตจะเริ่มต้นด้วยการรวบรวมน้ำนมดิบจากฟาร์มถูกขนส่งมาโดยใช้ถังใส่นมขนาดเล็กแล้วใช้รถบรรทุกมาส่งหรือเป็นรถขนส่งน้ำนมที่ควบคุมอุณหภูมิให้เย็นอยู่ตลอดเวลาและมีการตรวจสอบคุณภาพทางภายก่อนไปตรวจสอบคุณภาพทางเคมี ซึ่งน้ำนมดิบจะถูกเก็บไว้ถังขนาดใหญ่ที่มีระบบทำความเย็นอุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงนำมาแปรรูปเป็นนมพาสเจอร์ไรส์ด้วยการฆ่าเชื้อเบื้องต้นที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 15 วินาที แล้วทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยหลักการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำ แล้วจึงผสมวัตถุดิบต่าง ๆ ร่วมกับน้ำนมตามสูตรหรือรสชาติที่กำหนดในถังผสมที่อุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส และกรองสิ่งปลอมปนเพื่อให้น้ำนมไหลเข้าสู่กระบวนการต่อไปในอัตราสม่ำเสมอด้วย ส่วน Homogenization Process ที่เป็นการทำให้อนุภาคไขมันในน้ำนมมีขนาดเล็กลงและเป็นเนื้อเดียวกันไม่แยกชั้น จากนั้นจึงเป็นกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 15 วินาที แล้วทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 3-5 องศาเซลเซียส แล้วจึงเก็บนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้วในถังพักรอบรรจุที่อุณหภูมิไม่เกิน 6 องศาเซลเซียส โดยการการบรรจุจะเริ่มจากการป้อนนมเข้าสู่เครื่องอัตโนมัติ โดยการใช้ความร้อนและเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องบรรจุอัตโนมัติและเก็บรักษานมพาสเจอร์ไรส์ไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส ด้วยอายุการเก็บรักษาประมาณ 3-7 วัน

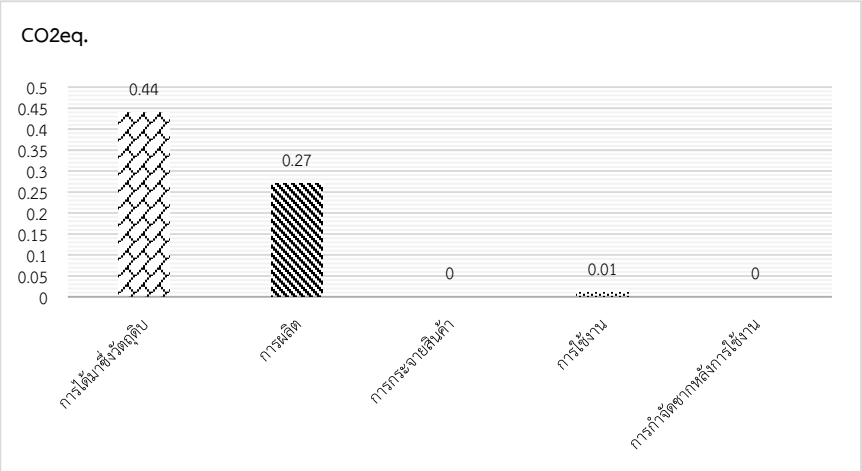
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์

จากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ของสหกรณ์โคนมนครปฐม ในลักษณะ B2C จำนวน 1 ถุง ขนาด 200 มิลลิลิตร พบว่า ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 0.44 kg CO_2eq/1 ถุง จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด รองลงมาคือกระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 0.27 kg CO_2eq/1 ถุง กระบวนการใช้งานปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย คือ 0.01 kg CO_2eq/1 ถุง กระบวนการกำจัดซากปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยในปริมาณน้อยที่สุดคือ 0.001 kg CO_2eq/1 ถุง ในส่วนของกระบวนการกระจายสินค้านั้นไม่ได้ถูกนำมาคิดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนเนื่องจากทางสหกรณ์โคนมนครปฐมไม่เป็นผู้ดำเนินการในการกระจายสินค้าเอง

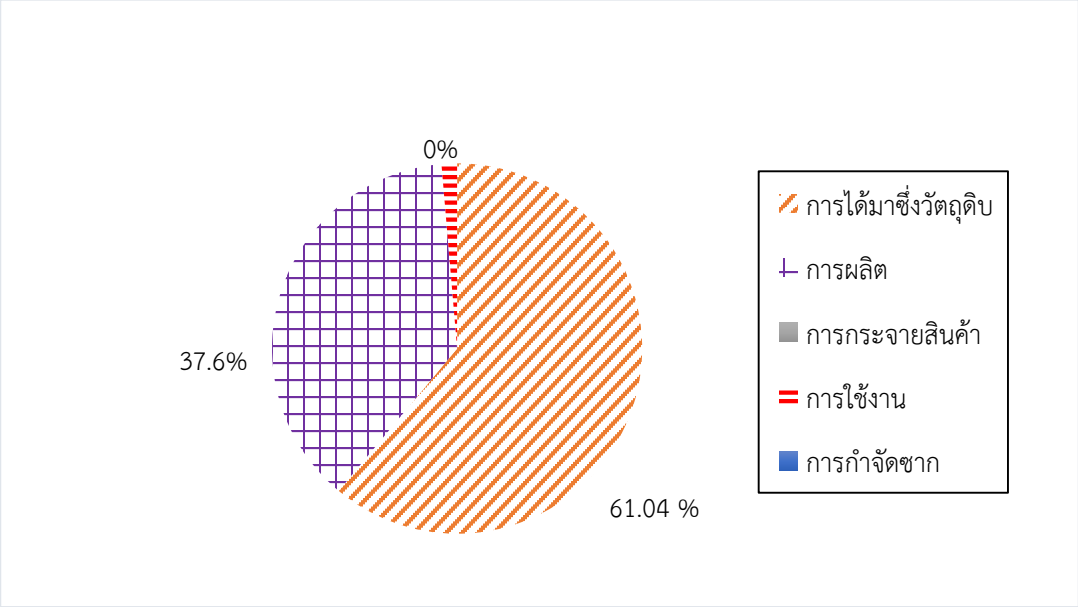


ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์

จากนั้นเมื่อนำปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ จำนวน 1 ถุง ขนาด 200 มิลลิลิตร มาวิเคราะห์หาร้อยละแยกตามปัจจัยต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่า การได้มาซึ่งวัตถุดิบ ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 61.04 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการนมพาสเจอร์ไรส์ จำนวน 1 ถุง ขนาด 200 มล. รองลงมาคือกระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ ร้อยละ 37.6 เพราะฉะนั้นหากต้องการมุ่งลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ จึงควรมุ่งเน้นไปที่การได้มาซึ่งวัตถุดิบของการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ก่อนเป็นลำดับแรก



ภาพที่ 2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ จำนวน 1 ถุง ขนาด 200 มล.



ภาพที่ 3 ร้อยละของแต่ละปัจจัยการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ จำนวน 1 ถุง ขนาด 200 มล.

ทั้งนี้เมื่อเทียบกับนมกล่องยูเอชทีของบริษัท อุดรแดรี่ฟูดส์ จำกัด ที่ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมกล่องยูเอชที ซึ่งเป็นผู้ผลิตนมโรงเรียนในลักษณะ UHT บรรจุกล่อง จำนวน 1 กล่อง ขนาด 200 มิลลิลิตรมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 334 กรัม (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน, 2561) และ นมจืดพาสเจอร์ไรส์ที่ผู้วิจัยทำการศึกษา ซึ่งเป็นผู้ผลิตนมโรงเรียนในลักษณะพาสเจอร์ไรส์ บรรจุถุง จำนวน 1 ถุง ขนาด 200 มิลลิลิตร พบว่า นมจืดพาสเจอร์ไรส์ มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากกว่านมกล่องยูเอชที เนื่องจากขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงกว่า เพราะค่า Emission Factor ของน้ำนมดิบจากศูนย์รวบรวมน้ำนมสูง ทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบสูงขึ้นตามไปด้วย แต่ถ้าสหกรณ์กรณีศึกษาสามารถทำศูนย์รับน้ำนมดิบเอง ภายในสหกรณ์ จะทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนนี้จะลดลงเป็นอย่างมาก เพราะ ค่า Emission Factor ของน้ำนมดิบจากโคมีค่าเท่ากับ 1.0838 kg ซึ่งน้อยกว่าน้ำนมดิบจากศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบที่มีค่าเท่ากับ 2.0560 kg นมกล่องยูเอชทีนั้น มีการรับน้ำนมดิบจากฟาร์มโดยตรง จึงทำให้นมกล่องยูเอชทีมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้อยกว่านมพาสเจอร์ไรส์ รองลงมาคือ ขั้นตอนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุดของการใช้ไฟฟ้า เนื่องจากต้องใช้ไฟฟ้าในการบรรจุนม และขั้นตอนการใช้งาน ส่วนใหญ่จะเป็นการแช่เย็นก่อนบริโภค ต้องเก็บไว้ในตู้เย็นและเก็บได้นานเพียง 3-7 วัน เพราะกรรมวิธีการพาสเจอร์ไรส์นั้นไม่มีการเติมสารใด ๆ ตามข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์โคนม และสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น เมื่อเก็บนมสดไว้นานเกินกำหนดเชื้อจุลินทรีย์ที่ยังคงอยู่ ก็จะเพิ่มจำนวนมากขึ้นจนทำให้นมเสียได้

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการผลประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์นมจืดพาสเจอร์ไรส์ จำนวน 1 ถุง ขนาด 200 มิลลิลิตร ของสหกรณ์ฟาร์มโคนมนครปฐม ในลักษณะการประเมินแบบ B2C จากกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการกระจายสินค้า กระบวนการใช้งาน และกระบวนการกำจัดซาก พบว่า มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 723 กรัมคาร์บอนเทียบเท่า ซึ่งขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงที่สุด เพราะค่า Emission Factor ของน้ำนมดิบจากศูนย์รวบรวมน้ำนมมีค่าสูง ทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบสูงขึ้นตามไปด้วย โดยหากสหกรณ์กรณีศึกษาสามารถทำศูนย์รับน้ำนมดิบเองภายในสหกรณ์ จะทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนนี้ลดลง เพราะค่า Emission Factor ของน้ำนมดิบจากโคนมมีค่าเท่ากับ 1.0838 kg ซึ่งน้อยกว่าน้ำนมดิบจากศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบที่มีค่า เท่ากับ 2.0560 kg ส่วนของนมกล่องยูเอชที จำนวน 1 กล่อง ขนาด 200 มิลลิลิตร จะมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 334 กรัม ซึ่งมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้อยกว่านมจืดพาสเจอร์ไรส์ เนื่องจากใช้ค่าน้ำนมดิบจากโคนม ซึ่งมีค่า Emission Factor น้อยกว่าน้ำนมดิบจากศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ จึงทำให้ของนมกล่องยูเอชทีมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้อยกว่า เพราะนมกล่องยูเอชทีนั้น มีการรับน้ำนมดิบจากฟาร์มโดยตรง ทำให้นมกล่องยูเอชทีมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้อยกว่านมพาสเจอร์ไรส์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการที่ได้รับทุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (RDG5920015)

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมสหกรณ์. (2558). **รายชื่อสหกรณ์ประเทศไทย**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชาญวิทย์ กุลทรัพย์ศักดิ์. (2553). **การบริหารธุรกิจเพื่อความยั่งยืน: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมนมพร้อมดื่มในประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ สาขาการบัญชีธุรกิจแบบบูรณการ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

มธุรส อรังศรี และ วิโรจน์ ภัทรจินดา. (2557). การประเมินผลคาร์บอนฟุตปริ้นท์ในฟาร์มโคนมสถานีทดลองและฝึกอบรมเกษตรกรรมร้อยเอ็ด. **แก่นเกษตร**. 42(ฉบับพิเศษ 1), 26-31.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2554). **คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ภายใต้โครงการส่งเสริมการใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก**. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2561). **สินค้าฉลากคาร์บอน** [เว็ปไซด์]. สืบค้นจาก http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/products_approval/products_approval.pnc.

สถาบันอาหาร. (2560). **ตลาดผลิตภัณฑ์นมพร้อมดื่มในประเทศไทย** [เว็ปไซด์]. สืบค้นจาก http://fic.nfi.or.th/MarketOverviewDomesticDetail.php?id=140.

Cheng, K., Pan, G., Smith, P., Luo, T., Li, L., Zheng, J., Zhang, X.,...Yan, M. (2011). Carbon footprint of China’s crop production—an estimation using agro-statistics data over 1993–2007. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 142(3), 231–237.

FAO. (2009). **The state of food and agriculture—livestock in the balance**. Food and Agriculture Organization: Rome.

Finkbeiner, M. (2009). Carbon footprinting-opportunities and threats. **International Journal of Life Cycle Assessment**. 14(2), 91-94.

Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M.,...Zaks, D. P. M. (2011). Solutions for a cultivated planet. **Nature** 478, 337-342.

Meneses, M., Pasqualino, J. & Castells, F. (2012). Environmental assessment of the milk life cycle: the effect of packaging selection and the variability of milk production data. **Journal of Environmental Management**. 107, 76–83.

Pishgar-Komleh, S.H., Akram, A., Keyhani, A., Raei, M., Elshout, P.M.F., Huijbregts, M.A.J. & Van Zelm, R. (2017). Variability in the carbon footprint of open-field tomato production in Iran-a case study of Alborz and East-Azerbaijan provinces. **Journal of Cleaner Production** 142, 1510–1517.

Sutton, M.A., Howard, C.M., Bleeker, A. & Datta, A. (2013). The global nutrient challenge: from science to public engagement. **Environmental Development** 6, 80-85.

Thomassen, M., Dalgaard, R., Heijungs, R. & de Boer, I. (2008). Attributional and consequential LCA of milk production. **International Journal of Life Cycle Assessment**. 13, 339-349.

Wiedmann, T. & Minx, J. (2008). **A definition of carbon footprint. In: Pertsova, C.C. (Ed.), Ecological Economics Research Trends**. Nova Science Publishers: Hauppauge NY, USA.

การตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเดียวกันในโทรศัพท์มือถือที่แตกต่างกัน

กลยุทธ์ อินทร์คำ[1] ขนิษฐา ภมรพล[2*]

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อความสะดวกสบาย รวมถึงมีการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อใช้สำหรับการตรวจวัดระดับความดังเสียงด้วยโทรศัพท์มือถือทำให้ประชาชนทั่วไปสามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ตรวจวัดระดับความดังเสียงได้ แต่ในปัจจุบันงานวิจัยที่ทำการทดสอบการใช้งานโปรแกรมเหล่านี้มีจำนวนน้อยโดยส่วนมากพบงานวิจัยในทวีปยุโรปและยังมีการใช้งานไม่แพร่หลาย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความสามารถในการตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเดียวกันในโทรศัพท์มือถือที่แตกต่างกัน ทำการทดลองโดยลงโปรแกรมสำเร็จรูปเดียวกัน จำนวน 2 โปรแกรมในโทรศัพท์มือถือ จำนวน 15 เครื่อง ต่างรุ่นและยี่ห้อ เพื่อทำการตรวจวัดระดับความดังเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง 4 แหล่ง ได้แก่ ในห้องเรียน พื้นที่ก่อสร้าง Condenserของเครื่องปรับอากาศ และรถจักรยานยนต์ โดยทำการตรวจวัดซ้ำ 3 ครั้ง ในแต่ละแหล่งกำเนิดเสียง จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย ANOVA พบว่า โปรแกรม Decibel10 ได้ผลการตรวจวัด ดังนี้ ระดับความดังเสียงเฉลี่ยในห้องเรียน 84.69 เดซิเบลเอ (dBA) พื้นที่ก่อสร้าง 89.84 dBA Condenser 84.73 dBA และรถจักรยานยนต์ 91.90 dBA โปรแกรม Soundmeter ได้ผลการตรวจวัดดังนี้ ระดับความดังเสียงในห้องเรียน 90.15 dBA พื้นที่ก่อสร้าง 98.77 dBA Condenser 93.76 dBA และรถจักรยานยนต์ 97.08 dBA โดยผลจากโปรแกรม Decibel10 น้อยกว่าโปรแกรม Soundmeter ทั้งหมด ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของโทรศัพท์มือถือทุกเครื่อง พบว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ผลการตรวจวัดของโทรศัพท์มือถือไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ ANOVA เฉพาะโทรศัพท์มือถือยี่ห้อเดียวกัน พบว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ผลการตรวจวัดของโทรศัพท์มือถือมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้งสองโปรแกรม

คำสำคัญ: โปรแกรมสำเร็จรูป โทรศัพท์มือถือ ระดับความดังเสียง เสียงรบกวน

---

[1] *หลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail:* k.konlayut@hotmail.com

[2] *หลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail:* kanittha@vru.ac.th

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: kanittha@vru.ac.th*

MONITORING SOUND LEVEL BY SAME APPLICATIONS IN DIFFERENT MOBILE PHONES

Konlayut Inkum[1] Kanittha Pamonpol[2*]

Abstract

At present, various technologies have been developed to comfort human, including development of mobile phone applications for monitoring sound level. The sound level meter applications in smart phone can help people to monitor sound level by their available resources. However, number of research about testing mobile phone application is still limited. Most concerned research are originated from European countries. Moreover, the sound level meter applications are not well-known. This research aims at testing ability of the same applications in different mobile phones. The experiment was conducted by installing two applications in fifteen different brands and models mobile phones. Then monitor sound level at four sources: classroom, construction, condenser of air conditioner, and motorcycle for three replications at each place. The Decibel 10 results are 84.69 dBA, 89.84 dBA, 84.73 dBA, and 91.90 dBA, respectively. The Soundmeter results are 90.15 dBA, 98.77 dBA, 93.76 dBA, 97.08 dBA, respectively. Statistical analysis was done by using ANOVA. At 95% confidence, all results are not related. But statistical results of the same brand are related. The statistical results of both applications are the same.

Keywords: Applications, mobile phone, sound level, noise

[1] *Environmental Science Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail:* k.konlayut@hotmail.com

[2] *Environmental Science Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail:* kanittha@vru.ac.th

** Corresponding author, e-mail: kanittha@vru.ac.th*

บทนำ

รายงานการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมส่วนมากเป็นรายงานระดับชาติหรือนานาชาติที่มีการตรวจวัดโดยหน่วยงานระดับชาติ เช่น รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2560ก: 20) รายงานสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงของประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2560ข: 33) ซึ่งเป็นการรายงานข้อมูลในภาพรวมทั้งประเทศให้ประชาชนทราบ แต่ยังไม่มีรายงานข้อมูลละเอียดในระดับย่อยถึงระดับภายในชุมชน หมู่บ้าน ตลาด หรือสถานศึกษา ทำให้ประชาชนเป็นเพียงผู้รับรู้ข่าวสารทางด้านสิ่งแวดล้อม ในทางกลับกันในขณะนี้ประชาชนสามารถเข้าถึงการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในชุมชนของตนเองเพื่อทราบข้อมูลคุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยรอบที่กำลังอาศัยอยู่โดยใช้อุปกรณ์ คือ โทรศัพท์มือถือ

ในปัจจุบันโทรศัพท์มือถือมีการพัฒนาจนสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลายผ่านโปรแกรมสำเร็จรูปต่างๆ ที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายโดยการดาวน์โหลด รวมถึงมีการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อใช้สำหรับการตรวจวัดระดับความดังเสียงด้วยโทรศัพท์มือถือโดยมีผู้ให้บริการโปรแกรมสำเร็จรูปทั้งแบบเสียและไม่เสียค่าใช้จ่ายหลายรายซึ่งประชาชนสามารถใช้งานได้สะดวกเนื่องจากเป็นทรัพยากรที่มีอยู่แล้ว ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากเนื่องจากอุปกรณ์ตรวจวัดระดับความดังเสียงที่มีมาตรฐานมีค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อ สอบเทียบ และบำรุงรักษาที่แพงทำให้มีการเข้าถึงในการใช้งานได้ยาก (Garcia et al., 2012 p. 2)

การให้บริการโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับตรวจวัดระดับความดังเสียงมีความหลากหลายแต่งานวิจัยที่ทำการทดสอบการใช้งานโปรแกรมสำเร็จรูปต่างๆ ในการตรวจวัดระดับความดังเสียงในโทรศัพท์มือถือมีจำนวนน้อยโดยส่วนมากพบในทวีปยุโรป เช่น ส่วน Maisonneuve et al. (2010) พัฒนาโปรแกรมชื่อ NoiseTube ขึ้นมาเพื่อใช้ตรวจวัดมลพิษเสียงโดยหาจุดเสี่ยงที่มีเสียงดังเกินมาตรฐานพร้อมทั้งสามารถบันทึกค่าพิกัดด้วยระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปในมือถือที่ใช้ได้กับทั้งระบบ Apple iOS และ Google Android งานวิจัยของ Garcia et al. (2012) ทำการทดสอบโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการตรวจวัดระดับความดังเสียงชื่อ the European Noise Directive (หรือ ชื่อย่อ END) ซึ่งมีการพัฒนาโปรแกรมตั้งแต่ปี 2002 และมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ส่วนงานวิจัยของ Becker M. et al. (2013) ทดสอบโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการตรวจวัดระดับความดังเสียงชื่อ WideNoise ที่ให้บริการฟรีโดยสามารถใช้ได้ทั้งระบบ iOS และ Android เพื่อเผยแพร่ให้คนได้รับรู้และสร้างความตระหนักในการเฝ้าระวังเสียงรบกวนที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ โดยในปัจจุบันมีการปรับปรุงใหม่และถูกเปลี่ยนชื่อเป็น Wide Noise Plus ส่วนงานวิจัยในประเทศไทยมีการทดลองตรวจวัดเสียงโดยใช้โทรศัพท์มือถือตรวจวัดเพื่อสำรวจจุดเสี่ยงมลพิษทางเสียงโดยการตรวจวัดระดับความดังเสียงบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ในบริเวณที่นักศึกษาเข้าใช้งานเป็นหลัก ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปในมือถือ จำนวน 10 โปรแกรม พบว่ากิจกรรมที่มีเสียงดังเกินมาตรฐานเป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดเสียงดังชั่วคราว เช่น การแข่งขันกีฬาในโรงยิมเนเซียม ร้านกาแฟ กิจกรรมที่มีการใช้เครื่องขยายเสียง และเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน โดยโปรแกรมที่มีความถูกต้องมากที่สุดเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ของ National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) คือ Sound Meter/Noise detector db (จิราภรณ์ หินซุย และขนิษฐา ภมรพล, 2560: 238) อย่างไรก็ตาม โปรแกรมสำหรับการตรวจวัดเสียงยังไม่เป็นที่รู้จักในวงกว้างและยังมีการใช้งานไม่แพร่หลายอาจเป็นเพราะขาดความเชื่อมั่นในการใช้งานว่าจะมีความถูกต้อง หรือใช้งานได้จริงหรือไม่ และจะเลือกใช้โปรแกรมใดจึงจะเหมาะสมกับรุ่นและยี่ห้อของโทรศัพท์มือถือที่ใช้งานอยู่ โดยหน่วยงาน NIOSH ของประเทศสหรัฐอเมริกาทำการประเมินความถูกต้องในการตรวจวัดเสียงกว่า 130 โปรแกรม พบว่ามี 10 โปรแกรมที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน คือ มีความคลาดเคลื่อนบวกลบไม่เกิน 1.5 dB ได้แก่ Adv Decibel

Meter 2.0 Decibel Meter Pro 2.0.5 iSPL Pro 1.1.4 Noise Hunter 1.0.1 NoiSec 1.0 Sound Level Meter 1.5 SoundMeter 3.3.1 (Real) SPL Meter 1.0 SPL Pro 3.6 และ SPLnFFT 4.0 (Kardous & Shaw, 2014: EL187) ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม SoundMeter ในการตรวจวัดระดับความดังเสียง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความสามารถในการตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเดียวกันในโทรศัพท์มือถือที่แตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในโทรศัพท์มือถือเดียวกัน จำนวน 2 โปรแกรม โดยดาวน์โหลดลงในโทรศัพท์มือถือที่มีความแตกต่างกัน จำนวน 15 เครื่อง เพื่อทดสอบความสามารถในการตรวจวัดระดับความดังเสียง โดยทำการทดลองในระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ โทรศัพท์มือถือจำนวน 15 เครื่อง ประกอบด้วยยี่ห้อ AIS รุ่น Lavapro5.0 ยี่ห้อ Huawei รุ่น GR5 2017 รุ่น P8 ยี่ห้อ Iphone รุ่น 5s ยี่ห้อ Iris รุ่น 870 ยี่ห้อ OPPO รุ่น A51f ยี่ห้อ Samsung รุ่น A5 2016 รุ่น J2 prime รุ่น Galaxy J7 2016 รุ่น J5 รุ่น J7 และ ยี่ห้อ Vivo รุ่น V3 รุ่น xshot รุ่น Y51 รุ่น Y55

โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้เป็นโปรแกรมเคยมีการทดสอบแล้วว่ามีค่าความแตกต่างกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดระดับความดังเสียงตามวิธีการมาตรฐานในการตรวจวัดทางสิ่งแวดล้อมที่ยอมรับได้โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนบวกลบไม่เกิน 1.5 เดซิเบลเอ ตามหน่วยงาน National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้แก่ SoundMeter และโปรแกรม Decibel10 เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่สามารถลงได้ในโทรศัพท์มือถือส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตาม โปรแกรม SoundMeter ไม่สามารถใช้งานได้กับโทรศัพท์ iPhone 5S และ Samsung J7

งานวิจัยนี้ทำการตรวจวัดระดับความดังเสียงบริเวณโดยรอบมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี สถานที่ทำการตรวจวัดมีทั้งในบริเวณที่เสียงดังน้อยและเสียงดังมาก ได้แก่ ในห้องเรียน พื้นที่ก่อสร้าง Condenserของเครื่องปรับอากาศ และรถจักรยานยนต์ โดยทำการตรวจวัดที่ระดับความสูงประมาณ 1.5 เมตร ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงประมาณ 0.5 เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2550: 13) ทำการตรวจวัดซ้ำ 3 ครั้ง ในแต่ละแหล่งกำเนิดเสียงแล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ย ดังสมการ

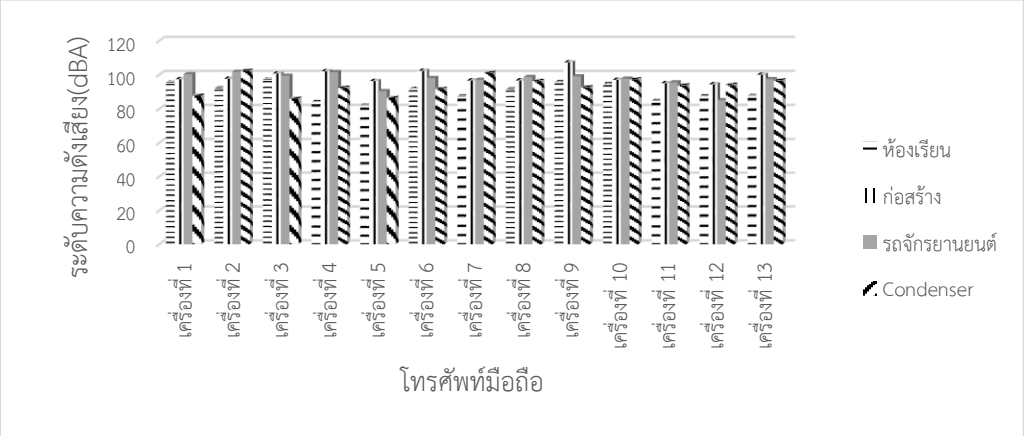
$$\overline{L_p} = 10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} 10^{Lpi/10}\right) \quad (1)$$

จากสมการ $\overline{L_p}$ คือ ค่าเฉลี่ยระดับความดังเสียง (dBA) n คือ จำนวนข้อมูลที่ทำการตรวจวัด L_{pi} คือ ค่าการตรวจวัดระดับความดังเสียง (dBA) แต่ละค่า และ $\sum$ คือ ผลรวม

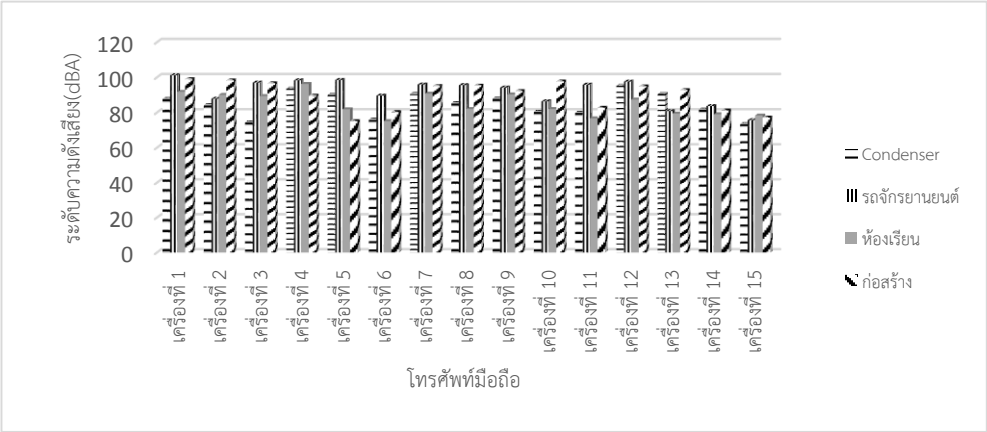
จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการทางทางสถิติด้วย ANOVA แบบ two-factor without replication ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมือถือแต่ละรุ่น และแต่ละยี่ห้อ

ผลการวิจัย

จากการตรวจวัดค่าระดับความดังเสียงโดยโทรศัพท์มือถือจากนั้นทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ย แสดงผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SoundMeter และโปรแกรมสำเร็จรูป Decibel10 ดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2 ตามลำดับ



ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ยผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SoundMeter



ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Decibel10

จากภาพที่ 1 และภาพที่ 2 ผลการตรวจวัดโดยทั้งสองโปรแกรมมีค่าอยู่ระหว่าง 80-100 dBA ผลการตรวจวัดโดยโปรแกรม Decibel10 มีค่าเฉลี่ย ดังนี้ ระดับความดังเสียงในห้องเรียน 84.69 เดซิเบลเอ (dBA) พื้นที่ก่อสร้าง 89.84 dBA Condenser 84.73 dBA และรถจักรยานยนต์ 91.90 dBA ส่วนผลการตรวจวัดโดยโปรแกรม Soundmeter มีค่าเฉลี่ย ดังนี้ ระดับความดังเสียงในห้องเรียน 90.15 dBA พื้นที่ก่อสร้าง 98.77 dBA Condenser 93.76 dBA และรถจักรยานยนต์ 97.08 dBA โดยค่าระดับเสียงสูงสุดไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป 115 dBA แหล่งกำเนิดเสียงที่ทำการตรวจวัดแล้วพบว่ามีระดับความดังมากที่สุด คือ รถจักรยานยนต์ ส่วนสถานที่ที่มีระดับความดังน้อยที่สุด คือ ห้องเรียนในขณะที่มีกิจกรรมการเรียนการสอน

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ยี่ห้อโทรศัพท์มือถือและโปรแกรม	แหล่งกำเนิดเสียง		โทรศัพท์มือถือ	
	F	F crit	F	F crit
ทุกยี่ห้อ โปรแกรม SoundMeter	6.76	2.83	4.22	1.94
ทุกยี่ห้อ โปรแกรม Decibel10	11.00	2.87	1.94	2.03
Huawei โปรแกรม SoundMeter	3.88	9.28	0.04	10.13
Huawei โปรแกรม Decibel10	0.44	9.28	0.29	10.13
Samsung โปรแกรม SoundMeter	9.16	3.49	16.27	3.25
Samsung โปรแกรม Decibel10	3.86	3.86	8.74	3.86
Vivo โปรแกรม SoundMeter	2.42	3.86	2.08	3.86
Vivo โปรแกรม Decibel10	5.23	3.86	3.66	3.86

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดย ANOVA พบว่า ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงของโทรศัพท์มือถือทุกรุ่นทั้งโปรแกรม SoundMeter และ Decibel10 ไม่มีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่า F มากกว่าค่า F_{crit} แต่เมื่อทำการวิเคราะห์แต่ละยี่ห้อแล้ว พบว่า ยี่ห้อ Huawei และ Vivo มีความสัมพันธ์กันภายในยี่ห้อนั้นๆ เนื่องจากผลการวิเคราะห์ค่า F น้อยกว่าค่า F_{crit} แต่ยี่ห้อ Samsung ไม่มีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากผลการวิเคราะห์ค่า F มากกว่าค่า F_{crit} อาจเป็นเพราะยี่ห้อนี้มีความหลากหลายของรุ่นทำให้มีความแตกต่างกันของอุปกรณ์ในแต่ละรุ่น

จากผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงของโทรศัพท์มือถือแต่ละรุ่นไม่มีความสัมพันธ์กัน สาเหตุน่าจะมาจากข้อจำกัดของโทรศัพท์มือถือแต่ละรุ่นแตกต่างกัน โดยโทรศัพท์มือถือบางรุ่นสามารถตัดเสียงรบกวนออกจากไมโครโฟนทำให้ค่าการตรวจวัดต่ำโดยเฉพาะในโทรศัพท์มือถือที่มีราคาสูง และในโทรศัพท์บางรุ่นที่มีเสียงก้องทำให้ผลการตรวจวัดสูงกว่าเครื่องอื่นๆ งานวิจัยของ Kardous and Shaw (2014) ยังไม่มีรายงานการตรวจวัดในโทรศัพท์มือถือแต่ละยี่ห้อมีเพียงค่าการตรวจวัดของโปรแกรม SoundMeter 3.3.1 โดย iPhone 5 และ iPhone 4S เทียบกับอุปกรณ์การตรวจวัดเสียงที่ได้มาตรฐาน ซึ่งมีค่าการตรวจวัดที่ใกล้เคียงกันระหว่างการตรวจวัดโดยระบบปฏิบัติการ iOS และ Android อาจเป็นเพราะมีการพัฒนาโปรแกรมให้มีความทันสมัยอยู่เสมอทำให้มีการปรับเปลี่ยนโปรแกรมหรืออาจมีข้อจำกัดบางประการทำให้ไม่สามารถใช้โปรแกรมดังกล่าวใน iPhone 5S และ Samsung J7 ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้บรรลุวัตถุประสงค์ในการทดสอบความสามารถของการตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเดียวกันในโทรศัพท์มือถือที่แตกต่างกัน ซึ่งพบว่า ความสามารถในการตรวจวัดระดับความดังเสียงของโทรศัพท์มือถือแต่ละรุ่นไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยสาเหตุน่าจะมาจากข้อจำกัดของโทรศัพท์มือถือแต่ละรุ่นแตกต่างกัน โดยมือถือบางรุ่นสามารถตัดเสียงรบกวนออกจากไมโครโฟนทำให้ค่าการตรวจวัดต่ำ และในโทรศัพท์บางรุ่นที่มีเสียงก้องก็ทำให้ผลการตรวจวัดสูง การตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้โทรศัพท์มือถือจึงมีข้อจำกัดในระดับหนึ่ง โดยสามารถตรวจวัดค่าในเบื้องต้นได้ เช่น จากผลการตรวจวัดพบว่า แหล่งกำเนิดเสียงที่มีระดับความดังเสียงมากที่สุด คือ รถจักรยานยนต์ และแหล่งกำเนิดเสียงที่มีระดับ

ความดังเสียงน้อยที่สุด คือ กิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียน ค่าระดับเสียงสูงสุดที่วัดได้ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด 115 เดซิเบลเอ เป็นต้น แต่หากต้องการความถูกต้องควรใช้อุปกรณ์การตรวจวัดเสียงโดยเฉพาะที่ได้มาตรฐานทำการตรวจวัด

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอเกี่ยวกับงานวิจัย ในการตรวจวัดระดับความดังเสียงด้วยโทรศัพท์มือถือควรระวังตำแหน่งของไมโครโฟนไม่ให้มีการรบกวนจากแรงลม หรือมีสิ่งกีดขวางซึ่งอาจทำให้ระดับเสียงดังขึ้นหรือเบาลงได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรทำการตรวจวัดเทียบกับเครื่องตรวจวัดระดับความดังเสียงที่ได้มาตรฐาน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ ดร.ณัฐสิมา โทขันธ์ ผู้สอนร่วมในรายวิชา มลพิษเสียงและความสั่นสะเทือน ขอบคุณคณะอาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้การสนับสนุนในการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ข้อมูล ขอบคุณคณบดีและคณะผู้บริหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สำหรับการสนับสนุนและส่งเสริมในการนำเสนอผลงานวิชาการ

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2550). **คู่มือวัด “เสียงรบกวน”**. กรุงเทพฯ: ไอดี.ปริ้นท์. คพ. 083-085.

กรมควบคุมมลพิษ. (2560ก). **รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2559**. กรุงเทพฯ: หัวใหญ่.

กรมควบคุมมลพิษ. (2560ข). **รายงานสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงของประเทศไทย ปี 2559**. กรุงเทพฯ: ฮีซ์.

จิราภรณ์ หินซุย และขนิษฐา ภมรพล. (2560). **การตรวจวัดเสียงรบกวน ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยใช้โทรศัพท์มือถือ**. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 5 (ASTC 2017) วันที่ 25 พฤษภาคม 2560 (238-242). กรุงเทพฯ: โรงแรมมิราเคิลแกรนด์คอนเวนชั่น.

Becker M, Caminiti S, Fiorella D, Francis L, Gravino P, Haklay M, et al. (2013). Awareness and Learning in Participatory Noise Sensing. **PLoS ONE**. 8(12): e81638. Doi:10.1371/journal.pone.0081638.

Kardous, C. A. & Shaw, P. B. (2014). Evaluation of smartphone sound measurement applications. **The Journal of the Acoustical Society of America. J. Acoust. Soc**, 135(4), 186-192.

Maisonneuve, N., Stevens, M., & Ochab, B. (2010). Participatory noise pollution monitoring using mobile phones. **Information Polity**, 15, 51-71.

Marti I. G., Rodriguez L.E., Benedito M, Trilles S., Beltran A., Dian L., Huerta J. (2012). Mobile application for noise pollution monitoring through Gamification techniques. **International Conference on Entertainment Computing** (ICEC, 2012), September 26-29, 2012 (pp. 562-571), Germany: University of Bremen.

บทความวิจัยภาคบรรยาย
(Oral Presentation)
กลุ่ม การเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม

การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา ครั้งที่ 9
“วิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคม”
วันที่ 18-19 ตุลาคม 2561
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

การศึกษาความเป็นไปได้ของการปลูกไผ่เพื่อสร้างรายได้ทดแทนการปลูกข้าวโพดของเกษตรกรในจังหวัดน่าน

จรีรัตน์ สุวรรณ์ [1*] สิริโฉม พิเชษฐบุญเกียรติ[2] สุวรรณี จันทร์ตา[3] ปิยะรัตน์ ทองธานี

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการปลูกไผ่เพื่อสร้างรายได้ทดแทนการปลูกข้าวโพดของเกษตรกรในจังหวัดน่าน กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ กลุ่มเกษตรกรปลูกข้าวโพด ตำบลส้าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน ที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัย จำนวน 10 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth Interview) และการสนทนากลุ่ม การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) และการวิเคราะห์เชิงเหตุผล (Logic Approach) เป็นหลัก ส่วนข้อมูลเชิงปริมาณวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐาน ร้อยละ

ผลการวิจัย พบว่า ผลการศึกษาครั้งนี้จึงมีความเป็นไปได้ที่จะปลูกไผ่เพื่อสร้างรายได้ทดแทนการปลูกข้าวโพด โดยพิจารณาจากข้อมูลรายได้ของกลุ่มเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ ซึ่งปลูกข้าวโพดปีละ 1 ครั้ง จึงมีรายได้เฉลี่ย ไม่เกิน 8,000 บาท/ไร่ ซึ่งในปี 2559 มีรายได้ประมาณ 3,000-5000 บาท/ไร่ ถ้ากลุ่มเกษตรกรกลุ่มนี้ปลูกไผ่รวกน่านทดแทนการปลูกข้าวโพดจะมีกำไรสุทธิ ปีละไม่น้อยกว่า 6,000 บาทในปีที่ 8 เป็นต้นไป หรือปลูกไผ่ซางหม่นทดแทนการปลูกข้าวโพด จะมีรายได้ไม่น้อยกว่า 7,000 บาทในปีที่ 7 เป็นต้นไป ซึ่งการปลูกข้าวโพดนั้นเกษตรกรต้องลงทุนทุกครั้งที่มีการปลูก แต่ไผ่เป็นพืชที่มีการลงทุนเพียงครั้งเดียว หลังจากทำการตัดไผ่แล้วก็ไม่ต้องเริ่มปลูกใหม่อีกเนื่องจากไผ่จะสร้างลำใหม่ทดแทนลำเก่าที่ถูกตัดออกได้อย่างต่อเนื่อง ผลผลิตจากไผ่นั้นมีทั้งหน่อและลำ นำมา ใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว หลากหลาย และยั่งยืน

คำสำคัญ : ไผ่ ข้าวโพด ทดแทนข้าวโพด

[1] สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง e-mail: jareeratsuwan@hotmail.co.th

[2] สาขาศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย e-mail : sirichom 12 @gmail.com

[3] สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง e-mail: schanta@lpru.ac.th

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: jareeratsuwan@hotmail.co.th*

THE FEASIBILITY OF BAMBOO CULTIVATION TO GENERATE INCOME SUBSTITUTING MAIZE FOR FARMERS IN NAN PROVINCE

Jareerat suwan[1*] Sirichom Pichedboonkiat[2] Suwannee Chanta[3] Piyarat Tongtanee

Abstract

The objective of this research was to study the feasibility of bamboo cultivation to generate income substituting maize for farmers in Nan province. The sample group in this study was 10 maize farmers from Sarn sub-district, Wiang Sa district, Nan province who were voluntary participation in the research program. The researcher collected data by In-depth interviews and group discussion. Qualitative analysis used content analysis and logic approach mainly. The quantitative data were analyzed using by basic statistics, percentage.

The result of this study is found that it is possible to grow bamboo to generate income to substituting maize by considering the income of the participating farmers who grow corn once a year. The average annual income is not above 8,000 baht / rai. In 2016, the income is about 3,000-5,000 baht / rai. If this group grows Pai ruak Nan bamboo instead of corn, the net profit will not be less than 6,000 baht per year in the 8th year onwards or planted Pai sang mon bamboo instead of corn. The income will not be less than 7,000 baht in the 7th year onwards. Growing corn, farmers are required to invest every time they plant. But bamboo is a one-time investment. After cutting the bamboo, it does not need to be re-planted since the bamboo will be built to replace the old ones that are cut off continuously. The bamboo shoots are both shoots and can be used quickly, diversely, and sustainably.

Keywords : Bamboo, corn, substituting maize

[1]*Program in Curriculum and Instruction Faculty of Education, Lampang Rajabhat University*
e-mail: jareeratsuwan@hotmail.co.th

[2] *Program in Social development, faculty of business administration and liberal art, Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai , e-mail: sirichom 12 @gmail.com*

[3] *Program in Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, Lampang Rajabhat University*
e-mail: schanta@lpru.ac.th

** Corresponding author, e-mail: jareeratsuwan@hotmail.co.th*

บทนำ

จังหวัดน่านมีประชากรรวม 478,264 คน โดยเกือบไม่มีอัตราการเพิ่มของประชากร (ร้อยละ 0.06) ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2547-2556) ประชากรส่วนใหญ่เป็นคนไทยพื้นเมือง (ร้อยละ 80) อยู่อาศัยบนพื้นราบเป็นหลัก มีประชากรที่เป็นกลุ่มชาติพันธุ์ 5 กลุ่ม ได้แก่ ลื้อ ม้ง เมี้ยน ขมุ และ มลาบรี โดยกลุ่มชนลื้อเป็นกลุ่มใหญ่สุด (ร้อยละ 42 ของกลุ่มชาติพันธุ์ทั้งหมด) รองลงมาคือกลุ่มชนม้ง (ร้อยละ 31.9) ประชากรส่วนใหญ่ในแต่ละอำเภออาศัยอยู่นอกเขตเทศบาล (ร้อยละ 87.7) ประชากรส่วนใหญ่อยู่ในวัยแรงงาน (ร้อยละ 70) และมีอัตราการพึ่งพิงเท่ากับ 0.43 คนจนในจังหวัดน่านลดลงจาก 212,700 คน (ร้อยละ 46.4) ในปี 2543 เหลือคนจน 94,400 คน (ร้อยละ 21) ในพ.ศ. 2555 แต่ยังคงมีอัตราการลดลงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับในระดับประเทศอย่างไรก็ตามหนี้ครัวเรือนในจังหวัดน่านกลับเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 22.4และมีหนี้ครัวเรือนเฉลี่ยสูงกว่าในระดับประเทศ เมื่อพิจารณาอัตราหนี้สินต่อรายได้ พบว่า อัตราหนี้สินต่อรายได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็น 0.89 ในปี 2556 ซึ่งการปลูก ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นสาเหตุหนึ่งของการเพิ่มภาระหนี้สิน(จิรวรรณ กิจชัยเจริญและคณะ, ออนไลน์ : 20 พย.59)

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ลุ่มรุ่นแรกจะปลูกในเดือนพฤษภาคม และเก็บเกี่ยวจะเริ่มในช่วงต้นเดือนสิงหาคมไปจนถึงกันยายน สำหรับการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รุ่นที่สองสามารถปลูกได้หลังการเก็บเกี่ยวข้าวเสร็จ พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่อรายเฉลี่ย 31.5 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในที่ลุ่มแบบฝักสดเท่ากับ 0.95 ตันต่อไร่ การขายข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มส่วนใหญ่จะขายผลผลิตทันทีหลังจากเก็บเกี่ยวซึ่งจะเป็นข้าวโพดแบบฝักสด ราคาข้าวโพดฝักสดราคาถูกอยู่ที่ประมาณ 4-5 บาทต่อกิโลกรัม โดยขายให้กับพ่อค้าผู้รวบรวม สหกรณ์ และบริษัทที่เข้าไปรับซื้อโดยตรงถึงหมู่บ้านเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งของเกษตรกร ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนที่สูงสามารถปลูกได้ปีละครั้ง ในช่วงต้นฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-มิถุนายน เกษตรกรยังคงใช้วิธีการถางและการเผาในการเตรียมที่ดิน เกษตรกรพยายามที่จะเพิ่มผลผลิตโดยใช้ปุ๋ยเคมีหลากหลายสูตร ในปริมาณที่มากส่งผลต่อต้นทุนที่สูง สำหรับเกษตรกรที่กู้ยืมเงินหรือปัจจัยการ ผลิตจากผู้ค้ารายใดก็จะต้องขายผลผลิตให้กับผู้ค้ารายนั้น ซึ่งเป็นแรงจูงใจในการขยายพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้นมีข้อเสียอยู่โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่สูง ที่ต้องใช้สารเคมีจำนวนมากเพื่อให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เจริญเติบโต ซึ่งส่งผลให้เกิดมลพิษทั้งในดินและน้ำ นอกจากนั้นแล้วการถางและการเผาเพื่อกำจัดวัชพืชก่อนการเพาะปลูกได้ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ อย่างเห็นได้ชัด พื้นที่ปลูกข้าวโพดในจังหวัดน่านกว่า 8 แสนไร่นั้นร้อยละ 85 เป็นพื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธิ อยู่ในเขตป่าสงวนหรืออุทยานแห่งชาติ ตั้งแต่ปี 2559 บริษัทยักษ์ใหญ่ 2 แห่งประกาศนโยบายไม่รับซื้อผลผลิตจากพื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธิจึงส่งผลกระทบต่อเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดในจังหวัดน่าน (มติชนออนไลน์ : 23 พย.59)

การหาทางเลือกที่จะมาทดแทนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต้องไม่เพียงแต่คำนึงถึงเงื่อนไขด้าน นิเวศวิทยาและสังคมเท่านั้น แต่ต้องมีการศึกษาถึงความเป็นไปได้และเสถียรภาพทางด้านเศรษฐกิจ ของทางเลือกและให้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาแก่เกษตรกรที่เข้าไปส่งเสริมด้วย ถ้าทางเลือกที่มีอยู่ไม่สอดคล้องกับบริบทด้านความเสี่ยงที่เกษตรกรเผชิญอยู่และไม่สามารถให้ผลตอบแทนที่เท่าเทียมกับพืชเดิมที่ทำอยู่ได้ การอุดหนุน การชดเชยและ/หรือการให้สิ่งจูงใจแก่เกษตรกรเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องมี โดยควรมีการพัฒนากลไกการอุดหนุนหรือการชดเชยร่วมกับองค์กรที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นสิ่งจูงใจให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปสู่ระบบที่ยั่งยืน เช่น การให้เกษตรกรยกเลิกการทำการเกษตรบนพื้นที่ลาดชันเพื่อเปลี่ยนเป็นพื้นที่ป่าและปลูกไม้ยืนต้นร่วมกับพืชอื่นทดแทนในพื้นที่อื่น ต้องให้สิ่งจูงใจ ในช่วงที่ไม้ผลยังไม่ให้ผลผลิต การพิจารณาว่าสิ่งจูงใจควรเป็นอะไรนั้น ต้องจัดให้มีการทำประชุมกลุ่ม

ร่วมกับเกษตรกรที่สนใจและองค์กรที่เกี่ยวข้องเพื่อหาคำตอบที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติและเหมาะสม (พรสิริ สืบพงษ์สังข์ และ จิรวรรณ กิจชัยเจริญ. 2557)

ไผ่นับเป็นพืชเอนกประสงค์ที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันและมีความผูกพันกับการดำรงชีวิตมาเป็นเวลาช้านาน โดยมีการนำเอาส่วนต่าง ๆ ของไผ่มาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ทำวัสดุก่อสร้าง การเลี้ยงหอยทะเล ทำเครื่องมือเครื่องใช้ เครื่องจักสาน ด้านการบริโภคมีการนำหน่อมารับประทานและแปรรูปจากหน่อไผ่เป็นผลิตภัณฑ์กระป๋องหรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ด้านการเกษตรใช้ลำไผ่ค้ำยันพืชผลทางการเกษตร อีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมทำเฟอร์นิเจอร์ สิ่งประดิษฐ์ อุตสาหกรรมการทำตะเกียบ ไม้เสียบอาหาร ไม้จิ้มฟัน และอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ ถือว่าไผ่เป็นพืชที่ช่วยให้เกิดภูมิคุ้มกันทั้งด้านเศรษฐกิจ สามารถเป็นอาหารยามยากได้และทดแทนไม้ใช้สอยได้ ทางด้านสิ่งแวดล้อม ก่อให้เกิดป่าช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำ เป็นห่วงโซ่อาหารในธรรมชาติ และไผ่สามารถพัฒนาเป็นอาชีพจากระดับพอมีพอกินให้เป็นระดับอยู่ดีมีสุขในรูปแบบอุตสาหกรรมได้เป็นอย่างดี และป่าไผ่ยังเป็นพื้นที่ช่วยรักษาระบบนิเวศและสร้างความมั่นคงด้านอาหาร ตลอดจนส่งเสริมให้เกิดทิศทางการพัฒนาที่พึ่งพิงกับวิถีการดำรงชีวิตความเป็นอยู่ของชุมชน (ศูนย์วนศาสตร์ชุมชนเพื่อคนกับป่า : 2557)

จากข้อมูลความสำคัญและประโยชน์ที่ได้รับจากไผ่ ทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงคุณค่าอันมหาศาลของไผ่ จึงได้สนทนากลุ่มร่วมกับเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดในตำบลส้าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน (9 ตุลาคม 2559) พบว่ากลุ่มเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดทุกคนตระหนักถึงปัญหาและผลกระทบจากการปลูกข้าวโพด ทั้งด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม แต่ที่ผ่านมาไม่สามารถที่จะหาพืชอื่นมาปลูกทดแทนการปลูกข้าวโพดได้และขาดการให้ความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชอื่น ตลอดจนความไม่มั่นใจในการปลูกพืชอื่นจะสามารถทดแทนรายได้ให้กับกลุ่มเกษตรกรได้ ดังนั้นกลุ่มเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดในตำบลส้าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน และคณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้ของการปลูกไผ่เพื่อสร้างรายได้ทดแทนการปลูกข้าวโพดของเกษตรกรในจังหวัดน่าน ผลจากการศึกษาครั้งนี้ยังสามารถนำไปขยายใช้กับพื้นที่อื่น ๆ ในจังหวัดน่านต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการปลูกไผ่เพื่อสร้างรายได้ทดแทนการปลูกข้าวโพดของเกษตรกรในจังหวัดน่าน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ กลุ่มเกษตรกรปลูกข้าวโพด ตำบลส้าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ กลุ่มเกษตรกรปลูกข้าวโพด ตำบลส้าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน ที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัย จำนวน 10 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสัมภาษณ์กลุ่มเกษตรกรปลูกข้าวโพด แบบสำรวจชุมชน และแบบแบบสอบถามรายได้ สร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ โดย คณะผู้วิจัยนำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในโครงการวิจัยไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยจำนวน 3 ท่าน พิจารณา และนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปเก็บข้อมูลจริง

3. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 สำรวจความหลากหลายของไผ่ใน จังหวัดน่าน

ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับพืชตระกูลไผ่ในพื้นที่ ของจังหวัดน่าน แล้วเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม กับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกไผ่ ผู้ประกอบการ มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลตลอดจนการนำไปใช้ประโยชน์ ทั้งด้านการบริโภคและการอุตสาหกรรม แล้วทำการบันทึกข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ ข้อมูลชื่อสายพันธุ์

ระยะที่ 2 ศึกษาศักยภาพในการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

คณะผู้วิจัยและตัวแทนกลุ่มเกษตรกรปลูกข้าวโพดในตำบลส้าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน ที่สนใจเข้าร่วมโครงการวิจัยร่วมกันศึกษาและเก็บข้อมูลพื้นฐานเชิงพาณิชย์เกี่ยวกับไผ่เพื่อนำร่องการปลูกไผ่ ศึกษาดูงานการปลูกไผ่และการใช้ประโยชน์จากไผ่แบบครบวงจร ด้านการปลูกและใช้ประโยชน์จากการปลูกไผ่ แล้วนำข้อมูลมาประเมินศักยภาพในการพัฒนา ด้านการปลูก การบริโภค เพื่อให้เกิดแนวทางการวางแผนการขับเคลื่อนการปลูกไผ่เพื่อสร้างรายได้ทดแทนการปลูกข้าวโพดแบบมีส่วนร่วมโดยชุมชน หน่วยงานภาครัฐ กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกไผ่ และจัดอบรมในลำดับต่อไป

4. สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล ได้แก่ ชุมชนบ้านส้าน หมู่ที่ 10 ตำบลส้าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน

5. กิจกรรมวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยจัดกิจกรรม ดังนี้

5.1 จัดเวทีศึกษาสภาพปัญหาการปลูกข้าวโพด และความต้องการปลูกไผ่เพื่อสร้างรายได้ทดแทนการปลูกข้าวโพดของเกษตรกรในจังหวัดน่าน

5.2 ศึกษาดูงานการส่งเสริมการปลูกไผ่ในจังหวัดน่าน ณ.ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดน่าน ตำบลผาสิงห์ อำเภอเมือง จังหวัดน่าน เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลพันธุ์ไผ่ในจังหวัดน่าน

5.3 ติดต่อประสานงานศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดน่าน ในการจัดการอบรมและศึกษาดูงานการปลูกไผ่เศรษฐกิจ สำหรับกลุ่มเป้าหมายในโครงการวิจัย

5.4 จัดฝึกอบรมหลักสูตร “การปลูกไผ่เศรษฐกิจ” ให้กับกลุ่มเกษตรกรที่ร่วมโครงการวิจัย ณ ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดน่าน

5.5 ส่งมอบพันธุ์ไผ่แก่กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเข้าร่วมโครงการวิจัยเพื่อนำไปปลูกในพื้นที่ตำบลส้าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน

5.6 การลงพื้นที่เพื่อติดตามผลการปลูกไผ่ของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดที่เข้าร่วมโครงการวิจัยในพื้นที่ ตำบลส้าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน

5.7 การลงพื้นที่เพื่อสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกไผ่ในจังหวัดน่าน

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับบริบทชุมชน สภาพปัญหาและความต้องการปลูกไผ่ทดแทนการปลูกข้าวโพด ใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) และการวิเคราะห์ในเชิงเหตุผล (Logic Approach) เป็นหลัก ส่วนข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับรายได้ ผลตอบแทนจากการปลูกไผ่วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐานร้อยละ

ผลการวิจัย

1. บริบทชุมชนของตำบลส้าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน อยู่ห่างจากอำเภอเวียงสาไปทางทิศใต้ตามทางหลวงแผ่นดินสายสา-นาน้อยประมาณ 12 กิโลเมตรและตั้งอยู่ห่างจากจังหวัดน่านไปทางทิศใต้ตามทางหลวงแผ่นดินสายแพร่-น่าน ประมาณ 28 กิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขา มีที่ราบลุ่มเป็นจำนวนน้อย ที่ราบลุ่มแม่น้ำน่าน และที่ราบลุ่มหุบเขาโดยแบ่งเป็นพื้นที่ทำนา ทำสวน ทำไร่ เป็นบางส่วน ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพด้านการเกษตร โดยทำไร่ข้าวโพด ถั่วลิสง ถั่วเหลือง งา กระเทียม อาชีพทำสวน ได้แก่ ลำไย มะขาม ซึ่งมีพื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะปลูก พืชเศรษฐกิจที่สำคัญของตำบลและทำรายได้ดี คือ ข้าวโพด รองลงมาได้แก่ ข้าวและลำไย และพืชเศรษฐกิจใหม่ที่ทำรายได้ คือยางพารา พื้นที่ทำการเกษตรโดยประมาณ 7,755 ไร่ อาชีพอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ รับจ้างทั่วไป รับราชการ ค้าขาย

สภาพปัญหาในการปลูกข้าวโพด ทำให้เกิดปัญหาใน 2 ด้าน คือ ปัญหาด้านรายได้ได้กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดกลุ่มนี้ ปลูกข้าวโพดปีละ 1 ครั้ง ข้าวโพดเป็นพืชที่ต้องการน้ำ ถ้าน้ำมากก็จะทำให้ได้ผลผลิตข้าวโพดมาก เมื่อขายแล้วจะได้กำไร ไร่ละประมาณ 10,000 -13,000 บาท แต่ถ้าขาดน้ำหรือน้ำน้อยก็จะทำให้ได้ผลผลิตข้าวโพดน้อยตาม เมื่อขายแล้วจะได้กำไร ไร่ละไม่เกิน 8,000 บาท หรือบางทีก็ขาดทุน และปัญหาด้านสุขภาพ กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดกลุ่มนี้ สะท้อนให้ฟังเกี่ยวกับปัญหาด้านสุขภาพที่เป็นผลกระทบจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร เช่น โรคระบบทางเดินหายใจ โรคผิวหนัง สารเคมีตกค้างในร่างกาย เป็นต้น

ความต้องการปลูกพืชทดแทนการปลูกข้าวโพด กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดกลุ่มนี้ มีความความต้องการปลูกพืชทดแทนการปลูกข้าวโพด และมีรายได้จากการขายผลผลิตทางการเกษตรไม่น้อยกว่าการปลูกข้าวโพด ที่ผ่านมาได้มีบริษัท เจียไต๋ จำกัดได้มาให้กลุ่มเกษตรกร ใน ตำบลส้าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน ปลูกมะเขือ แต่ก็พบว่า รายได้ไม่ต่ำกว่าปลูกข้าวโพด แต่ต้องตื่นแต่เช้าลงแปลง และยังมีการใช้สารเคมีทางการเกษตรสูง และต้องลงทุนทุกครั้งที่เริ่มเพาะปลูก ดังนั้นกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดกลุ่มนี้จึงสนใจที่จะปลูกไผ่และยินดีเข้าร่วมโครงการวิจัยฯ เนื่องจากกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดกลุ่มนี้ มองเห็นว่าการปลูกไผ่ ไม่ต้องใช้สารเคมีทางการเกษตร และเป็นพืชที่ลงทุนเพียงครั้งเดียว และไม่ต้องใช้เวลาในการทำสวนมากเหมือน การปลูกข้าวโพด ทำให้มีเวลาว่างไปทำอาชีพเสริมอื่น ๆ ได้

2. ผลการศึกษาความเป็นไปได้ของการปลูกไผ่เพื่อสร้างรายได้ทดแทนการปลูกข้าวโพดของเกษตรกรในจังหวัดน่านมีดังนี้

2.1 การสร้างรายได้จากการปลูกไผ่ มีหลายวิธี เช่น การขายหน่อไผ่ การขายลำต้นไผ่ การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จักสาน เฟอร์นิเจอร์จากต้นไผ่ และการขายกิ่งพันธุ์ไผ่ เป็นต้น เนื่องจากการปลูกไผ่ใช้เวลาอย่างน้อย 10 เดือนขึ้นไปจึงจะเริ่มมีผลผลิต เช่นไผ่ขายหน่อต้องใช้เวลาประมาณ 10 เดือนจึงจะมีหน่อ ส่วนไผ่ขายลำต้องใช้เวลาปลูกอย่างน้อย 5 ปี ถึงจะตัดลำต้นไผ่ขายได้ ดังนั้นจึงต้องใช้เวลานานพอสมควรจึงจะเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ แต่ปัจจุบันกิ่งพันธุ์ไผ่เป็นที่ต้องการของเกษตรกร ทำให้กิ่งพันธุ์ในท้องตลาดไม่เพียงพอจำหน่ายและขาดตลาดในบางช่วง ทำให้กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดที่ร่วมโครงการวิจัยสามารถสร้างรายได้จากการขายกิ่ง

พันธุ์ไผ่ เมื่อไผ่อายุ 1 ปีขึ้นไปโดยวิธีตอนกิ่ง โดยไผ่ 1 ต้น สามารถขยายพันธุ์ได้ ไม่น้อยกว่า 20 ต้น และขายกิ่งพันธุ์ได้ในราคาต้นละ 35 บาท ดังนั้น ไผ่ 1 ต้นสามารถสร้างรายได้ 700 บาท

2.2 การศึกษาความเป็นไปได้ในด้านการปฏิบัติ หรือแนวทางการปลูกไผ่ในจังหวัดน่าน สามารถแบ่งกลุ่มของไผ่ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการปลูกไว้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ไผ่ผลิตลำไม้ที่มีศักยภาพ จะปลูกในพื้นที่ขนาดใหญ่ ไผ่ผลิตลำไม้ที่มีศักยภาพจะปลูกในพื้นที่ขนาดใหญ่ เป็นไผ่ที่ปลูกเพื่อรองรับอุตสาหกรรมตามความเป็นไปได้ของตลาด เป็นพืชทางเลือกที่จะปลุกทดแทนพื้นที่ปลุกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และพืชไร่ในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม ได้แก่ ไผ่รวกดำหรือไผ่รวกน่าน และไผ่ซางหม่น กลุ่มที่ 2 ไผ่ที่ควรอนุรักษ์และปลูกเพิ่มเพื่อเป็นพืชเศรษฐกิจ ไผ่ที่ควรอนุรักษ์และปลูกเพิ่มเพื่อเป็นพืชเศรษฐกิจเป็นไผ่ที่คนในท้องถิ่นใช้เป็นอาหาร เป็นไม้ใช้สอยและวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมในท้องถิ่นในครัวเรือน ปัจจุบันไผ่ธรรมชาติเหลือน้อยลงตามพื้นที่ป่าที่ถูกบุกรุกทำลาย สามารถจะปลูกแบบเป็นแปลงหรือเป็นป่าผสมผสานกับพันธุ์ไม้ยืนต้นเพื่อการพึ่งพาตนเองและเป็นพืชเศรษฐกิจ เช่น ไผ่ซางนวล ไผ่ข้าวหลาม ไผ่หก ไผ่ช้างเมืองน่านหรือไผ่ยักษ์ และกลุ่มที่ 3 ไผ่เพื่อผลิตหน่อไม้ ในพื้นที่ที่มีดิน น้ำและการจัดการที่ดี สามารถที่จะปลูกไผ่รับประทานหน่อที่มีคุณภาพและผลิตขาย นอกฤดูพันธุ์ไผ่เพื่อผลิตหน่อไม้ ได้แก่ ไผ่เป๊าะน่าน ไผ่ซางหวาน ไผ่หม่าจู ไผ่เลี้ยง ไผ่ตงเขียว ไผ่กิมซุง เป็นต้น ซึ่งความนิยมหน่อไม้ของผู้บริโภคแต่ละท้องถิ่นจะแตกต่างกันไปตามวิธีการประกอบอาหารในจังหวัดน่าน ไผ่เป๊าะที่ผลิตได้ตั้งแต่ ธันวาคม-เมษายน สามารถจำหน่ายในท้องถิ่นได้ราคากิโลกรัมละ 60-80 บาท ซึ่งจะมีรายได้เมื่อหักค่าใช้จ่ายแล้วในปีที่ 3 เป็นต้นไป ประมาณไร่ละ 20,000บาทต่อปี

2.3 การศึกษาความเป็นไปได้ในด้านการเศรษฐศาสตร์ โดยเปรียบเทียบประมาณการต้นทุนและผลตอบแทนหรือกำไร จากการขายไผ่รวกดำหรือไผ่รวกน่านและไผ่ซางหม่นเท่านั้นเนื่องจากไผ่ทั้งสองชนิดนี้เป็นไผ่ที่ตลาดมีความต้องการสูง ในปีแรกเกษตรกรมีต้นทุนการปลูกไผ่รวกดำหรือไผ่รวกน่าน 7,150 บาท/ พื้นที่ 1 ไร่สามารถปลูกไผ่ได้ 130 ต้น มีต้นทุน ได้แก่ ค่าพันธุ์ 130 ต้นๆ ละ 35 บาท ค่าเตรียมหลุมปลูกหรือค่าขุดหลุมพร้อมคลุกปุ๋ยคอก 10 บาทต่อหลุม ค่าปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยคอก 500 บาท และค่ากำจัดวัชพืช ครั้งละ 400 บาทต่อไร่ ถ้าไม่คิดค่าแรงเกษตรกรเองจะมีกำไรสุทธิ ปีละไม่น้อยกว่า 6,000 บาทในปีที่ 8 เป็นต้นไป และเมื่อไผ่รวกโตเต็มที่ขายเหมาเฉลี่ยลำละ 10 บาท โดยผู้ซื้อตัดเอง แต่ถ้าเกษตรกรตัดไผ่เอง ไผ่ลำยาว 12-13 เมตร ขายได้ลำละ 15 บาท ส่วนต้นทุนการปลูกไผ่ซางหม่น 6,300 บาท /พื้นที่ 1 ไร่สามารถปลูกไผ่ได้ 100 ต้น มีต้นทุนได้แก่ ค่าพันธุ์ 100 ต้นๆละ 40 บาท ค่าเตรียมหลุมปลูกหรือค่าขุดหลุมพร้อมคลุกปุ๋ยคอก 10บาทต่อหลุม ค่าปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยคอก 500 บาท ค่ากำจัดวัชพืช ครั้งละ 400 บาทต่อไร่ ถ้าไม่คิดค่าแรงเกษตรกรเองจะมีกำไรสุทธิ ปีละไม่น้อยกว่า 7,000 บาทในปีที่ 7 เป็นต้นไป

สรุป ผลการศึกษาครั้งนี้จึงมีความเป็นไปได้ที่จะปลูกไผ่เพื่อสร้างรายได้ทดแทนการปลูกข้าวโพด โดยพิจารณาจากข้อมูลรายได้ของกลุ่มเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ ซึ่งปลูกข้าวโพดปีละ 1 ครั้ง จึงมีรายได้เฉลี่ย ไม่เกิน 8,000 บาท/ไร่ ซึ่งในปี 2559 มีรายได้ประมาณ 3,000-5000 บาท/ไร่ ถ้ากลุ่มเกษตรกรกลุ่มนี้ปลูกไผ่รวกน่านทดแทนการปลูกข้าวโพดจะมีกำไรสุทธิ ปีละไม่น้อยกว่า 6,000 บาทในปีที่ 8 เป็นต้นไป หรือปลูกไผ่ซางหม่นทดแทนการปลูกข้าวโพด จะมีรายได้ไม่น้อยกว่า 7,000 บาทในปีที่ 7 เป็นต้นไป ซึ่งการปลูกข้าวโพดนั้นเกษตรกรต้องลงทุนทุกครั้งที่มีการปลูก แต่ไผ่เป็นพืชที่มีการลงทุนเพียงครั้งเดียว หลังจากทำการตัดไผ่แล้วก็ไม่ต้องเริ่มปลูกใหม่อีกเนื่องจากไผ่จะสร้างลำใหม่ทดแทนลำเก่าที่ถูกตัดออกได้อย่างต่อเนื่อง ผลผลิตจากไผ่นั้นมีทั้งหน่อและลำ นำมา ใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว หลากหลาย และยั่งยืน

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ของการปลูกไผ่เพื่อสร้างรายได้ทดแทนการปลูกข้าวโพดของเกษตรกรในจังหวัดน่านครั้งนี้ มีประเด็นที่อภิปรายผล และข้อค้นพบดังนี้

1. จากผลการศึกษาความเป็นไปได้ในด้านการเศรษฐศาสตร์ พบว่า ไผ่รวกดำหรือไผ่รวกน่านและไผ่ซางหม่นเป็นไผ่ที่ตลาดมีความต้องการสูงโดยเฉพาะการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงหอยแมลงภู่ในจังหวัดชายทะเล ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ กรกัญญา อักษรเนียม และปานศิริ นิบุญธรรม (2554: 76-99) ที่กล่าวว่าอุตสาหกรรมการเลี้ยงหอยแมลงภู่นิยมใช้ไผ่รวกหรือไผ่รวกน่านเป็นหลักเลี้ยงหอยแมลงภู่ เพราะ มีข้อสั้น เนื้อแน่นแข็งทนต่อการกัดแทะของหอย และลำปล้องยาวใช้เลี้ยงหอยได้มาก โคนต้นใหญ่ปลายเรียว ทำให้ไม่ต้านลมเหนือผิวน้ำ สำหรับไผ่ตง ไผ่ซาง และไผ่ที่มีลำโตจะใช้ทำโครงโป๊ะเลี้ยงหอย ซึ่งไม้ไผ่ส่วนใหญ่นำมาจากภาคเหนือ เช่น จังหวัดน่าน และแพร่ เป็นต้น โดยมีการซื้อไผ่รวกเหมาสวนเฉลี่ยลำละ 10 บาท หากตัดส่งถึงรถบรรทุกจะขายเมตรละ 1 บาท ซึ่งราคาขายส่งถึงตลาดชายทะเลสูงถึงลำละ 30-40 บาท อุตสาหกรรมการเลี้ยงหอยแมลงภู่ในหมู่บ้านแสมขาวเป็นหมู่บ้านชาวประมงตั้งอยู่ที่หมู่3ตำบลสองคลอง อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา มีประชากรโดยประมาณ 100 หลังคาเรือน มากกว่า 50 แห่ง ทั้งที่เป็นโป๊ะรายใหญ่และโป๊ะของชาวบ้านทั่วไป ส่งผลให้มีรถบรรทุกมากกว่า 700 คันรถ หรือไผ่ประมาณ 5,000,000 ท่อน นำเข้าสู่หมู่บ้านแสมขาว ทำให้มีเงินหมุนเวียนในการซื้อขายไผ่เฉพาะที่หมู่บ้านแห่งนี้มากกว่า 50 ล้านบาท ชาวบ้านส่วนใหญ่ในหมู่บ้านประกอบอาชีพทำโป๊ะจับปลา และหลักเลี้ยงหอยแมลงภู่ ซึ่งเป็นอาชีพที่สืบทอดกันมาตั้งแต่อดีต ดังนั้นหมู่บ้านแห่งนี้จึงเป็นอีกหนึ่งหมู่บ้านที่มีการใช้ไผ่เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะไผ่ตง ไผ่เลี้ยงและไผ่รวกโดยในทุกๆปีจะมีการใช้ไผ่ในระหว่างเดือนกรกฎาคม-ตุลาคมซึ่งถือเป็นช่วงการผลัดเปลี่ยนโป๊ะจับปลาและทำหลักเลี้ยงหอยแมลงภู่ใหม่แทนที่ของเก่าที่ย่อยสลายไปตามธรรมชาติ

2. ไผ่เป็นพืชที่ปลูกได้ในทุกพื้นที่และเป็นพืชที่สามารถฟื้นฟูสภาพดินและป่าได้ การปลูกไผ่จึงเป็นพืชทางเลือกในการฟื้นฟูสภาพป่าในจังหวัดน่าน ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายการจัดการป่าต้นน้ำเสื่อมสภาพในที่สูง (เขาหัวโล้น) ของผู้ว่าราชการจังหวัดน่าน “นายสุวัฒน์ พรมสุวรรณ” กลยุทธ์การพัฒนาพื้นที่ทำกินในพื้นที่ป่าโครงการฟื้นฟูสภาพป่าไม้ในที่ทำกิน “สวมหมวกใส่รองเท้าให้ภูเขาหัวโล้น” จังหวัดน่าน (ปี พ.ศ.2559-2563) ผลจากเวที “สร้างความเข้าใจและความจำเป็นการออกข้อบัญญัติท้องถิ่น ว่าด้วย การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน เพื่อคืนความสุขให้คนน่าน บนฐานวิถีวัฒนธรรมท้องถิ่น” และ “จากการประชุมสัมมนาทางวิชาการ “รักษ์ป่าน่าน” โดยสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ทรงเป็นประธานในการสัมมนาและทรงบรรยาย เรื่อง “การสร้างจิตสำนึกให้เด็กและเยาวชนอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ” ในประเด็นปัญหาสาเหตุการบุกรุกพื้นที่ป่าแหล่งต้นน้ำในจังหวัดน่าน อีกทั้งจังหวัดน่านได้ร่วมกำหนดวาระน่าน 2013-2017 “สร้างเมืองน่านน่าอยู่ คู่กับป่าต้นน้ำ” เพื่อเป็น การตอบสนองต่อนโยบายยุทธศาสตร์ แผนแม่บทและคำสั่งของคณะรักษาความสงบแห่งชาติ (คสช.) โดยจัดทำโครงการฟื้นฟูสภาพป่าในที่ทำกิน สวมหมวกใส่รองเท้าให้ภูเขาหัวโล้นจังหวัดน่าน ซึ่งมีแนวคิดในการสร้างกระบวนการฟื้นฟูป่าต้นน้ำให้เกิดความยั่งยืนและต่อเนื่องตั้งแต่บริเวณต้นน้ำไปจนถึงบริเวณปลายน้ำโดยใช้หลักคิดการจัดการคนกับป่าและเพิ่มพื้นที่ป่าต้นน้ำ ใช้วิธีการศาสตร์พระราชาคือต้นน้ำป่าไม้ กลางน้ำการเกษตรและปลายน้ำประมง มุ่งเน้นให้เกิดการฟื้นฟูและพัฒนาสภาพผืนป่าต้นน้ำ พัฒนาพื้นที่ทำกินและส่งเสริมให้คนที่ดูแลรักษาป่าต้นน้ำให้มีความมั่นคงทางอาหารและพัฒนาคุณภาพชีวิต พัฒนาที่ชุ่มน้ำให้เป็นแหล่งน้ำสำหรับการพัฒนาระบบเกษตรผสมผสานและสร้างระบบนิเวศสำหรับการเป็นแหล่งอาหารของชุมชนตลอดจนสร้างกระบวนการทำงาน

ติดตามประเมินผล ถอดบทเรียนการทำงานพร้อมทั้งสร้างกระบวนการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ด้านการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมชุมชนอย่างมีส่วนร่วม

ข้อเสนอแนะ

1. ไผ่รวกน่านเป็นไผ่ที่มีเอกลักษณ์และเป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดน่าน แต่ในการปลูกเชิงพาณิชย์นั้นยังมีปัญหาด้านการขนส่ง ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาแนวทางการส่งเสริมการปลูกไผ่รวกน่านแบบครบวงจร

2. ไผ่ซางหม่นเป็นไผ่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมไม้จิ้มฟัน ไม้เสียบลูกชิ้น ตะเกียบ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าควรมีการศึกษาแนวทางการแปรรูปไผ่ซางหม่นในพื้นที่จังหวัดน่าน

3. ควรมีการให้ความรู้เกี่ยวกับการแปรรูปหน่อไม้แก่กลุ่มเกษตรกรที่ปลูกไผ่ขายหน่อเพื่อเพิ่มมูลค่าและเพิ่มรายได้ เช่น การทำหน่อห้อยแทนหน่ออัดปีบ หน่ออบแห้ง ลอดช่องหน่อไม้ เป็นต้น

4. ในช่วง 5ปีแรกที่เกษตรกรปลูกไผ่นั้นยังไม่มีรายได้ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐควรมีการส่งเสริมอาชีพอื่นเพื่อสร้างรายได้แก่เกษตรกร

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางและศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดน่าน ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณนายประเสริฐ แก้วอินัง ที่ให้ความรู้เรื่องไผ่ ให้ข้อเสนอแนะ และอำนวยความสะดวกในการอบรมเกษตรกร และขอขอบคุณคุณเชาวรัตน์ อิ่นอ้าย ภูมิปัญญาเรื่องไผ่จังหวัดน่าน ที่ให้ความรู้และข้อมูลเรื่องไผ่จังหวัดน่าน ขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพด หมู่ที่ 10 ตำบลส้าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน ทั้ง 10 ท่าน ที่เข้าร่วมโครงการวิจัยและขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ข้อเสนอแนะอันมีประโยชน์แก่คณะนักวิจัย

ขอขอบพระคุณเครือข่ายบริหารการวิจัยภาคเหนือตอนบน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาที่สนับสนุนเงินทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

กรมป่าไม้. (2541). **การใช้ประโยชน์ไม้ขั้นพื้นฐาน**. ม.ป.ป.

กรกัญญา อักษรเนียม และปานศิริ นิบุญธรรม. (2554) **ไผ่ พืชพรรณสร้างโลก**, ว.เคหการเกษตร 35: 11,

การเกษตรดอทคอม. (2559). **การขยายพันธุ์ไผ่**. แหล่งข้อมูล : http://www.xn--12ca4dscc8ayd2f.com. สืบค้นวันที่ 25 สิงหาคม 2559.

กัณยารัตน์ สุไพบูลย์และปรานอน พฤฒพงษ์. (2541) **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื้อไผ่ตง**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร

จิรวรรณ กิจชัยเจริญและคณะ (2558) **การวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อสนับสนุนการพัฒนาระบบเกษตรผสมผสานในพื้นที่สูง จังหวัดน่าน** . [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.humidtropics.cgiar.org

ชมรมอนุรักษ์สภาพแวดล้อม มหาวิทยาลัยสุรนารี. 2556. **ไผ่:หญ้ามหัศจรรย์**. แหล่งข้อมูล : http://student.sut.ac.th/anurukclub/ledge_detail.php?id=28. สืบค้นวันที่ 25 สิงหาคม 2559.

ธัญพิสิษฐ พวงจิก . (2555). อนาคตไผ่ไทยจะเปนอยางไร . Thai Journal of Science and Technology ปที่ 1 ฉบับที่ 3 กันยายน - ธันวาคม 2555. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร ศูนยรังสิต . ประทุมธานี .

_____ . (2556) . **ไผพืชมหัศจรรยจริงหรือ** . วารสารวิทยาศาสตรและเทคโนโลยี ปที่ 21 ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน 2556 . มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร ศูนยรังสิต . ประทุมธานี .

มติชนออนไลน์ . (2559). **วิกฤตไร่ข้าวโพด! เกษตรกรน่าน เผยขาดทุนเพียบ กระทบอีก 4 จังหวัด**. แหล่งข้อมูล https://www.matichon.co.th/region/news_370082 สืบค้นวันที่ 23 พฤศจิกายน 2559

บ้านจอมยุทธ. (2559). **ไผ่ (bamboo)**. แหล่งข้อมูล : http://www.baanjomyut.com/ library_2/extension-2/bamboo/03.html. สืบค้นวันที่ 25 กันยายน 2559.

พรสิริ สืบพงษ์สังข์ และ จิรวรรณ กิจชัยเจริญ. (2557). **โครงการจัดทำยุทธศาสตร์การตลาดของโครงการ ขยายผลเชื่อมโยงกับตลาดระดับต่าง ๆ ณ จังหวัดน่าน**. รายงานฉบับสมบูรณ์. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน).

รุ่งนภา พัฒนาวิบูลย์ และคณะ . (2544) . **ไม้ไผ่ในประเทศไทย** . สำนักวิชาการป่าไม้ . กรุงเทพมหานคร .

วิสุทธิ์ ใบไม้.(2548). **ความหลากหลายทางชีวภาพ วัฒนธรรม และสังคมไทย**. โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ศิริกัลยา สุวจิตานนท์. (2556). **สวนรวบรวมพันธุ์ไผ่**. แหล่งข้อมูล : http://www.ku.ac.th/ e-magazine/dec51/agri/agri2.htm. สืบค้นวันที่ 25 กันยายน 2559.

ศูนย์พัฒนาสังคมหน่วยที่ 25 จังหวัดน่าน. 2558. **5 ชนเผ่าในจังหวัดน่าน.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.nansdc.go.th/chowqhow%205%20ch/Mhong.html.

ศูนย์วนศาสตร์ชุมชนเพื่อคนกับป่า . (2557) . **ไผ่กับวิถีชีวิตคนไทย:องค์ความรู้และรูปแบบการจัดการของท้องถิ่น** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http:// www.recoftc.org

สมยศ แสงนิล. (2536). **การใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในการประมาณหาผลผลิตของไม้ไผ่ในภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร .

สิทธิณัฐ ประพุทธนิติสาร . (2546). **การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม : แนวคิดและแนวปฏิบัติ.** สำนักงานกองทุนสนันสนุนการวิจัย . กรุงเทพมหานคร .

สุภางค์ จันทวานิช. (2535). **วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ.** (พิมพ์ครั้งที่ 2) กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุนันทา แก้วสุข และคณะ. (2545).**การศึกษาความต้องการของท้องถิ่นในการแปรรูป กล้วยของชุมชนบางตาทอง ตำบลจำปาหล่อ อำเภอเมือง จังหวัดอ่างทอง.** กรุงเทพมหานคร : สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ.

สุทัศน์ เดชวิสิทธิ์. (2544). **ความรู้เกี่ยวกับการปลูกไม้ไผ่**. สำนักพิมพ์เกษตรสาส์น. นนทบุรี.

สำนักมาตรฐานการศึกษา สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ กระทรวงศึกษาธิการ และสำนักมาตรฐาน อุดมศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย. (2545). **ชุดวิชาการวิจัยชุมชน.** นนทบุรี: เอส.อาร. พริ้นติ้ง แมสโปรดักส.

อนันต์ อนันต์โชติ . (2534). **ไม้ไผ่ในประเทศไทยที่น่ารู้จัก**. สำนักพิมพ์อักษรสยามการพิมพ์. กรุงเทพมหานคร .

Dransfield, S. and Widjaja, E.A., 1995, **Plant Resources of South-East Asia** No.7: Bamboo, Backhuys Publishers, Netherlands.

การวิเคราะห์ระดับการสุกของทุเรียนจากการแพร่กระจายของก๊าซเอทีลีน โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล

อุดมศักดิ์ เพียรไพโรจน์[1*] วุฒิพงษ์ ชินศรี[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และจำแนกประเภทระดับการสุกของทุเรียนจากการแพร่กระจายของก๊าซเอทีลีนโดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล ซึ่งก๊าซเอทีลีนนั้นมีความสัมพันธ์กับระดับการสุกของผลไม้ ผู้วิจัยจึงพัฒนาอุปกรณ์วัดระดับการสุกของทุเรียนด้วย Arduino และเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ MQ3, MQ6 และ MQ8 เพื่อตรวจสอบการแพร่กระจายของก๊าซเอทีลีน แทนเซนเซอตร์ก๊าซเอทีลีนซึ่งมีราคาค่อนข้างแพง เมื่อได้ข้อมูลจาก sensor จำนวน 160 รายการ ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่มของข้อมูล (Clustering) ในการแบ่งกลุ่มทุเรียนตามระดับการสุก โดยเลือกอัลกอริทึม K-Mean มาใช้ในการทดลอง ซึ่งผลการทดลองสามารถแบ่งกลุ่มระดับการสุกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ 1) ดิบ 2) ห่าม 3) สุก และ 4) งอม ตามลักษณะการสุกของทุเรียน หรือกล้วยที่คนไทยส่วนใหญ่เข้าใจกัน สำหรับการวิเคราะห์ระดับการสุกของทุเรียนนั้น ผู้วิจัยใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูล (Classification) ในการสร้างโมเดล โดยทำการเปรียบเทียบอัลกอริทึมที่นำมาใช้ในการสร้างโมเดล ได้แก่ Decision Tree, K Nearest Neighbors (KNN), Neural Network, Naive Bayes และ Support Vector Machine (SVM) โดยเปรียบเทียบค่าความแม่นยำในการจำแนกข้อมูล (Accuracy) โดยแบ่งกลุ่มของข้อมูลเพื่อทำการทดสอบแบบ Cross validation ซึ่ง พบว่า Support Vector Machine และ Neural Network มีค่าความแม่นยำในการจำแนกข้อมูลสูงที่สุดใกล้เคียงกัน นอกจากนั้นโมเดลที่ได้จากทุกอัลกอริทึม มีค่าความแม่นยำในการจำแนกข้อมูลสูง เกือบ 100% จึงสามารถนำโมเดลเหล่านั้นไปพัฒนาต่อเพื่อวิเคราะห์ระดับการสุกของทุเรียนจากการแพร่กระจายของก๊าซเอทีลีนได้

คำสำคัญ : ก๊าซเอทีลีน การสุกของผลไม้ เซ็นเซอร์ การทำเหมืองข้อมูล การแบ่งกลุ่มของข้อมูล การจำแนกข้อมูล

---

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยนวัตกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต e-mail: UdomsakPaeanpairoj@gmail.com

[2] สาขาวิชาการจัดการความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ วิทยาลัยนวัตกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต e-mail: wutthipong.c@rsu.ac.th

**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: UdomsakPaeanpairoj@gmail.com*

THE ANALYSIS OF DURIAN RIPENING LEVEL FROM DIFFUSION OF ETHYLENE GASES BY USING DATA MINING TECHNIQUES

Udomsak Paeanpairoj[1*] Wutthipong Chinnasri[22]

Abstract

The purpose of this research aims to analyze Durian ripening level from diffusion of Ethylene gas by data mining techniques. Due to the fact that Ethylene is associated with fruit ripening level. A tool, Arduino board connected with MQ3, MQ6 and MQ8 detection sensors, has been developed for the assessment. These sensors are substituted for Ethylene one which is quite expensive. After collecting 160 data by this tool, data mining procedures are mainly used for data clustering. The experimental result demonstrates that K-Means clustering algorithm classify durian ripening level into 4 types; 1) unripe, 2) pre-ripe, 3) ripe, 4) overripe follow the ripening level of Durian or Banana as Thai people know. The ripening analysis has been use the classification technique, When it comes to classification, various types of algorithm, for instance, Decision Tree, K Nearest Neighbors (KNN), Neural Network, Naive Bayes and Support Vector Machine (SVM), have been compared by accuracy rate of their performance through cross validation procedure. It has been found that Support Vector Machine and Neural Network algorithm are similarly the most accurate. However, the accuracy of all algorithm in this experimental closely to 100%, these algorithms can be further developed to analyze fruit ripening level from diffusion of gas analysis

Keywords: Ethylene, Ripening, Gas Sensor, Data Mining, Clustering, Classification

[1] *Master of Science Program in Digital Innovation and Information Technology, Rangsit University*
e-mail : udomsakpaeanpairoj@gmail.com
[2] *Cybersecurity Management College of Digital Innovation and Information Technology, Rangsit University*
e-mail: wutthipong.c@rsu.ac.th
**Corresponding author e-mail : udomsakpaeanpairoj@gmail.com*

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศอยู่ในเขตร้อนชื้นจึงมีผลไม้หลากหลายชนิด ซึ่งผลไม้สามารถจัดแบ่งประเภทได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับการเลือกปัจจัยที่จะนำมาใช้แบ่งประเภท ซึ่งในงานวิจัยนี้สนใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์ระดับการสุกของผลไม้ จึงขอแบ่งประเภทของผลไม้เป็น 2 ประเภท (Kaushlendra, Saurabh, Murtaza, & Tanushri, 2015) ตามอัตราการหายใจ ได้แก่ ผลไม้ที่มีอัตราการหายใจเปลี่ยนแปลงตามอายุหลังเก็บเกี่ยวผลไม้ที่แก่แล้ว (Climacteric fruit) หรือสามารถบ่มให้สุกได้ เช่น กล้วย มะม่วง มะละกอ ทุเรียน และผลไม้ที่มีอัตราการหายใจไม่เปลี่ยนแปลงตามอายุหรือเปลี่ยนแปลงตามอายุในอัตราที่น้อยมากหลังเก็บเกี่ยวผลไม้ที่แก่แล้ว (Non-Climacteric Fruit) หรือไม่สามารถบ่มให้สุกได้ เช่น ส้ม สับปะรด มะนาว และเงาะ

ปัญหาในการจัดเก็บ การขนส่ง และการซื้อขายผลไม้นั้น มักเกิดกับผลไม้ที่สามารถบ่มสุกได้เพราะถ้าเกษตรกร ผู้ประกอบการ และผู้จำหน่ายวางแผนในการจัดเก็บและดำเนินการขนส่งได้ไม่สมบูรณ์จะทำให้ผลไม้ที่นำไปจำหน่ายให้กับผู้บริโภคไม่ตรงตามความต้องการ ทำให้ต้องสูญเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าเพิ่มเติม ซึ่งมีงานวิจัยหลายชิ้นที่ศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมระดับการสุกของผลไม้ในขั้นตอนการจัดเก็บและการขนส่งสินค้า (R.B.H. Wills, D.R. Harris, L.J. Spohr, & J.B. Golding, 2014), (Michael M Blanke, 2014), (Noiwan, Kumpoun, Whangcha, Saengnil, & Uthaibutra, 2006) อย่างไรก็ตามในมุมมองของผู้วิจัยนั้นผลไม้ที่สามารถบ่มสุกได้และสามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลไม้ได้ด้วยเอกลักษณ์ (Non-Scientific) เกษตรกรหรือผู้จำหน่ายผลไม้ยังพอที่จะระบุได้ว่าผลไม้นั้นมีระดับการสุกมากน้อยเพียงใด โดยอาศัยประสบการณ์และการสังเกตสีผิวของผลไม้ แต่ผลไม้ที่สามารถบ่มสุกได้และสีผิวไม่เปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เช่น ทุเรียน ขนุน เกษตรกรหรือผู้จำหน่ายต้องอาศัยประสบการณ์และการสังเกตเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการวิเคราะห์ระดับการสุกของผลไม้จากการแพร่กระจายของก๊าซโดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล โดยเลือก ทุเรียน มาเป็นตัวแทนของผลไม้ที่สามารถบ่มสุกได้และไม่สามารถสังเกตจากภายนอกได้ว่ามีระดับการสุกมากน้อยเพียงใด มาใช้ในการทดลอง ประกอบกับทุเรียนเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่ทำให้ประเทศไทยมีชื่อเสียงโด่งดังไปทั่วโลก และได้รับการขนานนามว่าเป็นราชาแห่งผลไม้ (Subhadrabandhu & Ketsa, 2001) โดยผู้บริโภคจะเลือกทานทุเรียนในระดับการสุกที่แตกต่างกัน ซึ่งจากที่ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่นำเสนอเกี่ยวกับระดับการสุกของทุเรียนจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับ (Arancibia-Avila, et al., 2008) คือ ดิบ (Unripe) สุก (Ripe) และงอม (Overripe) แต่ในสภาพความเป็นจริงแล้วคนไทยบางส่วนชอบทานทุเรียนห่าม (Pre Ripe) และในงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของมะละกอ ได้กล่าวถึงระดับการสุกที่เรียกว่า ห่าม ไว้ว่าสีผิวของมะละกอ จะเป็นสีเหลืองประมาณ 10-20% (Krongyut, W, et al., 2011) ประกอบกับยังมีผลไม้อื่น ๆ เช่น กล้วย มะม่วง ที่มีระดับการสุกที่เรียกว่าห่าม ซึ่งผลไม้เหล่านี้จะมีการเปลี่ยนสีผิวจากสีเขียวเป็นสีเหลืองในบางส่วน ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงขอแบ่งระดับการสุกของทุกเรียนเป็น 4 ระดับ คือ ดิบ ห่าม สุก และงอม เนื่องจากทุเรียนดิบสามารถนำไปทำเป็นทุเรียนทอดได้ ส่วนทุเรียนงอมสามารถนำไปเป็นทุเรียนกวนได้ แต่สำหรับทุกเรียนห่าม และสุก มักนำไปจำหน่ายให้กับผู้บริโภคโดยไม่ต้องแปรรูป ซึ่งผู้จำหน่ายใช้อุปกรณ์ไม้เคาะร่วมกับการสังเกตสีของหนามเพื่อระบุว่าทุเรียนสุกในระดับใด แต่ก็ไม่สามารถมั่นใจได้จึงต้องมีการผ่าออกบางส่วนเพื่อให้ผู้บริโภคลองใช้นิ้วกดลงไปที่เนื้อทุเรียน เพื่อตรวจสอบอีกครั้งว่ามีระดับความสุกตามที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งวิธีการดังกล่าวยังไม่มีความแม่นยำและไม่สามารถสร้างความน่าเชื่อถือให้กับผู้บริโภคได้ อีกทั้งยังจำเป็นต้องผ่าทุเรียนออกบางส่วนจึงจะสามารถตรวจสอบระดับความสุกของทุเรียนได้ ซึ่งเมื่อผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการสุกของผลไม้ (Fruit Ripening Process) ที่สามารถบ่มสุกได้ เมื่อนำมาบ่มต่อหรือปล่อยทิ้งไว้ในสภาพที่เหมาะสมจะเกิดการเปลี่ยนแปลงหลายประการ อาทิเช่น รสชาติ สี กลิ่น ซึ่งหากพิจารณาทางด้านเคมีแล้ว (Scientific)

กระบวนการสุกของผลไม้จะมีความเกี่ยวข้องกับก๊าซเอทิลีน (Ethylene) ซึ่งเอทิลีนจะมีค่าต่ำเมื่อผลไม้ยังดิบและจะมีค่าสูงเมื่อผลไม้สุก

ก๊าซเอทิลีนจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการสุกของผลไม้ (Liu, Pirrello, Chervin, Roustan, & Bouzayen, 2015), (Nath, P., Bouzayen, M., Mattoo, A. K., & Pech, J. C., 2014) ดังนั้น หากสามารถวัดระดับของก๊าซเอทิลีนได้จะสามารถวัดระดับการสุกผลไม้ได้เช่นกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์ระดับการสุกของผลไม้จากการแพร่กระจายของก๊าซโดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล โดยผู้วิจัยจะใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลมาช่วยในการวิเคราะห์และแบ่งประเภทข้อมูล ซึ่งน่าจะช่วยให้เกษตรกร ผู้ประกอบการ หรือผู้จำหน่ายสามารถวางแผนเพื่อลดเวลาในการขนส่งและค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ รวมไปถึงการเลือกทุเรียนจำหน่ายให้กับผู้บริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะสามารถวัดระดับการสุกของทุเรียนได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อทดลองการแบ่งกลุ่มทุเรียนจากปริมาณก๊าซเอทีลีนโดยใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่มของข้อมูล (Clustering)

2. เพื่อวิเคราะห์ระดับการสุกของทุเรียนจากการแพร่กระจายของก๊าซเอทีลีนโดยใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูล (Classification)

3. เพื่อเปรียบเทียบอัลกอริทึมที่ใช้ในการสร้างโมเดลสำหรับวิเคราะห์ระดับการสุกของทุเรียนจากการแพร่กระจายของก๊าซเอทีลีน

วิธีการดำเนินการวิจัย

การดักจับการแพร่กระจายของก๊าซเพื่อนำค่าต่าง ๆ มาวิเคราะห์นั้น สามารถใช้ Arduino ซึ่งเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ที่สามารถเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ (Sensor) ต่าง ๆ ซึ่งรวมไปถึงก๊าซเซ็นเซอร์ (Gas Sensor) ดังนั้นหากนำเอทิลีนก๊าซเซ็นเซอร์ (Ethylene Gas Sensor) มาเชื่อมต่อกับ Arduino จะสามารถดักจับก๊าซเอทิลีนและสามารถนำข้อมูลที่ตรวจจับได้มาทำการวิเคราะห์ แต่อย่างไรก็ตามเอทิลีนก๊าซเซ็นเซอร์ นั้นไม่มีจำหน่ายโดยทั่วไปในประเทศไทย อีกทั้งยังมีราคาสูงเมื่อเทียบกับก๊าซเซ็นเซอร์อื่น ๆ เช่น ไฮโดรเจนก๊าซเซ็นเซอร์ (Hydrogen Gas Sensor) แอลกอฮอล์ก๊าซเซ็นเซอร์ (Alcohol Gas Sensor) ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์สูตรทางเคมีของก๊าซเอทิลีน คือ C^2H^4 (A. Eberhardt, K. Schmitt, & J. Wöllenstein, 2017) ซึ่งหมายถึง มีคาร์บอน 2 อะตอม และมีไฮโดรเจน 4 อะตอม ผู้วิจัยจึงใช้ MQ3 gas sensor จับแอลกอฮอล์; เอทานอล (Ethanol; C_2H_5OH) ซึ่งเป็นองค์ประกอบระหว่างเอทิลีน (C^2H^4) และน้ำ (H_2O) (D.O.ADAMS AND S. F. YANG,1978) จากนั้นใช้ MQ6 gas sensor จับก๊าซไฮโดรเจน (Hydrogen) และในส่วนของก๊าซคาร์บอน (C) นั้นยังไม่มี sensor ใดที่ใช้ตรวจจับได้ ผู้วิจัยจึงใช้ MQ8 Gas Sensors ที่เป็น sensor ตรวจจับ LPG ตรวจจับแทนได้ เนื่องจากก๊าซ LPG มีส่วนประกอบด้วยของโพรเพน, บิวเทน ซึ่งมีคาร์บอนเป็นธาตุประกอบหลัก (Norazlan Hashim, UMP, 2008) ส่วนการทำงานของ Arduino นั้นเมื่อได้รับค่าปริมาณก๊าซที่ถูกส่งมาจาก MQ Gas Sensors อุปกรณ์จะนำค่าต่าง ๆ ไปจัดเก็บแสดงผล และนำค่านั้นไปประมวลผลต่อโดยการใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล โดยมีวีธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ผู้วิจัยได้พัฒนากล่องอุปกรณ์สำหรับวัดระดับการสุกของผลไม้โดยจำลองมาจากระบบการหายใจของมนุษย์โดยนำ Arduino และ Gas Sensors ต่างๆ เข้าไปติดตั้งพร้อมกับพัดลมเพื่อดูดเอาก๊าซต่างๆ ที่ห่อหุ้มรอบทุเรียนเข้ามาประมวลผล ตามภาพที่ 1

ภาพที่ 1 แสดงกล่องสำหรับวัดระดับการสุกของผลไม้

เมื่อผู้วิจัยนำเอาอุปกรณ์ตามภาพที่ 1 ทำการวัดระดับก๊าซแอลกอฮอล์ ไฮโดรเจน และคาร์บอน โดยการนำทุเรียนใส่ในอุปกรณ์ระบบจะทำงานโดยแสดงผลลัพท์ของปริมาณก๊าซออกมาเป็นลักษณะกราฟ และตัวเลข ผู้วิจัยจะเริ่มเก็บข้อมูลเมื่อกราฟสูงที่สุดและเริ่มเป็นเส้นตรง (Saturation point) จากนั้นจึงเริ่มเก็บข้อมูลที่เป็นตัวเลขระดับปริมาณก๊าซของทุเรียน

2. หลังจากเก็บข้อมูลตามที่ต้องการได้แล้ว ผู้วิจัยจะใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล (Data mining) มาช่วยในการวิเคราะห์ โดยการใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่มของข้อมูล (Clustering) ในการตรวจสอบเบื้องต้นว่าข้อมูลที่จัดเก็บได้นั้นสามารถแบ่งออกได้กี่กลุ่ม และใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูล (Classification) เพื่อสร้างโมเดลในการทำนายระดับการสุกของผลไม้ ซึ่งจะเริ่มจากนำข้อมูลที่จัดเก็บเอาไว้จำนวน 160 ชุด (Attribute) แล้วใช้วิธีการ Cross Validation (RapidMiner, 2017) โดยผู้วิจัยจะทำการทดลองใช้อัลกอริทึมที่แตกต่างกันในการสร้างโมเดล ได้แก่ Decision Tree, K Nearest Neighbors (KNN), Neural Network, Naïve Bayes และ Support vector machine (SVM) จากนั้นจะนำโมเดลที่ได้มาเปรียบเทียบกันเพื่อดูว่าโมเดลใดมีค่าความแม่นยำในการจำแนกกลุ่มข้อมูล (accuracy) สูงที่สุด ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองไว้ 3 ขั้นตอนดังนี้

2.1 สร้างเครื่องมือที่ใช้สำหรับการเก็บค่าก๊าซต่าง ๆ

2.2 ประเมินระดับการสุกโดยมนุษย์และจัดเก็บค่าก๊าซต่าง ๆ ที่ได้จากเซ็นเซอร์แต่ละชนิด

2.3 นำข้อมูลที่จัดเก็บมาทำการทดสอบด้วยเทคนิคของการทำเหมืองข้อมูล

3. ในการทดลองนี้ผู้วิจัยกำหนดให้ทุกอัลกอริทึมใช้ Default Parameter Set เพื่อสร้างโมเดลและนำโมเดลที่ได้มาเปรียบเทียบกันว่าโมเดลไหนมีประสิทธิภาพที่สุด จากนั้นผู้วิจัยได้ทดลองใช้ Optimize Parameter Set ทำการทดลองอีกครั้งโดยมีการออกแบบการปรับพารามิเตอร์ไว้ดังนี้

3.1 Decision Tree (R. Quinlan., 1993) ผู้วิจัยจะใช้ข้อมูลแต่ละคุณลักษณะเพื่อให้ระบบพิจารณาค่าความแตกต่างของ Entropy และตัดสินใจแบ่งเป็นกลุ่มย่อยและพิจารณาเลือกกลุ่มตามคุณลักษณะต่างๆ จากผลลัพธ์ของ Normalized information gain ที่สูงสุด ผู้วิจัยจะใช้พารามิเตอร์ Decision Tree.criterion, Decision Tree.maximal_depth, Decision Tree.confidence และ Decision Tree.apply_pruning ในการทดสอบ

3.2 K Nearest Neighbors (KNN) ผู้วิจัยใช้พารามิเตอร์ k-NN.kernel_type, k-NN.k , k-NN.weighted vote, k-NN.numerical_measure และ k-NN.measure_types เนื่องจากเป็นฟังก์ชันที่สามารถกำหนดน้ำหนักและระยะห่าง เพื่อให้กำหนดค่า k โดยทดสอบบนพื้นฐานของ cross – validation ในการทดลองนี้ผู้วิจัยจะทดสอบกำหนดค่า k ในลักษณะต่างๆ เพื่อให้เกิดความแม่นยำมากที่สุด

3.3 Neural Network ผู้วิจัยจะนำค่า Input ไปกำหนดค่าน้ำหนัก (Weight) ระหว่างโหนดและปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักด้วยการนำค่าน้ำหนักคูณกับ Input ของแต่ละขา ผลที่ได้จากทุกๆ ขานั้นจะนำมาเปรียบเทียบกับ Threshold ที่กำหนดไว้โดยผู้วิจัยจะทำการทดลองกำหนดพารามิเตอร์ด้วย Neural Net.learning_rate เพื่อคูณกับ Error Rate และ Node ที่เข้ามา แล้วบวกเข้ากับค่าน้ำหนัก เพื่อทำให้เกิดค่าน้ำหนักใหม่ Neural Net.training_cycles เพื่อระบุจำนวนรอบการทดสอบใน back-propagation ค่า Output จะถูกเปรียบเทียบกับคำตอบที่ถูกต้องเพื่อคำนวณค่าของฟังก์ชัน error-defined ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ข้อผิดพลาดจะถูกส่งกลับผ่านเครือข่าย การใช้ข้อมูลนี้อัลกอริทึมจะปรับน้ำหนักของแต่ละการเชื่อมต่อเพื่อลดค่าของฟังก์ชันข้อผิดพลาดด้วยจำนวนเล็กน้อย Neural Net.momentum เพื่อใช้ในการปรับค่าน้ำหนัก และใช้เพื่อเหนี่ยวนำค่า Output ที่ได้ในแต่ละรอบ เพื่อป้องกันการเกิด Error จากการ Train และใช้ Neural Net.error_epsilon ใช้เพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพ และจะหยุดทำงานหากค่าการ Training ต่ำกว่าค่า epsilon

3.4 Naïve Bayes ผู้วิจัยจะทำการทดลองจำแนกข้อมูลโดยใช้หลักความน่าจะเป็นซึ่งเป็นพื้นฐานและสมมุติฐานของ Bayes' Theorem โดยการใช้ความสัมพันธ์ของแต่ละโหนดและกำหนดให้มีความสัมพันธ์กันตามแบบที่แบบจำลอง โดยจะนำค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องเก็บไว้ในแต่ละโหนดโดยใช้เงื่อนไขความน่าจะเป็น หากภายในข้อมูลการTraining มีค่าแอตทริบิวต์ที่ระบุไม่เคยเกิดขึ้นในบริบทของคลาสที่ระบุความเป็นไปได้เชิงเงื่อนไขจะถูกตั้งค่าเป็นศูนย์ เมื่อค่าศูนย์นี้คูณพร้อมกับความน่าจะเป็นอื่นๆ ค่าเหล่านี้จะถูกตั้งค่าเป็นศูนย์และผลลัพธ์จะทำให้เข้าใจผิด ผู้วิจัยจึงทดลองปรับพารามิเตอร์ Naive Bayes.laplace_correction เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้ให้เพิ่มหนึ่งรายการในแต่ละจำนวนเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดค่าเป็นศูนย์ ในการเพิ่มจำนวนนี้นั้นมีผลเพียงน้อยนิดต่อความน่าจะเป็น ในส่วนของ Naive Bayes (Kernel).estimation_mode ใช้เพื่อระบุความหนาแน่นของเคอร์เนลโดยใช้ตัวเลือกสองแบบ คือ Full, greedy และใช้ Naive Bayes (Kernel).bandwidth_selection เพื่อระบุความหนาแน่น ความเร็วของ Kernel Approximation

3.5 Support Vector Machine (SVM) ผู้วิจัยจะทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในสมการเส้นตรงด้วยการใช้วิธีการ Kernel function เพื่อแปลงข้อมูลให้โมเดล Linear ไปอยู่ใน Dimension ที่สูงขึ้นด้วยการเรียงตัวของข้อมูลนี้จะได้พื้นที่มิติสูงขึ้น (Higher Dimensional Space) ผู้วิจัยจะทดลองปรับพารามิเตอร์ SVM.kernel_type โดยจะทดสอบแบบ linear , polynomial , radial basis function - RBF และ sigmoid จากนั้นจะใช้ SVM.gamma เพื่อใช้ตรวจสอบเคอร์เนล SVM.kernel_type และใช้ SVM.C เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดของ SVM.svm_type ที่เป็น c-SVC, epsilon-SVR , nu-SVR

ผลการวิจัย

หลักจากที่ผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องมือที่ใช้สำหรับการเก็บค่าก๊าซต่าง ๆ ของทุเรียนได้แล้วนั้นผู้วิจัยพบว่าทุเรียนดิบ ที่ถูกตัดมาจากต้นนั้นจะมีอัตราการหายใจสูง (Ethylene) ใกล้เคียงกับทุเรียนที่มีอาการงอมที่มีอัตราการหายใจสูงที่สุด (Peak) ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้จากปริมาณก๊าซที่ทุเรียนคายออกมา จากนั้นผู้วิจัยได้เชิญผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินระดับการสุกและทำการจัดเก็บค่าต่าง ๆ เรียบร้อยแล้วนั้น ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่จัดเก็บมาได้นำไปทำเหมืองข้อมูล จึงได้ผลการทดลองดังนี้

1. ทำการแบ่งกลุ่มโดย K-Mean เพื่อกำหนดกลุ่มของระดับการสุก ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า K-Mean สามารถใช้ในการแบ่งกลุ่มเมื่อทราบจำนวนกลุ่มที่แน่นอน (สุรวัชร ศรีเปารยะ และสายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2560) และ (วีระยุทธ พิมพาภรณ์ และ พยุง มีสัจ, 2557) โดยการกำหนดศูนย์กลางของแต่ละคลัสเตอร์ เพื่อหาระยะห่างระหว่างข้อมูลแต่ละตัวกับจุดศูนย์กลาง (Mean) ของแต่ละคลัสเตอร์ โดยกำหนดให้ข้อมูลที่อยู่คลัสเตอร์ที่ใกล้สุด จากนั้นคำนวณหาจุดศูนย์กลางของแต่ละคลัสเตอร์ใหม่ และทำซ้ำจนข้อมูลอยู่ในคลัสเตอร์เดิม ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ในการทดลองนี้ผู้วิจัยจะไม่กำหนดค่า Label เพื่อให้ K-Mean แบ่งกลุ่มของข้อมูลแก๊สทั้ง 3 ชนิด โดยเบื้องต้นผู้วิจัยตั้งใจกำหนดกลุ่มของระดับการสุกเป็น 4 ระดับ คือ ดิบ ห่าม สุก และงอม ตามลักษณะการสุกของทุเรียนหรือกล้วย ที่คนไทยส่วนใหญ่เข้าใจกัน แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้ทดลองกำหนดค่า K ตั้งแต่ 2 ถึง 6 เพื่อดูผลการแบ่งกลุ่มด้วย K-Mean ว่าจะมีลักษณะเป็นอย่างไร ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่า K ในการแบ่งกลุ่มด้วย K-Mean

	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6
cluster_0	ดิบ(40) สุก (1) งอม (39)	ดิบ(2) สุก (34) งอม (37)	ดิบ(2) งอม(38)	ดิบ(25) งอม (2)	ดิบ (13) งอม (8)
cluster_1	ห่าม(40) สุก (39) งอม (1)	ดิบ (38) งอม (3)	สุก (40)	สุก (40)	ดิบ (23) งอม (1)
cluster_2		ห่าม (40) สุก (6)	ห่าม (40)	งอม (26)	สุก (38)
cluster_3			ดิบ (38) งอม (2)	ดิบ(15) งอม (12)	ดิบ (4) สุก (1) งอม (19)
cluster_4				ห่าม (40)	ห่าม (40)
cluster_5					สุก (1) งอม (12)

จากตารางที่ 1 หากกำหนด K = 2 จะแบ่งกลุ่มได้ คือ 1) ดิบหรืองอม และ 2) ห่ามหรือสุก ซึ่งไม่เหมาะสมเนื่องจาก ดิบกับงอมนั้นในการเลือกซื้อนั้นถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง เมื่อกำหนด K = 3 จะแบ่งกลุ่มได้ คือ 1) ดิบ 2) ห่าม และ 3) สุกหรืองอม ซึ่งมีการแบ่งกลุ่มผิด จาก ดิบเป็นสุกหรืองอม จำนวน 2 ลูก จาก สุกเป็นห่าม จำนวน 6 ลูก และจากสุกหรืองอม เป็นดิบ จำนวน 3 ลูก เมื่อกำหนด K = 4 จะแบ่งกลุ่มได้ คือ 1) ดิบ 2) ห่าม 3) สุก และ 4) งอม ซึ่งมีการแบ่งกลุ่มผิด จาก ดิบเป็นงอม จำนวน 2 ลูก และจาก งอมเป็นดิบ 2 ลูก เมื่อกำหนด K = 5 และ K = 6 จะเริ่มมีกลุ่มซ้ำ คือ ดิบหรืองอม ซึ่งมีความแตกต่างกันดังที่กล่าวไว้ข้างต้น และมีการแบ่งกลุ่มผิดจำนวนมาก การกำหนดให้ K = 4 จึงแบ่งกลุ่มระดับการสุกจากค่าก๊าซทั้ง 3 ชนิด ได้เหมาะสมที่สุด และเป็นการจัดแบ่งกลุ่มที่เหมาะสมกับการเลือกซื้อทุเรียนตามที่ผู้วิจัยคาดหวังเอาไว้

2. ในการจำแนกระดับการสุกของทุเรียนนั้นจะต้องอาศัยองค์ประกอบที่สำคัญคือปริมาณก๊าซที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ดังนั้นการจำแนกข้อมูล นั้น ผู้ใช้จะต้องเลือกอัลกอริทึมที่เหมาะสมมาใช้งาน ผู้วิจัยจึงทำการทดลองเปรียบเทียบอัลกอริทึมต่างๆ มาใช้ในการวิจัย ได้แก่ Decision Tree, K Nearest Neighbours (KNN), Neural Network, Naive Bayes และ Support vector machine (SVM) จากการที่ผู้วิจัยกำหนดให้ทุกอัลกอริทึมใช้ Default Parameter Set เพื่อนำโมเดลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อหาโมเดลที่มีประสิทธิภาพที่สุด และผู้วิจัยได้ทดลองใช้ Optimize Parameter Set ใน Rapid Miner โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ ตามตารางที่ 2 และนำผลที่ได้ไปทำการทดลองอีกครั้ง ซึ่งผลการวิจัยที่ได้แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 แสดงพารามิเตอร์และค่าพารามิเตอร์ทำการปรับค่า

Algorithm	Parameter	Optimize parameter
Decision Tree	Decision Tree.criterion	= gain_ratio
	Decision Tree.maximal_depth	= -1
	Decision Tree.apply_pruning	= true
	Decision Tree.confidence	= 1.0E-7
	k-NN.k	= 1
K Nearest Neighbors (KNN)	k-NN.weighted_vote	= true
	k-NN.numerical_measure	= EuclideanDistance
	k-NN.kernel_type	= dot
	k-NN.measure_types	= MixedMeasures
Neural Network	Neural Net.training_cycles	= 100
	Neural Net.learning_rate	= 0.3
	Neural Net.momentum	= 0.2
	Neural Net.error_epsilon	= 0
Naïve Bayes	Naive Bayes (Kernel).estimation_mode	= full
	Naive Bayes (Kernel).bandwidth_selection	= heuristic
	Naive Bayes.laplace_correction	= false
Support vector machine (SVM)	SVM.kernel_type	= linear
	SVM.gamma	= Infinity
	SVM.C	= Infinity
	SVM.svm_type	= C-SVC

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Algorithm

Algorithm		ดิบ	ห่าม	สุก	งอม	accuracy
Decision Tree	Default Parameter Set	95% ดิบ(38) งอม(2)	100% ห่าม(40)	90% สุก(36) งอม(4)	80% ดิบ(4) ห่าม(4) งอม(32)	91.25%
	Optimize Parameter Set	100% ดิบ(40)	100% ห่าม(40)	100% สุก(40)	97.50% งอม(39) งอม (1)	99.38%
K Nearest Neighbours (KNN)	Default Parameter Set	95% ดิบ(38) งอม(2)	100% ห่าม(40)	100% สุก(40)	92.50% งอม(37) ดิบ(3)	96.88%
	Optimize Parameter Set	100% ดิบ(38)	100% ห่าม(40)	100% สุก(40)	97.50% งอม(39) ดิบ(1)	99.38%
Neural Network	Default Parameter Set	97.50% ดิบ(39) งอม(1)	100% ห่าม(40)	100% สุก(40)	90% งอม(36) ดิบ(4)	96.88%
	Optimize Parameter Set	100% ดิบ(40)	100% ห่าม(40)	100% สุก(40)	97.50% ดิบ(1) งอม(39)	99.97%
Naive Bayes	Default Parameter Set	80% ดิบ(32) งอม(8)	92.50% ห่าม(37) สุก(1) งอม(2)	85% สุก(34) งอม(6)	90% ดิบ(4) งอม(36)	86.88%
	Optimize Parameter Set	90% ดิบ(36) งอม(4)	100% ห่าม(40)	97.50% สุก(39) งอม(1)	95% ดิบ(2) งอม(38)	95.62%
Support vector machine (SVM)	Default Parameter Set	92.50% ดิบ(37) งอม(3)	100% ห่าม(40)	97.50% สุก(39) งอม(1)	92.50% ดิบ(2) งอม(37)	95.62 %
	Optimize Parameter Set	100% ดิบ(40)	100% ห่าม(40)	100% สุก(40)	100% งอม(40)	100%

จากตารางที่ 3 เมื่อกำหนดให้แต่ละอัลกอริทึมกำหนดพารามิเตอร์แบบ Default Parameter Set พบว่า Neural Network, K Nearest Neighbours (KNN) และ Support Vector Machine ทำงานได้ดีโดยมีค่าความแม่นยำในการจำแนกข้อมูลสูงที่สุดและรองลงมาตามลำดับ ส่วน Decision Tree และ Naive Bayes นั้นมีค่าความแม่นยำในการจำแนกข้อมูลต่ำกว่ากลุ่มแรกลงมาตามลำดับ แต่หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองปรับพารามิเตอร์แบบ Optimize Parameter ซึ่งจากการทดลองดังกล่าว พบว่า Support Vector Machine, Neural Network และ ทำงานได้ดีโดยมีค่าความแม่นยำในการจำแนกข้อมูลสูงที่สุดเท่ากันที่ 100% ส่วน K Nearest Neighbours (KNN), Decision Tree และ Naive Bayes นั้นมีค่าความแม่นยำในการจำแนกข้อมูลต่ำรองลงมาตามลำดับแต่เมื่อเทียบกับการปรับค่า Default Parameter Set ในขั้นต้นแล้วอัลกอริทึมทุกตัวเมื่อปรับพารามิเตอร์แล้วมี ค่าความแม่นยำในการจำแนกข้อมูลสูงกว่า 95 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

หลังจากที่ผู้วิจัยได้พัฒนาอุปกรณ์ที่ทำการติดตั้งเซ็นเซอร์ต่างๆ ได้แก่ MQ3, MQ6, และ MQ8 และนำไปทดลองวัดปริมาณก๊าซของทุเรียนที่นำมาเป็นตัวอย่างจำนวน 160 ลูก ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการของการทำเหมืองข้อมูล โดยผู้วิจัยจะขอสรุปตามวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

1. ในส่วนของการจัดแบ่งกลุ่มของข้อมูลซึ่งได้เลือกใช้อัลกอริทึม K-Mean ซึ่งผลการวิจัยพบว่าสามารถแบ่งการสุกของทุเรียนจากปริมาณก๊าซที่ได้จากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ได้เป็น 4 กลุ่ม คือ ดิบ ห่าม สุก และงอม ซึ่งเป็นไปตามแนวทางที่ผู้วิจัยได้ศึกษาไว้ และเป็นไปตามแนวทางในการเลือกซื้อทุเรียนของผู้บริโภค นอกจากนี้ผู้วิจัยยังค้นพบสาเหตุที่ทำให้โมเดลแบ่งกลุ่มผิดพลาดคือ ทุเรียนจะมีระดับการหายใจสูง เมื่ออยู่ในอาการดิบ และลดลงมาเมื่ออยู่ในอาการห่ามและลดลงอีกเมื่ออยู่ในอาการสุกและจะกลับมาหายใจสูงอีกครั้งเมื่ออยู่ในอาการงอม ด้วยเหตุผลนี้เองจึงทำให้อัลกอริทึมมีการจำแนกผิดพลาดเพราะระดับอาการดิบและอาการงอม มีลักษณะการหายใจและปริมาณก๊าซที่ใกล้เคียงกัน

2. ในส่วนของการจำแนกระดับการสุกของทุเรียนจากปริมาณก๊าซเอทีลีน ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูล โดยเริ่มจากการสร้างโมเดลที่ใช้ในการประเมินระดับการสุก โดยผู้วิจัยเลือกอัลกอริทึมที่นำมาใช้ทั้งหมด 5 อัลกอริทึม ได้แก่ Decision Tree, K Nearest Neighbors (KNN), Neural Network, Naïve Bayes และ Support Vector Machine (SVM) ซึ่งผลการวิจัย ในกรณีที่ใช้พารามิเตอร์เริ่มต้นของ Rapid Miner พบว่า Neural Network, Support Vector Machine และ K Nearest Neighbours (KNN) ทำงานได้ดีโดยมีค่าความแม่นยำในการจำแนกข้อมูลสูงที่สุดและรองลงมาตามลำดับ ส่วน Naive Bayes และ Decision Tree นั้นมีค่าความแม่นยำในการจำแนกข้อมูลต่ำกว่าตามลำดับ

3. หลังจากนั้นผู้วิจัยได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมด้วยการทดลองปรับพารามิเตอร์โดยใช้ Optimize Parameter ใน Rapid Miner ซึ่งจากการทดลองดังกล่าว พบว่า โมเดลที่มีค่าความแม่นยำในการจำแนกข้อมูลที่สูงสุดคือ Support Vector Machines (SVM) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มข้อมูลของโรคลมร้อน (ภรัณยา อำมฤครัตน์ และ พยุง มีสัจ, 2553) งานวิจัยการพัฒนาประสิทธิภาพการจัดหมวดหมู่เอกสารภาษาไทยแบบอัตโนมัติ (นิเวศ จิระวิชิตชัย ,ปริญญา สงวนสัตย์ และ พยุง มีสัจ, 2554) และระบบแจ้งเตือนโซเชียลมิเดียไทยสำหรับธุรกิจด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (สุพัตรา วิริยะวิสุทธิสกุล, ปริญญา สงวนสัตย์, พิสิษฐ์ ชาญเกียรติก้อง และชูชาติ หฤไชยะศักดิ์, 2559) เพราะเทคนิค SVM นั้นมีหลักการของโมเดล Linear ที่แบ่งข้อมูลเป็นสอง Class จากนั้นจะใช้ kernel function เพื่อทำการแปลงข้อมูลเพื่อให้โมเดล Linear ไปอยู่ในมิติที่สูงขึ้น (Dimension) ซึ่งสมการเชิงเส้นนี้ มีความสามารถในการแยกแยะข้อมูลทำให้เกิดการเพิ่มระยะของเส้นแบ่งเขตที่มีความกว้างเท่ากับ $2 / ||w||^2$ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการคัดแยกประเภทของมะเร็งเม็ดเลือดขาว โดยใช้วิธีการจัดอันดับร่วมกับเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (ภัทราวุฒิ แสงศิริ, ศจีมาจ ณ วิเชียร และพยุง มีสัจ, 2553) ดังนั้นสำหรับงานวิจัยนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์โดยอัลกอริทึม SVM เหมาะที่จะนำมาใช้ในการประเมินระดับการสุกมากที่สุดในแง่ของค่าความแม่นยำในการจำแนกข้อมูล

ข้อเสนอแนะ

แต่อย่างไรก็ตามในอนาคตผู้วิจัยจะทำการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดความสุกของทุเรียน โดยใช้ Arduino นั้น การเลือก Algorithm จึงอาจต้องมีการพิจารณาเพิ่มเติมนอกจากประเด็นของค่าความแม่นยำในการจำแนกข้อมูล เช่น ความยากง่ายในการนำโมเดลไปพัฒนา ความเร็วในการประมวลผล ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ International Journal of Pure and Applied Mathematics ที่อนุญาตให้นำบทความของผู้วิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เป็นภาษาอังกฤษมาแปลเป็นภาษาไทยเพื่อเผยแพร่ให้กับประชาชนคนไทยอีกครั้งหนึ่งในการประชุมวิชาการระดับชาติ ขอขอบคุณคณะผู้จัดการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา ครั้งที่ 9 “วิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคม” ที่อนุญาตให้เผยแพร่บทความวิจัยนี้ ขอขอบคุณบิดา มารดา ผู้ให้กำเนิดและครอบครัวเพียรไพโรจน์ ที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษาด้วยดีตลอดมา ขอขอบคุณ ผศ.ดร.วุฒิพงษ์ ชินศรี ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาที่มอบวิชาความรู้ทั้งในด้านการศึกษาและด้านการพัฒนาคุณภาพชีวิต ขอขอบคุณสถาบันวิชาการป้องกันประเทศ กองบัญชาการกองทัพไทย ที่เป็นสื่อกลางในการมอบทุนการศึกษาในระดับปริญญาโท และท้ายสุดขอขอบคุณท่าน ดร.อาทิตย์ อุไรรัตน์ อธิการบดีมหาวิทยาลัยรังสิต ที่มอบทุนการศึกษาเรียนดีให้กับข้าพเจ้าจนสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทนี้ ซึ่งข้าพเจ้าจะนำความรู้นี้ไปใช้พัฒนากองทัพและประเทศชาติสืบต่อไป

เอกสารอ้างอิง

นิเวศ จิระวิชิตชัย,ปริญญา สงวนสัตย์, และ พยุง มีสัจ. (2554). การพัฒนาประสิทธิภาพการจัดหมวดหมู่เอกสารภาษาไทยแบบอัตโนมัติ. **วารสารพัฒนบริหารศาสตร์ ปีที่ 51 ฉบับที่ 3**, 188-205.

ภรัณยา อำมฤครัตน์ และ พยุง มีสัจ. (2553). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มข้อมูลของโรคลมร้อนด้วยวิธีการทางเครือข่ายประสาทเทียม. **National Conference on Computing and Information Technology, v12,No.1**, 54 - 63.

ภัทราวุฒิ แสงศิริ, วิเชียร ณศจีมาจ และ พยุง มีสัจ. (2553). การคัดแยกประเภทของมะเร็งเม็ดเลือดขาวโดยใช้วิธีการจัดอันดับร่วมกับเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน. **วารสาร มข.(บศ.) 10.(2)**, 10 - 17.

วีระยุทธ พิมพาภรณ์ และ พยุง มีสัจ. (2557). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลโดยวิธีการเลือกลักษณะสำคัญแบบพลวัตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการจัดกลุ่มบนปริภูมิย่อย. **วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ ปีที่ 10 ฉบับที่ 2**, 43-51.

สุพัตรา วิริยะวิสุทธิสกุล,ปริญญา สงวนสัตย์, พิสิษฐ์ ชาญเกียรติก้อง, และชูชาติ หฤไชยะศักดิ์. (2559). ระบบแจ้งเตือนโซเชียลมิทเดียไทยสำหรับธุรกิจด้วยซัพเพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน. **วารสารปัญญาภิวัตน์ ปีที่ 8 ฉบับพิเศษ, ปีที่ 8 ฉบับพิเศษ ประจำเดือนสิงหาคม**, 223 - 233.

สุรวัชร ศรีเปารยะ และ สายชล สินสมบูรณ์ทอง. (2560). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการจำแนกกลุ่มการเป็นโรคไตเรื้อรัง. **วารสารวิทยาศาตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 25 ฉบับที่ 5**, 840-853.

Adams, D. O., & Yang, S. F. (1979). Ethylene Biosynthesis: Identification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic Acid as an Intermediate in the Conversion of Methionine to Ethylene. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Vol. 76, No. 1 ,Jan., 170-174.

Arancibia-Avila, P., Toledo, F., Park, Y.-S., Jung, S.-T., Kang, S.-G., Heo, B.-G., & Gorinstein, S. (2008). Antioxidant properties of durian fruit as influenced by ripening. **LWT - Food Science and Technology, 41(10)**, 2118-2125.

Blanke, M. M. (2014). Reducing ethylene levels along the food supply chain: a key to reducing food waste? **Journal of the science of food and agriculture, 94**(12), 2357–2361.

Eberhardt, A., Schmitt, K., & Wöllenstein, J. (2017). Rotating interference filter spectrometer for the detection of ethylene in the ripening process of climacteric fruit. **19th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (TRANSDUCERS),** (pp. 1445-1448). Kaohsiung, Taiwan.

Hashim, N. (2008). Study on Combustion Characteristics of Different Compositions of LPG. **UMP**, 1 - 56.

Kaushlendra, T., Saurabh, P., Murtaza, M., & Tanushri, K. (2015). Fruit ripening of climacteric and non climacteric fruit. **Journal of Environmental and Applied Bioresearch, 4**(1), 27-34.

Krongyut, W., Srilaong, V., Uthairatanakij, A., Wongs-Aree, C., Esguerra, E. B., & Kanlayanarat, S. (2011). Physiological changes and cell wall degradation in papaya fruits cv. 'Kaek Dum' and 'Red Maradol' treated with 1- methylcyclopropene. **International Food Research Journal, 4**(18), 1251-1259.

Liu, M., Pirrello, J., Chervin, C., Roustan, J.-P., & Bouzayen, M. (2015). Ethylene Control of Fruit Ripening: Revisiting the Complex Network of Transcriptional Regulation. **Plant Physiology, 169**, 2380-2390.

Nath, P., Bouzayen, M., Mattoo, A. K., & Pech, J. C. (2014). **Fruit Ripening: Physiology, Signalling and Genomics***.* United Kingdom: CPI Group (UK) Ltd.

Noiwan, D., Kumpoun, W., Whangcha, K., Saengnil, K., & Uthaibutra, J. (2006). Effect of Coating Materials on Storage Life of Mango cv. Mahajanaka. **Agricultural Science Journal, 5**(37), 132-135.

R. Quinlan, M. K. (1993). C4.5,Programs for Machine Learning. **San Mateo***, CA,*.

RapidMiner. (2017). **Operator Reference Guide**. Retrieved December 14, 2017, from RapidMiner Documentation: https://docs.rapidminer.com/latest/studio/operators/validation/cross_validation.html

Subhadrabandhu, S., & Ketsa, S. (2001). **Durian: King of Tropical Fruit***.* CABI Publishing.

Wills, R., Harris, D., Spohr, L., & Golding, J. (2014). Reduction of energy usage during storage and transport of bananas by management of exogenous ethylene levels. **Postharvest Biology and Technology, 89**, 7-10.

พันธุ์ไผ่ที่เหมาะสมสำหรับการเสริมคอนกรีตเพื่อทดแทนเหล็กเสริม

ภณวิสิฏฐ์ นาถรังสรรค์[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ (1) เพื่อระบุพันธุ์ไผ่พื้นเมืองที่เหมาะสมที่สุดในการใช้เสริมคอนกรีตเพื่อทดแทนเหล็กเสริม โดยพิจารณาคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น ความแข็งแรง ปลูกง่าย หาง่าย ลำตรง ตัดง่าย ไม่มีหนาม (2) เพื่อให้ข้อมูลสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะสมสำหรับไผ่พันธุ์ที่มีความเหมาะสมในการใช้เสริมคอนกรีต (3) เพื่อให้เกษตรกร รวมถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทราบพันธุ์ไผ่ที่เหมาะสมในการใช้เสริมคอนกรีต การดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้ (1) ระบุปัญหา (2) รวบรวมข้อมูลไผ่จากเอกสารงานวิจัย (3) วิเคราะห์ข้อมูล (4) สังเคราะห์ข้อมูล (5) สรุปผล ผลการวิจัยพบว่าความเหมาะสมของไผ่สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มคือ (1) พันธุ์ไผ่ที่มีความเหมาะสมในการเสริมคอนกรีตมากที่สุดคือ ไผ่รวก และไผ่รวกดำ เนื่องจากหาง่าย และเนื้อแกร่งมาก (2) พันธุ์ไผ่ที่มีความเหมาะสมรองลงมาคือ ไผ่สีสุก ไผ่ลำมะลอก ไผ่หอบหรือไผ่หางช้าง ไผ่เลี้ยงหรือไผ่สร้างไพร ไผ่ตง ไผ่ตงหม้อ ไผ่บงใหญ่หรือไผ่ตงป่า ไผ่มันหมูหรือไผ่หกน้ำ ไผ่ซางหม่น และ ไผ่ด้ามพร้า ซึ่งมีความแข็งแรงและถูกใช้ในงานก่อสร้างอยู่แล้ว เช่น นั่งร้าน คาน เสา เป็นต้น (3) พันธุ์ไผ่ที่อาจจะสามารถนำมาใช้เสริมคอนกรีตได้ คือ ไผ่ป่าหรือไผ่หนาม ไผ่กิมซุงหรือไผ่ตงลืมแล้ง ไผ่โดลิโค ไผ่บงบ้านหรือไผ่บงคาย ไผ่บงดำหรือไผ่บงป่า ไผ่เขียวหรือไผ่กำยาน ไผ่ซางจีน ไผ่ยักษ์หรือไผ่เป๊าะ ไผ่หก ไผ่ซางคำหรือไผ่หมาจู๋ ไผ่ซางนวลหรือไผ่ซางไผ่จีน ไผ่ผากเพลิง ไผ่ขน ไผ่มากินหน่อย ไผ่ข้าวหลามหรือไผ่กาบแดง ไผ่บงหวานเมืองเลย ไผ่หลัก ไผ่ซางดำและไผ่ผาก และ (4) พันธุ์ไผ่ที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมคือ ไผ่รวกเขา ไผ่กระโรม ไผ่บาลุย ไผ่นวล ไผ่ออลอ ไผ่อาจารย์เต็ม ไผ่เลื้อย ไผ่โจด ไผ่เพ็ก ไผ่ราชวัง ไผ่เครือวัลย์ ไผ่สี่เหลี่ยม ไผ่รวกฝรั่ง ไผ่ภูพาน ไผ่โอดาชิมา ไผ่เฮียะ ไผ่ดำ ไผ่ไร่ ไผ่ทอง ไผ่ตากวาง ไผ่ลูกศร ไผ่ลาย ไผ่ดำอินโดนีเซีย ไผ่หยก ไผ่น้ำเต้า

คำสำคัญ : พันธุ์ไผ่ ไผ่ คอนกรีตเสริมไม้ไผ่

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา จังหวัดกรุงเทพมหานคร e-mail: phanawisittha@gmail.com

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: phanawisittha@gmail.com*

SUITABLE BAMBOO SPECIES FOR CONCRETE REINFORCEMENT TO REPLACE REINFORCING STEEL

Phanawisittha Natchrungsunkh[1*]

Abstract

The objectives of this research were to: (1) identify the most suitable species for using as reinforcement in concrete to replace reinforcing steel by analyzing bamboos' properties - strength, cultivation, availability, harvesting, thorn; (2) give appropriate terrain information for those species; (3) make farmers and relevant organizations known of the suitable bamboo species. The research methods were: (1) problem identification; (2) collection of bamboo property data from research papers; (3) data analysis; (4) data synthesis; (5) summary. The results found that bamboo species could be categorized into 4 groups, comprised of: (1) the most suitable bamboo species - *Thyrsostachys siamensis* Gamble and *Thyrsostachys oliveri* Gamble mainly because of their availability and strength; (2) suitable species - *Bambusa blumeana* J.H.Schultes, *Bambusa longispiculata* Gamble ex Brandis, *Bambusa oliveriana* Gamble, *×Thyrsocalamus* Liang, *Dendrocalamus asper* Backer ex K. Heyne, Pai Tong Moh (in Thai), *Dendrocalamus brandisii* Kurz, *Dendrocalamus copelandii* N.H.Xia & Stapleton, *Dendrocalamus siriceus* cl. Nuan Rachini, *Gigantochloa ligulata* Gamble which were strong and normally used in construction as scaffoldings, beams and columns; (3) probably suitable species - *Bambusa bambos*, *Bambusa beecheyana*, *Bambusa cf. burmanica*, *Bambusa dolichoclada*, *Bambusa nutans*, *Bambusa tulda*, *Bambusa vulgaris*, *Bambusa sp.*, *Dendrocalamus barbatus*, *Dendrocalamus giganteus*, *Dendrocalamus hamiltonii*, *Dendrocalamus latiflorus*, *Dendrocalamus membranaceus*, *Dendrocalamus sinicus*, *Dendrocalamus strictus*, *Gigantochloa auriculata*, *Gigantochloa scortechinii*, *Phyllostachys edulis*, *Phyllostachys makinoi*, *Schizostachyum pergracile* and; (4) the rest were unsuitable species with improper properties.

Keywords : Bamboo Species, Bamboo, Bamboo Reinforced Concrete

[1] *Assistant Professor in Industry and Technology Management Program, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, e-mail: phanawisittha@gmail.com*

** Corresponding author, e-mail: phanawisittha@gmail.com*

บทนำ

ไม้ไผ่มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ดังตัวอย่างระบบชลประทานที่ Dujiangyan ในประเทศจีน ที่ไม้ไผ่มีอายุการใช้งานมากกว่า 2,000 ปี (Holloway, 2013) และการสร้างเขื่อนจากไม้ไผ่สาน (janethaigh, 2012) โดยไม้ไผ่ถูกปกป้องจากไฟ แมลง และสภาพอากาศ ด้วยการให้ไม้ไผ่จมน้ำอยู่ตลอดเวลา

เทคนิคการใช้งานไม้ไผ่ให้มีอายุยืนนาน คือต้องป้องกันไม้ไผ่จาก ไฟ แมลงที่กินเนื้อไม้ไผ่ และสภาพอากาศแห้งสลับชื้น โดยประเทศไทยมีภูมิปัญญาในการใช้คอนกรีตเสริมไม้ไผ่ในการปกป้องไม้ไผ่อยู่แล้ว อย่างไรก็ตามปัญหาของคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ เกิดขึ้นเนื่องจากความชื้นเข้าหรือออกจากเนื้อไม้ไผ่ ผ่านเนื้อคอนกรีตที่มีรูพรุนตามธรรมชาติ ทำให้ไม้ไผ่ หดหรือขยายตัว และผุพังไปจากสภาพเนื้อไม้ไผ่แห้งสลับชื้น รวมถึงทำให้เกิดการแยกตัวของผิวไม้ไผ่ออกจากผิวคอนกรีต (Chatsirikul, 1980 และ Ghavami, 2005) ซึ่งปัญหาดังกล่าวแก้ไขได้โดยใช้เทคนิคการทำให้เนื้อของคอนกรีตทึบน้ำ (ภณวิสิฏฐ์, 2561a) หรือการอัดแรงคอนกรีต (ภณวิสิฏฐ์, 2561b) ซึ่งจะทำให้รูพรุนและรอยแตกร้าว (Crack) ในเนื้อคอนกรีตหายไป

ไม้ไผ่นั้นเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่ดีแต่กลับถูกมองข้ามไป กล่าวคือไม้ไผ่นั้นมีความแข็งแรง ทนทาน (Zhang et.al, 2013) หาได้ง่าย ราคาถูก เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Zhou et.al, 2005) ไผ่รับแรงดึงได้มากกว่าเหล็ก 6 เท่าเมื่อมีน้ำหนักเท่ากัน (Ghavami, 1981; Ghavami, 1995; Lakkad and Patel, 1981) ใช้แล้วไม่มีวันหมดไป ปลูกง่ายเพราะเป็นพืชตระกูลหญ้า โตเร็วที่สุดในโลก (Guinness, 2018) ไม่ต้องปลูกต้นใหม่เมื่อตัดลำไปใช้งาน อายุยืนนาน (70-150 ปี) ทนแล้ง รวมถึงยังมีคุณสมบัติที่ดีอื่นอีกมาก

คำถามที่ผู้วิจัยได้พบอยู่เสมอจากพี่น้องเกษตรกรทั่วทุกภูมิภาค ขณะที่ได้ไปร่วมในงานประชุมเกี่ยวกับไผ่ก็คือ ไผ่พันธุ์ใดที่เกษตรกรควรจะปลูกไว้ เพื่อใช้เสริมคอนกรีต สำหรับถนนหรือพื้นภายในสวนของตน ซึ่งเป็นหัวข้อวิจัยที่ยังไม่มีผู้ศึกษามาก่อน โดยรายงานวิจัยฉบับนี้จะได้ตอบคำถามดังกล่าว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อระบุพันธุ์ไผ่พื้นเมืองที่เหมาะสมที่สุด รวมถึงพันธุ์ที่มีศักยภาพในการใช้เสริมคอนกรีต
2. เพื่อให้ข้อมูลสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะสม สำหรับเกษตรกรใช้ในการเลือกพันธุ์ไผ่ให้เหมาะสมกับพื้นที่ของตน
3. เพื่อให้เกษตรกร รวมถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทราบพันธุ์ไผ่ที่เหมาะสมในการใช้เสริมคอนกรีต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาคุณสมบัติของพันธุ์ไผ่พื้นเมือง ที่เป็นที่รู้จักในประเทศจำนวน 61 พันธุ์
2. รวบรวมข้อมูลคุณสมบัติของไผ่พันธุ์ต่าง ๆ รวมถึงการใช้งาน จากการวิจัยข้อมูลงานวิจัยต่าง ๆ การสัมภาษณ์ การสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม
3. วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาพันธุ์ไผ่ที่เหมาะสมที่สุดในการเสริมคอนกรีต โดยใช้ปัจจัยหลักคือคุณสมบัติความแข็งแรงในการรับแรงดึง ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น ลำตรง การหาได้ง่ายในทุกภูมิภาค เป็นหลัก ปัจจัยรองได้แก่ ไม่มีหนาม เนื้อหนา การเข้าตัดลำแก่ในกอได้ง่าย เป็นต้น
4. สังเคราะห์ข้อมูล และจำแนกไผ่พื้นเมืองเป็น 4 จำพวก อย่างไรก็ตามเนื่องจากพื้นที่ที่จำกัด ตารางการวิเคราะห์จึงมิได้แสดงรายละเอียดอย่างสมบูรณ์ โดยแสดงเป็นข้อมูลรวมไว้ในผลการวิจัยตารางที่ 1-2 ในส่วนของตารางที่ 3-4 แสดงเฉพาะชื่อพันธุ์

5. สำรวจสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะสมสำหรับพันธุ์ไผ่ที่เหมาะสมสำหรับการเสริมคอนกรีต และระบุในรายงานสำหรับเกษตรกรที่ต้องการปลูก

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยพันธุ์ไผ่พื้นเมืองของประเทศไทย 61 พันธุ์ พบว่าพบว่าพันธุ์ไผ่สามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม คือ (1) กลุ่มที่เหมาะสมที่สุดในการเสริมคอนกรีตได้แก่ ไผ่รวกและไผ่รวกดำ เนื่องจากความแข็งแรงมาก และหาได้ง่ายทุกภูมิภาค ดังแสดงข้อมูล ลักษณะ คุณสมบัติ ภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะสม ไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พันธุ์ไผ่ที่เหมาะสมที่สุดในการเสริมคอนกรีต (The most suitable bamboo species)

Common Name	Botanical Name	Reasons of Suitability*	General Characteristics	Geography**
ไผ่รวก, ไม้รวก Monastery Bamboo, Siamese Bamboo, Thai Bamboo, Thai Umbrella Bamboo	*Thyrsostachys siamensis* Gamble	แข็งแรง เนื้อแกร่งมากตัดยากที่สุด ปลูกง่าย โตเร็ว หาง่าย ใช้ทำรั้ว และเคยถูกนำไปเสริมในคอนกรีตแล้ว โดยเฉพาะจังหวัดกาญจนบุรี กำลังรับแรงดึงของส่วนปล้อง 2,280 kg/cm^2 ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น 301,000 kg/cm^2 (Kharanan and Yamsai, 2017)	ไผ่ขนาดเล็ก สูง 3-10 ม.เส้นผ่านศูนย์กลาง 2-5 ซม. ปล้องยาว 10-30 ซม. (Sungkaew et al., 2014) ความหนา 4-20 มม. (3 ปี) ช่วงโคนเกือบตัน	อุณหภูมิ 15-44 °C ปริมาณน้ำฝน 800-1,700 มม. (NSO, 2018) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 20-150 ม. (Flash, 2018) ค่า pH ของดิน 5-8.5 (LDP, 2018) สภาพดินที่เหมาะสม ดินบนที่ลาดชัน (Maneewan et al., 2013)
ไผ่รวกดำ Edible-seeded Bamboo	*Thyrsostachys oliveri* Gamble	ปลูกง่าย โตเร็ว หาง่าย ใช้ในการก่อสร้าง มีกำลังรับแรงดึง 1,572 kg/cm^2 และโมดูลัสความยืดหยุ่น 233,000 kg/cm^2 (Chovichien, 1982)	ไผ่ขนาดกลาง สูง 10-17 ม.เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5-7 ซม.ปล้องยาว 30-60 ซม. (Sungkaew et al., 2014) ความหนา 5-22 มม. (Sompoh et al., 2013; WFD, 2018)	อุณหภูมิ 10-44 °C ปริมาณน้ำฝน 740-2,400 มม. (NSO, 2018) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 50-380 ม. ค่า pH ของดิน 5-7 (LDP, 2018) สภาพดินที่เหมาะสม ดินบนที่ลาดชัน ดินร่วนปนทราย ดินเหนียวลุ่ม (Maneewan et al., 2013)

* ไม่ทราบความเร็วในการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ ** ไม่รวมพื้นที่ภูเขา

(2) พันธุ์ไผ่ที่มีความเหมาะสมรองลงมา คือ ไผ่สีสุก ไผ่ลำมะลอก ไผ่หอบหรือไผ่หางช้าง ไผ่เลี้ยงหรือไผ่สร้างไพร ไผ่ตง ไผ่ตงหม้อ ไผ่บงใหญ่หรือไผ่ตงป่า ไผ่มันหมูหรือไผ่หกน้ำ ไผ่ซางหม่น และ ไผ่ด้ามพร้า ซึ่งมีความแข็งแรงและถูกใช้ในงานก่อสร้างอยู่แล้ว เช่น นั่งร้าน คาน เสา เป็นต้น ดังแสดงข้อมูลไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 พันธุ์ไผ่ที่เหมาะสมในการเสริมคอนกรีต (Suitable bamboo species)

Common Name	Botanical Name	Reasons of Suitability*	General Characteristics	Geography**
ไผ่สีสุก, ไม้สีสุก Spiny Bamboo, Thorny Bamboo, Thorny Branch Bamboo	*Bambusa blumeana* J.H.Schultes	หาง่าย ลำตรง เนื้อเยอะ ขนาดใหญ่ แข็งแรง กำลังรับแรงดึง ปล้องกลางลำ 3,598 kg/cm^2 และ ข้อกลางลำ 1,366 kg/cm^2 ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นกลางลำ 895,005kg/cm^2 ความเร็วในการดึง 0.6 มม./นาที (Sompoh et al., 2013)	มีลักษณะคล้ายไผ่ป่า มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5-15 ซม.ปล้องยาว 15-50 ซม. เนื้อลำหนา 10-35 มม. (Sungkaew et al., 2014)	อุณหภูมิ 15-43 °C ปริมาณน้ำฝน 660-2,280 มม. (NSO, 2018) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 10-70 ม. (Flash, 2018) ค่า pH ของดิน 4.5-7 (LDP, 2018) สภาพดินที่เหมาะสม ดินเหนียวลุ่ม ดินร่วนปนทรายและดินเปรี้ยวจัดบางพื้นที่ (Maneewan et al., 2013)
ไผ่ลำมะลอก Mahal Bamboo	*Bambusa longispiculata* Gamble ex Brandis	ลำตรง กอหลวม ภายในไม้มีสารไซยาไนด์ ใช้ในงานก่อสร้าง เช่น ใช้ทำนั่งร้าน เป็นต้น แข็งแรง มอดไม่ค่อยกิน	เป็นไผ่ขนาดกลาง มีความสูง 10-12 ม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 4-7 ซม. ปล้องยาว 35-45 ซม. (Sungkaew et al., 2014) หนาประมาณ 12 มม. (Sompoh et al., 2013)	อุณหภูมิ 19-40 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝน 920-5,340 มม. (NSO, 2018) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 4-35 ม. (Flash, 2018) ค่า pH ของดิน 4.5-6.5 (LDP, 2018) สภาพดินที่เหมาะสม ดินทรายแป้ง ดินร่วนปนทราย (Maneewan et al., 2013)
ไผ่หอบ, ไผ่หางช้าง	*Bambusa oliveriana* Gamble	ลำตรง เนื้อลำหนา แข็งแรง ใช้ทำไม้ค้ำยัน (Sungkaew et al., 2014)	เป็นไผ่ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง มีความสูง 7-15 ม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 3-7 ซม. ปล้องยาว 25-35 ซม. (Sungkaew et al., 2014)	อุณหภูมิ 15-44 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝน 800-1,700 มม. (NSO, 2018) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 20-150 ม. (Flash, 2018) ค่า pH ของดิน 5-8.5 (LDP, 2018) สภาพดินที่เหมาะสม ดินบนที่ลาดชัน (Maneewan et al., 2013)

Common Name	Botanical Name	Reasons of Suitability*	General Characteristics	Geography**
ไผ่เลี้ยง ไผ่สร้างไพร	×*Thyrsocalamus Liang* คาดว่าเป็นพันธุ์ผสมระหว่างไผ่ซางนวล และไผ่รวก (Leksungnoen, 2017)	ลำตรง แข็งแรง มีขนาดใหญ่ เนื้อลำหนา ใช้ในงานก่อสร้าง ใช้ทำเสาและคาน ในงานทั่วไปของเกษตร เช่น ศาลา กระท่อม ใช้ทำนั่งร้าน พบในทุกภาค (Sungkaew et al., 2014)	เป็นไผ่ขนาดเล็กถึงกลาง มีความสูง 7-12 ม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 3-5 ซม. ปล้องยาว 15-35 ซม. (Sungkaew et al., 2014)	อุณหภูมิ 11-43 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝน 795-2,960 มม. (NSO, 2018) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 140-250 ม. (Flash, 2018) ค่า pH ของดิน 5-7 (LDP, 2018) สภาพดินที่เหมาะสม ดินร่วนปนทราย ดินทรายจัด (Maneewan et al., 2013)
ไผ่ตง, Rough Giant Bamboo	*Dendrocalamus asper* (J.H.Schultes) Backer ex K. Heyne	ลำตรง แข็งแรง มีขนาดใหญ่ เนื้อลำหนา ใช้ในงานก่อสร้าง มีกำลังรับแรงดึง ปล้อง กลางลำ 3,547 kg/cm^2 และข้อกลางลำ 1,030 kg/cm^2 โมดูลัสความยืดหยุ่นส่วนกลางลำ 574,923 kg/cm^2 ความเร็วในการดึง 0.6 มม./นาที (Sompoh et al., 2013)	เป็นไผ่ขนาดใหญ่ มีความสูง 20-30 ม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 10-20 ซม. ปล้องยาว 20-50 ซม. เนื้อลำหนา 10-35 มม. (Sungkaew et al., 2014)	อุณหภูมิ 19-40 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝน 920-5,340 มม. (NSO, 2018) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 4-35 ม. (Flash, 2018) ค่า pH ของดิน 4.5-6.5 (LDP, 2018) สภาพดินที่เหมาะสม ดินทรายแป้ง ดินร่วนปนทราย (Maneewan et al., 2013)
ไผ่ตงหม้อ	คาดว่าเป็นสายพันธุ์หนึ่งของไผ่ตง (Sungkaew et al., 2014)	ลำใหญ่ ขนาดใหญ่กว่าไผ่ตง มีความแข็งแรง ใช้เป็นวัสดุรับน้ำหนัก จำพวกเสา คาน ใช้ทำเป็นนั่งร้าน	ลำยาว 10 ม. ขึ้นไป เส้นผ่านศูนย์กลาง 12-18 ซม. (Nana Garden, 2018)	อุณหภูมิ 17-40 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝน 420-5,500 มม. (NSO, 2018) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 3-70 ม. (Flash, 2018) ค่า pH ของดิน 4.5-7 (LDP, 2018) สภาพดินที่เหมาะสม ดินร่วนปนทราย ดินทรายจัด ดินปนกรวด ดินตื้น (Maneewan et al., 2013)
ไผ่บงใหญ่, ไผ่ตงป่า, ไผ่หก Wabo	*Dendrocalamus brandisii* (Munro) Kurz	ลำตรง ขนาดใหญ่ แข็งแรง ลำใช้ก่อสร้าง (Sungkaew et al., 2014)	เป็นไผ่ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ มีความสูง 15-30 ม. เส้นผ่านศูนย์กลางลำ 10-20 ซม. ปล้องยาว	อุณหภูมิ 17-40 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝน 420-5,500 มม. (NSO, 2018) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 3-70 ม. (Flash, 2018) ค่า

Common Name	Botanical Name	Reasons of Suitability*	General Characteristics	Geography**
			30-60 ซม.เนื้อลำหนา 10-30 มม. (Sungkaew et al., 2014)	pH ของดิน 4.5-7 (LDP, 2018) สภาพดินที่เหมาะสม ดินร่วนปนทราย ดินทรายจัด ดินปนกรวด ดินตื้น (Maneewan et al., 2013)
ไผ่มันหมูไผ่หกน้ำ Wagyi	*Dendrocalamus copelandii* (Gamble ex Brandis) N.H.Xia & Stapleton	ลำตรง เนื้อเกือบตัน ลำหนามีขนาดใหญ่ เสี้ยนน้อย ใช้ในงานก่อสร้าง มีกำลังรับแรงดึง ในสภาวะแห้งคือ 1,233 kg/cm^2 และสภาวะแห้ง 892 kg/cm^2 ความเร็วในการดึง 0.6 มม./นาที (Sompoh et al., 201x)	เป็นไผ่ขนาดกลาง มีความสูง 15-25 ม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 8-20 ซม.ปล้องยาว 25-45 ซม. เนื้อลำหนา 10-25 มม. (Sungkaew et al., 2014)	อุณหภูมิ 15-43 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝน 660-2,280 มม. (NSO, 2018) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 10-70 ม. (Flash, 2018) ค่า pH ของดิน 4.5-7 (LDP, 2018) สภาพดินที่เหมาะสม ดินเหนียวลุ่ม ดินร่วนปนทราย ดินเปรี้ยวจัด (Maneewan et al., 2013)
ไผ่ซางหม่น	*Dendrocalamus siriceus* cl. Nuan Rachini [42]	ไม่มีหนาม ลำตรง มีขนาดใหญ่ แข็งแรง ใช้ในงานก่อสร้าง มีกำลังรับแรงดึงเฉลี่ย 1521 kg/cm^2 โมดูลัสความยืดหยุ่น 27,437 kg/cm^2 ความเร็วในการดึง 0.6 มม./นาที (Pongthana and Rittironk, 2015) ขนาดลำใหญ่ ใช้ทำเสา	เป็นไผ่ที่มีความสูง 15-18 ม. เส้นผ่านศูนย์กลางลำ 7.5-10 ซม. (Phungchik et al., 2013)	อุณหภูมิ 10-44 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝน 740-2,400 มม. (NSO, 2018) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 50-380 ม. (Flash, 2018) ค่า pH ของดิน 5-7 (LDP, 2018) สภาพดินที่เหมาะสม ดินบนที่ลาดชัน ดินร่วนปนทราย ดินเหนียวลุ่ม (Maneewan et al., 2013)
ไผ่ด้ามพร้า	*Gigantochloa ligulata* Gamble	ลำตรง แข็งแรง เนื้อลำหนาจนเกือบตัน นิยมนำมาใช้เป็นด้ามอุปกรณ์ (Sungkaew et al., 2014)	เป็นไผ่ขนาดเล็ก สูง 6-9 ม. เส้นผ่านศูนย์กลางลำ 2-5 ซม. ปล้องยาว 20-40 ซม. (Sungkaew et al., 2014)	อุณหภูมิ 11-43 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝน 795-2,960 มม. (NSO, 2018) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 140-250 ม. (Flash, 2018) ค่า pH ของดิน 5-7 (LDP, 2018)

Common Name	Botanical Name	Reasons of Suitability*	General Characteristics	Geography**
				สภาพดินที่เหมาะสม ดินร่วนปนทราย ดินทรายจัด (Maneewan et al., 2013)

* ไม่ทราบความเร็วในการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ ** ไม่รวมพื้นที่ภูเขา

(3) พันธุ์ไผ่ที่อาจจะสามารถนำมาใช้เสริมคอนกรีตได้ คือ ไผ่ป่า, ไผ่กิมซุง, ไผ่บงหวานเมืองเลย, ไผ่โดลิโค, ไผ่บงบ้าน, ไผ่บงดำ, ไผ่เขียว, ไผ่หลัก, ไผ่ซางจีน, ไผ่ยักษ์, ไผ่หก, ไผ่หวานอ่างขาง, ไผ่ซางนวล, ไผ่จีน, ไผ่ซางดำ, ไผ่ผาก, ไผ่ผากเพลิง, ไผ่ขน, ไผ่มากินหน่อ และไผ่ข้าวหลาม ไผ่ในกลุ่มนี้อาจจะมีคุณสมบัติบางอย่างไม่เหมาะสมเช่น มีหนามมากตัดยาก เนื้อเปราะ เป็นต้น ดังแสดงชื่อพันธุ์ไผ่ไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 พันธุ์ไผ่ที่อาจใช้เสริมคอนกรีตได้ (Possibly suitable bamboo species)

Common Name	Botanical Name
ไผ่ป่า, ไผ่หนาม	*Bambusa bambos* (L.) Voss
ไผ่กิมซุง, ไผ่ตงลืมแล้ง, ไผ่บีเชย์	*Bambusa beecheyana* Munro
ไผ่บงหวานเมืองเลย	*Bambusa* cf. *burmanica* Gamble
ไผ่โดลิโค	*Bambusa dolichoclada* Hayata
ไผ่บงบ้าน, ไผ่บงคาย	*Bambusa nutans* Wall. ex Munro
ไผ่บงดำ, ไผ่บงป่า	*Bambusa tulda* Roxb.
ไผ่เขียว, ไผ่กำยาน	*Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland
ไผ่หลัก	*Bambusa* sp. (ยังไม่มีชื่อวิทยาศาสตร์)
ไผ่ซางจีน	*Dendrocalamus barbatus* Hsueh & D.Z.Li
ไผ่ยักษ์, ไผ่เปาะ, ไผ่เป๊าะ, ไผ่โปก	*Dendrocalamus giganteus* Munro
ไผ่หก	*Dendrocalamus hamiltonii* Nees & Arnott ex Munro
ไผ่หวานอ่างขาง, ไผ่ซางคำ, ไผ่หมาจู๋	*Dendrocalamus latiflorus* Munro
ไผ่ซางนวล, ไผ่ซาง	*Dendrocalamus membranaceus* Munro
ไผ่จีน, Mai Bo	*Dendrocalamus sinicus* Chia & J.L.Sun
ไผ่ซางดำ, Calcutta Bamboo	*Dendrocalamus strictus* (Roxb.) Nees
ไผ่ผาก	*Gigantochloa auriculata* Kurz
ไผ่ผากเพลิง	*Gigantochloa scortechinii* Gamble
ไผ่ขน, Moso Bamboo	*Phyllostachys edulis* (Carrière) J.Houz.
ไผ่มากินหน่อย	*Phyllostachys makinoi* Hayata
ไผ่ข้าวหลาม, ไผ่กาบแดง	*Schizostachyum pergracile* (Munro) R.B.Majumdar

(4) พันธุ์ไผ่ที่ไม่เหมาะสมที่จะนำมาเสริมคอนกรีตเนื่องจากมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมบางประการ เช่น ลำอ่อน ลำเล็ก ต้นเตี้ย ลำเลื้อย เนื้อบาง เนื้อเปราะ ขึ้นเฉพาะที่หนาวหรือหน้าผาหินปูน เป็นต้น ดังแสดงเฉพาะชื่อพันธุ์ไผ่ไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 พันธุ์ไผ่ที่ไม่เหมาะสมในการเสริมคอนกรีต (Unsuitable bamboo species)

Common Name	Botanical Name
ไผ่โอดาชิมา	*Bambusa odashimae* Hatusima
ไผ่หยก, ไผ่ลี่จู๋	*Bambusa oldhamii* Munro
ไผ่เหลือง	*Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland cv. Vittata McClure
ไผ่น้ำเต้า	*Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland cv. Wamin McClure
ไผ่สี่เหลี่ยม ไผ่เหลี่ยม	*Chimonobambusa quadrangularis* (Fenzi) Makion
ไผ่รวกเขา	*Dendrocalamus dumosus* (Ridl.) Holttum
ไผ่กระโรม	*Dendrocalamus khoonmengii* Sungkaew, Teerawat. & Hodk.
ไผ่นวล	*Dendrocalamus pendulus* Ridl.
ไผ่เลื้อย	*Dinochloa malayana* S.Dransf.
ไผ่ไร่, ไม้ไร่	*Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz
ไผ่ดำอินโดนีเซีย	*Gigantochloa atroviolacea* Widjaja
ไผ่บาลุย	*Gigantochloa balui* K.M.Wong
ไผ่ราชวัง, ไผ่ลาดวัง	*Neohouzeaua kerriana* S.Dransf.,Pattan. & Sungkaew
ไผ่ลาย	*Phyllostachys* sp.
ไผ่เครือวัลย์	*Melocalamus compactiflorus* Benth.
ไผ่รวกฝรั่ง	*Otatea fimbriata* Soderstron ex Mc Vaugh
ไผ่ภูพาน	*Phuphanochoa speciosa* Sungkaew & Teerawat.
ไผ่ญี่ปุ่น, Madake	*Phyllostachys bambusoides* Siebold & Zucc.
ไผ่ลิโต	*Phyllostachys lithophila* Hayata
ไผ่ดำ	*Phyllostachys nigra* (Lodd.ex Lindl.) Munro
ไผ่ลูกศร	*Pseudosasa japonica* Makino ex Nakai
ไผ่ออลอ	*Pseudostachyum polymorphum* Munro
ไผ่ทอง, ไผ่โป	*Schizostachyum brachycladum* Kurz
ไผ่เฮียะ	*Schizostachyum virgatun* (Munro) H.B.Naithani & Bennet
ไผ่ตากวาง, ไผ่เหลียง	*Schizostachyum grande Ridl.*
ไผ่เมี่ยงไฟ, ไผ่กาบแดง	*Schizostachyum zollingeri* Steud.
ไผ่อาจารย์เต็ม	*Temochloa liliana* S.Dransf.
ไผ่โจด, หญ้าหัวแข็ง	Vietnamosasa ciliata (A.Camus) T.Q.Nguyen
ไผ่เพ็ก, ไผ่เพ็ด	*Vietnamosasa pusilla* (A.Chev. & A.Camus) T.Q.Nguyen

พันธุ์ไผ่ที่จะปลูกสำหรับงานเสริมคอนกรีต เกษตรกรควรเลือกไผ่รวกหรือไผ่รวกดำ เป็นลำดับแรก ลำดับรองลงมาคือไผ่ในตารางที่ 2 ทั้งนี้ต้องใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมของแต่ละสายพันธุ์ไผ่ประกอบกับสภาพพื้นที่ที่ต้องการจะปลูก การนำไผ่สายพันธุ์ต่างประเทศหรือต่างถิ่นมาปลูกทำให้มีความเป็นไปได้สูงที่คุณสมบัติของไผ่จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ

ข้อมูลจากงานวิจัยที่อ้างอิงถึงบางงานไม่ได้ระบุความเร็วในการดึงทดสอบ อย่างไรก็ตามกำลังรับแรงดึงของไผ่แต่ละพันธุ์อาจถูกนำมาเทียบเคียงกันได้เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของความแข็งแรงของไผ่แต่ละพันธุ์ โดยงานวิจัยของ ภณวิสิฏฐ์ (2561c) พบว่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่รวกต้องใช้ส่วนข้อของไม้ไผ่เป็นตัวกำหนดเท่านั้น เนื่องจากข้อไม้ไผ่มีความแข็งแรงน้อยกว่าส่วนปล้อง ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Sompoh (2013) ดังนั้นกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่พันธุ์อื่นควรดูจากกำลังรับแรงดึงของส่วนข้อเป็นหลักเช่นเดียวกัน

จากผลการวิจัยต่าง ๆ ยังแสดงว่าการใช้ไม้ไผ่แทนเหล็กเส้นในคานคอนกรีตยังใช้งานไม่ได้คงทนถาวร (Ghavami, 2005; Phonthep and Maisook, 2016; Poonpotmas et al., 2017; Sayaphan et al., 2015) ดังนั้นการใช้ผลการวิจัยนี้จึงจำกัดไว้เพียง ใช้ไม้ไผ่เสริมคอนกรีตทดแทนเหล็กเสริม เฉพาะโครงสร้างที่เป็น ถนน ลาน พื้น หรือ พื้นบ้านที่วางอยู่บนดิน เท่านั้น (ไม่ได้วางพื้นอยู่บนคาน)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

พันธุ์ไผ่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเสริมคอนกรีต คือ ไผ่รวกและไผ่รวกดำ (ภณวิสิฏฐ์, 2561b) พันธุ์ที่เหมาะสมรองลงมาคือพันธุ์ไผ่สีสุก ไผ่ลำมะลอก ไผ่หอบหรือไผ่หางช้าง ไผ่เลี้ยงหรือไผ่สร้างไพร ไผ่ตง ไผ่ตงหม้อ ไผ่บงใหญ่หรือไผ่ตงป่า ไผ่มันหมูหรือไผ่หกน้ำ ไผ่ซางหม่น และ ไผ่ด้ามพร้า

จากความรู้ในปัจจุบัน การใช้ไม้ไผ่เสริมคอนกรีตแทนเหล็กเส้น ทำได้เฉพาะใน พื้น ลาน ถนน หรือ พื้นบ้านที่วางบนดิน สำหรับเกษตรกรที่ต้องการเลือกพันธุ์ไผ่เพื่อใช้งานเสริมคอนกรีต ไผ่รวกหรือไผ่รวกดำเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด ซึ่งนอกจากจะสามารถปลูกได้ทั่วประเทศแล้ว ยังสามารถใช้ในการผลิตสาร β–Estradiol (ภณวิสิฏฐ์, 2560a; ภณวิสิฏฐ์, 2560b) ซึ่งเป็นฮอร์โมนเพศหญิง (Estrogen) ประเภทหนึ่ง ที่จำเป็นสำหรับเพศหญิงวัยหมดประจำเดือน ซึ่งจะเพิ่มมูลค่าให้กับไผ่รวกและไผ่รวกดำได้อีกมาก

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยอาจดำเนินต่อไปในแนวทางดังนี้ การหากำลังรับแรงดึงของไผ่รวกและไผ่รวกดำในระยะยาว การหาค่าตัวคูณลดกำลัง (Safety Factor) จากปัจจัยต่าง ๆ การทดสอบการยึดเกาะของไม้ไผ่กับเนื้อคอนกรีต และการทดสอบรายละเอียดของการต่อไม้ปลายไม้ไผ่ในคอนกรีต เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ให้ข้อมูลทุกท่านโดยเฉพาะอย่างยิ่ง พระศิริชัย ชยธมฺโม วัดโพธิ์ลังกา อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี คุณณรงค์ พิลาแพง (โย่ง แบมบู) กลุ่มไผ่รักษ์โลก และอาจารย์สุธน ยางสวย สมาชิกสภาเกษตรจังหวัดกาญจนบุรี สำหรับความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลอย่างดียิ่ง

คำปฏิเสธ

ผู้เขียนได้ใช้ความพยายามอย่างดีที่สุดในการเตรียมบทความนี้ ความพยายามเหล่านี้รวมถึงการดำเนินการวิจัย การเขียนเนื้อหา การตรวจสอบเนื้อหา และการจัดรูปเล่ม ข้อมูลที่ปรากฏมาจากการรวบรวม

ข้อมูล การสำรวจ หรือการทดลองที่ได้กระทำระหว่างการดำเนินงานวิจัยนี้เท่านั้น ผู้เขียนไม่รับประกันต่อเนื้อหาทั้งที่ปรากฏหรือกล่าวเป็นนัย และผู้เขียนไม่ต้องรับผิดชอบในกรณีใด ๆ ทั้งสิ้นที่กฎหมายครอบคลุม สำหรับความเสียหายจากธรรมชาติของวัสดุ ความเสียหายจากการกระทำผิดกฎหมาย ความเสียหายจากการกระทำผิดหลักวิศวกรรม ความเสียหายโดยบังเอิญ ความถูกต้องของข้อมูล หรือผลสืบเนื่องในการใช้หรือประยุกต์ใช้เนื้อหาในบทความนี้

เอกสารอ้างอิง

ภณวิสิฏฐ์ นาถรังสรรค์. (2560a). วิธีการสังเคราะห์ เบต้า-เอสตราไดออล (β-Estradiol) จากไผ่. **สิทธิบัตรสิ่งประดิษฐ์ Thailand Patent Pending**

_____. (2560b). วิธีการสกัด เบต้า-เอสตราไดออล (β-Estradiol) จากไผ่. **สิทธิบัตรสิ่งประดิษฐ์ Thailand Patent Pending**

_____. (2561a). กรรมวิธีการแก้ปัญหาการแยกตัวของคอนกรีตและไม้ไผ่ที่เสริม ในคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ โดยใช้คอนกรีตที่น้ำซึมผ่านไม่ได้. **สิทธิบัตรสิ่งประดิษฐ์ Thailand Patent Pending**

_____. (2561b). กรรมวิธีอัดแรงคอนกรีตด้วยไม้ไผ่. **สิทธิบัตรสิ่งประดิษฐ์ Thailand Patent Pending**

_____. (2561c). กรรมวิธีการทดสอบแรงดึงของไม้ไผ่ขนาดเล็ก. **สิทธิบัตรสิ่งประดิษฐ์ Thailand Patent Pending**

Chatsirikul, U. (1980). **Behavior of a Concrete Floor-Joist System reinforced with flint coated Bamboo**. Master Thesis, Chulalongkorn University.

Chovichien, V. (1982). Load Capacity of Bamboo reinforced Concrete Column. **Thailand Engineering Journal, 35**(5), 41 – 45.

Flash-mini.com. (2018). **Find the sea level. Find the height from the map**. Retrieved February 5, 2018, from https://www.flash-mini.com/map.php

Ghavami, K. (1995) Ultimate Load Behaviour of Bamboo reinforced lightweight Concrete Beams. **Journal of Cement and Concrete Composite**, 17(4), 281–288.

Ghavami, K. and Hombeeck, R.V. (1981). Application of Bamboo as a Construction Material: Part I — Mechanical Properties and Water Repellent Treatment of Bamboo, Part II — Bamboo reinforced Concrete Beams, **Proceedings of Latin American Symposium on Rational Organization of Building Applied to Low Cost Housing**. CIB, Sao Paulo, Brazil, 49–66.

Ghavami, K. (2005). **Bamboo as Reinforcement in structural Concrete Elements**. Cement and Concrete Composites, 27, 637–649.

Guinness World Record. (2018). **Fastest growing Plant. Retrieved January 24, 2018**, from http://www.guinessworldrecords.com/ world-records/fastest-growing-plant/

Holloway, A. (2013). **The legacy of Dujiangyan: China’s ancient irrigation system**. Retrieved June 5, 2018, from http://www.ancient-origins.net/news-history-archaeology-ancient-technology/legacy-dujiangyan-china-s-ancient-irrigation-system

International Organization of Standardization. (2004). **ISO 22157-1:2004(E) Bamboo — Determination of physical and mechanical Properties**. ISO Copyright Office, Geneva.

janethaigh. (2012). **Weaving in 3D = Plaiting**. Retrieved June 5, 2018, from https://janethaigh.files.wordpress.com/2012/08/dam.jpg

Kharanan, T. and Yamsai, S. (2016). Evaluation of effective Compressive-Force in pre-stress Concrete Beam reinforcing cold-rolled Ruak Bamboo Cane heat Treatment Processed, **SWU Engineering Journal**, 11(2), 114-124.

Kharanan, T. and Yamsai, S. (2017). Strength improvement for Ruak bamboo to build pre-stress reinforced concrete slab. **Journal of Science and Technology Mahararakham University**, 36(3), 368-376.

Lakkad, S.C. and Patel, J.M. (1981). **Mechanical Properties of Bamboo, a natural Composite**. Fibre Science and Technology, 14, 319-322.

Land Development Department (LDP). (2018). **Soil Series Map of Thailand 1:25,000**. Retrieved February 5, 2018, from http://eis.ldd.go.th/lddeis/SoilView.aspx

Leksungnoen, N. (2017). Physiological Traits contributing to Carbon Storage Variation in Monastery Bamboo and Pai Liang in Northeaster Thailand. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, 39(2), 215-223.

Makum, K. (2002). **A Study of Bending Performance of Bamboo Reinforce Concrete Beam with improving Bond of Bamboo**. Master Thesis, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Maneewan, N. et al. (2013). **Soil of Thailand**. Land Development Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok.

Nana Garden. (2018). **How many sub-species has Dendrocalamus asper? Retrieved February 5, 2018**, from https://www.nanagarden.com/topic/3427

National Statistical Office (NSO). (2018). **Rainfall and Temperature. Retrieved February 5, 2018**, from http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries27.html

Patiutamaparp, T. (1987). **Utilization of bamboo-reinforced Concrete in low-cost Housing**. Master Thesis, Graduate School, Chulalongkorn University.

Phonthep, K. and P. Maisook, P. (2013). **Concrete Beams reinforced with fiberglass coated Bamboo subjected go Bending**. Bachelor Project, Faculty of Engineering, Burapha University.

Phungchik, T. (2013). Study on Growth of Some Bamboo Varieties. **Thai Journal of Science and Technology**, 21(6), 533-542.

Pongsupap, P. et al. (2002). **Improvement of Bond Strength between Bamboo and Concrete**. Bachelor Project, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

Pongthana, P. and Rittironk, S. (2015). The Study of Load Bearing Capacity of Bamboo Culm Bundles for the Design Applications in small Public Building. **Journal of Architectural/Planning Research and Studies**, 12(2), 1-12.

Poonpotmas, W. et al. (2017). Effect of the lateral reinforcement of bamboo on crushing strength of bamboo reinforced concrete pipe. **UTK Journal**, 11(1), 17-25.

Sayaphan, W. (2015). Improvement of White Cement Blocks Properties Made from Rice Straw and Reinforced Bamboo Culms Based on Wattle and Daub Technique. **Proceedings of the 4th International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture**. Bangkok, March.

Sodsai, S. and Chongboon, A. (2013). **Concrete Slab reinforced with epoxy coated Bamboo subjected to Bending**. Bachelor Project, Faculty of Engineering, Burapha University.

Sompoh, B. et al. (201x). **The Properties and Anatomy of some Bamboo Species.** Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department, Bangkok.

Sompoh, B. et al. (2013). **Physical and Mechanical Properties of Some Thai Bamboos for House Construction**. Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department, Bangkok.

Sungkaew, S. et al. (2014). **Bamboo of Thailand**. Amarin Printing and Publishing Public Co., Ltd., Nontaburi.

Thiensiriphat, N. (1984). **Bamboo-reinforced Concrete Spillway Slab**. Master Thesis, Faculty of Engineering, Khon Kaen University.

Wichaicum, T. (1980). **Bamboo reinforced Concrete for precast inverted Floor**. Master Thesis, Graduate School, Chulalongkorn University, Thailand.

Wongjon, M. and Kumpon, W. (2009). **Development of sweet Bamboo reinforced Concrete Pipe**. Bachelor Project, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology, Tak Campus.

World Food Programme (WFD) and Odisha Bamboo Development Agency. (2018). **Thyrsostachys oliveri Gamble**. Retrieved January 5, 2018, from http://www.odishabamboo.org/thyrsostachys.html

Yordyiam, I. and Weeraphoprasit, N. (2017). **The study of behavior of bamboo-reinforced concrete slab to flexural load**. Bachelor Project, Faculty of Engineering, Burapha University.

Zhang, S. et al. (2013). Hydraulic Principles of the 2,268-year-old Dujiangyan Project in China. **Journal of Hydraulic Engineering**, 139(5), 539-546.

Zhou, B.Z. et al. (2005). Ecological Functions of Bamboo Forest: Research and Application. **Journal of Forestry Research**, 16 (2), 143-147.

การศึกษาความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตร: กรณีศึกษา จังหวัดไซยะบุรี ประเทศลาว

ภูวเดช ธนิชานนท์[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตรมีความสำคัญต่อการวางแผนเพื่อพัฒนาความเป็นอยู่ของเกษตรกร งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้ที่ดินทางการเกษตรของเกษตรกรในจังหวัดไซยะบุรี ประเทศลาว ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงจากวิถีการเกษตรแบบดั้งเดิมเข้าสู่เกษตรเชิงพาณิชย์มากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะทางทิศใต้ของจังหวัดที่ติดกับประเทศไทย โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตรระหว่างทางเหนือกับทางใต้ของจังหวัด ใน 2 ระดับมาตราส่วนคือ ระดับภูมิภาค และ ระดับครัวเรือน และวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตรในพื้นที่ดังกล่าว

ผลการศึกษาพบว่า ในระดับภูมิภาค ทางเหนือของไซยะบุรีมีสัดส่วนความหลากหลายในการใช้ที่ดินทางการเกษตรสูงกว่าทางใต้ โดยมีการใช้ที่ดินถึง 4 ประเภทที่สัดส่วนเกินร้อยละ 10 คือ นาข้าว ไร่ข้าว ไร่ข้าวโพด และไร่ลูกเดือย ส่วนทางใต้ มีการใช้ที่ดินไร่ข้าวโพดเป็นหลัก สัดส่วนประมาณร้อยละ 63 แต่ในระดับครัวเรือนนั้น ครัวเรือนทางเหนือกลับมีการใช้ที่ดินที่หลากหลายน้อยกว่าทางใต้ โดยครัวเรือนทางเหนือส่วนใหญ่ใช้ที่ดินปลูกพืชเพียง 2 ชนิดคือ ข้าว และพืชเศรษฐกิจอีก 1 ชนิดในสัดส่วนเท่า ๆ กัน ส่วนครัวเรือนทางใต้ปลูกพืช 3 – 4 ชนิดคือ ข้าวโพด ข้าว และ พืชเศรษฐกิจอีก 1 – 2 ชนิด ถึงแม้ว่าสัดส่วนของพื้นที่ไร่ข้าวโพดจะสูงถึงร้อยละ 40 – 70 แต่เมื่อเทียบขนาดพื้นที่แล้ว พื้นที่ปลูกพืชอื่น ๆ ของทางใต้ก็มีขนาดไม่น้อยกว่าทางเหนือ

ซึ่งปัจจัยหลักที่มีผลต่อความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางเกษตรกรรม ในจังหวัดไซยะบุรีได้แก่ (1) การเข้าถึงและอิทธิพลของตลาดพืชเศรษฐกิจ (2) ปริมาณพื้นที่ทำการเกษตร และ (3) ความหลากหลายของสภาพทางภูมิศาสตร์ โดยในระดับภูมิภาค ทางเหนือมีความหลากหลายของสภาพทางภูมิศาสตร์สูง ท้องที่ต่าง ๆ จึงปลูกพืชแตกต่างกันตามความเหมาะสมทางนิเวศวิทยาเกษตร จึงมีความหลากหลายทางการเกษตรสูง แต่ในระดับครัวเรือนนั้น ครัวเรือนทางใต้ มีการใช้ที่ดินที่หลากหลายกว่าเพราะมีที่ดินครอบครองมากกว่า จึงสามารถใช้พื้นที่ปลูกพืชได้หลากหลายกว่า ผลการศึกษาที่ออกมาแตกต่างกันในระดับมาตราส่วนทั้ง 2 ระดับนี้ สะท้อนว่าการศึกษาความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตร ควรจะต้องทำการศึกษาทั้งในระดับภูมิภาคและระดับครัวเรือน เพื่อหากลไกที่เชื่อมโยงบริบททั้ง 2 ระดับได้อย่างถูกต้อง

คำสำคัญ : ความหลากหลายของของการใช้ที่ดิน การใช้ที่ดินทางการเกษตร ไซยะบุรี ลาว

[1]*ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง จังหวัดกรุงเทพมหานคร*

**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:* puwadej111@yahoo.com

THE STUDY OF AGRICULTURAL LAND USE DIVERSITY: A CASE STUDY OF XAYABURI PROVINCE, LAO PDR

Puwadej Thanichanon[1*]

Abstract

Studying diversity of agricultural land use is important for planning of farmers' livelihood development. This research investigated agricultural land use in Xayaburi province, Lao PDR. The province has been in the transition period of agrarian change from subsistence agriculture to commercial agriculture especially in the south part of the province which connected to Thailand through many border crossings. The research compared the diversity of agricultural land use between the north and the south part of the province in both regional and household scale levels. This research also analyzed factors affecting the diversity of agricultural land use in Xayaburi province.

The results reveal that, for regional level, the north part of Xayaburi had higher diversity of agricultural land use systems than the south. There were 4 land use systems: paddy field, upland rice field, maize field and job's tear field, acquiring over 10 percent of total agricultural area in the north. Whereas maize field was the major agricultural land use system in the south dominating around 63 percent of total agricultural area. On the other hand, for household level, northern households practice lower diversity of agricultural land use systems than southern households. Most of northern households grew only 2 species: rice and another cash crop in the equal proportion, while most of southern households grew 3 – 4 species consisting of maize, rice and 1 – 2 cash crops. Although the share of maize field as high as 40 – 70 percent of household's agricultural area, the size of each cash crop area was not less than the size of northern households.

There were 3 main factors affecting agricultural land use diversity of Xayaburi province: (1) access to and influence of market of each cash crop, (2) availability of agricultural land, and (3) diversity of geographical conditions. For regional level, the north part has closer proportion of crop diversity than the south part due to higher diversity of geographical conditions which farmers in different geographical conditions grow different crops according to appropriateness of agro-ecological conditions. For household level, southern households practice higher diversity of agricultural land use as they averagely owned larger agricultural land which allowed them to grow more various crops. The different results from both scale levels reflect that to study diversity of agricultural land use, the data should be collected from both regional level and household level in order to correctly understand the context of the region.

Keywords : Land use diversity, Agricultural land use, Xayaburi, Lao PDR

---

[1] *Department of Geography, Faculty of Education, Ramkhamheang University,*

** Corresponding author, e-mail:* puwadej111@yahoo.com

บทนำ

การเกษตรเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญต่อการผลิตอาหาร และวัตถุดิบต่าง ๆ แก่ประชากรโลก ในแง่ของเศรษฐกิจ การเกษตรจัดเป็นอาชีพที่สร้างงานและรายได้แก่ประชากรนับล้านคนในโลก (International Labour Organization, 2016) นอกจากนี้ การเกษตรยังมีความสำคัญในแง่ของการจัดการทรัพยากรธรรมชาติด้วย เพราะการทำการเกษตรหรือการผลิตจำเป็นต้องอาศัยทรัพยากรธรรมชาติต่าง ๆ มากมาย ทั้งที่ดิน ดิน น้ำ อากาศ และทรัพยากรชีวภาพ (Wolfenson, 2013)

ระบบการเกษตรแบบดั้งเดิมส่วนใหญ่ มักมีการปลูกพืชหรือสร้างผลผลิตหลายชนิด หรือปลูกพืชอาหารแบบหมุนเวียน ตามภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สืบทอดกันมา (Powell et al, 2015) ระบบการเกษตรแบบดั้งเดิมเป็นระบบที่ปรับให้เข้ากับทรัพยากรและสภาพแวดล้อมท้องถิ่น เป็นระบบที่ใช้กระบวนการทางนิเวศวิทยาในการผลิต มากกว่าการพึ่งพาเทคโนโลยีและเศรษฐกิจ จึงเป็นแนวทางที่สอดคล้องนิเวศวิทยาการเกษตร (agro-ecology) อันเป็นผลดีต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งมีความสำคัญต่อการบรรลุเป้าหมายของการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน (Wolfenson, 2013)

อย่างไรก็ตาม สถานการณ์ตลาดในปัจจุบันที่มีความเป็นโลกาภิวัตน์ ทำให้ระบบตลาดได้เข้ามามีอิทธิพลต่อระบบการเกษตรมากขึ้น การที่ภาครัฐของประเทศกำลังพัฒนาส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการเติบโตเศรษฐกิจ รวมถึงการสนับสนุนการค้าเสรี ทำให้ระบบการเกษตรในประเทศกำลังพัฒนาเปลี่ยนแปลงไปเป็นเกษตรกรรมเชิงพานิชย์มากขึ้น (Patel, 2015; Schreinemachers et al, 2013; WFP, 2009) และมีการใช้ที่ดินแบบการปลูกพืชชนิดเดียว (monoculture) มากขึ้น อันเป็นพืชตลาด เช่น ยางพารา ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง (Castella, 2012; Thongmaniving et al, 2006) แต่การใช้ที่ดินปลูกพืชชนิดเดียวเช่นนี้ ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมต่อทรัพยากรธรรมชาติมากขึ้น โดยเฉพาะทรัพยากรดิน ที่ดิน และความหลากหลายทางชีวภาพ ขณะเดียวกันก็เกิดความเสี่ยงต่อความเป็นอยู่ของเกษตรกรเช่นกัน อันเนื่องมาจากความผันผวนของราคาผลผลิต และความเปราะบางต่อภัยธรรมชาติและศัตรูพืช รวมถึงความเสี่ยงต่อความมั่นคงทางอาหารเนื่องจากการผลิตพืชอาหารลดลง (Bijman, 2008; Kahane et al, 2013; Mabiso et al 2014; Putrone, 2012)

การศึกษาความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตร จึงมีผลต่อการวางแผนแนวทางเพื่อการเกษตรยั่งยืน เพื่อพัฒนาความเป็นอยู่ของเกษตรกรในระยะยาว รวมถึงเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการปรับตัวเพื่อให้เข้ากับสถานการณ์การเกษตรในโลกปัจจุบันด้วย

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้ที่ดินทางการเกษตรของเกษตรกรในจังหวัดไซยะบุรี ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีการเปลี่ยนแปลงจากวิถีการเกษตรแบบดั้งเดิมเข้าสู่เกษตรเชิงพานิชย์มากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะทางใต้ของจังหวัดที่ติดกับประเทศไทย โดยสถิติของสำนักงานแผนการจังหวัดไซยะบุรี แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของพื้นที่การเกษตรในจังหวัดถึงประมาณ 638 ตารางกิโลเมตรในรอบ 10 ปี จาก 556 ตารางกิโลเมตรใน พ.ศ. 2543 เป็น 1,194 ตารางกิโลเมตร ใน พ.ศ. 2551 และในพื้นที่ที่เพิ่มขึ้นนี้ เป็นพื้นที่ไร่ข้าวโพดกว่า 500 ตารางกิโลเมตร

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ที่ดินทางการเกษตรระหว่างทางเหนือกับทางใต้ของจังหวัด โดยเน้นถึงการเปรียบเทียบความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตร การศึกษาพิจารณา 2 ระดับมาตราส่วนคือ ระดับภูมิภาค และ ระดับครัวเรือน แล้วเปรียบเทียบกันผลที่ได้ระหว่างมาตราส่วนด้วย รวมถึงวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อความหลากหลายในการใช้ที่ดินทางการเกษตรของทั้งทางเหนือและทางใต้ของจังหวัด ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยสามารถนำไปใช้การวางแผนการจัดการความหลากหลายในการใช้ที่ดินทางการเกษตร เพื่อพัฒนาความเป็นอยู่ของเกษตรกร นอกจากนี้ การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างระดับมาตราส่วน ยัง

เป็นแนวทางสำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการเชื่อมโยงบริบทของภูมิภาคจากการศึกษาในภาพรวมให้เข้ากับบริบทของท้องถิ่นจากการศึกษาแบบกรณีศึกษาได้อย่างถูกต้องด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาการใช้ที่ดินทางการเกษตรในจังหวัดไชยะบุรี และประเมินความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตรเปรียบเทียบระหว่างทางเหนือและทางใต้ของจังหวัดไชยะบุรี
2. ประเมินความสอดคล้องกันของผลการศึกษาความหลากหลายการใช้ที่ดินทางการเกษตรระหว่างระดับภูมิภาคและระดับครัวเรือน
3. วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตรในจังหวัดไชยะบุรี

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการศึกษาในงานวิจัยนี้ แบ่งตามขั้นตอนและวัตถุประสงค์ของงานวิจัยได้เป็น (1) การศึกษาการใช้ที่ดินทางการเกษตร (2) การประเมินและเปรียบเทียบความหลากหลายของการใช้ที่ดินระหว่างทางเหนือกับทางใต้ (3) การประเมินความสอดคล้องของผลการศึกษาการเปรียบเทียบความหลากหลายในการใช้ที่ดินระหว่างระดับภูมิภาคและระดับครัวเรือน และ (4) การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตร

1. การศึกษาการใช้ที่ดินทางการเกษตร: ทำการศึกษา 2 ระดับมาตราส่วนคือ ระดับภูมิภาค (ทางเหนือและทางใต้ของจังหวัด) และระดับครัวเรือน ซึ่งทั้ง 2 ระดับ ใช้วิธีการศึกษาที่แตกต่างกัน ดังนี้

1.1 ระดับภูมิภาค: เก็บข้อมูลจากสถิติการใช้ที่ดินระดับอำเภอ จากสำนักการเกษตรและป่าไม้อำเภอ และสำนักงานแผนการและการลงทุนอำเภอ ของ 7 อำเภอที่ทำการศึกษา โดยเป็นสถิติของ พ.ศ. 2554 แล้วรวมข้อมูลจาก 3 อำเภอทางเหนือเข้าด้วยกัน กับรวมข้อมูลจาก 4 อำเภอทางใต้เข้าด้วยกัน นับเป็นภูมิภาคทางเหนือและทางใต้ของจังหวัด อนึ่ง ข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้วยภาพดาวเทียม LANDSAT ถูกใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนเกี่ยวกับพื้นที่การเกษตรโดยรวม แต่ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตรได้ เนื่องจากข้อมูลจากภาพดาวเทียม LANDSAT ไม่สามารถจำแนกพื้นที่ของพืชไร่ต่างชนิดได้ดีนัก

1.2 ระดับครัวเรือน: เก็บข้อมูลการใช้ที่ดินทางการเกษตรของ ครัวเรือนตัวอย่าง จำนวน 121 ครัวเรือน ใน 15 หมู่บ้านตัวอย่าง ใน 7 อำเภอที่เป็นพื้นที่ศึกษาของจังหวัดไชยะบุรี โดยหมู่บ้านตัวอย่าง 15 หมู่บ้านถูกเลือกมาเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด ด้วยเกณฑ์ต่าง ๆ ด้านที่ตั้งทางภูมิศาสตร์และการเข้าถึง อันได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ ระยะทางจากตัวเมือง ระยะทางจากถนนใหญ่ ระยะทางจากจุดผ่านแดน ระยะทางจากตลาด ระยะทางจากแม่น้ำโขง

ในแต่ละหมู่บ้านตัวอย่าง มีครัวเรือนตัวอย่างที่ถูกคัดเลือกมาเป็นตัวแทนของหมู่บ้านจำนวนประมาณ 8 ครัวเรือน โดยครัวเรือนตัวอย่างถูกคัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างตามอันตรภาคชั้น (stratified random sampling) ตามสถานะทางเศรษฐกิจของครัวเรือนที่แบ่งเป็นรวย ปานกลาง และยากจน ที่วัดจากทรัพย์สินทางกายภาพของครัวเรือนนั้น เช่น สภาพกายภาพของบ้าน จำนวนปศุสัตว์ พาหนะ และรายได้จากข้อมูลสถิติของหมู่บ้านและการสังเกตของผู้วิจัย ซึ่งใน 8 ครัวเรือนของแต่ละหมู่บ้านตัวอย่างนั้นประกอบด้วย ครัวเรือนฐานะรวย 2 ครัวเรือน ครัวเรือนฐานะปานกลาง 4 ครัวเรือน และครัวเรือนฐานะยากจน 2 ครัวเรือน เพื่อให้เป็นตัวแทนของหมู่บ้านที่ครอบคลุมการใช้ที่ดินของเกษตรกรทุกสถานะ โดยจำนวนครัวเรือนฐานะปานกลางมีจำนวนมากที่สุด ครัวเรือนตัวอย่างที่มีฐานะปานกลางจึงถูกกำหนดให้มีจำนวนมากที่สุดเช่นกัน

การสำรวจข้อมูลการใช้ที่ดินทางการเกษตรของแต่ละครัวเรือนตัวอย่าง ใช้วิธีสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (semi-structure interview) โดยสอบถามถึงขนาดที่ดินที่ครัวเรือนใช้ในการทำการเกษตร สำหรับระบบการใช้ที่ดินทางการเกษตรแต่ละประเภท ช่วงระยะเวลาที่ทำการสำรวจคือ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2554 – พฤษภาคม พ.ศ. 2555

ครัวเรือนตัวอย่าง ในการศึกษานี้มีจำนวนทั้งสิ้น 121 ครัวเรือน แบ่งเป็น 56 ครัวเรือน (จาก 7 หมู่บ้าน) จากทางเหนือ และ 65 ครัวเรือน (จาก 8 หมู่บ้าน) ทางใต้ เพื่อความชัดเจนในการเปรียบเทียบความหลากหลายด้านการใช้ที่ดินทางการเกษตรของภูมิภาคเหนือและใต้ของพื้นที่ศึกษา

2. การประเมินและเปรียบเทียบความหลากหลายของการใช้ที่ดินระหว่างทางเหนือกับทางใต้: ข้อมูลการใช้ที่ดินทางการเกษตรที่รวบรวมได้ถูกเรียบเรียงและนำเสนอในรูปแบบตาราง โดยทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบตัวชี้วัดต่าง ๆ ทางความหลากหลายในการใช้ที่ดินทางการเกษตร คือ ปริมาณและสัดส่วนของการใช้ที่ดินทางการเกษตรแต่ละชนิด จำนวนประเภทการใช้ที่ดิน ระหว่างเกษตรกรทางเหนือและทางใต้ของพื้นที่ศึกษา

ในขั้นตอนนี้ ยังใช้การวิเคราะห์ด้วย T-test กับข้อมูลระดับครัวเรือนเพื่อยืนยันความแตกต่างของตัวแปรที่สำคัญระหว่างทางเหนือกับทางใต้ด้วย อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ด้วย T-test หรือสถิติอ้างอิงอื่น ๆ ไม่อาจใช้กับข้อมูลระดับภูมิภาคได้ เพราะข้อมูลระดับภูมิภาคมีหน่วยประชากรคืออำเภอ ซึ่งมีเพียง 3 อำเภอทางเหนือกับ 4 อำเภอทางใต้ ซึ่งเป็นจำนวนประชากรที่น้อยเกินกว่าจะสร้างนัยสำคัญด้วยสถิติอ้างอิง

3. การประเมินความสอดคล้องของผลการศึกษาการเปรียบเทียบความหลากหลายในการใช้ที่ดินระหว่างระดับภูมิภาคและระดับครัวเรือน: การประเมินความแตกต่างและความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้ใน 2 ระดับมาตราส่วน คือระหว่างข้อมูลระดับภูมิภาคกับข้อมูลระดับครัวเรือน มีวัตถุประสงค์เพื่อเชื่อมโยงบริบทของภูมิภาคและท้องถิ่นเข้าด้วยกันได้อย่างถูกต้อง อันเป็นวิธีที่เรียกว่าการวิเคราะห์ในมาตราส่วนระดับกลาง (meso-scale analysis) ซึ่ง Messerli และคณะ (2015) นำมาใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดิน ความยากจน และสิ่งแวดล้อม ที่ประเทศลาว วิธีการวิเคราะห์นั้นจะใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่าง ๆ ตามที่ระบุในข้อ 2 อนึ่งการเปรียบเทียบระหว่างทั้ง 2 ระดับมาตราส่วนนั้น ไม่สามารถใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยสถิติอ้างอิงได้ เนื่องจากข้อมูลในระดับภูมิภาคนั้นมีจำนวนหน่วยประชากรที่น้อยเกินไปดังที่กล่าวมาแล้ว

4. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตร: ใช้วิธีการวิเคราะห์ปัจจัย (factor analysis) จากสมมติฐานที่ตั้งไว้ตามการทบทวนวรรณกรรมที่กล่าวอ้างในบทนำ ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยเกี่ยวกับการเข้าถึงตลาดพืชสินค้า และปัจจัยทางสภาพพื้นที่ และมีการตรวจสอบความสัมพันธ์ของปัจจัยดังกล่าวด้วยสถิติเชิงพรรณนา คือ การใช้ตารางไขว้ (cross tabulation) และสถิติอ้างอิง คือ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis)

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการศึกษาความหลากหลายในการใช้ที่ดินทางการเกษตร ในระดับภูมิภาคที่ใช้ข้อมูลสถิติการใช้ที่ดินระดับอำเภอเป็นฐาน แสดงออกมาเป็นพื้นที่ของการใช้ที่ดินแต่ละประเภท ได้ผลดังตารางที่ 1 ซึ่งเมื่อคำนวณออกมาเป็นสัดส่วนได้ผลออกมาดังตารางที่ 2

ผลการเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้ที่ระหว่างทางเหนือและทางใต้ของพื้นที่ศึกษา ที่แสดงในตารางที่ 2 สามารถแปลความหมายได้ว่า ทางเหนือของพื้นที่ศึกษามีความหลากหลายในการใช้ที่ดินทางการเกษตรมากกว่าทางใต้ โดยทางเหนือนั้นมีการใช้ที่ดินถึง 4 ประเภทที่มีสัดส่วนเกินร้อยละ 10 คือ นาข้าว ไร่ข้าว ไร่ข้าวโพด และไร่ลูกเดือย โดยนาข้าวนั้นมากที่สุด ขณะที่ทางใต้ของพื้นที่ศึกษานั้น มีการใช้ที่ดินแบบไร่ข้าวโพด

เป็นหลัก คือเป็นสัดส่วนถึงประมาณร้อยละ 63 ตามด้วย นาข้าว ที่ร้อยละ 20 ส่วนการใช้ที่ดินทางเกษตรประเภทอื่นยังมีสัดส่วนน้อย คือไม่ถึงร้อยละ 10 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด

ผลการศึกษาในระดับภูมิภาคอาจกล่าวได้ว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Castella (2012) และ Thongmanivong และคณะ (2006) ว่าอิทธิพลของตลาดทำให้การเกษตรเชิงพาณิชย์ขยายตัวมากขึ้น และทำให้เกิดการปลูกพืชเชิงเดี่ยว (monoculture) มากขึ้น ดังที่เห็นจากทางใต้ของพื้นที่ศึกษาที่ได้รับอิทธิพลจากตลาดมากกว่า ทำให้เกษตรกรหันมาใช้ที่ดินเพื่อปลูกพืชเศรษฐกิจคือ ข้าวโพด เป็นหลัก มากกว่าการปลูกข้าวที่เป็นพืชอาหารดั้งเดิม ตรงกันข้ามกับทางเหนือที่เกษตรกรยังใช้พื้นที่เพื่อปลูกข้าวมากกว่าปลูกพืชเศรษฐกิจ แม้กระนั้น อิทธิพลของตลาดก็แพร่ไปถึงทางเหนือเช่นกัน ดังที่เห็นจากพื้นที่ปลูกข้าวโพดและลูกเดือยซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจ

ตารางที่ 1 พื้นที่การใช้ที่ดินทางการเกษตรทางเหนือและทางใต้ของพื้นที่ศึกษา (หน่วย: เฮคตาร์)

ภูมิภาค	นาข้าว	ไร่ข้าว	ข้าวโพด	ลูกเดือย	งา	ถั่วลิสง	ถั่วแดง	มันสำปะหลัง	รวม
เหนือ	9,620	4,313	7,094	3,694	822	0	0	0	25,543
ใต้	14,761	1,904	45,783	3,917	969	1,486	886	2,630	72,336

ตารางที่ 2 สัดส่วนพื้นที่การใช้ที่ดินทางการเกษตรทางเหนือและทางใต้ของพื้นที่ศึกษา (หน่วย: ร้อยละ)

ภูมิภาค	นาข้าว	ไร่ข้าว	ข้าวโพด	ลูกเดือย	งา	ถั่วลิสง	ถั่วแดง	มันสำปะหลัง	รวม
เหนือ	37.7	16.9	27.8	14.4	3.2	0.0	0.0	0.0	100
ใต้	20.4	2.6	63.3	5.4	1.4	2.1	1.2	3.6	100

ผลการศึกษาความหลากหลายในการใช้ที่ดินทางการเกษตรในระดับครัวเรือน เสนอในตารางที่ 3 ซึ่งแสดงด้วยค่าเฉลี่ยของการใช้ที่ดินทางการเกษตรแต่ละประเภทต่อครัวเรือน ซึ่งเมื่อคิดเป็นสัดส่วนได้ผลออกมาดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 พื้นที่การใช้ที่ดินทางการเกษตรเฉลี่ยต่อครัวเรือน ของทางเหนือและทางใต้ของพื้นที่ศึกษา (หน่วย: เฮคตาร์)

ภูมิภาค	นาข้าว	ไร่ข้าว	ข้าวโพด	ลูกเดือย	งา	ถั่วลิสง	ถั่วแดง	มันสำปะหลัง	อื่น ๆ	รวม
เหนือ	0.64	0.42	0.77	0.33	0.12	0.00	0.00	0.02	0.48	2.78
ใต้	0.73	0.10	2.56	0.32	0.00	0.04	0.03	0.15	0.10	4.03

ตารางที่ 4 สัดส่วนพื้นที่การใช้ที่ดินทางการเกษตรเฉลี่ยต่อครัวเรือน ของทางเหนือและทางใต้ของพื้นที่ศึกษา (หน่วย: ร้อยละ)

ภูมิภาค	นาข้าว	ไร่ข้าว	ข้าวโพด	ลูกเดือย	งา	ถั่วลิสง	ถั่วแดง	มันสำปะหลัง	อื่น ๆ	รวม
เหนือ	23.1	15.0	27.7	11.7	4.3	0.1	0.0	0.8	17.3	100
ใต้	18.0	2.5	63.5	8.0	0.0	0.9	0.8	3.8	2.5	100

ผลการศึกษาความหลากหลายในการใช้ที่ดินทางการเกษตร ในระดับครัวเรือนในตารางที่ 4 ให้ผลสอดคล้องกับตารางที่ 2 ว่าเกษตรกรทางใต้มีสัดส่วนการใช้ที่ดินแบบไร่ข้าวโพดสูงกว่าทางเหนือมาก และมีการใช้พื้นที่ทำไร่ข้าวน้อยกว่าทางเหนือมาก ขณะที่การใช้พื้นที่เพื่อนาข้าวนั้นทางเหนือมีสัดส่วนที่สูงกว่าเล็กน้อย การวิเคราะห์ด้วย T-test ก็ยืนยันถึงความแตกต่างของสัดส่วนการใช้ที่ดินประเภทไร่ข้าวกับไร่ข้าวโพด ดังที่แสดงในตารางที่ 5 ความสอดคล้องกันของผลการศึกษาจากระดับมาตราส่วนทั้ง 2 ระดับ บ่งชี้ว่า เกษตรกรทางเหนือมีการใช้ที่ดินทางการเกษตรที่หลากหลายกว่าเกษตรกรทางใต้

ตารางที่ 5 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวชี้วัดด้านความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตร ระหว่างทางเหนือกับทางใต้ด้วย T-test

ตัวชี้วัด	สัดส่วนพื้นที่นาข้าว	สัดส่วนพื้นที่ไร่ข้าว	สัดส่วนพื้นที่ไร่ข้าวโพด	จำนวนชนิดพืชที่ปลูก
ค่า P	0.035	3.842	2.702	0.049
นัยสำคัญของความแตกต่างที่ระดับ .05	ไม่แตกต่าง	แตกต่าง	แตกต่าง	ไม่แตกต่าง

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในรายละเอียดต่าง ๆ เพิ่มเติมจากข้อมูลระดับครัวเรือน กลับให้ผลการตีความที่แตกต่างกัน โดยค่าหากพิจารณาจำนวนชนิดของพืชที่ปลูกแล้ว ทางเหนือกับทางใต้กลับไม่แตกต่างกันนักในทางสถิติอ้างอิงด้วย T-test (จากตารางที่ 5) และเมื่อพิจารณาด้วยสัดส่วนของครัวเรือนตามจำนวนชนิดของพืชที่ปลูกแล้ว ครัวเรือนทางใต้กลับมีการปลูกพืชหลากหลายชนิดกว่าครัวเรือนทางเหนือเสียอีก ดังที่แสดงในตารางที่ 6 โดยครัวเรือนทางใต้โดยทั่วไปปลูกพืช 2 – 4 ชนิดในพื้นที่การเกษตรของตน สัดส่วนที่สูงที่สุดของครัวเรือนทางใต้ (ร้อยละ 45) ปลูกพืช 3 ชนิด ขณะที่ครัวเรือนทางเหนือโดยทั่วไปปลูกพืช 2 – 3 ชนิด สัดส่วนที่สูงที่สุดของครัวเรือนทางเหนือ (ร้อยละ 44) ปลูกพืช 2 ชนิด

ตารางที่ 6 สัดส่วนของจำนวนครัวเรือนตามจำนวนชนิดของพืชที่ปลูก ของครัวเรือนทางเหนือและทางใต้ของพื้นที่ศึกษา (หน่วย: ร้อยละ)

ภูมิภาค	1 ชนิด	2 ชนิด	3 ชนิด	4 ชนิด	5 ชนิด	6 ชนิด	รวม
เหนือ	11	44	29	9	5	2	100
ใต้	5	26	45	20	2	2	100

การตีความจากข้อมูลจำนวนชนิดพืชที่ปลูกในครัวเรือนจึงให้ผลแตกต่างจากการตีความจากข้อมูลสัดส่วนพื้นที่การเกษตรรวม โดยข้อมูลพื้นที่รวมทั้งในระดับภูมิภาค (ตารางที่ 2) และระดับครัวเรือน (ตารางที่ 4) บ่งชี้ว่า ทางเหนือมีการใช้ที่ดินทางการเกษตรที่หลากหลายมากกว่าทางใต้ แต่ข้อมูลจำนวนชนิดพืชที่ปลูกในครัวเรือน (ตารางที่ 6) กลับบ่งชี้ว่า ทางเหนือมีการใช้ที่ดินทางการเกษตรที่หลากหลายน้อยกว่า จึงเกิดคำถามว่าจริง ๆ แล้ว ทางเหนือมีการใช้ที่ดินทางการเกษตรที่หลากหลายมากหรือว่าน้อยกันแน่?

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่ได้จากระดับครัวเรือน แล้วนำเสนอเป็นสัดส่วนพื้นที่การใช้ที่ดินทางการเกษตรเฉลี่ยต่อครัวเรือน เปรียบเทียบในระดับหมู่บ้าน ทั้ง 15 หมู่บ้าน (ตารางที่ 7) โดยนับหมู่บ้านที่ 1 – 7 เป็นหมู่บ้านทางเหนือ และหมู่บ้านที่ 8 – 15 เป็นหมู่บ้านทางใต้ จึงได้คำตอบของคำถามดังกล่าว ซึ่งอธิบายตามลำดับได้ดังนี้

ข้อมูลจากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่า เมื่อพิจารณาแยกเป็นระดับหมู่บ้านแล้ว หมู่บ้านทางเหนือหลายแห่ง คือหมู่บ้านที่ 2, 3, 5 และ 6 ก็มิได้มีความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตรเท่าไหร่นัก โดยส่วนใหญ่ปลูกข้าว และพืชเศรษฐกิจอีก 1 – 2 ชนิด ส่วนทางใต้ ก็มีหมู่บ้านที่มีความหลากหลายทางการใช้ที่ดินทางเกษตรต่ำ คือหมู่บ้านที่ 10, 11, 13 และ 15 ซึ่งปลูกข้าวและข้าวโพด ขณะที่หมู่บ้านอื่น ๆ ทางใต้มักปลูกพืชเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นอีกชนิด คือ ลูกเดือย หรือ มันสำปะหลัง กล่าวโดยรวมแล้ว ทางเหนือและทางใต้ก็ มีความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตรในระดับหมู่บ้านใกล้เคียงกัน คือมีหมู่บ้านประมาณครึ่งหนึ่งที่ปลูกพืชหลักเพียง 2 ชนิด ขณะที่อีกครึ่งหนึ่ง ปลูกพืชหลัก 3 ชนิด

ตารางที่ 7 สัดส่วนการใช้ที่ดินทางการเกษตรเฉลี่ยในแต่ละครัวเรือนของหมู่บ้านตัวอย่าง 15 แห่ง (หน่วย: ร้อยละ)

หมู่บ้าน	นาข้าว	ไร่ข้าว	ข้าวโพด	ลูกเดือย	งา	ถั่วลิสง	ถั่วแดง	มันสำปะหลัง	อื่น ๆ	รวม
1	24.9	13.0	6.2	6.2	12.4	0.0	0.0	0.0	37.3	100
2	0.0	26.2	4.1	8.7	6.2	0.0	0.0	0.8	54.0	100
3	0.0	49.2	0.0	8.9	5.9	0.0	0.0	0.0	36.0	100
4	23.0	16.6	37.3	14.9	6.8	0.7	0.0	0.0	0.7	100
5	46.1	0.0	50.7	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	100
6	33.9	0.0	60.3	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	100
7	10.6	0.4	56.6	28.7	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	100
8	34.6	0.0	32.7	32.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100
9	19.6	0.0	51.5	28.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100
10	19.5	0.0	69.5	0.0	0.0	3.5	2.0	5.5	0.0	100
11	11.9	1.3	79.5	4.1	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	100
12	16.0	0.8	68.1	0.0	0.0	0.0	2.1	13.0	0.0	100
13	24.0	9.2	65.1	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	100
14	17.0	9.9	45.2	0.0	0.0	0.0	2.2	12.9	12.9	100
15	24.9	0.0	72.9	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.2	100

ส่วนปัจจัยที่ทำให้ค่าสัดส่วนความหลากหลายในการใช้ที่ดินระดับภูมิภาคโดยรวมของภาคเหนือมีความหลากหลายมากกว่าทางใต้ ได้แก่ (1) ความแตกต่างหลากหลายของสภาพทางนิเวศวิทยาการเกษตรของแต่ละพื้นที่ในทางเหนือ และ (2) การแข่งขันที่ใกล้เคียงกันระหว่างตลาดพืชเศรษฐกิจชนิดต่าง ๆ ในทางเหนือ

สภาพทางภูมิศาสตร์ของทางเหนือมีความหลากหลายมาก ตั้งแต่ที่ลุ่มความสูง 200 เมตรจากระดับน้ำทะเลถึงภูเขาสูงหลายแห่งที่สูงกว่า 1,500 เมตรจากระดับน้ำทะเล จึงทำให้พื้นที่แต่ละแห่งในทางเหนือมีความเหมาะสมต่อพืชเศรษฐกิจที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้น แต่ละหมู่บ้านจึงปลูกพืชที่แตกต่างกันออกไป โดยนาข้าวพบในบริเวณที่ราบหรือหุบเขา ไร่ข้าวพบในบริเวณที่ห่างไกลจากเขตเมืองและที่สูงชัน เช่น หมู่บ้านที่ 2 และ 3 ข้าวโพดและลูกเดือยปลูกในพืชที่เนินเขาที่ไม่ไกลจากถนนหรือเมือง เช่น หมู่บ้านที่ 4, 5, 6 และ 7 ต้นชาปลูกในเขตภูเขาสูงที่ห่างไกล เช่น หมู่บ้านที่ 3 ส่วนต้นสักปลูกในบริเวณที่ใกล้เมืองหรือริมแม่น้ำ เช่น หมู่บ้านที่ 2 ขณะเดียวกัน นอกจากนี้ การที่ตลาดของข้าวโพดมิได้มีอิทธิพลเหนือตลาดของลูกเดือยหรือพืชชนิดอื่น ๆ มากนัก ทำให้ประชาชนปลูกพืชเศรษฐกิจที่ต่างกันออกไปด้วย การที่หมู่บ้านแต่ละแห่งในทางเหนือปลูกพืชต่างชนิดกัน จึงทำให้เกิดความหลากหลายด้านการใช้ที่ดินทางการเกษตร เมื่อพิจารณาตามข้อมูลในระดับภูมิภาค แม้ว่าในระดับครัวเรือนทางเหนือจะมีการใช้ที่ดินทางการเกษตรที่หลากหลายน้อยกว่าทางใต้ก็ตาม

ส่วนทางใต้ มีสภาพทางภูมิศาสตร์ที่ใกล้เคียงกัน คือเป็นเนินเขา พื้นที่ส่วนใหญ่มีระดับความสูง 200 – 800 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล จึงทำให้บริเวณต่าง ๆ มีความเหมาะสมต่อพืชชนิดต่าง ๆ เท่า ๆ กัน และตลาดข้าวโพดในทางใต้ค่อนข้างมั่นคงกว่าตลาดพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ จึงทำให้หมู่บ้านต่าง ๆ ทางใต้ต่างก็ปลูก

ข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจหลักเหมือนกัน แล้วปลูกข้าวที่เป็นพืชอาหารรองลงมา จึงทำให้ภาพรวมของความหลากหลายทางการใช้ที่ทางการเกษตรของภาคใต้นั้นดูต่ำกว่าภาคเหนือ แม้ว่าเมื่อพิจารณาในระดับครัวเรือนแล้ว ครัวเรือนทางใต้ปลูกพืชหลากหลายชนิดมากกว่าครัวเรือนทางเหนือก็ตาม (จากข้อมูลในตารางที่ 6)

การที่ครัวเรือนทางใต้มีการปลูกพืชที่หลากหลายชนิดมากกว่าทางเหนือ ดังที่แสดงในตารางที่ 6 นั้น มีสาเหตุหลัก 2 ประการ คือ (1) การเข้าถึงตลาดพืชเศรษฐกิจได้ง่ายกว่า และ (2) การมีพื้นที่ทำการเกษตรมากกว่า โดยในแง่ของการเข้าถึงตลาดพืชเศรษฐกิจได้ง่าย เนื่องจากการอยู่ใกล้แหล่งอุปสงค์คือประเทศไทย ทำให้พืชที่มีอุปทานอย่างลูกเดือย มันสำปะหลัง ถั่วลิสง ถั่วแดง ได้รับการปลูกอย่างแพร่หลายเพื่อเป็นรายได้ แม้ว่าพืชเศรษฐกิจหลักจะเป็นข้าวโพด แต่เกษตรกรก็มักปลูกพืชเหล่านี้เป็นรายได้เสริมด้วย ซึ่งสอดคล้องกับที่ Andersson (2007) กล่าวว่า การเข้าถึงตลาดจะเพิ่มโอกาสให้เกษตรกรในชนบทมีกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่หลากหลายขึ้น และมีรายได้มากขึ้น

อีกปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งคือ การที่ทางใต้มีปริมาณพื้นที่ที่เหมาะสมแก่การทำเกษตรมากกว่าทางเหนือ ซึ่งเห็นได้จากข้อมูลจากตารางที่ 1 ว่าพื้นที่การเกษตรโดยรวมของทางใต้นั้นมากกว่าภาคเหนือถึงเกือบ 3 เท่า และเห็นได้จากตารางที่ 3 ว่า ครัวเรือนทางใต้มีพื้นที่ทำการเกษตรโดยเฉลี่ยมากกว่าครัวเรือนทางเหนือ

การที่มีพื้นที่สำหรับทำการเกษตรมากกว่านั้นเพิ่มโอกาสที่เกษตรกรจะใช้ปลูกพืชได้มากขึ้นหรือหลากหลายขึ้น อาจกล่าวได้ว่าครัวเรือนทางใต้จึงสามารถใช้พื้นที่ทางการเกษตรได้หลากหลายกว่าครัวเรือนทางเหนือ แม้ว่าเมื่อพิจารณาจากสัดส่วนการใช้ที่ดินแล้ว ครัวเรือนทางใต้อาจดูหลากหลายน้อยกว่าครัวเรือนทางเหนือ แต่เมื่อพิจารณาขนาดพื้นที่ที่ใช้ทำการเกษตรแต่ละประเภทแล้ว ครัวเรือนทางใต้มีการใช้ที่ดินที่หลากหลายกว่าครัวเรือนทางเหนือจริง ๆ เช่น ครัวเรือนทางใต้ แม้จะใช้สัดส่วนสำหรับที่นา ร้อยละ 18 ของพื้นที่การเกษตรของตน ซึ่งน้อยกว่าสัดส่วนของครัวเรือนทางเหนือที่ใช้พื้นที่สำหรับนาข้าวร้อยละ 23 (จากตารางที่ 4) แต่ร้อยละ 18 ของครัวเรือนทางใต้นั้นเป็นพื้นที่เท่ากับ 0.73 เฮคตาร์ ซึ่งมากกว่าร้อยละ 23 ของครัวเรือนทางเหนือที่เท่ากับ 0.64 เสียอีก (จากตารางที่ 3)

ตารางที่ 8 ซึ่งเป็นตารางไขว้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ถือครองทางการเกษตรกับจำนวนชนิดพืชที่ปลูก โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจระดับครัวเรือน แสดงเป็นสัดส่วนร้อยละตามจำนวนครัวเรือนตัวอย่าง 121 ครัวเรือน ยืนยันได้ว่า เกษตรกรมีแนวโน้มที่จะปลูกพืชหลายชนิดขึ้นเมื่อมีพื้นที่การเกษตรมากขึ้น การวิเคราะห์ด้วย Spearman’s correlation ระหว่างพื้นที่การเกษตรกับชนิดพืชก็ยืนยันได้ว่า ตัวแปรทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญในระดับสูงด้วย สอดคล้องกับคำกล่าวอ้าง FAO (2012) ว่าขนาดของพื้นที่ทำการเกษตรมีผลความหลากหลายของพืช

ตารางที่ 8 สัดส่วนของจำนวนครัวเรือนตัวอย่าง ตามพื้นที่ถือครองทางการเกษตรและจำนวนชนิดพืชที่ปลูก (หน่วย: ร้อยละ)

พื้นที่การเกษตร (เฮคตาร์)	1 ชนิด	2 ชนิด	3 ชนิด	4 ชนิด	5 ชนิด	6 ชนิด	รวม
< 1.0	3.4	5.0	0.8	0.0	0.0	0.0	9.2
1.0 – 1.9	4.2	10.9	5.9	0.8	0.0	0.0	21.8
2.0 – 2.9	0.0	8.4	8.4	3.4	0.0	0.0	20.2
3.0 – 3.9	0.0	2.6	6.7	2.6	0.8	0.8	13.5
4.0 – 4.9	0.0	2.5	5.9	4.2	0.0	0.0	12.6
> 5.0	0.0	5.0	10.1	4.2	2.6	0.8	22.7
รวม	7.6	34.4	37.8	15.2	3.4	1.6	100

จากการวิเคราะห์ข้อมูลดังที่กล่าวมา สรุปได้ว่า ปัจจัยหลักที่มีผลต่อความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางเกษตรกรรม ในจังหวัดไซยะบุรีได้แก่ (1) การเข้าถึงและอิทธิพลของตลาดพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิด (2) ปริมาณพื้นที่ทำการเกษตร และ (3) ความหลากหลายของสภาพทางภูมิศาสตร์หรือสภาพทางนิเวศวิทยาเกษตร

ทั้ง 3 ปัจจัยนี้ที่บทบาทต่อความหลากหลายในการใช้ที่ดินทางการเกษตรแตกต่างกันออกไป โดยอิทธิพลของตลาดพืชเศรษฐกิจย่อมก่อให้เกิดการปลูกพืชเศรษฐกิจชนิดนั้น ๆ มากขึ้น หากมีตลาดที่หลากหลายก็ย่อมมีการปลูกพืชหรือการใช้ที่ดินทางการเกษตรที่หลากหลายตามไปด้วย แต่หากตลาดของพืชชนิดหนึ่งมีความโดดเด่นกว่าพืชชนิดอื่น ๆ การใช้ที่ดินเพื่อปลูกพืชชนิดนั้นก็ย่อมมีมากขึ้น จนอาจถึงขั้นที่เกิดเป็นการใช้ที่ดินปลูกพืชชนิดเดียว ดังกรณีของการเพิ่มขึ้นพื้นที่ไร่ข้าวโพดในหลายจังหวัดของประเทศลาว (Broegaard et al, 2017) หรือพื้นที่ยางพาราในเขตสิบสองปันนา มณฑลยูนนาน ประเทศจีน (Chen et al, 2016) กรณีทางใต้ของไซยะบุรีนี้การใช้ที่ดินเพื่อการปลูกข้าวโพดก็เป็นสัดส่วนมหาศาล เนื่องจากตลาดข้าวโพดนั้นมีอิทธิพลมากกว่าตลาดพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ

แม้กระนั้น การที่มีพืชเศรษฐกิจที่โดดเด่นชนิดเดียวก็มิได้จำเป็นว่า เกษตรกรจะไม่มีการปลูกพืชชนิดอื่นหรือมีการใช้ที่ดินในแบบอื่น ๆ โดยเฉพาะถ้าหากเกษตรกรมีพื้นที่เพาะปลูกมาก ก็จะมีการปลูกพืชชนิดอื่น ๆ เพิ่มเติมด้วย เป็นกลยุทธ์เพื่อกระจายความเสี่ยงตามที่ Wiesmann (1998) กล่าวไว้ ดังเห็นได้จากทางใต้ของไซยะบุรี ซึ่งแม้จะมีการปลูกข้าวโพดอย่างกว้างขวางมากกว่าครึ่งของพื้นที่การเกษตรของแต่ละครัวเรือน แต่ว่าเกือบทุกครัวเรือนก็จะปลูกข้าวและพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ ด้วยเสมอ

อีกประเด็นหนึ่งที่น่าสนใจเกี่ยวที่ค้นพบจากงานวิจัยนี้ก็คือ ความแตกต่างของผลการศึกษาที่ได้จากระดับมาตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยในภาพรวมของระดับภูมิภาคนั้น ทางเหนือของจังหวัดไซยะบุรี มีความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตรมากกว่าทางใต้ แต่ในระดับครัวเรือนแล้ว ทางใต้กลับมีความหลากหลายในการใช้ที่ดินทางการเกษตรมากกว่าทางเหนือ ด้วยสาเหตุต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้น การศึกษาเกี่ยวกับความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตรจึงไม่ควรศึกษาเพียงแค่ระดับมาตราส่วนเดียว เพราะอาจทำให้เกิดความเข้าใจที่ผิดไปจากบริบทของความเป็นจริงที่เกิดขึ้น แต่ควรทำการศึกษาทั้งในระดับภูมิภาคและระดับครัวเรือน แล้วค้นหากลไกหรือข้อเท็จจริงที่เชื่อมโยงบริบทของทั้ง 2 ระดับเข้าด้วยกัน

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตร เปรียบเทียบระหว่างทางเหนือและทางใต้ของจังหวัดไชยะบุรี ประเทศลาว ใน 2 ระดับมาตราส่วนคือ ระดับภูมิภาคและระดับครัวเรือน ให้ผลการศึกษาที่ตีความได้ในหลายมิติ โดยในระดับภูมิภาค ทางเหนือของไชยะบุรีมีสัดส่วนความหลากหลายในการใช้ที่ดินทางการเกษตรสูงกว่าทางใต้ เพราะมีการใช้ที่ดินถึง 4 ประเภทที่มีสัดส่วนเกินร้อยละ 10 คือ นาข้าว ไร่ข้าว ไร่ข้าวโพด และไร่ลูกเดือย ขณะที่ทางใต้ มีการใช้ที่ดินแบบไร่ข้าวโพดเป็นหลัก ซึ่งเป็นสัดส่วนถึงประมาณร้อยละ 63 ตามด้วย นาข้าว ที่ร้อยละ 20 ส่วนการใช้ที่ดินประเภทอื่น ๆ นั้นเป็นสัดส่วนเพียงเล็กน้อย

แต่ในระดับครัวเรือนนั้น ครัวเรือนทางเหนือของจังหวัดไชยะบุรี กลับมีการใช้ที่ดินที่หลากหลายน้อยกว่าทางใต้ โดยครัวเรือนทางเหนือส่วนใหญ่ใช้ที่ดินปลูกพืชเพียง 2 ชนิดคือ ข้าว และพืชเศรษฐกิจอีก 1 ชนิดในสัดส่วนเท่า ๆ กัน ซึ่งพืชเศรษฐกิจที่ปลูกทางเหนือนั้นจะแตกต่างไปตามความเหมาะสมของสภาพทางนิเวศวิทยาเกษตร ขณะที่ครัวเรือนทางใต้ใช้ที่ดินปลูกพืช 3 – 4 ชนิดคือ ข้าวโพด ข้าว และ พืชเศรษฐกิจอีก 1 – 2 ชนิด ถึงแม้ว่าสัดส่วนของพื้นที่ไร่ข้าวโพดของพื้นที่เกษตรครัวเรือนจะสูงถึงร้อยละ 40 – 70 ก็ตาม แต่เมื่อเทียบขนาดพื้นที่แล้ว พื้นที่ปลูกพืชอื่น ๆ ของทางใต้ก็ไม่น้อยกว่าทางเหนือเลย เพราะเกษตรกรทางใต้มีที่ดินครอบครองทางเกษตรโดยเฉลี่ยมากกว่า จึงสามารถใช้พื้นที่ปลูกพืชได้อย่างหลากหลายมากกว่านั่นเอง

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางเกษตรกรรม ในจังหวัดไชยะบุรีได้แก่ (1) การเข้าถึงและอิทธิพลของตลาดพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิด (2) ปริมาณพื้นที่ทำการเกษตร และ (3) ความหลากหลายของสภาพทางภูมิศาสตร์หรือสภาพทางนิเวศวิทยาเกษตร โดยทางเหนือมีความหลากหลายของสภาพทางภูมิศาสตร์สูง ทำให้ท้องที่ต่าง ๆ ปลูกพืชแตกต่างชนิดกันไปตามความเหมาะสมทางนิเวศวิทยาเกษตร ทางเหนือยังมีระดับการเข้าถึงหรืออิทธิพลจากตลาดพืชเศรษฐกิจต่ำกว่าทางใต้ ทั้งยังมีพื้นที่สำหรับทำการเกษตรจำกัดกว่าทางใต้ ทำให้ประชาชนยังเลือกปลูกข้าวซึ่งเป็นพืชอาหารอยู่เป็นจำนวนมาก และไม่ได้ปลูกพืชเศรษฐกิจชนิดใดชนิดหนึ่งที่โดดเด่นเป็นพิเศษ สำหรับภาคใต้นั้น มีความหลากหลายในการใช้ที่ดินทางเกษตรในระดับภูมิภาคต่ำกว่าเมื่อเทียบตามสัดส่วน เพราะใช้พื้นที่เกษตรกว่าครึ่งปลูกข้าวโพด แล้วพื้นที่ที่เหลือใช้ปลูกข้าวเป็นส่วนใหญ่ โดยสาเหตุที่ข้าวโพดเป็นพืชที่ใช้ปลูกเป็นการใช้ที่ดินหลักนั้นเป็นเพราะอิทธิพลของตลาดข้าวโพดที่มีอุปสงค์จากประเทศไทยสูงมาก และสภาพทางภูมิศาสตร์ของทางใต้นั้นคล้ายคลึงกัน จึงมีความเหมาสมในการปลูกพืชต่าง ๆ ใกล้เคียงกัน การใช้ที่ดินทางการเกษตรของหมู่บ้านต่าง ๆ ทางใต้จึงไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ในระดับครัวเรือน การที่เกษตรกรมีพื้นที่เยอะกว่าจึงปลูกพืชได้หลากหลายชนิดกว่า และขนาดของพื้นที่ของการปลูกพืชแต่ละประเภทใหญ่กว่า แม้ว่าสัดส่วนจะน้อยกว่าก็ตาม

ผลการศึกษาความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตรที่ออกมาแตกต่างกันในระดับมาตราส่วนทั้ง 2 ระดับนี้ สะท้อนว่า การศึกษาความหลากหลายของการใช้ที่ดินทางการเกษตรที่ดี ควรจะต้องทำการศึกษาทั้งในระดับภูมิภาคและระดับครัวเรือน เพื่อหากลไกหรือข้อเท็จจริงที่เชื่อมโยงบริบททั้ง 2 ระดับได้อย่างถูกต้อง ซึ่งนำไปสู่การความรู้ความเข้าใจในการวางแผนหรือนโยบายการพัฒนาภูมิภาคได้อย่างเหมาะสม

อนึ่ง บทความนี้มุ่งเสนอเกี่ยวกับการเปรียบเทียบความหลากหลายการใช้ที่ดินทางการเกษตรระหว่างพื้นที่ที่มีระดับการเข้าถึงหรือได้อิทธิพลจากตลาดการเกษตรสูงกับพื้นที่ที่มีระดับการเข้าถึงหรือได้อิทธิพลจากตลาดการเกษตรต่ำ และเปรียบเทียบผลการศึกษาระหว่างระดับมาตราส่วนทั้ง 2 ระดับ รวมถึงระบุปัจจัยที่มีผลต่อความหลากหลายในการใช้ที่ดินทางการเกษตร แต่ยังมิได้วิเคราะห์เปรียบเทียบถึงความยั่งยืนทางการเกษตรหรือผลกระทบจากความหลากหลายทางการเกษตรที่มีต่อความเป็นอยู่ของเกษตรกร หรือผลกระทบ

ต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม งานวิจัยครั้งต่อไปจึงสามารถศึกษาต่อยอดในประเด็นเหล่านี้ได้ โดยอาศัยข้อมูลหรือองค์ความรู้จากงานวิจัยนี้เป็นพื้นฐาน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจาก ศาสตราจารย์ ดีทริก ชมิดจ์-โวกต์, ศาสตราจารย์ อูรส์ วิสมานน์, อาจารย์ แอนเดรียส ไฮนิมานน์ และ อาจารย์ มิคาเอล เอ็พเพร็คต์ ที่ได้เสียสละเวลาเป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ขอขอบคุณกระทรวงการเกษตรและป่าไม้แห่งชาติลาว และเจ้าหน้าที่ท้องถิ่น ในจังหวัดไซยะบุรี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลในพื้นที่ศึกษาให้สำเร็จลงได้ด้วยดี และขอขอบคุณ ศูนย์การวิจัยการพัฒนาและสิ่งแวดล้อม สถาบันภูมิศาสตร์ แห่งมหาวิทยาลัยเบิร์น ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ ที่ให้การสนับสนุนทางการเงินสำหรับงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Andersson, M., Engvall, A., Kokko, A. (2007). **Regional Development in Lao PDR: Growth Patterns and Market Integration**. Stockholm School of Economics Working Paper 234.

Bijman, J. (2008). **Contract Farming in Developing Countries: An Overview**. Wageningen University and the Netherlands Ministry of Foreign Affairs (DGIS) Working Paper.

Broegaard, R. B., Rasmussen, L. V., Dawson, N., Mertz, O., Vongvisouk, T., Gragan, G. (2017). Wild Food Collection and Nutrition under Commercial Agriculture Expansion in Agriculture-Forest Landscape. **Forest Policy and Economics**, 84: 92-101

Castella, J. C. (2012). **Agrarian Transition and Farming System Dynamics in the Uplands of South-East Asia**. Paper prepared for The 3rd International Conference on Conservation Agriculture in Southeast Asia, 10 – 15 December 2012, Hanoi, Vietnam.

Chen, H., Yi, Z. F., Schmidgt-Vogt, D., Ahrends, A., Beckschäfer, P., Kleinn, C., Ranjitkar, S., Xu, J. (2016). Pushing the Limits: The Pattern and Dynamics of Rubber Monoculture Expansion in Xishuangbanna, SW China. **PLoS ONE**, 11 (2): e0150062.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nation). (2012). **Towards the Future We Want: End Hunger and Make the Transition to Sustainable Agricultural and Food Systems.** Rome: FAO.

International Labour Organization. (2017, September 22). **Employment by sector - ILO modelled estimates, Nov. 2016**. Retrieve from http://www.ilo.org/ilostat/faces/oracle/webcenter/portalapp/pagehierarchy/Page3.jspx.

Kahane, R., Hodgkin, T., Jaenicke, H., Hoogendoorn, C., Hermann, M., Keatinge, J. D. H. (2013). Agrobiodiversity for Food Security, Health and Income. **Agronomy for Sustainable Development**, 33 (4): 671–693.

Mabiso, A., Cunguara, B., Benfica, R. (2014). Food (In)security and its Drivers: Insights from Trends and Opportunities in Rural Mozambique. **Food Security**, 6 (5): 649–670.

Messerli, P., Bader, C., Hett, C., Epprecht, M., Heinimann, A. (2015). Towards a Special Understanding of Trade-Offs in Sustainable Development: A Meso-Scale Analysis of the Nexus between Land-Use, Poverty, and Environment in the Lao PDR. **PLoS ONE**, 10 (7): e0133418.

Patel, K., Gataula, H., Johnson, D., Karthikeyan, M. (2015). The Interplay between Household Food Security and Wellbeing among Small-Scale Farmers in the Context of Rapid Agrarian Change in India. **Agriculture & Food Security**, 4 (10): 1–16.

Powell, B., Thilsted, S., Ickowitz, A., Termote, C., Sunderland, T., Herforth, A. (2015). Improving Diets with Wild and Cultivated Biodiversity from Across the Landscape. **Food Security**, 7 (3): 535-554.

Pultrone, C. (2012). An Overview of Contract Farming: Legal Issues and Challenges**, Uniform Law Review***,* (pp.262-289). Rome: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).

Schreinemachers, P., Frohlich, H. L., Clemens, G., Stahr, K. (2013). From Challenges to Sustainable Solutions for Upland Agriculture in Southeast Asia, **Sustainable Land Use and Rural Development in Southeast Asia: Innovations and Policies for Mountainous Areas**, (pp.3-27). Stuttgart: Springer.

Thongmanivong, S., Phanvilay, K., Fujita, Y., Fox, J. (2006). **Agrarian Land-Use Transformation in Northern Laos; 2006***.* Paper prepred for Sustainable Sloping Lands and Watershed Management Conference, 12 – 15 December 2006, Luang Prabang, Lao PDR.

WFP (World Food Programme). (2009). **Agriculture in Transition: The Impact of Agricultural Commercialization on Livelihoods and Food Access in Lao PDR**. Rome: WFP.

Wiesmann, U. (1998). **Sustainable Regional Development in Rural Africa: Conceptual Framework and Case Studies from Kenya***.* Bern: Institute of Geography, University of Bern.

Wolfenson, Karla D. M. (2013). **Coping with the Food and Agriculture Challenge: Smallholders’ Agenda***.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

World Bank. (2008). **Lao People’s Democratic Republic: Policy, Market, and Agriculture Transition in the Northern Uplands**. New York: The World Bank.

Wright, S. (2009). **Agriculture in Transition: The Impact of Agricultural Commercialization on Livelihoods and Food Access in the Lao PDR**. Vientiane: WFP (World Food Programme).

การพัฒนามีดแกะสลักผักผลไม้สู่เชิงพาณิชย์

เสริมศรี สงเนียม[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัญหาและรูปแบบมีดแกะผักผลไม้ที่มีอยู่ในปัจจุบันและเพื่อผลิตมีดแกะสลักต้นแบบในรูปแบบใหม่ที่มีคุณลักษณะความเหมาะสมเพื่อเป็นการพัฒนามีดแกะสลักผักผลไม้สู่เชิงพาณิชย์ โดยได้ดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกเป็นการสัมภาษณ์ถึงปัญหาของมีดแกะสลักที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์เจาะจงแบบมีโครงสร้าง (Structured Interview)กับผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการแกะสลักผักผลไม้ระดับประเทศจำนวน 30คน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลแบบพรรณนา และนำผลการวิเคราะห์มาผลิตมีดแกะสลักต้นแบบ ในขั้นตอนที่สอง เป็นการประเมินความพึงพอใจของการทดลองใช้มีดแกะสลัก โดยใช้แบบประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale)และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา

ผลการวิจัย

1. ปัญหาของมีดแกะสลักที่มีในปัจจุบันคือ หาซื้อยากและหากสั่งซื้อทางอินเตอร์เน็ตบางครั้งได้ของไม่ตรงตามความต้องการ ลักษณะด้ามมีดและใบมีดยาวหรือสั้นเกินไป มีดบางเล่มมีความคมไม่มากพอ ใบมีดใช้แล้วเป็นสนิม สีของด้ามมีดไม่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ ส่วนลักษณะมีดที่เป็นความต้องการของผู้ที่ทำงานแกะสลักอันดับแรกคือ ใบมีดต้องมีความคมมาก ด้ามมีดผลิตจากวัสดุที่เบาและจับถนัดมือ ใบมีดมีความยาว4.5-5ซม. สีของด้ามมีดที่ต้องการคือสีเงิน สีทองและสีดำ และราคาที่นิยมซื้อคือ 500-1,500 บาท

2. ผลจากการประเมินความพึงใจ กลุ่มตัวอย่างมีความพอใจต่อการใช้มีดในด้านความคมมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 5 และค่าเฉลี่ยที่ 4.8 ในด้านความยาวของใบมีด ความหนาของใบมีด และลักษณะโดยรวม ตามลำดับ ด้านมีความสะดวกในการพกพาในระดับดีมากคือ 4.6 ส่วนที่ต้องปรับปรุงคือ น้ำหนักของตัวมีดมีค่าเฉลี่ยที่ 3.8 ซึ่งจะปรับปรุงในโอกาสต่อไป

คำสำคัญ : การพัฒนา มีดแกะสลักผักผลไม้ เชิงพาณิชย์

[1] คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail; sermsri.carve@gmail.com*

THE DEVELOPMENT OF COMMERCIAL FRUIT CARVING KNIFES

Sermsri Songnearm[1*]

Abstract

This research aims to study about problems and styles of carving knife that available in the market in order to produce a better carving knife for the customer. The research is divided into 2 parts. First part is to collect information about the problems of using a modern carving knife. In the interview path, this research used ‘Structured Interview’ method to interview 30 Thais fruit and vegetables carving experts in Thailand and analyze the data in order to improve it to match the market needs. the next step is the evaluation of people use Rating Scale of the satisfaction. Then, analyze the data by using Descriptive statistics.

1. The carving knife for fruit and vegetable are hard to find and couldn’t match the need of the consumer. main problems of carving knife are the shape of knives are too shot or too long for the user, knives are not sharp enough, color does match the need. Sharpness and the lightweight of the knife are the main things the customer looking for. The knife should have 4.5-5cm long. Colors that match user need are silver, gold, and black. The price should be around 500-1,500 bath. From the conclusion of this research can be used in the most useful way.

2. The results of the satisfaction assessment showed that the sample was satisfied with the use of the knife. mainly, they focus on the sharpness of the knife, the average number is 5. Then the length of the carving knife, the average number is 4.8. Lastly, Blade thickness and overall, respectively, and the ease of portability is very good, the Blade thickness And overall, the average number is 4.6. The thing that needs to be improved is the weight of the knife, the average number is 3.8 which will be improved in the future.

Keywords : Development, Fruit Carving Knifes, Commercial Purpose

[1] *Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Tanyaburi*
**Corresponding author; e-mail; sermsri.carve@gmail.com*

บทนำ

งานแกะสลักผักผลไม้ของไทยเป็นมรดกทางวัฒนธรรม ที่มีความงดงาม ความอ่อนช้อย ประณีต และสื่อถึงเอกลักษณ์ความเป็นไทยได้อย่างชัดเจน งานแกะสลักผักผลไม้นั้น จัดอยู่ในช่างสิบหมู่ในหมวดของช่างแกะที่เรียกว่า ช่างเครื่องสด ประวัติของงานแกะสลักผักผลไม้นั้น มีความเป็นมาตั้งแต่สมัยสุโขทัยเป็นราชธานี ดังมีหลักฐานที่ปรากฏในวรรณกรรมเรื่องนางนพมาศ หรือท้าวศรีจุฬาลักษณ์ซึ่งได้บรรยายถึงพระราชพิธีจองเปรียงในวันเพ็ญเดือน 12 ในรัชสมัยของสมเด็จพระร่วงเจ้าแห่งกรุงสุโขทัย ความว่า...”นักขัตฤกษ์ ชักโคมลอยโคม นางนพมาศหรือท้าวศรีจุฬาลักษณ์ ได้คิดตกแต่งโคมลอยให้งามประหลาดกว่าโคมของพระสนมทั้งปวง โดยเลือกผกาเกสรสี ต่าง ๆ ประดับเป็นรูปดอกไม้ ซ้อนสีสลับให้เป็นลวดลาย แล้วนำผลพฤกษาลดาชาติ มาแกะจำหลักเป็นรูปมยุระคณานกวิหกหงส์ ให้จับจิกเกสรบุปผชาติ อยู่ตามกลีบดอกกระมุทเป็นระเบียบเรียบร้อย วิจิตรไปด้วยสีย้อม สดสว่าง ควรจะทอดทัศนายิ่งนัก ทั้งเสียบแซมเทียน ธูป และประทีปน้ำมันแปรียง เจือด้วยไขข้อพระโค”(กรมศิลปากร นางนพมาศหรือตำรับท้าวศรีจุฬาลักษณ์ 2514 : หน้า 97-98) ปัจจุบันงานแกะสลักผักผลไม้ของไทยเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายและเป็นที่ประจักษ์ในระดับโลกถึงความเป็นเอกลักษณ์อันนำมาซึ่งความภาคภูมิใจที่คนไทยควรค่าแก่การเก็บรักษาให้สืบทอดมรดกทางวัฒนธรรมแขนงนี้ให้คงอยู่สืบไป

ซึ่งสอดคล้องกับสุริยา เทพิน และคณะ, (2558)ได้กล่าวไว้ว่า การแกะสลักเป็นงานศิลปะอย่างหนึ่งที่ถือว่าเป็นมรดกมีค่า ที่สืบทอดกันมาช้านาน เป็นงานฝีมือที่ต้องใช้ความถนัด สมาธิ ความสามารถเฉพาะตัว และความละเอียดอ่อนอย่างมาก การแกะสลักผักและผลไม้ เป็นการแสดงออกทางวัฒนธรรมที่เป็นเอกลักษณ์ประจำของชาติไทย ซึ่งไม่มีชาติใดสามารถเทียบเทียมได้ แต่สิ่งที่น่าเป็นห่วงที่สุดในปัจจุบันนี้คงจะเป็นเรื่องของการอนุรักษ์ ศิลปะแขนงนี้ที่มีแนวโน้มจะสูญหายไปและลดน้อยลงไปเรื่อย ๆ ปัจจุบันวิชาการช่างฝีมือเหล่านี้ ถูกบรรจุอยู่ในหลักสูตร ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษา มัธยมศึกษามาจนถึงอุดมศึกษา คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ได้มีการบรรจุวิชาแกะสลักเชิงธุรกิจเป็นวิชาชีพให้นักศึกษาได้ศึกษาในระดับปริญญาตรี เนื่องจากเล็งเห็นถึงความสำคัญของงานแกะสลักผักและผลไม้ และต้องการให้มีการผลิตบุคลากรที่มีความชำนาญในสาขานี้มากยิ่งขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดแรงงานรวมทั้งเป็นการช่วยอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมไทยด้านการแกะสลักผักและผลไม้อีกส่วนหนึ่งด้วยและในธุรกิจการจัดเลี้ยงก็ยังมีการแข่งขันด้านการแกะสลักผักผลไม้ โดยมีการจัดการแข่งขัน เพื่อคัดเลือกเข้าไปประกอบอาชีพด้านธุรกิจโรงแรม ภัตตาคาร สถานทูต ซึ่งถือเป็นเอกลักษณ์ที่โดดเด่นและทรงคุณค่ายิ่งทางด้านวัฒนธรรมไทย

มีผู้คนจำนวนมากจากนานาชาติที่รักในงานศิลปะแขนงนี้ได้เดินทางมาเรียนการแกะสลักผักผลไม้ในประเทศไทยเพื่อเป็นแม่แบบแล้วนำไปประยุกต์ใช้กับวัฒนธรรมของตนในรูปแบบต่าง ๆ นอกจากนั้นก็ยังมีคนไทยอีกไม่น้อยเช่นกันที่ได้ไปถ่ายทอด และเผยเพร่งานด้านนี้อยู่ในต่างประเทศ ดังตัวอย่างหนึ่งจากประเทศเยอรมัน คุณเครือวัลย์ ริเช่ (ออนไลน์,2557)กล่าวว่า งานแกะสลักผักและผลไม้ไทยได้รับความนิยมเป็นอย่างมากสำหรับชาวต่างชาติ และนิยมใช้กันในสถานที่ต่าง ๆ เช่น ร้านอาหาร สปา และร้านนวดแผนไทย เป็นต้น โดยการนำผักและผลไม้ที่แกะสลักแบบไทยมาตั้งประดับไว้ภายในร้าน และมีไว้สำหรับต้อนรับลูกค้าที่มาใช้บริการอันเป็นการเผยแพร่ศิลปวัฒนธรรมของชาติที่น่าภูมิใจยิ่ง

ในด้านกระบวนการของการสร้างสรรค์งานแกะสลักนั้นนอกจากจะต้องใช้ฝีมือและความสามารถทางศิลปะแล้วมีดที่ใช้ในการแกะสลักนั้นมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการสร้างผลงาน ซึ่งสำหรับการแกะสลักผักผลไม้โดยทั่วไปแล้วช่างแกะสลักจะใช้มีดแกะสลักเพียงเล่มเดียวและมีคมมีดเพียงด้านเดียวเพื่อใช้ในการสร้างสรรค์งานแกะสลักในทุกลวดลายและทุกรูปแบบ แต่ในความเป็นจริงแล้ว ผู้ที่แกะสลักผักผลไม้ มีทั้งผู้หญิง ผู้ชาย วัยรุ่น และเด็ก ทั้งนี้สรีระและขนาดของมือของแต่ละคนและแต่ละวัยย่อมมีขนาดที่ต่างกันรวมทั้งลักษณะ

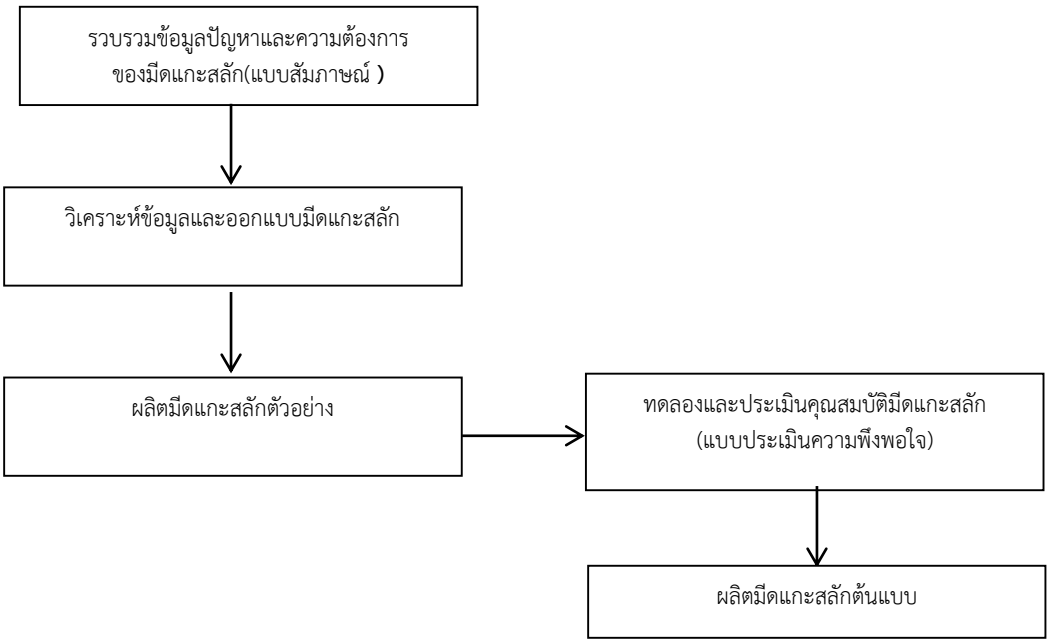
ของลวดลายที่แกะสลักก็มีความหลากหลาย มีทั้งลวดลายขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ผู้วิจัยมีความเชื่อว่าการใช้มีดแกะสลักที่มีคมเพียงรูปแบบเดียวและขนาดเดียว จะเป็นข้อจำกัดอย่างมากต่อการสร้างสรรค์ผลงาน หากช่างแกะสลักสามารถเลือกใช้มีดแกะสลักอย่างเหมาะสมแล้ว น่าจะส่งผลต่อการรังสรรค์ผลงานให้มีความงดงามดังจินตนาการได้อย่างไม่มีข้อจำกัด ผู้วิจัยซึ่งมีประสบการณ์ด้านการทางานแกะสลักผักผลไม้มาตลอดระยะเวลากว่า 30 ปี รู้ถึงปัญหาดังกล่าวรวมถึงได้รับทราบปัญหานี้จากกลุ่มผู้คนที่แกะสลักมาเป็นระยะเวลานานเช่นกัน ซึ่งในเรื่องของปัญหาของการใช้มีดแกะสลักผักผลไม้นั้น น่าจะเป็นปัญหาในกลุ่มของผู้ที่ทำงานด้านการแกะสลักผักผลไม้โดยทั่วไป แต่ไม่เคยมีการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยมาก่อน โอกาสนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัยเชิงทดลองในด้านปัญหาและรูปแบบของมีดแกะสลักผักผลไม้ที่มีความเหมาะสมกับผู้แกะสลักผักผลไม้ในทุกช่วงวัย ทั้งนี้จะส่งผลต่อการพัฒนารูปแบบของมีดแกะสลักและสามารถเป็นข้อมูลเพื่อการผลิตมีดแกะสลักในเชิงพาณิชย์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาปัญหาและรูปแบบมีดแกะผักผลไม้ที่มีอยู่ในปัจจุบัน
2. แนวทางการผลิตมีดแกะสลักผักผลไม้ต้นแบบสู่เชิงพาณิชย์

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัญหาและรูปแบบมีดแกะผักผลไม้ที่มีอยู่ในปัจจุบันและเพื่อผลิตมีดแกะสลักผักผลไม้ในรูปแบบใหม่ที่มีคุณลักษณะที่ความเหมาะสมเพื่อเป็นการพัฒนามีดแกะสลักผักผลไม้สู่เชิงพาณิชย์ โดยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้



ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยใช้แบบการสัมภาษณ์ที่เกี่ยวกับปัญหาและลักษณะคุณสมบัติของมีดแกะสลักโดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างคือผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการแกะสลักผักผลไม้จำนวน 30 คน แล้วทำการวิเคราะห์ผลจากแบบสัมภาษณ์ จากนั้นจึงทำการออกแบบรูปแบบมีดแกะสลักโดยผลิตมีดตัวอย่างจำนวน 30 เล่ม แล้วทำการทดลอง โดยผู้เชี่ยวชาญด้านงานแกะสลัก 30 คน พร้อมทำการประเมินความพึงพอใจ คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติของมีดแล้วจึงผลิตเป็นมีดแกะสลักผักผลไม้ต้นแบบ

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากผู้ที่เชี่ยวชาญด้านการแกะสลักผักผลไม้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มผู้ชายและกลุ่มผู้หญิง ในแต่ละกลุ่มจะแบ่งเป็น 3 ช่วงวัย ๆ ละ 5 คน รวมทั้งหมด 30 คน คือ

1.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านการแกะสลักผกผลไม้ ผู้ชาย
- ผู้ที่ทำงานแกะสลักในโรงแรม หรือครู,อาจารย์ที่สอนแกะสลัก 5 คน
- นักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย ที่เชี่ยวชาญด้านงานแกะสลัก 5 คน
- นักเรียนระดับมัธยม ที่เชี่ยวชาญด้านงานแกะสลัก 5 คน

1.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการแกะสลักผกผลไม้ ผู้หญิง
- ผู้ที่ทำงานแกะสลักในโรงแรม หรือครู,อาจารย์ที่สอนแกะสลัก 5 คน
- นักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย ที่เชี่ยวชาญด้านงานแกะสลัก 5 คน
- นักเรียนระดับมัธยม ที่เชี่ยวชาญด้านงานแกะสลัก 5 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองมี 2 ชุดคือ แบบสัมภาษณ์และแบบประเมินความพึงพอใจซึ่งผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องก่อนดำเนินการทดลอง โดยเครื่องมือมีดังนี้

2.1 แบบสัมภาษณ์

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสัมภาษณ์ โดยมีหัวข้อคำถามเกี่ยวกับ ปัญหาและคุณลักษณะของมีดแกะสลักผักผลไม้ที่ต้องการ จำนวน 10 คำถามดังตัวอย่าง เช่น ลักษณะของใบมีด รูปแบบของด้ามมีด วัสดุที่ใช้ทำด้ามมีด ราคาที่เหมาะสม ฯลฯ ซึ่งผลของการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้อภิปรายผลเชิงพรรณนา

2.2 แบบประเมินความพึงพอใจ

ผลสรุปจากแบบสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบรูปแบบมีดแกะสลักโดยผลิตมีดตัวอย่างจำนวน 30 เล่ม แล้วทำการทดลอง โดยผู้เชี่ยวชาญด้านงานแกะสลัก 30 คน พร้อมทำการประเมินความพึงพอใจ คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติของมีดแล้วจึงผลิตเป็นมีดแกะสลักผักผลไม้ต้นแบบ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูลและสถิติ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert) ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ (2541 : 167) เป็นระดับการประเมิน ดังนี้

5 หมายถึง มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับ มากที่สุด
4 หมายถึง มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับ มาก
3 หมายถึง มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับ ปานกลาง
2 หมายถึง มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับ น้อย
1 หมายถึง มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

การวัดระดับความพึงพอใจ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

การแปลความหมายของความพึงพอใจ

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 ความพึงพอใจระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50. ความพึงพอใจระดับมาก

ค่าเฉลี่ย. 2.51-3.50. ความพึงพอใจระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย. 1.51-2.50 ความพึงพอใจระดับพอใช้

ค่าเฉลี่ย. 1.00-1.50 ความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

จากการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงโดยการสัมภาษณ์จากผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านแกะสลักระดับประเทศเป็นประจำ จำนวน 30 คน โดยผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ด้วยตนเอง หลังจากนั้นได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ และนำเสนอผลการศึกษาในรูปอธิบายเชิงพรรณนา โดยแบ่ง เนื้อหาออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้เชี่ยวชาญที่ทำงานแกะสลัก

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ เกี่ยวกับปัญหาและรูปแบบของมีดแกะสลักที่เหมาะสม

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ความพึงพอใจการทดลองใช้มีดแกะสลัก

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้เชี่ยวชาญที่ทำงานแกะสลัก

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป เพศและอายุ ของกลุ่มตัวอย่าง

เพศ/อายุ(ปี)	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	15	50
หญิง	15	50
น้อยกว่า 15	4	13.33
15-25	8	26.66
26-35	10	33.33
36-45	2	6.66
มากกว่า 45	6	20

จากตารางที่ 1 เมื่อจำแนกตามเพศ เป็นเพศชาย มีจำนวน 15 ราย และเพศหญิง 15 ราย เมื่อจำแนกตามอายุ พบว่า ผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ ส่วนใหญ่ มีอายุระหว่าง 26-35 ปีและรองลงมาคือ 15 – 25 ปี และ 45 ปีขึ้นไปตามลำดับ

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปด้าน ประสบการณ์ทำงาน

ประสบการณ์การแกะสลัก (ปี)	จำนวน	ร้อยละ
1-10	21	70
11-20	7	23.33
21-30	1	3.33
31-40	1	3.33

จากตารางที่ 2 เมื่อจำแนกตามประสบการณ์การทำงานแกะสลัก พบว่า ส่วนใหญ่มีประสบการณ์การทำงานแกะสลักที่ 1 - 10 ปีมากที่สุด รองลงมาคือ 11 - 20 ปี และจำนวน 21 - 30 ปี และ 31 - 40 ปี มีจำนวนที่เท่ากันตามลำดับ

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ เกี่ยวกับปัญหาและรูปแบบของมีดแกะสลักที่เหมาะสม

จากการสัมภาษณ์ สรุปข้อมูลได้ดังนี้

กลุ่มชาย แกะสลักในโรงแรม หรือครู,อาจารย์ที่สอนแกะสลัก

มีมีดที่ใช้ประจำ 2-3 เล่มต่อคน ด้ามทำด้วยไม้หรืออลูมิเนียม สีดำ ลายไม้หรือสีเงิน ส่วนมากใช้มีดทุกวัน ซื้อจากแหล่งผลิตโดยเฉพาะ ลักษณะมีด 2 คม สะดวกต่อการทำงาน แต่ต้องระวังมีดบาดมือได้ง่าย ราคาแพงสุดที่เคยซื้อ 700-1,200 บาท ราคาถูกสุดที่เคยซื้อ 120-150 บาท และเห็นว่าราคามีดที่เหมาะสมคือ 500-800 บาท ปัญหาที่พบบ่อยคือ ไม่คม ปลายมีดอ่อน และเป็นสนิม และมีดลักษณะที่ดีคือ ยาวประมาณ 2.2 นิ้ว มีความคม ไม่เป็นสนิมและน้ำหนักเบา

กลุ่มชาย นักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย ที่เชี่ยวชาญด้านงานแกะสลัก

มีมีดที่ใช้ประจำ 4-5 เล่มต่อคน ด้ามทำด้วยไม้หรืออลูมิเนียม สีดำ ลายไม้หรือสีเงิน ลายไทย ส่วนมากใช้มีด 2-3 วันต่อสัปดาห์ ซื้อจากจังหวัดอยุธยาหรือจากเชฟในโรงแรม มีด 2 คมจะใช้สะดวกแต่หากไม่มีความชำนาญจะเป็นอันตราย ราคาแพงสุดที่เคยซื้อ 500-1,000 บาท ราคาถูกสุด 200-300 บาท และมีความเห็นว่าราคาที่เหมาะสมคือ 500-700 บาท ปัญหาที่พบบ่อยคือ ไม่คม ใบมีดยาวหรือสั้นเกินไป เป็นสนิม และมีดลักษณะที่ดีคือ สามารถแกะได้ทั้งวัสดุที่อ่อนและแข็ง ใบมีดคม ไม่เป็นสนิม น้ำหนักเบา และจับถนัดมือ

กลุ่มชาย นักเรียนระดับมัธยม ที่เชี่ยวชาญด้านงานแกะสลัก

มีมีดที่ใช้ประจำ 1-2เล่มต่อ ด้ามทำด้วยไม้หรือแสตนเลส สีลายไม้ สีเงิน หรือสีทอง ลายไทย หรือไทยประยุกต์ ส่วนมากใช้มีด 1วันต่อสัปดาห์ ซื้อจากอยุธยา ไม่เคยใช้มีด 2 คม ราคามีดแพงสุดที่เคยซื้อ 500 - 600 บาท ราคาถูกสุดที่เคยซื้อ 100 - 300 บาท และเห็นว่าราคาที่เหมาะสมคือ 500 - 600 บาท ปัญหาที่พบบ่อยคือ ไม่คม เป็นสนิม และมีดลักษณะที่ดีคือ มีความคม ไม่เป็นสนิมและน้ำหนักเบา ปลายแหลม

กลุ่มผู้หญิงทำงานแกะสลักในโรงแรม หรือครู,อาจารย์ที่สอนแกะสลัก

มีมีดที่ใช้ประจำ 2-3 เล่มต่อคน ด้ามทำด้วยไม้หรืออลูมิเนียม สีลายไม้ ลายไทย ส่วนมากใช้มีด 2-3 วันต่อสัปดาห์ ซื้อจากอยุธยา มีด 2 คมสะดวกเฉพาะคนที่มีความชำนาญ และสำหรับแกะสลักลวดลายต่อเนื่อง ราคามีดแพงสุดที่เคยซื้อ 500 - 600 บาท ราคาถูกสุดที่เคยซื้อ 100 - 500 บาท และเห็นว่าราคาที่เหมาะสมคือ 300 - 600 บาท ปัญหาที่พบบ่อยคือ ไม่คม เป็นสนิม ใบมีดสั้นหรือยาวเกินไป และมีดลักษณะที่ดีคือ มีความคม ไม่เป็นสนิมและน้ำหนักเบา ใบมีดตรงมีความยาวประมาณ 1.5 นิ้ว

กลุ่มหญิงนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย ที่เชี่ยวชาญด้านงานแกะสลัก

มีมีดที่ใช้ประจำ 2-3 เล่มต่อคน ด้ามทำด้วยไม้หรือทองเหลือง สีดำ ลายไม้ หรือลายไทย ส่วนมากใช้มีด 1-2 วันต่อสัปดาห์ ไม่ทราบแหล่งผลิตมีด มีด 2 คมหมุนมือสะดวกเฉพาะคนที่มีความชำนาญ แต่อันตรายสำหรับมือใหม่ ราคามีดแพงสุดที่เคยซื้อ 700-800 บาท ราคาถูกสุดที่เคยซื้อ 100 -200 บาท และเห็นว่าราคาที่เหมาะสมคือ 300 - 600 บาท ปัญหาที่พบบ่อยคือ ไม่คม เป็นสนิม ใบมีดหัก และมีดลักษณะที่ดีคือ มีความคม ไม่เป็นสนิม ใบมีดตรงยาวเรียวพอดี

กลุ่มหญิงนักเรียนระดับมัธยม ที่เชี่ยวชาญด้านงานแกะสลัก

มีมีดที่ใช้ประจำ 1 เล่มต่อคน ด้ามทำสแตนเลส สีน้ำเงิน สีเงิน ลายไทย ส่วนมากใช้มีด 1 - 2 วันต่อสัปดาห์ สั่งซื้อมีดทาง Internet มีด 2 คมไม่ถนัดมือ และอันตรายสำหรับมือใหม่ ราคามีดแพงสุดที่เคยซื้อ 450 - 500บาท ราคาถูกสุดที่เคยซื้อ 20 - 100 บาท และเห็นว่าราคาที่เหมาะสมคือ 400 - 500 บาท ปัญหาที่พบบ่อยคือ ไม่คม ใบมีดยาวหริสั้นไป ใบมีดหัก และมีดลักษณะที่ดีคือ มีความคม น้ำหนักเบา

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความพึงพอใจการทดลองใช้มีดแกะสลัก

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับคุณภาพ
รูปแบบการเก็บใบมีด	4.6	0.54	มากที่สุด
วัสดุที่ใช้ทำมีด	4.4	0.54	มาก
ลวดลายด้ามมีด	4.2	0.83	มาก
ความสะดวกในการพกพา	4.6	0.54	มากที่สุด
น้ำหนักตัวมีด	3.8	0.54	ปานกลาง
ความยาวใบมีด	4.8	0.44	มาก
ความหนาใบมีด	4.8	0.44	มาก
ความคมของใบมีด	5	0	มากที่สุด
สีของตัวมีด	4.4	0.54	มาก
ลักษณะโดยรวม	4.8	0.44	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพอใจต่อการใช้มีด ด้านความคมมากที่สุด รองลงมาคือความยาวของใบมีด ความหนาของใบมีด และลักษณะโดยรวมตามลำดับ และความสะดวกในการพกพาในระดับดีมาก ส่วนที่ต้องปรับปรุงคือ น้ำหนักของตัวมีด ซึ่งจะต้องปรับปรุงในโอกาสต่อไป

เปรียบเทียบการพัฒนามีดแกะสลัก

มีดแกะสลักรูปแบบเดิม	มีดแกะสลักรูปแบบใหม่(มีดต้นแบบ)
	
<u>คุณลักษณะของมีดแกะสลักรูปแบบเดิม</u> -ใบมีดมี 1ใบใน1เล่ม ในการแกะสลักจะมีลวดลายที่หลากหลายทำให้ต้องซื้อมีดแกะสลักที่มีใบมีดแตกต่างหลายเล่มในเวลาเดียวกัน ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองงบประมาณและไม่สะดวกในการพกพา - ใบมีดมีคมด้านเดียว ไม่สะดวกกับการแกะสลักลวดลายที่มีความละเอียดแตกต่างกัน - ด้ามมีดรูปทรงแบน ไม่สะดวกกับการหมุนมีดเพื่อแกะสลักลวดลายที่ละเอียดมาก ๆ	<u>คุณลักษณะของมีดแกะสลักรูปแบบใหม่</u> - ใบมีดมี 2 ใบใน1เล่ม สามารถแกะสลักลวดลายที่แตกต่างกันได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนมีดเล่มใหม่เพราะในมีดเล่มเดียวจะประกอบด้วยใบมีดสองแบบ คือ ใบมีดที่มีคมด้านเดียว ใช้สำหรับแกะสลักลวดลายพื้นฐานทั่วไปและใบมีดที่มีสองคม ใช้สำหรับการแกะสลักลวดลายที่ละเอียดมาก รวมถึงลวดลายที่เป็นเป็นตัวอักษรและโลโก้แบบต่าง ๆ - ด้านมีดรูปทรงกลม สะดวกกับการหมุดมีดเพื่อใช้แกะสลักลวดลายที่ละเอียดมาก ๆ

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ปัญหาของการใช้มีดแกะสลักที่มีในปัจจุบันคือ หาซื้อมีดแกะสลักค่อนข้างยาก ซึ่งผู้ผลิตที่เป็นช่างส่วนใหญ่ไม่มีความเชี่ยวชาญแกะสลักผักผลไม้โดยตรง ฉะนั้นจึงมีปัญหาเช่น ด้ามมีดยาวหรือสั้นเกินไป ไม่คมเป็นสนิม หรือสีของด้ามมีดไม่ตรงตามความต้องการของตลาด ดังนั้นการแก้ปัญหาดังกล่าวคือ ต้องมีผู้ที่เชี่ยวชาญด้านการแกะสลักเป็นผู้ออกแบบและช่างฝีมือเป็นผู้ทำมีดและมีการทำการตลาดที่ได้ตรงตามความต้องการของกลุ่มผู้ใช้มีด ส่วนรูปแบบของมีดที่พึงประสงค์ของผู้ที่ทำงานแกะสลักที่พอสรุปได้คือ มีความคมน้ำหนักเบาและจับถนัดมือ มีความยาวของใบมีดที่เหมาะสม และมีรูปแบบที่สวยงาม ด้านราคาควรอยู่ระหว่าง

300-1,000 บาท ซึ่งเป็นราคากลางของคนที่ทำงานแกะสลักทั้ง 3กลุ่ม ส่วนมีดแกะสลักต้นแบบที่ผลิตจากเก็บข้อมูลการสัมภาษณ์ และได้ทำการทดลองความพึงพอใจการใช้งานอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ และปรับปรุง ในเรื่องน้ำหนักในโอกาสต่อไป

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองผู้วิจัยได้มีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากผลการวิจัย และเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยต่อไปดังนี้

1. ในกระบวนการของการทดลองควรมีกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนมากขึ้น ทั้งนี้ควรได้ทดลองการใช้มีดแกะสลักแล้วปรับปรุงรูปแบบของมีดแกะสลักในหลาย ๆ ครั้ง ทั้งนี้ในการวิจัยดังกล่าวมีข้อจำกัดด้วยงบประมาณจึงไม่สามารถพัฒนารูปแบบของมีดให้ดีที่สุดได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยหวังว่าข้อมูลจากการวิจัยจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนามีดแกะสลักในเชิงพาณิชย์ต่อไป

2. การวิจัยด้านการพัฒนามีดแกะสลักผักผลไม้ดังกล่าว เป็นการวิจัยเพียงมีดแกะสลักเท่านั้นแต่ในระดับสากล ยังมีเครื่องมือสำหรับการแกะสลักผักผลไม้ในรูปแบบอื่นที่สามารถทำการวิจัยเพื่อพัฒนาสู่เชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้บริหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่สนับสนุนงบประมาณเพื่อทำการวิจัยและให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องต่าง ๆ จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมศิลปากร. (2508). **นางนพมาศหรือตำรับท้าวศรีจุฬาลักษณ์**. (พิมพ์ครั้งที่ 13). พระนคร : กรมศิลปากร.

เพ็ญพรรณ สิทธิไตรย์. (2527). **ศิลปะการแกะสลักผักและผลไม้.** กรุงเทพฯ : อักษรโสภณ.

เศรษฐมันต์ กาญจนกุล. (2551). **ศิลปะการแกะสลักแตงโม**.กรุงเทพฯ : เศรษฐศิลป์.

สุริยา เทพิน. (2558). **การพัฒนาสื่อวิดีทัศน์ วิชาการแกะสลักเชิงธุรกิจเพื่อการเข้าสู่ประชาคมอาเซียน.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระนคร.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพรพริกพรานเพื่อเพิ่มมูลค่าและสร้างเอกลักษณ์ด้านอาหารท้องถิ่นร่วมกับกลุ่มแม่บ้านเยาวชนหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี

อารี น้อยสำราญ[1*] โสมรัศมิ์ กล่ำกล่อมจิตร์[2] อานนท์ วงษ์เชียง[3]

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพรพริกพรานเพื่อเพิ่มมูลค่าและสร้าง เอกลักษณ์ด้านอาหารท้องถิ่นร่วมกับกลุ่มแม่บ้านเยาวชนหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี มีวัตถุประสงค์ คือพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพรพริกพราน ศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรพริกพราน และออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพรพริกพราน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ ผู้บริโภคที่เป็นบุคคลทั่วไป จำนวน 100 คน ใช้วิธีสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) วิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทั้ง 10 สูตร โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncans Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป spss version 22 ที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 95

ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพรพริกพราน โดยมีการเติมปริมาณพริกพรานที่ระดับ 5 10 และ 15 กรัม ในทุกผลิตภัณฑ์อาหารพบว่าผลิตภัณฑ์อาหารทุกชนิดที่ทำการทดสอบการเติมปริมาณพริกพรานในปริมาณ 10 กรัม ได้รับคะแนนความชอบในระดับมาก ทุกด้าน ได้แก่ รสชาติ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส โดย มีค่าเฉลี่ยรวม ในแต่ละผลิตภัณฑ์ดังนี้ ตำรับที่1. ไส้อั่วพริกพราน (4.36 ±0.57) ตำรับที่ 2. หมูแดดพริกพราน (4.38 ±0.54) ตำรับที่ 3. ไก่ทอดพริบพลี (4.04±0.58) ตำรับที่ 4. ปลาทอดมันพันตะไคร้ (4.41±0.53) ตำรับที่ 5. แหนมซี่โครงอ่อนพริกพราน (4.61±0.49) ตำรับที่ 6 . คุกกี้กุ้งแห้งพริกพราน (4.43 ±0.53) ตำรับที่ 8. น้ำสลัดมายองเนสพริกพราน (4.65 ±0.47) ตำรับที่ 9. ลาบกระเหรี่ยง (4. 68±0.46) และตำรับที่ 10 . ไก่อบซอสบาร์บีคิวพริกพราน (4.17±0.40) ตามลำดับ ยกเว้น ตำรับที่ 7.เบอร์เกอร์หมูพริกพรานที่การเติมปริมาณพริกพรานในปริมาณ 15 กรัม ได้รับคะแนนความชอบในระดับมาก ทุกด้าน ได้แก่ รสชาติ สี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยมีค่าเฉลี่ยรวม (4.45 ±0.50)

คำสำคัญ : พริกพราน เพิ่มมูลค่า เอกลักษณ์อาหารท้องถิ่น

---

[1] อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีและศิลปะการประกอบอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี e-mail: aree_noy@hotmail.com

[2] อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีและศิลปะการประกอบอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี e-mail: sommarut@gmail.com

[3] อาจารย์ สาขาวิชาการจัดการโรงแรม และภัตตาคาร คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากรเพชรบุรี E-mail: tommy_huahin@gmail.com

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: aree_noy@hotmail.com*

THE DEVELOPMENT OF FOOD PRODUCTS FROM PRICK PRAN (*ZANTHOXYLUM RHETSA*) TO INCREASE VALUE AND CREATE LOCAL FOOD IDENTITY WITH A NONG YA-PONG YOUTH HOUSEWIFE GROUP COOPERATION

Aree Noysumran[1*] Sommarut Klamklomjit[2] Arnon Wongchiang[3]

Abstract

The development of food products from Prick Pran (Zanthoxylum rhetsa) to increase value and create local food identity with a Nong Ya-Pong youth housewife group cooperation. The purpose of the research was to develop food products from Prick Pran (Zanthoxylum rhetsa), to investigate the consumers' satisfaction with the food products from Prick Pran (Zanthoxylum rhetsa), and design packaging Prick Pran (Zanthoxylum rhetsa) recipes. The sample for this research consisted of 100 consumers by using accidental sampling. Sensory evaluation was used to analyze variance (ANOVA) and Duncans Multiple Range Test (DMRT) with SPSS version 22 at the confidence level. 95 percent

The results were as follows: the development of food products from Prick Pran by adding them into the food products at 5, 10 and 15 grams in all food products found that with the food products which had 10 grams of Prick Pran added, the consumers' satisfaction reached a high level of all aspects which consisted of taste color smell and texture property as follows: first, Prick Pran Sai Aua (Notrhern Thai Spicy Sausage) at 4.36 ±0.57; second, Prick Pran dried pork at 4.38 ±0.54; third, Plib-Plee deep fried chicken; fourth, deep fried fish curry paste wrapped with lemon grass at 4.41±0.53; fifth, Prick Pran fermented pork spare rib (Northeastern style) at 4.61±0.49; sixth, Prick Pran shrimp cookies at 4.43 ±0.53; eighth, Prick Pran mayonnaise dressing at 4.65 ±0.47; ninth, Karen spicy ground pork salad at 4.68±0.46; tenth, Prick Pran Barbecued chicken at 4.17±0.40. Except the seventh recipe that was Prick Pran Burger which had 15 grams of Prick Pran. The consumers' satisfaction reached at a high level of all aspect which consisted of taste, color, smell, and texture property. The total average for each product at 4.45 ± 0.50.

Keywords : Prick Pran (Zanthoxylum rhetsa), Increase Value, local Food Indentity

---

[1]*Teachers technology and culinary arts, Faculty of science and technology, phetchaburi rajabhat University.*
E-mail: aree_noy@hotmail.com

[2] *Teachers technology and culinary arts, Faculty of science and technology, phetchaburi rajabhat University E-mail: sommarut@gmail.com*

[3] *Teacher Viridian Training Center, Hotel Management, Faculty of Management Science, Silpakron University, Phetchaburi E-mail: tommy_huahin@hotmail.com*

** corresponding outhor e-mail : aree_noy@hotmail.com*

บทนำ

อาหารท้องถิ่นไทยเป็นอีกหนึ่งภูมิปัญญาอันปราดเปรื่องของชาวไทยโบราณ ซึ่งไม่เพียงแต่มีรสชาติที่อร่อยกลมกล่อมหลากหลายรสแต่ยังเป็นเอกลักษณ์ที่บ่งบอกถึงวัฒนธรรมและภูมิปัญญาของคนไทยในแต่ละท้องถิ่นซึ่งเกิดจากการคัดสรรวัตถุดิบที่มีอยู่ตามธรรมชาติที่รายล้อมอยู่รอบตัวมาผสมผสานปรุงแต่งรสกับส่วนผสมอื่นๆจนได้เป็นรายการอาหารประจำถิ่นที่มีความอร่อย และเต็มไปด้วยคุณค่าต่อร่างกายซึ่งทุกคนให้การยอมรับว่าเป็นรายการอาหารประจำท้องถิ่นสำหรับส่วนผสมสำคัญที่ขาดไม่ได้คือ พืชผักที่จัดว่าเป็นสมุนไพรของแต่ละท้องถิ่นที่มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะเป็นสิ่งที่ช่วยเพิ่มกลิ่นหอมและรสชาติที่ร้อนแรงทำให้อาหารไทยมีเอกลักษณ์เฉพาะและยังมีสรรพคุณทางยาจนเป็นที่รู้จักของชาวโลกถึงแม้ว่าชาวไทยจะนิยมบริโภคผักสมุนไพรแต่มิได้หมายความว่าอาหารไทยทุกเมนูจะมีรสชาติร้อนแรงไปด้วยกลิ่นที่จัดจ้านของเครื่องเทศเพราะอาหารไทยมีความหลากหลายของประเภทอาหารและรสชาติอีกทั้งรูปแบบของวัฒนธรรมการกินของชาวไทยจะรับประทานอาหารเป็นสำรับจึงทำให้เกิดสุนทรียภาพในการรับประทานอาหารที่ผสมผสานเข้ากันได้อย่างลงตัวและรสชาติที่กลมกล่อม เปรมฤทัย แย้มบรรจง. (2555)

จังหวัดเพชรบุรี มีทรัพยากรท้องถิ่นที่สำคัญทั้งอาหารที่เป็นเอกลักษณ์ประจำถิ่น และด้วยวัฒนธรรมที่มีความหลากหลายของคนในชุมชน จึงทำให้อาหารพื้นเมืองในท้องถิ่นมีความหลากหลาย การนำทรัพยากรอาหารมาสร้างความเป็นเอกลักษณ์ พัฒนาตำรับอาหารและนำมาจัดกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะสามารถสร้างแรงจูงใจในการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและต่างประเทศ การประกอบอาหารท้องถิ่นเพื่อให้ได้รับความนิยมสำหรับนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศนั้น ผู้ประกอบการหรือผู้ผลิตต้องคำนึงถึงพฤติกรรมการบริโภคและวัฒนธรรมของผู้บริโภคอาหารเนื่องจากอาหารไทยเป็นอาหารที่มีเอกลักษณ์ผสมผสานด้วยศิลปวัฒนธรรมและมีรสชาติที่กลมกล่อม โดยส่วนประกอบอาหารมักประกอบด้วยสมุนไพรและเครื่องเทศที่มีคุณค่าทางเภสัชวิทยาอีกทั้งรูปลักษณ์ของอาหารไทยต้องมีความสวยงามเป็นทั้งอาหารตาและอาหารปาก รวมถึงมีการจัดรายการอาหารแต่ละจานด้วยความหลากหลายในชุดสำรับแต่ละมื้อและต้องเข้าชุดกันได้อย่างกลมกลืน

ดังนั้นงานวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพรพริกพรานเพื่อเพิ่มมูลค่าและสร้างเอกลักษณ์ด้านอาหารท้องถิ่น ร่วมกับกลุ่มแม่บ้านเยาวชนหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี โดยการนำเอาวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นนำมาพัฒนาเป็นตำรับอาหาร ที่มีมาตรฐานและมีเอกลักษณ์เฉพาะโดยใช้พริกพราน ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีคุณประโยชน์มากมาย และ มีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว อีกทั้งยังมีสรรพคุณทางด้านสมุนไพร เช่น ใช้เป็นยาบำรุงหัวใจ และประโยชน์ด้านอาหารได้แก่ ผลแก่และเมล็ดใช้เป็นเครื่องเทศผสมเครื่องแกง ของอาหารได้อีกด้วย และเน้นการปรุงรสอาหารที่ดึงจุดเด่นของส่วนประกอบของวัตถุดิบท้องถิ่น มาเป็นจุดขายในแต่ละเมนูเพื่อให้ถูกใจ และเป็นที่จดจำในกลุ่มนักท่องเที่ยว และผู้บริโภค ซึ่งเป็นแนวทางที่จะช่วยทำให้ตำรับอาหารท้องถิ่นเมนูใหม่ เป็นที่รู้จักขยายความนิยมเพิ่มมากขึ้นและเกิดการแพร่หลายทั้งในกลุ่มนักท่องเที่ยว นอกจากนั้นยังเป็นผลให้ กลุ่มแม่บ้านเยาวชนหนองหญ้าปล้อง ได้นำวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นมาเพิ่มมูลค่า และสร้างอาชีพ และสร้างรายได้ให้กับชุมชน จนเกิดความตระหนักและสำนึกถึงความสำคัญของมรดกทางศิลปวัฒนธรรมประเพณีของจังหวัด ร่วมช่วยกันฟื้นฟูและอนุรักษ์ไว้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพรพริกพราน
2. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพร พริกพราน
3. เพื่อออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพรพริกพราน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะ และการใช้ประโยชน์ของพริกพรานในท้องถิ่น ชุมชน ในอำเภอหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี

2. พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพรพริกพราน โดยเลือกตำรับอาหารที่หลากหลายเพื่อให้กลุ่มแม่บ้านเยาวชนหนองหญ้าปล้องสามารถนำไปใช้ในการผลิตและจำหน่ายได้จริง จำนวน 10 ตำรับ

3. นำผลิตภัณฑ์อาหาร จำนวน ทั้งหมด 10 ตำรับ โดยนำแต่ละเมนูมาทำการทดลองโดย การเติมพริกพราน ในอัตราส่วนที่ 3 ระดับ ได้แก่ 5 10 และ 15 กรัม ตามลำดับ

4. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภค จำนวน 100 คน โดยวิธีประสาทสัมผัส ใช้วิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 5 ระดับ (5- Point Hedonic scale) 5 ด้านคือ 1) รสชาติ 2) สี 3) กลิ่น 4) ลักษณะเนื้อสัมผัส และ 5) การยอมรับโดยรวม

5. เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) กำหนดค่าน้ำหนักมาตราส่วนข้อคำถาม
ออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ยอบรับผลิตภัณฑ์ในระดับชอบมากที่สุดให้ 5 คะแนน
ยอบรับผลิตภัณฑ์ในระดับชอบมากให้ 4 คะแนน
ยอบรับผลิตภัณฑ์ในระดับปานกลางให้ 3 คะแนน
ยอบรับผลิตภัณฑ์ในระดับชอบน้อยให้ 2 คะแนน
ยอบรับผลิตภัณฑ์ในระดับชอบน้อยที่สุดให้ 1 คะแนน

6. วิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับการยอมรับของผู้บริโภคในจังหวัด เพชรบุรี ที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรพริกพรานแล้วนำค่าคะแนนเฉลี่ยมาแปลความหมาย ตามเกณฑ์ ดังนี้

ค่าคะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00 หมายถึง ยอมรับ ในระดับมากที่สุด
ค่าคะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20 หมายถึง ยอมรับ ในระดับมาก
ค่าคะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40 หมายถึง ยอมรับ ในระดับปานกลาง
ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60 หมายถึง ยอมรับ ในระดับน้อย
ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80 หมายถึง ยอมรับ ในระดับน้อยที่สุด

7. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาโดยศึกษาแนวคิดตามเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ แล้วนำมาใช้เป็นแนวทางในการทำแบบสอบถาม แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นลักษณะคำถามตัวเลือกจำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ตำรับอาหารจากพริกพราน มีจำนวนทั้งหมด 5 ข้อ ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตรฐานประเมินค่า 5 ระดับ

8. การวิเคราะห์ข้อมูล

8.1 วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง โดยแจกแจงความถี่ และหาค่าร้อยละ

8.2 วิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทั้ง10 สูตร โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

9. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการประเมินทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncans Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป spss version 22 ที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 95

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพรพริกพราน ผู้วิจัยคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับคุณลักษณะของของพริกพราน บุคคลทั่วไปสามารถรับประทานได้ และสามารถนำไปผลิตและจำหน่ายได้จริงและสอดคล้องกับบริบทของกลุ่มแม่บ้านเยาวชนหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี จำนวนทั้งสิ้น 10 ผลิตภัณฑ์ และทำการตั้งชื่อตำรับอาหารให้เป็นเอกลักษณ์ ดังนี้

1. ไส้อั่วพริกพราน
2. หมูแดดพริกพราน
3. ไก่ทอดพริบพลี
4. ปลาทอดมันพันตะไคร้
5. แหนมซี่โครงอ่อนหมูพริกพราน
6. คุกกี้กุ้งแห้งพริกพราน
7. เบอร์เกอร์หมูพริกพราน
8. น้ำสลัดมายองเนสพริกพราน
9. ลาบกระเหรี่ยง
10. ไก่อบซอสบาร์บีคิวพริกพราน

ตอนที่ 2 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพรพริกพราน

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการเติมพริกพรานปริมาณ 10 กรัม ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด

ตำรับอาหาร	คะแนนความชอบ ($\overline{X}$ ± S.D.)				
	รสชาติ	สี	กลิ่น	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1. ไส้อั่วพริกพราน	4.23±0.64^{a}	4.10±0.70^{a}	4.37±0.78^{a}	4.13±0.70^{a}	4.36±0.57^{a}
2. หมูแดดพริกพราน	4.66±0.47^{a}	3.88±0.45^{ab}	4.40±0.53^{a}	3.96±0.44^{a}	4.38±0.54^{a}
3. ไก่ทอดพริบพลี	4.10±0.67^{a}	3.99±0.68^{a}	4.05±0.79^{a}	3.97±0.67^{a}	4.04±0.58^{a}
4. ปลาทอดมันพันตะไคร้	4.41±0.51^{a}	3.95±0.57^{a}	4.21±0.59^{a}	4.07±0.55^{a}	4.41±0.53^{a}
5. แหนมซี่โครงอ่อนหมูพริกพราน	4.61±0.53^{a}	4.09±0.62^{a}	4.38±0.73^{a}	4.18±0.62^{a}	4.61±0.49^{a}
6. คุกกี้กุ้งแห้งพริกพราน	4.43±0.51^{a}	4.05±0.50^{a}	4.28±0.53^{a}	4.16±0.50^{a}	4.43±0.53^{a}
7. เบอร์เกอร์หมูพริกพราน	3.99±0.6^{b}	4.04±0.69^{ab}	4.14±0.77^{b}	4.05±0.70^{b}	3.72±0.75^{a}
8. น้ำสลัดมายองเนสพริกพราน	4.66±0.49^{a}	4.09±0.55^{a}	4.44±0.64^{a}	4.07±0.60^{a}	4.65±0.47^{a}
9. ลาบกระเหรี่ยง	4.69±0.46^{a}	4.09±0.55^{a}	4.44±0.64^{a}	4.08±0.59^{a}	4.68±0.46^{a}
10. ไก่อบซอสบาร์บีคิวพริกพราน	4.33±0.49^{a}	4.07±0.51^{a}	4.24±0.65^{a}	4.09±0.60^{a}	4.17±0.40^{a}

หมายเหตุ : $^{a-b}$ *ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 1 จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพรพริกพราน พบว่าคะแนนความชอบด้านรสชาติ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 10 ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมพริกพรานที่ 10 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความสำคัญ 0.05 ยกเว้นเบอร์เกอร์หมูพริกพรานที่ได้รับคะแนนความชอบในด้านรสชาติ กลิ่น และเนื้อสัมผัส น้อยกว่าผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีส่วนผสมของเครื่องปรุงและสมุนไพรหลายชนิด จึงทำให้รสชาติ กลิ่น และเนื้อสัมผัสลดลง อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์อาหารทุกชนิดที่ทำการทดสอบการเติมปริมาณพริกพรานในปริมาณ 10 กรัม ได้รับคะแนนความชอบอยู่ในระดับมากในทุกด้านได้แก่ รสชาติ สี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส คือมีค่าคะแนนความชอบอยู่ระหว่าง 3.88 - 4.69

ตอนที่ 3 การออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพรพริกพราน

ตารางที่ 2 การออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพรพริกพราน

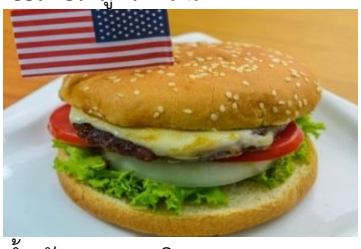
ที่	ตำรับอาหาร	บรรจุภัณฑ์
1	ไส้อั่วพริกพราน 	
2	หมูแดดพริกพราน 	
3	ไก่ทอดพริบพลี 	

4 ปลาทอดมันพันตะไคร้

5

6

7 เบอร์เกอร์หมูพริกพราน



8 น้ำสลัดมายองเนสพริกพราน

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ที่	ตำรับอาหาร	บรรจุภัณฑ์
9	ลาบกระเหรี่ยง 	
10	ไก่อบซอสบาร์บีคิวพริกพราน 	

จากตารางที่ 2 พบว่าการออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพรพริกพรานทั้ง 10 ตำรับ เพื่อใช้จำหน่ายให้กับลูกค้าทั้งที่มารับบริการอาหารที่ร้านและซื้อกลับบ้าน และสำหรับออกร้านจำหน่ายให้กับนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยว ณ ตลาดน้ำกวางโจ ซึ่งเป็นสถานที่ท่องเที่ยว ในท้องถิ่น เพื่อเป็นการสร้างการรับรู้ในเรื่องของอาหารท้องถิ่น และเรื่องของพริกพราน ให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบบรรจุภัณฑ์เป็นลักษณะของกล่องบรรจุอาหาร มีรายละเอียดของชื่อตำรับ และรูปของอาหาร เพื่อให้ผู้บริโภค สะดวกในการรับประทาน และสามารถนำกลับไปรับประทานนอกสถานที่ได้อีกด้วย

อภิปรายผล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพร พริกพรานเพื่อเพิ่มมูลค่าและสร้าง เอกลักษณ์ด้านอาหารท้องถิ่น ร่วมกับกลุ่มแม่บ้านเยาวชนหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี ผู้วิจัยได้พัฒนาตำรับอาหารจำนวน 10 สูตร โดยเลือกตำรับอาหารที่เป็นที่รู้จักของผู้บริโภค และสามารถรับประทานได้ทุกเพศ และวัย อีกทั้งยังมีความหลากหลายในเมนู โดยทุกสูตรจะมีการเติมปริมาณพริกพรานที่ระดับ 5 กรัม 10 กรัม และ 15 กรัม พบว่าการเติมพริกพรานในตำรับอาหารที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด คือปริมาณ 10 กรัม จำนวน 9 ตำรับ และการเติมพริกพรานในตำรับอาหารในปริมาณ 15 กรัม จำนวน1 ตำรับ คือเบอร์เกอร์หมูพริกพรานซึ่ง ผู้บริโภคจะให้การยอมรับในทุกด้าน เนื่องจากลักษณะเด่นของพริกพราน คือด้านรสชาติ และกลิ่น ที่เป็นเอกลักษณ์เมื่อใส่มากเกินไป กลิ่นจะแรง และรสจะซ่า เมื่อรับประทานจะพบว่า จะมีอาการชาหรือซ่าบริเวณปลายลิ้น และจะค่อยๆ หายเมื่อหยุดรับประทาน สอดคล้องกับ กอบแก้ว นาจพินิจ. (2542) กล่าวว่า อาหารไทยมีกลิ่นหอมของสมุนไพร เครื่องเทศ และเครื่องปรุงต่างๆที่เป็นกลิ่นเฉพาะตัวที่ไม่เข้มข้น รุนแรงจนเกินไป กลิ่นหอมต่างๆเหล่านี้จะช่วยกระตุ้นเรียกน้ำย่อย ทำให้อยากรับประทานอาหาร และช่วยดับคาวในเนื้อสัตว์ทำให้ผู้รับประทานสามารถรับประทานด้วยความเจริญอาหารเพราะมีกลิ่นหอมช่วยชูกลิ่นของอาหาร ดังนั้นถ้าผู้บริโภคที่คุ้นเคย หรือเคยรับประทานพริกพราน ก็จะสามรถรับรู้ถึงรสชาติ และกลิ่นของพริกพรานได้เป็นอย่างดี

ส่วนผู้บริโภคที่ไม่เคยรับประทานพริกพราน หรือไม่เคยรู้จัก ก็จะไม่ชอบกลิ่น และรสชาติของพริกพราน จึงทำให้รู้สึกเหมือนได้รับกลิ่น และรสชาติที่ไม่คุ้นเคย ดังนั้นการเติมพริกพรานในตำรับอาหารเป็นการนำเอาพริกพรานที่มีอยู่มาใช้ประโยชน์ทางด้านการประกอบอาหารให้เกิดความหลากหลาย ซึ่งจากเดิมจะมีการบริโภคเฉพาะกลุ่มคนในชุมชน หรือในท้องถิ่นนั้นๆ เท่านั้น ซึ่งเมื่อมีการเพิ่มการใช้มากขึ้นก็จะทำให้ผู้บริโภคได้รู้จัก และคุ้นเคยกับพริกพราน อีกทั้งยังได้รับประโยชน์ดีๆ จากพริกพรานอีกมากมายที่เป็นประโยชน์กับผู้บริโภค และเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร ผู้ปลูก ผู้ประกอบการร้านอาหาร หรือท้องถิ่น และชุมชนโดยการสร้างเอกลักษณ์ด้านอาหารให้กับนักท่องเที่ยวได้เป็นอย่างดีสอดคล้องกับ อบเชย วงศ์ทอง.(2542) กล่าวว่า ความเจริญก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีใหม่ๆ ทางอุตสาหกรรมอาจเปลี่ยนรูปแบบเศรษฐกิจและสังคมของชุมชนนั้นๆ และจะเป็นผลต่อเนื่องทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของอาหารแบบใหม่ๆ

การออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพรพริกพรานทั้ง 10 ตำรับร่วมกับกลุ่มแม่บ้านเยาวชนหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี เพื่อจำหน่ายให้กับลูกค้าที่มารับบริการอาหารที่ร้าน และสำหรับออกบูทจำหน่ายให้กับนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยว ณ ตลาดน้ำกวางโจ ซึ่งเป็นสถานที่ท่องเที่ยว ในท้องถิ่น และเพื่อเป็นการสร้างการรับรู้ในเรื่องของอาหารท้องถิ่น และเรื่องของสมุนไพรพริกพราน ให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบบรรจุภัณฑ์เป็นลักษณะของกล่องบรรจุอาหาร มีรายละเอียดของชื่อตำรับ และรูปของอาหาร เพื่อให้ผู้บริโภค สะดวกในการรับประทาน และสามารถนำกลับไปรับประทานนอกสถานที่ได้อีกด้วย

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัย

1. การนำพริกพรานมาใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารควรใส่ในปริมาณที่พอดีไม่มากหรือน้อยจนเกินไป จะทำให้ได้ทั้งรสชาติและกลิ่นของพริกพราน ที่เหมาะสม

2. การพัฒนาตำรับอาหารโดยใช้พริกพรานเหมาะกับอาหารประเภทคาวมากกว่าอาหารหวาน เนื่องจากกลิ่นและรสของพริกพรานที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกพริกพรานเพื่อการนำไปใช้ในการประกอบอาหารสำหรับผู้บริโภคที่เป็นกลุ่มรักสุขภาพ

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชสมุนไพรพริกพรานเพื่อเพิ่มมูลค่า และสร้างเอกลักษณ์ด้านอาหารท้องถิ่น ร่วมกับกลุ่มแม่บ้านเยาวชนหนองหญ้าปล้องจังหวัดเพชรบุรีสำเร็จลงด้วยดี สำเร็จลงได้โดยได้รับทุนสนับสนุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี และสถาบันวิจัยและส่งเสริมศิลปวัฒนธรรมที่ให้การสนับสนุนข้อมูล ข่าวสาร และ อำนวยความสะดวกต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ และได้รับความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.พิชิต สุดตา อาจารย์ ดร.อัฉริยาภรณ์ พวงเพชร์ อาจารย์ณปภา หอมหวล ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆที่เป็นประโยชน์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณชาวบ้านในอำเภอหนองหญ้าปล้อง ตลอดจนเจ้าหน้าที่ ศูนย์การเรียนรู้ไทยทรงดำ ที่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัย และผู้บริโภคทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการชิมตัวอย่าง และให้ความร่วมมืออย่างดี จนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กอบแก้ว นาจพินิจ. (2542) **อาหารไทย**. กรุงเทพฯ : เสมาธรรม

เปรมฤทัย แย้มบรรจง, เรณุมาศ กุละศิริมา. (2555).**การพัฒนารายการอาหารท้องถิ่นไทยของภัตตาคาร / ร้านอาหารสำหรับนักท่องเที่ยว : กรณีศึกษาพัทยาจังหวัดชลบุรี**. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

อบเชย วงศ์ทอง. (2542) **เทคโนโลยีเครื่องดื่ม**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความหลากหลายของอาหารพื้นเมืองกับความมั่นคงทางอาหารในชุมชนนิเวศชานเมือง ตำบลสามโคก อำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี

สุวารีย์ ศรีปูณะ[1*] ประภาพร ชุลีลัง[2] ผมหอม เชิดโกทา[2]

บทคัดย่อ

ชุมชนนิเวศชานเมืองจังหวัดปทุมธานี มีการเปลี่ยนแปลงจากสังคมเกษตรสู่สังคมอุตสาหกรรม ธุรกิจและบริการอย่างรวดเร็ว อาจเกิดผลกระทบต่อการความมั่นคงทางอาหารของชุมชนดั้งเดิม งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาความหลากหลายของอาหารตามภูมิปัญญาท้องถิ่นในชุมชนนิเวศชานเมือง วิเคราะห์ปัญหาและความต้องการสร้างความมั่นคงทางอาหารในชุมชนนิเวศชานเมือง ดำเนินการวิจัยในชุมชนนิเวศชานเมือง เทศบาลตำบลสามโคกอำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี จำนวน 8 ชุมชน เป็นการวิจัยเชิงสำรวจและใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ กลุ่มเป้าหมายรวม 48 คน ได้แก่ ผู้นำชุมชน ผู้รู้ด้านอาหารท้องถิ่นและตัวแทนครัวเรือน เยาวชนและคนย้ายถิ่นเข้าชุมชนละ 6 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสัมภาษณ์ ประเด็นการสนทนากลุ่ม แบบสำรวจอาหาร วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัย พบว่า อาหารตามภูมิปัญญาท้องถิ่นในชุมชนนิเวศชานเมืองตำบลสามโคกมีความหลากหลายโดยมีอาหารคาวกว่า 100 ตำรับ มีอาหารหวานกว่า 50 ตำรับ อาหารว่างกว่า 10 ตำรับ อาหารหลักเป็นอาหารมอญ ใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นตามฤดูกาลจากภูมินิเวศลุ่มน้ำเจ้าพระยา มีสูตรอาหารพื้นเมืองเฉพาะถิ่น เช่น แกงมะตาด แกงปลาร้าหัวตาล มีอาหารในพิธีกรรมถวายแก่นางสงกรานต์ คือ ข้าวแช่ ผู้ใหญ่ยังนิยมอาหารพื้นเมืองและมีการอนุรักษ์ในงานสงกรานต์ทุกปี ครัวเรือนส่วนใหญ่เข้าถึงปัจจัยการผลิตอาหารและปรุงอาหารแบบพึ่งตนเองได้ ปัญหาที่พบคือคนรุ่นใหม่และคนที่ย้ายถิ่นเข้ามามีความรู้เรื่องอาหารพื้นเมืองน้อยและนิยมซื้ออาหารนอกบ้านบริโภค และต้องการให้มีการผลิตและการสืบทอดความรู้อาหารพื้นเมืองที่ปลอดภัยสู่คนรุ่นใหม่ รวมทั้งเทคนิคการเพิ่มความหลากหลายของวัตถุดิบทางอาหารและการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมและคุณภาพอาหารอย่างต่อเนื่องเพื่อความมั่นคงทางอาหารของชุมชนให้ยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ : ความหลากหลายของอาหารพื้นเมือง ความมั่นคงทางอาหาร ชุมชนนิเวศชานเมือง

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

[2] อาจารย์ หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:suwarees@hotmail.com*

BIODIVERSITY OF LOCAL FOOD FOR FOOD SECURITY IN SUBURBAN COMMUNITY, SAM KHOK SUBDISTRICT, SAM KHOK SUBDISTRICT, PATHUMTHANI PROVINCE

Suwaree Sripoona[1*] Prapaporn Chulilung[2] Phomhom Cherdkota

Abstract

Pathum Thani Province’s suburban areas have quickly been developed from the agrarian to industrial, business and service communities. This change may pose considerable impacts on the original community. This research focused on the variety of food, originated from local wisdom of suburban communities, as well as analyzed problems and demands to create food security in suburban communities. The study was conducted in eight suburban communities of Sam Khok, Pathum Thani. It adopted a survey research with qualitative techniques. The total of target group is 48 peoples consisted of local food experts and youths from each community. The research tools consisted of interviews, group discussions and survey food forms. It was adopted with content analysis. The research found that food originated from local wisdom in suburban communities of Sam Khok Sub-district were various, comprising over 100 types of meat diets, more than 50 types of desserts and over 10 types of refreshments. The main dishes were the ethnic Mon diets and used the local ingredients available in each season. The communities were located in the Chao Phraya river basin where fish, prawns and vegetables were abundant. The local food recipes were unique in each community. As for the “Kaow chae” which was the ceremonial food specially prepared for the Songkran goddess. Most households grew vegetables and were self-reliant in terms of being able to access factors of production and cook for themselves. An analysis on problems and demands found that young generation and newcomers had limited knowledge on local food and were likely to buy food for consumption. Therefore, they proposed that clean and hygienic local food outlets in the communities be established.

Keyword : Biodiversity of local food, Food security, Suburban community

[1] *Asst.Prof.Dr., Doctoral of Philosophy Program in Environmental Studies, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage*

[2] *Lecturer, Doctoral of Philosophy Program in Environmental Studies, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage*

** Corresponding author, e-mail:suwarees@hotmail.com*

บทนำ

วิกฤติปัญหาสิ่งแวดล้อมโลกส่งผลให้สถานการณ์ความไม่เพียงพอและไม่ปลอดภัยของอาหาร ขณะที่ประชากรเพิ่มขึ้นแต่ทรัพยากรทางอาหารลดลง มีการเคลื่อนย้ายเข้าสู่ชุมชนเมืองที่เป็นแหล่งอุตสาหกรรมและธุรกิจบริการ จนเกิดเป็นชุมชนนิเวศชานเมืองที่ผสมผสานของกลุ่มชนดั้งเดิมกับกลุ่มคนกลุ่มใหม่ ตำบลสามโคก จังหวัดปทุมธานี เป็นชุมชนนิเวศชานเมืองของกรุงเทพมหานครที่ตั้งอยู่ริมแม่น้ำเจ้าพระยา คนในชุมชนเป็นชาวมอญที่อพยพมาจากเมืองเมาะตะมะตั้งแต่สมัยอยุธยา และเมื่อ 20 มานี้ได้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากสังคมเกษตรสู่สังคมอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็วและมีประชากรหนาแน่น ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่อาจส่งผลกระทบต่อการพึ่งตนเองด้านการผลิต การบริโภคและการเข้าถึงแหล่งอาหารจนเกิดการขาดความมั่นคงทางอาหารในอนาคตได้ การสร้างความมั่นคงทางอาหารต้องเริ่มตั้งแต่ระดับชุมชนโดยจัดการให้สอดคล้องกับบริบทสิ่งแวดล้อม การพัฒนา การลดปัญหาความยากจนและความเสี่ยง การพึ่งตนเองบนฐานทรัพยากรและวัฒนธรรมชุมชน (ศจินทร์ ประชาสันต์, 2552 และสำนักงานเลขาธิการเครือข่ายวิจัยนโยบายด้านการพัฒนาเอเชีย, 2548)

โดยควรใช้ภูมิปัญญาในการประกอบอาหารพื้นเมืองเพื่อเป็นอาหารและส่งเสริมให้มีสุขภาพดีด้วยการกินอาหารที่ปรุงด้วยพืชผักสมุนไพร ผักพืชบ้านที่มีสรรพคุณเป็นยาตั้งแต่ครอบครัวถึงชุมชน (กิจปพน ศรีธาน, 2555 อ้างถึงใน สุวารีย์ ศรีปูณะ, 2558) งานวิจัยนี้จึงต้องการค้นหาภูมิปัญญาและแนวทางของการดำรงไว้ซึ่งความหลากหลายของอาหารในชุมชนบนพื้นฐานการพึ่งตนเองทางอาหารเพื่อจะได้สืบทอดภูมปัญญาด้านอาหารให้ส่งผลสู่ความมั่นคงทางอาหารของชุมชนให้ยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาความหลากหลายของอาหารตามภูมิปัญญาท้องถิ่นในชุมชนนิเวศชานเมือง วิเคราะห์ปัญหาและความต้องการสร้างความมั่นคงทางอาหารในชุมชนนิเวศชานเมือง

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่วิจัยเป็นชุมชนนิเวศชานเมือง เทศบาลตำบลสามโคกอำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี จำนวน 8 ชุมชน ใช้การวิจัยเชิงสำรวจด้วยวิธีการเชิงคุณภาพ กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย จำนวน 48 คน ได้แก่ ผู้นำชุมชน ผู้รู้ด้านอาหารท้องถิ่นและตัวแทนแม่บ้านชุมชนละ 3 คน รวม 24 คน เยาวชนและคนย้ายถิ่นเข้าชุมชนละ 3 คน รวม 24 คน

เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง ประเด็นการสนทนากลุ่ม แบบบันทึกการสำรวจอาหาร เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เชิงลึก การจัดสนทนากลุ่ม การสาธิตการทำอาหาร วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis)

ผลการวิจัย

ชุมชนในเทศบาลสามโคกมี 8 ชุมชน ได้แก่ 1) ชุมชนตองเปรอะ 2) ชุมชนวัดตำหนัก 3) ชุมชนวัดสะแก 4) ชุมชนภัทรไพรเวท 5) ชุมชนบ้านธาติ 6) ชุมชนบ้านมะขามป้อม 7) ชุมชนวัดคลองวัดแจ้ง 8) ชุมชนฉัตรหลวงแปด มีจำนวน ครัวเรือนทั้งสิ้น 1,927 หลังคาเรือน จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า อาหารพื้นเมืองตามภูมิปัญญาท้องถิ่นในชุมชนนิเวศชานเมืองตำบลสามโคก มีความหลากหลายทั้งตำรับและสำรับของอาหาร เนื่องจากพื้นที่มีความอุดมสมบูรณ์โดยที่ตั้งชุมชนเป็นที่ราบริมแม่น้ำเจ้าพระยา จึงมีปัจจัยที่เป็นวัตถุดิบทำอาหารจากในแหล่งน้ำและพื้นที่บนบก และเป็นชุมชนเก่าแก่ของชาวมอญที่มีวิถีการกินที่เข้มแข็ง โดยมีอาหารพื้นเมือง

หลากหลายมาก มีอาหารคาวกว่า 100 ตำรับ มีอาหารหวานกว่า 50 ตำรับ อาหารว่างกว่า 10 ตำรับ นิยมใช้วัตถุดิบที่หาได้ในท้องถิ่นตามฤดูกาลที่มีภูมินิเวศซึ่งลุ่มน้ำเจ้าพระยา จึงมีปลา กุ้ง พืชผักอุดมสมบูรณ์ มีสูตรอาหารพื้นเมืองตามภูมิปัญญาเฉพาะถิ่น เช่น แกงมะตาด แกงปลาร้าหัวตาล แกงกระเจี๊ยบ แกงบอน แกงขี้เหล็ก ต้มส้ม แกงร้อน ปลาร้าทรงเครื่อง หมี่กรอบ ข้าวตอกกวน ข้าวเหนียวแดง ข้าวเหนียวหัวหงอก ข้าวเกรียบมอญ กะละแม ส่วนอาหารในพิธีกรรมเพื่อถวายแก่นางสงกรานต์ คือ ข้าวแช่ ซึ่งเป็นอาหารคาวที่มีสูตรเฉพาะ ได้แก่ ข้าวสวย หมูฉีก ปลาย่างป่น ไข่เค็ม หัวไชเท้าและกระเทียมดอง ที่ต้องใช้เวลาเตรียมนาน 3 เดือน ผู้ใหญ่นิยมอาหารพื้นเมืองและมีการจัดงานอนุรักษ์ทุกปีในงานสงกรานต์ ครัวเรือนส่วนใหญ่ปลูกและเข้าถึงปัจจัยการผลิตแบบพึ่งตนเองและปรุงอาหารบริโภคได้เอง

ตัวอย่าง สูตรอาหารพื้นเมืองที่มีความหลากหลายของวัตถุดิบในชุมชนนิเวศชานเมืองชุมชนสามโคก

ข้าวแช่

ส่วนผสม	หน่วยนับ	ตวง	น้ำหนัก
ข้าวเสาให้	1 กก.	1 หม้อ	100 กรัม
ไข่เค็ม	10 ฟอง	2 ถ้วย	100 กรัม
หมู	7 กก.	2 ถ้วยตวง	100 กรัม
ปลาช่อน	9 กก.	2 ถ้วยตวง	900 กรัม
หัวไชโป๊	1 กก.	2 ถ้วยตวง	100 กรัม
กะทิ	10 กก.	2½ ถ้วยตวง	100 กรัม
กระเทียมดอง	1 กก.	3 ถ้วยตวง	100 กรัม
น้ำตาลปี๊บ	1 กก.	1 ถ้วยตวง	100 กรัม
หอมแดง	½ กก.	1 ถ้วยตวง	50 กรัม

วิธีทำ

1.ล้างข้าวให้สะอาด ต้มน้ำให้เดือดแล้วนำข้าวเทลงหม้อคนเรื่อยๆดูจนข้าวเริ่มบานตักดูให้มีไตนิดหน่อยแล้วนำมารินน้ำข้าวออกแล้วเทข้าวใส่กระบุงนำไปล้างน้ำโดยนำข้าวในกระบุงลงไปล้างในกะละมังหรือถัง 2- 3 ครั้ง ข้าวต้องไม่มียางไม่ให้ข้าวติดกันแล้วผึ่งไว้ในกระบุงจนน้ำแห้งหมดแล้วเทใส่หม้อเพื่อรับประทาน

2. เวลาจะรับประทานเอาข้าวในขั้นตอนที่ 1 ใส่น้ำเปล่าที่แช่น้ำแข็งหรือน้ำเย็นก็ได้

3. ไข่เค็ม เวลารับประทานผ่าไข่เค็มเป็นซีกๆ

4. นำเนื้อหมูสันในหันเป็นชิ้นใหญ่แล้วนำไปตากแดด 2 แดดแล้วนำมาย่าง เสร็จแล้วนำมาทุบแล้วนำมาฉีกเป็นเส้นเล็กๆ นำมาเคี้ยวกับกะทิและใส่น้ำตาลมะพร้าวตะโหนดจนกะทิงวดเข้าเนื้อหมูจนหมูขึ้นเงาเป็นมันสีน้ำตาล ประมาณ 6 ช.ม.

5. ปลาช่อนหรือปลาชะโด แล่ผ่ากลางล้างน้ำแล้วหมักเกลือทิ้งไว้ 1 วันนำมาล้างแล้วดูว่าขี้เกลือออกดอกน้ำมาแขวนตากแดด 1 สัปดาห์- เดือน จนขึ้นสีขาวนำมาย่างต้องย่างพอดีสุกอย่าให้ไหม้เกรียมจะแข่งเวลาปั่นจะไม่ฟู ปั่นให้ละเอียดปลาจะฟูหรือตำให้ละเอียดนำปลามาคั่ว

6. นำมาคั่วกับมะพร้าวต้องเป็นมะพร้าวขูดสีขาว (ขุดด้วยไม้ขูด) แล้วคั่วให้กรอบนำปลาที่คั่วในขั้นตอนที่ 5 มาเคล้ากับมะพร้าวที่คั่วเทรวมกันและน้ำตาลทรายละเอียดต้องเป็นน้ำตาลมิตรผล แล้วชิมรสจนพอใจแล้วปิดไฟ

7. นำกระเทียมดองหั่นโดยนำแกนกลางออกแล้วผัดกับกะทิเติมน้ำตาลทรายขาวมาผัด

8. หัวไชโป๊ยแบบหวาน หั่นฝอยนำมาผักกับกะทิแต่ต้องเคี้ยวกะทิก่อนนำมาผัดถ้าไม่หวานเติมน้ำตาล และกะทิผัดกับกระเทียมดองเคี้ยวจนงวดแห้งแล้ว แล้วนำไข่เป็ด โรยลงไป โดยการแหวกตรงกลางของหัวไชโป๊ยผัดและตามด้วยกระเทียมดองใส่ตรงกลางแล้วหมกไข่ไว้พอสุกแล้วจึงคลุกเคล้ากัน

วิธีบริโภคนำหมู ปลา ไข่เค็ม ผัดไชโป๊ย กระเทียม แล้วตักกินตามด้วยข้าวหรือตักทีละอย่างใส่ เช่น หมู แล้วจัดเป็นชุดๆ ทั้งหมดนี้จัดได้ 80 ชุด 80 คนกิน

การวิเคราะห์ความมั่นคงทางอาหาร พบว่า เดิมชุมชนมีความมั่นคงทางอาหารโดยทุกครัวเรือนมีอาหารเพียงพอจากวัตถุดิบในแหล่งธรรมชาติ ทั้งพืชผักพื้นบ้านที่เป็นเอกลักษณ์จากภูมินิเวศบนบกโดยปลูกรอบบ้าน เช่น มะตาด ลูกตาล หน่อไม้ กล้วย มะพร้าว มะนาว เนื้อและไข่ทั้งไก่และเป็ดที่เลี้ยงในครัวเรือน และจากแหล่งน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำสาขา สระน้ำ ทุ่งนา เช่น ผักบุ้ง ผักกะเฉด ปลา กุ้ง ปู หอย และแปรรูปเก็บอาหารไว้บริโภค เช่น ปลาแห้ง ปลาร้า ซึ่งเป็นวิถีการดำเนินชีวิตมาแต่ดั้งเดิม จึงสามารถเข้าถึงอาหารได้ตามแนวทางพึ่งตนเองและสอดคล้องกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและเป็นอาหารปลอดภัยจากสารเคมีที่เป็นพิษต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม และด้วยวิถีชีวิตเกษตรกรรมเป็นหลักและเคร่งครัดในการยึดมั่นศาสนา วัฒนธรรมและประเพณีมอญ อาหารพื้นบ้านจึงเป็นอาหารหลักสำคัญ โดยเฉพาะในงานประเพณีสงกรานต์ทุกครัวเรือนต้องจัดเตรียมอาหารพิเศษคือข้าวแช่เพื่อนำไปทำบุญที่วัดและถวายแก่นางสงกรานต์เพื่อความสุขและความอุดมสมบูรณ์ตามความเชื่อ มีการรับประทานอาหารกันในครัวเรือนพร้อมหน้า มีการแบ่งปันอาหารระหว่างเพื่อนบ้านและเครือญาติ ค่าใช้จ่ายด้านอาหารในครัวเรือนไม่เกิน ร้อยละ 25 ของรายได้ แต่หลังจากสภาพสังคมเปลี่ยนไปเป็นชุมชนนิเวศชานเมืองที่เป็นผลจากการขยายตัวของเมืองและอุตสาหกรรม ธุรกิจบริการ มีผลต่อการรุกคืบเข้าสู่พื้นที่อยู่อาศัยและพื้นที่เพาะปลูกของชุมชน และมีคนภายนอกเคลื่อนย้ายเข้ามา ทั้งบุตรหลานและผู้เข้ามาอาศัยในชุมชนส่วนใหญ่มีความจำเป็นต้องเข้าทำงานโรงงานและกิจกรรมอื่นๆนอกบ้านแบบคนเมือง จึงต้องซื้ออาหารจากร้านค้าและตลาดมากขึ้น วิถีครอบครัวในการทำอาหารบริโภคเองลดลง เกือบร้อยละ 50 ของครัวเรือนต้องจ่ายค่าอาหารเพิ่มขึ้นเป็นประมาณร้อยละ 40-60 ของรายได้ ความเพียงพอและการเข้าถึงอาหารเปลี่ยนจากการพึ่งตนเองเป็นการพึ่งตลาดและภายนอกมากขึ้นทั้งข้อจำกัดด้านพื้นที่และวิถีชีวิตที่เปลี่ยนไป พืชและสัตว์อาหารที่หาและผลิตได้เองก็ลดลงบ้างและเชื่อกันว่าอาหารมีความปลอดภัยน้อยเนื่องจากสิ่งแวดล้อมทั้งดินและน้ำอาจมีสารปนเปื้อนมากขึ้น แม้ยังไม่ได้ตรวจวัดคุณภาพดินและน้ำในชุมชนอย่างจริงจังและต่อเนื่องเพราะยังขาดความรู้และอุปกรณ์ แต่ระยะ 10 กว่าปีมานี้มีผู้เจ็บป่วยด้วยโรคที่หลากหลายมากขึ้น ทั้งโรคที่เกี่ยวกับอาการปวดท้องและอาการภูมิแพ้ ขณะที่ผู้ใหญ่ที่อายุกว่า 40 ปีขึ้นไปยังยึดมั่นและนิยมบริโภคอาหารพื้นเมือง ปลูกพืชอาหารไว้บริโภคและจัดประเพณีแสดงอาหารพื้นเมืองในงานสงกรานต์ แต่บุตรหลานส่วนใหญ่ยังขาดความรู้และไม่ค่อยสนใจการบริโภคอาหารพื้นเมือง ส่วนคนจากถิ่นอื่นที่อพยพเข้ามาอยู่ในชุมชนก็มีวิถีการบริโภคอาหารตามพื้นถิ่นของตน แต่หากคนทั้งสองกลุ่มนี้มีความรู้ความเข้าใจในคุณค่าอาหารพื้นเมืองที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและได้รับการฝึกให้คุ้นชินกับรสชาติ โดยเพิ่มการมีแหล่งจำหน่ายในชุมชนและแสดงให้เห็นแหล่งวัตถุดิบที่ปลอดภัยหรือผลิตอาหารมาจากพืชผักอินทรีย์ที่ปลูกเองและสดจากในชุมชนไม่ผ่านการส่งเคลื่อนย้ายวัตถุดิบอาหารมาจากแหล่งที่อยู่ไกลที่อาจเกิดการปนเปื้อนสิ่งสกปรกได้ ให้สามารถเข้าถึงอาหาร

พื้นเมืองได้ง่าย คนรุ่นใหม่น่าจาปรับค่านิยมมาบริโภคและผลิตอาหารพื้นเมืองเพื่อความมั่นคงทางอาหารที่มีผลดีต่อสุขภาพ สิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจของตนเองและครอบครัวในระยะยาวต่อไป

ผลการวิเคราะห์ปัญหา พบว่า คนรุ่นใหม่และคนที่ย้ายถิ่นเข้ามามีความรู้เรื่องอาหารพื้นเมืองน้อยและซื้ออาหารบริโภค และพื้นที่ผลิตวัตถุดิบทางอาหารลดลงแต่ก็มีเทคนิคที่ใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมในการผลิตพืชผิดที่ปลอดภัยในพื้นที่น้อยๆได้ แต่ยังขาดการถ่ายทอดความรู้เหล่านี้จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งส่วนใหญ่มีความห่วงใยน้านความสะอาดปลอดภัยของอาหารที่อาจได้รับผลกระทบจากปัญหาสิ่งแวดล้อมในดินและน้ำที่เป็นปัจจัยการผลิต จึงต้องการให้มีแหล่งบริการอาหารท้องถิ่นที่ปลอดภัยในชุมชนและจัดกิจกรรมให้ได้เรียนรู้และไดรับประทานอาหารพื้นเมืองให้คุ้นชินรสชาติ และหาวิธีการเพิ่มการผลิตวัตถุดิบทางอาหารแบบอินทรีย์ในชุมชนได้เองที่ได้อาหารที่สด อร่อยและปลอดภัย และเพิ่มความหลากหลายพันธุ์พืชอาหารด้วยการแลกเปลี่ยนพันธุ์พืชระหว่างกันเพื่อเพิ่มความมั่นคงทางอาหารมากขึ้น รวมทั้งการเรียนรู้การติดตามตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม อาหารและวัตถุดิบทางอาหารด้วยเครื่องมือง่ายๆโดยการสนับสนุนของหน่วยงานในท้องถิ่นและนักวิชาการ ก็จะช่วยให้ชุมชนสามารถดูแลตนเองในการสร้างความมั่นคงทางอาหารต่อไปได้ และจะส่งผลให้การสืบทอดการบริโภคอาหารท้องถิ่นสู่คนรุ่นใหม่ได้ ซึ่งจะเกิดผลดีต่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมของคนในครอบครัวและชุมชนได้

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

อาหารพื้นเมืองตามภูมิปัญญาท้องถิ่นในชุมชนนิเวศชานเมืองตำบลสามโคก มีความหลากหลายทั้งตำรับและสำรับของอาหาร ชุมชนตั้งอยู่ริมแม่น้ำเจ้าพระยา จึงมีวัตถุดิบทำอาหารจากในแหล่งน้ำและพื้นที่บนบก โดยมีภูมิปัญญาอาหารแบบชาวมอญที่คงอยู่ มีอาหารพื้นเมืองหลากหลายเป็นอาหารคาวกว่า 100 ตำรับ มีอาหารหวานกว่า 50 ตำรับ อาหารว่างกว่า 10 ตำรับ นิยมใช้วัตถุดิบที่หาได้ในท้องถิ่นตามฤดูกาลที่มีภูมินิเวศซึ่งลุ่มน้ำเจ้าพระยา มีสูตรอาหารพื้นเมืองเฉพาะถิ่น เช่น แกงมะตาด แกงปลาร้าหัวตาล มีอาหารในพิธีกรรมถวายแก่นางสงกรานต์ คือ ข้าวแช่ ซึ่งเป็นอาหารหลักในงานทำบุญสงกรานต์ทุกปี ครัวเรือนส่วนใหญ่เข้าถึงปัจจัยการผลิตอาหารและปรุงอาหารโดยพึ่งตนเองได้จากการหาจากแหล่งน้ำ ปลูกเองและซื้อจากตลาดในชุมชนใกล้บ้าน ปัญหาที่พบคือคนรุ่นใหม่และคนที่ย้ายถิ่นเข้ามามีความรู้เรื่องอาหารพื้นเมืองน้อยและนิยมซื้ออาหารสำเร็จรูปมากขึ้นซึ่งอาจไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ จึงต้องการให้มีการส่งเสริมการผลิตวัตถุดิบทางอาหารแบบพึ่งตนเองได้มากขึ้น อยากให้มีกิจกรรมสืบทอดความรู้อาหารพื้นเมืองที่ปลอดภัยสู่คนรุ่นใหม่ และอยากให้มีการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ใช้ผลิตอาหารและคุณภาพอาหารอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดความมั่นคงทางอาหารให้ยั่งยืนต่อไป

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลสรุปการวิจัยของ สุวารีย์ ศรีปูณะและคณะ(2558) ที่พบว่า อาหารพื้นเมืองตามภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชนริมฝั่งแม่น้ำโขงตอนกลางของไทยและสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยเมืองเชียงคาน มีความหลากหลายของสูตรอาหารมากกว่า 130 ตำรับและเมืองชะนะคามมีมากกว่า 100 ตำรับ ที่ชุมชนเชียงคานมีมากกว่าเพราะความสะดวกด้านการขนส่งและการสื่อสาร และเป็นเมืองท่องเที่ยว จึงมีการปรับประยุกต์สูตรอาหารเพิ่มขึ้น แต่อาหารดั้งเดิมของสองชุมชนมีความเหมือนกันมากเพราะเป็นวิถีการบริโภคตามวัฒนธรรมชาวล้านช้างดั้งเดิมเหมือนกัน ต่างกันที่ที่ตั้งอยู่ริมแม่น้ำคนละฝั่งโขงและเป็นคนละประเทศ ปัจจัยการผลิตอาหารได้จากธรรมชาติทั้งในแหล่งน้ำและบนบก โดยสำรับหารหนึ่งๆมีผักเป็นวัตถุดิบประมาณร้อยละ 70 มีปลาและเนื้อวัว ควาย หมู ไก่เป็นอาหารโปรตีนหลัก และสิ่งที่ขาดไม่ได้คือน้ำพริกหรือแจ่วโดยมีผักและอาหารโปรตีนที่ใช้การปิ้ง ย่าง นึ่ง เป็นเครื่องเคียง ปัญหาที่คนในชุมชนห่วงใยคือคนรุ่นใหม่

บริโภคอาหารพื้นเมืองน้อยลงและไม่สามารถทำอาหารพื้นเมืองได้เพิ่มขึ้น จึงอยากให้มีกิจกรรมสืบทอดอาหารพื้นเมืองแก่คนรุ่นใหม่ควบคู่กับการเผยแพร่สู่นักท่องเที่ยว ซึ่งการทำอาหารพื้นเมืองที่เป็นอัตลักษณ์ชุมชนสามารถใช้เป็นอาชีพสนับสนุนการท่องเที่ยวเพิ่มรายได้ให้ครอบครัวได้ด้วย และผลการวิจัยของ ประภาศรี เติมสายทอง (2549) ยังพบว่าการค้นหาชุดสำรับและตำรับอาหารพื้นเมืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือทำให้ชุมชนตระหนักถึงคุณค่าอาหารในท้องถิ่นของไทย จึงควรได้รับการสนับสนุนและพัฒนาตำรับอาหารเพื่อธุรกิจและการท่องเที่ยวต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับ เครือวัลย์ หุตานุวัตร (2533) ที่สรุปไว้ว่ารูปแบบการบริโภคอาหารของชุมชนท้องถิ่นว่า ขึ้นอยู่กับสิ่งที่มีและหาได้ในแต่ละท้องถิ่น วิธีการเตรียมและประกอบอาหารเป็นแบบง่ายๆเป็นอาหารที่ชอบและทำกินกันเองเป็นประจำและผลิตวัตถุดิบทำอาหารแบบพึ่งตนเองได้ ดังนั้นในการจัดการกับปัญหาด้านการสร้างความมั่นคงทางอาหาร บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล (2553) จึงสรุปไว้ว่า ความมั่นคงทางอาหารในระดับชุมชนเป็นการที่ครอบครัวและชุมชนมีความสามารถในการพึ่งตนเองทางด้านอาหาร รวมทั้งมีความสามารถเข้าถึงหรือตัดสินใจด้านทรัพยากรอาหารได้อย่างเป็นธรรม เพื่อนำมาบริโภคในชีวิตประจำวันได้ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการและความพึงพอใจของคนในชุมชนด้วยวิธีการเก็บหาอาหารตามธรรมชาติ โดยจะต้องมีสิทธิเข้าถึงในทรัพยากรธรรมชาติได้โดยไม่ถูกจำกัดพื้นที่ในการใช้ประโยชน์ และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรจะต้องอยู่บนพื้นฐานการการบริหารจัดการที่ยอมรับ ส่งทอดและปฏิบัติร่วมกัน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ควรกิจกรรมและการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องในการสืบทอดความรู้ของภูมิปัญญาด้านอาหารพื้นเมืองสู่คนรุ่นใหม่ ทั้งวิธีการและกระบวนการของการทำอาหาร คุณค่าอาหาร การเพิ่มวัตถุดิบทางอาหารและการจัดการแหล่งผลิตและตลาดอาหารที่ปลอดภัยและพึ่งตนเองได้ในชุมชน รวมทั้งส่งเสริมเอกลักษณ์และความหลากหลายของอาหารพื้นเมืองในวิถีชีวิตและในกิจกรรมประเพณีต่างๆเพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหารให้ยั่งยืนต่อไป โดยการสนับสนุนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โรงเรียน สถาบันการศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

2. ควรวิจัยเชิงปฏิบัติการสร้างความมั่นคงทางอาหารและถ่ายทอดวิธีการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะดิน น้ำ เพิ่มวิธีการเทคนิคการปลูกพืชอาหารอินทรีย์และการตรวจความปลอดภัยของอาหารและคุณภาพวัตถุดิบทางอาหารโดยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมแก่ผู้นำชุมชน เยาวชนและตัวแทนครัวเรือน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้บริหารเทศบาลตำบลสามโคก ชาวชุมชนสามโคก อำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี ผู้บริหารและสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ความร่วมมือและสนับสนุนการวิจัยจนเรียบร้อยด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

เครือวัลย์ หุตานุวัตร และคนอื่นๆ. (2533). **รูปแบบการปรับปรุงพฤติกรรมการกินของชาวชนบทอีสานตอนบน.** โภชนาการสาร. ปีที 24, ฉบับที่ 1, 2533.

บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล. (2553). การพัฒนาตัวชี้วัดความมั่นคงทางอาหารภายใต้บริบทสังคมไทย จังหวัดเชียงใหม่. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประภาศรี ศรีปูณะ และคณะ. (2549).**รายงานการวิจัยชุดสำรับ/ตำรับอาหารท้องถิ่นจากหน่อไม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย** : จังหวัดเลย. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ศจินทร์ ประชาสันต์. (2552). **การพัฒนาดัชนีชี้วัดความมั่นคงทางอาหาร.** เอกสารรายงานสำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ. สำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ

สุวารีย์ ศรีปูณะ และคณะ. (2558). **รายงานการวิจัยความหลากหลายของอาหารพื้นเมืองชุมชนแม่น้ำโขงตอนกลางของไทยและสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว : กรณีศึกษา เมืองเชียงคานและเมืองชะนะคาม.** มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

สำนักงานจังหวัดปทุมธานี. (2559). **รายงานสรุปประจำปีจังหวัดปทุมธานี.** จังหวัดปทุมธานี.

สำนักงานเลขาธิการเครือข่ายวิจัยนโยบายด้านการพัฒนาเอเชีย (ADRF). (2548). **สรุปประเด็นทางนโยบายความมั่นคงด้านอาหารในเอเชียในบริบทเป้าหมายแห่งสหัสวรรษ.** สำนักงานเลขาธิการเครือข่ายวิจัยนโยบายด้านการพัฒนาเอเชีย(ADRF)

การศึกษาลักษณะเมล็ดข้าวงอกที่เหมาะสมสำหรับกลไกการหยอดข้าวนาน้ำตม

จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์[1*] วัชระ เพิ่มชาติ[1]

บทคัดย่อ

ดำเนินการทดสอบระบบหยอด 3 แบบ คือ ลูกหยอดร่องโค้ง และจานหยอดแบบรูรี และรูกลม เพื่อศึกษาหาระบบหยอดที่ทำความเสียหายแก่ข้าวงอกต่ำสุด ศึกษาและทดสอบความเสียหายเมล็ดข้าวงอก 8 แบบ คือ 1. เมล็ดหน่อหักมีราก 2. เมล็ดไม่มีหน่อมีราก 3. เมล็ดมีหน่อไม่มีราก 4. เมล็ดหักรากขาด 5. เมล็ดหักรากไม่ขาด 6. เมล็ดเต็มรากขาด 7. เมล็ดเต็มรากสั้น และ8)เมล็ดเต็มรากยาว และทดสอบความเสียหายเมล็ดข้าวงอกสำหรับระบบหยอด 3 แบบ คือ ระบบหยอดแบบลูกหยอดร่องโค้ง และจานหยอดแบบรูรี และรูกลม ผลการทดสอบพบว่าเมล็ดไม่มีหน่อมีรากมีค่าร้อยละความงอกต่ำสุด 13.33 และเมล็ดเต็มแบบรากยาวมีค่าร้อยละความงอกสูงสุด 97.33 ผลการทดสอบระบบหยอดแบบลูกหยอดร่องโค้ง และจานหยอดแบบรูรี และรูกลม ลูกหยอดแบบร่องโค้งมีค่าร้อยละความเสียหายต่ำสุดคือ 1.55 เมล็ดเต็มและรากขาด ขณะที่จานหยอดแบบรูรีมีร้อยละความเสียหายสูงสุดคือ 4.8 เป็นเมล็ดแตกหักและรากขาด ดังนั้นการออกแบบเครื่องหยอดข้าวนาน้ำตมควรเลือกใช้ลูกกวักแบบร่องโค้งทำให้เมล็ดข้าวเสียหายน้อยที่สุดและไม่ทำให้เมล็ดข้าวหน่อหลุด

คำสำคัญ : ลูกหยอดแบบร่องกวัก จานหยอดแบบแผ่น ข้าวงอก

[1]หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล; คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: jiraporn.ben@vru.com*

THE STUDY ON AN APPROPRIATED PRE-GERMINATED RICE FOR A METERING DEVICE OF PRE-GERMINATED RICE CULTIVATION

Jiraporn Benjaphragairat[1*] Watchara Permchart[1]

Abstract

Testings of the damage of pre-germinated seeds after passing 3 metering devices:- longitudinal hole roller metering device, oval shape and circle shape, were conducted to evaluate the lowest mechanical damage of pre-germinated rice. The study and testing for damages of seeded pre-germinated were 1. broken shoots-full roots, 2. no shoots-full rooted, 3.whole shoots-no roots, 4. broken seed-broken roots, 5. broken seed-full roots 6) whole seed-broken roots, 7. whole seed-short roots, 8. whole seed-long. From the test results, no shoots-full rooted had the lowest germination, 13.33%, and full-length roots had the maximum germination, 97.33%. The longitudinal hole roller metering device caused lowest damage, 1.55% of whole seed and damage roots, while the oval shape disc metering devices caused highest damage ,4.8% of broken seed and damage roots. Hence, hole roller metering device should be used in design of pre-germinated rice seeder in order to reduce seed damage.

Keywords : roller metering device, plate metering device, pre-germinated rice

[1] *Associate Professor of Engineering Program in Mechanical Engineering Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage,*

** corresponding outhor : e-mail:jiraporn.ben@vru.com*

บทนำ

การหว่านน้ำตม หรือการหว่านข้าวงอก เป็นวิธีการที่นิยมของเกษตรกรในเขตชลประทาน (คนึงศักดิ์และคณะ, 2548) เนื่องจากทำได้ง่าย ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายกว่าการปักดำ วิธีการนี้จะมีการเตรียมดินที่ประณีตกว่านาดำ โดยจะต้องมีการไถดะ ไถแปร และคราด เพื่อเก็บวัชพืชออกให้หมด และปรับระดับดินทำร่องบริเวณรอบ เพื่อที่จะหว่านข้าว (กรมการข้าว, 2552)เนื่องจากในภาวะปัจจุบันได้เกิดปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการทำนาและเป็นเหตุให้ค่าจ้างแรงงานสูงขึ้น โดยเฉพาะในช่วงการถอนกล้าและปักดำ ชาวนาจึงหันมาทำนาแบบหว่านข้าวงอก หรือหว่านน้ำตมเพิ่มขึ้น การทำนาหว่านน้ำตมนั้นมีข้อดีคือ ไม่ต้องถอนกล้าและปักดำ ซึ่งช่วยลดปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ส่วนข้อเสียคือ ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการปรับพื้นที่ปีแรก และการทำนาหว่านน้ำตมจะทำได้เฉพาะในเขตซึ่งควบคุมน้ำได้หรือในพื้นที่เขตชลประทาน อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์สูงกว่าการทำนาดำ และปัญหาที่สำคัญของนาหว่านน้ำตมคือ ปัญหาวัชพืช โรคพืช ศัตรูพืชต่างๆที่เข้ามาทำลายต้นข้าว ซึ่งไม่สามารถกำจัดได้ด้วยเครื่องมือกล เพราะลักษณะของนาหว่านจะมีต้นข้าวงอกกระจายทั่วทั้งแปลง ทำให้เกษตรกรไม่สามารถเข้าไปดูแลได้ทั่วถึง จึงทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงในการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นทำให้มีผู้คิดแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยได้แนวคิดมาจากการทำนาดำ ซึ่งจะมีลักษณะการปลูกเป็นแถว ง่ายต่อการดูแลรักษาต้นข้าว จึงได้มีการออกแบบและพัฒนาเครื่องหยอดข้าวนาน้ำตมแบบติดรถไถเดินตาม (กรมวิชาการเกษตร, 2552; กองเกษตรวิศวกรรม, 2548) เพื่อให้สามารถปลูกข้าวได้เป็นแถวซึ่งจะช่วยลดปัญหาวัชพืช โรคพืช และศัตรูพืชต่างๆลงได้ ช่วยลดเวลาในการทำงานทำให้เกษตรกรมีเวลาเหลือมาใช้ในการทำผลผลิตทางการเกษตรอย่างอื่น ลดค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานเพื่อใช้หว่านทำให้เกษตรกรมีรายได้สูงขึ้น และยังเห็นการเพิ่มผลผลิตข้าวให้มากขึ้นด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาหากลไกการหยอดข้าวงอก และลักษณะเมล็ดข้าวงอกที่เหมาะสมสำหรับการใช้เครื่องปลูกข้าวงอกนาน้ำตมในประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สัมภาษณ์เกษตรกรจังหวัดฉะเชิงเทรา วิธีการทำนาหว่านน้ำตม และคุณสมบัติของเครื่องหยอดข้าวงอกที่เกษตรกรต้องการ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ

2. ทดสอบการปลูกข้าวในห้องปฏิบัติการเปรียบเทียบความเสียหายของข้าวงอก ทำการนับต้นข้าวงอกหลังจากปลูกทุกๆ 4 วัน และ 7 วัน วางแผนการทดลองแบบ COMPLETE RANDOMIZED DESIGN (RCB) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละวิธีการทดลองด้วยวิธีการทดลองด้วยวิธี LSD (LEAST SIGNIFICANT DIFFERENCE) (กรมวิชาการเกษตร, 2553) มีวิธีการเตรียมเมล็ดข้าวงอก 8 วิธีการ ดังนี้ 1) เมล็ดเต็มรากยาว 2) เมล็ดเต็มรากสั้น 3) เมล็ดเต็มรากขาด 4) เมล็ดหักรากไม่ขาด 5) เมล็ดมีหน่อไม่มีราก 6) เมล็ดไม่มีหน่อมีราก 7) เมล็ดไม่มีหน่อไม่มีราก และ 8) เมล็ดหน่อหักมีราก ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ ๆละ 50 เมล็ด ทำการนับต้นงอกหลังปลูกทุกๆ 4 วัน และ 7 วัน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

3. ทดสอบเปรียบลักษณะของลูกหยอดเมล็ด 3 แบบคือ แบบลูกกวัก และแบบจานหยอดรูหยอดกลม และรูรี โดยพิจารณาความเสียหายของเมล็ดข้าวงอกเป็นเกณฑ์ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2537)

ผลการวิจัย

1. การสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เพาะปลูกข้าวนาน้ำตม พื้นที่ จ.ฉะเชิงเทรา

1.1 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างวิธีการปลูกข้าวด้วยการทำนาดำและนาหว่าน แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าใช้จ่ายในการทำนาดำ และทำนาน้ำตม ในพื้นที่ จังหวัดฉะเชิงเทรา

รายการ	นาดำ บาท/ไร่	นาหว่าน บาท/ไร่
1.ค่าปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมี	174.02	235.17
2.ค่ายาป้องกันกำจัดศัตรูพืชและวัชพืช	10.08	130.58
3.ค่าเมล็ดพันธุ์	88.4	140.21
4.ค่าจ้างแรงงานในการปลูก	137.8	53.11
รวม(บาท/ไร่)	410.3	559.07

2. แนวทางในการออกแบบเครื่องหยอดนาน้ำตม

จากการสัมภาษณ์เบื้องต้นเกษตรกรผู้ปลูกข้าวด้วยวิธีการทำนาน้ำตม ในด้านของราคาเครื่องและแรงงาน สรุปได้ดังนี้

1. เครื่องหยอดข้าวนาน้ำตมควรทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าปุ๋ยและค่ายาของนาหว่านน้อยลงกว่าเดิมหรือใกล้เคียงกับการทำนาดำ
2. เมื่อเทียบกับค่าจ้างแรงงานในการหว่านราคาของเครื่องไม่ควรมีราคาสูงมากและสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพมากกว่าคนหว่าน

สรุปคุณลักษณะของเครื่องหยอดที่เกษตรกรต้องการมีดังนี้

1. สามารถหยอดเมล็ดได้ระยะห่างระหว่างต้นและระหว่างแถว 25*25 ซม.
2. สามารถหยอดเมล็ดได้ครั้งละ 3-4 เมล็ด
3. ราคาถูก น้ำหนักเบา กลไกในการทำงานไม่ยุ่งยาก
4. ความสามารถในการทำงานอย่างน้อย 20 ไร่/วัน

3. ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ

3.1 คุณสมบัติข้าวงอกที่ใช้ในการทดสอบ (MOHSENIN, 1980) ดำเนินศึกษา และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวพันธุ์สุพรรณ 1 ที่แช่น้ำ 1 คืน หุ้ม 2 คืน มีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 ขนาดของเมล็ดข้าว เมล็ดพันธุ์ที่เพาะแล้วจำนวน 30 เมล็ด มาวัดขนาดทั้ง 3 ด้าน ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงขนาดต่างๆ ของข้าวงอก

ขนาด	ยาว(มม.)	กว้าง(มม.)	หนา(มม.)
ค่าสูงสุด	11	3.05	2.3
ค่าต่ำสุด	8.8	2.7	2.0
ค่าเฉลี่ย	10.03	2.83	2.16
ค่าความแปรปรวน	0.49	0.12	0.09

3.1.2 ความหนาแน่นรวมของข้าวงอก (BULK DENSITY) = 442 KG/M^3

3.1.3 น้ำหนักเมล็ดข้าวงอก 100 เมล็ด เท่ากับ 3.633 กรัม
หรือน้ำหนักเฉลี่ยของ 1 เมล็ด = 3.633/100 = 0.036 กรัม

3.1.4 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวงอก
ข้าวงอกอบที่อุณหภูมิ 105 องศา 24 ชม. มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยของข้าวงอก = 34.52 %

3.1.5 มุมกองพื้นของข้าวงอก = 39.8 องศา

3.1.6 มุมเสียดทานระหว่างข้าวงอกกับแผ่นเหล็ก = 42.0 องศา

3.1.7 เปอร์เซ็นต์ความงอกก่อนผ่านเครื่อง = 80.33 %

3.1.8 ความยาวรากของข้าวงอกหลังจากแช่น้ำ 1 คืน หุ้ม 2 คืน = 16.67 มม.

3.2 ผลกระทบของลักษณะเมล็ดข้าวงอกที่มีความเสียหายแบบต่างๆที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าว แสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 1

ตารางที่ 3 ผลการทดลองร้อยละความงอกของเมล็ดข้าวงอกเมื่อเมล็ดมีความเสียหายแบบต่างๆ

ลักษณะความเสียหายข้าวงอก	ร้อยละความงอก	
	หลังปลูก 4 วัน	หลังปลูก 7 วัน
เมล็ดเต็มรากยาว	94.7	97.3
เมล็ดเต็มรากสั้น	78	90.7
เมล็ดเต็มรากขาด	86.7	94.7
เมล็ดหักรากไม่ขาด	79.3	87.3
เมล็ดมีหน่อไม่มีราก	88	92.7
เมล็ดไม่มีหน่อไม่มีราก	95.3	96
เมล็ดไม่มีหน่อไม่มีราก	0	13.3
เมล็ดหน่อหักมีราก	81.3	90

ตารางที่ 4 เปรียบค่าเฉลี่ยของวิธีการทดลองการเพาะเมล็ดข้าวงอกทั้ง 8 วิธี

วิธีการเตรียมเมล็ด	ค่าเฉลี่ยร้อยละความงอก
เมล็ดเต็มรากยาว	97.33^{A}
เมล็ดเต็มรากสั้น	$90.67^{A,B}$
เมล็ดเต็มรากขาด	$94.67^{A,B}$
เมล็ดหักรากไม่ขาด	87.33^{B}
เมล็ดหักรากขาด	$92.67^{A,B}$
เมล็ดมีหน่อไม่มีราก	96.0^{A}
เมล็ดไม่มีหน่อมีราก	13.33^{C}
เมล็ดหน่อหักมีราก	$90^{A,B}$

ภาพที่ 1 แสดงการทดลองปลูกเมล็ดข้าวในถาดทดลองที่มีความเสียหายแบบต่างๆ

3.3 ทดสอบลูกหยอดเมล็ดแบบจานหยอด 2 ลักษณะ คือ แบบรูรี และแบบรูกลม (ดังแสดงในภาพที่ 2 (ก) (ข) และ (ค))

ภาพที่ 2 (ก) จานหยอดเมล็ดแบบรูรี (ข) จานหยอดเมล็ดแบบรูกลมและ (ค) ลูกกวักแบบร่องโค้ง

ตารางที่ 5 สรุปผลการทดลองความเสียหายที่เกิดจากลูกหยอดแบบต่างๆ

แบบระบบหยอด	ลักษณะความเสียหาย	ร้อยละความเสียหาย
จานหยอดรูรี	เมล็ดแตกหักและรากขาด	4.8
จานหยอดรูกลม	เมล็ดแตกหักและรากขาด	4.09
ลูกกวักร่องโค้ง	เมล็ดเต็มรากขาด	1.55

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

หน่อของเมล็ดข้าวมีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าวมากที่สุด ดังนั้นจึงควรเลือกระบบหยอดแบบที่ไม่ทำให้เมล็ดข้าวหน่อหลุด และทำให้เมล็ดข้าวเสียหายน้อยที่สุด จากผลการทดลองพบว่า เมล็ดไม่มีหน่อมีรากมีค่าร้อยละความงอกต่ำสุดคือ 13.33 แสดงว่าหน่อของเมล็ดข้าวมีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าวมากที่สุดทำให้เมล็ดไม่งอกหรืองอกได้น้อยมากในทางสถิติ เมื่อเทียบกับเมล็ดลักษณะอื่นสำหรับเมล็ดที่หักก็มีผลต่อการงอกเหมือนกันในทางสถิติ แต่ก็ไม่แตกต่างจากเมล็ดลักษณะอื่นมากนักจึงถือว่าไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ด ดังนั้นระบบกลไกการหยอดที่เหมาะสม คือระบบหยอดแบบลูกกวักร่องโค้ง ซึ่งเมล็ดไม่แตกหัก แต่รากขาด มีความเหมาะสมในการหยอดเมล็ดข้าวงอก มีค่าร้อยละความเสียหายต่ำสุด คือ 1.55 และมีค่าร้อยละความงอกสูงถึงร้อยละ 95

ข้อเสนอแนะ

การออกแบบเครื่องหยอดข้าวนาน้ำตมควรเลือกใช้ลูกกวักแบบร่องโค้งทำให้เมล็ดข้าวงอกเสียหายน้อยที่สุดและไม่ทำให้เมล็ดข้าวหน่อหลุด มีความเสียหายที่เกิดจากรากขาดเพียง 1.55 % และมีค่าร้อยละความงอกสูงถึงร้อยละ 95

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. (2552). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก HTTP://WWW.RICETHAILAND.GO.TH/RICE%20WEB/INDEX.HTML. (วันที่ค้นข้อมูล : 22 มิถุนายน 2552).

กรมวิชาการเกษตร. (2552). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : HTTP://WWW.DOA.GO.TH. (วันที่ค้นข้อมูล : 22 มิถุนายน 2552).

กรมวิชาการเกษตร. (2553). **เอกสารประกอบคำบรรยาย การใช้สถิติกับงานวิจัยเกษตร**. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการเกษตร ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร กทม.

กองเกษตรวิศวกรรม. (2548). **เครื่องจักรกลเกษตรและการจัดการผลิตพืช**. กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กทม.

คนึงศักดิ์ เจียรนัยกุลและคณะ. (2548). **เครื่องพ่นหว่านเมล็ดข้าวและปุ๋ยเม็ด**. เครื่องจักรกลเกษตร กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กทม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2537). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1236-2537 เครื่องหยอดเมล็ดพืช**.

MOHSENIN, N.N.1980. **PHYSICAL PROPERTIES OF PLANTING AND ANIMAL MATERIALS.** GORDON AND BREACH,SCIENCE PUBLISHER ,INC : 579

ความหลากหลายของผักพื้นบ้านของชุมชนมอญบางขันหมาก จังหวัดลพบุรี

เพียงใจ เจียรวิชญกุล[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายของผักพื้นบ้านในชุมชนมอญบางขันหมาก อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความหลากหลายของผักพื้นบ้านและวิธีการบริโภคผัก โดยได้เข้าไปสำรวจและเก็บตัวอย่างพรรณพืชในชุมชนและสัมภาษณ์คนในชุมชนเกี่ยวกับวิธีบริโภคระหว่างเดือนธันวาคม 2559 ถึง พฤศจิกายน 2560 พบผักพื้นบ้านทั้งหมด 39 วงศ์ 55 สกุล 62 ชนิด เป็นไม้ยืนต้น 12 ชนิด ไม้พุ่มกึ่งไม้ต้น 17 ชนิด ไม้พุ่มขนาดเล็ก 6 ชนิด ไม้เถา 13 ชนิด ไม้ล้มลุก 11 ชนิด และหญ้า 2 ชนิด วงศ์ที่พบมากที่สุดคือวงศ์ Fabaceae รองลงมาคือวงศ์ Curcubitaceae และ วงศ์ Malvaceae ตามลำดับ เมื่อจำแนกพืชตามส่วนที่บริโภคโดยที่พืชบางชนิดสามารถนำมาบริโภคได้มากกว่า 1 ส่วน พบว่าแบ่งออกเป็น 7 ส่วน คือผล 32 ชนิด ใบ 26 ชนิด ดอก 6 ชนิด ลำต้น 4 ชนิด เมล็ด 2 ชนิด รากและลำต้นอย่างละ 1 ชนิด ส่วนวิธีการบริโภคผักพื้นบ้านสามารถจำแนกออกเป็น 5 วิธีคือ แกงส้ม แกงเลียง แกงเผ็ด น้ำพริกและเครื่องจิ้ม

คำสำคัญ : ความหลากหลาย ผักพื้นบ้าน มอญบางขันหมาก

[1]*สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี*

**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:* peangjai04@hotmail.com

DIVERSITY OF INDIGENOUS VEGETABLES OF MON-BANGKUNMAK COMMUNITY IN LOPBURI PROVINCE

Peangjai Jianwitchayakul[1*]

Abstract

The study on diversity of indigenous vegetables in Mon-Bangkunmark community, Muang district, Lopburi province aimed to investigate a diversity of indigenous vegetables and plant consumption. The study was carried out in the community by field survey, collection of plant samples, and people interview about consumpting method during December 2016 to November, 2017. Result showed that there were 39 families, 55 genera and 62 species which were 13 species of tree, 17 species of shrub/shrubby tree, 6 species of undershrub, 13 species of climber, 11 species of herb and 2 species of grass. The most common vegetable were Fabaceae follow by Cucurbitaceae and Malvaceae respectively. When classified as consuming, some plants can be consumed more than one part which was divided into 7 parts as follow, fruit (32 species), leaves (26 species), flower (6 species), stem (4 species), seed (2 species) root and whole plant (1 specie each). The cooking utilization of indigenous vegetable separated into 5 methods, Kang Som (sour, spicy type of soup), Kang Liang (spicy-mixed vegetable soup), red curry, chilli paste and dipping sauce.

Keywords : diversity, indigenous vegetables, Mon-Bangkunmark

[1]*Department of Agriculture Faculty of Science and Technology Thepsatri Rajabhat University Lopburi.*

** Corresponding author, e-mail:* peangjai04@hotmail.com

บทนำ

ผักพื้นบ้านหมายถึงพรรณผักหรือพรรณไม้พื้นเมืองในท้องถิ่น ในแหล่งธรรมชาติ เช่น ในป่าเขา ป่าละเมาะ โคก หนองบึง ริมแม่น้ำ ลำคลอง ธารน้ำ สวนนาไร่หรือบางบ้านนำมาปลูกไว้ใกล้บ้านเพื่อสะดวกในการเก็บมาบริโภคซึ่งผักพื้นบ้านบางชนิดมีชื่อเฉพาะในแต่ละท้องถิ่นและมีวิธีการปรุงอหารตามท้องถิ่นนั้น ๆ (สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน, 2540)

บางขันหมากเป็นตำบลใหญ่ของอำเภอเมืองลพบุรีมีถึง 12 หมู่บ้าน มีชาวมอญอาศัยอยู่ประมาณสามในสี่ของประชากรทั้งตำบล เชื่อกันว่าชาวมอญบางขันหมากอพยพมาจากอำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี และอำเภอพระปะแดง จังหวัดสมุทรปราการ โดยเดินเรือจากแม่น้ำเจ้าพระยาขึ้นมาตามลำน้ำลพบุรี

ชาวมอญมีการปลูกพืชพรรณบางชนิดที่แตกต่างไปจากคนพื้นที่ภาคกลางอื่น ๆ เช่น ต้นมะตาด ต้นหน่อกะลา ต้นกะทิตาล ส่วนพืชผัก ชาวมอญนิยมกินผักมีเมือกลื่น เช่น กระเจี๊ยบเขียว กระเจี๊ยบแดง ผักกูด ผักปลัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระเจี๊ยบถือเป็นพืชที่นิยมกินกันทุกบ้านและทุกวัน นำมาปรุงอาหารหลากหลาย ความเด่นของอาหารมอญอีกประการคือ การปรุงอาหารให้มีรสจะใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติเป็นหลัก

ในปัจจุบันวัฒนธรรมการบริโภคได้มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากมีความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยี การพัฒนาสังคม กระแสเศรษฐกิจแบบทุนนิยมได้หลั่งไหลเข้าสู่ทุกชุมชนจึงทำให้คนมอญรุ่นใหม่เปลี่ยนวิถีการดำรงชีพไปตามแบบสมัยใหม่และมองไม่เห็นความสำคัญของภูมิปัญญาท้องถิ่นของบรรพบุรุษจนเกรงว่าภูมิปัญญาด้านอาหารของมอญที่รักษาอัตลักษณ์แห่งชาติพันธุ์มานานกว่า 700 ปีจะกลืนกลายผสมผสานไปกับกระแสแห่งความเปลี่ยนแปลง ซึ่งอาจส่งผลให้การถ่ายทอดองค์ความรู้และภูมิปัญญาการใช้ประโยชน์จากผักพื้นบ้านลดลงหรือสูญหายซึ่งมีผลกระทบต่อการลดลงหรือหายากขึ้นของชนิดพันธุ์และสายพันธุ์พืชอาหาร จึงมีความจำเป็นที่จะต้องรวบรวมข้อมูลองค์ความรู้และภูมิปัญญาเหล่านี้ไว้ไม่ให้สูญหาย และหาวิธีการอนุรักษ์พันธุ์พืชให้คงอยู่ในท้องถิ่นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความหลากหลายของผักพื้นบ้านของชาวมอญบางขันหมากจังหวัดลพบุรีและจำแนกอย่างเป็นระบบ

วิธีดำเนินการวิจัย

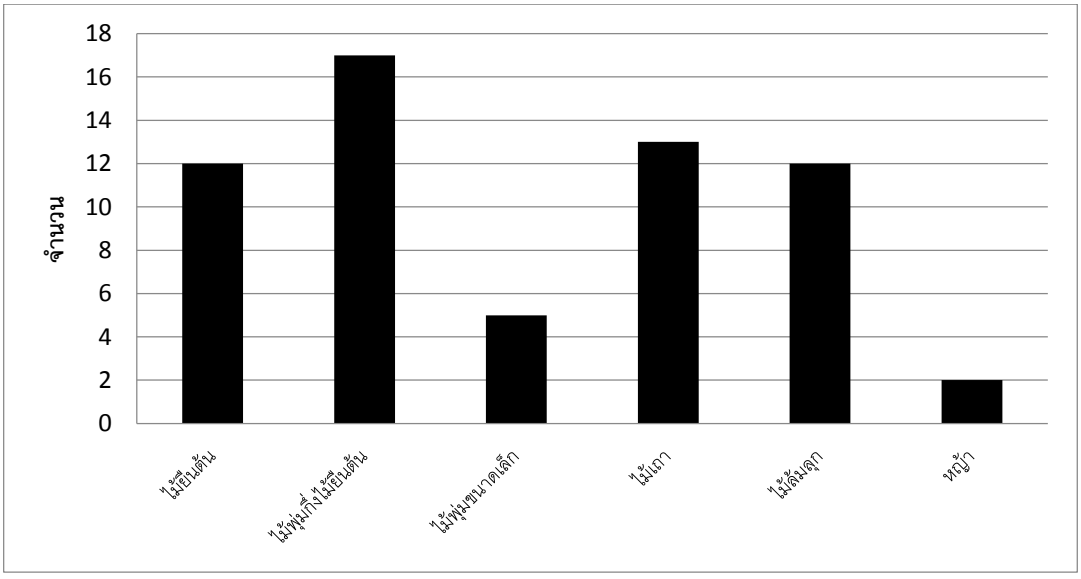
สำรวจและรวบรวมตัวอย่างผักพื้นบ้านในพื้นที่หมู่ 1, 2, 3, 6, 7, 9 และ 12 ตำบลบางขันหมาก อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2559 ถึง พฤศจิกายน 2560 บันทึกข้อมูลทางนิเวศวิทยา ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ถ่ายภาพและเก็บตัวอย่างพืชเพื่อนำมาทำเป็นตัวอย่างแห้ง เก็บไว้ที่สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี นำตัวอย่างพืชมาตรวจหาชื่อวิทยาศาสตร์ ที่หอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช หนังสือชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันทน์ (เต็ม, 2557) แล้วสัมภาษณ์การใช้ประโยชน์จากผักพื้นบ้านโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (purposive samling) โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (semi-structure) เกี่ยวกับภูมิปัญญาในการประกอบอาหาร วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัย

จากการศึกษาสามารถรวบรวมผักพื้นบ้านได้ 39 วงศ์ 55 สกุล 62 ชนิด เป็นไม้ยืนต้น 13 ชนิด ไม้พุ่มกึ่งไม้ต้น 17 ชนิด ไม้พุ่มขนาดเล็ก 6 ชนิด ไม้เถา 13 ชนิด ไม้ล้มลุก 11 ชนิด และหญ้า 2 ชนิด (ภาพที่ 1) เป็นพืชที่พบในบริเวณบ้านของราษฎรในชุมชน 46 ชนิด และพบตามทางเดิน ริมแม่น้ำ ลำคลอง ป่าละเมาะและทุ่งนา 15 ชนิด โดยวงศ์ที่พบมากที่สุดคือวงศ์ Fabaceae 10 สกุล 12 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ Curcubitaceae 4 สกุล 4 ชนิด วงศ์ Malvaceae 3 สกุล 3 ชนิด ผัก 8 ชนิดเป็นวัชพืชที่พบในบ้าน ทางเดิน ริมแม่น้ำ ลำคลองป่าละเมาะและทุ่งนา ได้แก่ ผักเสี้ยน ผักบุ้ง มันนก โสน โสนคางคก เอื้องน้ำ ผักตบชวา ตดหมูตดหมา (ตารางที่ 1)

เมื่อจำแนกส่วนของพืชที่นำมาใช้ประโยชน์โดยพืชบางชนิดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่า 1 ชนิด พบว่าส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์มากที่สุดคือ ผล 22 วงศ์ 30 สกุล 32 ชนิด รองลงมาคือใบ 17 วงศ์ 22 สกุล 26 ชนิด ดอก 3 วงศ์ 5 สกุล 6 ชนิด ลำต้น 4 วงศ์ 4 สกุล 4 ชนิด เมล็ด 2 วงศ์ 2 สกุล 2 ชนิด รากและลำต้นอย่างละ 1 วงศ์ 1 สกุล 1 ชนิด (ภาพที่ 2) (ตารางที่ 1) โดยผลจะนำมาบริโภคในรูปของผลไม้ หรือนำมาประกอบอาหารพวกแกง น้ำพริกหรือรับประทานกับน้ำพริก นอกจากนี้ยังใช้เป็นวัตถุดิบที่ใช้ปรุงอาหารให้มีรสเปรี้ยว ส่วนใบ จะนำมาประกอบอาหารในรูปของอาหารประเภทผัด แกง รับประทานกับน้ำพริก และใช้เป็นวัตถุดิบปรุงอาหารให้มีรสเปรี้ยว ดอก นำมาประกอบอาหารในรูปของแกง

วิธีการบริโภคผักพื้นบ้าน พบว่าราษฎรในชุมชนนำผักพื้นบ้านมาประกอบอาหาร 5 รูปแบบใหญ่ ๆ คือแกงส้ม แกงเลียง แกงเผ็ด น้ำพริกและเครื่องจิ้ม อาหารจากผักพื้นบ้านที่นิยมบริโภคมากที่สุดคือแกงส้ม ซึ่งใช้ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวได้แก่ มะขาม ส้มป่อย มะส้าน มะตาด ส้มพอเหมาะ กระท้อน และพุทราใส่ลงไปในน้ำแกงเพื่อให้แกงมีรสเปรี้ยว



ภาพที่ 1 แสดงจำนวนผักพื้นบ้านที่พบในชุมชนมอญบางขันหมาก จังหวัดลพบุรีจำแนกตามวิสัย

ตารางที่ 1 แสดงชนิดของผักพื้นบ้านที่พบในชุมชนมอญบางขันหมาก จังหวัดลพบุรี

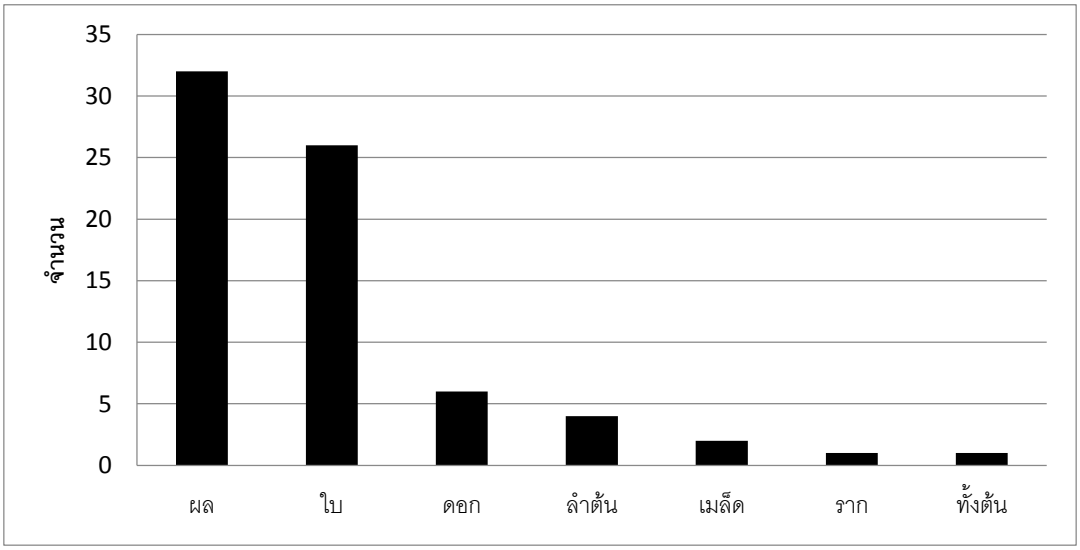
วงศ์	ชื่อสามัญ	ชื่อมอญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	วิสัย	ส่วนที่ใช้ประโยชน์
Amaranthaceae	ผักเป็ด	โกะเว้นกะ	*Alternanthera sessilis* (L.) R. Br. ex DC.	H	ทั้งต้น
Anacardiaceae	มะม่วง	เกรอะ	*Mangifera indica* L.	T	ใบ, ผล
Annonaceae	น้อยหน่า	กะเหลิด	*Annona squamosa* L.	ExS/ST	ผล
Araceae	บอน	กราว	*Colocasia gigantea* (Blume) Hook. f.	H	ลำต้น
Basellaceae	ผักปลัง	ฮาลอน	*Basella alba* L.	HC	ใบ
Bignoniaceae	เพกา	เกียงเอียก	*Oroxylum indicum* (L.) Benth ex Kurz	ST	ผล
Capparaceae	ผักเสี้ยน	ฮานัย	*Cleome gynandra* L.	H	ใบ
Cleomaceae	มะละกอ	ก็อตจี	*Carica papaya* L.	ExST	ผล
Clusiaceae	มะดัน	กะแหน่ม	*Garcinia schomburgkiana* Pierre	ST	ผล
Convolvulaceae	ผักบุ้ง	เมียะวุ่น	*Ipomoea aquatica* Forssk.	CrH	ใบ เมล็ด
Cucurbitaceae	แฟง	ฮาปอยซอน	*Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn.	ExHC	ผล
Cucurbitaceae	ตำลึง	มะหรบ	*Coccinia grandis* (L.) Voigt	HC	ใบ
Cucurbitaceae	ฟักทอง	ฮาปอย	*Cucurbita moschata* Duchesne	ExHC	ใบ ผล เมล็ด
Cucurbitaceae	มะระขี้นก	กะเว	*Momordica charantia* L.	HC	ผล
Dilleniaceae	มะส้าน	ปะหลอด	*Dillenia aurea* Sm.	T	ผล
Dilleniaceae	มะตาด	ฮะเปล้า	*Dillenia indica* L.	T	ผล
Dioscoreaceae	มันนก	ผ่ายะดะ	*Dioscorea birmanica* Prain & Burkill	HC	ราก
Fabaceae	ส้มป่อย	กะโป่ง	*Acacia concinna* (Willd.) DC.	ExT	ใบ
Fabaceae	ชะอม	ปักขะ	*Acacia pennata* (L.) Willd. subsp *insuavis* (Lace) L. C. Nielsen	C	ใบ
Fabaceae	โสนคางคก	ร้อยเหล่า	*Aeschynomene aspera L.*	US	ดอก
Fabaceae	อัญชัน		*Clitoria ternatea* L.	ExC	ดอก
Fabaceae	ถั่วแปบ	ถั่วแปบ	*Lablab purpureus* (L.) Sweet	C	ผล
Fabaceae	กระถิน	ปะคาด	*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit	S/ST	ใบ
Fabaceae	มะขามเทศ	มะเก็ด	*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.	ExT	ผล
Fabaceae	ถั่วพู	ถั่วพู	*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.	ExHC	ผล
Fabaceae	ขี้เหล็ก	เปี๊ยะขลัด	*Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby	T	ใบ

ตารางที่ 1 (ต่อ)

วงศ์	ชื่อสามัญ	ชื่อมอญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	วิสัย	ส่วนที่ใช้ประโยชน์
Fabaceae	แค	เหลี่ยมเซา	*Sesbania grandiflora* (L.) Poir.	ExST	ใบ ดอก
Fabaceae	โสน	อาหร๊อย	*Sesbania javaica* Miq.	US	ดอก
Fabaceae	มะขาม	มังโกรน	*Tamarindus indica* L.	ExT	ใบผล เมล็ด
Gramineae	ตะไคร้	ปุ่นปาน	*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf	ExG	ลำต้น
Hydrocharitaceae	สันตะวา	แกงร่อม	*Ottelia alismoides* (L.) Pers.	AqH	ใบ
Lamiaceae	แมงลัก	วานฮะแจ๊ะ	*Ocimumam africanum* L.	ExH	ใบ
Lamiaceae	โหระพา	วานฮาเริง	*Ocimum basilicum* L.	ExUS	ใบ
Lamiaceae	ยี่หร่า	วานเจิ้น	*Ocimum gratissimum* L. var. *macrophyllum* Briq.	ExS	ใบ
Lamiaceae	กะเพรา	วานกะเพรา	*Ocimum tenuiflorum* L.	US	ใบ
Malpighiaceae	เซอรี่	-	*Malpighia glabra* L.	ExS	ผล
Malvaceae	กระเจี๊ยบมอญ	บอกะตาด	*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench	ExS	ผล
Malvaceae	งิ้ว	เกล้าเกริด	*Bombax ceiba* L.	T	ดอก
Malvaceae	ส้มพอเหมาะ	ฮาเจบ	*Hibiscus sabdariffa* L.	ExH	ใบ
Meliaceae	กระท้อน	ต้า	*Sandoricum koetjape* (Burm. f.) Merr.	T	ผล
Menispermaceae	ย่านาง	กะหนะเลียง	*Tiliacora triandra* (Colebr.) Diels	C	ใบ
Moraceae	ขนุน	กันเนอะ	*Artocarpus heterophyllus* Lam.	ExT	ผล
Moraceae	ข่อย	ฮะหน่ายเกริก	*Streblus asper* Lour.	T	ผล
Moringaceae	มะรุม	ฮะนาบี	*Moringa oleifera* Lam.	ST	ดอก ผล
Musaceae	กล้วยน้ำว้า	ปร๊าดเก๊ตต้อ	*Musa paradisiaca* L.	H	ลำต้น ดอก ผล
Myrtaceae	ฝรั่ง	ฮนังกา	*Psidium guajava* L.	ExST	ผล
Onagraceae	แพงพวย	ฮาหมด	*Ludwigia adscendens* (L.) H. Hara	AqH	ใบ
Pandanaceae	เตย	เต้ย	*Pandanus kaidu* Kurz	S/ST	ใบ
Phyllanthaceae	มะยม	หล่าน	*Phyllanthus acidus* (L.) Skeels	ExST	ผล
Poaceae	อ้อยแดง	บาวฮะเกร็ด	*Saccharum officinarum* L.	G	ลำต้น
Polygonaceae	เอื้องน้ำ	ฮาเวี๊ยะ	*Persicaria orientalis* (L.) Spach	H	ใบ

ตารางที่ 1 (ต่อ)

วงศ์	ชื่อสามัญ	ชื่อมอญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	วิสัย	ส่วนที่ใช้ประโยชน์
Pontederiaceae	ผักตบชวา	ตมโป่ง	*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms	ExAqH	ลำต้น
Punicaceae	ทับทิม	-	*Punica granatum* L. var. *granatum*	ExS	ผล
Rhamnaceae	พุทรา	เมี๊ยะกาโต้	*Ziziphus jujuba* Mill.	ST	ผล
Rubiaceae	ยอ	กันโญ๊ะ	*Morinda citrifolia* L.	ST	ใบ ผล
Rubiaceae	ตดหมูตดหมา	ชูเกร้อ	*Paederia linearis* Hook. f. var. *linearis*	C	ใบ
Rutaceae	มะกรูด	มะกร้อด	*Citrus hystrix* DC.	ST	ใบ ผล
Rutaceae	มะส้าน	ปะหลอด	*Citrus ichangensis* Swingle	ST	ผล
Salicaceae	ตะขบไทย		*Flacourtia rukam* Zoll. & Moritzi	T	ผล
Solanaceae	พริกขี้หนู	กะล้อย	*Capsicum annuum* L.	ExUS	ผล
Solanaceae	มะเขือเปราะ	ฮะดง	*Solanum capsicoides* All.	ExH	ผล
Zingiberaceae	ข่า	กะเวิน	*Alpinia galanga* (L.) Willd.	ExH	ลำต้น



ภาพที่ 2 แสดงจำนวนผักพื้นบ้านที่พบในชุมชนมอญบางขันหมาก จังหวัดลพบุรี จำแนกตามส่วนที่ใช้ประโยชน์

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาความหลากหลายของผักพื้นบ้านในชุมชนมอญบางขันหมากพบผักพื้นบ้าน 62ชนิด โดยวงศ์ที่นำมาใช้ประโยชน์มากที่สุดคือวงศ์ Fabaceae ซึ่งสอดคล้องกับ Singh and Teron (2017) เมื่อเปรียบเทียบผักพื้นบ้านในชุมชนกับผักพื้นบ้านของชุมชนมอญสามโคก (วศินาและคณะ, 2549) พบว่ามี 43 ชนิด เป็นผักพื้นบ้านที่เป็นชนิดเดียวกัน 22 ชนิด ได้แก่ ส้มพอเหมาะ มะขาม มะรุม บอน เอื้องน้ำ แพงพวย มะตาด มะส้าน ฟักทอง กล้วยน้ำว้า มะดัน พุทรา มะม่วง กระท้อน มันนก ขี้เหล็ก ผักบุ้ง ผักเป็ด สันตะวา โสน งิ้ว และกระเจี๊ยบมอญ นอกจากนี้ยังพบผักพื้นบ้านที่ไม่พบในชุมชนมอญอื่น ๆ ได้แก่ผักปลัง เพกา ผักเสี้ยน แฟง ตำลึง มะระขี้นก มันนก ส้มป่อย ชะอม โสนคางคก อัญชัน ถั่วแปบ กระถิน มะขามเทศ โสน ย่านาง แพงพวย ผักตบชวา ข่อย ยอ ตดหมูตดหมา ตะขบไทย ซึ่ง Nitiworakan (2015) รายงานว่าอาหารมอญเป็นอาหารที่มีความหลากหลายของพืชและมีความแตกต่างกันไปตามฤดูกาลและสภาพแวดล้อม อย่างไรก็ตามพบว่าในทุกพื้นที่มีการบริโภคมะตาดและกระเจี๊ยบมอญอยู่ซึ่ง องค์ (2552) กล่าวว่ามะตาดกับกระเจี๊ยบมอญเป็นพืชอาหารหลักที่ผูกพันกับครัวมอญ

เมื่อพิจารณาส่วนของพืชที่นำมาใช้ประโยชน์พบว่าส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์มากที่สุดคือผล สอดคล้องกับ Ju *et al*. (2013) และ Uprety *et al*. (2012) โดยจะนำมาบริโภคในรูปของผลไม้ และประกอบอาหารจำพวกแกง รองลงมาคือส่วนของใบอ่อน ยอดอ่อน ทั้งนี้กมล (2544) รายงานว่า ใบและยอดอ่อนมีความอ่อนนุ่ม เคี้ยวง่าย เหมาะสำหรับบริโภคเป็นผักและนำมาประกอบอาหารจึงนิยมนำส่วนของใบมาบริโภคมากที่สุด

สำหรับวิธีการนำผักพื้นบ้านมาบริโภคพบว่าชุมชนมอญบางขันหมากนิยมนำผักมาทำเป็นแกงส้มมากกว่าอาหารประเภทอื่น โดยใส่ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวลงไปในน้ำแกงเพื่อให้อาหารมีรสเปรี้ยวแทนการใช้มะขามเปียก ซึ่งบุษบา (ม.ป.ป.) รายงานว่าภูมิปัญญานี้เป็นความโดดเด่นของอาหารมอญที่ใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติในการปรุงรสอาหาร

อย่างไรก็ตามพบว่าคนในชุมชนที่มีความรู้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากผักพื้นบ้านส่วนใหญ่จะเป็นคนสูงอายุ ในขณะที่คนวัยหนุ่มสาวจะนิยมบริโภคผักที่ซื้อมาจากตลาด จึงอาจทำให้องค์ความรู้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในท้องถิ่นสูญหายไปในไม่ช้า อีกทั้งพบว่าผักพื้นบ้านหลายชนิดอยู่สภาวะที่เสี่ยงต่อการสูญหายไปจากท้องถิ่นเนื่องจากมีการเจริญของชุมชนทำให้มีการตัดต้นไม้ในพื้นที่เพื่อสร้างที่อยู่อาศัยหรือใช้ยากำจัดวัชพืชในไร่นาส่งผลกระทบให้ผักพื้นบ้านที่ขึ้นในบริเวณนั้นถูกทำลาย ดังนั้น จึงควรที่จะได้มีการรวบรวมองค์ความรู้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากผักพื้นบ้านนี้ไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในกรณีที่เกิดสภาวะขาดแคลนอาหาร พร้อมทั้งช่วยกันอนุรักษ์พันธุ์พืชเหล่านี้ไว้ในท้องถิ่น เพื่อใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมนี้ในการปรับปรุงพันธุ์พืชต่อไป

ข้อเสนอเกี่ยวกับงานวิจัย

ควรมีการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผักพื้นบ้านแต่ละชนิดเพื่อให้ทราบถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการบริโภคผักพื้นบ้าน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

กมล เลิศรัตน์. (2544). **รายงานการประมวลองค์ความรู้เรื่องผักในประเทศไทย : สถานภาพของการผลิต ตลาด การตลาดและการวิจัย**. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

เต็ม สมิตินันทน์. (2557). **ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันทน์ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2557**. กรุงเทพฯ : สำนักงานหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

บุษบา ทองอุปการ. (ม.ป.ป.). **ภูมิปัญญาอาหารมอญ หมู่บ้านมอญสังขละบุรี**. สืบค้นจาก coit.kru.ac.th/research/images/stories/article7.pdf.

วศินา จันทรศิริ, วีรวัฒน์ วงศ์ศุปไทย, ไพรัตน์ จันทร์แบบ, รัชกร แก้วชาติ, ชูศักดิ์ ชัยฤชู, สายธาร วรฤทธานนท์, บุญแทน มิใย, ประทีป พงษ์สวัสดิ์, กิตติภพ นามพุทธา, ลัษมา ธารีเกษ, อรณา จันทรศิริ และวรรณภา มีเนตรทิพย์. (2549). **พลิกตำนานอาหารพื้นบ้านไทยรามัญ**.กรุงเทพฯ : กองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.).

วุฒิชัย ฤทธิ, บุญสนอง ช่วยแก้ว, ญาณพัฒน์ พรมประสิทธิ์, สุมิตานันท์ จันทะบุรี, กชกร ช่วยพัฒน์. วราพร ชูเส้นผม, เมธา ขันเงิน. (2558). ความหลากหลายของผักพื้นบ้านในตำบล โพไร่หวาน อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยากร อพ.สธ. ครั้งที่ 7 "ทรัพยากรไทย หวนดูทรัพย์สิ่งสินตน**. สืบค้นจาก http://khajornsak.net/rspg2558/poster.html.

สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. (2540). **ผักพื้นบ้าน : ความหมายและภูมิปัญญาของสามัญชนไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

องค์ บรรจุน. (2557). **ข้างสำรับมอญ**. กรุงเทพฯ : มติชน.

Ju, Y.,Zhou, J., Liu, B., & Long, C. (2013). Eating from the wild : diversity of wild edible plants used by Tibetans in Shangri-la region, Yuannan, China. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**. Retreived from http://www.ethnobiomed. com/content/9/11/28.

Nitiworakarn, S. (2015). Identity of Cultural Food : A case Study of traditional Mon cuisine in Bangkok, Thailand. **International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering** 9(6) : 2099-2013.

Uprety, Y., Poudel, R.C., Shrestha, K.K., Rajbhandary, S. Tiwari, N.N., Shrestha, U.B., & Asselin, H. (2012). Diversity of use and local knowledge of wild edible plant resources in Nepal. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**. Retrieved from http://www.ethnobiomed.com/content/8/1/16.

Singh, A.B., &Teron, R. (2017). **Diversity of food plants in Angami home gardens, Kohima district, Nagaland (India)**. Retrieved from www.researchgate.net/ publication/ 317826841.

ความหลากหลายของนกแขวงเซกอง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

พงศ์ศรัณย์ จันทร์ชุ่ม[1*] ขจรศักดิ์ จัยวัฒน์ [2] พูขัน สายะวงสา[3]

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายนกที่แขวงเซกอง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ทำการสำรวจนกใน 3 พื้นที่ ได้แก่ 1) บริเวณหมู่บ้านจัดสรร เมืองท่าแตง 2) บริเวณน้ำตกตาดแฝก ถึงน้ำตกตาดหัวคน และ 3) บริเวณหลัก 52 ถึงน้ำตกเซกาตามตกของเมืองละมาม ดำเนินการสำรวจระหว่างเดือนมกราคม -สิงหาคม 2558 รวมนกที่พบ 111 ชนิด สามารถจัดแบ่งตามหลักอนุกรมวิธานได้ จำนวน 14 อันดับ 41 ครอบครัว 71 สกุล เป็น Non-passerine 13 อันดับ 16 ครอบครัว 28 สกุล 38 ชนิด นกจับคอน (Passerine) 1 อันดับ 25 ครอบครัว 43 สกุล 73 ชนิด การสำรวจนี้ไม่พบชนิดนกที่ใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง, ชนิดที่ใกล้สูญพันธุ์ และชนิดที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ พบนกใกล้ถูกคุกคาม (Near Threatened) 1 ชนิดคือนกกะลิง Grey-headed Parakeet (*Psittacula finschii*) ซึ่งถูกล่ามาขาย และพบนก 1 ชนิด ที่ไม่มีในบัญชีของ Bird Life International คือ Zappey's flycatcher (*Cyanoptila cumatilis*)

คำสำคัญ : ความหลากหลายนก แขวงเซกอง ประเทศลาว

[1] *สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี*
e-mail: pjunshum@gmail.com

[2] *สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี*
e-mail: k_jaiyawat@yahoo.com

[3] *ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยจำปาสัก แขวงจำปาสัก*
e-mail: phoukhanhs@yahoo.com

**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: pjunshum@gmail.com*

DIVERSITY OF BIRD IN XEKONG PROVINCE; LAO PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC

Pongsarun junshum[1*] Kajornsak Jaiyarwat[2] Phoukhanh Sayavongsa[3]

Abstract

Birds surveyed at Tad Faek, Tad Houkon, Lak 52 forest, Tad Sekatamtok of Lamam district and in Thatang district near hydropower dam, Sekong province in Lao PDR. were conducted between January – August 2015. One - hundred and eleven species were found and categorized in 14 Orders, 41 families, and 71 Genera. Represent in Non-passerine 13 Orders, 16 Families, 28 Genera, 38 Species and Passerine 1 Order, 25 Families, 43 Genera,73 Species. They are all no critically endangered, endanger and vulnerable species. Just only 1 near threatened species of Grey-headed Parakeet (*Psittacula finschii*) which was hunted and for sale on the roadside along the way to Lak 52 forest. One species is not in the list of Bird Life International, Zappey's flycatcher (*Cyanoptila cumatilis*).

Keywords : Diversity of bird, Sekong province, Lao

[1] *Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University, e-mail:* pjunshum@gmail.com

[2] *Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University, e-mail:* k_jaiyawat@yahoo.com

[3] *Department of Biology Faculty of Science, Champasak University, Champasak Province, e-mail:* phoukhanhs@yahoo.com

* *Corresponding author, e-mail:* pjunshum@gmail.com

บทนำ

แขวงเซกอง อยู่ทางตอนใต้ของประเทศลาว ด้านตะวันออกติดกับชายแดนประเทศเวียดนาม เซกอง มีพื้นที่ 7,665 ตารางกิโลเมตร ได้ชื่อว่าเป็น “เมืองแห่งธรรมชาติ” เป็นแขวงที่มีประชากรน้อยที่สุด ประมาณ 85,000 คน หรือไม่ถึง 1 เปอร์เซ็นต์ ของประชากรลาวทั้งหมด มีชนเผ่าที่หลากหลายและมีวัฒนธรรมที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะถิ่น อาชีพหลักคือเกษตรกรรม ฉะนั้นจึงเป็นแขวงที่ยังมีความเป็นธรรมชาติอยู่มาก ข้อมูลชนิดของนกในประเทศลาวพบจำนวน 746 ชนิด และพบที่เซกอง 482 ชนิด น้อยกว่าในประเทศไทยที่มีจำนวน 1,046 ชนิด (Lepage, 2018) รวมทั้งในปี 2552 มีรายงานการค้นพบนกปรอทหน้าเกลี้ยง ซึ่งเป็นนกสายพันธ์ใหม่ ในประเทศลาว ซึ่งย้ำถึงความหลากหลายทางชีวภาพที่พิเศษของภูมิภาคลุ่มน้ำโขง (กลุ่มเรารักษ์ป่า, 2552) ความหลากหลายของนกสะท้อนให้เห็นสภาพความอุดมสมบูรณ์ของธรรมชาติ ซึ่งนกดำรงชีวิตสัมพันธ์กับต้นไม้และสภาพสังคมป่ามีความสามารถปรับตัวตามการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมจึงเป็นตัวชี้วัดสภาพแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้ดี (สวัสดิ์, 2552; Wang et al., 2014) โดยบริเวณที่มีความหลากหลายของไม้ต้นและไม้พุ่มมากจะพบนกได้มากชนิด รวมทั้งความหลากหลายของนกยังขึ้นอยู่กับฤดูกาลด้วย (Paker et al., 2014) จากความอุดมสมบูรณ์ของสภาพป่าไม้ของประเทศลาวที่ยังคงมีมากจึงมีโอกาสเป็นไปได้ที่ยังมีนกในป่าที่ยังไม่ถูกค้นพบโดยเฉพาะในแขวงเซกอง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความหลากหลายของนก ในแขวงเซกอง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สำรวจสภาพพื้นที่จริงและกำหนดเส้นทางสำรวจ ภายในแขวงเซกอง สปป.ลาว ซึ่งมี 3 พื้นที่ ได้แก่

พื้นที่สำรวจ 1 บ้านจัดสรร เมืองท่าแตง
พื้นที่สำรวจ 2 น้ำตกตาดแฝก ถึงน้ำตกตาดหัวคน
พื้นที่สำรวจ 3 หลัก 52 ถึงน้ำตกเซกะตามตก

2. ทำการเดินสำรวจเก็บข้อมูลนกที่ปรากฏให้เห็นตัวโดยสายตาและโดยใช้กล้องส่องทางไกล และได้ยินเสียงร้อง รวมทั้งจำนวน โดยทำการสำรวจ 3 ฤดู

3. บันทึกภาพนกกรณีที่เห็นตัวนก

4. จำแนกชนิดและวิเคราะห์ข้อมูลนกโดยเทียบภาพอ้างอิงจากหนังสือของ จารุจินต์ และคณะ (2550), ขัวไขคอนและคณะ (2003) และ Robson (2008)

5. คำนวณค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์โดยใช้สมการของ Shannon-Wiener Index (Shannon and Weaver, 1949) ดังนี้

$$H = -\sum_{i=1}^{s} Pi \ln Pi$$

โดย H = ค่าดัชนีความหลากหลายของนก
Pi = สัดส่วนระหว่างจำนวนตัวของนกชนิดนั้นต่อจำนวนตัวของนกทั้งหมด
S = จำนวนชนิดนกทั้งหมดที่ศึกษา

6. สรุปผลการศึกษา

ผลการวิจัย

จำนวนและชนิดนก

จากการเดินสำรวจเก็บข้อมูลนกที่ปรากฏให้เห็นตัวโดยสายตา โดยใช้กล้องส่องทางไกล และได้ยินเสียงร้อง รวมทั้งจำนวน โดยทำการสำรวจ 3 ฤดู ใน 3 จุดสำรวจ ได้แก่ 1) บ้านจัดสรร เมืองท่าแตง 2) น้ำตกตาดแฝก ถึงน้ำตกตาดหัวคน และ 3) หลัก 52 ถึงน้ำตกเซกะตามตก พบนกทั้งสิ้น 111 ชนิด แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดนกทั้งหมดที่สำรวจพบของแขวงเซกอง ใน 3 พื้นที่สำรวจ

ลำดับที่	ชนิดนก	ชื่อวิทยาศาสตร์	จุดสำรวจ		
			1	2	3
1	กวัก	*Amaurornis phoenicurus*	1		
2	กระจิ๊ด	*Phylloscopus* sp	2	1	
3	กระจิ๊ดธรรมดา	*Phylloscopus inornatus*	3		
4	กระจิ๊ดหางขาวพันธุ์จีน	*Phylloscopus claudiae*	1		
5	กระจิ๊ดสีคล้ำ	*Phylloscopus fuscatus*		1	
6	กระจิบธรรมดา	*Orthotomus sutorius*			8
7	กระจิบคอดำ	*Orthotomus atrogularis*			2
8	กระจิบหญ้าสีข้างแดง	*Prinia rufescen*			2
9	กระจอกใหญ่	*Passer domesticus*	2		
10	กระจอกบ้าน	*Passer montanus*	5	2	
11	กระติ๊ดขี้หมู	*Lonchura punctulata*	28		
12	กระติ๊ดตะโพกขาว	*Lonchula striata*	2		
13	กะเต็นน้อยธรรมดา	*Alcedo atthis*		1	
14	กะลิง	*Psittacula finschii*			1
15	กระเบื้องคอขาว	*Monticola gularis*		1	
16	กระเบื้องผา	*Monticola solitarius*	1	1	
17	กะปูดใหญ่	*Centropus sinensis*	3	1	5
18	กาฝากก้นเหลือง	*Dicaeum crysorrheum*			1
19	กาฝากปากหนา	*Dicaeum agile*			1
20	กางเขนบ้าน	*Copsecusychus saularis*	3		2
21	กางเขนดง	*Copsychus malabaricus*	1		2
22	กิ้งโครงคอดำ	*Gracupica nigricollis*	3	5	
23	กินปลีคอแดง	*Aethopyga siparaja*		1	1
24	กินปลีดำม่วง	*Cinnyris asiatica*		1	
25	กินปลีท้ายทอยน้ำเงิน	*Hypogramma hypogrammicum*			1
26	กินปลีอกเหลือง	*Nectarinia jugularis*	2	4	1

ลำดับที่	ชนิดนก	ชื่อวิทยาศาสตร์	จุดสำรวจ		
			1	2	3
27	กินแมลงอกเหลือง	*Macronous gularis*			1
28	ไก่ป่าตุ้มหูขาว	*Gallus gallus*			1
29	เขนน้อยปีกแถบขาว	*Aegithina tiphia*	2	1	1
30	ขมิ้นปีกสีเรียบ	*Aegithina lafresnayei*			1
31	ขมิ้นน้อยธรรมดา	*Hemipus picatus*	2	1	3
32	เขียวก้านตองปีกสีฟ้า	*Chloropsis cochinchinensis*			5
33	เขียวก้านตองหน้าผากสีทอง	*Chloropsis aurifrons*			2
34	เขียวคราม	*Irena puella*	2		3
35	เขาใหญ่	*Streptopelia chinensis*	4	4	
36	เขาพม่า	*Streptopelia orientalis*		1	
37	เขาไฟ	*Streptopelia tranquebarica*		1	
38	เขาเปล้าธรรมดา	*Treron curvirostra*			3
39	เค้าแมว	*Glaucidium cuculoides*	2	2	1
40	จับแมลงหัวเทา	*Culicicapa ceylonensis*		1	1
41	จับแมลงคิ้วเหลือง	*Ficedula narcissina*			1
42	จับแมลงสีน้ำตาล	*Muscicapa dauurica*	2	4	1
43	จับแมลงสีฟ้าท้องขาว	*Cyanoptila cyanomelana*	1		2
44	จับแมลงสีฟ้า	*Eumyias thalassina*	2	2	
45	จับแมลงจุกดำ	*Hypothymis azurea*	1		
46	จับแมลงคอแดง	*Ficedura parva*		1	
47	จาบคาเล็ก	*Merops orientalis*	3		
48	จาบดินอกลาย	*Pellorneum ruficeps*			2
49	แซงแซวหงอนขน	*Dicrurus hottentottus*	2	1	5
50	แซงแซวหางบ่วงใหญ่	*Dicrurus paradiseus*			3
51	แซงแซวสีเทา	*Dicrurus leucophaeus*	1		1
52	แซวสวรรค์	*Terpsiphone paradise*			1
53	เด้าลมหลังเทา	*Motacilla cinerea*	2	2	5
54	เด้าดิน	*Actitis hypoleucos*		1	
55	เด้าดินทุ่งเล็ก	*Anthus rufulus*	4		
56	ตะขาบทุ่ง	*Coracias bengalensis*		1	3
57	ตะขาบดง	*Eurystomus orientalis*	2	2	
58	ตีทอง	*Megaleima haemacephala*	1		
59	นางแอ่นตะโพกแดง	*Cecropis daurica*	1		3
60	นางแอ่นลาย	*Cecropis striolata*			4

ลำดับที่	ชนิดนก	ชื่อวิทยาศาสตร์	จุดสำรวจ		
			1	2	3
61	นิลตวาท้องสีส้ม	*Niltava vividar*		1	
62	บั้งรอกใหญ่	*Phaenicophaeus tristis*			1
63	ปรอดคอลาย	*Pycnonotus finlaysoni*	4	3	
64	ปรอดดำ	*Hypsipetes leucocephalus*			2
65	ปรอดทอง	*Pycnonotus atriceps*		2	2
66	ปรอดเหลืองหัวจุก	*Pycnonotus melanicterus*	5	5	5
67	ปรอดหัวโขน	*Pycnonotus jocosus*	3		
68	ปรอดหน้านวล	*Pycnonotus goiavie*	2		
69	ปรอดเล็กตาขาว	*Iole propinqua*			1
70	ปรอดเล็กสีไพรตาแดง	*Iole virescens*			4
71	ปรอดสวน	*Pycnonotus blandfordi*	3	4	
72	ปรอดโอ่งท้องสีน้ำตาล	*Alophoixus ochraceus*			2
73	ปีกลายสก็อต	*Garrulus glandarius*		5	
74	เปล้าหางเข็ม	*Treron apicauda*			4
75	เปล้าหางพลั่ว	*Treron sphenura*			3
76	เปล้าอกสีม่วงน้ำตาล	*Treron bicinctus*			
77	พิราบป่า	*Columba livia*	3		
78	โพระดกธรรมดา	*Megalaima lineate*	2	3	3
79	โพระดกหูเขียว	*Megalaima faiostricta*			1
80	โพระดกคอสีฟ้าเคราดำ	*Megalaima incognita*			1
81	พญาไฟสีกุหลาบ	*Pericrocotus roseus*	1		
82	พญาไฟสีเทา	*Pericrocotus divaricatus*		4	
83	พญาไฟตะโพกสีน้ำตาล	*Pericrocotus cantonensis*		1	
84	ภูหงอนท้องขาว	*Erpornis zantholeuca*	1		
85	ยอดหญ้าหัวดำ	*Saxicola torquata*	9		
86	ยางกรอกพันธุ์จีน	*Ardeola bacchus*		7	
87	ยางควาย	*Bubulcus coromandus*	3	19	
88	สีชมพูสวน	*Dicaeum cruentatum*		2	3
89	หกเล็กปากแดง	*Loriculus vernalis*			1
90	หัวขวานจิ๋วคิ้วขาว	*Sasia ochracea*	1		
91	เหยี่ยวหน้าเทา	*Butastur indicus*	1		
92	เหยี่ยวนกเขาชิครา	*Accipiter badius*	1	3	2
93	เหยี่ยวนกเขาหงอน	*Accipiter trivirgatus*		1	
94	เหยี่ยวผึ้ง	*Pernis ptilorhyncus*	1		1
95	เหยี่ยวรุ้ง	*Spilornis cheela*	2	3	

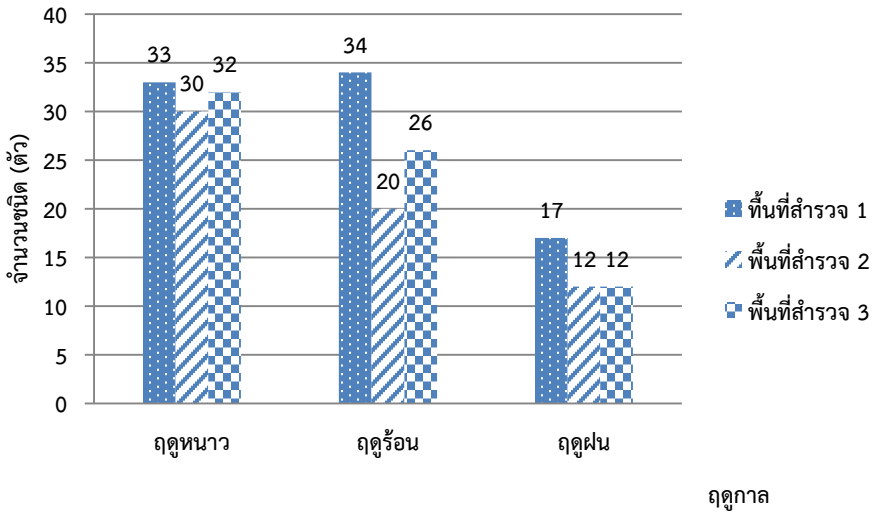
ลำดับที่	ชนิดนก	ชื่อวิทยาศาสตร์	จุดสำรวจ		
			1	2	3
96	เหยี่ยวฮอบบี้พันธุ์เอเชีย	*Falco severus*			2
97	แว่นตาขาวสีทอง	*Zosterops erythropleurus*	5		
98	แว่นตาขาวสีข้างแดง	*Zosterops erythropleurus*	2		
99	อีกา	*Corvus macrorhynchos*		1	
100	อีเสือหลังเทา	*Lanius tephronotus*		1	
101	อีเสือสีน้ำตาล	*Lanius cristatus lucionensis*	2	1	
102	อีเสือหลังแดง	*Lanius collurioides*	1		
103	อีวาบตั๊กแตน	*Cacomantis merulinus*	1		1
104	เอี้ยงสาริกา	*Acridotheres tristis*	3	4	
105	เอี้ยงหงอน	*Acridotheres grandis*	2		
106	แอ่นตาล	*Cypsiurus balasiensis*	2		7
107	แอ่นบ้าน	*Apus affinis*			4
108	แอ่นพง	*Artamus fuscus*	4	4	
109	แอ่นใหญ่หัวตาขาว	*Hirundapus giganteus*			5
110	Indochinese Barbet	*Megaleima annamensis*	1		
111	Zappey's flycatcher	*Cyanoptila cumatilis*			1
		รวมจำนวนชนิด	**58**	**45**	**57**

หมายเหตุ : ตัวเลขในช่องจุดสำรวจ แสดงจำนวนนกที่พบ (ตัว)

จำนวนชนิดนกโดยรวมที่พบในทั้งสามพื้นที่จะพบว่ามีจำนวนที่แตกต่างกัน โดยพื้นที่สำรวจที่ 1 บ้านจัดสรร เมืองท่าแตง พบจำนวนชนิดนกมากที่สุด คือ 58 ชนิด นกที่พบมากที่สุด ได้แก่ กระติ๊ดขี้หมู รองลงไปคือ ยอดหญ้าหัวดำ กระจอก ปรอดเหลืองหัวจุก แว่นตาขาวสีทอง รองลงไปเป็นพื้นที่สำรวจที่ 3 หลัก 52 ถึงน้ำตกเซกะตามตก พบจำนวนชนิดนก 57 ชนิด นกที่พบมากที่สุด ได้แก่ กระจิบธรรมดา รองลงไปคือ แอ่นตาล แอ่นใหญ่หัวตาขาว ปรอดเหลืองหัวจุก เด้าลมดง เขียวก้านตองปีกสีฟ้า แซงแซวหงอนขน และกะปูดใหญ่ และพื้นที่สำรวจที่ 2 น้ำตกตาดแฝก ถึงน้ำตกตาดหัวคน พบจำนวนชนิดนกน้อยที่สุด คือ 45 ชนิด นกที่พบมากที่สุด ได้แก่ ยางควาย รองลงไปคือ ยางกรอกพันธุ์จีน กิ้งโครงคอดำ ปรอดเหลืองหัวจุก และปีกลายสก๊อต

ฤดูกาลกับชนิดนก

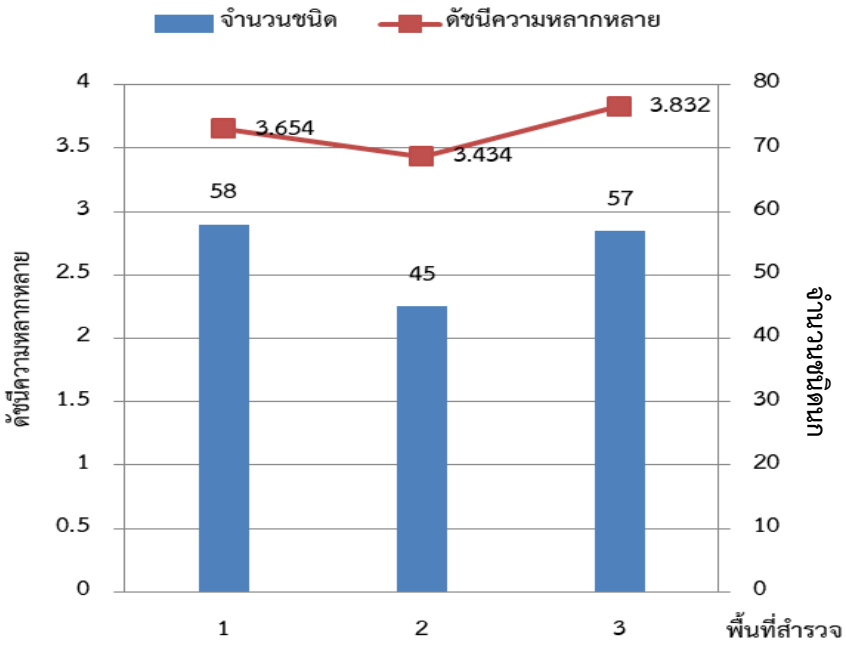
จากภาพที่ 1 จะพบว่าฤดูกาลจะมีผลต่อการพบเห็นจำนวนชนิดของนก โดยจำนวนชนิดนกที่พบจะพบมากที่สุดในช่วงฤดูหนาว รองลงไปคือช่วงฤดูร้อน และที่พบจำนวนชนิดนกน้อยที่สุดคือช่วงฤดูฝน



ภาพที่ 1 จำนวนชนิดนกที่สำรวจพบใน 3 พื้นที่ แยกตามฤดูกาลที่แตกต่างกัน

ดัชนีความหลากหลาย

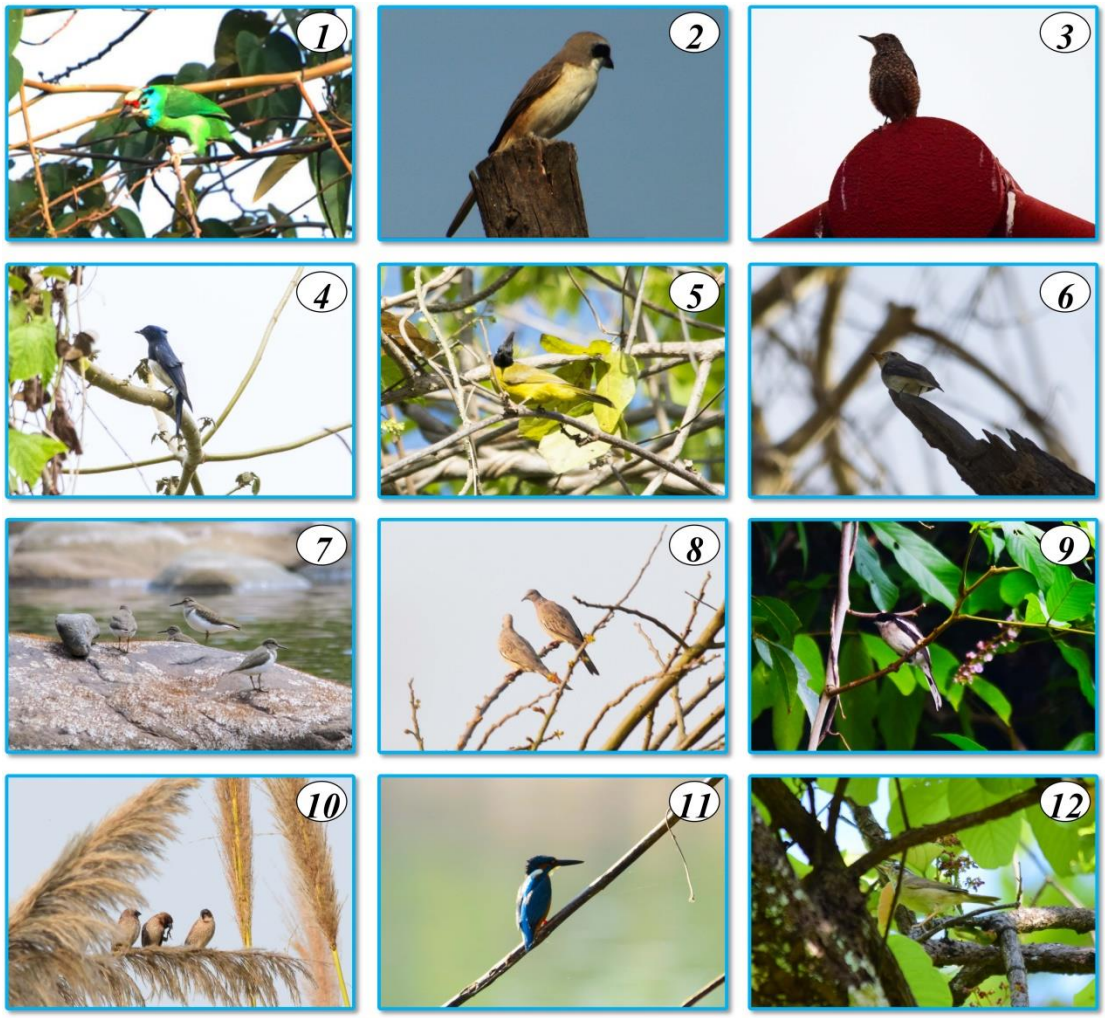
ดัชนีความหลากหลายของนกพบมากที่สุดที่พื้นที่สำรวจที่ 3 คือ 3.832 รองลงไปพื้นที่สำรวจที่ 1 คือ 3.654 และดัชนีความหลากหลายน้อยสุดในการสำรวจครั้งนี้ ได้แก่พื้นที่สำรวจที่ 2 คือ 3.434 แสดงในภาพที่ 2 ตัวอย่างนกที่สำรวจพบในครั้งนี้ แสดงในภาพที่ 3 และ 4



ภาพที่ 2 จำนวนชนิดนกทั้งหมดที่สำรวจพบและค่าดัชนีความหลากหลายของนก ในแต่ละพื้นที่สำรวจ 1) บ้านจัดสรร เมืองท่าแตง 2) น้ำตกตาดแฝก ถึงน้ำตกตาดหัวคน 3) หลัก 52 ถึงน้ำตกเซกะตามตก

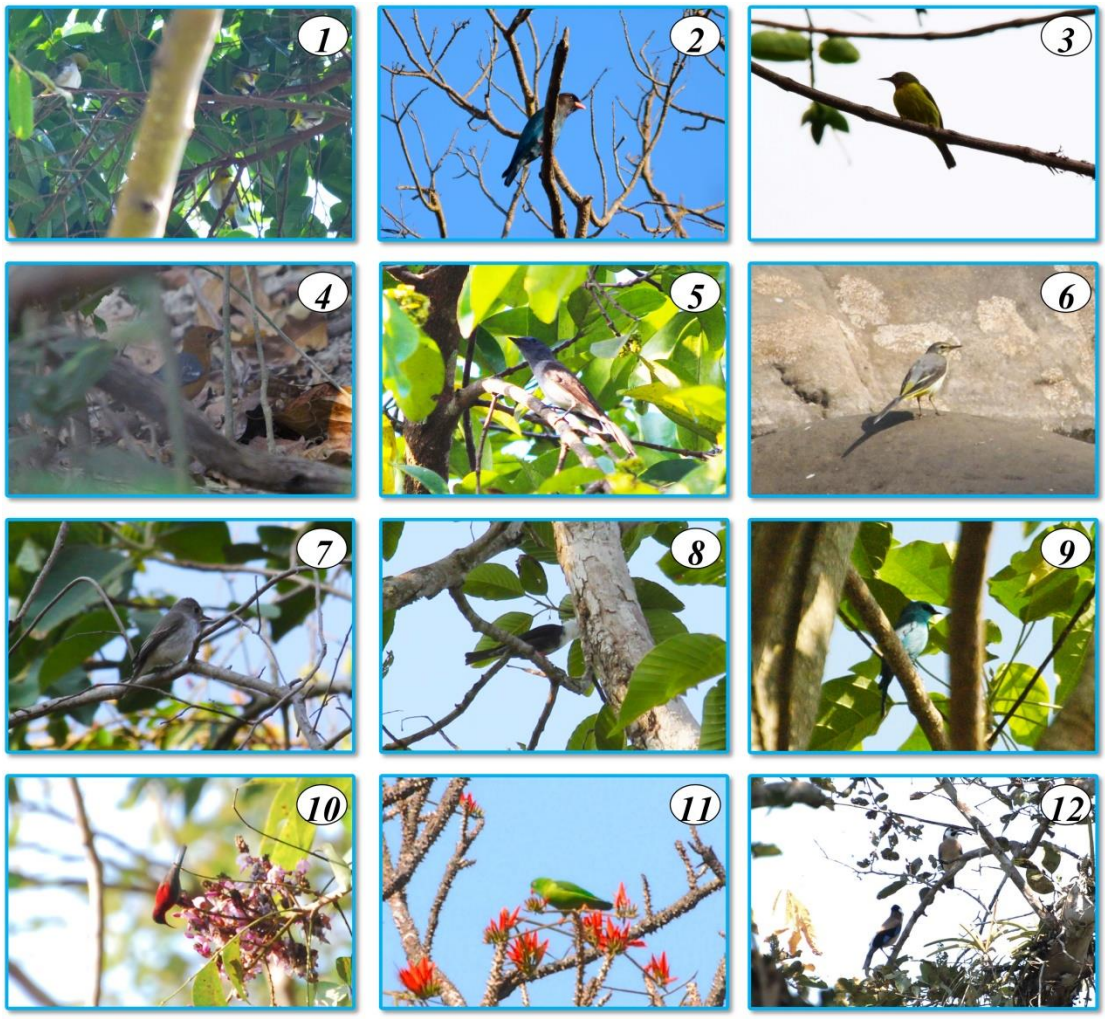
สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการสำรวจนกที่แขวงเซกอง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ใน 3 พื้นที่ ได้แก่ 1) บริเวณหมู่บ้านจัดสรร เมืองท่าแตง 2) บริเวณน้ำตกตาดแฝก ถึงน้ำตกตาดหัวคน และ 3) บริเวณหลัก 52 ถึงน้ำตกเซกาตามตกของเมืองละมาม พบนกทั้งสิ้น 111 ชนิด ไม่พบชนิดนกที่ใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง (Critically Endangered), ชนิดที่ใกล้สูญพันธุ์ (Endanger) และชนิดที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ (Vulnerable) พบนกใกล้ถูกคุกคาม (Near Threatened) 1 ชนิด, คือนกกะลิง Grey-headed Parakeet (*Psittacula finschii)* ซึ่งถูกล่ามาขาย และพบนก 1 ชนิดที่ไม่มีใน list ของ Bird Life International (2015) คือ Zappey's flycatcher *(Cyanoptila cumatilis)* ตัวอย่างนกที่สำรวจพบ แสดงในภาพที่ 3 และ 4



ภาพที่ 3 นกบางชนิดที่สำรวจพบในเมืองเซกอง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

1) Indochinese Barbet
2) นกอีเสือสีน้ำตาล
3) นกกระเบื้องผา
4) นกจับแมลงสีฟ้าท้องขาว
5) นกปรอดเหลืองหัวจุก
6) นกจับแมลงสีน้ำตาล
7) นกเด้าดิน
8) นกเขาใหญ่
9) นกเขนน้อยปีกแถบขาว
10) นกกระติ๊ดขี้หมู
11) นกกระเต็นน้อยธรรมดา
12) นกพงใหญ่พันธุ์ญี่ปุ่น



ภาพที่ 4 นกบางชนิดที่สำรวจพบในเมืองเซกอง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

1) นกแว่นตาขาวหลังเขียว
2) นกตะขาบดง
3) นกกินปลีคอสีน้ำตาล
4) นกเดินดงหัวสีส้ม
5) นกจับแมลงสีน้ำตาล
6) นกเด้าลมหลังเทา
7) นกจับแมลงสีน้ำตาล
8) นกปรอดดำ
9) นกจับแมลงสีฟ้า
10) นกกินปลีคอแดง
11) นกหกเล็กปากแดง
12) นกปีกลายสก็อต

จำนวนและชนิดนก จากการสำรวจนกในทั้ง 3 พื้นที่สำรวจ พบว่าพื้นที่สำรวจที่ 1 บ้านจัดสรร เมืองท่าแตงมีจำนวนชนิดนกมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากสภาพพื้นที่มีระบบนิเวศที่หลากหลายทั้งบ้านเรือนชุมชน พื้นที่นาและป่าชุมชน จึงส่งผลต่อชนิดนกที่หลากหลาย (สวัสดิ์, 2552; Wang et al., 2014) ขณะที่พื้นที่สำรวจที่ 3 ตั้งแต่หลัก 52 ถึงน้ำตกเซกะตามตก สภาพพื้นที่เป็นป่าดิบเขาใกล้แนวถนนที่ห่างไกลจากแหล่งชุมชน ถิ่นที่อยู่อาศัยถูก

รบกวนน้อยจึงพบนกได้มากชนิดเช่นกัน ส่วนพื้นที่สำรวจที่ 2 น้ำตกตาดแฝก ถึงน้ำตกตาดหัวคน ซึ่งเป็นป่าผลัดใบที่ทอดยาวตามลำน้ำ มีเส้นทางสัญจรและใกล้พื้นที่การเกษตรของชาวบ้าน และแหล่งชุมชน จึงพบจำนวนชนิดนกได้น้อยกว่าพื้นที่สำรวจอื่น

ฤดูกาลและชนิดนก จะพบว่าในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนจำนวนชนิดนกที่พบจะมากกว่าช่วงฤดูฝน เนื่องจากในฤดูหนาวและฤดูร้อนช่วงเดือนมกราคมและมีนาคมยังเป็นช่วงที่มีนกอพยพเข้ามามากรวมกับชนิดนกประจำถิ่น ขณะที่ในฤดูฝนการสำรวจในเดือนกรกฎาคม ต่อกับเดือนสิงหาคมซึ่งเป็นช่วงที่นกอพยพได้อพยพกลับไปแล้ว และเป็นช่วงเริ่มต้นของฤดูฝนอย่างแท้จริง ซึ่งการสำรวจในบางช่วงจะมีหมอกจัดมาก ทัศนวิสัยไม่เกิน 200 เมตร เป็นอุปสรรคสำคัญในการสำรวจ ยากในการมองและการถ่ายภาพซึ่งสภาพแวดล้อมไม่เอื้ออำนวยต่อการออกหากินของนก สอดคล้องกับการศึกษาของ Parker และคณะ (2014) ที่ฤดูมีผลต่อจำนวนชนิดของนกที่สำรวจพบ

ดัชนีความหลากหลายของนก ใน 3 พื้นที่จะมีความแตกต่างกัน ก็เนื่องมาจากการดำรงชีวิตของนกสัมพันธ์กับต้นไม้และสภาพสังคมป่า บริเวณนั้นๆ (สวัสดิ์, 2552) ซึ่งจำนวนชนิดและดัชนีความหลากหลายของนกมีความใกล้เคียงกับการศึกษาความหลากหลายของนกเมืองปากซอง แขวงเมืองจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ซึ่งมีค่าดัชนีความหลากหลาย 3.737 และพบนกทั้งสิ้น 67 ชนิด (พงศ์ศรัณย์ และพูขัน, 2558) และค่าดัชนีความหลากหลายของนกบนดอยแม่สลอง โดยค่าดัชนีความหลากหลายของป่าปฐมภูมิและป่าทุติยภูมิมีค่า 3.316 และ 3.395 ตามลำดับ ซึ่งค่าดัชนีอยู่ในระดับปานกลาง (จตุภูมิ และคณะ, 2557)

ข้อเสนอแนะ

1. ในการสำรวจนี้จะประสบปัญหาในการจำแนกชนิดนกกระจิ๊ดซึ่งมีความยากลำบากในการจำแนกมาก บางครั้งจึงระบุได้เพียงสกุล

2. ควรมีการสำรวจติดตามเป็นระยะ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของความหลากหลายนก เนื่องจากสภาพธรรมชาติในลาวมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะการตัดไม้เพื่อประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงบประมาณเป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มเรารักษ์ป่า. (2552). **พบนกหัวล้านที่ลาวเป็นนกเสียงเพราะสายพันธุ์แรกที่พบใหม่**. สืบค้น สิงหาคม 2561, จาก http://www.raorakpar.org/raorakparboard/index.php?topic=701.0.

จตุภูมิ มีเสนาะ, นริทธิ์ สีตะสุวรรณ และสตีเฟน เอลเลียต. (2557). ความหลากหลายของนกบนดอยแม่สลอง อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย. **วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา**. *9*(1), 9-29.

จารุจินต์ นภีตะภัฏ, กานต์ เลขะกุล และวัชระ สงวนสมบัติ. (2550). **คู่มือดูนก หมอบุญส่ง เลขะกุล นกเมืองไทย คณะบุคคล นายแพทย์บุญส่ง เลขะกุล**, กรุงเทพฯ.

บัวไขคอน แสวงศึกษา, สมสนิท ประวิงเวียงธรรม, สุรพิม บุญมาลา, จันทิมา พินทฤทธิ์, กรุณา พิงสา และสุวรรณี อุ่นมณี. (2546). **คู่มือจำแนกนกภาคสนามของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว.**

พงศ์ศรัณย์ จันทร์ชุ่ม และพูขัน สายะวงสา. (2558). ความหลากหลายของนกเมืองปากซองแขวงจำปาสัก สาธารณรับประชาธิปไตยประชาชนลาว. **การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ วันที่ 20-22 พฤษภาคม 2885 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช**.16-24.

สวัสดิ์ วงศ์ถิรวัฒน์. (2552). **การใช้นกเป็นตัวชี้วัดทางนิเวศวิทยา**. กลุ่มงานนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.

BirdLife International (2015). **Country profile: Laos**. Retrieved November 10, 2015, from http://www.birdlife.org/datazone/country/laos.

Lepage, D. (2017). **Avibase - the world bird database, Laos**. Retrieved january 10, 2018, from http://avibase.bsc-eoc.org/checklist.jsp?region=LA&list=howardmoore.

Paker, Y., Yom-Tov, Y., Alon-Mozes T. and Barnea, A. (2014). The effect of plant richness and urban garden structure on bird species richness, diversity and community structure**. Landscape and Urban Planning.** *122*, 186-195.

Robson, C. (2008). **A Field Guide to the Birds of Thailand and South-East Asia**. Bangkok : Asia Books.

Shannon, C. E. and Weaver, W. (1949). **The Mathematical Theory of Communication.** Illinois: University of Illinois Press.

Wang, Y., Xu, J., Chen, J., Wu, B. and Lu, Q. (2014). Influence of the habitat change for birds on community structure. **Acta Ecologica Sinica**, *34*, 1-6.

ผลของแก่นตะวันผง (*Helianthus tuberosus*) ต่อคุณภาพของสเฟียริคอลโยเกิร์ต

สุภณิดา พัฒธร[1*] ศิริพันธ์ แสนศิลา[2]

บทคัดย่อ

สเฟียริคอลโยเกิร์ต (spherical yogurt) คือโยเกิร์ตทรงกลมที่ใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (reverse spherification technique) ซึ่งเป็นกระบวนการทำอาหารเหลวหรือกึ่งเหลวให้เป็นทรงกลมกึ่งแข็ง (semi-solid spheres) เป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการทำอาหารสมัยใหม่ (modern cuisine) สเฟียริคอลโยเกิร์ตไม่เพียงแต่เป็นการสร้างความแปลกใหม่ให้กับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแต่ด้วยโครงสร้างของสเฟียริคอลโยเกิร์ตยังสามารถพัฒนาไปสู่การใช้เป็นอาหารนำส่งสารออกฤทธ์ (active compound) ให้กับผู้บริโภคได้อีกด้วย งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของแก่นตะวันผง (*Helianthus tuberosus*) ซึ่งเป็นแหล่งของอินนูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์ที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) ต่อคุณภาพของสเฟียริคอลโยเกิร์ตโดยแปรปริมาณแก่นตะวันผงเป็นร้อยละ 0 3 6 และ 12 ของส่วนผสมโยเกิร์ต และผลการศึกษาพบว่าแก่นตะวันผงมีผลต่อร้อยละการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติก ค่ากรด-ด่าง (pH) และค่าความหนืดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อร้อยละกรดแลคติกของโยเกิร์ตภายในสเฟียริคอลโยเกิร์ตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และมีผลต่อความเกาะตัว (cohesiveness) ร้อยละการแยกน้ำเวย์ (syneresis) ค่าสี L* และ a* ของสเฟียริคอลโยเกิร์ต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อ (firmness) และค่าสี b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยพบว่าแก่นตะวันผงร้อยละ 12 ทำให้สเฟียริคอลโยเกิร์ตมีร้อยละการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกสูง และเกิดการแยกน้ำเวย์ต่ำซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สเฟียริคอลโยเกิร์ตต่อไป

คำสำคัญ : สเฟียริคอลโยเกิร์ต การขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ แก่นตะวัน

---

[1] *หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail:* supanida@vru.ac.th

[2] *หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail*: si-ri-pun-1@hotmail.com

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: supanida@vru.ac.th*

EFFECT OF JERUSALEM ARTICHOKE POWDER (*Helianthus tuberosus*) ON QUALITIES OF SPHERICAL YOGURT

Supanida Pattorn [1*] Siriparn Sansiri [2]

Abstract

Spherical yogurt is created by a popular modernist cuisine technique called reverse spherification. This technique principally shaps a liquid or semi–liquid into semi-solid sphere. Spherical yogurt is not only create a novelty of yogurt products, but also can be used as a vehicle for active compound delivery. In this study, we investigated the effects of Jerusalem artichoke powder (*Helianthus tuberosus*), a source of inulin and fructo-oligosaccharide, with prebiotic property, on the qualities of spherical yogurt. The amount of Jerusalem artichoke powder added in yogurt was varied from 0, 3, 6 and 12% of the yogurt. The results revealed that Jerusalem artichoke powder had positive effects on survivability of lactic acid bacteria, pH and viscosity ($p \leq 0.05$), but it had no effect on % lactic acid percentage of the yogurt ($p > 0.05$). Moreover, Jerusalem artichoke powder had significant effects on cohesiveness, syneresis, L * and a * value of spherical yogurt ($p \leq 0.05$) but it had no effect on firmness and b* values ($p > 0.05$). This study suggests that the addition of 12 % Jerusalem artichoke powder into spherical yogurt provide the highest survivability of lactic acid bacteria and the lowest syneresis. The information could be used as a guideline for further development of spherical yogurt products.

Keywords : Spherical Yogurt, Spherification, Jerusalem Artichoke

[1] *Master of Science Program in Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under The Royal Patronage, e-mail:* supanida@vru.ac.th

[2] *Bachelor of Science Program in Food Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under The Royal Patronage, e-mail:* sansilasiripun@gmail.com

* *Corresponding author, e-mail:* supanida@vru.ac.th

บทนำ

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีการผลิตและบริโภคอย่างแพร่หลายไปทั่วโลกรวมถึงในประเทศไทย โยเกิร์ตเป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญ ได้แก่ โปรตีน แคลเซียม ฟอสฟอรัส ไรโบฟราวิน ไทอะมีน วิตามินบี 12 โฟเลต ไนอะซิน แมกนีเซียม เหล็ก และยังเป็นแหล่งของโปรไบโอติกที่มีประโยชน์ต่อระบบการทำงานของร่างกาย อีกทั้งกล่าวได้ว่าโยเกิร์ตเป็นอาหารที่มีศักยภาพในการนำส่งสารอาหารต่างๆ ได้ เช่น วิตามิน แร่ธาตุ เส้นใย ผักผลไม้ต่างๆ รวมถึงกรดไขมัน เข้าสู่ร่างกายในรูปของการเสริมสารอาหารลงไปในโยเกิร์ต (yogurt fortification (Hashemi et al., 2015) ยิ่งไปกว่านั้น ด้วยลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ต ความหนืด และรสเปรี้ยว ทำให้โยเกิร์ตเหมาะที่จะเป็นอาหารสำหรับผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุที่มีปัญหาด้านการกลืน (ปิยะภัทร เดชพระธรรม, 2556) ในประเทศไทยการผลิตโยเกิร์ตทางการค้ามี 2 ชนิด คือ ชนิดคงตัว (set yogurt) และชนิดคน (stirred yogurt) บรรจุในภาชนะปิดสนิทและบริโภคโดยการใช้ช้อนตักรับประทาน หากแต่แนวทางการพัฒนารูปแบบของโยเกิร์ตให้มีทรงกลมหรือที่เรียกว่า สเฟียริคอลโยเกิร์ต (spherical yogurt) ด้วยเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (reverse spherification technique) จะทำให้เกิดความแปลกใหม่ในรูปแบบผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต และยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพและอาหารเฉพาะกลุ่มต่ออีกด้วย

การขึ้นรูปทรงกลม (spherification) เป็นกระบวนการทำอาหารเหลวหรือกึ่งเหลวให้เป็นทรงกลมกึ่งแข็ง (semi-solid spheres) โดยใช้โซเดียมอัลจิเนตร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์หรือแคลเซียมกลูโคเนต การขึ้นรูปทรงกลม 2 วิธี คือ วิธีทางตรงหรือพื้นฐาน (direct or basic) และวิธีย้อนกลับ (reverse) ซึ่งการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับเหมาะสมกับนมหรือผลิตภัณฑ์นมเนื่องเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแคลเซียมในปริมาณมาก เมื่อหยดหรือใส่นมลงไปในอ่างสารละลายอัลจิเนตจะทำให้เกิดการเชื่อมข้าม (cross-linking) ของอัลจิเนตกับแคลเซียมที่บริเวณผิวรอบนอกห่อหุ้มของเหลวไว้ภายใน (Sen, 2017) นอกจากนี้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับยังเป็นวิธีการที่ใช้ห่อหุ้มสารออกฤทธิ์ (active compound) เช่น ไรโบฟราวิน แอนโธไซยานิน (Kurozawa & Hubinger, 2017)

แก่นตะวัน (Jerusalem artichoke) เป็นพืชหัวที่พบอินนูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์จำนวนมาก (van Loo et al, 1995) จากการศึกษาของ ศิริพร ตันจอและคณะ (2555) พบว่าแก่นตะวันที่ปลูกในประเทศไทยและมีอินนูลินปริมาณสูงคือสายพันธุ์ JA 38 (79.2-84.9 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม) และสายพันธุ์ที่พบปริมาณ ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรค์สูงคือสายพันธุ์ HEL 69 (20.8-23.3กรัมต่อน้ำหนักแห้ง) อินนูลินและโอลิโกแซคคาร์ไรด์มีประสิทธิภาพในการเป็นสารพรีไบโอติกและมีการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารมากมาย (Kolida, 2002) ร่วมทั้งในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตซึ่งเติมผงแก่นตะวัน (นพพร สกุลยืนยงสุข, 2558) หรือเติมอินนูลินจากแก่นตะวัน (Paseephol & Sherkat, 2009) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาผลของสารสำคัญในรูปแก่นตะวันผงต่อคุณภาพของสเฟียริคอลโยเกิร์ตและเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยและพัฒนาสเฟียริคอลโยเกิร์ตไปสู่การเสริมสารอาหารอื่น ๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาผลของปริมาณแก่นตะวันผงต่อปริมาณแบคทีเรียแลคติก สมบัติทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของโยเกิร์ตที่หุ้มด้วยสเฟียริคอลโยเกิร์ต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมแก่นตะวันผง

แก่นตะวันผงที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นแก่นตะวันผงทางการค้า (สะออนฟาร์ม) ที่ผ่านการบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย หยาบ เถ้า (AOAC, 2000) และคาร์โบไฮเดรต (โดยวิธีคำนวณ) เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 °C

2. การเตรียมสเฟียริคอลโยเกิร์ต

2.1 การเตรียมโยเกิร์ต (ดัดแปลงจาก นพพร สกุลยืนยงสุข, 2558)

ส่วนผสมของโยเกิร์ตประกอบด้วย น้ำนมสดพาสเจอไรซ์ทางการค้า น้ำตาลทราย (ร้อยละ 6 ของน้ำหนักนมสด) นมผงขาดมันเนย (ร้อยละ 3 ของน้ำหนักนมสด) เจลาติน (ร้อยละ 0.4 ของน้ำหนักนมสด) และโยเกิร์ตรสธรรมชาติทางการค้า (ร้อยละ 20 ของน้ำหนักนมสด) นำส่วนผสมทั้งหมดผสมกัน (ยกเว้นโยเกิร์ต) แล้วนำไปอุ่นให้จนที่อุณหภูมิ 40 °C หลังจากนั้นเติมแก่นตะวันผง (แปรปริมาณแก่นตะวันเป็นร้อยละ 0 3 6 และ 12 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด) นำไปโฮโมจิไนส์ (ความเร็วรอบ 11,000 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 2 นาที ก่อนนำไปให้ความร้อนอุณหภูมิ 70 °C เวลา 15 นาที เมื่ออุณหภูมิลดลงได้ 42-45 °C จึงเติมโยเกิร์ตทางการค้า และเติมสารละลายแคลเซียมแลคเทต (ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก) ร้อยละ 1 ของน้ำหนักส่วนผสมโยเกิร์ตรวมน้ำหนักแก่นตะวันผง แล้วนำไปโฮโมจิไนส์อีกครั้ง (ความเร็วรอบ 11,000 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 30 วินาที แล้วจึงบรรจุในภาชนะปิดสนิทก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 42 °C เวลาบ่ม 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำออกมาเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5±2 °C นาน 16 ชั่วโมง

2.2 การขึ้นรูปทรงกลม

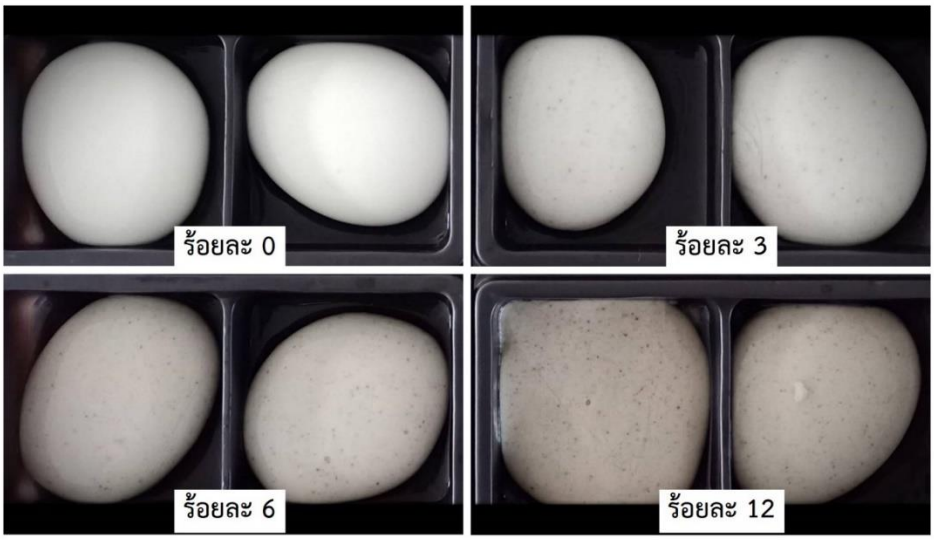
เตรียมสารละลายโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการโฮโมจีไนส์ (ความเร็วรอบ 16,000 รอบต่อนาที) และให้ความร้อนอุณหภูมิ 100 °C นาน 10 นาที จนเป็นสารละลายใส บรรจุในภาชนะปิดสนิท เก็บในตู้เย็นที่ อุณหภูมิ 5±2 °C ใช้หลักการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ โดยการตักโยเกิร์ตประมาณ 15 กรัม และหย่อนลงไปในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต (ควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 20 °C) คงไว้เป็นเวลา 2 นาที เพื่อให้เกิดเจลหุ้มโยเกิร์ตให้เกิดเป็นทรงกลม หลังจากนั้นตักสเฟียริคอลโยเกิร์ตขึ้น บรรจุในภาชนะปิดสนิท เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5±2 °C เป็นเวลา 7 วัน

วิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียแลคติก (lactic acid bacteria, LAB (AOAC, 2000) และรายงานเป็นร้อยละการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติก สมบัติทางเคมีได้แก่ ร้อยละกรดแลคติก (AOAC, 2000) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L* a* b* ด้วยเครื่องวัดสีแบบสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Ultrascan VIS) ความหนืดด้วยเครื่อง Rheometer RST Brookfield (Nguyen et al., 2017) ของโยเกิร์ตภายในสเฟียริคอลโยเกิร์ต และเนื้อสัมผัสด้วยการวัดแบบ TPA ด้วยเครื่องTexture Analyzer รุ่น TA.XT plus โดยใช้หัววัด P/50 compression (Basiri et al., 2018) และร้อยละการแยกน้ำเวย์ (syneresis) (อุษามาส จริยวรานุกูล, 2552) ของสเฟียริคอลโยเกิร์ต

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างสิ่งทดลองด้วย Duncan's new multiple range test

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของแก่นตะวันผงทางการค้าที่ผ่านการบดละเอียดและร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช เพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้พบว่ามีความชื้นร้อยละ 7.32 โปรตีนร้อยละ 9.97 ไขมันร้อยละ 0.07 เส้นใยหยาบร้อยละ 0.18 เถ้าร้อยละ 4.27 และมีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 78.20 (ต่อน้ำหนักเปียก) สเฟียริคอลโยเกิร์ตที่ผลิตจากโยเกิร์ตซึ่งแปรปริมาณแก่นตะวันผง 4 ระดับ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สเฟียริคอลโยเกิร์ตแปรปริมาณแก่นตะวัน ร้อยละ 0 – 12

นำผลิตภัณฑ์สเฟียริคอลโยเกิร์ตที่เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน มาวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียแลคติก และคำนวณร้อยละการรอดชีวิต สมบัติทางเคมี และสมบัติทางกายภาพแสดงดังตารางที่ 1 – 4 ดังนี้

ตารางที่ 1 ร้อยละการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติก (LAB) ปริมาณกรดแลคติก และค่าความเป็นกรด-ด่างของโยเกิร์ตภายในสเฟียริคอลโยเกิร์ตที่แปรปริมาณแก่นตะวันผง

ร้อยละ แก่นตะวันผง	ร้อยละการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติก	ร้อยละกรดแลคติก^{ns}	ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)
0	77.42^{b}±4.30	0.89±0.06	3.75^{b}±0.02
3	27.10^{b}±1.53	0.88±0.06	3.76^{b}±0.03
6	34.85^{b}±0.33	0.93±0.06	3.81^{b}±0.06
12	278.58^{a}±72.83	0.92±0.08	3.99^{a}±0.01

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a,b ในแนวคอลัมน์เดียวกันต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 2 สมบัติทางเนื้อสัมผัสของสเฟียริคอลโยเกิร์ตที่แปรปริมาณแก่นตะวันผง

ร้อยละ แก่นตะวันผง	ความแน่นเนื้อ [ns] (firmness)	ความเกาะตัว (cohesiveness)
0	194.33±22.54	0.23[c]±0.01
3	296.96±30.52	0.29 [b]±0.00
6	256.99±40.75	0.51[a]±0.00
12	198.34±9.96	0.50[a]±0.00

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a,b,c ในแนวคอลัมน์เดียวกันต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[ns] หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 3 ค่าความหนืดโยเกิร์ตภายในสเฟียริคอลโยเกิร์ต และ ร้อยละการแยกน้ำเวย์ของสเฟียริคอลโยเกิร์ตที่แปรปริมาณแก่นตะวันผง

ร้อยละแก่นตะวันผง	ค่าความหนืด (Pa.s)	ร้อยละการแยกน้ำเวย์
0	0.85 [b]±0.09	10.70[a]±0.39
3	0.65 [b]±0.01	10.13[a]±0.01
6	0.69 [b]±0.21	9.50[a]±0.91
12	1.28 [a]±0.11	8.11[b]±0.91

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a,b ในแนวคอลัมน์เดียวกันต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 ค่าสี L* a* b* ของสเฟียริคอลโยเกิร์ตที่แปรปริมาณแก่นตะวันผง

ร้อยละแก่นตะวันผง	L*	a*	b* [ns]
0	82.30 [a] ± 1.09	-1.50 [d]± 0.12	10.38 ± 0.10
3	70.42 [b] ± 4.15	0.41 [c] ± 0.16	12.00 ± 1.53
6	66.45 [b] ± 1.18	1.02 [b] ± 0.16	12.73± 0.18
12	58.84 [c] ± 0.24	1.74 [a] ± 0.06	13.45 ± 0.02

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a,b,c ในแนวคอลัมน์เดียวกันต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[ns] หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

แก่นตะวันผงเป็นแหล่งของอินนูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคารไรด์ซึ่งมีสมบัติเป็นพรีไบโอติก และมีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าแก่นตะวันผงทางการค้าสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคติก (สุภณิดา พัฒธร และ พิมพรรณ เทียนพูล, 2559) และจากผลการศึกษาดังตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าการเติมแก่นตะวันผงร้อยละ 12 มีผลให้ร้อยละการรอดชีวิตของ LAB ในสเฟียริคอลโยเกิร์ต ภายหลังการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 7 วัน สูงกว่าสูตรที่ไม่เติมและเติมผงแก่นตะวันร้อยละ 3 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเป็นเพียงสูตรเดียวที่มีร้อยละการรอดชีวิตเกินกว่า 100 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเติมแก่นตะวันผงลงไปในโยเกิร์ตไม่เพียงแต่ชะลอการลดลงของ LAB แต่ยังสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของ LAB ในระหว่างการเก็บรักษา และพบว่าแก่นตะวันผงไม่มีผลต่อปริมาณกรดแลคติกในสเฟียริคอลโยเกิร์ตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ นพพร สกุลยืนยงสุข (2558) ที่พบว่าปริมาณการเติมแก่นตะวันผงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตไขมันต่ำไม่มีผลต่อร้อยละกรดแลคติก แต่จากตารางที่ 1 พบว่าค่า pH ของสเฟียริคอลโยเกิร์ตสูตรที่เติมแก่นตะวันผงร้อยละ 12 มีค่า 3.99 และสูงกว่าสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ทุกสูตรมีค่า pH ไม่ต่ำกว่า 3.7 ซึ่งเป็นผลดีต่อความคงตัวของเจลแคลเซียมอัลจิเนตที่ห่อหุ้มโยเกิร์ต ทั้งนี้เนื่องจากที่สภาวะ pH ต่ำว่า 3.6 จะทำให้ความคงตัวของโครงสร้างเจลอัลจิเนตลดลง (Sen, 2017) ซึ่งสอดคล้องกับผลความแน่นเนื้อของสเฟียริคอลโยเกิร์ต ดังตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าปริมาณแก่นตะวันผงไม่มีผลต่อความแน่นเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) หรือกล่าวได้ว่าความแน่นเนื้อของของสเฟียริคอลโยเกิร์ตขึ้นกับความเข้มข้นของแคลเซียมในโยเกิร์ตและความเข้มข้นของสารละลายอัลจิเนตและกระบวนการขึ้นรูปซึ่งส่งผลต่อการเกิดและความแข็งแรงของโครงสร้างเจลอัลจิเนต (พัชรี คำประเวช และ สุธีรา วัฒนกุล, 2561) แต่เมื่อพิจารณาความเกาะตัว (ตารางที่ 2) ของสเฟียริคอลโยเกิร์ตพบว่าแก่นตะวันผงมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าการเกาะตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ในสูตรที่มีการเติมร้อยละ 6 และ 12 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการวัดความหนืดของโยเกิร์ตในสเฟียริคอลโยเกิร์ตดังตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการเติมแก่นตะวันผงร้อยละ 12 มีความหนืดของโยเกิร์ตสูงกว่าสูตรที่ไม่เติมและเติมแก่นตะวันในระดับ 3 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และสอดคล้องกับร้อยละการแยกน้ำเวย์ ที่พบว่าสูตรที่มีการเติมแก่นตะวันผงร้อยละ 12 มีร้อยละการแยกน้ำเวย์ของสเฟียริคอลโยเกิร์ตต่ำกว่าสูตรที่ไม่เติมและเติมแก่นตะวันในระดับ 3 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากอินนูลินซึ่งมีในแก่นตะวันมีคุณสมบัติในการจับ (water-holding capacity) น้ำได้ดี (Öztürk & Serdaroğlu, 2016) และจากการวิเคราะห์ค่าสีของสเฟียริคอลโยเกิร์ตพบว่าการเติมแก่นตะวันผงมีผลต่อค่า L* และ a* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง (L*) ลดลง และมีความเป็นสีแดง (a*) เพิ่มขึ้นซึ่งสังเกตได้ชัดเจนจากภาพที่ 1

จากผลการศึกษาที่ได้แสดงไปนั้นกล่าวได้ว่าปริมาณแก่นตะวันผงมีผลต่อปริมาณแบคทีเรียแลคติก สมบัติทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของสเฟียริคอลโยเกิร์ต โดยแก่นตะวันผงร้อยละ 12 ของน้ำหนักส่วนผสมโยเกิร์ตทั้งหมด มีผลต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติก ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และความหนืดของโยเกิร์ตในสเฟียริคอลโยเกิร์ต (เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±2 °C นาน 7 วัน) สูงกว่าการเติมแก่นตะวันผงร้อยละ 3 และ 6 และพบว่าสเฟียริคอลโยเกิร์ตที่เติมแก่นตะวันผงร้อยละ 12 ของน้ำหนักส่วนผสมโยเกิร์ตทั้งหมด มีค่าความเกาะตัว และ ค่าสี a* สูงที่สุด แต่มีค่าสี L* และเกิดการแยกน้ำเวย์ต่ำที่สุด ซึ่งข้อมูลนี้สามารถนำสู่การปรับปรุง

และพัฒนากระบวนการผลิตสเฟียริคอลโยเกิร์ตเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเชิงพาณิชย์รูปแบบใหม่ และมีแนวทางในการผลิตสเฟียริคอลโยเกิร์ตเพื่อเป็นอาหารนำส่งสารออกฤทธิ์ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นในการพัฒนาสเฟียริคอลโยเกิร์ตเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรูปแบบใหม่ในเชิงพาณิชย์ และพัฒนาสเฟียริคอลโยเกิร์ตไปสู่การเสริมสารออกฤทธิ์ลงไป ซึ่งจำเป็นที่ต้องศึกษาการคงอยู่ของสารระสำคัญและคุณภาพทางประสาทสัมผัส อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ และหากต้องการนำไปเป็นอาหารสำหรับผู้บกพร่องทางการกลืนก็จำเป็นต้องศึกษาถึงขนาดและการขึ้นรูปที่เหมาะสมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

นพพร สกุลยืนยงสุข. (2558). **การพัฒนาโยเกิร์ตไขมันต่ำเสริมแป้งแก่นตะวัน**. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ปิยะภัทร เดชพระธรรม. (2556). ปัญหาการกลืนในผู้สูงอายุ. **เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร.** 23(3): 73-80.

พัชรี คำประเวช และ สุธีรา วัฒนกุล. (2561). การผลิตเม็ดบีดส์น้ำเสาวรสด้วยเทคนิครีเวิร์สสเฟียริฟิเคชัน. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 26(8 ฉบับเสริม), 1381-1393.

ศิริพร ตันจอ, ครรชิต จุดประสงค์, ชนัญฑิตา ไชยโต และสนั่น จอกลอย. (2555). อินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ในแก่นตะวันสายพันธุ์ต่าง ๆ. **วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 17(1): 25-34.

สุภณิดา พัฒธร และ พิมพรรณ เทียนพูล. (2559). ผลของแก่นตะวันต่อแบคทีเรียแลคติกในซอร์เบทโปรไบโอติก. **วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 11(2), 59-71.

อุษามาส จริยวรานุกูล. (2552). ผลของสารให้ความหวานต่อคุณภาพของโยเกิร์ต. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย**, 29(4), 102-111.

A.O.A.C. (2000). **Official Methods of Analysis**. (17th ed). Arlinton: Association of Official Analytical Chemists.

Hashemi G. H., Eskandari, M. H., Mesbahi, G., & Hanifpour, M. A. (2015). Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review. **Food Science and Human Wellness**, 4(1), 1-8

Kolida, S., K. Tuohy and G. R. Gibson. (2002). Prebiotic effects of inulin and oligofructose. **British Journal of Nutrition**, 87(suppl.2), s193-s197.

Kurozawa, L. E., & Hubinger, M. D. (2017). Hydrophilic food compounds encapsulation by ionic gelation. **Current Opinion in Food Science**, 15, 50-55.

van Loo, J., Coussement, P., de Leenheer, L., Hoebregs, H., & Smits, G. (1995). On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the western diet. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 35(6), 525-552.

Nguyen, P. T. M., Kravchuk, O., Bhandari, B., & Prakash, S. (2017). Effect of different hydrocolloids on texture, rheology, tribology and sensory perception of texture and mouthfeel of low-fat pot-set yoghurt. **Food Hydrocolloids**, 72, 90-104.

Öztürk, B.B., & Serdaroğlu, M. (2016). A Rising Star Prebiotic Dietary Fiber : Inulin and Recent Applications in Meat Products. **Journal of Food and Health Science**, 3(1), 12-20..

Paseephol, T., & Sherkat, F. (2009). Probiotic stability of yoghurts containing Jerusalem artichoke inulins during refrigerated storage. **Journal of Functional Foods,** 1(3), 311-3.

Sen D. J. (2017). Cross linking of calcium ion in alginate produce spherification in molecular gastronomy by pseudoplastic flow. **World Journal of Pharmaceutical Sciences**, 5(1), 1-10.

บทความวิจัยภาคโปสเตอร์
(Poster Presentation)
กลุ่ม การเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม

การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา ครั้งที่ 9
“วิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคม”
วันที่ 18-19 ตุลาคม 2561
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

การศึกษารูปแบบการเลี้ยงปลาช่อน (*Ophicephalus striatus*) สำหรับบ้านหนองขวาง อำเภอคูเมือง จังหวัดบุรีรัมย์

ดนัย รัชตะวราเศรษฐ์[1*] บรรเจิด สอนสุภาพ[1] สายรุ้ง สอนสุภาพ[1]

บทคัดย่อ

การศึกษารูปแบบการเลี้ยงปลาช่อนในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและรูปแบบการเลี้ยงปลาช่อนที่เหมาะสมกับชุมชนบ้านหนองขวาง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยมีรูปแบบการเลี้ยงต่างกัน 4 แบบ ได้แก่ เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ บ่อกระชัง บ่อกระชังบก และบ่อดิน ขนาด 1x2 ตารางเมตร จำนวน 4 ซ้ำ ปลาช่อนมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 24.38±1.25, 24.06±1.20, 24.06±0.63 และ 23.44±0.63 กรัม ตามลำดับ ที่ความหนาแน่น 40 ตัวต่อตารางเมตร ใช้อาหารสำเร็จรูปโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ ให้กินจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 70 วัน พบว่า การเลี้ยงปลาช่อนในรูปแบบต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตที่ต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยการเลี้ยงปลาช่อนในบ่อกระชังมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด ($p<0.05$) ในด้านของน้ำหนักเฉลี่ย (91.57±4.52 กรัมต่อตัว) น้ำหนักเพิ่มต่อวันเฉลี่ย (0.96±0.06 กรัมต่อตัวต่อวัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (1.91±0.08 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน) ความยาวเฉลี่ย (22.70±0.16 เซนติเมตรต่อตัว) อัตราแลกเนื้อเฉลี่ย (3.48±0.45) และอัตราการรอดตายเฉลี่ย (68.75±14.40 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับการเลี้ยงปลาช่อนในบ่อดิน บ่อซีเมนต์ และในบ่อกระชังบก จากผลการทดลองในครั้งนี้สรุปได้ว่ารูปแบบการเลี้ยงปลาช่อนในบ่อกระชัง มีความเหมาะสมกับชุมชนบ้านหนองขวางมากที่สุด

คำสำคัญ : รูปแบบการเลี้ยง ปลาช่อน การเจริญเติบโต

[1] *อาจารย์ สาขาวิชาประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ e-mail: chai_danai@hotmail.com*

* *ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:* chai_danai@hotmail.com

THE STUDY OF SNAKEHEAD FISH (*OPHICEPHALUS STRIATUS*) CULTURE MODEL FOR BAN NONG KHWANG, KHU MUEANG DISTRICT, BURIRAM PROVINCE

Danai Ratchatawaraset[1*] Bancherd Sornsupharp[1] Sairung Sornsupharp[1]

Abstract

The study of Snakehead fish (*Ophicephalus striatus*) culture model was to aim out the growth rate and the appropriate model for Ban Nong Khwang community. The experimental was completely random design in cement ponds, cages ponds, land cage ponds, and earthen ponds at size 1×2 meter with 4 replications. Snake head fish with average initial weight of 6.10±0.14, 5.34±1.14, 5.95±0.10 and 5.34±0.97 gram, respectively. The densities rate of 40 fish per square meter. Experimental diets were 35 percent protein and feed ad libitum 2 times a day during 70 days. The results showed that different pond model had significant different growth rate ($p<0.05$). The cages ponds had high growth rate ($p<0.05$) in term of average weight gain (91.57±4.52 gram per fish), average daily weight gain (0.96±0.06 gram per fish per day). Similarly, the specific growth rate (1.91±0.08 percent per day), average length (22.70±0.16 centimeter per fish), average feed conversion ratio (3.48±0.45) and average survival rate (68.75±14.40 percent) compared with the other ponds. The results conclude that cages ponds model very appropriate for Ban Nong Khwang community.

Keywords : culture model, Snakehead fish, growth rate

[1] *Program of Fisheries, Faculty of Agricultural Technology, Buriram Rajabhat University, e-mail: chai_danai@hotmail.com*

* *Corresponding author, e-mail:* chai_danai@hotmail.com

บทนำ

ปลาช่อน (Snakehead fish; *Ophicephalus striatus*) เป็นปลาน้ำจืดพื้นเมืองของไทย ปลาชนิดนี้สามารถปรับตัวตามสภาพแวดล้อมได้ดี (สมเจตน์, 2550) มีอวัยวะพิเศษช่วยในการหายใจ (diverticulum) จึงสามารถเคลื่อนไหวไปบนบกหรือฝังตัวใต้โคลนได้เป็นเวลานาน (ยุพินท์ และคณะ, 2544) ปลาช่อนวัยอ่อนและปลาอายุ 1 เดือน มีความต้องการโปรตีน 36-43 เปอร์เซ็นต์ (มะลิ, 2523) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารปลาช่อนเป็นร้อยละ 40, 45 และ 50 การเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน (จินตนา, 2544) และได้เป็นสินค้าสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจและมีการเพาะเลี้ยงกันเพิ่มขึ้น ดังจะเห็นได้จากรายงานของกรมประมงว่าปริมาณปลาช่อนที่จับได้ทั้งหมดรวมทั้งการเพาะเลี้ยงมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นทุกปี จากข้อมูลในปี 2556 มีปริมาณ 3,753 ตัน และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 4,290 ตัน ในปี 2557 (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2560) ส่วนการเลี้ยงนิยมเลี้ยงในบ่อดินและในกระชัง เนื่องจากให้ผลตอบแทนที่ค่อนข้างสูงมีการบริโภคอย่างแพร่หลาย ซึ่งปัญหาของการเลี้ยงปลาช่อนที่เกิดขึ้นในปัจจุบันคือปัญหาในเรื่องของอาหารเนื่องจากเกษตรกรนิยมใช้อาหารสด (ปลาเป็ดผสมรำในอัตรา 4 : 1) ในการเลี้ยงทำให้น้ำเน่าเสียได้ง่าย มีต้นทุนการผลิตอาหาร 30-40 บาทต่อกิโลกรัม (วินัย, 2557) แล้วเกษตรกรรายย่อยหันมาใช้อาหารสำเร็จรูปปลากินเนื้อ (อาหารปลาดุก 20-25 บาทต่อกิโลกรัม) มาใช้แทนอาหารสด แต่ก็ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตของราคาอาหารปลาเพิ่มสูงขึ้นไม่คุ้มค่ากับการลงทุน เพราะต้นทุนด้านอาหารในการเลี้ยงสัตว์น้ำประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์ (จูอะดี และคณะ, 2545) อาจเป็นสาเหตุให้ผู้เลี้ยงปลาช่อนเลิกกิจการไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ซึ่งแนวทางหนึ่งที่จะสามารถช่วยเหลือเกษตรกรผู้เลี้ยงและเพิ่มโอกาสในการใช้พื้นที่ได้อย่างเต็มศักยภาพ และเพื่อความยั่งยืนของการเลี้ยงปลาช่อนในพื้นที่เหล่านี้ คือการจัดการการพัฒนารูปแบบการเลี้ยงปลาช่อนด้วยวิธีการเลี้ยงหลายลักษณะด้วยการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่ให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เพื่อทำให้มีประสิทธิภาพในการเลี้ยงที่จะเกิดผลดีที่สุด ดังนั้นจึงวางแผนดำเนินการศึกษารูปแบบการเลี้ยงปลาช่อนที่เหมาะกับชุมชนบ้านหนองขวาง เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาการเลี้ยงปลาช่อนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของการเลี้ยงปลาช่อนในรูปแบบต่างกันในชุมชนบ้านหนองขวาง
2. เพื่อศึกษารูปแบบการเลี้ยงปลาช่อนที่เหมาะสมกับชุมชนบ้านหนองขวาง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวางแผนการทดลอง แบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomize Design, CRD) แบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลอง 4 ซ้ำ ขนาดบ่อ 1x2 เมตร ดังนี้

การทดลองที่ 1 การเลี้ยงปลาช่อนในบ่อซีเมนต์
การทดลองที่ 2 การเลี้ยงปลาช่อนในบ่อกระชัง
การทดลองที่ 3 การเลี้ยงปลาช่อนในบ่อกระชังบก
การทดลองที่ 4 การเลี้ยงปลาช่อนในบ่อดิน

2. การเตรียมปลาทดลอง ใช้ปลาช่อนที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 23.44-24.38 กรัม ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 40 ตัวต่อตารางเมตร (ยุพินท์ และคณะ, 2544) มีการชั่งวัดก่อนและหลังการทดลอง

3. การเตรียมอาหารทดลอง ใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปทางการค้าอาหารปลาดุกกลาง โปรตีนไม่น้อยกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ให้อาหารด้วยวิธีการหว่านในอัตรา 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว วันละ 2 ครั้ง เช้า (08.30 น.) และเย็น (16.00 น.) และบันทึกปริมาณอาหารที่ให้ทุกครั้ง

4. สถานที่ทำการวิจัย บ้านหนองขวาง หมู่ 1 ตำบลพรสำราญ อำเภอคูเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ และระยะเวลาดำเนินการ 70 วัน ตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2561 ถึงวันที่ 20 เมษายน 2561

5. การเก็บข้อมูลทุกๆ 35 วัน โดยชั่งน้ำหนักรวมทั้งหมดและวัดความยาว 30 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่าง เพื่อเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ดังนี้

5.1 น้ำหนักเฉลี่ย (average weight, AW; กรัมต่อตัว)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลารวม}}{\text{จำนวนปลา}}$$

5.2 น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (average daily weight gain, ADG; กรัมต่อตัวต่อวัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาทดลอง}}$$

5.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate, SGR; เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

$$= \frac{\ln \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาทดลอง}} \times 100$$

5.4 อัตราการกินอาหาร (daily feed intake, DFI; เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่ปลากินเฉลี่ยต่อวัน}}{\frac{(\text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น} + \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง})}{2}} \times 100$$

5.5 ความยาวเฉลี่ย (average length, AL; เซนติเมตรต่อตัว)

$$= \frac{\text{ความยาวปลารวม}}{\text{จำนวนปลา}}$$

5.6 อัตราแลกเนื้อ (feed conversion ratio, FCR)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

5.7 อัตราการรอดตาย (survival rate; เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้น}} \times 100$$

นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (One way analysis of variance) แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test ที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS for Windows 11.5

6. การตรวจสอบคุณภาพน้ำ ทำการตรวจวัดคุณสมบัติของน้ำ เวลา 9.00 นาฬิกา ดังนี้

6.1 วัดค่าอุณหภูมิและออกซิเจนด้วยเครื่อง Dissolve Oxygen Meter รุ่น YSI Pro2010

6.3 วัดค่าแอมโมเนียมในน้ำด้วยชุดทดสอบ V-unique V-color 9750 0-10 mg/l MH_4^+

6.4 วัดค่าพีเอช 0-14 Dissolve pH Meter รุ่น YSI Pro10

ผลการวิจัย

1. ด้านน้ำหนัก ปลาช่อนที่เลี้ยงในรูปแบบบ่อซีเมนต์ บ่อกระชัง บ่อกระชังบก และบ่อดินมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 24.38±1.25, 24.06±1.20, 24.06±0.63 และ 23.44±0.63 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ผลปรากฏว่า การเลี้ยงทั้ง 4 แบบมีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 76.88±0.68, 91.57±4.52, 64.12±9.22 และ 77.14±12.44 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1ก) เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า การเลี้ยงปลาช่อนในบ่อกระชังมีน้ำหนักเฉลี่ยดีที่สุด ซึ่งแตกต่างจากการเลี้ยงในบ่อกระชังบกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กับการเลี้ยงในบ่อดินและในบ่อซีเมนต์

2. ด้านความยาว ปลาช่อนที่เลี้ยงในรูปแบบบ่อซีเมนต์ บ่อกระชัง บ่อกระชังบก และบ่อดินมีความยาวเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 13.65±0.19, 13.38±0.21, 13.48±0.19 และ 13.65±0.21 เซนติเมตรต่อตัว ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ผลปรากฏว่า การเลี้ยงทั้ง 4 แบบ มีความยาวสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 21.65±0.60, 22.70±0.16, 21.15±0.47 และ 22.45±0.25 เซนติเมตรต่อตัว ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1ข) เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า การเลี้ยงปลาช่อนในบ่อกระชังมีความยาวเฉลี่ยดีที่สุด ซึ่งแตกต่างจากการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์และในบ่อกระชังบกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กับการเลี้ยงในบ่อดิน

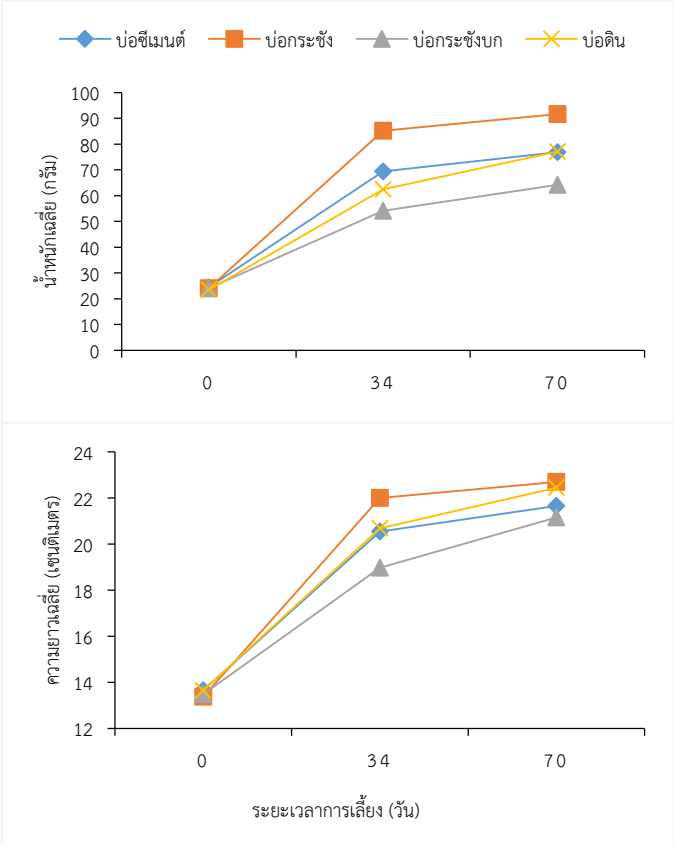
3. ด้านน้ำหนักเพิ่มต่อวัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาช่อนที่เลี้ยงในรูปแบบบ่อซีเมนต์ บ่อกระชัง บ่อกระชังบก และบ่อดิน ผลปรากฏว่า การเลี้ยงทั้ง 4 แบบ มีน้ำหนักเพิ่มต่อวันสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 0.75±0.14, 0.96±0.06, 0.57±0.14 และ 0.77±0.17 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 1 และภาพที่ 2ก) เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า การเลี้ยงปลาช่อนในบ่อกระชังมีน้ำหนักเพิ่มต่อวันเฉลี่ยดีที่สุด ซึ่งแตกต่างจากการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์และในบ่อกระชังบกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กับการเลี้ยงในบ่อดิน

ตารางที่ 1 ผลการเลี้ยงปลาช่อนในรูปแบบต่างกันต่อการเจริญเติบโตในระยะเวลาการเลี้ยง 70 วัน

ดัชนี	รูปแบบการเลี้ยง			
	บ่อซีเมนต์	บ่อกระชัง	บ่อกระชังบก	บ่อดิน
น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย (กรัมต่อตัว)	24.38±1.25^{a}	24.06±1.20^{a}	24.06±0.63^{a}	23.44±0.63^{a}
น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (กรัมต่อตัว)	76.88±0.68^{ab}	91.57±4.52^{a}	64.12±9.22^{b}	77.14±12.44^{ab}
ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย (เซนติเมตรต่อตัว)	13.65±0.19^{a}	13.38±0.21^{a}	13.48±0.19^{a}	13.65±0.21^{a}
ความยาวสุดท้ายเฉลี่ย (เซนติเมตรต่อตัว)	21.65±0.60^{b}	22.70±0.16^{a}	21.15±0.47^{b}	22.45±0.25^{a}
น้ำหนักเพิ่มต่อวันเฉลี่ย (กรัมต่อตัวต่อวัน)	0.75±0.14^{b}	0.96±0.06^{a}	0.57±0.14^{b}	0.77±0.17^{ab}
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)	1.63±0.14^{bc}	1.91±0.08^{a}	1.39±0.21^{c}	1.69±0.20^{ab}
อัตราแลกเนื้อเฉลี่ย	4.74±0.50^{b}	3.48±0.45^{a}	6.15±0.59^{c}	3.99±0.34^{a}
อัตราการรอดตายเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	45.00±5.77^{b}	68.75±14.40^{a}	41.56±6.64^{b}	51.88±10.43^{b}
อัตราการกินอาหารเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)	5.33±0.34^{ab}	5.24±0.36^{ab}	5.64±0.27^{b}	4.89±0.01^{a}

4. ด้านอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาช่อนที่เลี้ยงในรูปแบบบ่อซีเมนต์ บ่อกระชัง บ่อกระชังบก และบ่อดิน ผลปรากฏว่า การเลี้ยงทั้ง 4 แบบ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 1.63±0.14, 1.91±0.08, 1.39±0.21 และ 1.69±0.20 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 1 และภาพที่ 2ข) เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า การเลี้ยงปลาช่อนในบ่อกระชังมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยดีที่สุด ซึ่งแตกต่างจากการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์และในบ่อกระชังบกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กับการเลี้ยงในบ่อดิน

5. ด้านอัตราแลกเนื้อ เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาช่อนที่เลี้ยงในรูปแบบบ่อซีเมนต์ บ่อกระชัง บ่อกระชังบก และบ่อดิน ผลปรากฏว่า การเลี้ยงทั้ง 4 แบบ มีอัตราแลกเนื้อสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 4.74±0.50, 3.48±0.45, 6.15±0.59 และ 3.99±0.34 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 1 และภาพที่ 3ก) เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า การเลี้ยงปลาช่อนในบ่อกระชังมีอัตราแลกเนื้อเฉลี่ยดีที่สุด ซึ่งแตกต่างจากการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์และในบ่อกระชังบกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กับการเลี้ยงในบ่อดิน



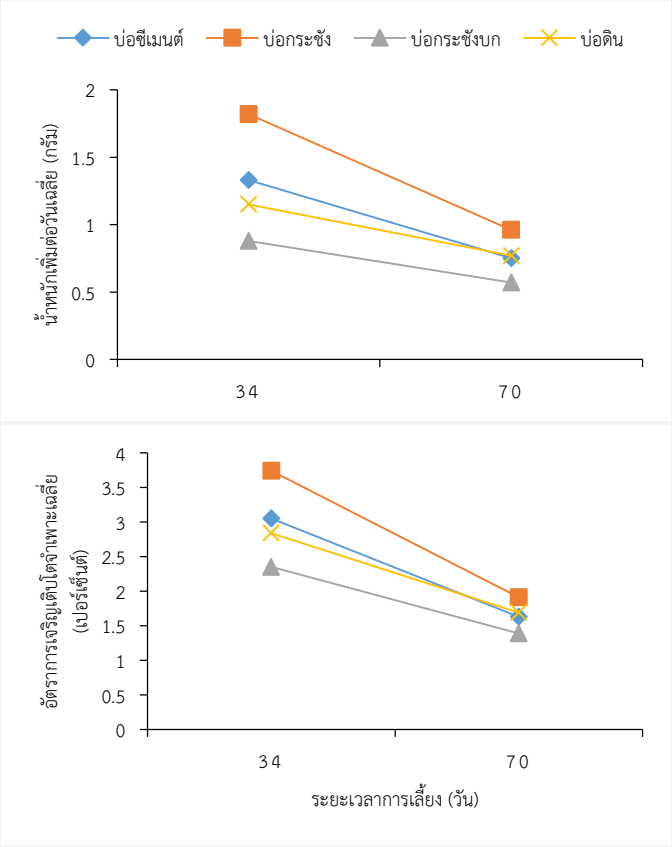
ภาพที่ 1 แสดงน้ำหนักเฉลี่ย (ก) และความยาวเฉลี่ย (ข) ของปลาช่อนที่เลี้ยงในรูปแบบต่างกันเป็นระยะเวลา 70 วัน

6. ด้านอัตราการรอดตาย เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาช่อนที่เลี้ยงในรูปแบบบ่อซีเมนต์ บ่อกระชัง บ่อกระชังบก และบ่อดินมีอัตราการรอดตายเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 100.00±0.00, 100.00±0.00, 100.00±0.00 และ 100.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ผลปรากฏว่า การเลี้ยงทั้ง 4 แบบ มีอัตราการรอดตายสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 45.00±5.77, 68.75±14.40, 41.56±6.64 และ 51.88±10.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 1 และภาพที่ 3ข) เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า การเลี้ยงปลาช่อนในบ่อกระชังมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยดีที่สุด ซึ่งแตกต่างจากการเลี้ยงในบ่อดิน ในบ่อซีเมนต์ และในบ่อกระชังบกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

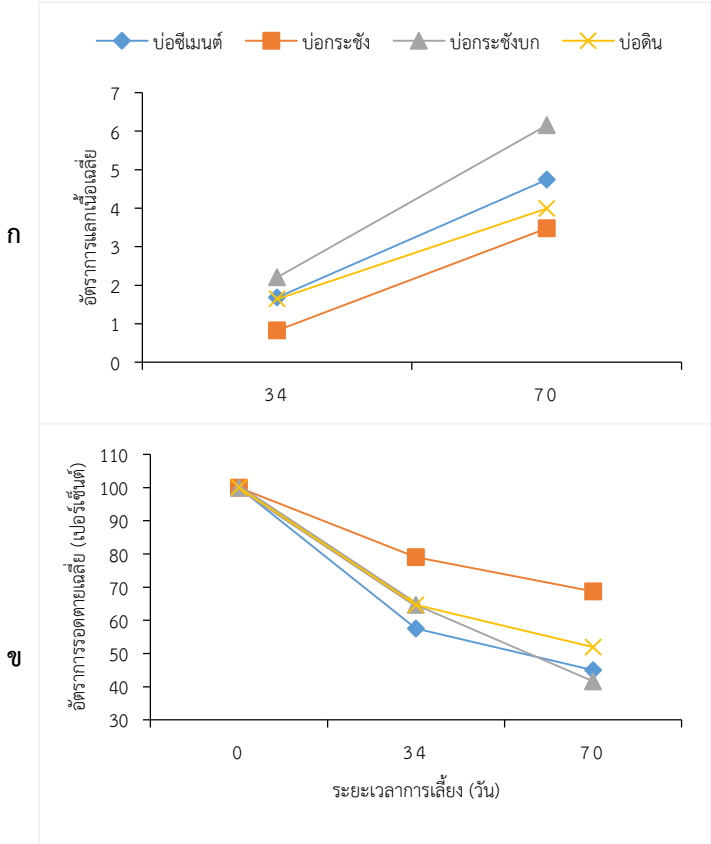
7. ด้านอัตราการกินอาหาร เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาช่อนที่เลี้ยงในรูปแบบบ่อซีเมนต์ บ่อกระชัง บ่อกระชังบก และบ่อดิน ผลปรากฏว่า การเลี้ยงทั้ง 4 แบบ มีอัตราการกินอาหารสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 5.33±0.34, 5.24±0.36, 5.64±0.27 และ 4.89±0.01 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 1) เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า การเลี้ยงปลาช่อนในบ่อดินมีอัตราการกินอาหารเฉลี่ยดีที่สุด ซึ่งแตกต่างจากการเลี้ยงในบ่อกระชังบกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กับการเลี้ยงในบ่อกระชังและในบ่อซีเมนต์

ก

ข



ภาพที่ 2 แสดงน้ำหนักเพิ่มต่อวันเฉลี่ย (ก) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย (ข) ของปลาช่อนที่เลี้ยงในรูปแบบต่างกัน เป็นระยะเวลา 70 วัน



ภาพที่ 3 แสดงอัตราแลกเนื้อเฉลี่ย (ก) และอัตราการรอดตายเฉลี่ย (ข) ของปลาช่อนที่เลี้ยงในรูปแบบต่างกัน เป็นระยะเวลา 70 วัน

8. คุณสมบัติของน้ำ ระหว่างการเลี้ยงปลาช่อนในรูปแบบบ่อซีเมนต์ บ่อกระชัง บ่อกระชังบก และบ่อดิน ซึ่งตรวจวัดในเวลา 9.00 นาฬิกา พบว่า ค่าอุณหภูมิของน้ำมีพิสัยอยู่ระหว่าง 26.20-30.19 องศาเซลเซียส ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีพิสัยอยู่ระหว่าง 0.10-2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีพิสัยอยู่ระหว่าง 8.00-9.44 และค่าปริมาณแอมโมเนีย (NH_3) มีพิสัยอยู่ระหว่าง 0.011-0.892 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าพิสัยคุณสมบัติของน้ำในการเลี้ยงปลาช่อนรูปแบบการเลี้ยงต่างกันเป็นระยะเวลา 70 วัน

คุณสมบัติของน้ำ	รูปแบบการเลี้ยง			
	บ่อซีเมนต์	บ่อกระชัง	บ่อกระชังบก	บ่อดิน
อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)	26.20 - 28.16	28.40 - 30.19	28.70 - 30.00	27.50 - 28.80
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.10 - 1.80	1.00 - 1.80	1.00 - 2.00	0.10 - 1.70
ความเป็นกรดเป็นด่าง	8.13 - 9.44	8.21 - 9.36	8.00 - 8.96	8.14 - 9.09
ปริมาณแอมโมเนีย (NH_3) (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.011 - 1.286	0.041 - 0.446	0.015 - 0.892	0.015 - 0.892

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การเลี้ยงปลาช่อนมีรูปแบบการเลี้ยงต่างกัน 4 แบบ ได้แก่ เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ บ่อกระชัง บ่อกระชังบก และบ่อดิน ที่ความหนาแน่น 40 ตัวต่อตารางเมตร ใช้อาหารสำเร็จรูปโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 70 วันเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและรูปแบบการเลี้ยงปลาช่อนที่เหมาะสมกับชุมชนบ้านหนองขวาง พบว่า การเลี้ยงปลาช่อนในรูปแบบต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตที่ต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยการเลี้ยงปลาช่อนในบ่อกระชังมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับการเลี้ยงปลาช่อนในบ่อดิน บ่อซีเมนต์ และในบ่อกระชังบก จากผลการทดลองสรุปได้ว่ารูปแบบการเลี้ยงปลาช่อนในบ่อกระชังมีความเหมาะสมกับชุมชนบ้านหนองขวางมากที่สุด

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิด ขนาด อายุ นิสัยของปลา คุณภาพอาหาร น้ำที่ใช้เลี้ยง การจัดการ สภาพแวดล้อม และคนเลี้ยง ตามที่ Hepher (1967) ได้กล่าวไว้ว่า เมื่อเลี้ยงปลาด้วยอัตราความหนาแน่นต่าง ๆ ในระบบการเลี้ยงอย่างใดอย่างหนึ่งในระยะเวลาช่วงหนึ่ง เมื่อถึงจุดสูงสุดศักยภาพของสถานที่เลี้ยงแล้ว ปลาจะมีการเจริญเติบโตช้าลงจนกระทั่งหยุดการเจริญเติบโต ซึ่งจากการเลี้ยงปลาช่อนในครั้งนี้ พบว่าปลามีการเจริญเติบโตอย่างช้ามาจากสภาพของบ่อเลี้ยงขนาดเล็ก (2 ตารางเมตร) จากการทดลองปล่อยความหนาแน่น 40 ตัว ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของการทดลองครั้งนี้ต่ำ เพราะว่าปลาช่อนเป็นปลากินเนื้อและมีพฤติกรรมการกัดเกิดบาดแผลและกินพวกเดียวกันทำให้จำนวนลดลง (วิทยาและรังสรรค์, 2533) เมื่อมีการเลี้ยงปลาที่มีความหนาแน่นมากขึ้นทำให้ปลามีการเจริญเติบโตที่ลดลง ทั้งนี้เพราะความหนาแน่น (stocking density) เป็นปัจจัยควบคุมการเจริญเติบโตของปลาแต่ละตัว (วัชรินทร์และไพบูลย์, 2541) และ Pickering (1993) กล่าวว่าสภาวะที่มีปลาอยู่รวมกันอย่างหนาแน่นทำให้เกิดการแย่งอาหาร อากาศหายใจและที่อยู่อาศัย พฤติกรรมความเป็นเจ้าถิ่นและการครอบครองอาณาเขต (territorial behavior) ภาวะเช่นนี้ก่อให้เกิดความเครียด (stress) ขึ้นในตัวปลา ซึ่งความเครียดนี้อาจเป็นลักษณะความเครียดแบบเรื้อรัง ที่มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตช้าลง ไม่เป็นไปในทิศทางกับการทดลองของ วีรวรรณและสมหวัง (2548) ทำการเลี้ยงปลาช่อนในบ่อดินขนาด 200 ตารางเมตร ด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูประดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ด้วยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับคือ 10, 15 และ 20 ตัวต่อตารางเมตร เป็นเวลา 4 เดือน พบว่าการเลี้ยงปลาช่อนด้วยความหนาแน่น 10 ตัวต่อตารางเมตร มีความเหมาะสมที่สุด

คุณสมบัติของน้ำและฤดูกาลการเลี้ยง (ฤดูร้อน) อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำระหว่างการทดลองไม่อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปลา มีค่าอุณหภูมิของน้ำสูง 26.20-30.19 องศาเซลเซียส ออกซิเจนในน้ำต่ำ 0.10-2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.00-9.44 และปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูง 0.011-0.892 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่ง Boyd (1982) กล่าวว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในช่วง 1-5 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้การเจริญเติบโตของปลาช้าลง แต่เนื่องจากปลาช่อนเป็นปลาที่มีอวัยวะในการหายใจ (diverticulum) อยู่ใน pharyngeal cavity (สุภาพ, 2526) เมื่อในบ่อมีปริมาณออกซิเจนน้อย ปลาช่อนจะขึ้นมาฮุบอากาศและเก็บออกซิเจนไว้ได้ ดังนั้นปลาช่อนจึงสามารถอยู่ในน้ำที่มีออกซิเจนค่อนข้างต่ำได้ แต่อย่างไรก็ตามในการทำเช่นนี้ปลาย่อมใช้พลังงานมากกว่าปกติ หากปลาต้องตกอยู่ในสภาพเช่นนี้นาน ๆ ปลาจะเกิดความเครียด อ่อนแอและเกิดการติดเชื้อโรคได้ นอกจากนี้อาหารที่ใช้เลี้ยงปลาเหลือเศษตกค้างอยู่ในบ่อ และจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำก็จะใช้เศษอาหารที่เหลือเพื่อการเจริญเพิ่มจำนวนทำให้น้ำขุ่นได้ และสารต่าง ๆ ที่เกิดจากเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ก็อาจเป็นพิษต่อปลาได้เช่นกัน ถ้าเกิดการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคอาจทำให้ปลาติดโรค ปลาจะอ่อนแออาจตายได้ และการขับถ่ายของเสียจากปลาเกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของปลาและขับถ่ายออกมาจากตัวปลา ทั้งทางเหงือก ทางไต และทางผิวหนัง การสะสมของเศษอาหารที่เหลือและสิ่งขับถ่ายจากปลาในบ่อเลี้ยงปลาระบบปิด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา โดยน้ำเกิดการเน่าเสียและเกิดสารประกอบไนโตรเจนขึ้นในบ่อเลี้ยงปลา เช่น แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ซึ่งอุณหภูมิในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่างในช่วง 6.5-8.5 และค่าแอมโมเนียไม่ควรเกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สัตว์น้ำทั่วไปสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ (ไมตรี, 2538) จากผลการทดลองค่าแอมโมเนียจะมีความสัมพันธ์อุณหภูมิและความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้นไม่มีความเหมาะสมในการเลี้ยง ซึ่งถ้าเกิดการสะสมจนถึงระดับหนึ่งจะเกิดความเป็นพิษต่อปลาได้ จึงไม่แนะนำการเลี้ยงปลาช่อนในช่วงเวลาดังกล่าวทำให้ผลผลิตปลาช่อนได้จำนวนตัวและน้ำหนักรวมลดลง

จากการสังเกตในระหว่างการดำเนินการทดลอง พบว่า เมื่อให้อาหารแล้วและมีคนอยู่ใกล้บ่อ ปลาจะไม่ยอมขึ้นมากินอาหาร และเมื่อให้อาหารทิ้งไว้ พบว่า เป็นเวลาประมาณ 20-30 นาที ปลาช่อนจึงเริ่มเข้ามากินอาหาร นอกจากนี้ปลาช่อนยังกินอาหารเม็ดในปริมาณน้อย กินอาหารประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลาช่อน และความไม่เหมาะสมของอาหารที่ใช้ในการทดลองซึ่งใช้อาหารสำเร็จรูปซึ่งปลาช่อนอาจจะใช้ประโยชน์จากอาหารสำเร็จรูปเพื่อการเจริญเติบโตได้น้อยกว่าการใช้ปลาเป็ดบดละเอียดเป็นอาหาร เนื่องจากปลาช่อนเป็นปลากินเนื้อมีความต้องการโปรตีนในอาหารสูงร้อยละ 55 (อมรรัตน์และบุษกร, 2543) โดยปลาช่อนขนาดน้ำหนักประมาณ 3-4 กรัม มีความต้องการโปรตีนร้อยละ 44.90 (จินตนาและทวี, 2544) แต่อาหารสำเร็จรูปที่ใช้ในการทดลองมีระดับโปรตีนประมาณร้อยละ 35 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าระดับโปรตีนในปลาเป็ดบดซึ่งมีระดับโปรตีนร้อยละ 50-60 (วีรพงศ์, 2535) และน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้การเจริญเติบโตของปลาในการทดลองนี้ค่อนข้างช้ากว่าการเลี้ยงด้วยปลาเป็ดบด

ข้อเสนอแนะ

1. การเลี้ยงปลาช่อนนั้นฤดูกาลก็มีผลต่อการจัดการเลี้ยง คุณภาพของน้ำ ควรจะเลือกฤดูกาลที่เหมาะสม เช่น ในช่วงฤดูฝน

2. พื้นที่บ่อขนาดเล็กไม่เหมาะสมกับกลุ่มปลากินเนื้อ เกิดการกัดหรือกินกันเองมีผลต่ออัตราการตาย ควรที่จะเลี้ยงในพื้นที่บ่อที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

3. อัตราการปล่อยปลาควรมีการปลาในอัตราที่ลดลงกว่าเดิม มีผลทั้งด้านคุณภาพของน้ำและสภาพความเครียดของปลา

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. (2560). หนังสือสถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2557. **เอกสารฉบับที่ 11/2559**. กรมประมง: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร.

จินตนา โตธนะโภคา และ ทวี วิพุทธานุมาศ. (2544). ความต้องการโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับลูกปลาช่อน. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดสิงห์บุรี. **เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 11/2544**, 1-19.

จูอะดี พงศ์มณีรัตน์, พิชญา ชัยนาค, ทวี จินดามัยกุล และ ชูศักดิ์ บริสุทธิ์. (2545). ระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำหรับปลากะพงแดง. **วารสารการประมง 55(5)**: 413-421.

มะลิ บุญยรัตผลิน. (2523). **ศึกษาปริมาณโปรตีนที่ปลาช่อนต้องการ**. รายงานประจำปีของสถาบันประมง, กรุงเทพฯ: กรมประมง.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. (2538). **คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง**. กรมประมง: ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ. 113 หน้า.

ยุพินท์ วิวัฒนชัยเศรษฐ์, ทวี วิพุทธานุมาศ และ วินัย จั่นทับทิม. (2544). การเพาะเลี้ยงปลาช่อน. กรมประมง: กองส่งเสริมการประมง. **เอกสารเผยแพร่**. 1-17.

วัชรินทร์ รัตนชู และ ไพบูลย์ วัฒนกิจ. (2541). การเลี้ยงปลานิลเพศผู้ล้วนในบ่อดินที่ความหนาแน่นต่างกัน. กรมประมง: สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดตรัง, กองประมงน้ำจืด. **เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 2 /2541**.1-35.

วินัย จั่นทับทิม. (2557). **การเพาะเลี้ยงปลาช่อน**. กรมประมง: สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง. 28 หน้า.

วิทยา ตินนังวัฒนะ และ รังสรรค์ ทรวงชมพันธุ์. (2533). การเพาะพันธุ์ปลาช่อนโดยวิธีการผสมเทียม. **วารสารการประมง 43 (3)** *:* หน้า 195-197.

วีระพงศ์ วุฒิพันธุชัย. (2535). **อาหารปลา**. มหาวิทยาลัยบูรพา: ภาควิชาวาริชศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์. 253 หน้า.

วีรวรรณ ชินอักษร และสมหวัง พิมลบุตร. (2548). ความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาช่อนในบ่อดิน. กรมประมง: สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. **เอกสารวิชาการประมง ฉบับที่ 2**. หน้า 31-32.

สภาพ มงคลประสิทธ์. (2526). **ปฏิบัติการวิชามีนวิทยา**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: คณะประมง.

สมเจตน์ ปัญจวาณิชย์. (2550). **ปลาเศรษฐกิจ**. กรุงเทพฯ: เกษตรสยามบุ๊คส์,

อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล และบุษกร บำรุงธรรม. (2543). **อาหารปลาสวยงาม**. กรุงเทพมฯ: กรมประมง.

Boyd, C.E. (1982). **Water Quality Management for Pond Fish Culture**. Elsevier Science Publishing Co., Inc., New York. 318 pp.

Hepher, B. (1967). Some Biological Aspect of Warm-water Fish Pond Mangement. In: Gerking, S. D. (editor), **The Biological Basis of Freshwater Fish Production. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh**. (P. 417-428).

Pickering, A.D. (1993). Growth and stress in fish production. **Aquaculture 111** *:* 51–59.

การพัฒนาข้าวพองรสกะเพราไก่

กมลวรรณ สุขสวัสดิ์[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างข้าวเหนียวพันธ์เขี้ยวงู และข้าวเจ้าหอมมะลิพันธ์ 105 ที่มีผลต่อการพองและอุณหภูมิในการอบที่เหมาะสมเพื่อผลิตเป็นข้าวพองรสกะเพราะไก่ทำการทดลองโดยแปรอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวต่อข้าวเจ้าหอมมะลิเป็น 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 โดยน้ำหนัก เพื่อนำมาทำข้าวพองอัดก้อน โดยคัดเลือกจากผลคะแนนความชอบโดยรวมจากการวิจัย พบว่าข้าวเหนียวต่อข้าวเจ้าหอมมะลิ 75:25 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด เมื่อนำอัตราส่วนดังกล่าวมาผสมกับน้ำปรุงรสกะเพรา ไก่หยอง และทำการขึ้นรูปอัดเป็นก้อน โดยแปรอุณหภูมิในการอบที่เหมาะสม 3 ระดับ คือ 65, 70 และ 75 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ทดสอบทางประสาทสัมผัสทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส สูงสุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้ให้ค่าปริมาณน้ำอิสระ 0.14 %, ค่าความชื้น 3.81 %, ค่าเนื้อสัมผัส 5837.44 (กรัม/นาที), ค่าสี L^* 52.55, a^* 7.87 และ b^* 28.01 จากนั้นนำมาศึกษาคุณสมบัติทางจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และราในระยะเวลาการเก็บ 28 วัน มีค่า <10 โคโลนี/กรัม

คำสำคัญ : ข้าวพอง ข้าวเหนียว ข้าวเจ้าหอมมะลิ

[1] สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

e-mail: kamolwan.s@pkru.ac.th

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: kamolwan.s@pkru.ac.th*

DEVELOPMENT OF CHICKEN BASIL RICE CRACKERS

Kamolwan Suksawat[1*]

Abstract

This research was aimed to study the suitable ratio of Glutinous rice and Thai jasmine rice 105 in relation to its puffing, and the baking temperature in producing basil-chicken flavored rice crackers. To produce rice crackers, the following ratios of Glutinous rice and Thai Jasmine rice 105 were included: 100:0, 75:25, 50:50 and 25:75. From this, it was found that the crackers from the 75:25 ratio of Glutinous rice and Thai Jasmine rice 105 gained the highest satisfaction. The crackers were then made in the form of pellets flavored with basil sauce and shredded chicken. The flavored pellets were baked under the following different temperatures of 65°C, 70°C and 75°C for 3 hours and the overall taste of the pellets under the temperature of 75°C was rated the best. The physical and chemical properties of the basil-chicken flavored rice crackers were as follows: 0.14% water, 3.81% moisture, 5837.44 g/min. texture, and color of L* 52.55, a* 7.87 and b* 28.01. From the study, it was also found that the total microorganisms, yeast and mold during 28-day storage was <10 CFU/g.

Keywords : Rice Crackers, Glutinous Rice, Thai Jasmine Rice

[1] *Home Economics , Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University,*
e-mail: kamolwan.s@pkru.ac.th
** Corresponding author, e-mail : kamolwan.s@pkru.ac.th*

บทนำ

ข้าวมีบทบาทสำคัญหลายอย่างต่อสังคมไทยตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน ข้าวเป็นพืชอาหารหลัก และการทำนาเป็นอาชีพหลักที่สำคัญของเกษตรกรไทย ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวในปี พ.ศ. 2558-2559 ประมาณ 69.25 ล้านไร่ (แบ่งเป็นนาปี 60.79 ล้านไร่ นาปรัง 8.46 ล้านไร่) หรือคิดเป็น 46.4 % ของพื้นที่การเกษตร เกษตรกรผู้ปลูกข้าวมีจำนวน 4.16 ล้านครัวเรือน คิดเป็น 65 % ของเกษตรกรทั้งประเทศ สามารถผลิตข้าวได้ 31.61 ล้านตันข้าวเปลือก และส่งออกทำรายได้ให้แก่ประเทศปีละประมาณ 200,000 ล้านบาท ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 20 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศของภาคการเกษตร นอกจากนี้ ข้าวยังเป็นแหล่งรายได้ที่สำคัญของภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมต่อเนื่องเป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดการจ้างงานในอุตสาหกรรมข้าวหลายครัวเรือน (อนันต์ สุวรรณรัตน์, 2560)

ปัจจุบันขนมขบเคี้ยวได้รับความนิยมจากคนไทยค่อนข้างสูง โดยเฉพาะกลุ่มเด็ก วัยรุ่น วัยทำงาน ถือเป็นเป้าหมายหลักของสินค้า เนื่องจากขนมขบเคี้ยวมีรูปแบบและรสชาติที่หลากหลายสามารถรับประทานในขณะที่เรียน ดูโทรทัศน์ หรือช่วงระหว่างเวลาทำงาน (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2561) การบริโภคขนมขบเคี้ยวเป็นที่นิยมมากขึ้น และมีผลิตภัณฑ์ให้เลือกบริโภคอย่างหลากหลาย แต่ขนมขบเคี้ยวส่วนใหญ่มักจะมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ เนื่องจากประกอบด้วยแป้งเป็นหลักและผสมเครื่องปรุงรสที่มีรสหวานและรสเค็ม และส่วนใหญ่ผ่านกระบวนการทอดกรอบด้วยน้ำมัน จึงอาจก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคอ้วน และโรคฟันผุ เป็นต้น สินค้าแปรรูปข้าวของไทยที่สำคัญ ในปี พ.ศ. 2552 ประเทศญี่ปุ่นนำเข้าผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่มีข้าวเป็นวัตถุดิบจากประเทศไทยมูลค่า 8.948 ล้านเหรียญสหรัฐ (กรมส่งเสริมการส่งออก, 2553) ปัจจุบันตลาดญี่ปุ่นเป็นตลาดที่ใหญ่ที่สุดของขนมขบเคี้ยวจากข้าว นำเข้าจากประเทศไทยประมาณ 5 % ของปริมาณความต้องการทั้งหมด และปัจจุบันประเทศไทยมีกำลังการผลิตประมาณปีละ 14,800 ตัน โดยผู้ผลิตรายใหญ่เป็นบริษัทร่วมทุนกับญี่ปุ่น นอกจากตลาดญี่ปุ่นแล้วยังมีตลาดส่งออกที่น่าสนใจ เช่น สหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ ความนิยมของขนมเพิ่มขึ้นในแง่ของการเป็นขนมเพื่อสุขภาพ (ผลิตภัณฑ์ข้าว, 2560) ข้าวกะเพราไก่เป็นอาหารที่ผู้บริโภคคุ้นชิน และเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมจากเมนูอาหารตามสั่ง จากการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลจึงได้พัฒนาเป็นข้าวพองรสกะเพราไก่ ซึ่งทำให้อยู่ในรูปขนมขบเคี้ยวเพื่อให้สะดวกรวดเร็วในการรับประทาน และยังเก็บรักษาไว้ได้ง่ายสามารถรับประทานเป็นอาหารว่างระหว่างมื้อและมีคุณค่าทางโภชนาการ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวเจ้าและข้าวเหนียว การใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้ง และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ข้าวพองรสกะเพราะไก่ เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษา และการพัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งให้มีรสชาติที่แปลกใหม่ เพิ่มความเป็นไทยกับผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังเพิ่มการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวกะเพราไก่ และข้าวพอง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวเหนียวต่อข้าวเจ้าในการทำข้าวพอง
2. เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งของข้าวพองรสกะเพราะไก่
3. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวพองรสกะเพราะไก่

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวเหนียวต่อข้าวเจ้าในการทำข้าวพองกรอบ 4 ระดับ คือ 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 มาทำการทดลอง (ดังแสดงในภาพที่ 1) และนำข้าวพองที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-Point Hedonic Scale คุณลักษณะในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ การพองรูปทรง และความชอบโดยรวม เป็นผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน 3 ซ้ำ และทำการคัดเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมโดยพิจารณาคะแนนสูงสุด จากนั้นนำไปผสมกับน้ำปรุงกะเพรารสไก่ และไก่หยอง และทำการขึ้นรูป

อัตราส่วนของข้าวเหนียวต่อข้าวเจ้า 4 ระดับ

↓

ล้างน้ำให้สะอาด และแช่น้ำนาน 8 ชั่วโมง

↓

ล้างน้ำให้สะอาด และสะเด็ดน้ำ

↓

นึ่งจนสุก

↓

ล้างน้ำเพื่อให้เม็ดข้าวกระจายไม่จับตัวเป็นก้อน

↓

นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

↓

จากนั้นนำไปทอดไฟอ่อน จนข้าวสีเหลืองอ่อน

↓

ข้าวพอง

ภาพที่ 1 ขั้นตอนวิธีการผลิตข้าวพอง
ที่มา : (ทิยาพร สุวรรณมณี และอรอุมา ศรีนวลขาว, 2551)

2. การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งของข้าวพองรสกะเพราะไก่ โดยอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด โดยใช้อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 65, 70 และ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (ดำรงเกียรติ ศรีเทพ และทัศนา เมฆเวียน, 2555) ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ความแข็ง ค่าสี L*, a* และ b* ค่าความสว่างมีค่ามากขึ้น หมายถึง มีค่าความสว่างมากขึ้น ค่า a^* เป็นบวก หมายถึง สีแดง และค่า a^* เป็นลบ หมายถึง สีเขียว ค่า b^* เป็นบวก หมายถึง สีเหลือง และค่า b^* เป็นลบ หมายถึง สีน้ำเงิน ทางเคมี ได้แก่ ปริมาณน้ำอิสระ ความชื้น และทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-Point Hedonic Scale คุณลักษณะในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ การพองรูปทรง และความชอบโดยรวม เป็นผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน 3 ซ้ำ และทำการคัดเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมโดยพิจารณาคะแนนสูงสุด วิเคราะห์ผลทางสถิติ นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

3. การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวพองรสกะเพราะไก่

ผลิตภัณฑ์ข้าวพองรสกะเพราะไก่ได้ใส่ในถุงแก้วถุงละ 2 ชิ้น เก็บสภาวะบรรยากาศไว้ที่อุณหภูมิห้องปกติ สุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ ทุก ๆ 7 วัน นาน 28 วัน ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน $1x10^3$ โคโลนีต่อกรัม และปริมาณยีสต์ราทั้งหมด ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อกรัม มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 709/2547

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวเหนียวต่อข้าวเจ้าในการทำข้าวพองกรอบ

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวเหนียวต่อข้าวเจ้าในการทำข้าวพองกรอบ 4 ระดับ คือ 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 และทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะของผู้บริโภคต่อข้าวพองในสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ การพอง รูปทรง และความชอบโดยรวม ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของผู้บริโภคต่อข้าวพอง

คุณลักษณะ	อัตราส่วนของข้าวเหนียวต่อข้าวเจ้า			
	100:0	75:25	50:50	25:75
สี	7.54 ^{a}±0.95	**7.57 ^{a}±0.98**	6.80 ^{b}±1.14	5.81 ^{c}±1.68
กลิ่น	7.47 ^{a}±1.29	**7.34 ^{a}±1.12**	6.79 ^{b}±1.06	6.24 ^{c}±1.50
รสชาติ	7.38 ^{a}±1.24	**7.63 ^{a}±1.04**	6.84 ^{b}±1.28	5.90 ^{c}±1.89
ความกรอบ	7.56 ^{a}±1.23	**7.88 ^{a}±1.01**	7.00 ^{b}±1.21	5.59 ^{c}±2.50
การพอง	7.70 ^{a}±1.09	**7.63 ^{a}±1.01**	6.59 ^{b}±1.36	5.57 ^{c}±1.80
รูปทรง	7.72 ^{a}±1.25	**7.57 ^{a}±0.95**	6.94 ^{b}±1.31	5.90 ^{c}±1.71
ความชอบโดยรวม	7.54 ^{a}±1.10	**7.69 ^{a}±1.09**	7.07 ^{b}±1.20	6.17 ^{c}±1.75

หมายเหตุ : a, b, c มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95

จากตารางที่ 1 พบว่า ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะของผู้บริโภคต่อข้าวพองในสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ การพอง รูปทรง และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) ผู้บริโภคให้ค่าเฉลี่ยในคุณลักษณะของข้าวพองในสิ่งทดลองที่ 2 (ข้าวเหนียวต่อข้าวเจ้า 75:25) มากที่สุด เนื่องจากมีปริมาณข้าวเจ้าน้อยกว่าปริมาณข้าวเหนียว ซึ่งในข้าวเหนียวไม่มีอะไมโลส แต่จะมีอะไมโลเปคตินมีการพองตัวดีกว่าข้าวชนิดอื่น (ดรุณี เอ็ดเวิร์ด, 2543)

2. ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งของข้าวพองรสกะเพราะไก่

การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งของข้าวพองรสกะเพราะไก่โดยอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด โดยใช้อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 65, 70 และ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ความแข็ง ค่าสี L*, a* และ b* และทางเคมี ได้แก่ ปริมาณน้ำอิสระ ความชื้น และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของข้าวพองรสกะเพราะไก่

สิ่งทดลอง	ความแข็ง (กรัม/นาที)	ค่าสี			ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	ความชื้น (%)
		L^*	a^*	b*		
1	1958.29^{c}	46.97^{b}	4.82^{b}	25.21^{b}	0.07^{ns}	9.15^{c}
2	4358.98^{b}	50.22^{a}	6.17^{a}	27.92^{a}	0.15^{ns}	4.81^{b}
3	**5837.44^{a}**	**52.55^{a}**	**7.87^{a}**	**28.01^{a}**	**0.14^{ns}**	**3.81^{a}**

หมายเหตุ : a, b, c มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95
ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95

จากตารางที่ 2 ค่าเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าความแข็งเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพความแข็ง ของข้าวพองรสกะเพราะไก่ คุณภาพของอาหารแห้งมักจะถูกจำกัด โดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสและความสามารถในการคืนตัว ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารแห้งจะแข็ง ไม่สามารถคืนตัวได้สมบูรณ์ (สมบัติ ขอทวีวัฒนา, 2529)

จากตารางที่ 2 ค่าสี L^* a^* และ b* พบว่า อุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าสี เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard Reaction) เป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ที่เกิดจากน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนโปรตีน โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งจึงทำให้สีผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปเป็นสีน้ำตาล และส่งผลให้ความชื้นลดลง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความชื้นของข้าวพองรสกะเพราะไก่

จากตารางที่ 2 ปริมาณน้ำอิสระ พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากเป็นอาหารที่จัดอยู่ในประเภทอาหารแห้งที่มีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.6 จึงทำให้เกิดการเน่าเสียได้ยาก (ปรียา วิบูลย์เศณษฐ์ และสุดสาย ตรีวานิช, 2546)

จากตารางที่ 2 ค่าความชื้น อยู่ในช่วง 3.81-9.15 % ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน กระยาสารท มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 709/2547 กำหนดไว้ไม่เกิน 12 % โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 3 คุณลักษณะของผู้บริโภคต่อข้าวพองรสกะเพราะไก่ที่อุณหภูมิ 65, 70 และ 75 องศาเซลเซียส

คุณลักษณะ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	65	70	**75**
สี	6.80^{b}±1.14	7.18^{a}±0.88	**7.10^{a}±0.19**
กลิ่น	6.52^{b}±1.19	7.34^{a}±1.18	**6.80^{a}±1.35**
รสชาติ	6.89^{b}±1.02	7.53^{a}±0.97	**7.31^{a}±1.36**
ความกรอบ	7.15^{b}±1.12	7.71^{a}±0.93	**7.52^{a}±1.09**
การพอง	7.27^{b}±0.97	7.67^{a}±0.96	**7.54^{a}±0.98**
รูปทรง	7.26^{ns}±1.10	7.37^{ns}±1.05	**7.35^{ns}±1.11**
ความชอบโดยรวม	7.02^{b}±1.12	7.57^{a}±1.09	**7.56^{a}±1.11**

หมายเหตุ : a, b, c มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95
ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95

จากตารางที่ 3 พบว่า คุณลักษณะของผู้บริโภคต่อข้าวพองรสกะเพราะไก่ที่อุณหภูมิ 65, 70 และ 75 องศาเซลเซียส คุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ การพอง รูปทรง และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) ผู้บริโภคให้ค่าเฉลี่ยในคุณลักษณะของข้าวพองรสกะเพราะไก่สิ่งทดลองที่ 3 อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส มากที่สุด เนื่องจากอุณหภูมิเพิ่มและเวลาในการอบเท่ากัน ทำให้สีเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่เข้มขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปการทำแห้งที่เวลาเท่ากัน และอุณหภูมิที่สูงกว่าทำให้สีเกิดการ

3. ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวพองรสกะเพราะไก่

การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวพองรสกะเพราะไก่โดยศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ทุก ๆ 7 วัน นาน 28 วัน ศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์ราทั้งหมด ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของข้าวกะเพราะไก่อบกรอบ

ระยะเวลาในการเก็บ (วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	ปริมาณยีสต์ราทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)
0	ND	ND
7	ND	ND
14	ND	ND
21	<10	<10
28	<10	<10

จากตารางที่ 4 พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนี/กรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกระยาสารท มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 709/2547 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อกรัม ยีสต์และราต้องไม่เกิน 1×10^2 โคโลนีต่อกรัม

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาข้าวพองรสกะเพราะไก่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวเหนียวต่อข้าวเจ้าแปรอัตราส่วนเป็น 4 ระดับ คือ 100:0, 75:25, 50:50 และ25:75 นำมาทำเป็นข้าวพองอัดก้อนแล้วอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งสูตรที่มีความเหมาะสมที่สุด คือ สูตรข้าวเหนียว:ข้าวเจ้า (75:25) ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับคะแนนความชอบรวมโดยรวม $7.69^{a} \pm 1.09$ มากที่สุด และเมื่อได้อัตราส่วนข้าวเหนียวกับข้าวเจ้า แล้วนำข้าวผ่านกระบวนการทอดจนเป็นข้าวพอง นำไปคลุกกับไก่หยอง, ใบกะเพราอบแห้ง และน้ำปรุงกะเพรา จากนั้นนำไปศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสม 3 ระดับ คือ 65, 70 และ 75 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง เมื่อตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทดสอบชิมให้การยอมรับอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง มากที่สุด และได้ผลิตภัณฑ์ข้าวพองรสกะเพราะไก่ นำมาศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวพองรสกะเพราะไก่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราในระยะเวลาการเก็บ 28 วัน ไม่พบจุลินทรีย์

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวพองรสกะเพราะไก่ให้นานกว่าในงานวิจัย เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

2. ควรศึกษาชนิดข้าว เช่น ข้าวไรซ์เบอรี่ ข้าวหอมนิล และข้าวสังข์หยด เพื่อทดแทน และส่งเสริมเกษตรกรให้มีรายได้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการส่งออก. (2553). **ตลาดขนมกรอบจากแป้งข้าว** สืบค้น 27 มีนาคม 2561. จาก http://depthai.go.th/DEP/DOC/53/53002586.pdf

ดรุณี เอ็ดเวิร์ด. (2543). **เอกสารการสอนชุดวิชาผลิตภัณฑ์อาหาร**. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. นนทบุรี.

ดำรงเกียรติ ศรีเทพ และทัศนา เมฆเวียน. (2555*).* **ข้าวยำสมิหลา**. สืบค้น 1 เม.ย. 2561 จาก http://www.manager.co.th.

ทิยาพร สุวรรณมณี และอรอุมา ศรีนวลขาว. (2551). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวยำอบกรอบ**. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2557). **เคมีอาหาร**.กรุงเทพฯ.

ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ และสุดสาย ตรีวานิช. (2546). **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ผลิตภัณฑ์ข้าว. (2550). **ตลาดส่งออกที่ยังเติบโตต่อไปได้**. สืบค้น 24 มีนาคม 2561. จาก http://positioningmag.com/32773

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. กระยาสารท. 709/2547.

วิไล รังสาดทอง. (2545). **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2553). **อุตสาหกรรมอาหาร: ขนมขบเคี้ยว**. สืบค้น 27 มีนาคม 2561. จาก https:// kasikornresearch.com/TH/K-EconAnalysis/Pages/

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. (2529). **กรรมวิธีการอบแห้ง**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อนันต์ สุวรรณรัตน์. (2560). **โครงการส่งเสริมระบบการเกษตรแบบแปลงใหญ่**. กรมการข้าว. สำนักส่งเสริมการผลิตข้าว.

การศึกษาการผลิตสาโทจากถั่วเขียวเลาะเปลือกและถั่วเหลือง

จิตติมา กอหรั่งกูล[1*] กาละเกศ กำไลเงิน[2] จิราภรณ์ บุญเที่ยง[2] นันทยา คนหลัก[2]

บทคัดย่อ

สาโทเป็นผลิตภัณฑ์จากการหมักข้าวเหนียวนึ่งสุกผสมด้วยลูกแป้งหมัก เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่มีรสชาติหวานหอมแตกต่างกันไปตามชนิดของข้าวที่นำมาเป็นวัตถุดิบ การทดลองนี้ได้นำข้าวเหนียวขาวผสมกับถั่วเขียวเราะเปลือก และข้าวเหนียวขาวผสมกับถั่วเหลืองซึ่งเป็นถั่วนี้มีคุณค่าทางอาหารสูง ในงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์สาโทที่เสริมคุณค่าทางโภชนาการจากถั่วเขียวเราะเปลือกและถั่วเหลือง และศึกษาเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์สาโท 4 สูตร ดังนี้ อัตราส่วนข้าวเหนียวขาวต่อถั่วเขียวเราะเปลือก 70:30 และ 50:50 และอัตราส่วนข้าวเหนียวขาวต่อถั่วเหลือง 70:30 และ 50:50 โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดทั้งหมด และทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้าน กลิ่น สี รสชาติของผู้บริโภคที่มีต่อสาโททั้ง 4 สูตร จากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ พบว่าผลิตภัณฑ์รอบที่ 1 มีปริมาณน้ำตาลอยู่ในช่วง 12-22 °Brix มีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วง 3.3-5.4% และมีปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.49-1.52% ผลิตภัณฑ์รอบที่ 2 มีปริมาณน้ำตาลอยู่ในช่วง 12.8-24.9 °Brix มีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วง 3.1-5.7% และมีปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.47-0.96% ส่วนผลิตภัณฑ์รอบที่ 3 มีปริมาณน้ำตาลอยู่ในช่วง 13-20 °Brix มีปริมาณแอลกอฮฮล์อยู่ในช่วง 3.9-5% และมีปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.52-1.31% นอกจากนี้ยังพบว่าสาโทที่มีอัตราส่วนข้าวเหนียวขาวต่อถั่วเหลือง 70:30 มีปริมาณน้ำตาลและแอลกอฮอล์สูงที่สุด สำหรับการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคพบว่า ผลิตภัณฑ์จากการหมักทั้ง 3 รอบ ผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อสาโทสูตรที่มีอัตราส่วนข้าวเหนียวขาวผสมถั่วเขียวเราะเปลือก 70:30 มากที่สุด

คำสำคัญ : สาโท ไวน์ข้าว ถั่วเขียวเราะเปลือก ถั่วเหลือง

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
[2] นักศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้นิพนธ์หลัก, e-mail: jittima@vru.ac.th*

STUDY OF SATO PRODUCTION FROM PEELED MUNG BEAN AND SOYBEAN

Jittima Khorungkul[1*] Galaged Gumlaingen[2] Nuntaya Konlug[2] Jiraporn Boonteang[2]

Abstract

Sato is fermented product from cooked sticky rice and look-pang. It is alcoholic beverage that has different taste and flavor according to different kinds of rice used as raw material. In this study, stickyrice and the high nutrition bean such as peeled mung bean and soybean were used as raw material for Sato production. The purposes of this study were to develop Sato addition with nutrition from peeled mung bean and soybean and to investigate and compare 4 formulas of Sato products as follow, sticky rice and peeled mung bean in proportion of 70:30 and 50:50 and sticky rice and soybean in proportion of 70:30 and 50:50. The sugar, alcohol and total acidity concentrations were analyzed and the sensory tests for consumer satisfaction were evaluated. The results from triplicate sets of Sato products show that the concentration of sugar, alcohol and total acidity of the first set were in the range of 12-22 ^{o}Brix, 3.3-5.4% and 0.49-1.52% respectively. For the second set, the concentration of sugar, alcohol and total acidity were in the range of 12.8-24.9 ^{o}Brix, 3.1-5.7% and 0.47-0.96% respectively. For the third set, the concentration of sugar, alcohol and total acidity were in the range of 13-20 ^{o}Brix, 3.9-5% and 0.52-1.31% respectively. The results also indicated that the formula that has the proportion of sticky rice to peeled mung bean 70:30 has the highest sugar and alcohol concentration. The sensory test showed that the Sato that has the proportion of sticky rice to soybean 70:30 was most satisfied by consumers for all three sets.

Keywords: Sato, rice wine, mung bean, soybean

[1] *Biotechnology courses Faculty of Science and Technology Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage*

[2] *Bachelor's Degree General Science Program, Faculty of Education Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage*

** Corresponding author, e-mail: jittima@vru.ac.th*

บทนำ

สาโทเป็นผลิตภัณฑ์จากการหมักข้าวเหนียวนึ่งสุกผสมด้วยลูกแป้งหมัก ซึ่งการเจริญเติบโตของเชื้อราในลูกแป้งจะเปลี่ยนแป้งในข้าวให้เป็นน้ำตาล หลังจากนั้นเติมน้ำลงไปให้เกิดการหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ โดยกำหนดให้มีแรงแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15 ดีกรี (ร้อยละโดยปริมาตร) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546) สาโทไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน นิยมผลิตตามงานบุญ งานเลี้ยงต่างๆ ในชุมชน สาโทมีรสชาติที่แตกต่างกันออกไปตามชนิดของข้าวและวัตถุดิบที่นำมาผสม จากการศึกษาการผลิตสาโทจากพันธุ์ข้าวพื้นเมืองชนิดต่างๆ พบว่าสาโทที่ผลิตจากข้าวเหนียวส่วนมากจะมีระดับคะแนนความพึงพอใจในแต่ละด้านมากกว่าสาโทที่ผลิตจากข้าวจ้าว (ชูชาติ, วิชัย และ วราวุธ, 2559) และเพื่อเป็นการเพิ่มความหลากหลายและทางเลือกรวมถึงเสริมคุณค่าทางโภชนาการได้มีการศึกษาการผลิตสาโทจากวัตถุดิบอื่นๆ ที่ไม่ใช่ข้าวเพียงอย่างเดียว อย่างเช่น การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างข้าวเหนียวต่อกล้วยไข่ในการหมักสาโท (บุญยกฤต, 2549) การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อสาโทที่หมักจากข้าวเหนียวผสมข้าวโพดข้าวเหนียว และสาโทที่หมักจากข้าวเหนียวผสมลูกเดือย (จิตติมา, 2560) และการศึกษาสาโทที่ผลิตจากข้าวเหนียวลืมผัวและกล้วยน้ำว้าดิบ (จิตติมา, 2561)

ถั่วเขียวและถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจของไทยที่มีราคาไม่สูงและมีคุณค่าทางโภชนาการ ในถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่จำเป็นรวมทั้งฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก วิตามินบี 1 บี 2 วิตามินเอ และ อี ซึ่งช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของกระดูก ป้องกันการขาดแคลเซียม และบำรุงระบบประสาท (วิกิพีเดีย, 2561) ในถั่วเขียวพบแคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก และแคโรทีน ช่วยบำรุงสายตา ลดความดันโลหิต และช่วยกระตุ้นประสาท (MedThai, 2560) นอกจากนี้ในถั่วเขียวและถั่วเหลืองยังมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเป็นจำนวนมาก โดยส่วนใหญ่ถั่วเขียวและถั่วเหลืองนิยมนำมาทำเป็นแป้ง หรือนำไปนึ่งให้สุกแล้วกวนเป็นขนม รวมถึงนิยมนำมาทำเป็นอาหาร

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำถั่วเขียวเลาะเปลือกและถั่วเหลืองซึ่งเป็นอาหารที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงเช่นเดียวกับข้าวและมีสารที่มีประโยชน์มาผสมกับข้าวเหนียวขาวเพื่อผลิตสาโทเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สาโทที่มีคุณภาพดี เป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค และช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวเหนียวขาว ถั่วเขียวเลาะเปลือกและถั่วเขียว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษากระบวนการผลิตสาโทจากข้าวเหนียวขาวผสมถั่วเขียวเลาะเปลือก และข้าวเหนียวขาวผสมถั่วเหลืองที่อัตราส่วนแตกต่างกัน 4 สูตร และเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาล ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณกรดทั้งหมด รวมถึงทดสอบความพึงพอใจด้าน กลิ่น สี รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ของผู้บริโภคที่มีต่อสาโททั้ง 4 สูตร

วิธีดำเนินการวิจัย

การหมักสาโท

ทำการผลิตสาโทโดยการหมักข้าวเหนียวขาวร่วมกับถั่วเขียวเราะเปลือก และถั่วเหลือง ที่ผ่านการให้ความร้อนและนึ่งในอัตราส่วนดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวขาวกับถั่วเขียวเราะเปลือกและข้าวเหนียวขาวกับถั่วเหลือง

สูตรที่	วัตถุดิบ
1	ข้าวเหนียวขาวต่อถั่วเขียวเลาะเปลือก 70 : 30
2	ข้าวเหนียวขาวต่อถั่วเหลือง 70 : 30
3	ข้าวเหนียวขาวต่อถั่วเขียวเลาะเปลือก 50 : 30
4	ข้าวเหนียวขาวต่อถั่วเหลือง 50 : 50

1. การเตรียมวัตถุดิบก่อนทำการหมัก

1.1 การเตรียมข้าว

นำข้าวเหนียวขาวไปล้างน้ำสะอาดเพื่อกำจัดกากข้าวและสิ่งสกปรกที่ติดมากจากข้าว แช่ในน้ำสะอาดเพื่อให้เมล็ดข้าวนิ่มและอิ่มตัวเป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง จากนั้นนำข้าวที่แช่ไว้ล้างน้ำสะอาดอีก 1-2 ครั้ง นำไปนึ่งให้สุกเป็นเวลา 30 นาที นำข้าวที่นึ่งสุกแล้วไปล้างเอายางออกให้มดจนข้าวไม่ติดกัน จากนั้นผึ่งให้ข้าวสะเด็ดน้ำประมาณ 5 นาที

1.2 การเตรียมถั่วเขียวเลาะเปลือกและถั่วเหลือง

นำถั่วเขียวเลาะเปลือกและถั่วเหลืองไปล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นแช่นำเพื่อให้เมล็ดถั่วเปลือกนิ่มและอิ่มตัวเป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง นำถั่วที่แช่ล้างน้ำ 1-2 ครั้ง จากนั้นนำไปนึ่งให้สุกเป็นเวลา 60 นาที นำถั่วที่นึ่งสุกแล้วไปผึ่งให้เมล็ดถั่วสะเด็ดน้ำประมาณ 5 นาที

2. วิธีการหมัก

สาโทที่ผลิตในการทดลองนี้แบ่งออกเป็น 4 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยใช้วัตถุดิบรวมกันให้มีน้ำหนักเริ่มต้น 2 กิโลกรัม

นำลูกแป้งที่มีลักษณะเป็นก้อนไปบดให้ละเอียด โดยชั่งให้ได้ 20 กรัม ต่อส่วนผสม 2 กิโลกรัม นำส่วนผสมที่เตรียมไว้มาคลุกผสมกับลูกแป้งที่บดละเอียดให้ทั่วและพรมน้ำเล็กน้อยระหว่างทำการคลุก จากนั้นบรรจุลงในโอ่งดินเผาขนาด 6 ลิตร ที่ผ่านการลวกฆ่าเชื้อด้วยน้ำร้อน ปิดด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้นมัดด้วยเชือกให้แน่น ตั้งบ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน จากนั้นทำการผ่าน้ำ (เติมน้ำ) ที่ต้มฆ่าเชื้อแล้วโดยใช้น้ำ 0.5 ลิตร และตั้งบ่มต่อไปที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน เมื่อครบกำหนดทำการกรองสาโทที่ได้ และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล, ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณกรดทั้งหมด และทดสอบทางประสาทสัมผัส กลิ่น สี รสชาติ และการยอมรับโดยรวม โดยทำการทดลองสามซ้ำ จากนั้นนำสาโทที่ผ่านการกรองแล้วเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์ (KMS) 200 มิลลิกรัมต่อลิตรและบรรจุขวด (ไพบูลย์ และ พัฒนา, 2549)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณกรดทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลโดยใช้เครื่อง Hand refactometer **(**พัฒนา และ พรเทพ, 2549**)** ค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ (°Brix) การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้เครื่อง Equlliometer (คณิต, 2548) ค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์ปริมาณกรดโดยใช้วิธีการ total acidity (Zoecklein et al., 1995) และคำนวณค่าได้จากสูตร

$$\%\text{กรดทั้งหมด} = \frac{90 \times \text{ปริมาตร NaOH ที่ใช้} \times \text{ความเข้มข้นของ NaOH} \times 100}{1{,}000 \times \text{ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้}}$$

การทดสอบทางประสาทสัมผัสและการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์สาโท

นำผลิตภัณฑ์สาโททั้ง 4 สูตรที่ได้ทั้งสามรอบการทดลอง มาทดสอบทางประสาทสัมผัส กลิ่น สี รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภค โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน โดยมีการทำแบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสซึ่งกำหนดตั้งแต่ระดับคะแนน 1-5 และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ One-way ANOVA และ LSD

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

จากการศึกษากระบวนการหมักสาโททั้ง 4 สูตร ซึ่งทำการทดลอง 3 ซ้ำโดยใช้ข้าวจากชุดการเก็บเกี่ยวเดียวกัน ส่วนผสม ปัจจัยแวดล้อม และระยะเวลาในการหมักเหมือนกัน ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณกรดทั้งหมด ของผลิตภัณฑ์สาโทที่ได้จากการทำการทดลองทั้ง 3 รอบ

ผลิตภัณฑ์สาโท	รอบที่ 1			รอบที่ 2			รอบที่ 3		
	ปริมาณน้ำตาล (°Brix)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (%)	ปริมาณกรดทั้งหมด(%)	ปริมาณน้ำตาล (°Brix)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (%)	ปริมาณกรดทั้งหมด(%)	ปริมาณน้ำตาล (°Brix)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (%)	ปริมาณกรดทั้งหมด(%)
สูตรที่ 1	22	4.1	0.49	17.9	4.8	0.47	20	4.9	0.52
สูตรที่ 2	25	5.4	0.78	24.9	5.7	0.59	23	5	0.72
สูตรที่ 3	12	4.3	1.23	12.8	3.1	0.62	13	3.9	1.04
สูตรที่ 4	16.5	3.3	1.52	16.1	3.9	0.96	15.8	4	1.31

จากตารางที่ 2 ผลการทดลองทั้งสามรอบพบว่าผลิตภัณฑ์สาโทในรอบที่ 1 มีปริมาณน้ำตาลอยู่ในช่วง 12-22 °Brix มีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วง 3.3-5.4% และมีค่าปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.49-1.52% ส่วนผลิตภัณฑ์รอบที่ 2 มีปริมาณน้ำตาลอยู่ในช่วง 12.8-24.9 °Brix มีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วง 3.1-5.7% และมีค่าปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.47-0.96% และผลิตภัณฑ์รอบที่ 3 มีปริมาณน้ำตาลอยู่ในช่วง 13-23 °Brix มีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วง 3.9-5% และมีค่าปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.52-1.31% และยังพบว่าผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันที่ได้จากการทดลองทั้งสามรอบมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณกรดทั้งหมดใกล้เคียงกันและเป็นไปในแนวทางเดียวกันกัน

จากผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวขาวกับปริมาณถั่วมีผลต่อปริมาณน้ำตาล (°Brix) และปริมาณแอลกอฮอล์ (%) ในสาโท เมื่อพิจารณาจากปริมาณน้ำตาลพบว่าสาโทที่หมักด้วยอัตราส่วนข้าวเหนียวขาวต่อถั่วเขียวเราะเปลือก 70:30 (สูตรที่ 1) และสาโทที่หมักด้วยอัตราส่วนข้าวเหนียวขาวต่อถั่ว

เหลือง 70:30 (สูตรที่ 2) มีปริมาณน้ำตาลมากกว่าสาโทที่หมักด้วยอัตราส่วนข้าวเหนียวขาวต่อถั่วเขียวเราะเปลือก 50:50 (สูตรที่ 3) และสาโทที่หมักด้วยอัตราส่วนข้าวเหนียวขาวต่อถั่วเหลือง 50:50 (สูตรที่ 4) เนื่องจากสาโทสูตรที่ 1 และ 2 มีปริมาณข้าวเหนียวขาวที่สูงกว่าสูตร 3 และ 4 ทำให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลได้มากกว่า ปริมาณน้ำตาลของสาโทเกิดขึ้นเนื่องมาจากผลของจุลินทรีย์ในลูกแป้งที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแป้งในเมล็ดข้าวให้เป็นน้ำตาลคือ *Aspergillus* spp. และ *Rhizopus* spp. (เกศินี, 2545) จากนั้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะลดลงเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นเนื่องจากจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* ในลูกแป้งทำการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์โดยใช้เอนไซม์ zymase ในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ (ไพโรจน์, 2534) เนื่องจากเม็ดแป้งในถั่ว มีคุณสมบัติเป็น resistance starch (RS) หรือแป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ และพบว่าเมื่อนำไปย่อยด้วย เอนไซม์ α-amylase จาก *Aspergillus oryzae* ให้ปริมาณกลูโคสที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับแป้งชนิดอื่นๆ (จิรนารถ, 2553) ดังนั้นสาโทสูตรที่มีอัตราส่วนของถั่วมากก็จะทำให้อัตราการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลของเชื้อราเกิดขึ้นได้น้อยลงจึงทำให้มีปริมาณน้ำตาลที่น้อยรวมถึงมีปริมาณแอลกอฮอล์ที่ลดลงตามไปด้วย และหากเปรียบเทียบระหว่างถั่วเขียวเราะเปลือกและถั่วเหลืองในอัตราส่วนของข้าวเหนียวขาวเท่ากันจะพบว่า สาโทที่มีถั่วเขียวเราะเปลือกเป็นองค์ประกอบ (สูตรที่ 1 และ 3) จะมีปริมาณน้ำตาลที่ได้ต่ำกว่าสูตรที่มีถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบ (สูตรที่ 2 และ 4) เนื่องจากจากการศึกษาพบว่าปริมาณ RS ในแป้งถั่วเขียวมีปริมาณสูงมากเมื่อเทียบกับแป้งจากถั่วชนิดอื่นๆ (จิรนารถ, 2553) และเมื่อปริมาณน้ำตาลที่เกิดขึ้นต่ำจึงส่งผลให้ปริมาณแอลกอฮฮล์ที่เกิดขึ้นลดลง

ผลิตภัณฑ์สาโททั้งสามรอบมีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15% ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสาโท (2546) ผลิตภัณฑ์สาโทที่ได้มีปริมาณกรดที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วง 0.47-1.52% ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากจุลิทรีย์ในลูกแป้งใช้น้ำตาลแล้วสร้างกรดออกมาและเกิดจากการเจริญของยีสต์ซึ่งจะสร้างแอลกอฮอล์และมีผลพลอยได้ออกมาเป็นกรดต่างๆ (สุวนา, 2544)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส กลิ่น สี รสชาติและการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ที่มีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์สาโททั้ง 4 สูตร ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัส กลิ่น สี รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์สาโท

ผลิตภัณฑ์สาโท	ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับโดยรวม
สูตรที่ 1	4.80 ± 0.43^{c}	4.77 ± 0.53^{c}	4.75 ± 0.47^{c}	4.83 ± 0.41^{c}
สูตรที่ 2	4.50 ± 0.53^{b}	4.45 ± 0.62^{b}	4.37 ± 0.61^{c}	4.48 ± 0.65^{c}
สูตรที่ 3	$3.65\pm0.54^{a,b}$	3.62 ± 0.55^{a}	3.33 ± 0.65^{b}	3.28 ± 0.71^{b}
สูตรที่ 4	2.93 ± 0.71^{a}	3.15 ± 0.75^{a}	2.55 ± 0.85^{a}	2.65 ± 0.79^{a}

^{a,b,c} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

จากผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์สาโท ทั้ง 4 สูตร พบว่าการทดสอบประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสูตรที่ได้คะแนนทางด้านประสาทสัมผัสทุกด้านสูงที่สุดคือผลิตภัณฑ์สาโทสูตรที่ 1 ที่มีอัตราส่วนของขาวเหนียวขาวต่อถั่วเขียวเราะเปลือก 70:30 โดยได้คะแนนอยู่ในระดับความชอบมาก การที่สาโทสูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภคสูงกว่าสูตรอื่นๆ อาจเนื่องมาจากเป็นสูตรที่มีข้าวเหนียวขาวในอัตราส่วนที่สูงทำให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลได้มากกว่าทำให้มีรสชาติหวานประกอบกับกลิ่นหอมที่ได้จากถั่วเขียวเราะเปลือก รวมถึงปริมาณแอลกอฮอล์ที่ไม่สูงมากเกินไปทำให้ได้สาโทที่ดื่มง่าย ส่วนสาโทสูตรที่มีอัตราส่วนของถั่วที่มากขึ้นจะมีอัตราการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลที่น้อยกว่าประกอบกับการเปิดภาชนะเพื่อเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์ในระหว่างช่วงเวลาหมักโดยไม่ระมัดระวังอย่างเพียงพอทำให้มีอากาศผ่านเข้าไปในภาชนะที่ใช้หมักส่งผลให้ยีสต์เปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซีติกทำให้สาโทที่ได้มีรสเปรี้ยว (สุวนา, 2544) ดังจะเห็นได้จากปริมาณของกรดทั้งหมดที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์สาโทสูตรที่ 3 และ 4 ทำให้รสชาติไม่เป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภค

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการหมักสาโททั้ง 4 สูตร ซึ่งมีอัตราส่วนข้าวเหนียวขาวต่อถั่วเขียวเลาะเปลือก 70:30 และ 50:50 และมีอัตราส่วนข้าวเหนียวขาวต่อถั่วเหลือง 70:30 และ 50:50 ทำการทดลอง 3 รอบ โดยใช้ส่วนผสม ปัจจัยแวดล้อม และระยะเวลาในการหมักเหมือนกัน พบว่าอัตราส่วนที่แตกต่างกันของข้าวเหนียวขาวมีผลต่อปริมาณของน้ำตาล ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณกรดทั้งหมด ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้ง 3 รอบ มีปริมาณน้ำตาล ปริมาณแอลกอฮฮล์ และปริมาณกรดทั้งหมดใกล้เคียงและเป็นในแนวทางเดียวกันคือสาโทสูตรที่มีอัตราส่วนข้าวเหนียวขาวมากก็จะมีปริมาณน้ำตาลและปริมาณแอลกอฮอล์ที่สูงกว่า รวมถึงชนิดของถั่วก็มีผลต่อปริมาณน้ำตาลที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์สาโท คือสาโทสูตรที่มีส่วนผสมของถั่วเขียวเราะเปลือกจะพบว่ามีปริมาณน้ำตาลต่ำกว่าสูตรที่มีถั่วเหลืองเป็นส่วนผสม เนื่องจากแป้งที่พบในถั่วเขียวจะประกอบด้วยแป้งชนิดที่ต้านทานการย่อยของเอนไซม์มากกว่าแป้งในถั่วชนิดอื่นๆ จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลได้น้อยกว่า ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าถั่วเขียวเราะเปลือกและถั่วเหลืองสามารถใช้เป็นวัตถุดิบร่วมในการผลิตสาโทได้ และจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส กลิ่น สี รสชาติและการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคพบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผู้บริโภคมีความชอบสาโทที่มีอัตราส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อถั่วเขียวเราะเปลือก 70:30 สูงที่สุดในระดับความชอบมาก จากการที่ข้าวเหนียวขาวนิยมใช้ในการผลิตสาโทเมื่อนำมาผสมกับถั่วเขียวเราะเปลือกและถั่วเหลืองซึ่งเป็นธัญพืชที่มีสรรพคุณมากมาย จะทำให้ได้สาโทที่เป็นทางเลือกและมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค แต่เนื่องจากแป้งในถั่วมีข้อจำกัดในการถูกเปลี่ยนให้เป็นน้ำตาล จึงทำให้ไม่สามารถใช้เป็นส่วนผสมในปริมาณที่มาก เนื่องจากอาจมีผลต่อประสาทสัมผัสและการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

เกศินี จันทรโสภณ. (2545). **การวิจัยและพัฒนาการผลิตสาโทชั้นคุณภาพดีจากข้าวเม่า**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

คณิต วิชิตพันธุ์. การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์. **เอกสารประกอบการสัมมา เรื่อง หลักและเทคนิคที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตสุรา กลั่นจากข้าว; 26 กันยายน 2548**; ขอนแก่น.

จิตติมา กอหรั่งกูล, ณัฐพร ป้อมสาหร่าย, ดวงกมล แสนสระ, รัชดาพร นาแถมพลอย. (2560). การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์สาโทจากข้าวเหนียวขาวผสมธัญพืช. ใน: **เอกสารการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 5 วันที่ 25 มีนาคม 2560**. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม. กรุงเทพฯ; หน้า 20-24.

จิตติมา กอหรั่งกูล, สุปรานี ชาติงาม, มุกดาวัลย์ จิตรภิญโญ, สัตตบุษย์ พงษ์ต้น.(2561). การศึกษาการผลิตสาโทจากข้าวเหนียวลืมผัวและกล้วยน้ำว้าดิบ. ใน: **เอกสารการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6 วันที่ 6 มิถุนายน 2561**. มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรต์ สมุทรปราการ; หน้า AS 307-312.

จิรนาถ บุญคง. (2553). Resistant starch แป้งที่มีบทบาทต่อสุขภาพ. **วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม**; 6(1): 1-8.

จิรนาถ บุณคง, ทิพวรรณ บุญมี, พัชราวรรณ เรือนแก้ว. (2558). การใช้แป้งกล้วยหอมทองดิบที่มีคุณสมบัติต้านทานการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในผลิตภัณฑ์พาสต้า. **วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม** ;10(1):153-73.

ชูชาติ กุดเป่ง, วิชัย เสริมผล, วราวุธ ธนะมูล. (2559). การศึกษาการผลิตสาโทจากพันธุ์ข้าวพื้นเมืองชนิดต่างๆ ในจังหวัดนครราชสีมา. ใน: **เอกสารการประชุมวิชาการ The national and international graduate research conference 2016**. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น; หน้า 371-380.

ไพบูลย์ ด่านวิรุทัย และ พัฒนา เหล่าไพบูลย์. (2549). กระบวนการผลิตสาโท. ใน ไพบูลย์ด่าน วิรุทัย, พัฒนา เหล่าไพบูลย์ (บรรณาธิการ), **ไวน์ผลไม้และสาโท ผลิตด้วยความมั่นใจได้อย่างไร. (268-269)** พิมพ์ครั้งที่2. ขอนแก่น:คลังนานาวิทยา.

ไพโรจน์ วิริยจารี. (2534). **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการหมัก**. เชียงใหม่: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พัฒนา เหล่าไพบูลย์ และ พรเทพ ถนนแก้ว. (2549). การวิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำผลไม้. ใน ไพบูลย์ ด่านวิรุทัย, พัฒนา เหล่าไพบูลย์ (บรรณาธิการ), **ไวน์ผลไม้และสาโทผลิตด้วยความมั่นใจได้อย่างไร.** (58-52) พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น:คลังนานาวิทยา

บุญยกฤต รัตนพันธุ์. (2549). การศึกษาการผลิตสาโทกล้วยไข่. **วารสารมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์**; 12(1):64-75.

สุวนา ว่องเกื้อกูล และ อรวรรณ ป้องวิเศษ. (2544). **การทำสาโทเพื่อเพิ่มปริมาณแอลกอฮอล์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาจุลชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ;

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. **มาตรฐานผลิตภัณฑสาโท (มผช. 3/2546)** [อินเตอร์เน็ต]. 2546 [เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps3_46.pdf

ถั่วเหลือง. สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2561, จากวิกิพีเดีย http://th.wikipedia.org/wike/ถั่วเหลือง

MedThai. (25 ตุลาคม 2555 ปรับปรุงเมื่อวันที่ 4 สิงหาคม 2560). **ถั่วเขียว สรรพคุณและประโยชน์ของถั่วเขียว 49 ข้อ**. ค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2561, เวบไซต์: https://medthai.com/ถั่วเขียว/

16. Zoecklein BW, Fugelsang KC, Gump B H and Nury FS. (1995). Wine Analysis and Production. New York: Chapman & Hall.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองจากถั่วดาวอินคา

ฐานิศร กนกเลิศฤทธิ์[1*] น้อมจิตต์ สุธีบุตร[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานมาการอง และพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองจากถั่วดาวอินคาโดยศึกษาปริมาณผงถั่วดาวอินคาทดแทนการใช้ผงอัลมอนด์ในสูตรพื้นฐานมาการองโดยใช้การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) พบว่าสูตรพื้นฐานสูตรที่ 1,2และ 3 มีคะแนนการยอมรับคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.20±1.40, 6.50±1.55และ7.43±1.45ตามลำดับ และสูตรที่ 3 ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสมากที่สุดจึงได้นำสูตรพื้นฐานที่ 3 ที่ได้มาทดแทนการใช้ผงอัลมอนด์ในผลิตภัณฑ์มาการองด้วยผงถั่วดาวอินคา 3 ชนิด ได้แก่ ผงถั่วดาวอินคาแบบดิบ ผงถั่วดาวอินคาแบบอบและผงโปรตีนถั่วดาวอินคาในปริมาณร้อยละ 25 ของปริมาณผงอัลมอนด์ในสูตรพื้นฐานมาการอง พบว่าการทดแทนปริมาณผงถั่วดาวอินคาทั้ง 3 ชนิด มีคะแนนการยอมรับคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นที่แตกต่างกัน คือ5.83±1.88, 6.13±1.57และ6.27±1.80 ตามลำดับ มาการองที่ใช้ผงโปรตีนถั่ว ดาวอินคาแทนการใช้ผงอัลมอนด์ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด เนื่องจากว่าโดยปกติแล้วถั่ว ดาวอินคาจะมีกลิ่นแรงอาจส่งผลกระทบต่อการยอมรับของผู้ทดสอบชิม การใช้ถั่วดาวอินคาที่สกัดน้ำมันบางส่วนออกทำให้กลิ่นของถั่วดาวอินคาลดลงส่งผลให้คะแนนการยอมรับในด้านรสชาติและด้านความชอบโดยรวมสูงกว่ามาการองที่ใช้ผงถั่วดาวอินคาแบบดิบและผงถั่วดาวอินคาแบบอบ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ : มาการอง,ถั่วดาวอินคา,อัลมอนด์

[1] นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

[2] อาจารย์ประจำสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:tanisorn_kanoklerdrit2214@hotmail.com*

PRODUCT DEVELOPMENT OF MACARONS FROM SACHA INCHI

Tanisorn Kanoklerit[1*] Nomuit Suteebut[2]

Abstract

The purpose of this research was to study the basic recipes of Macarons and to development of Macarons from Sacha inchi. The study was conducted to replace the use of almonds in the recipe with Sacha inchi. Sensory evaluation using 9 point Hedonic scale was found that the formulas 1 , 2 and 3 had a score of acceptable overall sensory qualities of 7.20 ± 1.40, 6.50 ± 1.55 and 7.43 ± 1.45, respectively. The third formulation was accepted by the most sensory panelists. Then, this formula was selected for replaced with the use of almond powder in the product with the 3 types of Sacha inchi; raw, baked and protein power of Sacha inchi. The basic formulas were used to replace the almond powder in 25% of almond powder in the basic formula to the Macaron. Replacement of 3 kinds of Sacha inchi powder had a sensory quality score of odor at 5.83 ± 1.88, 6.13 ± 1.57 and 6.27±1.80, respectively. Sacha inchi used instead of powdered almonds in Macaron have been accepted by the panelists. Normally, the Sacha inchi has a strong odor, which may adversely affect the acceptance of tasting. Using the Sacha inchi extract of some oils, the smell of the Sacha inchi decreased. Resulting in the acceptance of taste and overall higher macaron used powdered raw Sacha inchi and baked Sacha inchi powder. ($p \leq 0.05$)

Keywords : Macarons, Sacha inchi, Almond

[1] *Master's Degree Home Economics Faculty of Home Economics Rajamangala University of Technology Phra Nakhon*

[2] *Lecturer in Home Economics Faculty of Home Economics Rajamangala University of Technology Phra Nakhon*

** Corresponding author, e-mail:tanisorn_kanoklerdrit2214@hotmail.com*

บทนำ

มาการองเป็นขนมฝรั่งเศสชนิดหนึ่งที่มีประวัติมายาวนาน กำเนิดขึ้นตั้งแต่ปี 1791 แต่พึ่งมาเป็นที่รู้จักและเป็นที่นิยมสำหรับคนไทยได้ไม่นานนัก มาการองเป็นคุกกี้ชนิดหนึ่งมีส่วนผสมหลัก ได้แก่ ผงอัลมอนด์ ไข่ขาว น้ำตาลทราย และน้ำ โดยทั่วไปมาการองจะมีลักษณะคล้ายกับโดมแบนๆ ผิวด้านบนของขนมเรียบมันจากความละเอียดของผงอัลมอนด์ ส่วนด้านล่างของชิ้นขนมจะมีรอยหยักคล้ายลูกไม้ชายกระโปรงที่บางกรอบ ไส้ของมาการองมีหลากหลายรสชาติและหลายรูปแบบ อาทิไส้กานาช แยม บัตเตอร์ครีม รวมถึงผลไม้สดด้วย ถึงแม้มาการองจะมีส่วนผสมหลักที่เป็นผงอัลมอนด์ที่อุดมไปด้วยกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย แต่ก็มีข้อเสีย คือ ผงอัลมอนด์มีสารออกซาเลต (Oxalates) เป็นสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการดูดซึมของแคลเซียมและแร่ธาตุสำหรับผู้ที่มีปัญหาโรคไตหรือถุงน้ำดี จึงควรจะหลีกเลี่ยงการรับประทานอัลมอนด์ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จึงได้มีการทดลองใช้วัตถุดิบอื่นที่มีคุณค่าทางโภชนาการมาทดแทนการใช้อัลมอนด์กันมากขึ้น

ถั่วดาวอินคาเป็นพืชตระกูลถั่วจากป่าอเมซอนของชาวเปรู ดาวอินคาถือเป็นพืชเศรษฐกิจตัวใหม่ที่กำลังได้รับการส่งเสริมการปลูกกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยได้มีการทดลองปลูกในไทยเมื่อไม่นานมานี้ และเริ่มมีการปลูกกันเกือบทุกภูมิภาคของไทยนอกจากนี้ในปัจจุบันมีผลการวิจัยรับรองว่าถั่วดาวอินคามีความปลอดภัยและสามารถช่วยในการพัฒนาสมองของเด็กและป้องกันโรค อัลไซเมอร์อีกด้วย(ขวัญฤดี และคณะ, 2558) เนื่องจากในถั่วดาวอินคามีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด โอเมก้า 3, 6 และ 9ในปริมาณมาก และยังเป็นแหล่งของวิตามินอี ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้งในร่างกายมนุษย์และการเกิดกลิ่นหืนในอาหารลดการอักเสบและลดคอเลสเตอรอลในเลือด โดยจากงานวิจัยของภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล พบว่าน้ำมันจากถั่วดาวอินคามีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงใกล้เคียงกับน้ำมันงา และยังมีสารไฟโตสเตอรอลซึ่งเป็นสารพฤกษเคมีที่มีโครงสร้างคล้ายกับคอเลสเตอรอลจึงทำให้มีคุณสมบัติในการยับยั้งการดูดซึมคอเลสเตอรอลจากอาหารและลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดอีกทั้งมีการศึกษาถึงความเป็นพิษ ในการบริโภคทั้งในสัตว์ทดลองและในคน พบว่ามีความปลอดภัยสำหรับการบริโภคนอกจากนี้ยังพบว่าสามารถนำกากถั่วดาวอินคาที่เหลือจากการสกัดน้ำมันไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้ อาทิคุกกี้และผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งได้อีกด้วย (ศูนย์วิทยบริการ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2560)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะผลิตมาการองที่ทดแทนผงอัลมอนด์ด้วยผงถั่วดาวอินคา นอกจากจะสามารถลดปริมาณสารออกซาเลตในผลิตภัณฑ์มาการองได้แล้ว ยังสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้นเนื่องจากในถั่วดาวอินคามีปริมาณของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายในปริมาณที่มากกว่าอัลมอนด์ รวมทั้งยังได้ผลิตภัณฑ์มาการองที่แปลกใหม่ เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคที่ใส่ใจในเรื่องสุขภาพและยังช่วยลดต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์มาการองให้มีต้นทุนที่ลดลง เพราะวัตถุดิบหลักในการทำมาการองคืออัลมอนด์ซึ่งมีราคาที่สูงกว่าผงถั่วดาวอินคา อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการใช้ประโยชน์ของผงถั่วดาวอินคาให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรให้แก่เกษตรกรชาวไทยอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานการผลิตมาการอง
2. เพื่อศึกษาชนิดของผงถั่วดาวอินคาที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการอง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองจากถั่วดาวอินคา

การหาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองจากถั่วดาวอินคาจำนวน 3 สูตร โดยใช้สูตรพื้นฐานที่มีวิธีการและส่วนประกอบแตกต่างกันไปดังแสดงในตารางที่ 1 จากนั้นนำมาประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพในด้าน สี ค่าปริมาณความชื้น ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความเรียบของหน้ามาการอง ขามาการอง สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – Point Hedonic Scale)ดังแสดงในตารางที่ 2 ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน วางแผนการทดสอบชิมทางด้านประสาทสัมผัสแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT)เพื่อคัดเลือกชนิดของผงถั่วดาวอินคาที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเฉลี่ยโดยรวมสูงสุด เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 1 สูตรมาการอง 3 สูตรที่ใช้ในการคัดเลือกสูตรมาตรฐาน

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสมในแต่ละสูตร					
	สูตรที่ 1		สูตรที่ 2		สูตรที่ 3	
	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ
ผงอัลมอนด์	300	25.00	300	25.10	300	26.09
น้ำตาลทราย	300	25.00	300	25.10	255	22.17
น้ำตาลไอซิ่ง	300	25.00	300	25.10	300	26.09
ไข่ไก่ (ไข่ขาว)	220	18.33	220	18.42	220	19.13
น้ำเปล่า	80	6.67	75	6.28	75	6.52

ที่มา: ดัดแปลงจาก * PHOLFOODMAFIA (2014)
** PIERRE HERMÉ(2014)
*** โสภณ สมประสงค์บิวโดอิน (2014)

2. การคัดเลือกชนิดของผงถั่วดาวอินคา ที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองจากถั่วดาวอินคา

นำสูตรมาการองสูตรพื้นฐานที่ได้รับการยอมรับจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากข้อ 1มาพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองจากถั่วดาวอินคา โดยทำการคัดเลือกชนิดของผงถั่วดาวอินคาทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ผงถั่วดาวอินคาแบบดิบ ผงถั่วดาวอินคาแบบอบและผงโปรตีนถั่วดาวอินคา ทำการทดแทนปริมาณผงอัลมอนด์ด้วยผงถั่วดาวอินคาร้อยละ 25 ของปริมาณผงอัลมอนด์ในสูตรพื้นฐานประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพในด้าน สี ค่าปริมาณความชื้น ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความเรียบของหน้ามาการอง ขามาการอง สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – Point Hedonic Scale)ดังแสดงในตารางที่ 2 ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน วางแผนการทดสอบชิมทางด้านประสาทสัมผัสแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized complete Block

Design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT)เพื่อคัดเลือกชนิดของผงถั่วดาวอินคาที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเฉลี่ยโดยรวมสูงสุด เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์มาการองจากถั่วดาวอินคา

จากการศึกษาสูตรมาการองพื้นฐานที่มีการเผยแพร่โดยทั่วไปจำนวน 3 สูตรโดยทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความเรียบของ หน้ามาการอง ขามาการอง สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) ผลการประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพ ในด้านสี ค่าปริมาณความชื้นแสดงดังตารางที่ 1 และผลการทดสอบชิมแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพของมาการองสูตรพื้นฐาน

คุณภาพทางกายภาพ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ค่าสี L*	72.52±0.24^{ab}	72.74±0.18^{a}	72.11±0.29^{b}
ค่าสี a*^{ns}	3.64±0.32	4.27±0.09	4.07±0.85
ค่าสี b*^{ns}	21.89±0.46	21.22±0.31	22.59±0.89
ค่าความชื้น^{ns}	3.52±0.05	3.58±0.13	3.63±0.07

หมายเหตุ : ตัวอักษร $^{(a,b,c,...)}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
nsหมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 3 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาการองสูตรที่ 1, 2 และ 3

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ความเรียบของหน้ามาการอง	7.13±1.50^{b}	8.20±0.71^{a}	7.93±1.01^{a}
ขามาการอง^{ns}	7.13±1.22	6.97±1.86	7.30±1.44
สี	6.97±1.09^{b}	7.47±1.33^{a}	7.23±1.25^{ab}
กลิ่น^{ns}	6.90±1.60	6.97±1.63	6.87±1.38
รสชาติ^{ns}	6.70±1.73	6.10±1.84	6.63±1.75
เนื้อสัมผัส	6.50±1.91^{b}	5.50±1.73^{c}	7.23±1.67^{a}
ความชอบโดยรวม	7.20±1.40^{a}	6.50±1.55^{b}	7.43±1.45^{a}

หมายเหตุ :ตัวอักษร $^{(a,b,c,...)}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
Ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

2. ผลการศึกษาชนิดของผงถั่วดาวอินคาที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองจากถั่วดาวอินคา

การศึกษาชนิดของผงถั่วดาวอินคาที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองจากถั่วดาวอินคา โดยนำผงถั่วดาวอินคาทั้ง 3 ชนิดได้แก่ ผงถั่วดาวอินคาแบบดิบ ผงถั่วดาวอินคาแบบอบ และผงโปรตีนถั่วดาวอินคา มาทดแทนปริมานของผงอัลมอนด์จากสูตรพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองจากถั่วดาวอินคาในข้อ 1 โดยทำการทดแทนปริมาณผงถั่วดาวอินคาทั้ง 3 ชนิดในปริมาณร้อยละ 25 ของปริมาณผงอัลมอนด์ในสูตรพื้นฐาน โดยทำการคัดเลือกชนิดของผงถั่วดาวอินคาที่เหมาะสมในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความเรียบของหน้ามาการอง ขามาการอง สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) ผลการประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพในด้าน สี ค่าปริมาณความชื้น แสดงดังตารางที่ 4และผลการทดสอบชิมแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพของมาการองที่ใช้ผงถั่วดาวอินคาทดแทนผงอัลมอนด์ทั้ง 3ชนิดในปริมาณร้อยละ 25 ของปริมาณผงอัลมอนด์ในสูตรพื้นฐาน

คุณภาพทางกายภาพ	สูตรพื้นฐาน	ผงถั่วดาวอินคาแบบดิบ	ผงถั่วดาวอินคาแบบอบ	ผงโปรตีนถั่วดาวอินคา
ค่าสี L*	72.46±0.86^{a}	70.02±0.49^{b}	69.14±0.75^{b}	68.87±0.80^{b}
ค่าสี a*	6.25±0.71^{c}	8.05±0.30^{ab}	6.97±0.50^{bc}	8.32±0.41^{a}
ค่าสี b*	24.69±0.89^{c}	26.53±0.39^{b}	24.96±0.75^{c}	28.87±0.21^{a}
ค่าความชื้น	3.85±0.04^{a}	3.83±0.04^{a}	3.50±0.04^{b}	3.83±0.02^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษร $^{(a,b,c,...)}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
Ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 5 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสในการทดแทนปริมาณผงถั่วดาวอินคาทั้ง 3 ชนิดในปริมาณร้อยละ 25 ของปริมาณผงอัลมอนด์ในสูตรพื้นฐาน

คุณลักษณะ	**คะแนนความชอบ**			
	สูตรพื้นฐาน	**ผงถั่วดาวอินคาแบบดิบ**	**ผงถั่วดาวอินคาแบบอบ**	**ผงโปรตีนถั่วดาวอินคา**
ความเรียบของหน้ามาการอง^{ns}	7.80±1.13	7.50±1.41	7.73±0.91	7.60±1.13
ขามาการอง^{ns}	7.03±1.50	6.93±1.41	7.13±1.28	7.43±1.55
สี	7.73±1.23^{a}	7.37±1.89^{ab}	7.00±1.36^{b}	7.13±1.66^{b}
กลิ่น	7.17±1.49^{a}	5.83±1.88^{b}	6.13±1.57^{b}	6.27±1.80^{b}
รสชาติ	6.97±1.61^{a}	5.83±1.82^{bc}	5.53±1.89^{c}	6.33±1.63^{ab}
เนื้อสัมผัส^{ns}	6.43±1.98	6.30±1.86	6.07±1.64	6.50±1.55
ความชอบโดยรวม	7.33±1.37^{a}	6.33±1.86^{b}	6.33±1.54^{b}	6.93±1.39^{ab}

หมายเหตุ :ตัวอักษร $^{(a,b,c,...)}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
nsหมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพของมาการอง พบว่าค่าสี L*(ค่าความสว่าง)ของมาการองทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าสี a* (ค่าความเป็นสีแดง),b*(ค่าความเป็นสีเหลือง)และค่าความชื้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 3 แสดงคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาการองทั้ง 3 สูตร ในด้านขามาการอง กลิ่นและรสชาติไม่มีความแตกต่างกันเนื่องจากทั้ง 3 สูตรนี้ใช้วัตถุดิบชนิดเดียวกันและปริมาณของน้ำตาลในส่วนผสมไม่แตกต่างกันมากจึงทำให้รสชาติของมาการองทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกัน แต่จะมีความแตกต่างกันในด้านของความเรียบของหน้ามาการอง โดยสูตรที่ 1 จะมีความแตกต่างจากสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ในด้านสีมาการองทั้ง 3 สูตรมีความแตกต่างกันโดยสูตรที่ 2 จะมีคะแนนคุณภาพทางด้านสีสูงที่สุด ในด้านเนื้อสัมผัสมาการองทั้ง 3 สูตรมีความแตกต่างกันโดยสูตรที่ 3 จะมีคะแนนคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดเนื่องจากว่าในสูตรที่ 3 ใช้เวลาในการอบขนมนานที่สุดจึงทำให้ขนมมีความกรุบกรอบมากกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ที่ใช้เวลาในการอบน้อยลงมาตามลำดับ และผลเฉลี่ยในด้านความชอบโดยรวม พบว่าสูตรพื้นฐานสูตรที่ 1,2และ 3 มีคะแนนการยอมรับคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.20±1.40, 6.50±1.55 และ7.43±1.45 ตามลำดับ และสูตรที่ 3 ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสมากที่สุดมีคะแนนเท่ากับ 7.43±1.45 จึงได้เลือกสูตรที่ 3 ในการศึกษาขั้นต่อไป

จากตารางที่4 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพในมาการองที่มีการทดแทนด้วยผงถั่วดาวอินคาแบบดิบ ผงถั่วดาวอินคาแบบอบ และผงโปรตีนถั่วดาวอินคา พบว่าค่าสี L*(ค่าความสว่าง)ของมาการองที่มีการทดแทนด้วยผงถั่วดาวอินคาแบบดิบ ผงถั่วดาวอินคาแบบอบ และผงโปรตีนถั่วดาวอินคาต่ำกว่าสูตรพื้นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าสี a*(ค่าความเป็นสีแดง)พบว่าการทดแทนด้วยผงถั่วดาวอินคาแบบดิบ ผงถั่วดาวอินคาแบบอบ และผงโปรตีนถั่วดาวอินคา มีค่าสูงกว่าสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าสี b*(ค่าความเป็นสีเหลือง)พบว่าการทดแทนด้วยผงโปรตีนถั่วดาวอินคาและการทดแทนด้วยผงถั่วดาวอินคาแบบดิบ มีคะแนนสูงกว่าสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าความชื้นพบว่าการทดแทนด้วยผงถั่วดาวอินคาแบบดิบ การทดแทนด้วยผงโปรตีนถั่วดาวอินคาและสูตรพื้นฐานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 5 แสดงคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาการองที่ทดแทนด้วยผงถั่วดาวอินคาแบบดิบ ผงถั่วดาวอินคาแบบอบ และผงโปรตีนถั่วดาวอินคาในด้านความเรียบของหน้ามาการอง ขามาการองและเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) แต่จะมีความแตกต่างในด้าน กลิ่นรสชาติและความชอบโดยรวมพบว่าการทดแทนปริมาณผงถั่วดาวอินคาทั้ง 3 ชนิด มีคะแนนการยอมรับคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นเท่ากับ 5.83±1.88, 6.13±1.57 และ6.27±1.80 ตามลำดับ และการทดแทนปริมาณผงโปรตีนถั่วดาวอินคาแทนการใช้ผงอัลมอนด์ในสูตรพื้นฐานมาการอง ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสมากที่สุด เนื่องจากว่าโดยปกติแล้วถั่วดาวอินคาจะมีกลิ่นแรงเป็นเอกลักษณ์อาจส่งผลกระทบต่อรสชาติของผู้ทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ซึ่งเมื่อใช้ผงโปรตีนถั่วดาวอินคาที่สกัดน้ำมันบางส่วนออกทำให้กลิ่นของถั่วดาวอินคาลดลงจึงส่งผลให้คะแนนการยอมรับในด้านรสชาติและด้านความชอบโดยรวมของการทดแทนปริมาณผงโปรตีนถั่วดาวอินคาแทนการใช้อัลมอนด์ในสูตรพื้นฐานสูงกว่าการการทดแทนปริมาณผงถั่วดาวอินคาแบบดิบและผงถั่วดาวอินคาแบบอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq0.05$) จึงทำให้ผงโปรตีนถั่วดาวอินคาเป็นชนิดของผงถั่วที่ได้รับการยอมรับในการทดแทนปริมาณผงอัลมอนด์ในสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์มาการองมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับปรุงเรื่องรสชาติความหวานให้น้อยลง
2. ปรับปรุงด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ ให้น่ารับประทานยิ่งมากขึ้น โดยศึกษาชนิดของไส้ที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิจัยในครั้งนี้ขอขอบคุณสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการในการทดลองผลงาน

เอกสารอ้างอิง

กฤตพล อุสาหะ และ ภาณุพงศ์ สวัสดิ์ทัศน์. 2555. **การศึกษาปริมาณงาดำทดแทนผงอัลมอนด์บางส่วนในผลิตภัณฑ์มาการอง.**แผนงานพิเศษปริญญาตรี. (สาขาอาหารและโภชนาการ). คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ขวัญฤดี ธราธารกุลวัฒนา และพินิจ จันทร. 2558. **ถั่วดาวอินคา โอเมก้าบนดิน.** ปัญญาชน.กรุงเทพฯ.

จิตธนาแจ่มเมฆและอรอนงค์ นัยวิกุล. 2545. **เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เจตนิพันธ์ บุณยสวัสดิ์ และ จักราวุธ ภู่เสม. 2556. **การเสริมใยอาหารในผลิตภัณฑ์มาการองด้วย รำข้าวสังข์หยด.**รายงานการวิจัย. สาขาอาหารและโภชนาการ.คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ฉัตรชัย วงศ์จำปา และสิทธิพร ธารไทรทอง. 2555. **การศึกษาปริมาณเมล็ดทานตะวันทดแทนผงอัลมอนด์บางส่วนในผลิตภัณฑ์มาการอง.** แผนงานพิเศษปริญญาตรี. (สาขาอาหารและโภชนาการ). คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ศูนย์วิทยบริการ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2560. **“ถั่วดาวอินคา ถั่วรักษ์หัวใจ ต้านการอักเสบ ลดคอเลสเตอรอลในเลือด”** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.moph.go.th,18 กันยายน 2560.

โสภณ สมประสงค์. บิวโดอิน. 2257. **Macaron by Chef Gio**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: อมรินทร์ CUISINE อมรินร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง

“อัลมอนด์”[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http:// www.frynn.com12 กันยายน 2560อบเชย วงศ์ทอง และขนิษฐา พูนผลกุล. 2547. **หลักการประกอบอาหาร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งจากแป้งข้าว

สาธิต ทองสุกงาม[1*] น้อมจิตต์ สุธีบุตร[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้า ร้อยละ 100 ในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น และเพื่อศึกษาชนิดของแป้งดัดแปรที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง โดยการประเมินทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคจำนวน 30 คน ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวสังข์หยดมากกว่าขนมชั้นที่ทำจากแป้งข้าวหอมนิลและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ในสูตรขนมชั้นประกอบด้วยน้ำเชื่อม ร้อยละ 40.98 กะทิ ร้อยละ 37.30 แป้งท้าว ร้อยละ 10.65 แป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 9.02 และแป้งข้าวสังข์หยด ร้อยละ 2.05 เมื่อนำสูตรแป้งข้าวสังข์หยดในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นมาทำการศึกษาชนิดของแป้งดัดแปรที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง โดยศึกษาทั้ง 3 ชนิด (ชนิดที่ 1 ACTBODY ATP-27, ชนิดที่ 2 Textra, ชนิดที่ 3 SB01) โดยทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 4.5 ในสูตรที่คัดเลือกไว้ แล้วนำมาแช่แข็งด้วยอุณหภูมิที่ –18 องศาเซลเซียส นำเข้าอุ่นด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 640 วัตต์ เวลา 2 นาที พบว่าแป้งดัดแปรชนิดที่ 1 (ACTBODY ATP-27) เหมาะสมที่สุดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็งจากแป้งข้าว เพราะเนื่องจากแป้งดัดแปรชนิดที่ 1(ACTBODY ATP-27) ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสที่ดีของขนมชั้นแช่แข็งจากแป้งข้าวสังข์หยด ($P \leq 0.05$)

คำสำคัญ : ขนมชั้น ข้าวหอมนิล ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวสังข์หยด

[1] นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

[2] อาจารย์ประจำสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail : sathitbensathit@gmail.com*

PRODUCT DEVELOPMENT OF FROZEN KANOMCHAN FROM RICE FLOUR

Sathit Thongsukngam[1*] Nomuit Suteebut[2]

Abstract

The objective of this research was to compare the quality of Kanomchan which replace rice flour with Homnil rice flour, Riceberry rice flour, and Sangyod rice flour and to study the types of modified starches used in frozen Kanomchan products. Sensory evaluation of 30 panelists using 9 points Hedonic Scale. It was found that the panelist preferred Kanomchan that was made from Sangyod rice rather than the Kanomchan made from Riceberry rice flour and Homnil rice flour ($p \leq 0.05$). In the recipe of Kanomchan consist of 40.98% coconut milk, 37.30% flour, 10.65% cassava starch, 9.02% cassava starch and 2.05% rice flour. The three types of modified starch which suitable for frozen Kanomchan products. (Type 1 ACTBODY ATP-27, Type 2 Textra, and Type 3 SB01). By replacing 4.5 % of cassava starch in selected formula, Kanomchan was frozen at -18 ° C and heated to 640 watts of microwave power for 2 minutes. The result found that the ACTBODY ATP-27 was the most suitable modified starch. Development of frozen Kanomchan products from Sangyod rice flour. Actbodyl ATP-27 has a good effect on the texture of Kanomchan from Sangyod rice flour ($p \leq 0.05$).

Keywords : Kanomchan, Homnil rice, Riceberry rice, Sangyod rice flour

[1] Master's Degree Home Economics Faculty of Home Economics Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

[2] Lecturer in Home Economics Faculty of Home Economics Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

** corresponding outhor : sathitbensathit@gmail.com*

บทนำ

ขนมชั้น เป็นขนมที่มีลักษณะเป็นชั้น ใช้ในงานมงคลต่างๆ แสดงถึงความเจริญก้าวหน้า (รัมภา, 2556) ในอดีตนั้นถือว่าขนมชั้นเป็นขนมสำหรับใช้ในพิธีมงคลและจะต้องหยอดให้ได้ 9 ชั้นหรือมากกว่านั้นก็ได้ จะเป็นสิริมงคลเจริญก้าวหน้าหรือบางรายจะตั้งชื่อให้เป็นมงคลไปอีกว่า ขนมชั้นฟ้า ส่วนผสมหลักของขนมชั้นเป็นแป้ง ซึ่งแป้งแต่ละชนิดจะทำให้ขนมนุ่มนวลน่ารับประทาน (จริยา, 2549) ได้แก่ แป้งมัน แป้งท้าวยายม่อม และแป้งข้าวเจ้า ซึ่งแป้งข้าวเจ้า เป็นแป้งที่ทำมาจากข้าว เป็นแป้งที่ใช้มากที่สุดในการทำขนมไทย ในสมัยก่อนใช้แป้งสดที่โม่จากข้าวสารแช่น้ำค้างคืน นำแป้งที่ได้จากการโม่มาทับน้ำออก ก็จะได้แป้งที่พร้อมนำไปทำขนม ปัจจุบันนิยมใช้แป้งแห้งที่ผลิตจากโรงงาน เนื้อแป้งข้าวเจ้ามีลักษณะสากมือ ข้าวเจ้ามีหลายชนิด หลายพันธุ์ การเลือกใช้แป้งข้าวเจ้าที่เหมาะสมจึงขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการผลิตและความต้องการของผู้บริโภคซึ่งใส่ใจกับสุขภาพมากขึ้น

ข้าวเจ้ากลุ่มมีสีที่มีคุณค่าและมีประโยชน์กับสุขภาพ ได้แก่ ข้าวหอมนิล ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และข้าวพันธุ์สังข์หยด ซึ่งสีของข้าวมีสีแต่ละชนิดนั้นจะมีรงควัตถุชนิดแอนโทไซยานิน (anthocyanin) และ โปรแอนโทไซยานิดิน (proanthocyanidin) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) สามารถทำงานได้ดีกว่าวิตามินอี และมีประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกาย สารโปรแอนโทไซยานิดินสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายเซลล์มะเร็งทั้งที่ปอด โพรงจมูก กระเพาะอาหารและที่เซลล์เลือดขาว ช่วยป้องกันไวรัส นอกจากนี้ยังมีหน้าที่ในการขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของคอเลสเตอรอลชนิด LDL หรือ Low density lipoprotein จึงสามารถช่วยลดอัตราการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน รงควัตถุทั้ง 2 ชนิด ยังช่วยลดความเสื่อมของเซลล์อันเนื่องมาจากอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอริ้วรอย มีประโยชน์ต่อสุขภาพผิวเพราะช่วยลดความเสียหายของผิวหนังจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน อันเกิดจากแสงอาทิตย์หรือมลภาวะ (กัณต์ฐิตา และคณะ, 2559; ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง, 2550; อริสรา และอรอุมา, 2550) การนำข้าวเจ้ากลุ่มมีสีมาใช้ในการผลิตขนมไทย อย่างขนมชั้น จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับขนมชั้นได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจทำการศึกษาและพัฒนาสูตรขนมชั้นเพื่อให้เหมาะสำหรับการแช่แข็ง โดยการศึกษาเปรียบเทียบแป้งข้าวเจ้าชนิดมีสี 3 ชนิด ได้แก่แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยด โดยการทดแทนแป้งข้าวเจ้าในขนมชั้น เพื่อมุ่งเน้นในด้านคุณค่าทางโภชนาการของขนมชั้นให้มีประโยชน์มากขึ้น เพื่อเป็นการเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์สำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ อีกทั้งยังส่งเสริมพันธุ์ข้าวของเกษตรกรในการนำมาพัฒนาต่อยอดเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวไทย 3 ชนิด และการพัฒนาสูตรขนมชั้นให้สามารถแช่แข็งและคืนรูปแล้วยังได้รับการยอมรับโดยใช้แป้งดัดแปรเสริมในผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคปัจจุบันได้อีกทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์
2. เพื่อศึกษาชนิดของแป้งดัดแปรที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

ทำการผลิตขนมชั้นเพื่อเปรียบเทียบสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยด เพื่อคัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับ โดยนำแป้งทั้ง 3 ชนิด มาทดแทนปริมาณแป้งข้าวเจ้าทั้งหมดของสูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์ขนมชั้น ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมชั้น ทั้ง 3 สูตร ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เปรียบเทียบกับขนมชั้นสูตรพื้นฐานที่ใช้แป้งข้าวเจ้า ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ซึ่งเป็น นักเรียน/นักศึกษา แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยเทคนิคลพบุรีวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variances (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ระดับ ร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

2. ศึกษาสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นภายหลังการแช่แข็ง

ทำการผลิตขนมชั้นเพื่อเปรียบเทียบสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยด เพื่อคัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับ โดยนำแป้งทั้ง 3 ชนิด มาทดแทนแป้งข้าวเจ้าในขนมชั้น แล้วนำขนมชั้นไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำมาละลายน้ำแข็งแล้วประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมชั้น ทั้ง 3 สูตร ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เปรียบเทียบกับขนมชั้นสูตรพื้นฐานที่ใช้แป้งข้าวเจ้า ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ซึ่งเป็น นักเรียน/นักศึกษา แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยเทคนิคลพบุรีวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variances (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ระดับ ร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3. ศึกษาชนิดของแป้งดัดแปรที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

นำสูตรขนมชั้นที่ได้รับการยอมรับจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากการศึกษาสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ ที่ได้ผลจากการทดลองในข้อ 1 และ 2 มาเป็นสูตรพื้นฐานเพื่อนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง โดยนำมาศึกษาชนิดของแป้งดัดแปรงที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งมันสำปะหลังในสูตรของขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง โดยนำทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 4.5 จากแป้งดัดแปร 3 ชนิด (ชนิดที่ 1 ACTBODY ATP-27, ชนิดที่ 2 Textra, ชนิดที่ 3 SB01) เพื่อทดแทนปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน ที่ไม่มีการเติมแป้งดัดแปร แล้วนำขนมชั้นไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำมาละลายน้ำแข็ง แล้วประเมินคุณภาพขนมชั้นที่ผ่านการแช่แข็งเปรียบเทียบกับขนมชั้นที่ไม่เติมแป้งดัดแปร

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

จากการศึกษาการผลิตขนมชั้นเพื่อเปรียบเทียบสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยด โดยนำแป้งทั้ง 3 ชนิด มาทดแทนแป้งข้าวเจ้าในขนมชั้น ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมชั้น ทั้ง 3 สูตร ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้

คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ซึ่งเป็น นักเรียน/นักศึกษา แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยเทคนิคลพบุรีวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variances (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ระดับ ร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 คะแนนความชอบของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

คุณลักษณะ	สูตรที 1 แป้งข้าวเจ้า	สูตรที่ 2 แป้งข้าวหอมนิล	สูตรที่ 3 แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	สูตรที่ 4 แป้งข้าวสังข์หยด
สี	6.83 ± 1.39[a]	5.26 ± 1.52[b]	5.70 ± 1.68[b]	6.66 ± 1.09[a]
กลิ่น	6.53 ± 1.13[a]	5.60 ± 1.47[b]	6.30 ± 1.39[a]	6.30 ± 1.08[a]
รสชาติ	6.63 ± 1.24[a]	5.30 ± 1.85[b]	6.16 ± 1.82[a]	6.73 ± 1.36[a]
เนื้อสัมผัส(ความยืดหยุ่น)	7.10 ± 1.42[a]	5.93 ± 1.61[b]	5.93 ± 1.72[b]	6.50 ± 1.50[a,b]
ความชอบโดยรวม	7.36 ± 1.15[a]	5.73 ± 1.59[b]	6.10 ± 1.76[b]	7.23 ± 1.07[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษร [a,b,c] ที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2. ผลการศึกษาสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง

จากการศึกษาการผลิตขนมชั้นเพื่อเปรียบเทียบสูตรขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยด โดยนำแป้งทั้ง 3 ชนิด มาทดแทนแป้งข้าวเจ้าในขนมชั้นแล้วนำมาแช่แข็งด้วยอุณหภูมิที่ –18 องศาเซลเซียส นำเข้าอุ่นด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 640 วัตต์ เวลา 2 นาที ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมชั้น ทั้ง 3 สูตร ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ซึ่งเป็น นักเรียน/นักศึกษา แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยเทคนิคลพบุรีวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variances (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ระดับ ร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 2 คะแนนความชอบของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง

คุณลักษณะ	สูตรที่ 1 แป้งข้าวเจ้า	สูตรที่ 2 แป้งข้าวหอมนิล	สูตรที่ 3 แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	สูตรที่ 4 แป้งข้าวสังข์หยด
สี	7.89 ± 0.93[a]	6.27 ± 1.30[b]	6.65 ± 1.28[b]	6.51 ± 1.32[b]
กลิ่น	6.72 ± 1.25[a,b]	5.86 ± 1.32[c]	6.44 ± 1.32[b,c]	7.17 ± 1.39[a]
รสชาติ	7.20 ± 1.39[a]	6.44 ± 1.35[b]	6.58 ± 1.57[b]	6.48 ± 1.57[d]
เนื้อสัมผัส(ความยืดหยุ่น)[ns]	6.72 ± 1.81	6.44 ± 1.61	6.41 ± 1.61	6.62 ± 2.17
ความชอบโดยรวม[ns]	7.31 ± 1.31	6.86 ± 1.32	7.03 ± 1.37	7.13 ± 1.32

หมายเหตุ: ตัวอักษร [a,b,c] ที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
[ns] หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3. ผลการศึกษาชนิดของแป้งดัดแปรที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

นำสูตรขนมชั้นที่ได้รับการยอมรับจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากข้อ 2 มาเป็นสูตรพื้นฐานเพื่อนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง โดยนำมาศึกษาชนิดของแป้งดัดแปรงที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งมันสำปะหลังในสูตรของขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง จากแป้งดัดแปร 3 ชนิด เพื่อทดแทนปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน (จากข้อ 2) ที่ไม่มีการเติมแป้งดัดแปร แล้วนำขนมชั้นไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำมาละลายน้ำแข็งนำเข้าอุ่นด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 640 วัตต์ เวลา 2 นาที ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมชั้นที่เติมแป้งดัดแปรทั้ง 3 ชนิด ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ซึ่งเป็น นักเรียน/นักศึกษา แผนกวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variances (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ระดับ ร้อยละ 95

ตารางที่ 3 คะแนนความชอบของขนมชั้นที่ใช้แป้งดัดแปร 3 ชนิดเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง

คุณลักษณะ	แป้งดัดแปร ชนิดที่ 1	แป้งดัดแปร ชนิดที่ 2	แป้งดัดแปร ชนิดที่ 3	สูตรไม่ใส่ แป้งดัดแปร
สี	7.40±1.42[a]	7.23±0.97[a]	7.43±0.89[a]	6.56±1.33[b]
กลิ่น	6.70±1.20[b]	7.26±1.28[a]	6.66±1.12[b]	6.53±1.56[b]
รสชาติ [ns]	7.36±1.18	7.23±1.25	7.10±1.24	7.20±1.37
เนื้อสัมผัส(ความยืดหยุ่น)	7.46±1.27[a]	6.26±1.55[b]	6.73±1.11[b]	6.63±2.12[b]
ความชอบโดยรวม [ns]	7.23±107	6.96±1.27	7.13±1.13	7.16±1.31

หมายเหตุ : ตัวอักษร [a,b,c] ที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
[ns] หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ แป้งข้าวเจ้าและข้าวสังข์หยด มีความแตกต่างด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมกับสูตรแป้งข้าวหอมนิล และ แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ ดั้งนั้นจึงคัดเลือกสูตรที่ 3 คือแป้งข้าวสังข์หยดที่ได้รับคะแนนความชอบสูงไม่แตกต่างจากแป้งข้าวเจ้า แต่เป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าแป้งข้าวเจ้า มาศึกษาขั้นตอนต่อไป

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวสังข์หยดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแช่แข็ง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรแป้งข้าวเจ้ามีคะแนนความชอบมากกว่าด้านสี ต่างจากแป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ และแป้งข้าวสังหยดตามลำดับ ด้านกลิ่นแป้งข้าวสังข์หยด และแป้งข้าวเจ้า มีคะแนนความชอบมากกว่าแป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ ด้านรสชาติแป้งข้าวเจ้ามีคะแนนความชอบมากกว่า แป้งข้าวหอมนิล แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ และแป้งข้าวสังหยด ดั้งนั้นจึงคัดเลือกสูตรแป้งข้าวสังข์หยดที่มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นที่ดีกว่าแป้งข้าวชนิดอื่นและยังมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูง มาศึกษาขั้นตอนต่อไป

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของขนมชั้นที่ใช้ชนิดของแป้งดัดแปรที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสำเร็จรูปแช่แข็ง ทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่า ในด้านเนื้อสัมผัส(ความหนืด)ในแป้งดัดแปรชนิดที่ 1 มีค่าคะแนนความชอบการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากกว่าแป้งดัดแปรชนิดที่ 2,3 ตามลำดับ แต่ด้านรสชาติไม่มีความแต่งต่างกันเพราะเนื่องจากมีรสชาติที่คงตัว จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นจากแป้งข้าวแช่แข็ง พบว่า แป้งข้าวสังข์หยด ได้รับการยอมรับมากที่สุด มีความแตกต่างด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรแป้งข้าวหอมนิล และ แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ ดั้งนั้นจึงคัดเลือก แป้งข้าวสังข์หยดมาศึกษาการใช้ชนิดชองแป้งดัดแปรทั้ง 3 ชนิด (ชนิดที่ 1 ACTBODY ATP-27, ชนิดที่ 2 Textra, ชนิดที่ 3 SB01) แล้วนำขนมชั้นไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำมาละลายน้ำแข็งนำเข้าอุ่นด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟ 640 วัตต์ เวลา 2 นาที พบว่า แป้งดัดแปรชนิดที่ 1 (ACTBODY ATP-27) ได้การยอมรับมากที่สุดเพราะเนื่องจากนำมีการคืนตัวภายหลังการละลายน้ำแข็งด้วยไมโครเวฟแล้วมีความยืดหยุ่นดี และคงสภาพการเป็นขนมชั้นที่ดีกว่าแป้งดัดแปรชนิดอื่น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับปรุงเรื่องรสชาติความหวานให้น้อยลง
2. ปรับปรุงด้านสีของผลิตภัณฑ์ ให้น่ารับประทานยิ่งมากขึ้น โดยศึกษาปริมาณที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ ที่เป็นไปตามข้อกำหนดของกระทรวงสาธารณสุข

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิจัยในครั้งนี้ขอขอบคุณสาขาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และขอขอบคุณแผนกวิชาอาหารและโภชนาการวิทยาลัยเทคนิคลพบุรีที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการในการทดลองผลงาน

เอกสารอ้างอิง

กัณต์ฐิตา ยารังสี วิริศรา ฟูเฟื่อง และพนิดา รัตนปิติกรณ์. (2559). **"การปรับปรุงคุณภาพของคุกกี้ข้าวไรซ์เบอรี่ปลอดกลูเตน โดยใช้ไฮโดรคอลลอยด์"** สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จริยา เดชกุญชร. (2549). **ขนมไทย**. สถาพรบีคส์, กรุงเทพมหานคร.

รัมภา ศิริวงศ์. (2556). **ขนมไทย.** ครั้งที่ 3. ดวงกมลพับลิชชิ่ง, กรุงเทพมหานคร.

ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง (2550). **ข้าวสังข์หยด**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : www.http://ptl-rrc.ricethailand.go.th/, 19 กันยายน 2560.

อริสรา รอดมุ้ย และ อรอุมา จิตรวโรภาส. (2550). "การผลิตคุกกี้โดยใช้แป้งข้าวหอมนิลแทนแป้งสาลีบางส่วน" **วารสารเทคโนโลยีการอาหาร**. 3 (1): 37-43.

การเปรียบเทียบปริมาณซากและคุณภาพเนื้อไก่พื้นเมืองทางการค้า (พันธุ์ตองหนึ่ง) ระหว่างเพศผู้และเพศเมีย

ไชยวัฒน์ ชัชวาลปรีชา[1] ศิริพร นามเทศ[2*]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เพื่อเปรียบเทียบปริมาณซากและคุณภาพเนื้อของไก่พื้นเมืองทางการค้า (พันธุ์ตองหนึ่ง) ระหว่างเพศผู้และเพศเมีย อายุ 75 วัน จำนวน 20 ตัว แบ่งเป็นเพศผู้ 10 ตัวและเพศเมีย 10 ตัว จากผลการศึกษาพบว่า ไก่เพศผู้มีน้ำหนักตัว น้ำหนักซาก เปอร์เซ็นต์ปีกและน่องสูงกว่าไก่เพศเมียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ขณะที่เปอร์เซ็นต์ไขมันในช่องท้องของไก่เพศเมียสูงกว่าไก่เพศผู้ ($p<0.05$) สำหรับคุณภาพเนื้ออกพบว่าการสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหารของไก่เพศผู้มีแนวโน้มสูงกว่า ($p=0.07$) ขณะที่การสูญเสียน้ำภายหลังจากการแช่เย็นและค่าแรงตัดผ่านเนื้อมีค่าไม่ต่างกัน ส่วนสีของเนื้อ พบว่า *b** มีค่าต่ำในไก่เพศผู้ ($p<0.05$) จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าเพศผู้มีปริมาณซากมากกว่าและมีไขมันสะสมน้อยกว่าเพศเมีย ค่า *b** ที่ต่ำของเนื้อหน้าอกเพศผู้อาจแสดงถึงรสชาติของเนื้อที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเพศเมีย

คำสำคัญ : ปริมาณซาก คุณภาพเนื้อ สีเนื้อ ไก่พื้นเมือง (พันธุ์ตองหนึ่ง)

[1] นักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรเกษตรศาสตร์ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

[2] อาจารย์หลักสูตรเกษตรศาสตร์ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: Siriporn.nam@vru.ac.th

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: Siriporn.nam@vru.ac.th*

COMPARISON OF CARCASS QUANTITY AND MEAT QUALITY BETWEEN MALE AND FEMALE OF COMMERCIAL THAI NATIVE CHICKENS (TONG NUENG)

Chaiyawat Chatchawanpricha[1] Siriporn Namted[2*]

Abstract

This study was conducted to compare carcass quantity and meat quality between male and female of commercial Thai native chickens. At 75 days of age, 20 chickens (10 male and 10 female) were used to evaluate. The results showed that male chickens had higher live weight (g), carcass weight (g), wing and drumstick (%) than those of female chickens ($p<0.05$), while abdominal fat content was higher in the female chickens ($p<0.05$). For breast meat quality, cooking loss of male chickens meat seem to be high ($p= 0.07$), whereas drip loss and shear force were not different. The color of meat that expressed by *b** was low in the male ($p<0.05$). This study indicates that male had higher carcass quantity and lower abdominal fat content than that of female. Lower *b** value of male breast meat may indicate better taste of meat compare to the female.

Keywords : carcass quantity, meat quality, meat color, Thai native chickens (Tong nueng)

[1] *Department of Animal Science, Faculty of Agrecultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: Chaiyawat060639@gmail.com*

[2] *Department of Animal Science, Faculty of Agrecultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal, e-mail: Siriporn.nam@vru.ac.th*

** Corresponding author, e-mail: Siriporn.nam@vru.ac.th*

บทนำ

ไก่พื้นเมือง หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่า ไก่บ้าน หรือไก่ชนนั้น มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Gallus domesticus* (สุวรรณ, 2538) ไก่พื้นเมืองไทยมีความโดดเด่นในด้านคุณภาพเนื้อทั้งด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และผลดีต่อสุขภาพ เพราะมีปริมาณคอลลาเจนสูง โคเลสเตอรอลต่ำ เนื้อแน่น ไม่ยุ่ยเหมือนเนื้อของไก่กระทงที่เลี้ยงกันทั่วไป เนื่องจากไก่พื้นเมืองใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงที่นานกว่าที่จะได้น้ำหนักตามความต้องการของตลาดมีผลต่อการสะสมปริมาณกล้ามเนื้อทำให้การสะสมเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเพิ่มขึ้น จึงเป็นผลให้เนื้อมีความเหนียว เจนรงค์และคณะ (2559) รายงานว่าไก่ที่มีระดับสายเลือดพื้นเมืองถึง 75 เปอร์เซ็นต์จะให้ซากมีกล้ามเนื้อมาก เนื้อแน่นและมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อดี ทำให้เนื้อไก่พื้นเมืองมีรสชาติดี ด้านต้นทุนการผลิตไก่พื้นเมืองจะมีอัตราการเจริญเติบโตด้อยกว่าไก่กระทง แต่สามารถชดเชยได้ด้วยคุณภาพของเนื้อ

ไก่ลูกผสมพื้นเมืองเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในเรื่องของความนุ่มเนื้อและรสชาติ ทั้งตลาดภายในประเทศและตลาดต่างประเทศ เช่น ประเทศญี่ปุ่น ประกอบกับไก่ลูกผสมพื้นเมืองมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าไก่พื้นเมืองพันธุ์แท้จึงทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำกว่า จากข้อมูลวิจัยของโครงการสร้างฝูงไก่พื้นเมืองไทย 4 สายพันธุ์ โดยความร่วมมือของกรมปศุสัตว์และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) ได้รวบรวมแหล่งพันธุกรรมของไก่พื้นเมืองไทย ได้แก่ ประดู่หางดำ เหลืองหางขาว ชี และแดงทำให้ทราบว่าสมรรถนะการผลิตของไก่พื้นเมืองไทยในแต่ละพันธุ์นั้นมีความแตกต่างกันโดยพบว่า ไก่พันธุ์ประดู่หางดำและเหลืองหางขาวจัดอยู่ในกลุ่มที่มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตสูง ดังนั้นทางบริษัท ฟาร์มไก่พันธุ์ 111 จึงผลิตไก่พื้นเมืองลูกผสมระหว่างไก่พ่อพันธุ์พื้นเมืองไทย (เหลืองหางขาว) กับไก่แม่พันธุ์ทางการค้า (specific combining ability; SCA) ทำให้ได้ไก่พื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่ง อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานผลการวิจัยทางด้านปริมาณซากและคุณภาพเนื้อของไก่สายพันธุ์นี้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณซากระหว่างเพศผู้และเพศเมีย
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพเนื้อระหว่างเพศผู้และเพศเมีย
3. เพื่อเปรียบเทียบสีเนื้อระหว่างเพศผู้และเพศเมีย

วิธีดำเนินการวิจัย

สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่พื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่งเลี้ยงแบบปล่อยพื้น ทั้งหมด 20 ตัว อายุ 75 วัน แบ่งเป็นเพศผู้ และเพศเมีย จำนวนเพศละ 10 ตัว โดยน้ำหนักของไก่จะอยู่ระหว่าง 1.7 – 2.0 กิโลกรัม

การบันทึกผลการทดลอง

1. การศึกษาปริมาณซาก (Carcass Quantity)

บันทึกน้ำหนักมีชีวิต แล้วทำการตัดแต่งซากออกเป็นส่วนต่างๆ เพื่อบันทึกน้ำหนักได้แก่ เนื้อหน้าอก ปีก สะโพก น่อง และไขมันช่องท้องรวมไขมันรอบกึ๋น แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณซากเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวมีชีวิต

2. การศึกษาคุณภาพเนื้อ (Meat quality) ใช้เนื้อหน้าอก (เนื่องจากเนื้อหน้าอกมีสัดส่วนของเนื้อมากที่สุดในร่างกาย) ตามวิธีของ Jiang et al. (2007) ซึ่งแบ่งเป็นการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

2.1 การสูญเสียน้ำภายหลังจากการแช่เย็น (Drip loss)

โดยนำเนื้อหน้าอก มาชั่งน้ำหนักเริ่มต้นแล้วบันทึกค่า จากนั้นห่อด้วยผ้าก๊อซแล้วบรรจุในถุงพลาสติก แล้วนำไปแขวนในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาซับให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่า drip loss

2.2 การสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหาร (Cooking loss)

โดยนำเนื้อหน้าอกมาชั่งน้ำหนักเริ่มต้นแล้วบันทึกค่า จากนั้นนำเนื้อหน้าอกใส่ถุงพลาสติกปิดผนึกให้สนิท แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส จนใจกลางของเนื้อมีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แล้วนำขึ้นมาทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วซับให้แห้ง จากนั้นชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่า cooking loss

2.3 การทดสอบแรงตัดผ่าน (Shear force)

นำเนื้อหน้าอก มาทำการวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่อง Texture analyzer ด้วยหัววัดแบบ Warner-Blazler blade โดยนำเนื้อหน้าอกที่ได้หลังจากทำ cooking loss แล้วมาทำการตัดชิ้นเนื้อตามเส้นใยให้มีความยาว 1 เซนติเมตร กว้าง 2 เซนติเมตร และสูง 1.5 เซนติเมตร หลังจากนั้นทำการวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force)

3. วัดสีเนื้อ (Color measurement)

โดยนำเนื้อหน้าอก (ใช้เนื้อดิบ) มาทำการวัดสีของเนื้อด้วยเครื่องมือวัดสีของเนื้อ (Miniscan E7, Hunter Lab) ซึ่งจะแสดงผลในรูปของ *L** (ค่าความสว่าง) *a** (ค่าความเป็นสีแดง) และ *b** (ค่าความเป็นสีเหลือง) แล้วทำการบันทึกค่าสีที่ได้ (Jiang et al. 2007)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้ค่า t-test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ได้จากทั้งสองกลุ่มที่เป็นอิสระ ต่อปริมาณซาก คุณภาพเนื้อ และสีเนื้อของไก่พื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่ง ใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์วิเคราะห์ระบบสถิติ (SAS) เวอร์ชัน 9.0, 2002 โดยใช้ระดับความเชื่อมั่น $p<0.05$

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ปริมาณซาก

ผลการศึกษาปริมาณซากของไก่พื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่ง เพศผู้และเพศเมียแสดงใน ตารางที่ 1 พบว่าน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซาก เปอร์เซ็นต์ปีกและเปอร์เซ็นต์น่องของไก่เพศผู้สูงกว่าไก่เพศเมียอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,926.50 กรัม 1,775.40 กรัม 9.62 เปอร์เซ็นต์และ 11.74 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Bogosavljevic-Boskovic et al. (2006) รายงานว่า ไก่เพศผู้มีน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซาก และเปอร์เซ็นต์น่อง มากกว่าไก่เพศเมีย ขณะที่เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์อก และเปอร์เซ็นต์สะโพกของไก่เพศผู้และเพศเมียมีค่าไม่ต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า เปอร์เซ็นต์ไขมันในช่องท้องของไก่เพศเมียสูงกว่าไก่เพศผู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.05 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักและพบว่าไก่เพศเมียมีไขมันมากกว่าไก่เพศผู้อยู่ 48 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับ Bogosavljevic-Boskovic et al. (2006) และ Holcman et al. (2003) พบว่า ไก่เพศเมียมีการสะสมไขมันเร็วกว่าไก่เพศผู้ จึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์ไขมันในช่องท้องมากกว่าไก่เพศผู้ (2.02 และ 1.74 % ตามลำดับ)

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบปริมาณซากของไก่พื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่งระหว่างเพศผู้และเพศเมีย

รายการ	เพศผู้	เพศเมีย	P-value	SEM
น้ำหนักมีชีวิต (g)	1,926.50 ± 191.73	1,702.50 ± 103.87	0.01	42.26
น้ำหนักซาก (g)	1,775.40 ± 212.97	1,566.10 ± 94.64	0.01	43.16
เปอร์เซ็นต์ซาก (%)	82.78 ± 3.98	82.45 ± 5.84	0.88	1.08
เนื้อหน้าอก (%)	14.31 ± 1.64	15.48 ± 2.41	0.22	0.46
ปีก (%)	9.62 ± 0.41	8.96 ± 0.73	0.02	0.15
สะโพก (%)	13.24 ± 1.29	13.13 ± 1.70	0.86	0.32
น่อง (%)	11.74 ± 0.46	10.79 ± 0.89	0.01	0.18
ไขมันช่องท้อง(%)	0.51 ± 0.36	1.05 ± 0.75	0.05	0.14

คุณภาพเนื้อ

ผลการศึกษาคุณภาพเนื้อของไก่พื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่งระหว่างเพศผู้และเพศเมียแสดงใน ตารางที่ 2 พบว่าไก่เพศผู้มีแนวโน้มการสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหารสูงกว่าไก่เพศเมีย (p=0.07) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 18.99 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไก่เพศเมียมีการสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหารต่ำกว่าไก่เพศผู้อยู่ 8.14 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับ Schneider et al. (2012) รายงานว่า ไก่เพศผู้มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหารสูงกว่าไก่เพศเมีย เนื่องจากความสามารถในการละลายได้ของ sarcoplasmic proteins สูงกว่า แสดงให้เห็นว่ามีการเกิด degradation ของ sarcoplasmic proteins มากในไก่เพศผู้ อย่างไรก็ตาม sarcoplasmic proteins ไม่ได้บ่งบอกถึงคุณภาพเนื้อทั้งหมด เนื่องจากผลของการสูญเสียน้ำภายหลังจากการแช่เย็นและค่าแรงตัดผ่านเนื้อของเพศผู้และเพศเมียมีค่าไม่ต่างกันทางสถิติ โดย Van Laack et al. (2000) แนะนำว่า ความสามารถในการสูญเสียน้ำของเนื้อ (WHC) มีความสัมพันธ์กับ myofibrillar proteins มากกว่า sarcoplasmic proteins

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบคุณภาพเนื้อของไก่พื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่งระหว่างเพศผู้และเพศเมีย

รายการ	เพศผู้	เพศเมีย	P-value	SEM
การสูญเสียน้ำภายหลังจากการแช่เย็น (%)	3.46 ± 0.95	3.82 ± 1.10	0.43	0.22
การสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหาร (%)	18.99 ± 1.35	17.56 ± 1.95	0.07	0.40
ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (N)	49.42 ± 10.68	46.86 ± 9.42	0.57	2.21

สีเนื้อ

ผลการศึกษาสีเนื้อของไก่พื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่งระหว่างเพศผู้และเพศเมียแสดงในตารางที่ 3 พบว่าค่า *L** ของไก่เพศผู้และเพศเมียมีค่าไม่ต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 40.04 และ 40.31 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับ Wattanachant et al. (2004) ที่พบว่ามีค่า *L** เท่ากับ 42.33 ขณะที่ไก่เพศเมียมีแนวโน้มค่า *a**

สูงกว่าเพศผู้ (p=0.08) และมีค่า *b** สูงกว่าเพศผู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยคือ 4.07 และ 13.78 ตามลำดับ

ค่าสีของเนื้อ (*L** *a** และ *b**) สามารถบ่งบอกถึงความผิดปกติของสรีรวิทยาได้ (Russo et al. 2015) โดยในเนื้อไก่การมีค่า *L** สูงหรือต่ำจะบ่งบอกได้ถึงประสิทธิภาพของเนื้อว่าเป็นเนื้อแบบ pale soft exudative (PSE) และ dark firm dry (DFD) ตามลำดับ (Harford et al. 2014) จากผลการทดลองสอดคล้องกับ Sirri et al. (2010) รายงานว่า ไก่เพศเมียมีค่า *a** และ *b** สูงกว่าไก่เพศผู้ โดยค่า *L** *a** และ *b** แสดงถึงระดับของไกลโคเจโนไลสิส (glycogenolysis) การควบคุมเมแทบอลิซึมหลังจากสัตว์ตาย (post-mortem) เช่น phospholipase A2 และส่วนประกอบของไขมัน ความชื้นและวัตถุแห้ง (รวมทั้งโปรตีนด้วย) ในกล้ามเนื้อ (Lee et al. 2008) ขณะที่แถบสีขาว (White striping) ในเนื้ออกไก่เป็นการสะสมของไขมัน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีค่า *b** เพิ่มขึ้น (Kuttappan et al. 2013) ซึ่ง Ma et al. 2015 รายงานว่า *b** มีความสัมพันธ์เชิงลบกับ IMP (inosine-50 –monophosphate) โดย IMP สามารถเพิ่มรสชาติของเนื้อสัตว์ปีก ดังนั้นการเลือกพิจารณาค่า *b** อาจเป็นวิธีในการปรับปรุงคุณภาพกล้ามเนื้อของสัตว์ปีกได้

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบสีเนื้อไก่พื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่งระหว่างเพศผู้และเพศเมีย

รายการ	เพศผู้	เพศเมีย	P-value	SEM
*L**	40.04 ± 1.60	40.31 ± 4.20	0.85	0.69
*a**	3.22 ± 1.21	4.07 ± 0.83	0.08	0.24
*b**	11.91 ± 1.58	13.78 ± 1.19	0.01	0.37

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ไก่พื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่งเพศผู้จะมีน้ำหนักซาก รวมถึงเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนต่างๆ มากกว่าเพศเมีย (ปีกและน่อง) และพบว่าอิทธิของเพศมีผลต่อคุณภาพเนื้อและสีเนื้อของไก่พื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่ง โดยไก่เพศผู้มีแนวโน้มการสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหารสูงกว่าไก่เพศเมีย ขณะที่ไก่เพศเมียมีสีเนื้อที่มีลักษณะแสดงถึงความเป็นสีแดง (ค่า *a**) ที่มากกว่า และมีไขมันในช่องท้องสะสมมากกว่าซึ่งสอดคล้องกับค่า *b** (ค่าความเป็นสีเหลือง) ซึ่งแสดงถึงการมีแถบสีขาว (White striping) ในเนื้ออกไก่ซึ่งเป็นการสะสมของไขมันในกล้ามเนื้อ

ข้อเสนอแนะ

1.หากผู้บริโภคต้องการไก่พื้นเมืองที่มีปริมาณเนื้อมากและไขมันน้อย แนะนำให้เลือกบริโภคไก่พื้นเมืองเพศผู้ แต่หากต้องการไก่พื้นเมืองที่มีความชุ่มน้ำและเนื้อนุ่มให้เลือกบริโภคไก่พื้นเมืองเพศเมีย

2. การปรับปรุงคุณภาพกล้ามเนื้อของสัตว์ปีกได้ อาจเลือกพิจารณาค่า *b**

3. เพื่อให้เป็นที่รู้จักและเป็นที่นิยมมากขึ้น เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ใหม่ทางการค้า ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงคุณภาพเนื้อในแต่ละช่วงอายุของไก่พื้นเมืองลูกผสมพันธุ์ตองหนึ่ง เพื่อเพิ่มมูลค่าและประโยชน์สูงสุดของการบริโภคเนื้อไก่พื้นเมือง

เอกสารอ้างอิง

เจนรงค์ คำมงคุณ, ชัยตรี บุญดี, และ อำนวย เลี้ยวธารากุล. (2559). ความหลากหลายของไก่พื้นเมืองในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย. **แก่นเกษตร**. 44(1): 37-42

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ . (2538). **การเลี้ยงไก่**. กรุงเทพฯ 6: พิมพ์ครั้งที่ 7. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Bogosavljevic-boskovic, S., Kurcubic, V., Petrovic, M. D., & Radovic, V. (2006). The effect of sex and rearing system on carcass composition and cut yields of broiler chickens. **Czech Journal of Animal Science**, 51: 31–38

Harford, I. D., Pavlidis, H. O., & Anthony, N. B. (2014). Divergent selection for muscle color in broilers. **Poultry Science**. 93: 1059–1066.

Holcman, A., Vadnjal, R., Žlender, B., & Stibilj V. (2003). Chemical composition of chicken meat from free range and extensive indoor rearing. **Archiv fur Geflugelkunde**. 67: 120–124.

Jiang, Z. Y., Jiang, S. Q., Lin, Y. C., Xi, P. B., Yu, D. Q., & Wu, T. X. (2007). Effects of soybean isoflavone on growth performance, meat quality, and antioxidation in male broilers. **Poultry Science**. 86: 1356-1362.

Kuttappan, V. A., Brewer, V. B., Mauromoustakos, A., McKee, S. R., Emmert, J. L., Meullenet, J. F., & Owens, C. M. (2013). Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. **Poultry Science**. 92: 811–819.

Lee, Y. S., Saha, A., Xiong, R., Owens, C. M., & Meullenet, J. F. (2008). Changes in broiler breast fillet tenderness, water-holding capacity, and color attributes during long-term frozen storage. **Journal of Food Science**. 73: 162–168.

Ma, T., Xu, L., Wang, H., Chen, J., Liu, L., Chang, G., & Chen, G. (2015). Mining the key regulatory genes of chicken inosine 5'-monophosphate metabolism based on time series microarray data. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. 6: 21.

Russo E., Drigo, M., Longoni, C., Pezzotti, R., Fasoli, P., & Recordati, C. (2015). Evaluation of White Striping prevalence and predisposing factors in broilers at slaughter. **Poultry Science**. 94: 1843–1848.

Schneider, B. L., Renema, R. A., Betti, M., Carney, V. L., & Zuidhof, M. J. (2012). Effect of holding temperature, shackling, sex, and age on broiler breast meat quality. **Poultry Science**. 91: 468-477.

Sirri, F., Petracci, M., Bianchi, M., & Meluzzi, A. (2010). Survey of skin pigmentation of yellow-skinned broiler chickens. **Poultry Science**. 89: 1556-1561.

Van Laack, R. L., Liu, C. H., Smith, M. O., & Loveday, H. D. (2000). Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**. 79: 1057-1061.

Wattanachant, S., Benjakul, S., & Ledward, D. A. 2004. Composition, color and texture of Thai Indigenous and broiler chicken muscles. **Poultry Science**. 83: 123-128.

การศึกษาแนวคิดการพัฒนาอาหารเสริมให้ตรงกับความต้องการของผู้สูงอายุ

กิตติชัย ช่างทอง[1*] ปาลิดา ศรีศรกำพล[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวคิดการพัฒนาอาหารเสริมให้ตรงกับความต้องการของผู้สูงอายุ โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ ผู้ให้ข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือ แพทย์เฉพาะทางด้านอายุรกรรม เฉพาะด้านการดูแลรักษาผู้สูงอายุจำนวน 10 คน กลุ่มที่ 2 คือ นักโภชนาการจำนวน 8 คน และกลุ่มที่ 3 คือผู้สูงอายุวัย 60 ปีขึ้นไป ทั้งเพศชายและเพศหญิงในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 20 คน โดยใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลการสัมภาษณ์เชิงลึก ผลการวิจัยพบว่า แพทย์เฉพาะทางด้านอายุรกรรม เฉพาะด้านการดูแลรักษาผู้สูงอายุ นักโภชนาการ และผู้สูงอายุวัย 60 ปีขึ้นไป ทั้งเพศชายและเพศหญิง เลือกสรรพคุณของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อบำรุงกระดูก หลอดเลือดหัวใจ และสายตา โดยมีสารออกฤทธิ์ที่ให้สรรพคุณเป็นแมกนิเซียม แคลเซียม วิตามินดี โคเอ็นไซม์คิวเทน และสังกะสี มีรูปแบบของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเป็นของเหลว ไม่มีรสชาติ ไม่มีกลิ่น และสีของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเป็นสีธรรมชาติ หรือสีส้ม ต้องการรูปแบบขวดของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเป็นแบบของเหลว ขนาดบรรจุ ขวดละ 1 เดือน โดยรูปแบบบรรจุภัณฑ์เป็นแบบกล่องที่มีขนาดพอเหมาะกับขวดของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร โดยกล่องดังกล่าวผลิตจากกระดาษ และมีการออกแบบโดยใช้สีเหลืองและสีส้มเป็นสีหลัก

คำสำคัญ : ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารหรืออาหารเสริม ผู้สูงอายุ

[1] *หลักสูตร สาขาวิชาบริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ จังหวัดนนทบุรี, e-mail:* kchangtong21@gmail.com

[2] *สาขาวิชาวิชาบริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ จังหวัดนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี, e-mail:* palidasri@pim.ac.th

* *ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:* kchangtong21@gmail.com

THE STUDY OF DIETARY SUPPLEMENT DEVELOPMENT CONCEPTS THAT MEET THE NEEDS OF ELDERLY PEOPLE

Kittichai Changtong[1*] Palida Srisornkompon[2]

Abstract

The objective of this research was to study dietary supplement development concepts that meet the needs of elderly people. This study was a qualitative research. The key informants of this study included 3 groups of people: the first group was 10 medicine physicians for elderly care; the second group was 8 nutritionists and the third group was 20 female and male elderly aged 60 years and above in Bangkok Metropolitan Area. The results of this study indicated that all samples chose dietary supplement products by considering their properties that nourish bone, cardiovascular, and eye health with active ingredients having the benefits of magnesium, calcium, vitamin D, coenzyme Q10, and zinc. They needed liquid dietary supplements with free of flavor and odor. They needed natural or orange color of the products, bottle packaging with net weight for one month. For outside packaging, they needed fit size box to the product bottle. The box should be made of paper and designed mainly using yellow and orange color.

Keywords : dietary supplement products, Elderly people

[1]*Master of Business Administration Program in Modern Trade Business Management, Faculty of Business Administration, Panyapiwat Institute of Management, e-mail:* kchangtong21@gmail.com

[2]*Program in Modern Trade Business Management, Faculty of Business Administration, Panyapiwat Institute of Management, e-mail:* palidasri@pim.ac.th

** Corresponding author, e-mail:* kchangtong21@gmail.com

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 หลายประเทศทั่วโลกพบว่า ประชากรผู้สูงอายุมีจำนวนเพิ่มขึ้นและกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงวัย (Aging Society) สำหรับประเทศไทยกำลังเปลี่ยนผ่านจากสังคมผู้สูงวัยไปสู่สังคมผู้สูงวัยอย่างสมบูรณ์ (Aged society) การเข้าสู่สังคมผู้สูงวัยนี้ สามารถอธิบายได้จากสัดส่วนของประชากรผู้สูงวัยต่อประชากรทั้งหมดในประเทศ ประเทศที่มีประชากรสูงอายุวัย 65 ปีขึ้นไปมากกว่าร้อยละ 7 ของจำนวนประชากรทั้งหมดจะกลายเป็นประเทศที่ได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงวัย แต่หากมีจำนวนผู้สูงวัย 65 ปีขึ้นไปมากกว่าร้อยละ 14 ประเทศนั้นจะเป็นประเทศที่ได้เข้าสู่สังคมผู้สูงวัยอย่างสมบูรณ์ และหากมีจำนวนประชากรผู้สูงอายุวัยอายุ 65 ปีขึ้นไปมากกว่าร้อยละ 20 ประเทศนั้นได้เข้าสู่สังคมผู้สูงวัยระดับสุดยอด (Super-aged society) (Prasartkul, 12 ตุลาคม 2560)

สำหรับประเทศไทยคาดว่าปี 2564 จะมีสัดส่วนประชากรที่มีอายุ 65 ปีขึ้นไปร้อยละ 14.4 โดยจะก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงวัยอย่างสมบูรณ์หรือมีสัดส่วนประชากรที่มีอายุ 65 ปีขึ้นไปมากกว่าร้อยละ 14 และในปี 2573 ประเทศไทยจะมีสัดส่วนประชากรที่มีอายุ 65 ปีขึ้นไปร้อยละ 20.2 ซึ่งจะเข้าสู่สังคมผู้สูงวัยระดับสุดยอดเนื่องจากมีสัดส่วนของประชากรที่มีอายุ 65 ปีขึ้นไปมากกว่าร้อยละ 20.0 ของประชากรทั้งประเทศ (มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุ, 15 ตุลาคม 2560) ทั้งนี้ในปี 2556 ประเทศไทยมีจำนวนประชากรโดยรวมทั้งสิ้น 64.5 ล้านคน และมีจำนวนประชากรผู้สูงอายุวัย 65 ปีขึ้นไปร้อยละ 11.3 ของประชากรทั้งหมดของประเทศ ซึ่งถือว่าประเทศไทยได้เข้าสู่สังคมผู้สูงวัยแล้ว และผลจากการคาดการณ์แสดงถึงภาวะสูงวัยของประชากรไทยมีอัตราการเติบโตเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว (จงจิต ฤทธิรงค์, ศุทธิดา ชวนวัน และปราโมทย์ ประสาทกุล, 2556: 13) ด้วยแนวโน้มของจำนวนผู้สูงอายุที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจากการที่กำลังเปลี่ยนผ่านจากสังคมผู้สูงวัยในระยะเวลาอีกไม่นาน ซึ่งหมายความว่า ตลาดผู้สูงอายุในประเทศไทยกำลังเป็นตลาดที่ขยายตัวเพิ่มมากขึ้น จึงเป็นอีกโอกาสสำคัญของธุรกิจต่าง ๆ ที่จะต้องปรับตัว วางแผนธุรกิจ แผนการตลาด และผลิตสินค้าให้ตรงกับผู้บริโภคกลุ่มผู้สูงอายุ เพื่อรองรับความต้องการของโครงสร้างประชากรที่เปลี่ยนแปลงไป และจากสถานการณ์สุขภาพของผู้สูงอายุไทยด้วยปัญหาสุขภาพที่มีมากขึ้นตามวัย จึงมีโรคหลายชนิดที่สัมพันธ์กับวัยที่สูงขึ้น (Aging-associated diseases) ซึ่งโรคที่พบบ่อยได้แก่ 1) โรคอัลไซเมอร์และโรคสมองเสื่อมชนิดอื่นๆ 2) โรคเบาหวานโดยเฉพาะเบาหวานชนิดที่ 2 3) โรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) 4) ความดันโลหิตสูง 5) ต่อมลูกหมากโต 6) ปัญหาเกี่ยวกับสายตาและการมองเห็น 7) โรคข้อและกระดูก 8) มะเร็งและ 9) อาการซึมเศร้า ด้วยสุขภาพที่อาจเสื่อมโทรมไปตามวัยผู้สูงอายุจำนวนมาก จึงใช้วิตามินและอาหารเสริมทั้งที่อาจมาตามใบสั่งแพทย์หรือนำมาใช้เอง (ฝ่ายโภชนาการโรงพยาบาลศิริราช, แผ่นพับ, 2555) จะเห็นได้ว่าผู้สูงอายุไทยมีปัญหาสุขภาพมากขึ้น และจำเป็นต้องใช้วิตามินและอาหารเสริม

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับสุขภาพและการดูแลตัวเองมากขึ้น โดยมีสัดส่วนของผลิตภัณฑ์อาหารเสริมแต่ละประเภทในปี 2559 แสดงให้เห็นว่า อาหารเสริมสุขภาพและรักษาโรค มีสัดส่วนร้อยละ 78 รองลงมา คือ อาหารเสริมความงามร้อยละ 21 และอาหารเสริมเพิ่มสรรถภาพทางร่างกายมีสัดส่วนร้อยละ 1 (นริศร์ธร ตุลาผล, 12 ตุลาคม 2560) โดยอาหารเสริมสุขภาพและรักษาโรคมีสัดส่วนมากที่สุด และจากแนวโน้มนี้ จึงเป็นโอกาสของธุรกิจอาหารเสริมที่จะทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อตอบสนองความต้องการผู้สูงอายุ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาแนวคิดการพัฒนาอาหารเสริมให้ตรงกับความต้องการของผู้สูงอายุ ครอบคลุมการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การสร้างความแตกต่างด้านผลิตภัณฑ์ และองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ โดยนำองค์ประกอบที่เป็นผลิตภัณฑ์หลักและรูปลักษณ์ผลิตภัณฑ์ นำไปพัฒนาแนวคิด ให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์

แบบที่สุดและสอดคล้องกับการศึกษาแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารให้ตรงกับความต้องการของผู้สูงอายุ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาแนวคิดการพัฒนาอาหารเสริมให้ตรงกับความต้องการของผู้สูงอายุ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) การเก็บข้อมูลโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) แบบมีโครงสร้าง (Structured interviews) ใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection)

ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ คือ กลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ 3 กลุ่ม ดังนี้

1. แพทย์เฉพาะทางด้านอายุรกรรม เฉพาะด้านการดูแลรักษาผู้สูงอายุ ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผู้สูงอายุ และติดต่อกับผู้สูงอายุโดยตรง สามารถเสนอข้อมูลและแนวคิดที่น่าเชื่อถือ จำนวน 10 คน

2. นักโภชนาการ ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล สามารถเสนอข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์และมีแนวคิดที่น่าเชื่อถือได้ จำนวน 8 คน

3. ผู้สูงอายุวัย 60 ปีขึ้นไป ทั้งเพศชายและเพศหญิง ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เนื่องจากเป็นผู้ที่บริโภคอาหารเสริมโดยตรงสามารถเสนอข้อมูล แนวคิด และความต้องการของผู้บริโภคโดยตรงที่น่าเชื่อถือ จำนวน 20 คน

รวมจำนวนทั้งหมด 38 คน ทำการเก็บข้อมูลเดือนกรกฎาคม 2561

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ใช้การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง โดยใช้คำถามปลายเปิด (Open-ended Questions) กำหนดข้อคำถามที่มีความยืดหยุ่น และเปิดกว้าง โดยการสร้างบทสัมภาษณ์จากการศึกษาข้อมูลจากแนวคิด ทฤษฎี หนังสือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องตลอดจนเอกสารต่างๆ จนมาสู่การออกแบบบทสัมภาษณ์ นอกจากนี้ยังมีเครื่องบันทึกเสียง อุปกรณ์สำหรับจดบันทึก อุปกรณ์สำหรับถ่ายภาพ ของที่ระลึก

การเก็บรวบรวมข้อมูล ด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) โดยใช้การสัมภาษณ์แบบตัวต่อตัว (Face-to-Face Interview) ก่อนทำการสัมภาษณ์ มีการชี้แจงถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้ ตลอดการสัมภาษณ์นั้นจะมีการบันทึกเสียง เพื่อให้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ และสามารถนำข้อมูลมาจดบันทึกได้ในภายหลังและยังมีการจดบันทึกระหว่างการสัมภาษณ์ด้วย เพื่อช่วยยืนยันความถูกต้องของข้อมูลนั้น ๆ นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบข้อมูลสามเส้า (Data Triangulation) ในด้านข้อมูล ซึ่งเป็นการตรวจสอบส่วนของเวลา เพื่อตรวจสอบว่า เมื่อเก็บข้อมูลต่างเวลาจะได้รับข้อมูลเหมือนเดิมหรือไม่ โดยการนำข้อมูลที่จดบันทึกเรียบร้อย กลับไปให้ผู้ให้ข้อมูลสำคัญท่านนั้น ๆ ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์ การเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ จะเก็บรวบรวมข้อมูลจนเห็นแนวทางของคำตอบเป็นไปทิศทางเดียวกัน จะหยุดสัมภาษณ์เมื่อข้อมูลเกิดการอิ่มตัว (อรุณี อ่อนสวัสดิ์, 2551: 282)

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้วิธีวิเคราะห์ จัดกลุ่ม เปรียบเทียบข้อมูล เพื่อตีความหาความเชื่อมโยงของข้อมูล กับประเด็นคำถามในการวิจัย และนำเสนอในรูปแบบของการบรรยาย กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบ

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยการสัมภาษณ์เชิงลึกของผู้ให้ข้อมูลสำคัญ เพื่อศึกษาแนวคิดการพัฒนาอาหารเสริมให้ตรงกับความต้องการของผู้สูงอายุ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 แพทย์เฉพาะทางด้านอายุรกรรม เฉพาะด้านการดูแลรักษาผู้สูงอายุ ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ผู้ให้ข้อมูลสำคัญแพทย์เฉพาะทางด้านอายุรกรรม เฉพาะด้านการดูแลรักษาผู้สูงอายุ จำนวน 10 คน ส่วนใหญ่มีช่วงอายุ 35-55 ปี และการศึกษาระดับปริญญาตรี ต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารให้ตรงกับความต้องการของผู้สูงอายุ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ด้านสรรพคุณของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารสรรพคุณควรเพื่อบำรุงกระดูก หลอดเลือดหัวใจ สายตา และป้องกันการเป็นโรคมะเร็ง เพื่อช่วยลดความเสี่ยงเป็นโรคเกี่ยวกับกระดูก หลอดเลือดหัวใจ สายตา และโรคมะเร็ง สรรพคุณที่ผู้สูงอายุต้องการควรมีสารออกฤทธิ์เป็น แมกนิเซียม โคเอ็นไซม์คิวเทน สังกะสี และวิตามินซี

ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารควรเป็นแบบแคปซูลนิ่มหรือของเหลว ควรไม่มีรสชาติใดๆ ในส่วนของกลิ่นควรไม่มีกลิ่น และในส่วนสีของตัวผลิตภัณฑ์เสริมอาหารควรเป็นสีธรรมชาติ สีส้ม และสีชมพู

ด้านรูปแบบบรรจุภัณฑ์แบบปฐมภูมิของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารควรใช้บรรจุภัณฑ์แบบบลิสเตอร์โดยบรรจุแผงละ 10 เม็ด หรือบรรจุภัณฑ์แบบขวดบรรจุของเหลวโดยปริมาณการทาน 1 เดือนต่อขวด หรือมีปริมาณบรรจุ 50 มิลลิลิตรต่อขวด

ด้านรูปแบบบรรจุภัณฑ์แบบทุติยภูมิของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ควรใช้บรรจุภัณฑ์ในรูปแบบกล่องที่มีขนาดพอเหมาะกับแผงบลิสเตอร์ หรือรูปแบบกล่องที่มีขนาดพอเหมาะกับขวด โดยใช้กระดาษในการผลิตกล่องบรรจุภัณฑ์ดังกล่าว ส่วนสีหลักที่ควรใช้ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ควรเป็นสีเหลืองและสีส้ม

กลุ่มที่ 2 นักโภชนาการ ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ผู้ให้ข้อมูลสำคัญที่เป็นนักโภชนาการในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 8 คน ส่วนใหญ่มีช่วงอายุ 20-40 ปี และการศึกษาระดับปริญญาตรี ต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารให้ตรงกับความต้องการของผู้สูงอายุ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ด้านสรรพคุณของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร สรรพคุณควรเพื่อบำรุงกระดูก หลอดเลือดหัวใจ และสายตา เพื่อช่วยลดความเสี่ยงเป็นโรคเกี่ยวกับกระดูก หลอดเลือดหัวใจ และสายตา สรรพคุณที่ผู้สูงอายุต้องการควรมีสารออกฤทธิ์เป็น แมกนิเซียม แคลเซียม วิตามินดี โคเอ็นไซม์คิวเทน และสังกะสี

ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ควรเป็นแบบของเหลว ในส่วนของรสชาติควรไม่มีรสชาติใดๆ หรือ ในส่วนของกลิ่นควรไม่มีกลิ่น และในส่วนของสีของตัวผลิตภัณฑ์เสริมอาหารควรเป็นสีเหลืองและสีส้ม

ด้านรูปแบบบรรจุภัณฑ์แบบปฐมภูมิของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ควรใช้บรรจุภัณฑ์แบบขวด โดยปริมาณบรรจุขวดละ 220, 250 มิลลิลิตร หรือปริมาณ 1 เดือนต่อขวด

ด้านรูปแบบบรรจุภัณฑ์แบบทุติยภูมิของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ควรใช้บรรจุภัณฑ์ในรูปแบบกล่องที่มีขนาดพอเหมาะกับขวด โดยใช้กระดาษในการผลิตกล่องบรรจุภัณฑ์ดังกล่าว ส่วนสีหลักที่ควรใช้ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ ควรเป็นสีเหลืองและสีส้ม

กลุ่มที่ 3 ผู้ให้ข้อมูลสำคัญที่เป็นผู้สูงอายุวัย 60 ปีขึ้นไป ทั้งเพศชายและเพศหญิง ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 20 คน ส่วนใหญ่มีช่วงอายุ 60-70 ปี ต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารให้ตรงกับความต้องการของผู้สูงอายุ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ด้านสรรพคุณของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ควรเป็นการบำรุงกระดูก หลอดเลือดหัวใจ สายตา และป้องกันการเป็นโรคมะเร็ง ในส่วนของสารออกฤทธิ์ที่ให้สรรพคุณตามที่ผู้สูงอายุต้องการ ผู้ให้ข้อมูลสำคัญส่วน

ใหญ่ไม่สามารถตอบคำถามได้ เนื่องจากผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่ไม่มีความรู้เพียงพอที่จะทราบว่าสารออกฤทธิ์ที่ให้สรรพคุณตามที่ผู้สูงอายุต้องการควรเป็นอะไร

ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ควรเป็นแบบแคปซูลแข็ง และแคปซูลแบบใดก็ได้ ในส่วนของรสชาติควรไม่มีรสชาติ หรือมีรสส้ม ในส่วนของกลิ่นควรไม่มีกลิ่น หรือมีกลิ่นส้ม และในส่วนของสีของตัวผลิตภัณฑ์เสริมอาหารควรเป็นสีธรรมชาติ หรือสีส้ม

ด้านรูปแบบบรรจุภัณฑ์แบบปฐมภูมิของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ควรใช้บรรจุภัณฑ์แบบขวดพลาสติกโดยบรรจุ 90 เม็ดต่อขวด หรือปริมาณการบรรจุระยะเวลา 1 เดือนต่อขวด

ด้านรูปแบบบรรจุภัณฑ์แบบทุติยภูมิของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ควรใช้บรรจุภัณฑ์ในรูปแบบกล่องที่มีขนาดพอเหมาะกับขวด โดยใช้กระดาษในการผลิตกล่องบรรจุภัณฑ์ดังกล่าว ส่วนสีหลักที่ควรใช้ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ ควรเป็นสีโทนสว่าง

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลจากกการวิจัยนี้ พบว่า แพทย์เฉพาะทางด้านอายุรกรรม เฉพาะด้านการดูแลรักษาผู้สูงอายุ นักโภชนาการ และผู้สูงอายุวัย 60 ปีขึ้นไป ทั้งเพศชายและเพศหญิง เลือกสรรพคุณของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อบำรุงกระดูก หลอดเลือดหัวใจ และสายตา โดยมีสารออกฤทธิ์ที่ให้สรรพคุณเป็นแมกนิเซียม แคลเซียม วิตามินดี โคเอ็นไซม์คิวเทน และสังกะสี มีรูปแบบของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเป็นของเหลว ไม่มีรสชาติ ไม่มีกลิ่น และสีของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเป็นสีธรรมชาติ หรือสีส้ม ต้องการรูปแบบขวดของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเป็นแบบของเหลว ขนาดบรรจุ ขวดละ 1 เดือน โดยรูปแบบบรรจุภัณฑ์เป็นแบบกล่องที่มีขนาดพอเหมาะกับขวดของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร โดยกล่องดังกล่าวผลิตจากกระดาษ และมีการออกแบบโดยใช้สีเหลืองและสีส้มเป็นสีหลัก

การอภิปรายผล จากผลการวิจัยเรื่องนี้สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

การศึกษาแนวคิดการพัฒนาอาหารเสริมให้ตรงกับความต้องการของผู้สูงอายุ มีความสอดคล้องกับการศึกษาลักษณะรูปแบบการดำเนินชีวิตของผู้สูงอายุ และการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารประเภทวิตามินในประเทศไทย ของนางสาวเยาวภา จันทร์พวง (2557) กล่าวว่า ผู้สูงอายุให้ความสำคัญกับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารประเภทวิตามินโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยให้ความสำคัญกับการเลือกร้านค้ามากที่สุด รองลงมาคือการเลือกตราสินค้า และการเลือกสินค้า ตามลำดับ จากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในส่วนของด้านผลิตภัณฑ์ คือ ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ในเรื่องของสรรพคุณ รูป รส กลิ่น สี และรูปแบบบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารให้ตรงกับความต้องการของผู้สูงอายุ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ผู้สูงอายุให้ความสำคัญกับการตัดสินใจซื้อโดยรวมอยู่ในระดับมาก จึงควรนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารสำหรับผู้สูงอายุ จะได้นำเสนอผลิตภัณฑ์เสริมอาหารให้เหมาะสมตรงกับความต้องการของผู้สูงอายุมากที่สุด

การศึกษาแนวคิดการพัฒนาอาหารเสริมให้ตรงกับความต้องการของผู้สูงอายุ มีความสอดคล้องกับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับโรคกระดูกพรุน พฤติกรรมเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดุกพรุนกับความเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุนในผู้สูงอายุ ของศิริพร แสงศรีจันทร์ สาวิตรี ลิ้มชัยอรุณเรือง และพรทิพย์ภา ศรีนุชศาสตร์ (2557) กล่าวว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับโรคกระดูกพรุน อยู่ในระดับปานกลาง พฤติกรรมเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดุกพรุนในผู้สูงอายุ อยู่ในระดับปานกลาง ความเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุนในผู้สูงอายุ มีความเสี่ยงสูง ร้อยละ 63.1 จากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในส่วนของสรรพคุณของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร พบว่า แพทย์เฉพาะทางด้านอายุรกรรม เฉพาะด้านการดูแลรักษาผู้สูงอายุ นักโภชนาการ และผู้สูงอายุวัย 60 ปีขึ้นไป แสดงความเห็นว่า ผู้สูงอายุมีความเสี่ยงการเกิดโรคเกี่ยวกับกระดูก เช่น โรคกระดูกพรุน

เช่นกัน ดังนั้นจึงควรนำสรรพคุณผลิตภัณฑ์เสริมอาหารสำหรับการบำรุงกระดูกมานำเสนอ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารตรงกับความต้องการของผู้สูงอายุ

การศึกษาแนวคิดการพัฒนาอาหารเสริมให้ตรงกับความต้องการของผู้สูงอายุ มีความสอดคล้องกับการศึกษาพฤติกรรมการบริโภคอาหารเสริมสุขภาพประเภทโปรตีนและเปปไทด์ในวิถีชีวิตคนเมือง ของอภิศักดิ์ ธีระวิสิษฐ์ (2557) กล่าวว่า ประเภทของอาหารเสริมสุขภาพที่ผู้สูงอายุในเขตเมืองนิยมบริโภค เป็นอาหารเสริมสุขภาพในลักษณะแบบเครื่องดื่ม/ของเหลวมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60.2 และนิยมบริโภคอาหารเสริมสุขภาพในกลุ่มที่ 1 ประเภทเสริมอาหารและบำรุงสุขภาพมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 76.1 จากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในส่วนรูปแบบของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร พบว่า แพทย์เฉพาะทางด้านอายุรกรรม เฉพาะด้านการดูแลรักษาผู้สูงอายุ นักโภชนาการ และผู้สูงอายุวัย 60 ปีขึ้นไป ต้องการรูปแบบผลิตภัณฑ์เสริมอาหารในรูปแบบของเหลว เพื่อต้องการความสะดวก ทานง่าย พร้อมรับประทานทันที และผู้สูงอายุไม่ต้องมีปัญหาในการกลืน

การศึกษาแนวคิดการพัฒนาอาหารเสริมให้ตรงกับความต้องการของผู้สูงอายุ มีความสอดคล้องกับการศึกษาและพัฒนาแนวทางการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับผู้สูงวัย กรณีศึกษา ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อการป้องกันและรักษาอาการข้อเสื่อม ของสุกฤตา หิรัณยชววลิต (2560) กล่าวคือ ลักษณะของบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อการป้องกันและรักษาอาการข้อเสื่อมที่ช่วยเอื้อให้สามารถใช้งานได้ด้วยตนเองได้ คือ บรรจุภัณฑ์ต้องเปิดปิดใช้ง่าย ต้องเปิดและปิดใช้ซ้ำๆ ได้ โดยที่ฝากล่องไม่หักงอ และไม่เสียรูปทรง บรรจุภัณฑ์ควรมีขนาดที่กระชับมือ และจับได้ถนัด ไม่เล็กหรือใหญ่จนเกินไป และสีที่ใช้กับบรรจุภัณฑ์ควรใช้สีแบบเอกรงค์ สีของบรรจุภัณฑ์สำหรับผู้สูงวัยที่มีอายุตั้งแต่ 60-69 ปี ควรเป็นสีที่สีโทนร้อนที่สว่าง เช่น สีเหลือง และสีส้ม จากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในส่วนของรูปแบบและสีของบรรจุภัณฑ์แบบทุติยภูมิ พบว่าแพทย์เฉพาะทางด้านอายุรกรรม นักโภชนาการ และผู้สูงอายุวัย 60 ปีขึ้นไปต้องการสีของบรรจุภัณฑ์เป็นสีโทนสว่าง เช่น เหลือง เช่นกัน เนื่องจากสามารถมองเห็นได้ชัดเจน สะดุดตา ทำให้หาได้ง่าย และสีเหลืองเป็นสีที่สว่างตัดกับสีของตัวอักษร ทำให้อ่านข้อความข้างกล่องได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และ ต้องการผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีบรรจุภัณฑ์ที่เปิดปิดง่าย ขนาดที่กระชับมือ และจับได้ถนัด มีขนาดพอเหมาะ ไม่เล็กหรือใหญ่จนเกินไป

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้กับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารสำหรับผู้สูงอายุในอนาคต

1.ควรมีการศึกษาวิจัยเรื่อง กระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีส่วนผสมของแมกนีเซียม แคลเซียม วิตามินดี โคเอ็นไซม์คิวเทน และสังกะสี เพื่อบำรุงกระดูก หลอดเลือดหัวใจ และสายตาสำหรับผู้สูงอายุในรูปแบบของเหลว เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีประสิทธิภาพดี ได้มาตรฐานและต้นทุนต่ำ

2.ควรมีการศึกษาวิจัยเรื่องส่วนประสมทางการตลาดของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารสำหรับผู้สูงอายุ เพราะนอกจากการศึกษาปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์แล้ว ยังควรศึกษาปัจจัยทางด้านราคา ปัจจัยทางด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และปัจจัยทางด้านการสื่อสารการการตลาด ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะช่วยในการตัดสินใจซื้อของผู้สูงอายุ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้สามารถประสบความสำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายฝ่าย อาทิ อาจารย์ ดร.ปาลิดา ศรีศรกำพล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความกรุณาในการให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจสอบข้อบกพร่อง กระทั่งการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เรียบร้อยสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน

ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย ตลอดจนประธานสอบและกรรมการสอบ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขในการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้สมบูรณ์ที่สุด

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ในทุกๆ ระดับการศึกษาที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ผู้วิจัยจนถึงปัจจุบัน ขอขอบพระคุณผู้ให้ข้อมูลสำคัญทุกๆ ท่าน ที่ให้การสนับสนุนและให้ความร่วมมือในการสละเวลาตอบคำถามงานวิจัย ตลอดจนขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่รักยิ่ง และพี่ๆ น้องๆ เพื่อนๆ จากสถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน พร้อมให้กำลังใจกับผู้วิจัยเสมอมา จนทำให้การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ประกอบการรวมถึงผู้ที่สนใจไม่มากก็น้อย เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารให้ตรงกับความต้องการของผู้สูงอายุ และนำไปพัฒนาธุรกิจต่อไป

เอกสารอ้างอิง

จงจิต ฤทธิรงค์, ศุทธิดา ชวนวัน และปราโมทย์ ประสาทกุล. (2556). **การสูงวัยของประชากรในประชาคมอาเซียน**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เดือนตุลา.

นริศร์ธร ตุลาผล. (2559). **แนวโน้มการเติบโตของตลาดอาหารเสริมโดยรวมของประเทศไทย.** [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: https://scbsme.scb.co.th/sme-inspiration-detail/SCB_Supplementary. (2560, 12 ตุลาคม).

ฝ่ายโภชนาการ โรงพยาบาลศิริราช. (2555). **โภชนาการในผู้สูงอายุ.** กรุงเทพฯ: คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล. (แผ่นพับ).

มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย. (2552). **แนวโน้มจำนวนประชากรของประเทศไทยปี พ.ศ. 2533, 2543, 2551 และ2573.** กรุงเทพฯ: ทีคิวพี.

มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย. (2557). **การเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุของประเทศไทย.** [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: https://fopdev.or.th. (2560, 15 ตุลาคม).

มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย. (2558). **โรคเรื้อรังของผู้สูงอายุไทย ตามกลุ่มอายุ.** กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

เยาวภา จันทร์พวง. (2557). **ลักษณะรูปแบบการดำเนินชีวิตของผู้สูงอายุและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารประเภทวิตามินในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ศตพร คงกวินวงศ์. (2560). **การพัฒนารูปแบบยาสมุนไพรตลีผลา สำหรับผู้ป่วยโรคภูมิแพ้.** การค้นคว้าอิสระ บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์.

ศิริพร แสงศรีจันทร์, สาวิตรี ลิ้มชัยอรุณเรือง และพรทิพย์ภา ศรีนุชศาสตร์. (2557). ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับโรคกระดูกพรุน พฤติกรรมเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดุกพรุนกับความเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุนในผู้สูงอายุ. **การพยาบาลและการศึกษา**. 7(2): 83-94.

สุกฤตา หิรัณยชววลิต. (2560). การศึกษาและพัฒนาแนวทางการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับผู้สูงวัย กรณีศึกษา ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อการป้องกันและรักษาอาการข้อเสื่อม. **Veridian-E-Journal**. 10(3): 390-412.

อภิศักดิ์ ธีระวิสิษฐ์. (2557). **พฤติกรรมการบริโภคอาหารเสริมสุขภาพประเภทโปรตีนและเปปไทด์ในวิถีชีวิตคนเมือง**. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

อรนรินทร์ ขจรวงศ์วัฒนา. (2552). **การสัมภาษณ์เชิงลึก.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.gotoknow.org. (2561, 11 มีนาคม).

อรุณี อ่อนสวัสดิ์. (2551). **ระเบียบวิธีวิจัย.** พิษณุโลก: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรอุทุมพร

จามรมาน. (2550). **การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัย.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.phachin.ru.ac.th. (2561, 11 มีนาคม).

Prasartkul, P. (2012). **Ageing and Health**. [Online], Available: http:// www.newsletter.ipsr.mahidol.ac.th/index.php/2012-11-08-03-49-15/mnu-vol33- no4-1/89-cat-vol33. (2017, 12 October).

แนวทางในการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ตำบลเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว โดยชุมชนมีส่วนร่วม

จุรีรัตน์ หนองหว้า[1*] ปวริศา เลิศวิริยะประสิทธิ์[2] ลักษณา คงตัน[3]

บทคัดย่อ

แนวทางในการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ตำบลเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว โดยชุมชนมีส่วนร่วม เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 364 คน เครื่องมือในการเก็บข้อมูลคือแบบสอบถาม โดยมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.96 วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า สถานภาพผู้ตอบที่เป็นคนในท้องถิ่น คิดเป็นร้อยละ 82.1 บุคลากรภาครัฐ คิดเป็นร้อยละ 10.4 และเกษตรกรผู้ปลูกแคนตาลูป คิดเป็นร้อยละ 7.4 มีอายุ 41 – 50 ปี การศึกษาระดับปริญญาตรี มีรายได้ต่อเดือน 15,001 – 20,000 บาท เกษตรกรผู้ปลูกแคนตาลูป ส่วนใหญ่มีพื้นที่ในการปลูก จำนวน 5 ไร่ มีรายได้เฉลี่ยต่อปี 100,001 – 150,000 บาท และปลูกมาแล้วอย่างน้อย 3 ปี ศักยภาพของพื้นที่ (แหล่งปลูกแคนตาลูป) โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก ซึ่งมีศักยภาพด้านสิ่งดึงดูดใจ เป็นลำดับแรก รองลงมาคือ ด้านการเข้าถึง และด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ตามลำดับ กล่าวคือ มีสภาพของพื้นที่เอื้อต่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร การเดินทางเข้าถึงสะดวก เช่น ความเรียบของถนน ไม่ขรุขระ และมีระบบของเครือข่ายและการสื่อสารทางโทรศัพท์ชัดเจน การมีส่วนร่วมโดยชุมชน พบว่า เห็นด้วยมาก ในด้านการดำเนินการและปฏิบัติการ การวางแผนและการตัดสินใจ และการติดตามและประเมินผล ตามลำดับ กล่าวคือ เห็นด้วยมากกับการที่จะได้เข้าร่วมโครงการหรือกิจกรรมในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวในชุมชน การที่จะได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็น และเสนอแนะในที่ประชุม และการที่จะได้มีส่วนร่วมในการติดตามความก้าวหน้าในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยว และความคิดเห็นต่อรูปแบบโรงเรือน พบว่า ส่วนใหญ่ให้ความสนใจมากกับรูปแบบโรงเรือนแบบหลังคาโค้ง (ขาตรง) รองลงมาคือ โรงเรือนแบบทรงหลังคาฟันเลื่อย และโรงเรือนแบบแฝด ตามลำดับ

คำสำคัญ : แนวทางการพัฒนา ศักยภาพ ชุมชนมีส่วนร่วม

---

[1] *อาจารย์ประจำสาขาวิชาสาขาวิชาการจัดการท่องเที่ยว คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail:* jureerat@vru.ac.th

[2] *อาจารย์ประจำสาขาวิชาสาขาวิชาการจัดการท่องเที่ยว คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail:* Pawarisa@vru.ac.th

[3] *นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาการจัดการท่องเที่ยว คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: bewtybey@gmail.com*

* *ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:* jureerat@vru.ac.th

THE DEVELOPMENT APPROACH OF CANTALOUPE PLANTING AREA IS A GREENHOUSE FOR AGRICULTURAL TOURISM, TAMBONMUANG PHAI, ARANYAPRATHET DISTRICT SAKAEW PROVINCE THE COMMUNITY IS INVOLVED.

Jureerat Nongwa [1*] Pawarisa Lertwiriyaprasith[2] Laksana Khongtan[3]

Abstract

The Development Approach of Cantaloupe Planting Area is a Greenhouse for Agricultural Tourism, Tambon Muang Phai, Aranyaprathet District. Sakaew Province The Community is Involved. This paper is a survey research of sample 364 respondents. The data collection tool is questionnaire with a reliability of 0.96. Analysts of data consists of percentage, mean and standard deviation. The results show that the respondents are 82.1 per cent of local residents, 10.4 per cent of government employees and 7.4 per cent of Cantaloupe farmers. They are 41-50 years old whose have monthly income 15,001 - 20,000 Baht. Most of the Cantaloupe farmers own the area of planting around 5 Rai and have been planting in those area for at least 3 years. They have got an average income of 100,001 - 150,000 baht. The survey shows that potential of Cantaloupe planting area is very high. It has firstly potential of attraction, accessibility and facility respectively. That is to say the condition of the area is favorable to agricultural tourism. For example, the transportation is easy to access with unobstructed roads. Telecommunication network is highly function and apparent. Participation by the community was found to be significant in terms of implementation and operation, planning and decision making, monitoring and evaluation accordingly. As a result, they are very agreeable to be involved in a project or activity to develop community attractions. They have the opportunity to give comments and suggestions in the conference. Also, they are involved in tracking progress of tourism development in their community. To conclude, it was found that most attraction structure of the greenhouse is curved roofs with straight legs structure, then saw-toothed roofs structure and twin houses structure.

Keywords : Development Approach, Potential, Community participation

---

[1] *Lecturer of Tourism Management in Faculty Management Science, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail:* jureerat@vru.ac.th

[2] *Lecturer of Tourism Management in Faculty Management Science, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: pawarisa@vru.ac.th*

[3] *Undergraduate students of Tourism Management in Faculty Management Science, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: bewtybey@gmail.com*

** Corresponding author, e-mail: jureerat*@vru.ac.th

บทนำ

การท่องเที่ยวเป็นภาคบริการที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของไทย ประเทศไทยมีรายได้จากนักท่องเที่ยวต่างชาติในปี 2558 มูลค่า 1.44 ล้านล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 10.69 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (จีพีดี ปี 2558 ประมาณ 13.53 ล้านล้านบาท) และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง องค์การการท่องเที่ยวโลก (UNWTO) คาดการณ์จำนวนนักท่องเที่ยวที่เดินทางระหว่างประเทศทั่วโลกอาจจะเพิ่มเป็น 1,400 ล้านคน ในปี 2563 และอีก 10 ปีข้างหน้า จะเพิ่มขึ้นเป็น 1,800 ล้านคน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ประกอบกับกระแสท่องเที่ยวในอนาคตมีทิศทางที่หลากหลาย ได้แก่ 1) การท่องเที่ยวเพื่อสุขกาย สุขใจ เป็นการมองหาการท่องเที่ยวที่ช่วยฟื้นฟูสุขภาพ คืนความอ่อนเยาว์ และการผจญภัยเล็กน้อย หลีกหนีความจำเจในชีวิต 2) การท่องเที่ยวแบบทำงานพร้อมกับการท่องเที่ยว ซึ่งเป็นการจัดสรรเวลาเดินทางติดต่อธุรกิจ ให้เหลือเวลาสำหรับท่องเที่ยวมากขึ้น เริ่มยอมรับงานค่าตอบแทนต่ำแลกกับโอกาสที่จะได้เดินทางธุรกิจบ่อยขึ้น 3) การท่องเที่ยวตามล่าเหรียญรางวัล เป็นการวิ่งมาราธอน ปั่นจักรยาน วิ่งเทรลที่เป็นกระแสนิยมและวัยหนุ่มสาวเริ่มยกระดับเข้าสู่ไตรกีฬามากขึ้น 4) การเที่ยวตามรอยพระบาท เป็นการเดินทางไปยังโครงการหลวง โครงการพระราชดำริ ซึ่งยังเป็นที่นิยมของชาวไทย เพื่อสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณในหลวงรัชการที่ 9 และ 5) การท่องเที่ยวเพื่อหาความรู้ สร้างรายได้ เป็นการท่องเที่ยวเพื่อมองหาโอกาสร้างงาน เช่น ฟาร์มเกษตรสมัยใหม่ สวนผักปลอดสารพิษ และสวนผลไม้ต่างๆ ที่กำลังเป็นที่นิยมของนักท่องเที่ยว (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2560) โดยเฉพาะการเดินทางท่องเที่ยวในลักษณะเพื่อการเรียนรู้นี้จะเป็นการเสาะหาประสบการณ์ท่องเที่ยวที่สามารถเข้าถึงแก่นแท้ของวัฒนธรรมและความเป็นดั้งเดิมของธรรมชาติได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวในปัจจุบันที่ต้องการมองหากิจกรรมและประสบการณ์ที่ตื่นเต้น ท้าทาย แตกต่างจากชีวิตประจำวันที่จำเจ กิจกรรมที่นักท่องเที่ยวต้องการเหล่านี้สามารถเกิดขึ้นได้ในรูปแบบการท่องเที่ยวเชิงเกษตร สำหรับการท่องเที่ยวเชิงเกษตร เป็นกิจกรรมที่นักท่องเที่ยวได้ให้ความสนใจ โดยเฉพาะนักท่องเที่ยวชาวไทยที่หันมาท่องเที่ยวเชิงเกษตรมากขึ้น ในประเทศไทยมีจำนวนแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรรวม 1,215 แห่ง แบ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวของชุมชน 969 แห่ง แหล่งท่องเที่ยวของส่วนราชการ 87 แห่ง และศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) จำนวน 163 แห่ง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ซึ่งแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร ตั้งอยู่ครอบคลุมทุกภูมิภาคของไทย โดยเฉพาะการท่องเที่ยวชมสวนเกษตร เช่น สวนผลไม้ สวนดอกไม้ สวนสมุนไพร การนำเที่ยวเทศกาลงานวันเกษตร เช่น งานมะขามหวาน จังหวัดเพชรบูรณ์ งานเทศกาลผลไม้ จังหวัดระยอง และงานชมพู่หวาน อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว ตลอดจนงานแคนตาลูปและของดีเมืองอรัญ จังหวัดสระแก้ว ซึ่งนับว่าเป็นเมืองหลวงของผลไม้ชนิดนี้ (เทคโนโลยีชาวบ้าน, 2560)

จังหวัดสระแก้วมีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด 2,599,240 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 57 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด พืชเศรษฐกิจหลัก ได้แก่ ข้าวนาปี มันสำปะหลัง อ้อยโรงงาน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พืชผัก และผลไม้ สำหรับผลไม้ที่มีชื่อเสียง ได้แก่ แคนตาลูป ชมพู่ มะม่วง มะละกอ ลำไย เป็นต้น (สถิติจังหวัดสระแก้ว, 2559) โดยเฉพาะแคนตาลูปมีพื้นที่ปลูกได้ในทุกฤดูกาล ไม่น้อยกว่า 1,000 ไร่ ตลอดปี มีผลผลิตออกจำหน่ายอย่างต่อเนื่อง เมล็ดพันธุ์ 1 กิโลกรัม ปลูกได้ประมาณ 50 ไร่ พื้นที่ 1 ไร่ ปลูกได้ประมาณ 3,500-4,000 ต้น ผลแคนตาลูปมีขนาด 1.5-2 กิโลกรัมต่อผล พื้นที่ 1 ไร่ สามารถเก็บผลผลิตได้ 3-4 ตัน โดยระยะปลูกตั้งแต่หยอดเมล็ดจนเก็บได้ ใช้เวลา 58-65 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ หากมีสภาพภูมิอากาศที่ร้อนสามารถเก็บได้เร็ว ถือว่าเป็นพืชที่อายุสั้นและให้ผลผลิตที่ดี มีคุณภาพสม่ำเสมอ พื้นที่ตำบลผ่านศึก ตำบลป่าไร่ และตำบลเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว เป็นแหล่งปลูกแคนตาลูปที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย เพราะมีพื้นที่ที่เหมาะสม (ผู้จัดการออนไลน์, 2560) เพื่อเป็นการต่อยอดจากการทำเกษตรกรรมสู่ธุรกิจด้านการท่องเที่ยว และสร้างรายได้ให้กับคนในท้องถิ่น

ในพื้นที่ที่มีการปลูกแคนตาลูป ให้สามารถเป็นการทำเกษตรกรรมอย่างยั่งยืนและเป็นต้นแบบในการพัฒนาสู่การท่องเที่ยว ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมกับการพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรได้เป็นอย่างดีแต่พื้นที่ปลูกแคนตาลูปในปัจจุบันของอำเภอเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ส่วนใหญ่หรือเกือบทั้งหมดยังเป็นพื้นที่การปลูกแบบเปิด และมีการหมุนเวียนพื้นที่ในการปลูก ส่งผลต่อการสนับสนุนให้เกิดเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรอย่างยั่งยืน ประกอบกับการปลูกในลักษณะดังกล่าวนี้เกษตรกรไม่สามารถควบคุมสภาพอากาศและป้องกันแมลงรบกวน ทำให้ต้องศึกษาและปรับเปลี่ยนวิธีการปลูกเรื่อยมา ซึ่งจะส่งผลต่อผลผลิตและคุณภาพที่จะเกิดขึ้น ปัจจุบันการปลูกแคนตาปลูกในระบบปิดหรือปลูกอยู่ในโรงเรือนมีข้อดีคือ ลดการเปลี่ยนพื้นที่ในการปลูก สามารถพัฒนาให้เกิดเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรได้ สามารถป้องกันแมลงศัตรูได้เป็นอย่างดี ที่สำคัญยังควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมกับความต้องการของแคนตาลูป ซึ่งโดยธรรมชาติแคนตาลูปเป็นพืชที่ต้องการแสงมาก ไม่ชอบอากาศชื้น และมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของอากาศค่อนข้างสูง ซึ่งหากมีการปลูกในระบบเปิดในช่วงที่มีปริมาณฝนมาก จะทำให้ผลผลิตไม่ดีและไม่ต่อเนื่อง และยังส่งผลต่อคุณภาพทั้งเรื่องของรสชาติและขนาดโดยตรง (เกษตรกรก้าวหน้า, 2558) ดังนั้นการปลูกในระบบปิดหรือในโรงเรือนสามารถช่วยแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรอย่างยั่งยืนได้ในอนาคต ซึ่งจะสามารถรองรับนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและต่างประเทศที่มีแนวโน้มเดินทางมาท่องเที่ยวในจังหวัดสระแก้วเพิ่มขึ้น โดยพื้นที่ที่มีจำนวนนักท่องเที่ยวให้ความสนใจเดินทางท่องเที่ยวที่สำคัญในลำดับต้นๆ คือ ตลาดโรงเกลือซึ่งเป็นตลาดการค้าที่ใหญ่ที่สุดของชายแดนไทย-กัมพูชา เป็นแหล่งดึงดูดใจที่มีชื่อเสียงอีกแห่งหนึ่งที่นักท่องเที่ยวนิยมเดินทางมาซื้อสินค้าอย่างมากมาย และเป็นพื้นที่ด่านชายแดนที่เป็นจุดเริ่มต้นที่สะดวกที่สุดในการเดินทางเข้าไปเยี่ยมชมนครวัด นครธม มรดกโลกซึ่งตั้งอยู่ในประเทศกัมพูชา นอกจากนี้ยังอยู่ใกล้กับแหล่งปลูกและจำหน่ายแคนตาลูปที่สำคัญของอำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ที่นักท่องเที่ยวสามารถเดินทางเข้าถึงได้อย่างสะดวกและทำให้นักท่องเที่ยวได้รับประสบการณ์จากการเดินทางท่องเที่ยวที่หลากหลาย ไม่ว่าการท่องเที่ยวแบบซื้อสินค้า (Shopping) การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ และการท่องเที่ยวเชิงเกษตร เป็นต้น ซึ่งการส่งเสริมให้เกิดการท่องเที่ยวในลักษณะดังกล่าวมีความสอดคล้องกับเป้าหมายในการยกระดับขีดความสามารถและเป็นแนวทางนำไปสู่การพัฒนาเกษตรกรรมที่ยั่งยืนได้ และเป็นจุดมุ่งเน้นที่สำคัญของการดำเนินการเพื่อให้บรรลุตามเป้าประสงค์ที่กำหนดไว้ในประเด็นยุทธศาสตร์จังหวัดสระแก้วด้วย

ดังนั้น เพื่อยกระดับเกษตรกรรมในจังหวัดสระแก้วให้ยั่งยืนต่อไป ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงแนวทางในการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ตำบลเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว โดยชุมชนมีส่วนร่วม โดยเฉพาะตำบลเมืองไผ่ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ประชากรมีอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก และมีผลผลิตเป็นแคนตาลูปที่สำคัญ (องค์การบริหารส่วนตำบลเมืองไผ่, 2560) ให้เกิดเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร ซึ่งจะเป็นสถานที่เสริมสร้างความรู้ด้านเกษตรควบคู่กับการพักผ่อนและความบันเทิง นักท่องเที่ยวสามารถร่วมสัมผัสกับวิถีชีวิตเกษตร ประเพณีและวัฒนธรรมของชุมชนท้องถิ่นมีส่วนร่วมในกิจกรรมด้านการเกษตรที่หลากหลาย เพื่อสร้างทักษะ แลกเปลี่ยนความรู้ด้านการเกษตรและได้รับความบันเทิงในรูปแบบต่างๆ รวมทั้งสามารถซื้อหาผลิตผลทางการเกษตรเป็นของฝากสำหรับนักท่องเที่ยวได้ (สำนักพัฒนาบริการท่องเที่ยว, 2557) และที่สำคัญเพื่อพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้มีมาตรฐานและเป็นระบบที่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาศักยภาพของแหล่งปลูกแคนตาลูป ตำบลเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว

2. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ตำบลเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว โดยชุมชนมีส่วนร่วม

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบสอบถาม โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบ โดยเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check-list) มีจำนวน 7 ข้อ

ส่วนที่ 2 ศักยภาพของพื้นที่เกษตร (แหล่งปลูกแคนตาลูป) ตำบลเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว แบ่งเป็น 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก (Amenities) 2) ด้านสิ่งดึงดูดใจ (Attractions) และ 3) ด้านการเข้าถึง (Accessibilities)

ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นต่อการมีส่วนร่วมโดยชุมชน แนวทางในการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ตำบลเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว แบ่งเป็น 4 ด้าน ประกอบด้วย 1) ด้านการวางแผนและการตัดสินใจ 2) ด้านการดำเนินการและการปฏิบัติการ 3) ด้านการรับและแบ่งปันประโยชน์ และ 4) ด้านการติดตามและประเมินผล

ส่วนที่ 4 ความคิดเห็นต่อรูปแบบโรงเรือนในการปลูกแคนตาลูป โดยมีให้เลือกพิจารณา 3 รูปแบบ คือ 1) โรงเรือนแบบหลังคาโค้ง (ขาตรง) 2) โรงเรือนแบบทรงหลังคาฟันเลื่อย และ 3) โรงเรือนแบบแฝด

ส่วนที่ 5 ข้อเสนอแนะ

แบบสอบถามได้ผ่านการทดลองใช้ (Try Out) แล้ว มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.96 จากนั้นนำไปสุ่มกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 364 คน ซึ่งเป็นเจ้าของพื้นที่ปลูกแคนตาลูป คนในท้องถิ่น บุคลากรของรัฐที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ตำบลเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ในช่วงวันธรรมดา (จันทร์-ศุกร์) และวันหยุด (เสาร์-อาทิตย์ และหยุดนักขัตฤกษ์) เป็นเวลา 1 เดือน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบหาค่าร้อยละ (Percentage) และวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่เกษตร ความคิดเห็นต่อการมีส่วนร่วมโดยชุมชน ความคิดเห็นต่อรูปแบบโรงเรือนในการปลูกแคนตาลูป โดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อให้ทราบศักยภาพของแหล่งปลูกแคนตาลูปสำหรับการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร โดยชุมชนมีส่วนร่วม

ผลการวิจัย

พบว่า สถานภาพผู้ตอบที่เป็นประชาชน/คนในท้องถิ่น คิดเป็นร้อยละ 82.1 บุคลากรภาครัฐ คิดเป็นร้อยละ 10.4 และเกษตรกรผู้ปลูกแคนตาลูป คิดเป็นร้อยละ 7.4 ส่วนใหญ่มีอายุ 41 – 50 ปี การศึกษาระดับปริญญาตรี มีรายได้ต่อเดือน 15,001 – 20,000 บาท และเกษตรกรผู้ปลูกแคนตาลูป ส่วนใหญ่มีพื้นที่ในการปลูกแคนตาลูป จำนวน 5 ไร่ มีรายได้เฉลี่ยต่อปี 100,001 – 150,000 บาท และปลูกแคนตาลูปมาแล้วอย่างน้อย 3 ปี

ศักยภาพของพื้นที่ (แหล่งปลูกแคนตาลูป) โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า มีศักยภาพด้านสิ่งดึงดูดใจ อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ ด้านการเข้าถึง อยู่ในระดับมาก และด้านสิ่งอำนวยความสะดวกทั่วไป อยู่ในระดับมาก ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านสิ่งอำนวยความสะดวกทั่วไป โดยภาพรวมมีศักยภาพอยู่ในระดับมาก คือ มีระบบของเครือข่ายและการสื่อสารทางโทรศัพท์

ชัดเจน รองลงมาคือ ระบบของไฟฟ้าสามารถเข้าถึงพื้นที่ และมีน้ำประปาใช้ตลอดปี ตามลำดับ ด้านสิ่งดึงดูดใจ โดยภาพรวมมีศักยภาพอยู่ในระดับมาก คือ มีสภาพของพื้นที่เอื้อต่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร รองลงมา คือ สามารถเป็นแหล่งเรียนรู้หรือร่วมทำกิจกรรมการเกษตร และพื้นที่ปลูกแคนตาลูปสามารถเชื่อมโยงกับแหล่งท่องเที่ยวอื่นๆ มีการทำการเกษตรแบบเศรษฐกิจพอเพียง หรือใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น ตามลำดับ ด้านการเข้าถึง โดยภาพรวมมีศักยภาพอยู่ในระดับมาก คือ มีการเดินทางเข้าถึงสะดวก เช่น ความเรียบของถนน ไม่ขรุขระ รองลงมาคือ มีบริการรถโดยสารจากถนนเส้นหลักเข้ามายังพื้นที่ และแหล่งปลูกแคนตาลูปใกล้กับถนนสายหลักและสายรอง ตามลำดับ

การมีส่วนร่วมโดยชุมชน มีความคิดเห็นต่อการมีส่วนร่วมโดยชุมชน โดยภาพรวม เห็นด้วยมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็น พบว่า เห็นด้วยมากในการดำเนินการและปฏิบัติการ รองลงมาคือ การวางแผนและการตัดสินใจ และเห็นด้วยมากในการติดตามและประเมินผล ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการวางแผนและการตัดสินใจ โดยภาพรวม คือ เห็นด้วยมาก ในการที่จะได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็น และเสนอแนะในที่ประชุม รองลงมาคือ การที่จะได้มีโอกาสในการพูดคุยถึงสภาพปัญหาของชุมชน และการที่จะได้เข้าร่วมประชุมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการท่องเที่ยวในชุมชน ตามลำดับ ด้านการดำเนินการและปฏิบัติการ โดยภาพรวมเห็นด้วยมาก คือ การที่จะได้เข้าร่วมโครงการหรือกิจกรรมในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวในชุมชน รองลงมาคือ การที่จะได้ร่วมทำงานในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวในชุมชน และคนในชุมชนมีความสามัคคีกันมากขึ้น ตามลำดับ ด้านการรับและแบ่งปันผลประโยชน์ โดยภาพรวมเห็นด้วยมาก คือ ในการที่จะได้รับประโยชน์ที่เกิดจากการท่องเที่ยวในชุมชน รองลงมาคือ การที่จะได้มีโอกาสมีอาชีพหรืองานทำ ที่เป็นผลมาจากการมีแหล่งท่องเที่ยวในชุมชน และการที่จะได้รับรายได้จากการขายสินค้าให้กับนักท่องเที่ยว ตามลำดับ ด้านการติดตามและประเมินผล โดยภาพรวมเห็นด้วยมาก คือ การที่จะได้มีส่วนร่วมในการติดตามความก้าวหน้าในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยว รองลงมาคือ การที่จะเข้าไปมีส่วนร่วมในการดูแลการใช้จ่ายในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยว และการที่จะได้รับมอบหมายให้เป็นผู้ตรวจสอบ ติดตามประเมินผลความก้าวหน้าในการจัดการการท่องเที่ยว ตามลำดับ

ความคิดเห็นต่อรูปแบบโรงเรือน พบว่า ส่วนใหญ่ให้ความสนใจมาก โดยภาพรวมอยู่ในระดับน่าสนใจมาก เมื่อพิจารณาแต่ละรูปแบบ พบว่า โรงเรือนแบบหลังคาโค้ง (ขาตรง) อยู่ในระดับน่าสนใจ รองลงมาคือ โรงเรือนแบบทรงหลังคาฟันเลื่อย อยู่ในระดับน่าสนใจมาก และโรงเรือนแบบแฝด อยู่ในระดับน่าสนใจมาก ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า โรงเรือนแบบหลังคาโค้ง (ขาตรง) โดยภาพรวมอยู่ในระดับน่าสนใจมาก คือ เหมาะสำหรับพืชที่ต้องขึ้นค้างหรือพืชเถาเลื้อย เช่น แตงโม เมล่อน แคนตาลูป เป็นต้น รองลงมาคือ เป็นโรงเรือนราคาประหยัด สำหรับป้องก้นความเสียหายกับพืชที่ปลูกในฤดูฝน และสามารถป้องกันแมลงศัตรูได้เป็นอย่างดี ตามลำดับ โรงเรือนแบบทรงหลังคาฟันเลื่อย โดยภาพรวมอยู่ในระดับน่าสนใจมาก คือ เป็นโรงเรือนทรงสูงมีความสามารถในการระบายอากาศได้ดี รองลงมาคือ เป็นโรงเรือนแบบต่อเนื่อง เหมาะสำหรับการเพาะปลูกพืช ที่ต้องใช้พื้นที่ในการผลิตครั้งละมากๆ และเหมาะสำหรับพืชที่มีความสูง หรือเถาเลื้อยที่ต้องการขึ้นค้าง เช่น แตงโม เมล่อน แคนตาลูป มะเขือเทศ เชอร์รี่ พริกหวาน ตามลำดับ โรงเรือนแบบแฝด โดยภาพรวมอยู่ในระดับน่าสนใจมาก คือ เหมาะสำหรับพืชที่มีความสูงไม่มากหรือต้นไม้กระถาง ผักสลัด และเพาะต้นกล้าที่ต้องการการควบคุมอุณภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน รองลงมาคือ ไม่ต้องย้ายหรือหมุนเวียนพื้นที่ปลูก และสามารถป้องกันแมลงศัตรูได้เป็นอย่างดี ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. ศักยภาพของพื้นที่ (แหล่งปลูกแคนตาลูป)

จากผลการศึกษา พื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูป ตำบลเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว มีศักยภาพของพื้นที่ (แหล่งปลูกแคนตาลูป) โดยภาพรวม มีศักยภาพด้านสิ่งดึงดูดใจ รองลงมาคือ ด้านการเข้าถึง และด้านสิ่งอำนวยความสะดวกทั่วไป ตามลำดับ กล่าวคือ มีสิ่งดึงดูดใจ มีการเข้าถึงและมีสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ที่มีสภาพของพื้นที่เอื้อต่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร มีการเดินทางเข้าถึงสะดวก เช่น ความเรียบของถนน ไม่ขรุขระ และมีระบบของเครือข่ายและการสื่อสารทางโทรศัพท์ชัดเจน ทั้งนี้ ชี้ให้เห็นว่า มีศักยภาพสามารถพัฒนาพื้นที่ปลูกแคนตาลูปให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวิทย์ จันทร์เพ็ญ (2558) พบว่า นักท่องเที่ยวชาวไทยมีระดับความพึงพอใจต่อการท่องเที่ยวสวนเกษตรที่ไร่องุ่นกราน มอนเต้ เขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา โดยรวมทั้ง 7 ด้าน ดังนี้ ด้านสถานที่ รองลงมา คือ ด้านเจ้าที่พนักงาน ด้านการประชาสัมพันธ์ ด้านกิจกรรมในไร่ ด้านความปลอดภัย ด้านการจำหน่ายของที่ระลึก และสิ่งอำนวยความสะดวก นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ วริศรา บุญสมเกียรติ (2554)ได้ศึกษาเรื่อง แนวทางการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม จังหวัดนครศรีธรรมราช : วัดมหาธาตุวรมหาวิหาร วัดธาตุน้อยและโบราณสถานวัดโมคลาน พบว่า ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และนักท่องเที่ยวชาวไทยมีความคิดเห็นที่สอดคล้องกัน นั่นคือ วัดพระมหาธาตุวรมหาวิหาร วัดธาตุน้อย และโบราณสถานวัดโมคลาน มีศักยภาพมาก ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านกายภาพ ด้านการเข้าถึงแหล่ง และด้านคุณค่าและความดึงดูดใจ แต่มีความแตกต่างกันในด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ด้านมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ และด้านการบริหารจัดการ ดังนั้น จากการผลการศึกษาด้านศักยภาพของพื้นที่เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ตำบลเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว มีพื้นที่ที่มีสิ่งดึงดูดใจสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาพื้นที่ปลูกแคนตาลูปให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรได้ โดยใช้หลักการแบบเศรษฐกิจพอเพียง คือ นอกจากจะมีการปลูกแคนตาลูปเป็นอาชีพหลักแล้ว สามารถจัดให้มีแปลงเกษตรที่มีการปลูกพืชผักสวนครัวต่างๆ ที่รับประทานได้หรือใช้ประโยชน์ได้ไว้ในบริเวณพื้นที่ที่เหลือจากการปลูกแคนตาลูป เพื่อการใช้พื้นที่ให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด รวมถึงการจัดกิจกรรมท่องเที่ยวในพื้นที่โดยจัดกิจกรรมเน้นการเยี่ยมชม การสาธิต การให้ความรู้เกี่ยวกับการปลูกแคนตาลูป มีเกษตรกรที่มีทักษะมาเป็นวิทยากรบรรยายความรู้หรือนำเยี่ยมชมส่วนต่างๆ และมีการจัดเส้นทางท่องเที่ยวที่น่าสนใจก็จะสามารถสร้างงาน สร้างอาชีพ และก่อให้เกิดรายได้ให้กับชุมชนต่อไป รวมถึงการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวหากมีหน่วยงานภาครัฐที่มีหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเข้ามาบริหารจัดการระบบการท่องเที่ยวที่ดี จะทำให้เกิดการท่องเที่ยวเชิงเกษตรอย่างยั่งยืนได้

2. การมีส่วนร่วมโดยชุมชน ในการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ตำบลเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว

การมีส่วนร่วมโดยชุมชน พบว่า เห็นด้วยมากกับการมีส่วนร่วมในการดำเนินการและปฏิบัติการ รองลงมา คือ มีส่วนร่วมกับการวางแผนและการตัดสินใจ และมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล ตามลำดับ จากผลการศึกษา แสดงให้เห็นได้ว่า ในการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ตำบลเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ชุมชนมีความต้องการเข้ามามีส่วนร่วม โดยชุมชนอยากมีโอกาสแสดงความคิดเห็น เสนอแนะ รวมถึงได้มีส่วนร่วมในการที่จะได้เข้าร่วมโครงการหรือกิจกรรมในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวในชุมชน และการได้มีส่วนร่วมในการติดตามความก้าวหน้าในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมภพ สายมา (2552) ศึกษาวิจัยเรื่อง การจัดการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ที่เหมาะสมกับชุมชน บ้านศรีนาป่าน ตำบลเรือง อำเภอเมือง จังหวัดน่าน ผลจากการศึกษา

การมีส่วนร่วมในการจัดการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ที่เหมาะสมกับชุมชน พบว่า ชุมชนได้ร่วมกันคิดวิเคราะห์พื้นที่และนำทรัพยากรและสภาพแวดล้อมในท้องถิ่นมาเป็นจุดเด่นและพัฒนากิจกรรม ทำให้เกิดความสำเร็จทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้น โดยจะเห็นได้จากความสามัคคีในชุมชนมีการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น ประชาชนมีรายได้ และประชาชนในพื้นที่โยกย้ายไปหาอาชีพรับจ้างนอกพื้นที่ลดลง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัฒน์นรี เธียรกิตติ์ธนา (2553) ศึกษาวิจัยเรื่องการจัดการท่องเที่ยวเชิงเกษตร: กรณีศึกษาตำบลบางรักน้อย จังหวัดนนทบุรี พบว่า การจัดการท่องเที่ยวเชิงเกษตรตำบลบางรักน้อยมีศักยภาพด้านทรัพยากรท่องเที่ยวอยู่ในระดับดีมาก ด้านการบริการท่องเที่ยวอยู่ในระดับดีและด้านการตลาดท่องเที่ยวอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งยังต้องมีการปรับปรุง เมื่อพิจารณาความสอดคล้องกับแนวทางการจัดการท่องเที่ยวเชิงนิเวศและการจัดการท่องเที่ยว แบบยั่งยืน พบว่า มีองค์ประกอบสำคัญของการจัดการท่องเที่ยวเชิงเกษตรที่สำคัญ คือ 1) องค์ประกอบด้านทรัพยากรท่องเที่ยวดีมาก 2) องค์ประกอบด้านการบริหารจัดการปานกลาง 3) องค์ประกอบด้านการมีส่วนร่วมของชุมชนปานกลาง 4) องค์ประกอบด้านความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวและ 5) องค์ประกอบด้านการเรียนรู้ยังไม่ปรากฏเห็นอย่างชัดเจน ดังนั้น จากผลการศึกษาการมีส่วนร่วมโดยชุมชนเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตรตำบลเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ผู้นำชุมชน เจ้าของพื้นที่ปลูกแคนตาลูป บุคลากรของรัฐที่เกี่ยวข้อง และคนในท้องถิ่น มีการจัดประชุมเพื่อให้ทุกคนได้เสนอความคิดเห็นและได้ร่วมลงมติหรือลงความเห็นที่จะช่วยกันจัดการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน ส่วนการมีร่วมในการร่วมโครงการ ปฏิบัติการและติดตามผลการดำเนินงาน ควรให้ชุมชนได้เข้ามามีส่วนร่วมโดยการการจัดอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการจัดให้แหล่งปลูกแคนตาลูปสามารถพัฒนาให้เป็นการปลูกในรูปแบบโรงเรือนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร สร้างความรู้ ความเข้าใจและการรับรู้ถึงผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบที่จะเกิดขึ้น และได้ร่วมติดตามหรือประสานงานให้ส่วนราชการหรือองค์กรต่างๆ เร่งดำเนินการจัดการการท่องเที่ยวในแหล่งท่องเที่ยวตามแผนงานที่วางไว้

3. รูปแบบโรงเรือนในการปลูกแคนตาลูป เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ตำบลเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว

ความคิดเห็นต่อรูปแบบโรงเรือน พบว่า ส่วนใหญ่ให้ความสนใจมากกับรูปแบบโรงเรือนแบบหลังคาโค้ง (ขาตรง) รองลงมาคือ โรงเรือนแบบทรงหลังคาฟันเลื่อย และโรงเรือนแบบแฝด ตามลำดับ จากผลการศึกษา มีความสนใจรูปแบบโรงเรือนมาก เนื่องจาก โรงเรือนเหมาะสำหรับพืชที่ต้องขึ้นค้างหรือพืชเถาเลื้อย การเพาะปลูกพืชที่ต้องใช้พื้นที่ในการผลิตครั้งละมากๆ เช่น แตงโม เมล่อน แคนตาลูป เป็นต้น มีราคาประหยัดและป้องกันความเสียหายกับพืชที่ปลูกในฤดูฝน มีความสามารถในการระบายอากาศได้ดี และเหมาะกับพืชที่ต้องการการควบคุมอุณภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน ไม่ต้องย้ายหรือหมุนเวียนพื้นที่ปลูกมาก และสามารถป้องกันแมลงศัตรูได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีรูปแบบการปลูกแคนตาลูปและข้อดีของการปลูกแคนตาลูปในรูปแบบโรงเรือน ดังนั้น ผู้นำชุมชน หรือหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องสามารถอบรมให้ความรู้ ข้อดี ข้อเสียเกี่ยวกับการปลูกแคนตาลูปในรูปแบบโรงเรือน และจัดให้มีการศึกษาดูงานแหล่งปลูกแคนตาลูปที่เป็นรูปแบบโรงเรือนในพื้นที่อื่น เพื่อนำมาปรับใช้กับแหล่งปลูกแคนตาลูปในพื้นที่ โดยก่อให้เกิดความคุ้มค่า เหมาะสมและเกษตรกรสามารถทำได้จริง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยมาใช้ประโยชน์

1. ควรส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรผู้ปลูกแคนตาลูปในพื้นที่ตำบลเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว มีความรู้และเข้าใจเกี่ยวกับการท่องเที่ยวเชิงเกษตร และประโยชน์ที่เกิดจากการจัดให้แหล่งปลูกแคนตาลูปเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร

2. ควรมีการกำหนดพื้นที่มีศักยภาพในตำบลเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว และมีความเหมาะสมในปลูกแคนตาลูปแบบโรงเรือนเพื่อพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร โดยมีการสนับสนุนงบประมาณให้กับท้องถิ่น

3. สนับสนุนให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดโครงการศึกษาดูงานด้านการพัฒนาชุมชนโดยเฉพาะเกี่ยวกับการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาความต้องการและความพร้อมของเกษตรในพื้นที่ว่าต้องการปลูกแคนตาลูปให้อยู่ในรูปแบบโรงเรือนที่สามารถพัฒนาให้เป็นแหล่งเรียนรู้หรือแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร

2. ควรมีการศึกษาความต้องการของนักท่องเที่ยวทั้งไทยและต่างชาติในการเดินทางท่องเที่ยวในแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดสระแก้ว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยการสนับสนุนการวิจัยโครงการวิจัยและพัฒนาสร้างพลังร่วมในการพัฒนา (ทุน สสส.) การดำเนินงานภายใต้โครงการวิจัยและพัฒนาสร้างพลังร่วมในการพัฒนาเป็นเมืองน่าอยู่ตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงอย่างยั่งยืน ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.สุพจน์ ทรายแก้ว รักษาราชการแทน อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่สนับสนุนให้บุคลากรได้ทำวิจัยเพื่อสังคม และต้องขอขอบคุณประชาชน/คนในท้องถิ่น เกษตรกร และบุคลากรของรัฐจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในพื้นที่ตำบลเมืองไผ่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ที่ให้ความช่วยเหลือในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณ นักศึกษา เพื่อนร่วมงาน และผู้บังคับบัญชาทุกระดับ ที่มีส่วนร่วมในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เกษตรกรก้าวหน้า. (2558). **เยือน “วาสนาฟาร์ม” แหล่งผลิต “แคนตาลูป-เมล่อน” คุณภาพดีระดับพรีเมี่ยม,** 22 ตุลาคม 2560. เข้าถึงได้จาก https://www.facebook.com/agriculturemag/posts

พัฒน์นรี เธียรกิตติ์ธนา. (2553). **การจัดการท่องเที่ยวเชิงเกษตร : กรณีศึกษา ตำบลบางรักน้อย จังหวัดนนทบุรี**: วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสิ่งแวดล้อม บัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยมหิดล.

วริศรา บุญสมเกียรติ. (2554). **แนวทางการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม จังหวัดนครศรีธรรมราช : วัดมหาธาตุวรมหาวิหาร วัดธาตุน้อย และโบราณสถานวัดโมคลาน.** วิทยานิพนธ์ หลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการท่องเที่ยว คณะศิลปศาสตร์และวิทยาษสตร์ มหาวิทยาธุรกิจบัณฑิตย์.

สมภพ สายมา. (2552). **การจัดการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ที่เหมาะสมกับชุมชนบ้านศรีนาป่าน ตำบลเรือง อำเภอเมือง จังหวัดน่าน.** วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สุวิทย์ จันทร์เพ็ญ. (2558). **ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวชาวไทยที่มีต่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร: กรณีศึกษา ไร่องุ่นกราน มอนเต้ เขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา.** วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

สำนักงานสถิติจังหวัดสระแก้ว. (2559). **รายงานสถิติ,** 22 ตุลาคม 2560. เข้าถึงได้จาก http://sakaeo.nso.go.th/

องค์การบริหารส่วนตำบลเมืองไผ่. (2560). **ข้อมูลทั่วไป**, 10 ตุลาคม 2560. เข้าถึงได้จาก http://www.maungpai.com/data.php?menu_id=5

แนวทางการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ตำบลผ่านศึก อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว โดยชุมชนมีส่วนร่วม

ปวริศา เลิศวิริยะประสิทธิ์[1*] จุรีรัตน์ หนองหว้า[2] นายมงคล ภิญโญจิตร[3]

บทคัดย่อ

แนวทางการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ตำบลผ่านศึก อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว โดยชุมชนมีส่วนร่วม เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 377 คน เครื่องมือในการเก็บข้อมูลคือแบบสอบถาม โดยมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.98 วิเคราะห์ข้อมูลโดยหา ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า สถานภาพผู้ตอบที่เป็นคนในท้องถิ่น คิดเป็นร้อยละ 95.5 เกษตรกรผู้ปลูกแคนตาลูป คิดเป็นร้อยละ 2.7 และบุคลากรภาครัฐ คิดเป็นร้อยละ 1.9 มีอายุ 41 – 50 ปี การศึกษาระดับอนุปริญญา (ปวส. หรือ ปวท.) มีรายได้ต่อเดือน 15,001 – 20,000 บาท เกษตรกรผู้ปลูกแคนตาลูป ส่วนใหญ่มีพื้นที่ในการปลูก จำนวน 2 ไร่ มีรายได้เฉลี่ยต่อปี 100,001 – 150,000 บาท และปลูกมาแล้วอย่างน้อย 3 ปี ศักยภาพของพื้นที่ (แหล่งปลูกแคนตาลูป) โดยภาพรวม อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งมีศักยภาพด้านสิ่งดึงดูดใจ เป็นลำดับแรก รองลงมาคือ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก และด้านการเข้าถึง ตามลำดับ กล่าวคือ มีศักยภาพเกี่ยวกับการทำการเกษตรแบบเศรษฐกิจพอเพียง หรือใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น ระบบของเครือข่ายและการสื่อสารทางโทรศัพท์ชัดเจน และการเดินทางเข้าถึงสะดวก การมีส่วนร่วมโดยชุมชน พบว่า เห็นด้วยมากที่จะมีส่วนร่วมในการวางแผนและการตัดสินใจ การดำเนินการและปฏิบัติการ และการมีส่วนร่วมในการรับและแบ่งปันผลประโยชน์ ตามลำดับ กล่าวคือ การได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นและเสนอแนะในที่ประชุม การเข้าร่วมกิจกรรมในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวในชุมชน และการได้รับประโยชน์ที่เกิดจากการท่องเที่ยวในชุมชน และความคิดเห็นต่อรูปแบบโรงเรือน พบว่า ส่วนใหญ่ให้ความสนใจมากกับรูปแบบโรงเรือนแบบหลังคาโค้ง (ขาตรง) รองลงมาคือ โรงเรือนแบบทรงหลังคาฟันเลื่อย และโรงเรือนแบบแฝด ตามลำดับ

คำสำคัญ : แนวทางการพัฒนา ศักยภาพ ชุมชนมีส่วนร่วม

---

[1] *อาจารย์ประจำสาขาวิชาสาขาวิชาการจัดการท่องเที่ยว คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail:* pawarisa@vru.ac.th

[2] *อาจารย์ประจำสาขาวิชาสาขาวิชาการจัดการท่องเที่ยว คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail:* jureerat@vru.ac.th

[3] *นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาการจัดการท่องเที่ยว คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail:* hoy40boy@gmail.com

* *ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:* pawarisa@vru.ac.th

THE DEVELOPMENT APPROACH OF CANTALOUPE PLANTING AREA TO BECOME A GREENHOUSE FOR AGRICULTURAL TOURISM IN TAMBON PAN-SUEK, ARANYAPRATHET DISTRICT SAKAEW PROVINCE PARTICIPATION BY THE COMMUNITY.

Pawarisa Lertwiriyaprasith[1*] Jureerat Nongwa[2] Mongkol Pinyojit[3]

Abstract

This research is a survey research of sample 377 peoples. Data collected by questionnaires with 0.98 of reliability. Then, the researcher analyzed the data to find out percentage, mean, and standard deviation. The researcher found out that 95.5 percent of local people, 2.7 percent of agriculturists who planting cantaloupe, and 1.9 percent of government employees. They are 41- 50 years old. The person who graduated diploma degree earn income about 15,001 – 20,000 Bath per month. The agriculturists who planting cantaloupe earn income about 100,001 – 150,000 Bath per year. They own 3,200 square meters and they have planted for at least 3 years. Overall, the cultivated area's condition is medium level. It has firstly potential of attraction, facility respectively and accessibility. It means that local people have potential to cultivate by using "Sufficiency Economy" philosophy or "Local Wisdom". There is comfortable transportation including internet and telephone network systems. Based Community's participation the researcher found that local people strongly agree with planning and participate in decision, operations and profit's dividend in order. They are very pleased to have a chance to share, listen and suggest their ideas in the meeting. They extremely agree that be a part of the local tourism development campaign and gain the benefit from this campaign. Greenhouse designing, the researcher found out that most of respondents are interesting in the curved roof style. Next is saw-toothed roofs structure and the last is twins greenhouse style respectively.

Keywords : Developmental Approach, Potentiality and Participation

---

[1] *Lecturer of Tourism Management in Faculty Management Science, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail:* pawarisa@vru.ac.th

[2] *Lecturer of Tourism Management in Faculty Management Science, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: jureerat@vru.ac.th*

[3] *Undergraduate students of Tourism Management in Faculty Management Science, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail:* hoy40boy@gmail.com

** Corresponding author, e-mail:* pawarisa@vru.ac.th

บทนำ

การท่องเที่ยวเป็นภาคบริการที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของไทย ประเทศไทยมีรายได้จากนักท่องเที่ยวต่างชาติในปี 2558 มูลค่า 1.44 ล้านล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 10.69 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (จีพีดี ปี 2558 ประมาณ 13.53 ล้านล้านบาท) และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง องค์การการท่องเที่ยวโลก (UNWTO) คาดการณ์จำนวนนักท่องเที่ยวที่เดินทางระหว่างประเทศทั่วโลกอาจจะเพิ่มเป็น 1,400 ล้านคน ในปี 2563 และอีก 10 ปีข้างหน้า จะเพิ่มขึ้นเป็น 1,800 ล้านคน (ศูนย์ติดตามและพยากรณ์เศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ประกอบกับกระแสท่องเที่ยวในอนาคตมีทิศทางที่หลากหลาย ได้แก่ 1) การท่องเที่ยวเพื่อสุขกาย สุขใจ เป็นการมองหาการท่องเที่ยวที่ช่วยฟื้นฟูสุขภาพ คืนความอ่อนเยาว์ และการผจญภัยเล็กน้อย หลีกหนีความจำเจในชีวิต 2) การท่องเที่ยวแบบทำงานพร้อมกับการท่องเที่ยว ซึ่งเป็นการจัดสรรเวลาเดินทางติดต่อธุรกิจ ให้เหลือเวลาสำหรับท่องเที่ยวมากขึ้น 3) การท่องเที่ยวตามล่าเหรียญรางวัล เช่น การวิ่งมาราธอน ปั่นจักรยาน วิ่งเทรลที่เป็นกระแสนิยมและวัยหนุ่มสาวเริ่มยกระดับเข้าสู่ไตรกีฬามากขึ้น 4) การเที่ยวตามรอยพระบาท เป็นการเดินทางไปยังโครงการหลวง โครงการพระราชดำริ ซึ่งยังเป็นที่นิยมของชาวไทย เพื่อสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณในหลวงรัชการที่ 9 และ 5) การท่องเที่ยวเพื่อหาความรู้ สร้างรายได้ เป็นการท่องเที่ยวเพื่อมองหาโอกาสร้างงาน เช่น ฟาร์มเกษตรสมัยใหม่ สวนผักปลอดสารพิษ และสวนผลไม้ต่างๆ ที่กำลังเป็นที่นิยมของนักท่องเที่ยว (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2560) โดยเฉพาะการเดินทางท่องเที่ยวในลักษณะเพื่อการเรียนรู้ในฟาร์ม สวนผัก สวนผลไม้ การท่องเที่ยวลักษณะนี้จะเป็นการสร้างประสบการณ์ด้านการท่องเที่ยวที่สามารถเข้าถึงแก่นแท้ของวิถีชีวิตชุมชนและความเป็นธรรมชาติได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวในปัจจุบันที่ต้องการมองหากิจกรรมและประสบการณ์ที่ แตกต่างไปจากชีวิตประจำวัน และรูปแบบการท่องเที่ยวเชิงเกษตรก็เป็นทางเลือกหนึ่ง

การท่องเที่ยวเชิงเกษตร เป็นกิจกรรมที่นักท่องเที่ยวได้ให้ความสนใจ โดยเฉพาะนักท่องเที่ยวชาวไทยที่หันมาท่องเที่ยวเชิงเกษตรมากขึ้น ในประเทศไทยมีจำนวนแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรรวม 1,215 แห่ง แบ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวของชุมชน 969 แห่ง แหล่งท่องเที่ยวของส่วนราชการ 87 แห่ง และศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) จำนวน 163 แห่ง คน (ศูนย์ติดตามและพยากรณ์เศรษฐกิจการเกษตร , 2559) ซึ่งแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร ตั้งอยู่ครอบคลุมทุกภูมิภาคของไทย โดยเฉพาะการท่องเที่ยวชมสวนเกษตร เช่น สวนผลไม้ สวนดอกไม้ สวนสมุนไพร การนำเที่ยวเทศกาลงานวันเกษตร เช่น งานมะขามหวาน จังหวัดเพชรบูรณ์ งานเทศกาลผลไม้ จังหวัดระยอง และงานชมพู่หวาน อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว ตลอดจนงานแคนตาลูปและของดีเมืองอรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ซึ่งนับว่าเป็นเมืองหลวงของผลไม้ชนิดนี้ และสระแก้วเป็นหนึ่งในจังหวัดที่ภาครัฐมีนโยบายส่งเสริมการลงทุนในเขตพัฒนาเศรษฐกิจพิเศษด้วย

จังหวัดสระแก้วมีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด 2,599,240 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 57 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด พืชเศรษฐกิจหลัก ได้แก่ ข้าวนาปี มันสำปะหลัง อ้อยโรงงาน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พืชผัก และผลไม้ สำหรับผลไม้ที่มีชื่อเสียง ได้แก่ แคนตาลูป ชมพู่ มะม่วง มะละกอ ลำไย เป็นต้น (สถิติจังหวัดสระแก้ว, 2559) โดยเฉพาะแคนตาลูปที่สามารถปลูกได้ทุกฤดูกาล ไม่น้อยกว่า 1,000 ไร่ ตลอดปี จึงมีผลผลิตออกจำหน่ายอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะพื้นที่ใกล้ๆ ตลาดโรงเกลือ ปีหนึ่งๆ บริษัทขายเมล็ดพันธุ์ให้เกษตรกรเขตนี้ไม่ต่ำกว่า 200 กิโลกรัม เมล็ดพันธุ์ 1 กิโลกรัม ปลูกได้ประมาณ 50 ไร่ พื้นที่ 1 ไร่ ปลูกได้ประมาณ 3,500-4,000 ต้น ผลแคนตาลูปมีขนาด 1.5-2 กิโลกรัม ต่อผล พื้นที่ 1 ไร่ สามารถเก็บผลผลิตได้ 3-4 ตัน โดยระยะปลูกตั้งแต่หยอดเมล็ดจนเก็บได้ ใช้เวลา 58-65 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ หากมีสภาพอากาศร้อนจะสามารถเก็บได้เร็ว ถือว่าเป็นพืชที่อายุสั้นและให้ผลผลิตเร็ว และมีคุณภาพ (ภุชงค์ บุณยมณี, 2556) ซึ่งพื้นที่ตำบลเมืองไผ่ ตำบลป่าไร่ และตำบล

ผ่านศึก อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว เป็นแหล่งปลูกแคนตาลูปที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย เพราะมีพื้นที่ที่เหมาะสม และเพื่อเป็นการต่อยอดจากการทำเกษตรกรรมสู่ธุรกิจด้านการท่องเที่ยว และสร้างรายได้ให้กับคนในท้องถิ่นในพื้นที่ที่มีการปลูกแคนตาลูป ให้สามารถเป็นการทำเกษตรกรรมอย่างยั่งยืนและเป็นต้นแบบในการพัฒนาสู่การท่องเที่ยว ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมกับการพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรได้เป็นอย่างดี แต่พื้นที่ปลูกแคนตาลูปในปัจจุบันของอำเภอผ่านศึก อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ส่วนใหญ่หรือเกือบทั้งหมดยังเป็นพื้นที่การปลูกแบบเปิด และมีการหมุนเวียนพื้นที่ในการปลูก ส่งผลต่อการสนับสนุนให้เกิดเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรอย่างยั่งยืน ประกอบกับการปลูกในลักษณะดังกล่าวนี้เกษตรกรไม่สามารถควบคุมสภาพอากาศและป้องกันแมลงรบกวน ทำให้ต้องศึกษาและปรับเปลี่ยนวิธีการปลูกเรื่อยมา ซึ่งจะส่งผลต่อผลผลิตและคุณภาพที่จะเกิดขึ้น ปัจจุบันการปลูกแคนตาปลูกในระบบปิดหรือปลูกอยู่ในโรงเรือนมีข้อดีคือ ลดการเปลี่ยนพื้นที่ในการปลูก สามารถพัฒนาให้เกิดเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรได้ สามารถป้องกันแมลงศัตรูได้เป็นอย่างดี ที่สำคัญยังควบคุมคุณหภูมิให้เหมาะสมกับความต้องการของแคนตาลูป ซึ่งโดยธรรมชาติแคนตาลูปเป็นพืชที่ต้องการแสงมาก ไม่ชอบอากาศชื้น และมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของอากาศค่อนข้างสูง ซึ่งหากมีการปลูกในระบบเปิดในช่วงที่มีปริมาณฝนมาก จะทำให้ผลผลิตไม่ดีและไม่ต่อเนื่อง และยังส่งผลต่อคุณภาพทั้งเรื่องของรสชาติและขนาดโดยตรง (เกษตรกรก้าวหน้า, 2558) ดังนั้นการปลูกในระบบปิดหรือในโรงเรือนสามารถช่วยแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรอย่างยั่งยืนได้ในอนาคต เนื่องจากพื้นที่ปลูกแคนตาลูปอยู่ใกล้พื้นที่ที่นักท่องเที่ยวเดินทางไปท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก เช่น ตลาดโรงเกลือซึ่งเป็นตลาดการค้าที่ใหญ่ที่สุดของชายแดนไทย-กัมพูชา หรือการเดินทางเข้าไปเยี่ยมชมนครวัด นครธม มรดกโลกซึ่งตั้งอยู่ในประเทศกัมพูชา นักท่องเที่ยวสามารถเดินทางเข้าถึงได้อย่างสะดวกและทำให้นักท่องเที่ยวได้รับประสบการณ์จากการเดินทางท่องเที่ยวที่หลากหลาย ไม่ว่าการท่องเที่ยวแบบซื้อสินค้า (Shopping) การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ และการท่องเที่ยวเชิงเกษตร เป็นต้น ซึ่งการส่งเสริมให้เกิดการท่องเที่ยวในลักษณะดังกล่าวมีความสอดคล้องกับเป้าหมายในการยกระดับขีดความสามารถและเป็นแนวทางนำไปสู่การพัฒนาเกษตรกรรมที่ยั่งยืนได้ และเป็นจุดมุ่งเน้นที่สำคัญของการดำเนินการเพื่อให้บรรลุตามเป้าประสงค์ที่กำหนดไว้ในประเด็นยุทธศาสตร์จังหวัดสระแก้วด้วย

ดังนั้น เพื่อยกระดับเกษตรกรรมในจังหวัดสระแก้วให้ยั่งยืนต่อไป ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงแนวทางการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ตำบลผ่านศึก อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว โดยชุมชนมีส่วนร่วม โดยเฉพาะตำบลผ่านศึก ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ประชากรมีอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก และมีผลผลิตเป็นแคนตาลูปที่สำคัญ (องค์การบริหารส่วนตำบลผ่านศึก, 2560) ให้เกิดเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร ซึ่งจะเป็นสถานที่เสริมสร้างความรู้ด้านเกษตรควบคู่กับการพักผ่อนและความบันเทิง นักท่องเที่ยวสามารถร่วมสัมผัสกับวิถีชีวิตเกษตร ประเพณีและวัฒนธรรมของชุมชนท้องถิ่นมีส่วนร่วมในกิจกรรมด้านการเกษตรที่หลากหลาย เพื่อสร้างทักษะ แลกเปลี่ยนความรู้ด้านการเกษตรและได้รับความบันเทิงในรูปแบบต่างๆ รวมทั้งสามารถซื้อหาผลิตผลทางการเกษตรเป็นของฝากสำหรับนักท่องเที่ยว และที่สำคัญเพื่อพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้มีมาตรฐานและเป็นระบบที่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน อีกทั้งเป็นการเพิ่มพื้นที่ด้านการท่องเที่ยวให้มีความพร้อมในการรองรับการเดินทางของนักท่องเที่ยวทั้งในปัจจุบันและอนาคตที่มีอัตราเพิ่มขึ้น ประกอบกับเพื่อส่งเสริมให้เกิดการสร้างงาน สร้างรายได้อีกช่องทางหนึ่งจากการท่องเที่ยว และเพื่อเป็นกิจกรรมหนึ่งในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในท้องถิ่นให้มีความพร้อมต่อการพัฒนาเขตเศรษฐกิจพิเศษจังหวัดสระแก้วในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาศักยภาพของแหล่งปลูกแคนตาลูป ตำบลผ่านศึก อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว

2. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ตำบลผ่านศึก อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว โดยชุมชนมีส่วนร่วม

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบสอบถาม โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบ โดยเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check-list)

ส่วนที่ 2 ศักยภาพของพื้นที่เกษตร (แหล่งปลูกแคนตาลูป) ตำบลผ่านศึก อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก (Amenities) 2) ด้านสิ่งดึงดูดใจ (Attractions) และ 3) ด้านการเข้าถึง (Accessibilities)

ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นต่อการมีส่วนร่วมโดยชุมชน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ตำบลผ่านศึก อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว แบ่งเป็น 4 ด้าน ประกอบด้วย 1) ด้านการวางแผนและการตัดสินใจ 2) ด้านการดำเนินการและการปฏิบัติการ 3) ด้านการรับและแบ่งปันประโยชน์ และ 4) ด้านการติดตามและประเมินผล

ส่วนที่ 4 ความคิดเห็นต่อรูปแบบโรงเรือนในการปลูกแคนตาลูป โดยมีให้เลือกพิจารณา 3 รูปแบบ คือ 1) โรงเรือนแบบหลังคาโค้ง (ขาตรง) 2) โรงเรือนแบบทรงหลังคาฟันเลื่อย และ 3) โรงเรือนแบบแฝด

ส่วนที่ 5 ข้อเสนอแนะ

แบบสอบถามได้ผ่านการทดลองใช้ (Try Out) แล้ว มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.98 จากนั้นนำไปสุ่มกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 377 คน ซึ่งเป็นเจ้าของพื้นที่ปลูกแคนตาลูป คนในท้องถิ่น บุคลากรของรัฐที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ตำบลผ่านศึก อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ในช่วงวันธรรมดา (จันทร์-ศุกร์) และวันหยุด (เสาร์-อาทิตย์ และหยุดนักขัตฤกษ์) เป็นเวลา 1 เดือน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบหาค่าร้อยละ (Percentage) และวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่เกษตร ความคิดเห็นต่อการมีส่วนร่วมโดยชุมชน ความคิดเห็นต่อรูปแบบโรงเรือนในการปลูกแคนตาลูป โดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อให้ทราบศักยภาพของแหล่งปลูกแคนตาลูปสำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร โดยชุมชนมีส่วนร่วม

ผลการวิจัย

สถานภาพผู้ตอบที่เป็นประชาชนในท้องถิ่น คิดเป็นร้อยละ 95.5 เกษตรกรผู้ปลูกแคนตาลูป คิดเป็นร้อยละ 2.7 และบุคลากรภาครัฐที่เกี่ยวข้อง คิดเป็นร้อยละ 1.9 ส่วนใหญ่มีอายุ 41 – 50 ปี การศึกษาระดับอนุปริญญา (ปวส. หรือ ปวท.) มีรายได้ต่อเดือน 15,001 – 20,000 บาท และเกษตรกรผู้ปลูกแคนตาลูปส่วนใหญ่มีพื้นที่ในการปลูก จำนวน 2 ไร่ มีรายได้เฉลี่ยต่อปี 100,001 – 150,000 บาท และปลูกมาแล้วอย่างน้อย 3 ปี

ศักยภาพของพื้นที่ (แหล่งปลูกแคนตาลูป) โดยภาพรวม อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งมีศักยภาพด้านสิ่งดึงดูดใจ เป็นลำดับแรก รองลงมาคือ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก และด้านการเข้าถึง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน คือ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวกทั่วไป มีศักยภาพอยู่ในระดับปานกลาง คือ มีระบบของเครือข่ายและการสื่อสารทางโทรศัพท์ชัดเจน ระบบของไฟฟ้าสามารถเข้าถึงพื้นที่ และมีร้านค้าใกล้แหล่งพื้นที่

ปลูกแคนตาลูป ตามลำดับ ด้านสิ่งดึงดูดใจ มีศักยภาพอยู่ในระดับปานกลาง คือ มีการทำการเกษตรแบบเศรษฐกิจพอเพียง หรือใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น สามารถเป็นแหล่งเรียนรู้หรือร่วมทำกิจกรรมการเกษตร ผลผลิตจากการปลูกแคนตาลูปมีคุณภาพ และพื้นที่ปลูกแคนตาลูปสามารถเชื่อมโยงกับแหล่งท่องเที่ยวอื่นๆ ตามลำดับ และด้านการเข้าถึง มีศักยภาพอยู่ในระดับปานกลาง คือ การเดินทางเข้าถึงสะดวก เช่น ความเรียบของถนนไม่ขรุขระ มีบริการรถโดยสารจากถนนเส้นหลักเข้ามายังพื้นที่ และแหล่งปลูกแคนตาลูปใกล้กับถนนสายหลักและสายรอง ตามลำดับ

การมีส่วนร่วมโดยชุมชน โดยภาพรวม มีความคิดเห็นต่อการมีส่วนร่วมโดยชุมชน เห็นด้วยมากในด้านการวางแผนและการตัดสินใจ เป็นลำดับแรก รองลงมาคือ ด้านการดำเนินการและปฏิบัติการ และด้านการรับและแบ่งปันผลประโยชน์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน คือ ด้านการวางแผนและการตัดสินใจ ต้องการแสดงความคิดเห็นและเสนอแนะในที่ประชุม ได้พูดคุยถึงสภาพปัญหาของชุมชน และการได้เข้าร่วมประชุมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการท่องเที่ยวในชุมชน ตามลำดับ ด้านการดำเนินการและปฏิบัติการ ต้องการที่จะได้เข้าร่วมโครงการหรือกิจกรรมในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวในชุมชน การร่วมทำงานในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวในชุมชน และได้เป็นคณะกรรมการในการจัดงานหรือกิจกรรมพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวในชุมชน ได้ปฏิบัติตามกฎ ระเบียบ เพื่อความสงบสุขและความเจริญภายในชุมชน และคนในชุมชนมีความสามัคคีกันมากขึ้น ตามลำดับ และด้านการรับและแบ่งปันผลประโยชน์ ต้องการได้รับประโยชน์ที่เกิดจากการท่องเที่ยวในชุมชน มีอาชีพหรืองานทำที่เป็นผลมาจากการมีแหล่งท่องเที่ยวในชุมชน และได้รับประโยชน์จากงบประมาณในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวของชุมชน ตามลำดับ

ความคิดเห็นต่อรูปแบบโรงเรือน พบว่า ส่วนใหญ่ให้ความสนใจมากกับรูปแบบโรงเรือนแบบหลังคาโค้ง (ขาตรง) รองลงมาคือ โรงเรือนแบบทรงหลังคาฟันเลื่อย และโรงเรือนแบบแฝด ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาแต่ละรูปแบบ พบว่า โรงเรือนแบบหลังคาโค้ง (ขาตรง) น่าสนใจมาก คือ เป็นโรงเรือนราคาประหยัด สำหรับป้องกันความเสียหายกับพืชที่ปลูกในฤดูฝน รองลงมาคือ เหมาะสำหรับพืชที่ต้องขึ้นค้างหรือพืชเถาเลื้อย เช่น แตงโม เมล่อน แคนตาลูป เป็นต้น สามารถป้องกันแมลงศัตรูได้เป็นอย่างดี และสามารถควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชได้ ตามลำดับ โรงเรือนแบบทรงหลังคาฟันเลื่อย น่าสนใจมาก คือ เป็นโรงเรือนทรงสูงมีความสามารถในการระบายอากาศได้ดี เป็นโรงเรือนแบบต่อเนื่อง เหมาะสำหรับการเพาะปลูกพืช ที่ต้องใช้พื้นที่ในการผลิตครั้งละมากๆ รองลงมาคือ เหมาะสำหรับพืชที่มีความสูง หรือเถาเลื้อยที่ต้องการขึ้นค้าง เช่น แตงโม เมล่อน แคนตาลูป มะเขือเทศ เชอร์รี่ พริกหวาน และไม่ต้องย้ายหรือหมุนเวียนพื้นที่ปลูก อยู่ในระดับน่าสนใจมาก ตามลำดับ และโรงเรือนแบบแฝด น่าสนใจมาก คือ เหมาะสำหรับพืชที่มีความสูงไม่มากหรือต้นไม้กระถาง ผักสลัด และเพาะต้นกล้า ที่ต้องการการควบคุมอุณภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน รองลงมาคือ ไม่ต้องย้ายหรือหมุนเวียนพื้นที่ปลูก และสามารถควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชได้ ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. ศักยภาพของพื้นที่ (แหล่งปลูกแคนตาลูป)

พื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูป ตำบลผ่านศึก อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว พบว่า มีศักยภาพด้านสิ่งดึงดูดใจ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก และด้านการเข้าถึง ตามลำดับ กล่าวคือ มีศักยภาพเกี่ยวกับการทำการเกษตรแบบเศรษฐกิจพอเพียง หรือใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น ระบบของเครือข่ายและการสื่อสารทางโทรศัพท์ชัดเจน และการเดินทางเข้าถึงสะดวก ทั้งนี้ ความพร้อมด้านสิ่งอำนวยความสะดวก และการเข้าถึงนั้นจะเป็นสิ่ง

ที่สามารถรองรับต่อการเดินทางเข้ามาท่องเที่ยวเชิงเกษตรในพื้นที่ปลูกแคนตาลูปได้ ดังนั้นจึงสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาพื้นที่ปลูกแคนตาลูปให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร โดยใช้หลักการเกษตรแบบเศรษฐกิจพอเพียง คือ นอกจากจะมีการปลูกแคนตาลูปเป็นอาชีพหลักแล้ว สามารถจัดให้มีแปลงเกษตรที่มีการปลูกพืชผักสวนครัวต่างๆ ที่รับประทานได้หรือใช้ประโยชน์ได้ไว้ในบริเวณพื้นที่ที่เหลือจากการปลูกแคนตาลูป เพื่อการใช้พื้นที่ให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด เนื่องจากเกษตรกรผู้ปลูกแคนตาลูปเองสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบในการประกอบอาหารหรือแบ่งปันแก่เพื่อนบ้านได้ การจัดให้มีกิจกรรมที่ให้นักท่องเที่ยวสามารถทำได้ เช่น การเขียนลวดลายบนผลแคนตาลูป เพื่อการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับการท่องเที่ยว อีกทั้งสามารถเป็นพื้นที่ในการศึกษาและเยี่ยมชมสำหรับผู้ที่สนใจความรู้เกี่ยวกับเกษตรแบบเศรษฐกิจพอเพียง นอกจากนี้การนำภูมิปัญญาท้องถิ่น เช่น การถนอมอาหาร การสร้างสิ่งประดิษฐ์จากไม้ และอื่นๆ ที่มีอยู่ในพื้นที่มาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างจริงจัง หากมีหน่วยงานภาครัฐที่มีหน้าที่ที่เกี่ยวข้องได้กำหนดนโยบายในการบริหารจัดการระบบการท่องเที่ยวที่ดี มีการจัดเส้นทางท่องเที่ยวที่น่าสนใจ จะทำให้เกิดการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวและสิ่งต่างๆ ได้ อันจะนำไปสู่การสร้างงานสร้างอาชีพ และก่อให้เกิดรายได้ให้กับชุมชนต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยวรรณ คงประเสริฐ (2551) ศึกษาวิจัยเรื่อง การท่องเที่ยวเชิงนิเวศแบบบูรณาการเพื่อการวางแผนพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนที่เกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า แนวทางการวางแผนเพื่อพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศแบบบูรณาการเพื่อการวางแผนพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน ได้แก่ การพัฒนาการท่องเที่ยวที่เน้นการท่องเที่ยวเชิงนิเวศเพื่อปลูกจิตสำนึก ด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ทรัพยากรวัฒนธรรม ประเพณีและภูมิปัญญาท้องถิ่น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิรินันทน์ พงษ์นิรันดร์ และคณะ (2559) ศึกษาเรื่อง แนวทางในการพัฒนาศักยภาพการจัดการท่องเที่ยว อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา พบว่า สิ่งดึงดูดใจด้านทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งอำนวยความสะดวกที่มีให้บริการอย่างเพียงพอและการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวได้อย่างรวดเร็วและสะดวก เป็นปัจจัยที่ดึงดูดให้นักท่องเที่ยวเดินทางมาท่องเที่ยวในพื้นที่

2. การมีส่วนร่วมโดยชุมชน ในการพัฒนาพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้เป็นรูปแบบโรงเรือน เพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ตำบลผ่านศึก อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว

การมีส่วนร่วมโดยชุมชน พบว่า เห็นด้วยมากที่จะมีส่วนร่วมในการวางแผนและการตัดสินใจ การดำเนินการและปฏิบัติการ และการมีส่วนร่วมในการรับและแบ่งปันผลประโยชน์ ตามลำดับ ทั้งนี้ การมีส่วนร่วมดังกล่าวมาจากเจ้าของพื้นที่ปลูกแคนตาลูป บุคลากรของรัฐที่เกี่ยวข้อง และคนในท้องถิ่น ที่พร้อมที่จะมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอน ดังนั้น ผู้นำชุมชนสามารถจัดประชุมกับผู้ที่มีส่วนร่วมทุกฝ่าย การจัดอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการจัดให้แหล่งปลูกแคนตาลูปสามารถพัฒนาให้เป็นการปลูกในรูปแบบโรงเรือนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตร สร้างความรู้ ความเข้าใจ และการรับรู้ถึงผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบที่จะเกิดขึ้น เพื่อเตรียมการรองรับและป้องกัน สร้างเครือข่ายความร่วมมือกับสำนักงานเกษตรอำเภอ เกษตรกรผู้ปลูกแคนตาลูปในพื้นที่อื่นๆ ภายในอำเภออรัญประเทศ และตัวแทนของคนในชุมชน เพื่อขับเคลื่อนการพัฒนาพื้นที่ให้เป็นแหล่งท่องเที่ยว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นิตยา งามยิ่งยง และละเอียด ศิลาน้อย (2560) ศึกษาเรื่อง แนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน ชุมชนบริเวณริมฝั่งคลองดำเนินสะดวก ในจังหวัดสมุทรสาคร และจังหวัดราชบุรี พบว่า ชุมชนมีความคิดเห็นในการมีส่วนร่วมต่อการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยว ด้วยการประชุมประชาสมาคมเพื่อหาแนวทางการพัฒนา การปรึกษาหารือและผลักดันให้เป็นแหล่งท่องเที่ยว สร้างกฎกติกาให้คนภายในพื้นที่ขายของ ประเมินผลจากการดำเนินกิจกรรมทุกครั้ง ภาครัฐมีความคิดเห็นต่อการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน ด้วยการอนุรักษ์แหล่งท่องเที่ยว สร้างจิตสำนึกสาธารณะกับคนในชุมชนและนักท่องเที่ยว มีการวางแผนการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยว ด้วยการประชุมร่วมกันของภาครัฐและชุมชน ร่วมรักษาคุณภาพของสิ่งแวดล้อมของทุกภาคส่วน

ให้ตระหนักรักษาคุณภาพของคลองดำเนินสะดวก รักษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวด้วยการบริการอย่างยุติธรรม และมีการจัดการผลประโยชน์ที่เกิดจากการท่องเที่ยวร่วมกัน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ กุลจิรา เสาวลักษณ์จินดา (2555) ศึกษาเรื่อง การมีส่วนร่วมของชุมชนต่อการจัดการแหล่งท่องเที่ยว : กรณีศึกษา อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี พบว่า การมีส่วนร่วมในการจัดการแหล่งท่องเที่ยวของชุมชนอยู่ในระดับปานกลาง ด้านการปฏิบัติการประชาชนได้มีส่วนร่วมมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ด้านการเสนอความคิด การวางแผน และการตัดสินใจ ด้านการแบ่งปันผลประโยชน์ และด้านการติดตามและประเมินผล

3. รูปแบบโรงเรือนในการปลูกแคนตาลูป

ความคิดเห็นต่อรูปแบบโรงเรือน พบว่า ส่วนใหญ่ให้ความสนใจมากกับรูปแบบโรงเรือนแบบหลังคาโค้ง (ขาตรง) รองลงมาคือ โรงเรือนแบบทรงหลังคาฟันเลื่อย และโรงเรือนแบบแฝด ตามลำดับ โดยโรงเรือนแบบหลังคาโค้ง (ขาตรง) เป็นโรงเรือนราคาประหยัด เหมาะสมต่อการป้องกันความเสียหายกับพืชที่ปลูกในฤดูฝน ทำให้สามารถปลูกแคนตาลูปได้ทุกฤดูกาล มีผลผลิตอย่างต่อเนื่อง หากพัฒนาให้พื้นที่ปลูกแคนตาลูปเป็นรูปแบบโรงเรือนก็จะทำให้นักท่องเที่ยวหรือผู้เยี่ยมเยือนสามารถเข้าเยี่ยมชมได้ตลอด ดังนั้น ผู้นำชุมชนสามารถจัดให้มีการศึกษาดูงานแหล่งปลูกแคนตาลูปที่เป็นรูปแบบโรงเรือนในพื้นที่อื่น เพื่อนำมาปรับใช้กับแหล่งปลูกแคนตาลูปในพื้นที่ โดยก่อให้เกิดความคุ้มค่า เหมาะสม และเกษตรกรสามารถทำได้จริง ซึ่งสอดคล้องกับ กรณีศึกษา “การปลูกแคนตาลูป-เมล่อนในโรงเรือนแบบใช้ดิน” ของประเสริฐ บางแดง พบว่า การปลูกเมล่อนแบบลงดินในโรงเรือนน่าจะเหมาะสมสำหรับตนเองที่สุด มีการจัดการที่ไม่ซับซ้อนมากนัก ง่าย สะดวก เข้าใจได้ง่าย การเตรียมแปลงก็ยังใช้จอบขุดดินสำหรับการเตรียมแปลงใหม่ทุกรอบ แต่อนาคตก็ต้องใช้เครื่องพรวนดินขนาดเล็กเพื่อผ่อนแรงและรองรับโรงเรือนที่จะขยายจำนวนเพิ่มอีก เพื่อให้ผลผลิตส่งหรือมีขายได้ทุกเดือน เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่อยากได้ผลผลิตทุกเดือน (มูลนิธิพัฒนาคนพิการไทย, 2560) และยังสอดคล้องกับ กรณีศึกษา “การปลูกแคนตาลูปแบบใช้ดินและใช้วัสดุในการปลูก ในรูปแบบโรงเรือน” ของสุนารี โสภาคำ และคณะ (2560) พบว่า การปลูกแคนตาลูปในระบบโรงเรือนแบบใช้ดิน และแบบใช้วัสดุปลูกที่มีขนาดโรงเรือนและราคาโรงเรือนที่ไม่เท่ากัน มีผลต่อระยะเวลาคืนทุน เห็นได้จากเกษตรกรผู้ที่ปลูกแคนตาลูปโดยใช้วัสดุปลูก มีต้นทุน ราคาโรงเรือนที่ถูกกว่าและยังสามารถปลูกได้สองต้นต่อ 1 ถุง ทำให้ได้ผลผลิตมากกว่า ส่งผลทำให้มีระยะคืนทุนที่เร็วกว่าเกษตรกรรายที่สองที่ปลูกแบบใช้ดิน และปลูกหนึ่งต้นต่อหลุม นอกจากนั้นโรงเรือนยังแพงกว่าจึงทำให้มีระยะคืนทุนที่นานกว่าซึ่งหากเกษตรกรผู้สนใจที่จะลงทุนปลูกแคนตาลูปในระบบโรงเรือนควร ศึกษาเกี่ยวกับการปลูกพืชในโรงเรือนเพื่อเพิ่มผลิต

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยมาใช้ประโยชน์

1. ควรส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรผู้ปลูกแคนตาลูปในพื้นที่ตำบลผ่านศึก อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว มีความรู้และเข้าใจเกี่ยวกับการท่องเที่ยวเชิงเกษตร คุณค่า ความสำคัญและประโยชน์ที่เกิดจากการจัดให้แหล่งปลูกแคนตาลูปเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร

2. ควรจัดอบรมให้ความรู้โดยเชิญวิทยากรผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญเฉพาะเกี่ยวกับการปลูกแคนตาลูปในรูปแบบโรงเรือนและจัดให้เกษตรกรผู้ปลูกแคนตาลูปได้มีโอกาสไปศึกษาดูงานแหล่งปลูกแคนตาลูปที่เป็นแบบโรงเรือนในสถานที่จริง หรือเข้าไปเยี่ยมชมแหล่งปลูกพืช ผลไม้ต่างๆ ที่เปิดให้เป็นแหล่งท่องเที่ยว เพื่อให้เกษตรกรมองเห็นโอกาสแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงพื้นที่แหล่งปลูกแคนตาลูปให้สามารถรองรับด้านการท่องเที่ยวได้อย่างเหมาะสม

3. ควรสนับสนุนให้ประชาชนหรือคนในท้องถิ่นได้ทำกิจกรรมต่างๆ ร่วมกันอย่างต่อเนื่อง รวมถึงสร้างความเข้าใจต่อการท่องเที่ยวเชิงชุมชนในรูปแบบการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ทั้งนี้อาจจัดตั้งกลุ่มเพื่อการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวภายในชุมชนขึ้น

4. ควรประสานงานกับหน่วยงาน สถาบันการศึกษา เพื่อให้บุคลากรที่มีความสามารถความเชี่ยวชาญในด้านที่เกี่ยวข้องเข้ามาสนับสนุนการดำเนินการต่างๆ เช่น ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับการท่องเที่ยวเชิงเกษตร การท่องเที่ยวโดยชุมชน การปลูกแคนตาลูปในรูปแบบโรงเรือน การพัฒนาแหล่งพื้นที่เกษตรให้เป็นแหล่งท่องเที่ยว เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาเชิงลึกในพื้นที่ที่มีการปลูกแคนตาลูปที่จะมีแนวโน้มต่อการพัฒนาการปลูกแคนตาลูปให้อยู่ในรูปแบบโรงเรือนที่สามารถพัฒนาให้เป็นแหล่งเรียนรู้หรือแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร

2. ควรมีการศึกษาความต้องการของนักท่องเที่ยวทั้งไทยและต่างชาติในการเดินทางท่องเที่ยวในแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดสระแก้ว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยการสนับสนุนการวิจัยโครงการวิจัยและพัฒนาสร้างพลังร่วมในการพัฒนา (ทุน สสส.) การดำเนินงานภายใต้โครงการวิจัยและพัฒนาสร้างพลังร่วมในการพัฒนาเป็นเมืองน่าอยู่ตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงอย่างยั่งยืน ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.สุพจน์ ทรายแก้ว รักษาราชการแทน อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่สนับสนุนให้บุคลากรได้ทำวิจัยเพื่อสังคม และต้องขอขอบคุณประชาชน/คนในท้องถิ่น เกษตรกร และบุคลากรของรัฐจากหน่วงงานที่เกี่ยวข้อง ในพื้นที่ตำบลผ่านศึก อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ที่ให้ความช่วยเหลือในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณ นักศึกษา เพื่อนร่วมงาน และผู้บังคับบัญชาทุกระดับ ที่มีส่วนร่วมในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กุลจิรา เสาวลักษณ์จินดา. (2555). **การมีส่วนร่วมของชุมชนต่อการจัดการแหล่งท่องเที่ยว : กรณีศึกษาอำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี.** การค้นคว้าอิสระ ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการทั่วไป คณะบริหารธุรกิจบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

นิตยา งามยิ่งยง และละเอียด ศิลาน้อย. (2560). **แนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน ชุมชนบริเวณริมฝั่งคลองดำเนินสะดวกในจังหวัดสมุทรสาครและจังหวัดราชบุรี.** วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-เมษายน 2560.

ปิยวรรณ คงประเสริฐ. (2551). **การท่องเที่ยวเชิงนิเวศแบบบูรณาการเพื่อการวางแผนพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยงยั่งยืนนที่เกาะพะงัน จังหวดสุราษฎร์ธานี.** ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวางแผนและการจัดการการท่องเที่ยวเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ภุชงค์ บุณยมณี ผู้จัดการฝ่ายขายเขตภาคอีสาน บริษัท เพื่อนเกษตรกร จำกัด. (2556). **ประวัติแคนตาลูป,** 16 กันยายน 2560. http://info.matichon.co.th/

มูลนิธิพัฒนาคนพิการไทย. (2560). **(ประเสริฐ บางแดง) อดีตมนุษย์เงินเดือน หันปลูกเมล่อนลงดินในโรงเรือน ทำ 1 รุ่น สร้างรายได้ดีกว่าทำนา 10 ไร่,** 13 ธันวาคม 2560. http://www.tddf.or.th/business/detail.php?contentid=0084&postid=0013925&currentpage=13

ศูนย์ติดตามและพยากรณ์เศรษฐกิจการเกษตร. (2559). **KOFC เปิดมุมวิเคราะห์รายได้ภาคเกษตร หลังรัฐดันท่องเที่ยวเชิงเกษตรไทยช่วงวันหยุดยาว,** 16 กันยายน 2560. http://www.thansettakij.com/content/70645

ศิรินันทน์ พงษ์นิรันดร์ และคณะ. (2559). **แนวทางในการพัฒนาศักยภาพการจัดการท่องเที่ยว อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา.** วารสารวิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มข.9 (1) ม.ค. - มิ.ย. 59.

สุนารี โสภาคำ และคณะ. (2560). **การวิเคราะห์ระยะคืนทุนของการปลูกแคนตาลูปในโรงเรือน. สาขาวิชาธุรกิจการเกษตรคณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.** วารสารแก่นเกษตร 45 ฉบับพิเศษ 1 : (2560).

องค์การบริหารส่วนตำบลผ่านศึก. (2560). **ประวัติความเป็นมา,** 16 กันยายน 2560. http://www.pansuk-aran.com/city/History.html

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติ

นราวิชญ์ กาศบำรุง[1*] ธัญญารัตน์ หาญขุนทด[1] สกุลรัตน์ สุทธิเนตรสกุล[1] สุทธิพันธุ์ แดงใจ[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและเสริมธัญชาติให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค หาระดับปริมาณธัญพืชและธัญชาติที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภค และหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เมื่อได้ผลิตภัณฑ์จึงนำมาประเมินคุณภาพประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญและบุคคลทั่วไป จำนวน 30 คน ด้วยวิธี 9 Point Hedonic Scaling Test นำข้อมูลที่ได้จากการประเมินทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ นำผลิตภัณฑ์ไปวิเคราะห์คุณภาพหาค่าสีและค่าความชื้น

การศึกษาตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืช ประกอบด้วย ข้าวโพด เผือก ลูกเดือย เสริมธัญชาติประกอบด้วย ข้าวบาร์เลย์ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวสินเหล็ก ข้าวเหนียวดำ จมูกข้าวหอมมะลิและอื่นๆ ประกอบด้วย งาขี้ม่อนกับลูกเกด เสริมลงในขนมบ้าบิ่นในระดับที่แตกต่างกัน และนำไปประเมินความชอบของผู้บริโภค พบว่า ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและเสริมธัญชาติ ผู้บริโภคให้การยอมรับอยู่ในระดับชอบมากเท่ากันทุกตำรับ โดยตำรับข้าวโพดมีค่าเฉลี่ย 8.40 ตำรับงาขี้ม่อนมีค่าเฉลี่ย 7.90 ตำรับเผือก ตำรับเผือกมีค่าเฉลี่ย 7.87 ตำรับลูกเดือยมีค่าเฉลี่ย 7.83 และตำรับลูกเกดมีค่าเฉลี่ย 7.83 ตามลำดับ และขนมบ้าบิ่นเสริมธัญชาติอยู่ในระดับชอบมากเท่ากันทุกตำรับ โดยข้าวบาร์เลย์มีค่าเฉลี่ย 8.13 ตำรับข้าวสินเหล็กมีค่าเฉลี่ย 8.07 ตำรับจมูกข้าวหอมมะลิมีค่าเฉลี่ย 8.03 ตำรับข้าวไรซ์เบอร์รี่และตำรับข้าวเหนียวดำมีค่าเฉลี่ย 7.97 เท่ากัน

ผลการประเมินบรรจุภัณฑ์และตราสินค้าที่เหมาะสมกับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติโดยขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติเป็นบรรจุภัณฑ์แบบกล่องกระดาษสีน้ำตาลพื้นขาวหน้าพลาสติกใสมีความชอบร้อยละ 70.00 โลโก้สี่เหลี่ยมผืนผ้าหน้าตัดมีความชอบมากที่สุดร้อยละ 47.00 ผลของการศึกษาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิอยู่ที่ 31 องศาเซลเซียส เก็บรักษาได้ 3 วัน อุณหภูมิตู้เย็น อุณหภูมิอยู่ที่ 6 องศาเซลเซียส อยู่ได้ 7 วัน ผลิตภัณฑ์เริ่มมีการเสื่อมเสีย

คำสำคัญ : ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อน ธัญพืช ธัญชาติ

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์

**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: chuaypor@gmail.com.*

DEVELOPMENT OF THAI-STYLE YOUNG COCONUT PANCAKE SUPPLEMENTED WITH CEREAL AND PADDY

Narawit Kardbamroong [1*] Thanyarat Harnkhunthot[1] Sakulrat Suthinetsakul[1] Suttiphun Dangjai[1]

Abstract

This study investigated a customer-accepted recipe of Kanom Ba Bin or Thai-style young coconut pancake supplemented with Cereal and Paddy, appropriate amounts of cereal, physical properties and shelf life of the developed product. The developed products were tested in terms of sensory characteristics by 30 experts and participants using 9 Point Hedonic Scaling Test. The data from the sensory test were then computationally analyzed, and color and moisture content were evaluated.

The Cereal and Paddy supplemented in developed pancake recipes included Perilla Cereal, corn, taro, Adley Cereal, raisin, barley, riceberry rice, Sinlek rice, black glutinous rice and jasmine rice germ. Different amounts of the seeds and grains were supplemented to develop different recipes of the pancake. The consumer acceptance test showed that all developed recipes Paddy the acceptance at a high level, with mean scores of 8.40 for corn recipe, 7.90 for Perilla Cereal, 7.87 for taro, 7.83 for Adley Cereal and for raisin, 8.13 for barley, 8.07 for Sinlek rice, 8.03 for jasmine rice germ, and 7.97 for riceberry rice and for black glutinous rice.

Regarding packing design, the brown box with front white background and clear plastic window and the rectangular logo obtained the most popularity with the percentage of 70% and 47% respectively. In terms of shelf life, the young coconut pancake supplemented with seeds and grains can be stored at the room temperature (30˚c) for up to 3 days and in a fridge (6˚c) for up to 7 days until the product begins to deteriorate.

Keywords : Thai-style young coconut pancake (Kanom Ba Bin), Cereal ,Paddy,

[1] *Bachelor of Science Program Food and Nutrition, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit, e-mail: chuaypor@gmail.com.*

** Corresponding author, e-mail: chuaypor@gmail.com*

บทนำ

“ขนมบ้าบิ่น” เป็นขนมไทยอย่างหนึ่ง ทำจากแป้งข้าวเหนียวผสมกับมะพร้าวและน้ำตาลทราย ทำให้สุกด้วยการทอดไฟล่างไฟบน มีลักษณะเป็นชิ้นกลม แบน เป็นขนมที่มีความนิยมรับประทานเป็นอาหารว่าง ขนมบ้าบิ่นเป็นขนมโบราณที่มีมานานแต่ก็ยังหารับประทานได้ไม่ยากมากนัก อาจจะเป็นเพราะวิธีทำที่ไม่ยุ่งยาก และที่สำคัญรสชาติหอมหวาน มัน อร่อย

ด้วยจังหวัดอุตรดิตถ์ มีพื้นที่นิยมปลูกพืชผลผลิตทางการเกษตรมากมายอาทิ เช่น มะพร้าว ซึ่งเป็นผลผลิตที่สามารถนำมาประกอบอาหารและทำขนมไทยพื้นบ้านหลากหลายชนิดและในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจและนิยมบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพอย่างมาก ด้วยคุณค่าที่มีประโยชน์ของวัตถุดิบจากธรรมชาติมีคุณประโยชน์ทางโภชนาการต่อร่างกาย ซึ่งคุณประโยชน์ของธัญพืชและธัญชาติ คือ "ใยอาหาร" การบริโภคอาหารสุขภาพอุดมไปด้วยเส้นใย วิตามิน ช่วยเพิ่มปริมาณไขมันดี (HDL) ให้แก่ร่างกายลดความเสี่ยงจากโรคหัวใจ และโรคเกี่ยวกับไขมันในเส้นเลือดต่างๆ ช่วยควบคุมน้ำหนัก เพิ่มภูมิต้านทานในร่างกายจากการเจ็บป่วยต่างๆ ธัญพืช หมายถึง เมล็ดแห้งของธัญพืชได้แก่ ลูกเดือย ถั่วเขียว ถั่วแดง มอลต์ งาดำ และธัญชาติ หมายถึง พืชใบเลี้ยงเดี่ยววงศ์หญ้า ได้แก่ ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ ข้าวฟ่าง ข้าวโอ๊ต เป็นต้น

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติให้คงเป็นความเอกลักษณ์ของขนมไทยเพื่อสุขภาพจากธัญพืชและธัญชาติที่สร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภค เพราะในปัจจุบันอาหารสุขภาพกำลังเป็นที่นิยมของตลาด และให้เกิดความแปลกใหม่ขึ้นกับขนมไทยโบราณ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อคัดเลือกสูตรขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนที่เหมาะสม
2. เพื่อศึกษาการปริมาณการเสริมธัญพืชอบแห้งและธัญชาติในขนมบ้าบิ่นที่เหมาะสม
3. เพื่อออกแบบบรรจุภัณฑ์และตราสัญลักษณ์ผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นที่พัฒนา
4. เพื่อหาคุณภาพทางกายภาพ และหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนบ้าบิ่นที่พัฒนา

ขอบเขตการวิจัย

1. ทดลองหาตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนตำรับทั่วไปจำนวน 6 ตำรับ

2. หาปริมาณธัญพืชและธัญชาติที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ จำนวน 10 ตำรับ ธัญพืชประกอบด้วย ข้าวโพด เผือก ลูกเดือย ธัญชาติประกอบด้วย ข้าวบาร์เลย์ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวสินเหล็ก ข้าวเหนียวดำจมูกข้าวหอมมะลิ และผลิตภัณฑ์อบแห้ง ประกอบด้วย ลูกเกด งาขี้ม่อน

3. ทดลองหาภาชนะบรรจุขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติในบรรจุภัณฑ์หลากหลายรูปแบบผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติ ประกอบด้วย 1) ถุงจีบพลาสติกรองด้วยกระดาษอัด ลายใยไม้ 2) กล่องพลาสติกพื้นน้ำตาลสี่ช่องฝาใสสี่เหลี่ยม รองด้วยฝอย 3) กล่องพลาสติกใสสี่ช่องรองด้วยฝอย 4) พลาสติกพื้นขาวฝาใสรองฝอย 5) กล่องพลาสติกใสฝาใส 6) กล่องกระดาษสีน้ำตาลพื้นขาวหน้าใส่ ใส่ถุงพลาสติกสีชมพูอ่อน

4. หาอายุการเก็บรักษาในอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าสีและค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ (A_w)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กระบวนการผลิตขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติ

1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำขนมบ้าบิ่น เนื้อมะพร้าวทึนทึก เนื้อมะพร้าวอ่อน แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า น้ำตาลทรายขาว เกลือป่น น้ำมะพร้าวและน้ำกะทิ

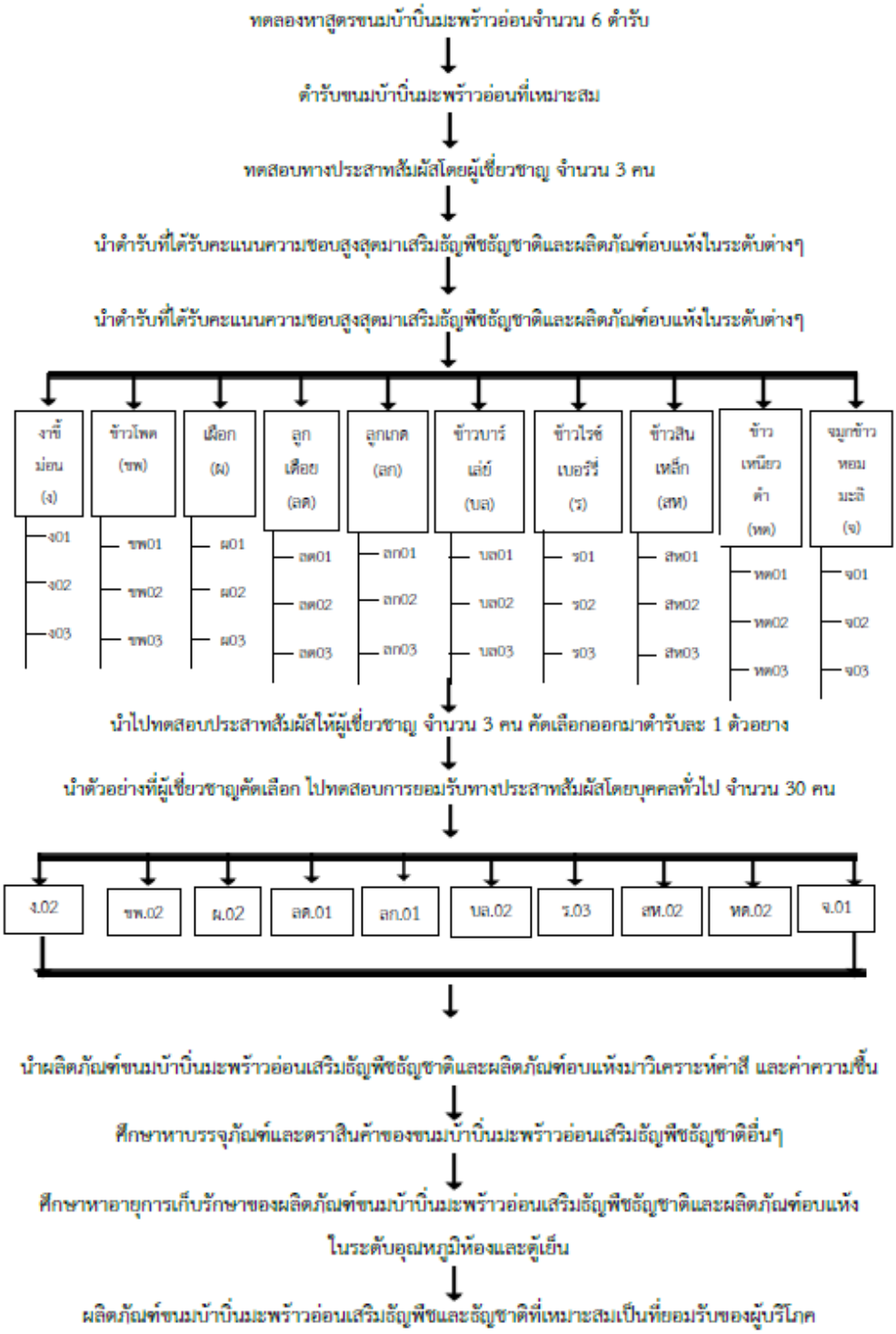
1.2 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อน ธัญพืชประกอบด้วย ข้าวโพดเผือก ลูกเดือย ธัญชาติประกอบด้วย ข้าวบาร์เล่ย์ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวสินเหล็ก ข้าวเหนียวดำและจมูกข้าวหอมมะลิ และลูกเกด งาขี้ม่อน

1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติ

1.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมผสมผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติ หม้อหุงข้าว ลังถึง เครื่องปั่นผสมอาหาร ถ้วยเซรามิก ช้อนยาว

1.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ชั่ง ตวง วัด ได้แก่ เครื่องชั่งขนาด 1 กิโลกรัม ถ้วยตวงของเหลว ช้อนตวง

1.4 การทดลองเพื่อหาตำรับและกรรมวิธีขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติในการทดลองทำขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติ ประกอบด้วย ข้าวโพดเผือก ลูกเดือย ข้าวบาร์เล่ย์ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวสินเหล็ก ข้าวเหนียวดำและจมูกข้าวหอมมะลิและผลิตภัณฑ์อบแห้ง ประกอบด้วย งาขี้ม่อนและลูกเกด มีขั้นตอนดังนี้ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติประกอบด้วย แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า น้ำตาลทรายขาว เกลือป่น น้ำมะพร้าวอ่อน น้ำกะทิ เนื้อมะพร้าวอ่อนและเนื้อมะพร้าวทึนทึก โดยมีกรรมวิธีการผลิตคือ นำน้ำตาลทรายขาวและเกลือป่นมาละลายกับน้ำมะพร้าวอ่อนและน้ำกะทิให้ละลายจนหมด นำแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้ามาผสมในน้ำมะพร้าวอ่อนและน้ำกะทิที่ละลายน้ำตาลทรายขาวและเกลือป่นไว้แล้ว คนให้แป้งเข้ากันไม่จับเป็นก้อน จากนั้นนำธัญพืชและธัญชาติมาเสริมลงในส่วนผสมคนให้เข้ากันอีกครั้ง จากนั้นจึงนำไปทอดในพิมพ์วงกลมที่อยู่บนกระทะในอุณหภูมิร้อน ตักให้เต็มพิมพ์ทิ้งไว้ชักครู่จึงกลับอีกด้าน ค่อยๆแซะขนมออกจากพิมพ์ ทอดทิ้งไว้ให้แป้งข้างในสุกหรือสีแป้งเริ่มเปลี่ยนสีจากสีขาวเป็นสีเหลืองเข้มขึ้น ตักออกจากกระทะพักไว้บนตระแกรงให้เย็น นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี 9 Point Hedonic Scale Test นำผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์คุณภาพค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสียี่ห้อ Hunter Lab และวัดค่า Water Activity ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ณ ห้องปฏิบัติการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตหมอนไม้) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์เชิงพรรณนารายละเอียดดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การวางแผนการทดลอง

2. การศึกษาการยอมรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติ

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ เป็นอาจารย์สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ และนักศึกษาอาหารและโภชนาการจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

2.1.1 กลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญระดับอาจารย์ของสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ จำนวน 3 คน สุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2.1.2 กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคนักศึกษาสาขาอาหารและโภชนาการและนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จำนวน 30 คน สุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคุณลักษณะของอาหาร

ใบรายงานผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9 Point Hedonic Scale Test (1=ไม่ชอบมากที่สุด และ 9=ชอบมากที่สุด) แบบทดสอบความชอบและแบบทดสอบการยอมรับที่มีต่อลักษณะอาหาร มี 3 ตอนที่1 ข้อมูลทั่วไป ตอนที่2 มีข้อคำถามมาตราส่วนประมาณ 9 ระดับ วัดความชอบ 6 ด้าน ประกอบด้วยลักษณะภายนอก(รูปร่าง) สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม และตอนที่3 เป็นข้อมูลเสนอแนะให้ผู้ประเมินแสดงความคิดเห็นได้อย่างเสรี

2.3 การดำเนินการตรวจสอบคุณลักษณะ

2.3.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบคุณลักษณะ กลุ่มตัวอย่างที่ให้การประเมินผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ซึ่งมีความรู้เกี่ยวกับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติสามารถวิจารณ์ข้อบกพร่องและให้ข้อเสนอแนะได้ กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มบุคคลทั่วไปจำนวน 30 คน ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) และสุ่มโดยบังเอิญ (Accidental Sampling)

2.3.2 เกณฑ์การตรวจสอบการยอมรับ ตรวจสอบโดยใช้แบบสำรวจความนิยมอาหาร ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นแบบสำรวจมีสองตอน ตอนแรกเป็นแบบปลายปิดมีข้อคำถามเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 9 ระดับ วัดความนิยมในลักษณะอาหาร 6 ด้าน ประกอบด้วยลักษณะภายนอก (รูปร่าง) สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ในตอนที่สองเป็นคำถามปลายเปิด และข้อเสนอแนะโดยเปิดโอกาสให้ผู้ชิมแสดงความคิดเห็นได้อย่างเสรี

2.3.3 การดำเนินการตรวจสอบคุณลักษณะ โดยการนำขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติบรรจุลงในจานเล็กจำนวน 1 ชิ้น น้ำหนัก 25 กรัม ติดรหัสสัญลักษณ์ในกลุ่มตัวอย่างชิมสองครั้ง ครั้งที่หนึ่งชิมโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน เพื่อหาตำรับที่เหมาะสมครั้งที่สองชิมโดยกลุ่มบุคคลทั่วไปจำนวน 30 คน เพื่อประเมินการยอมรับของผู้บริโภค

2.3.4 การวิเคราะห์ผลที่ได้ และสถิติที่ใช้

2.3.4.1 วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ชิม และเรียงลำดับความถี่ของข้อเสนอแนะ คำนวณค่าร้อยละ นำเสนอในรูปตารางและความเรียง

2.3.4.2 นำแบบสอบถามเกี่ยวกับความนิยมต่อคุณลักษณะขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน และกลุ่มบุคคลทั่วไปจำนวน 30 คน มาหาค่าร้อยละและค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) นำเสนอผลในรูปตารางและความเรียง

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติ โดยผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสเป็นผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน และผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 30 ท่าน ทำการประเมินคุณลักษณะในด้านลักษณะภายนอก(รูปร่าง) สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา เช่น ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

1. ผลการหาตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนที่เหมาะสมให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ตารางที่ 1 ตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวตำรับทั่วไป

ส่วนผสม	ปริมาณ(กรัม)					
	สูตรที่1	สูตรที่2	สูตรที่3	สูตรที่4	สูตรที่5	สูตรที่6
1.เนื้อมะพร้าวทึนทึก	65 กรัม	100 กรัม	100 กรัม	50 กรัม	50 กรัม	100 กรัม
2.เนื้อมะพร้าวอ่อน	65 กรัม	-	-	23 กรัม	23 กรัม	-
3.น้ำกะทิ	50 กรัม	40 กรัม	40 กรัม	60 กรัม	20 กรัม	-
4.แป้งข้าวเหนียว	30 กรัม	100 กรัม	100 กรัม	100 กรัม	100 กรัม	120 กรัม
5.แป้งมันสำปะหลัง	30 กรัม	-	-	-	-	5 กรัม
6.แป้งข้าวเจ้า	-	-	10 กรัม	10 กรัม	10 กรัม	-
7.น้ำตาลทรายขาว	85 กรัม	85 กรัม	85 กรัม	80 กรัม	80 กรัม	90 กรัม
8.เกลือป่น	2 กรัม	1 กรัม	1 กรัม	1 กรัม	1 กรัม	1 กรัม
9.น้ำเปล่า	5 กรัม	60 กรัม	-	-	-	-
10.น้ำมะพร้าว	-	-	-	60 กรัม	100 กรัม	120 กรัม

จากตารางที่1 พบว่าผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ทำการประเมินทางระบบประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 Point Hedonic Scaling Test ทำการเลือกตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนทั่วไป ตำรับที่ 4 ได้รับการยอมรับสูงสุดซึ่ง 1 ตำรับได้ 11 ชิ้น ชิ้นละ 15 กรัมโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระดับความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวตำรับทั่วไป

(n=3)

ลักษณะผลิตภัณฑ์	ระดับความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนตำรับทั่วไป					
	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4	ตำรับที่ 5	ตำรับที่ 6
ลักษณะภายนอก (รูปร่าง)	7.33±0.58	7.33±0.58	7.33±0.58	7.33±0.87	7.33±0.58	7.33±0.58
สี	6.67±1.15	7.33±0.58	7.33±0.58	7.67±0.58	7.67±0.58	7.67±0.58
กลิ่น	5.67±0.58	6.00±1.00	6.33±0.58	7.67±0.58	7.67±0.58	7.67±0.58
รสชาติ	5.33±0.58	6.00±1.00	6.33±0.58	7.67±0.58	7.33±0.58	7.33±0.58
เนื้อสัมผัส	5.33±0.58	6.00±1.00	6.33±0.58	7.67±0.58	7.33±0.58	7.33±1.15
การยอมรับโดยรวม	5.33±0.58	6.00±1.00	6.33±0.58	7.67±0.58	7.33±0.58	7.17±1.04

จากตารางที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ได้ทดสอบผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นตำรับทั่วไปทางประสาทสัมผัสโยพิจารณาคุณลักษณะทั้ง 6 ด้าน ผลการทดลองพบว่าตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนทั่วไป ตำรับที่ 4 ได้คะแนนความชอบมากที่สุด มีความชอบโดยเฉลี่ย 7.67 อยู่ในระดับชอบมาก โดยในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากันทุกด้าน คือ 7.67(S.D.=0.58) และรองลงมาคือลักษณะภายนอก (รูปร่าง) มีความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง มีค่าเฉลี่ย คือ 7.33(S.D.=0.87)

ตารางที่ 3 การพัฒนาตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติในระดับปริมาณต่างๆ

ส่วนเสริม/ปริมาณ	ตำรับที่1	ตำรับที่2	ตำรับที่3
ตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมงาขี้ม่อน	10 กรัม	15 กรัม	20 กรัม
ตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมข้าวโพด	40 กรัม	50 กรัม	60 กรัม
ตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมเผือก	30 กรัม	40 กรัม	50 กรัม
ตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมลูกเดือย	30 กรัม	35 กรัม	40 กรัม
ตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมลูกเกด	30 กรัม	35 กรัม	40 กรัม
ตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมข้าวบาร์เลย์	30 กรัม	40 กรัม	50 กรัม
ตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมข้าวไรซ์เบอร์รี่	30 กรัม	40 กรัม	50 กรัม
ตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมข้าวสินเหล็ก	20 กรัม	25 กรัม	30 กรัม
ตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมข้าวเหนียวดำ	20 กรัม	30 กรัม	40 กรัม
ตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมจมูกข้าวหอมมะลิ	30 กรัม	40 กรัม	50 กรัม

จากตารางที่ 3 ผู้วิจัยได้ทดลองหาปริมาณส่วนผสมธัญพืชธัญชาติและผลิตภัณฑ์อบแห้ง เพื่อเสริมลงในตัวผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นที่พัฒนาขึ้น จากนั้นนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 30 คน ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

2. ผลการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืช ธัญพืชอบแห้งและธัญชาติ

ตารางที่ 4 ผลการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืช

(n=30)

ลักษณะผลิตภัณฑ์	ระดับการยอมรับที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืช		
	ตำรับที่ ขพ02	ตำรับที่ ผ02	ตำรับที่ ลด01
	ข้าวโพด	เผือก	ลูกเดือย
ลักษณะภายนอก(รูปร่าง)	8.43±0.63	8.13±0.68	7.73±0.87
สี	8.37±0.56	8.17±0.75	7.53±0.86
กลิ่น	8.10±0.88	7.57±0.73	7.77±0.77
รสชาติ	8.37±0.72	7.83±0.95	7.83±0.95
เนื้อสัมผัส	8.43±0.68	7.80±0.92	7.73±0.98
การยอมรับโดยรวม	8.40±0.86	7.87±0.86	7.83±0.91

หมายเหตุ : $\bar{x}$ ± S.D. หมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 4 ตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืช เมื่อนำไปทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส การยอมรับ เมื่อพิจารณาการยอมรับพบว่าตำรับข้าวโพด (ขพ02) มีการยอมรับอยู่ในระดับยอมรับสูงที่สุด โดยมีการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 8.40(SD=0.86) ตำรับเผือก (ผ02) มีการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับยอมรับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 7.87(SD=0.86) ตำรับลูกเดือย (ด01) มีการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับยอมรับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 7.83(SD=0.91) ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ผลการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมผลิตภัณฑ์พืชอบแห้ง

(n=30)

ลักษณะผลิตภัณฑ์	ระดับการยอมรับที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมผลิตภัณฑ์พืชอบแห้ง	
	ตำรับที่ ลก01	ตำรับที่ ง02
	ลูกเกด	งาขี้ม่อน
ลักษณะภายนอก(รูปร่าง)	7.47±0.82	7.93±0.83
สี	7.30±0.65	7.70±0.79
กลิ่น	7.53±0.90	7.40±0.93
รสชาติ	7.50±0.90	7.63±1.10
เนื้อสัมผัส	7.40±0.93	7.83±0.91
การยอมรับโดยรวม	7.53±0.86	7.90±0.80

หมายเหตุ : $\bar{x}$ ± S.D. หมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 5 ตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืช เมื่อนำไปทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส การยอมรับ เมื่อพิจารณาการยอมรับพบว่าตำรับงาขี้ม่อน (ง02) มีการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับยอมรับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 7.90(SD=0.80)ตำรับลูกเกด (ลก01) มีการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับยอมรับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 7.53(SD=0.86)ตามลำดับตามลำดับ

ตารางที่ 6 ผลการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญชาติ

(n=30)

ลักกษณะผลิตภัณฑ์	ระดับการยอมรับที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญชาติ				
	ตำรับที่ บล02	**ตำรับที่ ร03**	**ตำรับที่ สห02**	**ตำรับที่ หด02**	**ตำรับที่ จ01**
	ข้าวบาร์เล่ย์	**ข้าวไรซ์เบอร์รี่**	**ข้าวสินเหล็ก**	**ข้าวเหนียวดำ**	**จมูกข้าวหอมมะลิ**
ลักษณะภายนอก(รูปร่าง)	8.30±0.65	7.90±0.80	7.93±0.74	7.87±0.82	8.00±0.83
สี	8.27±0.87	8.00±0.79	7.77±0.86	8.03±0.72	8.17±0.91
กลิ่น	7.70±0.79	7.73±0.87	7.87±0.68	7.83±0.70	7.93±0.94
รสชาติ	7.93±0.94	7.90±0.80	8.07±0.87	8.10±0.80	8.10±0.84
เนื้อสัมผัส	8.07±0.87	7.80±0.66	7.97±0.93	7.73±0.69	7.90±0.92
การยอมรับโดยรวม	8.13±0.82	7.97±0.72	8.07±0.83	7.97±0.67	8.03±0.81

หมายเหตุ : $\bar{x}$ ± S.D. หมายถึง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 6 ตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญชาติ เมื่อนำไปทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสการยอมรับ เมื่อพิจารณาการยอมรับพบว่าตำรับข้าวบาร์เล่ย์ (บล02) มีการยอมรับอยู่ในระดับยอมรับสูงที่สุดโดยมีการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 8.13(SD=0.82) ตำรับข้าวสินเหล็ก(สห02) มีการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับยอมรับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 8.07(SD=0.83) ตำรับจมูกข้าวหอมมะลิ (จ01) มีการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับยอมรับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 8.03(SD=0.81) ตำรับข้าวไรซ์เบอร์รี่ (ร03) มีการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับยอมรับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 7.97(SD=0.72) ตำรับข้าวเหนียวดำ (หด02) มีการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับยอมรับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 7.97(SD=0.67) ตามลำดับ

3. ผลการหาบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติ

ผลการประเมินบรรจุภัณฑ์และโลโก้ที่เหมาะสมกับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติ โดยผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 30 คน พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบบรรจุภัณฑ์ของขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติเป็นแบบกล่องกระดาษฟู้ดเกรดสีน้ำตาล ตัดหน้าต่างทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ฝาใส่ มีความชอบร้อยละ 70.00 โลโก้บรรจุภัณฑ์แบบคล้องเชือกห้อยกับโบว์ที่ผูกกล่อง รูปแบบป้ายทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดเล็กใช้กระดาษแข็งสีเหลืองอ่อน มีความชอบร้อยละ 50 รองลงมาเป็นบรรจุภัณฑ์แบบถุงจีบใสมีกระดาษสีน้ำตาลรองฐานด้านล่างและมีหูหิ้วสีชมพู มีความชอบร้อยละ 15 รองลงมาเป็นบรรจุภัณฑ์แบบกล่องพลาสติกใสสี่ช่องรองด้วยฟอยล์มีฝาปิดสีใส มีความชอบร้อยละ 14

อันดับที่ 1

อันดับที่ 2

อันดับที่ 3

4. ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ (ค่าสี และค่าA_w) และการหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 7 ค่าสีและค่าA_w ของผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติ

ผลิตภัณฑ์	ค่าL*	ค่าa*	ค่าb*	ค่าความชื้น(A_w)
งาขี้ม่อน	36.63	7.76	15.59	0.908
ข้าวโพด	58.66	6.13	32.94	0.950
เผือก	55.94	5.17	19.35	0.913
ลูกเดือย	54.24	8.84	27.43	0.946
ลูกเกด	43.19	9.81	23.89	0.929
ข้าวบาร์เล่ย์	57.47	3.93	20.50	0.908
ข้าวไรซ์เบอร์รี่	35.34	8.49	14.51	0.958
ข้าวสินเหล็ก	55.84	9.76	24.99	0.873
ข้าวเหนียวดำ	44.93	5.08	10.99	0.925
จมูกข้าวหอมมะลิ	53.47	10.34	30.30	0.905

เมื่อนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไปวิเคราะห์คุณภาพค่าสีและค่าความชื้น จึงนำผลิตภัณฑ์ไปทดลองหาอายุการเก็บรักษาใน 2 ระดับอุณหภูมิ คือ อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิตู้เย็นในกล่องบรรจุภัณฑ์ทีผ่านการคัดเลือกโดยกลุ่มตัวอย่าง ผลของการศึกษาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิอยู่ที่ 31 องศาเซลเซียส เก็บรักษาได้ 3 วัน อุณหภูมิตู้เย็น อุณหภูมิอยู่ที่ 6 องศาเซลเซียส อยู่ได้ 7 วัน ผลิตภัณฑ์เริ่มมีการเสื่อมเสีย

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติ ให้เป็นที่นิยมของผู้บริโภค โดยเสริม งาขี้ม่อนข้าวโพด เผือก ลูกเดือย ลูกเกด ข้าวบาร์เลย์ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวสินเหล็ก ข้าวเหนียวดำและจมูกข้าวหอมมะลิ เพื่อให้มีความหลากหลายในการเลือกบริโภคและมีความแตกต่างจากขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนที่มี

ตามท้องตลาด เพราะส่วนใหญ่ตามท้องตลาดจะมีเพียงขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเผือก ข้าวโพดและข้าวเหนียวดำ ทางผู้วิจัยจึงอยากให้มีขนมบ้าบิ่นที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น ผลการทดลองหาปริมาณส่วนที่เสริมลงในตัวขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนสูตรมาตรฐานนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้งโดยผู้เชี่ยวชาญและบุคคลทั่วไป ข้อมูลที่ได้พบว่า ผู้บริโภคนั้นให้ระดับคะแนนความสนใจอยู่ในระดับที่ชอบมากทุกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ประโยชน์จากพืชผลผลิตทางเกษตรในท้องถิ่นจังหวัดอุตรดิตถ์ที่มีจำนวนมากและยังเป็นการส่งเสริมการบริโภคขนมไทยเสริมคุณประโยชน์จากธัญพืชและธัญชาติอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. การทำขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติต้องมีการวางแผนในขั้นตอนการผลิต เพราะมีกระบวนการที่หลากหลายรูปแบบเพื่อให้ธัญพืชและธัญชาติผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับตัวขนมบ้าบิ่นที่เหมาะสม

2. ภาชนะบรรจุควรมีความหลากหลายที่มีต่อรูปแบบผลิตภัณฑ์ขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเสริมธัญพืชและธัญชาติ

3. ควรพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น ซึ่งขนมบ้าบิ่นเป็นขนมที่ต้องรับประทานทันทีจึงต้องการเก็บผลิตภัณฑ์ให้นานต่อการบริโภค ดังนั้นควรใส่ตู้แช่เย็นและผ่านการคืนสภาพในไมโครเวฟที่ระดับ 200 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่นุ่ม และมีลักษณะเหมือนเดิม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์สุทธิพันธุ์ แดงใจอาจารย์ที่ปรึกษาหลักการวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขงานวิจัยจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณกลุ่มขนมไทยลาวเวียง บ้านหาดสองแคว อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่ได้ให้โอกาสได้ค้นคว้าทดลองพัฒนาตำรับขนมบ้าบิ่นมะพร้าวอ่อนเพื่อส่งเสริมการขายและเพิ่มมูลค่าจากการใช้ประโยชน์จากพืชผลทางการเกษตรในท้องถิ่น

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต. (2542). **สารให้ความหวาน.** กรุงเทพฯ: จาร์พา เท็คเซ็นเตอร์.

กล้าณรงค์ ศรีรอต, เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. **เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไกรภพ สาระกูล. (2552). **มหัศจรรย์ข้าวไทย.** กรุงเทพฯ: THINK GOOD.

ทวีศักดิ์ ภู่หลำ. (2540). **ข้าวโพดหวาน.** กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2548). **วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ประชิด ทิณบุตร. (2531). **การออกแบบบรรจุภัณฑ์.** กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์.

ปราณี อ่านเปรื่อง. (2551). **หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส.** พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมนึก พานิชกิจ. (2558). **มะพร้าว.** กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

Line Today. (2560). วิธีทำ **"บ้าบิ่นมะพร้าวอ่อน"** ทำง่ายอร่อยได้ทุกวัย ใครๆก็ชอบกิน. ที่มา: www.today.line.me/th/articie.com

คุณภาพทางเคมีและหุงต้มของข้าวไรซ์เบอรีที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา

อัณนภา สุขลิ้ม[1*] ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ[2] พัชริยา เศษศิริ[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฉายรังสีแกมมาที่มีต่อคุณภาพทางเคมีและคุณภาพหุงต้มของข้าวไรซ์เบอรี โดยการใช้รังสีแกมมาระดับต่ำที่ 1, 2 และ 3 kGy ผลการศึกษาพบว่ารังสีแกมมามีแนวโน้มทำให้ปริมาณอะไมโลสลดลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น โดยปริมาณรังสี 3 kGy ทำให้ปริมาณอะไมโลสลดลงจาก 16.97% เหลือ 12.98% (P<0.05) ข้าวที่ผ่านการฉายรังสีสามารถหุงสุกเร็วขึ้นเล็กน้อยโดยใช้ระยะเวลาในการหุงสุกสั้นลงจาก 16 นาทีเหลือ 15 นาที และเมื่อหุงสุกมีการขยายปริมาตรหรือหุงขึ้นหม้อมากกว่าข้าวที่ไม่ฉายรังสี โดยข้าวฉายรังสี 2 และ 3 kGy มีปริมาตรเพิ่มขึ้น 2.00 และ 2.08 เท่า ในขณะที่ข้าวที่ไม่ฉายรังสีที่มีปริมาตรเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.89 เท่า (P<0.05) แต่ข้าวดูดซึมน้ำได้ในปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) อยู่ในช่วงระหว่าง 1.99 ถึง 2.04 เท่า เนื้อสัมผัสของข้าวสุกวัดจากค่าความคงตัวของแป้งสุกพบว่าข้าวฉายรังสีและไม่ฉายรังสีมีความคงตัวของแป้งสุกที่ไม่แตกต่างกันมีค่าอยู่ในช่วง 60.40 ถึง 64.00 มม. โดยจัดอยู่ในกลุ่มเจลนุ่ม นอกจากนี้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำข้าวซึ่งบ่งถึงสภาพโครงสร้างของเมล็ดข้าวพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่าโครงสร้างภายนอกของเมล็ดข้าวไม่ถูกทำลายด้วยการฉายรังสีแกมมาสอดคล้องกับค่าระดับการสลายตัวในด่างของเมล็ดข้าวที่ไม่เปลี่ยนแปลงไป

คำสำคัญ : รังสีแกมมา ข้าวไรซ์เบอรี คุณภาพข้าว

[1] *หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail:* annapha@vru.ac.th

[2] *ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น e-mail: suptha@hotmail.com*

[3] *หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail:* Setsiri_kam@hotmail.com

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:* annapha@vru.ac.th

CHEMICAL AND COOKING QUALITIES OF GAMMA IRRADIATED RICEBERRY RICE

Annapha Suklim[1*] Supawan Thawornchinsombut[2] Patchariya Setsiri[3]

Abstract

The purpose of this research was to study low-dose gamma irradiation at 1, 2 and 3 kGy effects on chemical and cooking qualities of ricebery rice. Results showed that apparent amylose content was lowered when gamma irradiation was applied, amylose content of 16.97% was lowered to 12.98% with an application of 3 kGy dose ($P<0.05$). Irradiated rice was cooked using a slightly smaller amount of cooking time i.e. 16 vs 15 min when compared to non-irradiated rice. When fully cooked, volume expansion of 2 and 3 kGy irradiated rice were 2.00 and 2.08 times respectively; whereas 1.89 times was reported for non-irradiated rice ($P<0.05$) with water absorption during cooking between 1.99 and 2.04 times ($P<0.05$). Cooked rice demonstrated a soft gel texture with 60.40 and 64.00 mm. gel consistency measured. Along with total dissolved solid, alkali spreading values was not significantly changed possibly due to undamaged rice grain structure after irradiation.

Keywords : Gamma irradiation, Riceberry rice, Rice qualities

[1] *Food Science and Technology Program, Faculty of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, e-mail:* annapha@vru.ac.th

[2] *Food Technology, Faculty of Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat Khon Kaen University, e-mail: suptha@hotmail.com*

[3] *Food Science and Technology Program, Faculty of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, e-mail:* Setsiri_kam@hotmail.com

** Corresponding author, e-mail:* annapha@vru.ac.th

บทนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.*)* เป็นผลิตผลทางการเกษตรที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย เป็นอาหารหลักของคนไทยและชาวเอเชียประมาณ 2.7 พันล้านคน (Wu et al., 2002) และของประชากรครึ่งโลก (Zhu et al., 2010) ข้าวเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญโดยสถิติในปี 2560 ระบุว่าประเทศไทยส่งออกข้าวเป็นอันดับสองรองจากยางพาราในสัดส่วนร้อยละ 22.54 ของมูลค่าสินค้าเกษตรที่ส่งออกทั้งหมดโดยมีมูลค่าสูงถึง 175,160.8 ล้านบาท (กระทรวงพาณิชย์, 2561) ราคาข้าวจะขึ้นอยู่กับคุณภาพการซื้อขายโดยประเมินจากหลายปัจจัยเช่น ความชื้น ประเภทของข้าว คุณภาพการสี และคุณภาพทางกายภาพ ส่วนผู้บริโภคจะให้ความสำคัญกับคุณภาพทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2547) ซึ่งคุณภาพทางเคมีกายภาพเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นตลอดเวลาในเมล็ดข้าวภายหลังการเก็บเกี่ยว การฉายรังสีมีรายงานว่าช่วยปรับปรุงคุณภาพการรับประทานและการหุงต้มของข้าวในด้านต่างๆ เช่น ความแข็งของข้าวสุกลดลงเนื่องจากการฉายรังสีทำให้ปริมาณอะไมโลสลดลง (Wu et al., 2002) อุณหภูมิเจลาติไนเซชั่นลดลง ความคงตัวของแป้งสุกเพิ่มขึ้น เนื้อสัมผัสดีขึ้น (สุรศักดิ์, 2550) ทั้งนี้ผลของการฉายรังสีจะขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่ใช้ พันธุ์ข้าว และอื่นๆ นอกจากนี้การฉายรังสีช่วยลดระยะเวลาหรือเร่งการเก่า (aging) ของข้าวทำให้ข้าวใหม่เป็นข้าวเก่าที่เมื่อหุงสุกแล้วร่วน ไม่จับตัวเป็นก้อนเหนียว อีกด้วย (Sung, 2005)

การฉายรังสีแกมมาได้รับการพิสูจน์และยอมรับว่ามีความปลอดภัย FAO/IAEA/WHO ได้ประกาศแล้วว่าอาหารที่ใช้รังสีปริมาณไม่เกิน 10 kGy นั้นมีคุณค่าทางโภชนาการ ปลอดภัยต่อการบริโภคของมนุษย์ การฉายรังสีแกมมาในข้าวมีข้อแนะนำเกี่ยวกับปริมาณของรังสีที่ใช้เพื่อให้ไม่มีผลต่อคุณภาพการรับประทานในหลายปริมาณหรือระดับรังสี เช่นปริมาณรังสีควรอยู่ในช่วง 2-4 kGy เพื่อไม่ให้การฉายรังสีมีผลต่อสีและกลิ่นของข้าว (Bao et al., 2001) และไม่ควรเกิน 1 kGy สำหรับข้าวออสเตรเลียและข้าวไทย (Loaharanu et al., 1971) ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นข้าวเจ้าหอมไม่ควรเกิน 1 kGy หรือต่ำกว่า 0.5 kGy (Sirisoontarak and Noomhorm, 2006) ข้าวไต้หวันควรใช้ปริมาณรังสีต่ำกว่า 3 kGy (Wang et al., 1983) ข้าวอินเดียใช้ได้สูงถึง 5 kGy (Roy et al., 1991) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฉายรังสีแกมมาในระดับต่ำที่มีต่อคุณภาพทางเคมีและคุณภาพการหุงต้มของข้าวไรซ์เบอรี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการฉายรังสีแกมมาในระดับต่ำที่ 1, 2, 3 kGy ที่มีต่อคุณภาพทางเคมีและหุงต้มของข้าวไรซ์เบอรี

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมตัวอย่าง

นำข้าวกล้องไรซ์เบอรี (ตราหงส์ทอง, บริษัท เจียเม้งมาร์เก็ตติ้ง จำกัด) ไปทำการฉายรังสีที่ศูนย์ฉายรังสีอัญมณี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ ด้วยเครื่องฉายรังสีแกมมา (Paul Stephens Consultancy Ltd., ประเทศอังกฤษ) ที่ปริมาณรังสี 1, 2 และ 3 kGy ก่อนการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและหุงต้มในด้านต่างๆ

คุณภาพทางเคมี (Chemical quality)

ปริมาณอะไมโลส (Apparent amylose content, AAC)

วิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส ในแป้งข้าวไรซ์เบอรี ด้วยการวัดการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนของอะไมโลสและไอโอดีนที่ความนยาวคลื่นแสงเท่ากับ 620 นาโนเมตร และคำนวณหาปริมาณอะไมโลสเทียบกับกราฟมาตรฐานของอะไมโลสบริสุทธิ์ (กรมวิชาการเกษตร, 2527)

คุณภาพการหุงต้ม (Cooking qualities)

ความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency, GC)

วัดความคงตัวของแป้งสุกจากระยะทางการไหล (มิลลิเมตร) โดยอ่านระยะทางที่แป้งไหล 30 นาทีภายหลังการต้มสารละลายแป้งข้าวในน้ำเดือด 8 นาทีและทำให้เย็น 20 นาที (Yu and Wang, 2007)

การสลายตัวในด่าง (Alkali spreading value, ASV)

วัดระดับการสลายตัวในด่างของเมล็ดข้าวเต็มเมล็ดที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.7% นาน 23 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง (กรมวิชาการเกษตร, 2527)

ระยะเวลาการหุงสุก (Cooking time)

หาระยะเวลาการหุงสุก (นาที) ที่ทำให้ข้าวสุก โดยการต้มข้าวในน้ำเดือด เมื่อครบ 10 นาทีนำเมล็ดข้าวมาบี้บนจานแก้วทุกๆ 1 นาทีจนไม่มีลักษณะเป็นไต

การขยายปริมาตรของข้าวสุก (Volume expansion)

วิเคราะห์การขยายปริมาตรของข้าวหรือปริมาตรที่เพิ่มขึ้น (เท่า) ของข้าวสุกภายหลังการหุงสุก (ตามระยะเวลาการต้มสุก) โดยคำนวณจากความสูงของเมล็ดข้าวสุกหารด้วยความสูงของเมล็ดข้าวสาร

การดูดซึมน้ำ (Water absorption)

วิเคราะห์การดูดซึมน้ำ (เท่า) ของข้าวภายหลังการหุงสุก (ตามระยะเวลาการต้มสุก) โดยคำนวณจากน้ำหนักข้าวสุกหารด้วยน้ำหนักข้าวสาร

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำข้าว (Total dissolved solids)

วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%) ที่ละลายในน้ำข้าว โดยการต้มข้าวจนสุก จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ คำนวณจากสูตร

$$\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำข้าว (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวหลังอบ} \times \text{ปริมาตรน้ำ} \times 100}{\text{น้ำหนักข้าวก่อนอบ} \times \text{น้ำหนักข้าวสาร}}$$

การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสในข้าวไรซ์เบอรีพบว่ามีปริมาณอะไมโลสเท่ากับ 16.79% ซึ่งอยู่ในช่วง 12.1-20% (Juliano, 1993) และ 12-19% (งามชื่น, 2539) ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งประเภทของข้าว โดยข้าวไรซ์เบอรีจะจัดอยู่ในกลุ่มของข้าวอะไมโลสต่ำ เมื่อนำมาฉายรังสีระดับต่ำที่ 1 และ 2 kGy การฉาย

รังสีไม่มีผลทำให้ปริมาณอะไมโลสเปลี่ยนแปลงไป (P>0.05) แต่การฉายรังสีที่ 3 kGy มีผลทำให้ปริมาณอะไมโลสลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ฉายรังสี โดยทำให้ปริมาณอะไมโลสลดลงจาก 16.79 % เหลือ 12.98% (P<0.05) ดังแสดงในตารางที่ 1 และเมื่อพิจารณาปริมาณอะไมโลสก็พบว่าอะไมโลส 12.98% ยังอยู่ในช่วงของข้าวอะไมโลสต่ำ

การฉายรังสีแกมมาทำให้เกิดการแตกหัก (breakage) หรือการตัด (cleavage) ของพันธะไกลโคซิดิกในโมเลกุลของอะไมโลเพคตินที่เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ที่มีสายยาวและมีกิ่งแขนงโดยเฉพาะส่วนของ B-chains ที่ทำให้เมื่อวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสจึงพบว่าปริมาณอะไมโลสลดลง (Mir et al., 2015) มีรายงานว่าปริมาณรังสีระดับต่ำ 1-3 kGy ไม่มีผลต่อปริมาณอะไมโลส (Sarbularse et al., 1992) แต่ในปริมาณที่สูงขึ้น 0-10 kGy มีผลทำให้ปริมาณอะไมโลสในข้าวกล้องลดลง (Mir et al., 2015) เช่นเดียวกับผลการทดลองในครั้งนี้

เมื่อนำข้าวที่ไม่ฉายรังสีและฉายรังสีมาวัดระดับการสลายตัวของเมล็ดข้าว พบว่าระดับการสลายตัวของเมล็ดข้าวไม่เปลี่ยนแปลงกล่าวคือการสลายตัวของเมล็ดข้าวอยู่ที่ระดับ 5 (หมายถึง ผิวของเมล็ดข้าวปริทางขวางหรือทางยาวและมีแป้งกระจายออกมารอบเมล็ดเป็นบริเวณกว้างเมื่อแช่ในด่าง 1.7% KOH นาน 23 ชม.) แสดงว่าโครงสร้างภายนอกของเมล็ดข้าวไม่ถูกทำลายหรือเสียสภาพโดยรังสีแกมมาระดับต่ำ สัมพันธ์กับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำข้าวในตารางที่ 3 ที่ไม่เปลี่ยนแปลง (P>0.05) ต่างจากสุรศักดิ์ (2551) ที่ศึกษาผลของการฉายรังสีแกมมา 1-3 kGy ที่รายงานว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำข้าวเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสี เนื่องจากรังสีทำให้สตาร์ชแตกตัวเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลขนาดเล็กลง เมื่อข้าวผ่านการหุงสุกทำให้โมเลกุลเหล่านี้จะหลุดออกมาจากเมล็ดข้าวออกมาในน้ำข้าวเพิ่มมากขึ้น โดยทั่วไปข้าวที่มีระดับการสลายตัวของเมล็ดข้าวสูงมักจะใช้ระยะเวลาการหุงต้มน้อยกว่าข้าวที่มีระดับการสลายตัวของเมล็ดข้าวที่ต่ำ แต่ในที่นี้พบว่าระยะเวลาการหุงสุกแตกต่างกันเล็กน้อยโดยข้าวที่ไม่ฉายรังสีใช้เวลา 16 นาที ข้าวฉายรังสี 1-3 kGy ใช้เวลาหุงสุก 15 นาที ดังแสดงในตารางที่ 2

ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเมื่อนำมาหุงสุกจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปริมาณอะไมโลส เช่น โดยข้าวอะไมโลสต่ำ (12.1-20%) เมื่อหุงสุกจะนุ่ม-เหนียว หุงแฉะง่าย ในขณะที่ข้าวอะไมโลสสูง (>25%) เมื่อหุงสุกจะร่วนแข็ง หุงขึ้นหม้อ (อรอนงค์, 2547) สอดคล้องกับค่าความคงตัวของแป้งสุกที่วัดจากระยะทางการไหลของเจล โดยข้าวอะไมโลสต่ำจะมีความคงตัวของแป้งสุกน้อย ระยะทางการไหลของแป้งสุกสูง เจลจะนุ่ม ส่วนข้าวอะไมโลสสูงจะมีความคงตัวของแป้งสุก ระยะทางการไหลน้อย เจลจะแข็ง ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าทั้งข้าวที่ไม่ฉายและฉายรังสีมีค่าความคงตัวของแป้งสุกน้อย โดยมีระยะทางการไหลอยู่ในช่วง 60.40-65.80 มม. ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของเจลนุ่ม (61-100 มม.) แตกต่างไปจากการศึกษาของ Yu and Wang (2007) ที่พบว่าความคงตัวของแป้งสุกลดลงเมื่อฉายรังสีแกมมาเพิ่มขึ้นในช่วง 2-10 kGy

ตารางที่ 1 ปริมาณอะไมโลส (%) ของข้าวไรซ์เบอรีที่ผ่านการฉายรังสี 0, 1, 2 และ 3 kGy

ระดับรังสี	ปริมาณอะไมโลส (%)
0 kGy	16.79 ± 0.39^{A}
1 kGy	16.85 ± 1.31^{A}
2 kGy	15.65 ± 1.40^{A}
3 kGy	12.98 ± 0.22^{B}

หมายเหตุ ^{AB} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 2 ระดับการสลายตัวในด่าง ระยะทางการไหลของแป้งสุก และระยะเวลาการหุงสุกของข้าวไรซ์เบอรีที่ผ่านการฉายรังสี 0, 1, 2 และ 3 kGy

ระดับรังสี	ระดับการสลายตัวในด่าง	ระยะทางการไหลของแป้งสุก (มม.)^{NS}	ระยะเวลาการหุงสุก (นาที)
0 kGy	5	64.00 ± 5.35	16
1 kGy	5	62.60 ± 5.93	15
2 kGy	5	60.40 ± 1.28	15
3 kGy	5	65.80 ± 3.96	15

หมายเหตุ ^{NS} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

งามชื่น (2531) กล่าวว่าปริมาณอะไมโลสมีผลต่อคุณภาพการหุงสุกต่างๆ โดยข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรได้มากกว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับงามชื่น (2531) ตัวอย่างเช่น ข้าวฉายรังสี 1 kGy ที่มีปริมาณอะไมโลสเท่ากับ 16.85% มีการขยายปริมาตร 1.93 เท่า ส่วนข้าวฉายรังสี 3 kGy ที่มีปริมาณอะไมโลสน้อยกว่าข้าวฉายรังสี 1 kGy คือมีอะไมโลสเท่ากับ 12.98% ขยายปริมาตรได้มากกว่าคือขยายปริมาตรเพิ่มขึ้นเป็น 2.08 เท่า ดังแสดงในตารางที่ 3 แต่เมื่อพิจารณาการดูดซึมน้ำจะเห็นว่าสามารถดูดซึมน้ำได้ในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วงระหว่าง 1.97-2.04 เท่า การที่ข้าวฉายรังสีขยายปริมาตรได้มากขึ้นอาจเป็นผลมาจากการฉายรังสีแกมมาทำให้ความเป็นระเบียบในส่วนที่เป็นผลึก (crystallinity) ของเม็ดแป้งลดลงเนื่องจากไปทำลายพันธะไกลโคซิดิกของอะไมโลเพกติน ทำให้เกิดอะไมโลเพกตินสายสั้นมากขึ้นส่วนอะไมโลเพกตินสายยาวลดจำนวนลง จึงทำให้อะไมโลสและอะไมโลเพกตินจับกับน้ำและพองตัวได้มากขึ้น เมล็ดข้าวจึงขยายปริมาตรได้เพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 3 การขยายปริมาตร การดูดซึมน้ำ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำข้าวไรซ์เบอรีที่ผ่านการฉายรังสี 0, 1, 2 และ 3 kGy

ระดับรังสี	การขยายปริมาตร (เท่า)	การดูดซึมน้ำ (เท่า)^{NS}	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำข้าว (%)^{NS}
0 kGy	1.89 ± 0.04^{C}	2.03 ± 0.03	58.26 ± 15.54
1 kGy	1.93 ± 0.04^{BC}	2.04 ± 0.04	55.24 ± 8.86
2 kGy	2.00 ± 0.01^{AB}	1.97 ± 0.07	60.88 ± 13.05
3 kGy	2.08 ± 0.11^{A}	1.99 ± 0.03	65.52 ± 23.93

หมายเหตุ ^{AB} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

^{NS} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

สรุปผลการวิจัย

การฉายรังสีแกมมาระดับต่ำ 1, 2 และ 3 kGy มีผลต่อคุณภาพทางเคมีคือปริมาณอะไมโลสโดยทำให้อะไมโลสมีแนวโน้มลดต่ำลงและมีผลต่อคุณภาพการหุงต้มของข้าวไรซ์เบอรีได้แก่ ระดับการสลายตัวในด่าง ระยะทางการไหลของแป้งสุก การดูดซึมน้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำข้าวเล็กน้อย แต่ทำให้ข้าวสามารถหุงสุกได้เร็วขึ้นและมีการขยายปริมาตรเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ผ่านการฉายรังสีแกมมา

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสและพฤติกรรมความหนืดของแป้งข้าวเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพทางเคมีและคุณภาพทางประสาทสัมผัส

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) งบแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2559 ภายใต้โครงการวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้รังสีแกมมาเป็นเทคโนโลยีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวในระหว่างการเก็บรักษาข้าวพันธุ์ที่มีสี

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2527. **ข้าวและการทำนา.** สถาบันวิจัยข้าว, กรุงเทพฯ.

กระทรวงพาณิชย์. 2561. **โครงสร้างสินค้าส่งออกของไทย.** แหล่งที่มา http://tradereport.moc.go.th/TradeThai.aspx. 10 กันยายน 2561.

งามชื่น. 2531. **คุณภาพการหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง.** การปรับปรุงคุณภาพข้าวสำหรับผู้ดำเนินธุรกิจโรงสี. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ

งามชื่น. 2539. **คุณภาพข้าวและผลิตภัณฑ์.** ใน การสัมมนาวิชาการครบรอบ 80 ปี ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุรศักดิ์ สัจจบุตร และกิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2551. ผลของการฉายรังสีแกมมาต่อสมบัติทางเคมีกายภาพระหว่างการเก็บรักษาข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.** 26(3): 61-72.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2561. **คุณภาพข้าว.** วิทยาการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวข้าว. แหล่งที่มา http://www.doa.go.th/pprdo/index.php/postharvest. 25 กันยายน 2561.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. **ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Bao, J., Shu, Q., Xia, Y., Bergman, C., McClung, A. 2001. Effects of gamma irradiation on aspects of milled rice (*Oryza sativa*) end-use quality. **Journal of Food Quality**. 24: 327-336.

Juliano, B.O. 1993. **Rice in Human Nutrition**. FAO Food and Nutrition Series, The International Rice Research Institute (IRR), Los Banos, Laguna, Philippines.

Loaharanu, S., Sutantawong, M., Ungsunantawiwat, A. 1971. **Sensory acceptability evaluation of irradiated rice, *Oryzae sativa* indica**. Technical report (THAI AEC-50). Office of Atomic Energy for Peace, Bangkok, Thailand.

Mir. S.A., S.J. Don Bosco. M.A. Shah, M.A. Mir, and K.V. Sunaroj. 2015. Effect of gamma irradiation on physicochemical properties of brown rice. **International Journal of Food Engineering.** 11(4): 563-571.

Roy, M.K., Ghosh, S.K., Chatterjee, S.R. 1991. Gamma irradiation of rice grains. **Journal of Food Science and Technology.** 28: 337-340.

Sarbularse, V.C., J.A. Liuzzo, R.M. Rao. And Grodure. 1992. Physicochemical characteristics of brown rice as influenced by gamma irradiation. **Journal of Food Science**. 57(1): 143-145.

Sirisoontaralak, P., and Noomhorm, A. 2006. Changes to physicochemical properties and aroma of irradiated rice. **Journal of Stored Products Research**. 42: 264-276.

Sung, W. 2005. Effect of gamma irradiation on rice and its food products. **Radiation Physics and Chemistry.** 73: 224-228.

Wang, U.P., Lee, C.Y., Chang, Y.L., and Yet, C.L. 1983. Gamma irradiation effects on Taiwanese produced rice grains. **Agricultural and Biological Chemistry**. 47: 461-472.

Wu, D., Shu, Q., Wang, Z., and Xia, Y. 2002. Effect of gamma irradiation on starch viscosity and physicochemical properties of different rice. **Radiation Physics and Chemistry.** 65:79-86.

Yu, Y. and J. Wang. 2007. Effect of γ-ray irradiation on starch granule structure and physicochemical properties of rice. **Food Research International**. 40: 297-303.

Zhu F., Cai, Y-Z., Bao, J., and Corke, H. 2010. Effect of gamma-irradiation on phenolic compounds in rice grain. **Food Chemistry.** 120: 74-77.

ขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วย

ไชยสิทธิ์ พันธุ์ฟูจินดา[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้ศึกษาการใช้น้ำหล่อฮั้งก๊วย ทดแทนปริมาณน้ำในสูตรของขนมปัง 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 50, 100 และระดับของการใช้น้ำหล่อฮั้งก๊วยทดแทนน้ำและน้ำตาลในสูตร พบว่า ขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วย ร้อยละ 50 ให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุกด้าน ไม่แตกต่างจากขนมปังร้อยละ 0 ($p>0.05$) แต่ในด้านลักษณะปรากฏโดยรวม และสี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) คือ 6.26 และ 6.20 จึงได้นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ พบว่า ขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วย เมื่อมีการเติมน้ำหล่อฮั้งก๊วยที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อค่าความสว่างที่ลดลง L^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) คือ 63.10, 50.53, 52.06 และ 40.06 ตามลำดับ ส่งผลต่อค่าความเป็นสีเขียว a^* ที่เพิ่มขึ้นคือ 2.66, 6.76, 6.96 และ 10.03 ค่าความเป็นสีเหลือง b^* ที่เพิ่มขึ้น คือ 21.23, 24.56, 24.30 และ 25.56 ด้านเนื้อสัมผัส ค่าความแข็ง (Hardness) พบว่าขนมปังหล่อฮั้งก๊วยที่ไม่มีการเติมน้ำตาล มีค่าสูงที่สุด คือ 0.56 และเมื่อนำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศ์กำลังขยายปกติ พบว่า การไม่มีน้ำตาลมีผลต่อโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่แน่นขึ้น

คำสำคัญ : หล่อฮั้งก๊วย, ขนมปัง

[1] สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail chaiyasit_p@rmutt.ac.th*

BREAD USING LAU HAN GUO AS SWEETENER

Chaiyasit Punfujinda[1]

Abstract

The research study using a Luo Han Guo 4 levels of 0 percent,50 percent, 100 percent, and the level of the water Luo Han Guo replace water and sugar that bread. The result of when using a baker's percentage to determine an ingredient's weight about 50 percent to the sensory test on all sides. Is composed of Bread of 0 ($p > 0.05$), but the overall appearance and color difference was statistically significant ($p \leq 0.05$) is 6.26 and 6.20, so the quality was analyzed. physical bread that Luo Han Guo. When the water Luo Han Guo added. Affect the brightness L * decreased statistically significantly ($p \leq 0.05$) was 63.10, 50.53, 52.06 and 40.06, respectively, affect the value of a * is green, the increase was 2.66, 6.76. 6.96 and 10.03 and the yellowness b * the increase was 21.23, 24.56, 24.30 and 25.56 of texture, hardness (hardness) found that Luo Han Guo bread without added sugar. The highest was 0.56 and when taken through telescopes microscope magnification normal cubic found that sugar affects the structure of tightening.

Keywords : Luo Han Guo, Bread

[1] *Food and Nutrition Faculty of Home Economics Rajamangala University of Technology Thanyaburi*

** Corresponding author, e-mail chaiyasit_p@rmutt.ac.th*

บทนำ

ขนมปัง เป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรีที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งนิยมบริโภคเป็นอาหารว่าง ของทานเล่น หรืออาหารหลัก ขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรีที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไปซึ่งหารับประทานง่าย ลักษณะของขนมปังจะแตกต่างกันไปตามประเภท ขึ้นอยู่กับปริมาณของไขมันและสารให้ความหวาน ที่มีผลทำให้เนื้อสัมผัสของขนมปังแตกต่างกัน มีวิธีการทำที่ง่าย สามารถรับประทานได้ทุกเพศทุกวัย ส่วนประกอบของขนมปังส่วนใหญ่จะให้พลังงานที่ค่อนข้างสูงเนื่องจากมีแป้งเป็นส่วนประกอบ ไขมัน และน้ำตาล จึงทำให้ได้รับสารอาหารจำพวก คาร์โบไฮเดรต

หล่อฮั้งก๊วย หรือที่ชาวต่างชาติเรียกว่า Lau Han Guo จัดเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่สามารถพบได้ทางตอนเหนือของประเทศไทย หาซื้อง่ายราคาถูก สาระสำคัญที่พบในหล่อฮั้งก๊วย คือ โมโกรไซด์ (Mogrosides) ซึ่งเป็นสารกลุ่ม ไตรเตอร์ปีน ไกลโคไซด์ (Triterpene Glycosides) เป็นสารที่มีรสชาติหวานแต่ไม่ให้พลังงานและไม่มีผลกระทบต่อระดับอินซูลินในเลือดกระแสเลือด สารโมโกรไซด์ช่วยเร่งปฏิกิริยาการเผาพลาญไขมันในร่างกายโดยไม่มีผลกระทบต่อการผลิตอินซูลิน หล่อฮั้งก๊วยจึงจัดเป็นสมุนไพรที่ให้ความหวานและมีประโยชน์เหมาะสำหรับการควบคุมน้ำหนักและปลอดภัยสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน นอกจากนี้จึงเป็นทางเลือกสำหรับคนรักสุขภาพ

จากคุณประโยชน์ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่า ขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรีที่เข้าถึงกลุ่มผู้บริโภคที่ง่ายที่สุดและราคาถูก อีกทั้งหล่อฮั้งก๊วยยังมีสรรพคุณทางยา คือแก้ร้อนใน กระหายน้ำ ขับเสมหะ เพิ่มประสิทธิภาพ การทำงานของต่อมต่างๆ และรักษาระดับน้ำตาลในเลือด (วิไลพร และอาทิศรา, 2553) ผู้วิจัยจึงได้มีความคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์เบเกอรีให้มีความหลากหลายสำหรับกลุ่มคนรักสุขภาพ และยังเป็นการสนับสนุนการใช้พืชสมุนไพรให้เป็นที่รู้จักเพิ่มมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วย ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ และทดสอบผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วยที่เหมาะสม

การคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมโดยการนำสูตรขนมปังจำนวน 3 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 1 มาทำการผลิต ขนมปังตามกระบวนการผลิตในภาพที่ 1 หลังจากนั้นนำขนมปังที่ได้ทั้ง 3 สูตร มาทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภค สถานที่ทดสอบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีด้วยวิธี 9-Point Hedonic scale จำนวน 30 คน วิธีการทดสอบแบบ Central Location Test ทดสอบในคุณลักษณะดังนี้ ลักษณะปรากฏโดยรวม สีของผลิตภัณฑ์ กลิ่นโดยรวม กลิ่นรสโดยรวม ความนุ่ม และความชอบโดยรวม นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS for Windows ด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test และคัดเลือกสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาสูตร ขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วยต่อไป

1. วัสดุและอุปกรณ์

1.1 วัตถุดิบ (แป้งขนมปัง ยี่ห้อ UFM, เนยสดเค็ม ยี่ห้อ Home fresh gold, ยีสต์ ยี่ห้อ saf instant, น้ำตาลทรายละเอียด ยี่ห้อ ลิน, ไข่ไก่ เบอร์ 1 ยี่ห้อ CP, เกลือ, น้ำ และน้ำหล่อฮั้งก๊วย)

1.2 อุปกรณ์ในการทำขนมปังหล่อฮั้งก๊วย (เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง, ถ้วยตวงของเหลวของแห้ง, ช้อนตวง, หัวตะขอตีขนมปัง, อ่างผสม, เครื่องผสมอาหาร, ที่ร่อนแป้ง, หม้อ, พิมพ์ปอนด์มีฝาปิด และพายไม้และพายพลาสติก)

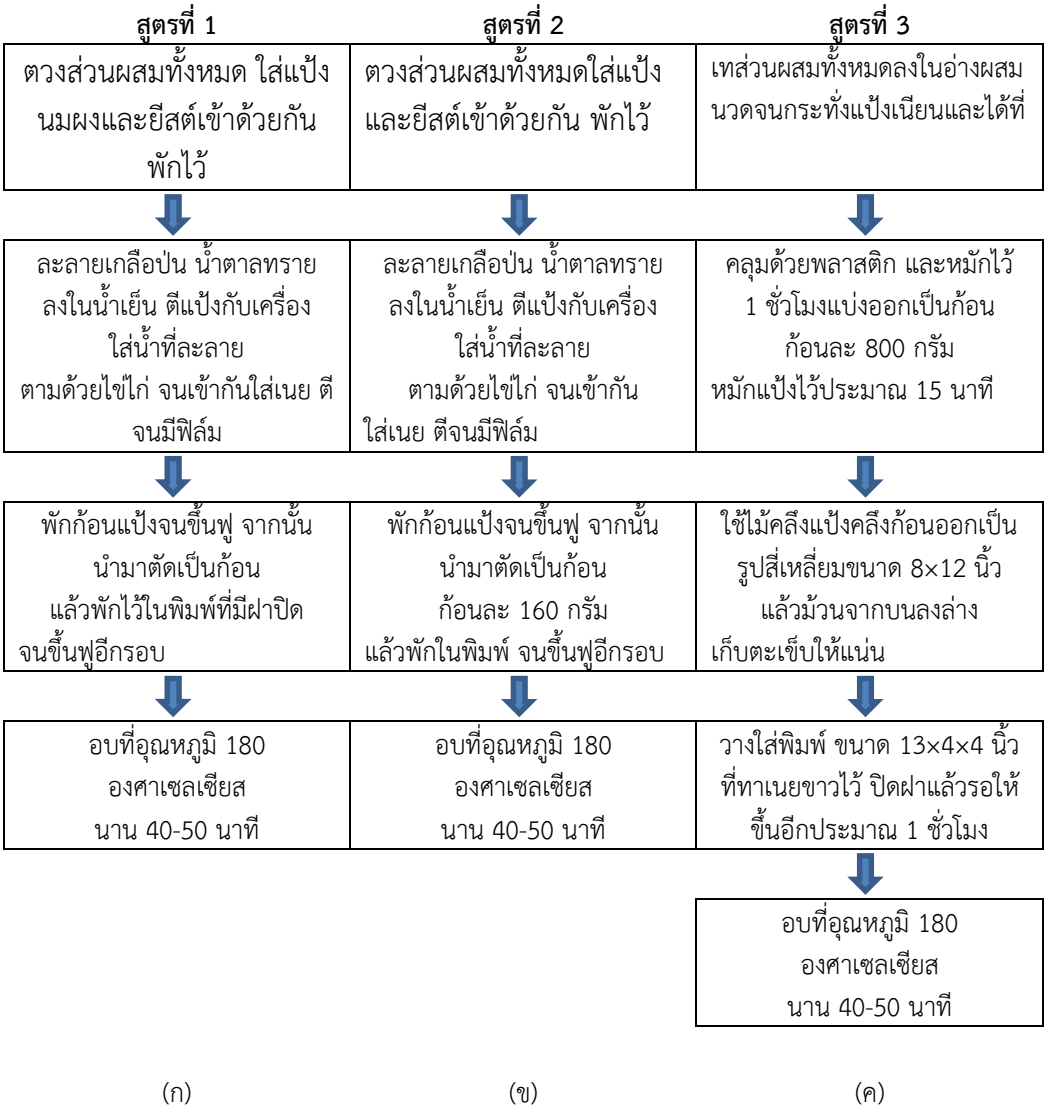
1.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพ (อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดสอบทางประสาทสัมผัสขนมปังหล่อฮั้งก๊วย, แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส แบบ 9 – Point Hedonic scale, อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส เช่น ถ้วยพลาสติก หรือถุงพลาสติก ไม้จิ้มอาหาร กระดาษเช็ดปาก ปากกา และแก้วน้ำ กระดาษบอกรหัสตัวอย่าง, เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น AC2115, เครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น colour flex, เครื่องวัด Texture analyzer รุ่น TA.XT2 และกล้องจุลทรรศ์**แบบใช้**แสงพร้อมชุดถ่ายภาพ LM/ DIC/ Fluorescence)

1.4 อุปกรณ์ในการประมวลผลข้อมูล (เครื่องคอมพิวเตอร์, โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ผลทางสถิติ)

ตารางที่ 1 สูตรมาตรฐานทั้ง 3 สูตรของขนมปัง

ส่วนประกอบ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งขนมปัง	54.72 %	51.94 %	54.94 %
เนยชนิดเค็ม	3.28 %	7.20 %	-
เนยขาว	-	-	3.02 %
นมผงขาดมันเนย	2.19 %	-	2.75 %
น้ำตาลทรายละเอียด	5.47 %	7.20 %	3.57 %
ไข่ไก่ (ทั้งฟอง)	-	5.26 %	-
เกลือ	0.96 %	0.70 %	1.10 %
ผงยีสต์	0.55 %	0.70 %	0.55 %
น้ำเย็น	32.83 %	27.0 %	34.07 %

ที่มา : (จิตธนา และอรอนงค์, 2554) (สูตรที่ 1), (โอกิยามะ, 2558) (สูตรที่ 2), (รุ่งรักษ์, 2548) (สูตรที่ 3)



ภาพที่ 1 กรรมวิธีการผลิตขนมปัง : (จิตธนา และอรอนงค์, 2554) (สูตรที่ 1), (โอกิยามะ, 2558) (สูตรที่ 2), (รุ่งรักษ์, 2548) (สูตรที่ 3)

ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตน้ำหล่อฮั้งก๊วย กรรมวิธีการผลิตน้ำหล่อฮั้งก๊วย (ก) หล่อฮั้งก๊วยล้างทำความสะอาด ในอัตราส่วนต่อน้ำหนัก หล่อฮั้งก๊วย 1 : น้ำ 20 (ข) บีบหล่อฮั้งก๊วยให้แตก (ค) แช่ในน้ำประมาณ 20-30 นาที (ง) ต้มด้วยไฟกลาง (จ) รอจนเดือดจับเวลาประมาณ 30-45 นาที (ฉ) กรองเอาแต่น้ำ ได้น้ำหล่อฮั้งก๊วยตามต้องการ

2. ขั้นตอนการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วย

ในการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วย ใช้สูตรพื้นฐานที่ผ่านการคัดเลือกแล้วจากข้อ 1 โดยปัจจัยที่ทำการศึกษา คือปริมาณน้ำหล่อฮั้งก๊วยที่ใส่แทนน้ำเพื่อให้เกิดรสชาติในผลิตภัณฑ์ โดยแปรเป็น 4 ระดับ คือ 0, 50, 100 และระดับของการใช้น้ำหล่อฮั้งก๊วยทดแทนน้ำและน้ำตาลในสูตร ตามลำดับ

ภาพที่ 3 กรรมวิธีการผลิตขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วย (ก) เตรียมวัตถุดิบโดยการชั่งตวงตามสูตร (ข) ผสมแป้งกับยีสต์ (ค) เทลงในอ่างผสมตีจนส่วนผสมเข้ากัน (ง) ใส่ไข่ (จ) ใส่น้ำหล่อฮั้งก๊วยตีจนเข้ากัน (ฉ) ใส่เนยเค็ม (ช) พักก้อนโด (ซ) ตัดก้อนโดออกเป็น 3 ส่วน เท่าๆกัน (ฌ) ใส่พิมพ์พักให้แป้งขนมปังขึ้น (ญ) อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสนาน 40-45 นาที (ฎ) ได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการ

หลังจากนั้นนำขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วยที่ผลิตได้ทั้ง 4 ลักษณะ ไปทำการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสดังนี้

การทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ การศึกษาความชอบของผู้บริโภค ที่เป็นนิสิตและบุคลากรในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และบุคคลทั่วไป โดยการสุ่มแบบบังเอิญ จำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-Point Hedonic scale โดยในการทดสอบจะทดสอบแบบ Central location test ทำการทดสอบด้านคุณลักษณะดังนี้ ลักษณะปรากฏ ลักษณะสีของผลิตภัณฑ์ ลักษณะกลิ่นของผลิตภัณฑ์ ลักษณะกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ นำผลที่ได้มาคัดเลือกลักษณะที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วย

3. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วย

ทำการผลิตขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วยจากสูตรที่เหมาะสม จากข้อ 2 และผลิตตามกระบวนการผลิตตามภาพที่ 3 แล้วนำขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วยที่ได้มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ดังนี้

3.1 การทดสอบทางกายภาพ โดยทำการวัดค่าสี เนื้อสัมผัส รวมถึงการส่องด้วยกล้องจุลทรรศ์

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Kanlaya, 2007) ด้วยโปรแกรม SPSS for Windows

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การคัดเลือกสูตรพื้นฐาน

การศึกษาสูตรพื้นฐานโดยนำสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ทดสอบตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่าง แล้วให้คะแนนความชอบโดยวิธี 9-Point Hedonic scaling Test (1= ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏโดยรวม สี กลิ่นโดยรวม กลิ่นรสโดยรวม ความนุ่ม และความชอบโดยรวมได้ผลทางการทดสอบดังตาราง ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คะแนนความชอบขนมปังสูตรพื้นฐาน 3 สูตร

(n=30)

สูตรที่ทำการทดลอง	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะปรากฏโดยรวม	สี	กลิ่นโดยรวม	กลิ่นรสโดยรวม	ความนุ่ม	ความชอบโดยรวม
สูตร 1	$6.30^{b}\pm1.72$	$7.07^{ab}\pm1.48$	$7.10^{ab}\pm1.26$	$6.40^{b}\pm1.71$	$5.73^{b}\pm1.55$	$6.40^{b}\pm1.30$
สูตร 2	$7.77^{a}\pm1.00$	$7.70^{a}\pm1.14$	$7.70^{a}\pm1.23$	$7.90^{a}\pm1.12$	$8.07^{a}\pm0.98$	$8.33^{a}\pm0.75$
สูตร 3	$6.13^{b}\pm1.47$	$6.80^{b}\pm1.03$	$6.43^{b}\pm1.40$	$5.37^{c}\pm1.97$	$4.73^{c}\pm1.83$	$5.67^{c}\pm1.49$

หมายเหตุ : $^{a,b...}$ หมายถึง ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะ สูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เนื่องจากสูตรที่ 2 มีส่วนประกอบที่ไม่เหมือน สูตรที่ 1 และ 3 คือ มีการใช้

ไข่ทั้งฟอง ที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ในทุกด้าน ที่เป็นเช่นนี้เพราะ ไข่ไก่ โดยเฉพาะไข่แดง มีสารสี คือ แคโรทีนอยด์ ที่ออกสีส้มเหลือง (อุจิตชญา, 2551) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่น่ารับประทาน อีกทั้งคุณสมบัติของไข่แดง มีโปรตีน และไขมันค่อนข้างสูง ตัวไขมันของไข่แดงนี้จะเป็นส่วนช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ มีกลิ่นรสที่ดี และส่งผลต่อเนื้อสัมผัส เพราะยิ่งมีไขมันสูงผลิตภัณฑ์ก็จะมีความนุ่มมากขึ้นตามไปด้วย อีกทั้งเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการอีกทางหนึ่ง ไข่ขาว ของไข่ไก่นั้นประกอบด้วย น้ำ และโปรตีนเป็นสำคัญทำให้ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ มีลักษณะที่ดีมีโครงสร้างและการอยู่ตัวของผลิตภัณฑ์ ปริมาณของ เนยสดเค็ม ที่มีปริมาณมากที่สุดกว่าสูตรอื่น เป็นส่วนช่วยในการ shortening คือ เป็นตัวช่วยในการตัดโครงสร้างของโปรตีน กลูเตน ที่ได้จากการนวดเค้นขณะผสมกับน้ำ ทำให้ก้อนโดที่ได้มีลักษณะที่นุ่มกว่าสูตรอื่นๆ นมผงขาดมันเนย ในสูตรที่ 2 ไม่มีการนำมาใช้ โดยปกติการใช้ของแห้งในอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ การดูดน้ำก็จะค่อนข้างสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแห้งและแข็ง อีกทั้งรสชาติก็จะไม่นุ่มนวลเท่านมผงครบส่วน ปริมาณของยีสต์ พบว่า น้ำหนักของแป้งทั้ง 3 สูตร เมื่อเทียบอัตราส่วนสูตรที่ 2 มีการใช้ยีสต์ และน้ำตาลทรายมากที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำหนักแป้ง ดังนั้นการขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 จะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ค่อนข้างสูงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความฟูเบา ส่งผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ดีของผลิตภัณฑ์ขนมปัง

2. การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วย

ทำการผลิตขนมปังตามสูตรพื้นฐานที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดทั้ง 4 ระดับ ของปริมาณน้ำหล่อฮั้งก๊วย แล้วนำขนมปังที่ได้มาทำการวิเคราะห์คุณภาพ ด้านประสาทสัมผัส และคุณภาพด้านกายภาพ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3, 4 และ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 คะแนนการศึกษาความชอบในคุณลักษณะต่างๆ ของขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วยทั้ง 4 สูตร

(n=50)

ปริมาณน้ำหล่อฮั้งก๊วยที่ทดแทนน้ำ (ร้อยละ)	คุณภาพทดสอบทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะปรากฏโดยรวม	สี	กลิ่นโดยรวม	กลิ่นรสโดยรวม	ความนุ่ม	ความชอบโดยรวม
0	$6.96^{a}\pm1.27$	$7.24^{a}\pm1.25$	$6.00^{a}\pm1.53$	$6.44^{a}\pm1.40$	$6.66^{ab}\pm1.40$	$6.76^{a}\pm1.36$
50	$6.26^{b}\pm1.17$	$6.20^{b}\pm1.14$	$5.56^{ab}\pm1.37$	$6.32^{a}\pm1.25$	$6.66^{ab}\pm1.54$	$6.64^{a}\pm1.13$
100	$6.24^{b}\pm1.53$	$5.94^{b}\pm1.39$	$5.22^{b}\pm1.77$	$6.38^{a}\pm1.52$	$7.04^{a}\pm1.22$	$6.48^{ab}\pm1.52$
ทดแทนน้ำ+น้ำตาล	$5.88^{b}\pm1.53$	$5.68^{b}\pm1.73$	$5.06^{b}\pm1.88$	$5.40^{b}\pm1.88$	$6.06^{b}\pm1.73$	$5.98^{b}\pm1.82$

หมายเหตุ : $^{a,b...}$ หมายถึง ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ภาพที่ 4 ขนมปังหล่อฮั้งก๊วยแต่ละระดับ

จากตารางที่ 3 พบว่า ขนมปังหล่อฮั้งก๊วย ที่ปริมาณน้ำหล่อฮั้งก๊วยที่ต่างกันส่งผลต่อความชอบในทุกคุณลักษณะ ทางประสาทสัมผัสในทุกด้าน ($p \leq 0.05$) เนื่องจากน้ำหล่อฮั้งก๊วย มีสีที่เป็นเอกลักษณ์ คือมีสีน้ำตาล อีกทั้งยังมีกลิ่นรสเฉพาะตัว และมีรสชาติที่ชุ่มคอที่เป็นเอกลักษณ์ของหล่อฮั้งก๊วย ด้านลักษณะปรากฏ พบว่า น้ำหล่อฮั้งก๊วยที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อความชอบที่ลดลง สอดคล้องกับขนมปังแซนด์วิช โดยทั่วไปจะมีสีขาว อีกทั้งกลิ่นหล่อฮั้งก๊วยที่เหมือนสมุนไพรจีน จึงส่งผลต่อกลิ่นในผลิตภัณฑ์ รสชาติเป็นเอกลักษณ์คือเมื่อกลืนจะมีความหวานภายในลำคอ แต่ความนุ่มไม่มีผลต่อการเติมหล่อฮั้งก๊วย อีกทั้งความชอบโดยรวมผู้ทดสอบก็ยังคงความชอบขนมปังแซนด์วิชที่เป็นสีขาวปกติ ในทางกลับกันการใช้น้ำหล่อฮั้งก๊วย ร้อยละ 50 และ ร้อยละ 100 ของการใส่น้ำตาล พบว่าผู้บริโภค ให้ค่าคะแนนไม่แตกต่างกันกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ยกเว้นลักษณะปรากฏ และสีของผลิตภัณฑ์ ผู้ทดสอบบางท่านให้ความเห็นว่าเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อกลุ่มคนรักสุขภาพ เพราะความหวานของหล่อฮั้งก๊วย ร่างกายไม่สามารถเผาผลาญ และดูดซึมเข้าร่างกายได้ ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดไม่ขึ้นสูง ดังนั้นผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับภาวะน้ำตาลในเลือดสามารถที่จะรับประทานได้ เพราะมีพลังงานที่น้อยกว่าขนมปังปกติ

ตารางที่ 4 คะแนนการทดสอบทางกายภาพขนมปังหล่อฮั้งก๊วย

(สี n=3)

ปริมาณน้ำหล่อฮั้งก๊วย (ร้อยละ)	คุณภาพทดสอบทางกายภาพ		
	L*	a*	b*
0	63.10 ^{a} ±0.43	2.66 ^{c} ±0.15	21.23 ^{c} ±0.80
50	50.53 ^{c} ±0.56	6.76 ^{b} ±0.61	24.56 ^{ab} ±0.70
100	52.06 ^{b} ±0.66	6.96 ^{b} ±0.66	24.30 ^{b} ±0.45
ทดแทนน้ำ+น้ำตาล	40.06 ^{d} ±0.23	10.03 ^{a} ±0.05	25.56 ^{a} ±0.15

หมายเหตุ : $^{a,b...}$ หมายถึง ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าความสว่าง (L*) พบว่าจะลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำหล่อฮั้งก๊วย ทั้งนี้เพราะตัวน้ำหล่อฮั้งก๊วยจะมีสีน้ำตาล ความสว่างจะลดลงตามลำดับ ค่าความเป็นสีเขียว (a*) เพิ่มขึ้นและค่าความสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

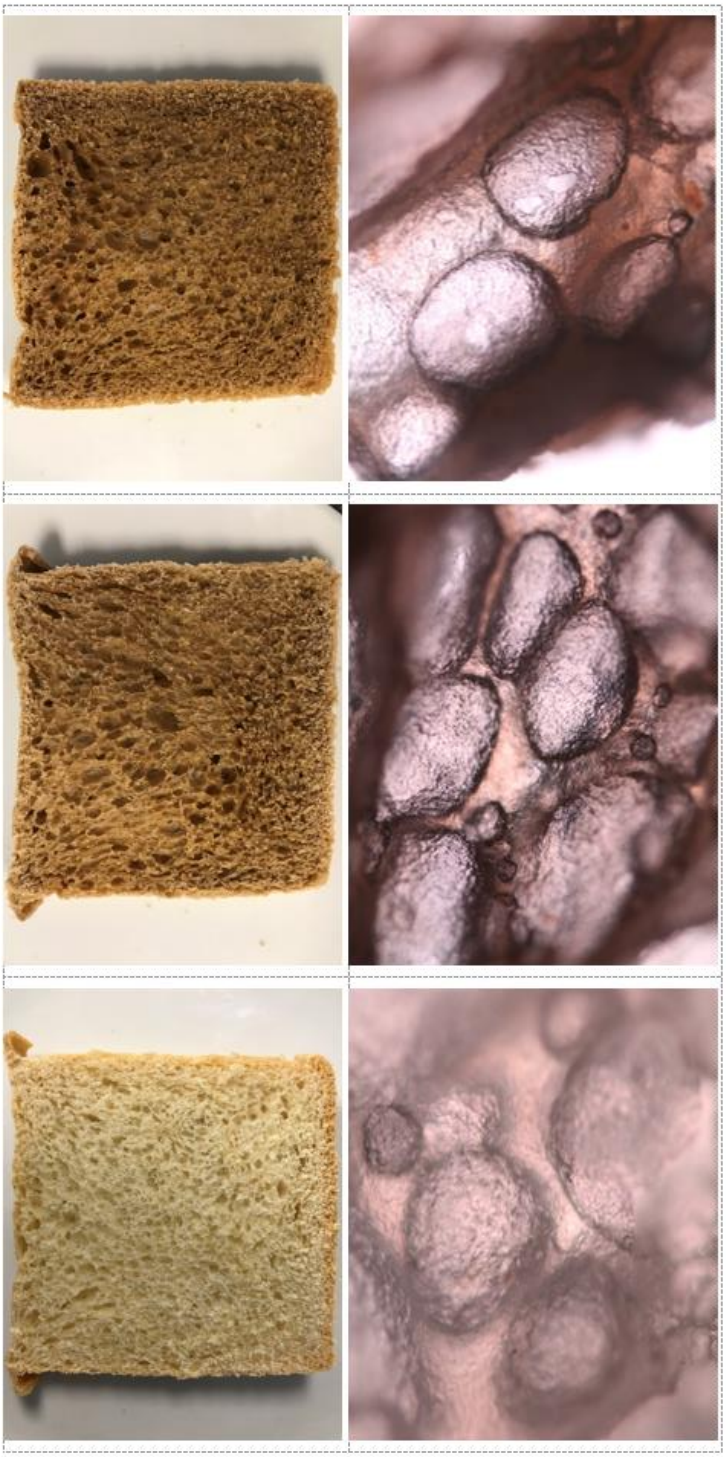
ตารางที่ 5 คุณภาพทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัส

สูตรพื้นฐานที่ทำการทดลอง	ด้านเนื้อสัมผัส							
	Hardness	Cohesiveness	Springiness^{ns}	Gumminess	Chewiness	Fracturability^{ns}	Adhesiveness^{ns}	Stiffness
0	0.52^{b} ±0.28	0.15^{b} ±0.03	19.37±1.22	0.08^{b} ±0.02	1.60^{b} ±0.35	0.00±0.00	0.02±0.00	0.05^{a} ±0.00
50	0.38^{d} ±0.01	0.34^{a} ±0.05	19.85±3.72	0.13^{a} ±0.02	2.62^{a} ±0.08	0.02±0.03	0.01±0.00	0.02^{c} ±0.00
100	0.47^{c} ±0.00	0.23^{b} ±0.05	20.07±2.11	0.10^{ab} ±0.02	2.18^{ab} ±0.51	0.00±0.00	0.02±0.00	0.03^{b} ±0.00
ทดแทนน้ำ+น้ำตาล	0.56^{a} ±0.01	0.19^{b} ±0.01	21.34±0.64	0.10^{ab} ±0.00	2.27^{a} ±0.13	0.18±0.31	0.02±0.00	0.04^{b} ±0.00

หมายเหตุ : $^{a,b,...}$ หมายถึง ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 5 พบว่า คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ที่วัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง (Texture Analyser/TA.XT.Plus) พบว่า ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความสามารถในการยึดเกาะกันภายในชิ้นอาหาร (Cohesiveness) ค่าพลังงานการเคี้ยวอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว (Gumminess) ค่าพลังงานการเคี้ยวอาหารแข็ง (Chewinness) ค่าความแข็ง (Stiffness) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านความนุ่ม ที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจาก ในส่วนประกอบของขนมปังหล่อฮั้งก๊วย ที่ไม่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบนั้น พบว่าการเกิดก๊าซระหว่างหมักก้อนโด เป็นไปได้ช้ามากกว่าขนมปังที่ใช้น้ำตาล โดยปกติจะใช้เวลาหมักในการขึ้นโดประมาณ 1 ชั่วโมง แต่ถ้าไม่มีน้ำตาลต้องใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง กว่าขนมปังจะขึ้นเต็มพิมพ์ โดยน้ำหล่อฮั้งก๊วยไม่มีผลต่อการขึ้นฟูของน้ำตาล และการที่ไม่ใส่น้ำตาลมีผลต่อ ค่าความแข็ง (Hardness) มีระดับสูงที่สุด คือ 0.56



ภาพที่ 5 ลักษณะเนื้อสัมผัส ที่ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายปกติ ขนมปังแซนด์วิชปกติ, ขนมปังแซนด์วิชหล่อยั้งก๊วย และขนมปังแซนด์วิชหล่อยั้งก๊วยแบบไม่ใส่น้ำตาล จากซ้ายไปขวา ตามลำดับ

จากภาพที่ 5 พบว่า การเกิดก๊าซในขนมปังที่มีการใช้น้ำตาล ฟองอากาศจะมีขนาดใหญ่และเล็กสลับกันแน่น และลักษณะของแป้งจะมีโครงสร้างที่แข็งแรง กว่าขนมปังหล่อฮั้งก๊วยที่ไม่ใช้น้ำตาล เพราะดูจากกล้องจุลทรรศ์จะมีการฉีกขาดของโครงสร้างของแป้ง และฟองก๊าซจะมีช่องว่างค่อนข้างเยอะ ดังนั้นส่งผลต่อเนื้อสัมผัส ที่ว่าขนมปังชนิดนี้จะมีเนื้อที่แน่นโดยรอบของแผ่น มากกว่าขนมปังชนิดอื่นที่มีโพรงอากาศที่สูงกว่า และที่ได้ทำการทดลองเพียง 3 ตัวอย่างเพราะจะได้เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน โดยสีของน้ำหล่อฮั้งก๊วย มีผลต่อการเห็นฟองก๊าซที่ชัดเจนมากกว่าไม่มีการเติมน้ำหล่อฮั้งก๊วย

สรุปผลการทดลอง

1. สูตรพื้นฐานที่เหมาะสมคือ สูตรที่ 2 ประกอบด้วย แป้งขนมปัง, เนยชนิดเค็ม, น้ำตาลทรายละเอียด, ไข่ไก่ (ทั้งฟอง), เกลือ, ผงยีสต์ และน้ำเย็น ปริมาณร้อยละ 51.94, 7.20, 7.20, 5.26, 0.70, 0.70 และ 27.0 กรัม ตามลำดับ

2. สูตรที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วย ประกอบด้วย แป้งขนมปัง, เนยชนิดเค็ม, น้ำตาลทรายละเอียด, ไข่ไก่ (ทั้งฟอง), เกลือ, ผงยีสต์, น้ำ และน้ำหล่อฮั้งก๊วย ปริมาณ 51.94, 7.20, 7.20, 5.26, 0.70, 0.70, 13.5 และ 13.5 กรัม ตามลำดับ

3. คุณภาพของขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วย

3.1 คุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า คะแนนความชอบโดยรวมขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วย ร้อยละ 50 ได้คะแนนยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด คือ 6.64 เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกคุณลักษณะ

3.2 คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ค่าสี และค่าเนื้อสัมผัส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วยเพื่อยืดอายุของผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น

2. ผลิตภัณฑ์ทางอาหารจากสารให้ความหวานหล่อฮั้งก๊วยนอกจากการทำขนมปัง ดังนั้นควรจะมีการแปรรูปให้มีความหลากหลาย ซึ่งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มได้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2554. **เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

รุ่งรักษ์ เลิศวิชากุล. 2548. **การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพระยะสั้นเรื่องการทำขนมปังแซนวิช.** มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วิไลพร จอมพล และอาทิศรา ขุนสิทธิ์. 2553. **การใช้น้ำหล่อฮั้งก๊วยทดแทนน้ำตาลมะพร้าวในกระยาสารท**. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

อุจิตชญา จิตรวิมล. 2551. **วิทยาการประกอบอาหาร (Food Preparation Science)**. ปทุมธานี: ศูนย์ปฏิบัติการพิมพ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี,

โอกิยามะ คะสุยะ. 2558. **ขนมปังโฮมเมดอร่อยง่ายในขั้นตอนเดียว**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง,

Kanlaya,Y. (2007). **Data Anatysis SPSS for Windows**. 10d'ed. Bangkok: Thamasan Publishers Ltd.

การใช้ประโยชน์จากแป้งมันสำปะหลังเพื่อผลิตอาหารเลี้ยงเชื้อราสำเร็จรูป

สุวภา ยศตะโคตร[1*] วราพร ดวงสุภา[1] อรุณ วงศ์จิรัฐิติ[1]

บทคัดย่อ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจหนึ่งในห้าอันดับแรกของประเทศไทย โดยเฉพาะแป้งมันสำปะหลังเป็นผลิตภัณฑ์หลักของพืชชนิดนี้ งานวิจัยนี้จึงทดสอบการเจริญของเชื้อราทดสอบ 3 ชนิด คือ *Aspergillus flavus* TISTR 3366 (*A. flavus* TISTR 3366), *Bipolaris oryzae* DOAC 1760 (*B. oryzae* DOAC 1760) และ *Phytopthora palmivora* DOAC 2072 (*P. palmivora* DOAC 2072) บนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกันของส่วนประกอบ โดยศึกษาความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลัง วุ้น น้ำตาลเดกซ์โทรส และกรดทาร์ทาริค ทีละปัจจัย เพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของแต่ละส่วนประกอบสำหรับเชื้อทดสอบทุกชนิด โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และศึกษาความหนาแน่นของเส้นใยราทดสอบบนอาหารแข็งที่ความเข้มข้นของส่วนประกอบต่าง ๆ ของอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลัง หลังบ่ม 5 วัน พบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังสำหรับเชื้อ *A. flavus* TISTR 3366 คือ แป้งมันสำปะหลัง 2.5 % วุ้น 2.5% น้ำตาลเดกซ์โทรส 1.0 % และกรดทาร์ทาริค 0.00 % พบการเจริญของ *B. oryzae* DOAC 1760 บนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่แป้งมันสำปะหลัง 2.5 % วุ้น 2.0 % น้ำตาลเดกซ์โทรส 1.0 % และกรดทาร์ทาริค 0.05 % และสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับ *P. palmivora* DOAC 2072 บนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังคือ แป้งมันสำปะหลัง 2.5 % วุ้น 2.0 % น้ำตาลเดกซ์โทรส 1.0 % และกรดทาร์ทาริค 0.00 % การเจริญของเชื้อราบนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังจะดีขึ้นถ้าเติมแหล่งไนโตรเจน จากผลการทดลองจะเห็นว่าแป้งมันสำปะหลังมีผลต่อการเจริญของเชื้อรา จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้เป็นแหล่งคาร์บอนของเชื้อรา

คำสำคัญ : แป้งมันสำปะหลัง อาหารเพาะเลี้ยงเชื้อรา ส่วนประกอบอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสม

[1] *สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร*

[*] *ผู้นิพนธ์หลัก e-mail : ssuvapa@hotmail.com*

UTILIZATION OF MODIFIED CASSAVA STARCH FOR FUNGAL MEDIA PRODUCTION

Suvapa Yottakot[11*] Waraporn Dungsupha[1] Aroon Wongjiratthiti[1]

Abstract

Cassava is one of the top five cash crops in Thailand, especially cassava starch is the main product produced from this tuber. The growth of three test molds including *Aspergillus flavus* TISTR 3366 (*A. flavus* TISTR 3366), *Bipolaris oryzae* DOAC 1760 (*B. oryzae* DOAC 1760) and *Phytopthora palmivora* DOAC 2072 (*P. palmivora* DOAC 2072) on different concentration of compositions of cassava starch dextrose agar media were investigated. Various concentrations of modified cassava starch, agar, dextrose and tartaric acid were studied in a step-by-step fashion to optimize the medium components for all test molds. Colony diameter and mycelial density of the test mold on different concentration of medium components of cassava starch dextrose agar media after 5 days of incubation were measured. The optimal media components of cassava starch dextrose agar for *A. flavus* TISTR 3366 were 2.5 % modified cassava starch, 2.5 % agar, 1.0 % dextrose and 0.00 % tartaric acid. The highest growth of *B. oryzae* DOAC 1760 on cassava starch dextrose agar was found at 2.5 % modified cassava starch, 2.0 % agar, 1.0 % dextrose and 0.05 % tartaric acid. The suitable formula for *P. palmivora* DOAC 2072 on cassava starch dextrose agar was 2.5 % modified cassava starch, 2.0 % agar, 1.0 % dextrose and 0.00 % tartaric acid. The growth of molds on cassava starch dextrose agar media will improve if nitrogen source is added. The results showed that modified cassava starch affected the growth of fungi. It can be used as an alternative carbon source of fungi.

Keywords : Modified cassava starch, Fungal culture media, Optimal media components

[1] *Program in Biology, Faculty of Science and Technology, Sakonnakhon Rajabhat University, Sakonnakhon*
[*] *Corresponding author, e-mail : ssuvapa@hotmail.com*

บทนำ

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ทำให้ปัจจุบันผลผลิตมันสำปะหลังของไทยอยู่ในระดับแนวหน้าของโลก ในอดีตผลผลิตเฉลี่ยของไทยในรอบ 30 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2510-2540 เฉลี่ยผลผลิตได้ไร่ละ 2.31 ตันต่อไร่ และใน 10 ปีหลัง ผลผลิตเฉลี่ยได้เพิ่มเป็น 3.66 ตันต่อไร จากประสิทธิภาพในผลิตวัตถุดิบและแปรรูปทำให้การใช้มันสำประหลังภายในประเทศมีความต้องการเพิ่มขึ้นจากปี 2555 ที่ผ่านมา เนื่องจากผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังสามารถใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้หลากหลาย เช่น อาหารสัตว์ อุตสาหกรรมอาหาร สารความหวาน ผงชูรส กระดาษ อุตสาหกรรมสิ่งทอ รวมถึงการผลิตเอทานอล จากเหตุผลดังกล่าวทำให้มันสำปะหลังเป็นยุทธศาสตร์การวิจัยรายประเด็น ซึ่งมีวิสัยทัศน์การวิจัยไว้ว่า “มุ่งเน้นการพัฒนาอุตสาหกรรมมันสำปะหลังด้วยงานวิจัยให้มีคุณภาพสามารถแข่งขันได้อย่างยั่งยืนในตลาดโลก” จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสนใจนำแป้งมันสำปะหลังมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์ โดยนำแป้งมันสำปะหลังมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปสำหรับเพาะเลี้ยงเชื้อราเนื่องจากมันสำปะหลังมีแหล่งสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา รวมทั้งคณะผู้วิจัยได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการลดต้นทุนการผลิตอาหารเลี้ยงฟังไจโดยใช้พืชผลทางการเกษตร โดยศึกษาการเจริญของ *Saccharomyces cerevisiae, Aspergillus flavus*, *B. oryzae* DOAC 1760, *Fusarium semitectum* DOAC 1986 และ *Penicillium* sp. ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีพืชผลทางการเกษตร คือ เผือก มันเทศ มันสำปะหลัง และมันฝรั่ง เปรียบเทียบกับอาหาร Potato Dextrose Broth และ Agar (PDB และ PDA) ผลการทดลองพบว่า ทั้งยีสต์และราสามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีมันสำปะหลังเป็นองค์ประกอบ แต่การเจริญไม่ดีเท่ากับพืชผลทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ ซึ่งอาจเนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อไม่สามารถทำลายสารพิษไซยาไนด์ที่มีในมันสำปะหลังได้ (Wongjiratthiti and Yottakhot, 2017) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้มีแนวคิดนำแป้งมันสำปะหลังซึ่งผ่านกระบวนการ Modified starch ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวทำให้สารพิษไซยาไนด์ถูกทำลาย มาผลิตอาหารสำเร็จรูปสำหรับเพาะเลี้ยงรา ซึ่งในแป้งมันสำปะหลังประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และอะมิโลส มีเท่ากับ 11.45, 0.05, 0.14, 0.16 และ 17.44 % (w/w) ตามลำดับ (Pongsawatmanit, Thanasukarn and Ikeda, 2002) ถึงแม้ว่ามันสำปะหลังจะมีแหล่งสารอาหารที่เหมาะสม แต่ในการเจริญเติบโตของราต้องมีสภาพแวดล้อมอื่นที่เหมาะสมกับการเจริญ ได้แก่ ความต้องการน้ำ ความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอัตราส่วนขององค์ประกอบอาหารเลี้ยงเชื้อรา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาอัตราส่วนขององค์ประกอบอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมเส้นใยเชื้อราเพื่อทดสอบ

ทำโดยเลี้ยงเส้นใย *A. flavus* TISTR 3366, *B. oryzae* DOAC 1760 และ *P. palmivora* DOAC 2072 บนอาหาร PDA (*Himedia*) บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

การศึกษาความเข้มข้นแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา

วางเส้นใยราทดสอบทั้ง 3 ชนิด บนอาหารแข็งที่มีความเข้มข้นแป้งมันสำปะหลังระดับต่าง ๆ คือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 % (w/v) ในแต่ละสูตรใช้วุ้นและน้ำตาลเดกซ์โทรสความเข้มข้น 2.00 % (w/v) และแต่ละสูตรทำการทดลอง 3 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน ใช้อาหาร PDA เป็นอาหารชุดควบคุม

การศึกษาระดับความเข้มข้นของวุ้นต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา

วางเส้นใยราทดสอบทั้ง 3 ชนิด บนอาหารแข็งที่มีความเข้มข้นแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมและผสมกับวุ้นระดับความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 % (w/v) (ใช้ความร้อนเข้าช่วยจนส่วนผสมละลายเข้ากัน) จากนั้นเติมน้ำตาลเดกซ์โทรสความเข้มข้น 2% (w/v) แต่ละสูตรทำการทดลอง 3 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน ใช้อาหาร PDA เป็นอาหารชุดควบคุม

การศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำตาลเดกซ์โทรสต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา

วางเส้นใยราทดสอบทั้ง 3 ชนิด บนอาหารแข็งที่มีความเข้มข้นแป้งมันสำปะหลังและวุ้นที่เหมาะสม จากนั้นเติมน้ำตาลเดกซ์โทรสระดับความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 % (w/v) แต่ละสูตรทำการทดลอง 3 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน ใช้อาหาร PDA เป็นอาหารชุดควบคุม

การศึกษาความเข้มข้น Tartaric acid ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา

วางเส้นใยราทดสอบทั้ง 3 ชนิด บนอาหารแข็งความเข้มข้นแป้งมันสำปะหลัง วุ้นและน้ำตาลเดกซ์โทรสที่เหมาะสม และเติมTartaric acid ความเข้มข้น 0.05, 0.10 และ 0.15 % (w/v) แต่ละสูตรทำการทดลอง 3 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน ใช้อาหาร PDA เป็นอาหารชุดควบคุม

การวิเคราะห์ข้อมูล

วัดการเจริญเติบโตของรา โดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเปรียบเทียบกับอาหาร PDA บันทึกข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี แล้วนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ค่าการเจริญทางสถิติ รวมทั้งสังเกตความหนาแน่นของเส้นใย โดยใช้เกณฑ์ 5 ระดับ คือ +++++ (หนามาก), ++++ (หนา), +++ (ปานกลาง), ++ (บาง) และ + (บางมาก)

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาอัตราส่วนองค์ประกอบอาหารเลี้ยงเชื้อรา *A. flavus* TISTR 3366

จากการเพาะเส้นใย *A. flavus* TISTR 3366 บนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าเส้นใย *A. flavus* TISTR 3366 เจริญได้ดีที่สุดบนอาหาร PDA อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 80.16 มิลลิเมตร รองลงมาคือ อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้น 2.5, 1.0, 0.5, 2.0 และ 1.5 % (w/v) ตามลำดับ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 71.24, 69.73, 68.83, 67.51 และ 67.03 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อสังเกตความหนาแน่นของเส้นใย พบว่า *A. flavus* TISTR 3366 ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้น 2.0 และ 2.5 % (w/v) มีความหนาแน่นมากกว่าบนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นอื่น ๆ แต่มีความหนาแน่นน้อยกว่าบนอาหาร PDA (ตารางที่ 1) และเลือกแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้น 2.5 % (w/v) ศึกษาขั้นต่อไปเนื่องจากทำให้เส้นใยเชื้อรา *A. flavus* TISTR 3366 มีความหนาแน่นมากที่สุด

สำหรับผลการศึกษาการเจริญของเส้นใยบนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้นวุ้นระดับต่าง ๆ พบว่าเส้นใย *A. flavus* TISTR 3366 เจริญได้ดีที่สุดบนอาหาร PDA อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 78.16 มิลลิเมตร รองลงมาคือ อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่เติมวุ้น 2.5, 2.0, 1.0, 1.5 และ 0.5 % (w/v) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 75.71, 71.21, 65.99, 63.89 และ 53.93 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อสังเกตความหนาแน่น พบว่าเส้นใยที่เจริญบนอาหาร PDA มีความหนาแน่นของเส้นใยอยู่ในระดับหนามาก รองลงมาคืออาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 2.5 % (w/v) มีความหนาแน่นอยู่ในระดับ

มาก (ตารางที่ 1) เลือกวุ้นความเข้มข้น 2.5 % (w/v) ศึกษาขั้นต่อไปเนื่องจากทำให้เส้นใยเชื้อรา *A. flavus* TISTR 3366 มีความหนาแน่นมากที่สุด

การศึกษาการเจริญของเส้นใยบนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลเดกซ์โทรสแตกต่างกัน พบว่าเส้นใย *A. flavus* TISTR 3366 สามารถเจริญบนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 2.0 และ 2.5 % (w/v) ได้มากที่สุดและเทียบเท่ากับการเจริญบน PDA อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 78.10, 79.08 และ 80.65 มิลลิเมตร ตามลำดับ และเส้นใยมีความหนาแน่นอยู่ในระดับหนามากเมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA รองลงมาคือ อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 1.0 % (w/v) (ตารางที่ 1) เลือกน้ำตาลเดกซ์โทรสความเข้มข้น 1.0 % (w/v) ศึกษาต่อไปเพราะทำให้เส้นใยมีความหนาแน่นมากที่สุด

การศึกษาการเจริญของเส้นใย *A. flavus* TISTR 3366 บนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่ปรับ Tartaric acid ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าเส้นใยเจริญได้ดีที่สุดบนอาหาร PDA อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 81.83 มิลลิเมตร รองลงมาคือ อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่ไม่ได้เติม Tartaric acid มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 71.05 มิลลิเมตร และเมื่อสังเกตความหนาแน่นบนอาหาร PDA และอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มี Tartaric acid ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า เส้นใยมีความหนาแน่นของอยู่ในระดับหนามากบนอาหาร PDA รองลงมาคือ อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่ไม่ได้เติม Tartaric acid มีความหนาแน่นของเส้นใยอยู่ในระดับปานกลาง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาอัตราส่วนองค์ประกอบอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อรา *A. flavus* TISTR 3366

ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความหนาแน่น
ชนิดและระดับความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลัง (w/v)		
อาหาร PDA	80.16a	+++++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลัง 0.5 %	68.83b	+
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลัง 1.0 %	69.73b	+
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลัง 1.5 %	67.03b	+
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลัง 2.0 %	67.51b	++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลัง 2.5 %	71.24b	++
ชนิดและระดับความเข้มข้นของวุ้น (w/v)		
อาหาร PDA	78.16a	+++++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 0.5 %	53.93d	+
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 1.0 %	65.99c	+
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 1.5 %	63.89c	+
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 2.0 %	71.21b	++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 2.5 %	75.71a	++
ชนิดและระดับความเข้มข้นของน้ำตาลเดกซ์โทรส (w/v)		
อาหาร PDA	80.65a	+++++

ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความหนาแน่น
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 0.5 %	66.75c	+
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 1.0 %	69.90b	+++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 1.5 %	63.56c	+
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 2.0 %	79.08a	++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 2.5 %	78.10a	++
ชนิดและระดับความเข้มข้นของ Tartaric acid (w/v)		
อาหาร PDA	81.83a	+++++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มี 0.00 % Tartaric acid	71.05b	+++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มี 0.05 % Tartaric acid	59.62d	++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มี 0.10 % Tartaric acid	60.55c	++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มี 0.15 % Tartaric acid	54.81e	+

หมายเหตุ : อักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)
+++++ หมายถึง หนามาก, ++++ หมายถึง หนา, +++ หมายถึง ปานกลาง, ++ หมายถึง บาง และ + หมายถึง บางมาก

ผลการศึกษาอัตราส่วนองค์ประกอบอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อรา *B. oryzae* DOAC 1760

จากการเพาะเส้นใย *B. oryzae* DOAC 1760 บนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า เส้นใยเจริญได้ดีที่สุดบนอาหาร PDA อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเท่ากับ 64.10 รองลงมาคืออาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่ความเข้มข้น 2.0, 2.5, 0.5 และ 1.5 % (w/v) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 61.17, 58.68, 53.15 และ 52.02 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อสังเกตความหนาแน่นเส้นใย พบว่าเส้นใยที่เจริญบนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่ความเข้มข้น 2.5 % (w/v) มีความหนาแน่นมากกว่าอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นอื่น ๆ แต่มียังน้อยกว่าเส้นใยที่เจริญบนอาหาร PDA (ตารางที่ 2) และเลือกอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่ความเข้มข้น 2.5 % (w/v) ศึกษาระดับความเข้มข้นของวุ้นต่อไปเพราะทำให้เส้นใยมีความหนาแน่นมากที่สุด

ผลการศึกษาการเจริญของเส้นใย *B. oryzae* DOAC 1760 บนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้นของวุ้นระดับต่าง ๆ พบว่าเส้นใยเจริญได้มากที่สุดบนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่เติมวุ้น 2.0 % (w/v) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 69.98 มิลลิเมตร รองลงมาคืออาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่เติมวุ้น 1.5, 2.5, 0.5 และ 1.0 % (w/v) ตามลำดับ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 69.81, 67.13, 61.60 และ 57.50 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อสังเกตความหนาแน่นพบว่าอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้นความเข้มข้น 1.5, 2.0 และ 2.5 % (w/v) มีความหนาแน่นของเส้นใยมากกว่าระดับความเข้มข้นอื่น ๆ (ตารางที่ 2) เลือกอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 2.0 % (w/v) ศึกษาต่อไปเนื่องจากมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีมากที่สุด

ผลการเจริญของเส้นใย *B. oryzae* DOAC 1760 บนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรสระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าสามารถเจริญได้มากที่สุดบนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 2.5 % (w/v) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 70.10 มิลลิเมตร ส่วนความหนาแน่นของเส้นใย พบว่ามีความหนาแน่นอยู่ในระดับหนามากบนอาหาร PDA รองลงมาคืออาหาร

แข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 1.0 % (w/v) (ตารางที่ 2) เลือกอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 1.0 % (w/v) ศึกษาขั้นต่อไปเนื่องจากทำให้เส้นใยมีความหนาแน่นมากที่สุด

สำหรับผลการศึกษาการเจริญของเส้นใย *B. oryzae* DOAC 1760 บนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่เติม Tartaric acid ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า สามารถเจริญได้ดีที่สุดบนอาหาร PDA อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 65.50 มิลลิเมตร รองลงมาคือ อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่เติม Tartaric acid ระดับความเข้มข้น 0.05 % (w/v) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 64.35 มิลลิเมตร และความหนาแน่นอยู่ในระดับหนามากบนอาหาร PDA รองลงมาคือ อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มี Tartaric acid ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 0.00, 0.05 และ 0.10 % (w/v) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาอัตราส่วนองค์ประกอบอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อรา *B. oryzae* DOAC 1760

ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความหนาแน่น
ชนิดและระดับความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลัง (w/v)		
อาหาร PDA	64.10a	+++++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลัง 0.5 %	53.15b	+
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลัง 1.0 %	46.30b	+
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลัง 1.5 %	52.02ab	+
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลัง 2.0 %	61.17ab	++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลัง 2.5 %	58.68ab	++
ชนิดและระดับความเข้มข้นของวุ้น (w/v)		
อาหาร PDA	66.17c	+++++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 0.5 %	61.60d	+
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 1.0 %	57.50e	+
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 1.5 %	69.81ab	++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 2.0 %	69.98a	++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 2.5 %	67.13bc	++
ชนิดและระดับความเข้มข้นของน้ำตาลเดกซ์โทรส (w/v)		
อาหาร PDA	59.57cd	+++++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 0.5 %	63.83b	++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 1.0 %	57.81d	+++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 1.5 %	60.80c	++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 2.0 %	68.89a	++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 2.5 %	70.10a	++
ชนิดและระดับความเข้มข้นของ Tartaric acid (w/v)		
อาหาร PDA	65.50a	+++++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มี 0.00 % Tartaric acid	58.55c	+++

ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความหนาแน่น
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มี 0.05 % Tartaric acid	64.35b	+++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มี 0.10 % Tartaric acid	56.59d	+++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มี 0.15 % Tartaric acid	46.33e	++

หมายเหตุ : อักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)
+++++ หมายถึง หนามาก, ++++ หมายถึง หนา, +++ หมายถึง ปานกลาง, ++ หมายถึง บาง และ + หมายถึง บางมาก

ผลการศึกษาอัตราส่วนองค์ประกอบอาหารเลี้ยงเชื้อรา *P. palmivora* DOAC 2072

จากการเพาะเส้นใย *P. palmivora* DOAC 2072 บนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า เจริญได้มากที่สุดบนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่ความเข้มข้น 0.5 % (w/v) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 73.42 มิลลิเมตร รองลงมาคืออาหาร PDA อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่ความเข้มข้น 1.0, 2.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 % (w/v) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 72.20, 71.71, 71.49, 67.38 และ 66.18 มิลลิเมตร ตามลำดับ ความหนาแน่นของเส้นใยที่เจริญบนอาหาร PDA มีความหนาแน่นเส้นใยอยู่ในระดับหนามาก รองลงมาคืออาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้น 2.5 % (w/v) (ตารางที่ 3) เลือกอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่ความเข้มข้น 2.5 % (w/v) ศึกษาขั้นต่อไปเพราะทำให้เส้นใยมีความหนาแน่นมากที่สุด

ผลการศึกษาระดับความเข้มข้นของวุ้นต่อการเจริญเส้นใย *P. palmivora* DOAC 2072 พบว่าเส้นใยเจริญได้ดีที่สุดบนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่เติมวุ้น 1.5 % (w/v) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 75.49 มิลลิเมตร รองลงมาคือ อาหาร PDA อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่เติมวุ้น 2.0, 2.5, 1.0 และ 0.5 % (w/v) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 65.48, 61.55, 60.41, 51.32 และ 49.23 มิลลิเมตร ตามลำดับ ความหนาแน่นของเส้นใยอยู่ในระดับหนามากเมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA รองลงมาคืออาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 1.0 และ 1.5 % (w/v) มีความหนาแน่นอยู่ในระดับบาง เลือกอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 2.0 % (w/v) ศึกษาต่อขั้นต่อไปเนื่องจากทำให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีมากที่สุด

ผลการเจริญของเส้นใยบนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรสระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าเส้นใย *P. palmivora* DOAC 2072 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีมากที่สุดบนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังมีน้ำตาลเดกซ์โทรส 2.5 % (w/v) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ 71.17 มิลลิเมตร ส่วนผลความหนาแน่นของเส้นใย พบว่าเส้นใยมีความหนาแน่นอยู่ในระดับหนามากบนอาหาร PDA (ตารางที่ 3) เลือกอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 1.0 % (w/v) ศึกษาขั้นต่อไป เพราะทำให้เส้นใยมีความหนาแน่นมากที่สุด

สำหรับผลการเจริญของเส้นใย *P. palmivora* DOAC 2072 บนอาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่เติม Tartaric acid ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าเส้นใยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีมากที่สุดบนอาหาร PDA อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เท่ากับ 68.45 มิลลิเมตร รองลงมาคือ อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มี Tartaric acid ระดับความเข้มข้น 0.05 % (w/v) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 64.35 มิลลิเมตร และความหนาแน่นอยู่ในระดับหนามากเมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA รองลงมาคือ อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่เติม Tartaric acid ความเข้มข้น 0.00 % (w/v) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 62.65 มิลลิเมตร (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาอัตราส่วนองค์ประกอบอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อรา *P. palmivora* DOAC 2072

ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความหนาแน่น
ชนิดและระดับความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลัง (w/v)		
อาหาร PDA	72.20b	+++++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลัง 0.5 %	73.42a	++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลัง 1.0 %	71.49b	++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลัง 1.5 %	67.38c	++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลัง 2.0 %	66.18d	++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลัง 2.5 %	71.71b	+++
ชนิดและระดับความเข้มข้นของวุ้น (w/v)		
อาหาร PDA	65.48b	+++++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 0.5 %	49.23f	+
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 1.0 %	51.32e	++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 1.5 %	75.49a	++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 2.0 %	61.55c	+++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีวุ้น 2.5 %	60.41d	+++
ชนิดและระดับความเข้มข้นของน้ำตาลเดกซ์โทรส(w/v)		
อาหาร PDA	65.48b	+++++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 0.5 %	60.57e	+
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 1.0 %	63.17c	++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 1.5 %	16.49f	+
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 2.0 %	61.61d	+
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรส 2.5 %	71.17a	++
ชนิดและระดับความเข้มข้นของ Tartaric acid (w/v)		
อาหาร PDA	68.45a	+++++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มี 0.00 % Tartaric acid	62.65b	++++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มี 0.05 % Tartaric acid	40.72e	+++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มี 0.10 % Tartaric acid	42.33c	+++
อาหารแข็งแป้งมันสำปะหลังที่มี 0.15 % Tartaric acid	41.47d	+++

หมายเหตุ : อักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)
+++++ หมายถึง หนามาก, ++++ หมายถึง หนา, +++ หมายถึง ปานกลาง, ++ หมายถึง บาง และ + หมายถึง บางมาก

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลังต่อการเจริญของเชื้อรา พบว่าเชื้อราทั้ง 3 ชนิดมีการเจริญที่แตกต่างกันเมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มีแป้งมันสำปะหลังแต่ละระดับ แต่ไม่สามารถเทียบเท่ากับสูตรอาหาร PDA ซึ่งอาจเป็นเพราะแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณโปรตีน ซึ่งเป็นแหล่งของไนโตรเจนต่ำเพียง 1.4 %

เท่านั้น ทำให้ไม่เพียงพอต่อการเจริญ (Pervez *et al*., 2014) อีกทั้งมีปริมาณวิตามินต่ำมาก (Laurie *et al*., 2015) แต่อย่างไรก็ตามแป้งมันสำปะหลัง สามารถนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงราได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kwoseh, Asomani-Darko และ Adubofour (2012) ที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมอาหารเลี้ยงเชื้อรา *Aspergillus niger* และ *Fusarium oxysporum*

เชื้อราทั้ง 3 ชนิดสามารถเจริญบนอาหารแป้งมันสำปะหลังที่มีน้ำตาลเดกซ์โทรสช่วงระดับ 2.0-2.5 % (w/v) ซึ่งเป็นช่วงระดับน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา สอดคล้องกับคำกล่าวของ Hoa and Wang ที่ได้กล่าวไว้ว่าระดับความเข้มข้นของน้ำตาลเท่ากับ 1-3 % (w/v) (Hoa and Wang, 2015)

จากการศึกษาระดับความเข้มข้นของวุ้นต่อการเจริญของเชื้อราสามารถสรุปได้ว่า เชื้อราทั้ง 3 ชนิดมีการเจริญบนอาหารที่มีวุ้นระดับ 1.0-2.5 % (w/v) เชื้อ *A. flavus* TISTR 3366 สามารถเจริญบนอาหารที่มีวุ้นระดับ 2.5 % (w/v) ได้อาจเป็นเพราะเชื้อรา *A. flavus* TISTR 3366 เป็นเชื้อราที่ตรวจพบภายใต้ภาวะที่แห้งแล้ง (Drought stress) (Hamidoua *et al*., 2014) ระดับความเข้มข้นของวุ้นมีความสำคัญเพราะทำให้ราสามารถเจริญบนอาหารแข็งได้ โดยราจะสร้างเส้นใยเข้ายึดเกาะกับวุ้น จากนั้นราก็จะใช้เส้นใยดูดซึมสารอาหารแล้วเปลี่ยนแปลงธาตุต่าง ๆ ในอาหาร เพื่อใช้สังเคราะห์โครงสร้างต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นต่อการมีชีวิต โดยปริมาณของวุ้นมากหรือน้อยไปในอาหารจะส่งผลกระทบให้ค่าพลังงานความดันของน้ำในอาหาร (Matric potential) แตกต่างกัน โดยอาหารที่มีวุ้นความเข้มข้นมากจะทำให้มีค่าพลังงานความดันของน้ำในอาหารต่ำ เมื่อค่าพลังงานความดันของน้ำในอาหารต่ำมากจะทำให้อาหารมีสภาพแห้งเนื่องจากขาดน้ำ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเพิ่มและลดการเจริญของรา (Huang *et al*., 2009)

เมื่อศึกษาผลความเข้มข้นของ Tartaric acid ต่อการเจริญเชื้อราบนอาหารที่มีแป้งมันสำปะหลังสามารถสรุปได้ว่า เชื้อราแต่ละชนิดเจริญบนอาหารที่มี Tartaric acid ความเข้มข้น 0.05 และ 0.10 % (w/v) ซึ่งเป็นความเข้มข้นเดียวกันกับที่ใช้ในการปรับค่าความเป็นกรดของอาหาร PDA

ข้อเสนอแนะ

ราที่นำมาทดสอบสามารถเจริญบนอาหารที่มีแป้งมันสำปะหลังซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนที่มีราคาถูกได้ แต่ควรมีการศึกษาต่อยอดวิจัยเพิ่มเติมโดยศึกษาแหล่งของไนโตรเจนที่เหมาะสมและราคาถูก เพื่อประสิทธิภาพในการใช้อาหารแป้งมันสำปะหลังทดแทนสูตรอาหาร PDA

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยและขอบคุณสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ในการสนับสนุนเครื่องมือและห้องปฏิบัติการในการดำเนินงานวิจัยการใช้ประโยชน์จากแป้งมันสำปะหลังเพื่อผลิตอาหารเลี้ยงเชื้อราสำเร็จรูป

เอกสารอ้างอิง

Hamidoua, F., Rathore, A., Waliyar, F. and Vadez, V. (2014). Although drought intensity increases aflatoxin contamination, drought tolerance does not lead to less aflatoxin contamination Although drought intensity increases aflatoxin contamination, drought tolerance does not lead to less aflatoxin contamination. **Field Crops Research**, 156, 103–110.

Hoa,H. T. and Wang, C.L. (2015). The Effects of Temperature and Nutritional Conditions on Mycelium Growth of Two Oyster Mushrooms **Pleurotus ostreatus and Pleurotus cystidiosus. Mycobiology,** 43(1), 14–23.

Huang, Y., Chapman, B., Wilson, M. and Hocking, A.D. (2009). Effect of agar concentration on the matric potential of glycerol agar media and the germination and growth of xerophilic and non-xerophilic fungi. **International Journal of Food Microbiology**, 133, 179–185.

Kwoseh, C.K., Asomani-Darko, M. and Adubofour, K. (2012). Cassava starch-agar blend as alternative gelling agent for mycological culture media. **Bostwana Journal of Agricultural and Applied Sciences**, 8(1), 8-15.

Laurie, S., Faber, M., Adebola, P. and Belete, A. (2015). Biofortification of sweet potato for food and nutrition security in South Africa. **Food Research International**, 76, 962-970.

Pervez, S., Aman, A., Iqbal, S., Siddiqui, N.N. and Ul Qader, S.A. (2014). Saccharification and liquefaction of cassava starch: an alternative source for the production of bioethanol using amylolytic enzymes by double fermentation process. **BMC Biotechnology**, 14(49), 1–10.

Pongsawatmanit, R., Thanasukarn, P. and Ikeda, S. (2002). Effect of sucrose on RVA viscosity parameters, water activity and freezable water fraction of cassava starch suspensions. **Science Asia**, 28, 129-134.

Wongjiratthiti, A. and Yottakot, S. (2017). Utilisation of local crops as alternative media for fungal growth. **Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science**, 40(2), 295–304.

ผลิตภัณฑ์บราวนี่ปราศจากกลูเตนและทดแทนน้ำตาลบางส่วนด้วยหญ้าหวานผงสำเร็จรูป

ปิยชนน์ มหแสงสวรรค์[1*] น้อมจิตต์ สุธีบุตร[1]

บทคัดย่อ

บราวนี่เป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ชนิดหนึ่งที่มีส่วนประกอบ คือ แป้งสาลี เนย น้ำตาล ไข่ไก่ ช็อกโกแลต หรือ ผงโกโก้ เนื่องจากองค์ประกอบหลักของบราวนี่คือแป้งสาลี ซึ่งผู้บริโภคกลุ่มที่แพ้กลูเตนไม่สามารถบริโภค การศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้แป้งข้าวหอมมะลิแดงกับแป้งข้าวโพดเพื่อทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่ และนอกจากนี้ยังมีน้ำตาลทรายเป็นวัตถุดิบหลักอีกชนิดหนึ่งของบราวนี่ ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสหวาน การใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมระดับน้ำตาล ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำตาลน้อยลงในระดับความหวานเดิมที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลที่น่าสนใจชนิดหนึ่ง คือ หญ้าหวาน

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่ปราศจากกลูเตนและทดแทนน้ำตาลบางส่วนด้วยหญ้าหวานผงสำเร็จรูป ศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์บราวนี่ปราศจากกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวหอมมะลิแดงกับแป้งข้าวโพดทดแทนแป้งสาลีและ (2) ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของหญ้าหวานผงสำเร็จรูปทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์บราวนี่ ผลการศึกษาพบว่าสูตรที่มีอัตราส่วนของแป้งหอมมะลิแดงมากขึ้น มีผลให้เนื้อสัมผัสของบราวนี่แน่นมากขึ้น การขึ้นฟูลดลง บราวนี่สูตรพื้นฐานที่ได้รับการคัดเลือกจากคะแนนความชอบ(9-Points Hedonic Scale Test) คือสูตรที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวหอมมะลิแดงกับแป้งข้าวโพดอัตราส่วน 50:50 ในการทดแทนแป้งสาลี ซึ่งได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าอัตราส่วน 60:40 และ70:30 ($p<0.05$) ผลการศึกษาการใช้หญ้าหวานผงสำเร็จรูปทดแทนน้ำตาลทรายพบว่ายิ่งใช้หญ้าหวานมากขึ้น ผลิตภัณฑ์บราวนี่จะมีลักกษณะอัตราการขึ้นฟูที่น้อยลง ทำให้ผลิตภัณฑ์บราวนี่แน่น และแข็งเพิ่มมากขึ้นตามระดับของหญ้าหวาน ผลการคัดเลือกจากคะแนนความชอบในระดับความหวานจากหญ้าหวาน กับน้ำตาลทราย ที่ 25:75 เป็นอัตราส่วนที่ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอัตราส่วน 50:50 และ75:25 ($p<0.05$)

คำสำคัญ : กลูเตน บราวนี่ แป้งข้าวหอมแดง แป้งสาลี หญ้าหวาน

[1] คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail : oat_delight@hotmail.com*

GLUTEN–FREE BROWNIE PARTIALLY REPLACED SUGAR WITH STEVIA

Piyachon Mahasaengsawan[11*] Nomjit Suteebut[1]

Abstract

Brownie is the one kind of the bakery product that has ingredients that are the wheat flour, the butter, the sugar, the egg, the chocolate or the cocoa powder. Due to the main ingredient of brownie is the wheat flour. The consumer group will have allergies with the gluten and they can’t consume it. This study will be selected to use the red hawn rice flour with the corn flour for replacing the wheat flour in the brownie product. And besides, this will have the granulated sugar as the another kind of the main material of brownie. This will help to let the product to have the sweet taste. The using of the sweetener instead of the sugar in the product will be the one choice for the person who would like to control the sugar level. This will help the product to have the less quantity of the sugar in the former sugar level that will let the consumer to accept it. The one interesting kind of the sweetener instead of the sugar is stevia.

For the development of brownie without the gluten and replacing of some part of the sugar with the finished stevia powder, this will have the objective for (1) Developing the recipe of the brownie product without the gluten by using the red hawn rice flour with the corn flour instead of the wheat flour and (2) Studying about the suitable quantity of the finished stevia powder instead of some part of the sugar in the brownie product. The studied result is found that the recipe that has the ratio of the red hawn rice flour more. This will have the effect to let the texture of brownie to be tighten more. The fluffy will be reduced. The basic recipe of brownie that has received the selection from the preference score (9-Points Hedonic Scale Test) that is the recipe that has ingredients of the red hawn rice flour with the corn flour in the ratio of 50:50 in replacing the wheat flour. This will receive the preference score more than the ratio of 60:40 and 70:30 ($p<0.05$). For the studied result of using the finished stevia powder instead of the granulated sugar, this is found that the more using of stevia, the brownie product will have the aspect of the less fluffy rate. This will make the brownie product to be tighten and has the strength more according to the level of stevia. The result of the selection from the preference score in the sweetness from stevia with the granulated sugar at 25:75 that is the ratio that has received the preference score more than the ratio of 50:50 and 75:25 ($p<0.05$).

Keywords : Brownie, Flour, Gluten-free, Red hawn rice flour, Stevia

---

[1] *Faculty of Home Economics, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon*

[*] *Corresponding author, e-mail : oat_delight@hotmail.com*

บทนำ

บราวนี่ (Brownie) เป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ชนิดหนึ่งที่มีส่วนประกอบหลัก คือ เนย น้ำตาล แป้ง ไข่ไก่ ช็อกโกแลต หรือ ผงโกโก้ ซึ่งบราวนี่นั้นถือได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่คนไทยนิยมบริโภคชนิดหนึ่งเนื่องจากองค์ประกอบหลักของบราวนี่คือแป้งสาลี ซึ่งผู้บริโภคกลุ่มที่แพ้กลูเตนไม่สามารถบริโภคได้ประกอบกับแป้งสาลีเป็นวัตถุดิบที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ การมองหาวัตถุดิบอื่นภายในประเทศเช่น แป้งจากข้าวชนิดต่างๆ มาทดแทนการใช้แป้งสาลีจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีการนำมาใช้ในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ปราศจากกลูเตน ข้าวของไทยมีหลายพันธุ์ หลายชนิด ซึ่งข้าวแต่ละชนิดก็มีคุณลักษณะและคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่างกัน (ณนนท์, 2554)

ข้าวหอมมะลิแดง (Red Hawn Rice) มีคุณสมบัติเด่นทางด้านโภชนาการ โดยจะมีดัชนีน้ำตาลต่ำ ช่วยในการป้องกันและบรรเทาโรคเบาหวานได้ดี และมีการรายงานว่า ข้าวหอมมะลิแดงเป็นข้าวพื้นเมืองที่มีดัชนีน้ำตาลที่เหมาะกับการส่งเสริมให้ผู้บริโภคที่อยู่ในภาวะปกติ หรือผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 รับประทาน เพราะเมื่อรับประทานข้าวชนิดนี้เข้าไปแล้ว ร่างกายจะมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเพิ่มสูงขึ้นช้ากว่าข้าวเจ้าทั่วไป ที่สำคัญในข้าวหอมมะลิแดงมีธาตุ ทองแดง ธาตุเหล็ก เบต้าแคโรทีน วิตามินอีลูทีน และยังมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งการบริโภคอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ จะช่วยลดอัตราการเกิดโรคมะเร็ง ลดอัตราเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดและหัวใจ โรคความจำเสื่อม โรคไขข้ออักเสบ เป็นต้น (เกษตรอินทรีย์, 2556) การนำข้าวหอมมะลิแดงมาทดแทนการใช้แป้งสาลีจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์ได้แต่เนื่องจากข้าวหอมมะลิแดงไม่มีกลูเตน ทำให้การขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ไม่นุ่มเหนียวและเกาะตัวกันเป็นโครงสร้างที่แข็งแรง จึงนำแป้งข้าวโพดมาเป็นส่วนผสมในสูตรเพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีการเกาะตัวกัน มีความเหนียวนุ่มและยืดหยุ่นดีขึ้น

กลูเตน (Gluten) เป็นโปรตีนในแป้งที่สามารถจับตัวเป็นโครงสร้างของโด มีคุณสมบัติเหนียว และยืดหยุ่น (Gallagher et al, 2004) กลูเตน ประกอบด้วยโปรตีนกลูตินิน (Glutenin) มีคุณสมบัติสำคัญต่อลักษณะความยืดหยุ่นของโด นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบของ ไกลอะดิน (Gliadin) มีความสำคัญในการปรับและควบคุมลักษณะความข้นหนืดของกลูเตน (Xu et al,2007) ชื่อเรียกจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของธัญพืช เช่น ไกลอะดิน ในข้าวสาลี ฮอร์ดิน ในข้าวบาเล่ย์ เป็นต้น มีรายงานว่า โปรตีนไกลอะดิน มีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันและเป็นพิษต่อผู้ที่เป็นโรคแพ้กลูเตน (Coeliac Disease) (CD) (Elii *et al*., 2003)

น้ำตาลทราย (Sugar) เป็นวัตถุดิบหลักอีกชนิดหนึ่งของบราวนี่ ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสหวาน บราวนี่จึงไม่เหมาะกับผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานหรือผู้บริโภคที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่ลดน้ำตาล การใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำตาลน้อยลงในระดับความหวานเดิมที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลที่น่าสนใจชนิดหนึ่ง คือ หญ้าหวาน ซึ่งมีสรรพคุณทางยาช่วยในการรักษาผู้ป่วยโรคเบาหวาน ลดระดับน้ำตาลในเส้นเลือด ลดไขมันในเส้นเลือดสูง ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง โรคอ้วน บำรุงตับช่วยสมานแผลทั้งภายในและภายนอกนิยมใช้เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาล โดยไม่ทำให้น้ำตาลในเลือดสูง (เมดไทย, 2559)

จากคุณประโยชน์ที่โดดเด่นของข้าวหอมมะลิแดง กับ หญ้าหวาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่ปราศจากกลูเตน โดยใช้แป้งข้าวหอมมะลิแดงและแป้งข้าวโพด เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่แพ้กลูเตน และใช้หญ้าหวานผงสำเร็จรูปมาทดแทนน้ำตาลบางส่วนในผลิตภัณฑ์บราวนี่ให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อทางเลือกของผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์บราวนี่โดยใช้แป้งปราศจากกลูเตน
2. เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของหญ้าหวานผงสำเร็จรูปในผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวหอมมะลิแดงต่อแป้งข้าวโพดสำหรับทดแทนแป้งสาลีในสูตรขนมบราวนี่

การหาสูตรพื้นฐานที่ปริมาณแป้งปราศจากกลูเตนทดแทนแป้งสาลีในสูตรขนมบราวนี่ 3 ระดับ คือ อัตราส่วนแป้งข้าวหอมมะลิแดง กับ แป้งข้าวโพด ที่ ระดับ 50:50 60:40 และ70:30 โดยใช้สูตรขนมบราวนี่สูตรดัดแปลงจากของสวนดุสิตเป็นสูตรพื้นฐานแสดงดังตารางที่ 1 จากนั้นนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นอาจารย์และนักศึกษา ที่มีความรู้ด้านอาหาร โดยทำการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่ ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้ความชอบ 9 ระดับ (9-Points Hedonic Scale Test) โดยทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance, Anova) และวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างแบบ Least Significant Difference (LSD) แล้ววิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพในด้าน สี การขึ้นฟู ปริมาตร และความหนาแน่น เพื่อคัดเลือกสูตรที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเฉลี่ยโดยรวมสูงสุด เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 1 ส่วนผสมในสูตรขนมบราวนี่สูตรพื้นฐานและสูตรปราศจากกลูเตนโดยใช้อัตราส่วนแป้งข้าวหอมมะลิแดงและแป้งข้าวโพดทดแทนแป้งเค้กในปริมาณร้อยละ 50:50 60:40 และ 70:30

วัตถุดิบ	น้ำหนักส่วนผสมในแต่สูตร(กรัม)			
	สูตรพื้นฐาน*	สูตรที่ 1 50:50	สูตรที่ 2 60:40	สูตรที่ 3 70:30
แป้งเค้ก	150	-	-	-
แป้งข้าวหอมมะลิแดง	-	75	90	105
แป้งข้าวโพด	-	75	60	45
น้ำตาลทราย	200	200	200	200
เนยสดชนิดเค็ม	200	200	200	200
ไข่ไก่	300	300	300	300
ช็อคโกแลตดำ	300	300	300	300
เกลือป่น	3	3	3	3
กลิ่นวานิลา	5	5	5	5
ผงฟู	5	5	5	5

ที่มา : สูตรพื้นฐาน* ดัดแปลงจาก โรงเรียนการอาหารนานาชาติสวนดุสิต (2549)

2. การศึกษาปริมาณหญ้าหวานผงสำเร็จรูปที่ใช้ทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์บราวนี่

นำสูตรพื้นฐานของบราวนี่ที่ผ่านการยอมรับ แป้งข้าวหอมมะลิ และ แป้งข้าวโพด ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์จากข้อ 1 มาศึกษาปริมาณหญ้าหวานผงสำเร็จรูปที่ใช้ทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในสูตรขนมบราวนี่ โดยเทียบระดับความหวานในการทดแทนน้ำตาลทราย 3 ระดับ คือ ทดแทนร้อยละ 25 50 และ 75 จากนั้นนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นอาจารย์และนักศึกษา ที่มีความรู้ด้านอาหาร โดยทำการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่ ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้ความชอบ 9 ระดับ (9-Points Hedonic Scale Test) โดยทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance, Anova) และวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างแบบ Least Significant Difference (LSD) แล้ว วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพในด้าน สี การขึ้นฟู ปริมาตร และความหนาแน่น เพื่อคัดเลือกสูตรที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเฉลี่ยโดยรวมสูงสุด เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์บราวนี่ปราศจากกลูเตน จากแป้งข้าวหอมแดง กับ แป้งข้าวโพด

จากการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการใช้ แป้งข้าวหอมแดง กับ แป้งข้าวโพด ทดแทนในปริมาณที่ต่างกัน 4 ระดับ คือ พื้นฐาน 50:50 60:40 และ 70:30 ของแป้งข้าวหอมแดง กับ แป้งข้าวโพด ด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point

Hedonic Scale) ผลการประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพ ในด้านสี น้ำหนัก ปริมาตร และความหนาแน่น แสดงดังตารางที่ 2 และผลการทดสอบชิมแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้ แป้งข้าวหอมแดง กับ แป้งข้าวโพดทดแทนแป้งสาลี แตกต่างกัน 3 ระดับ

คุณภาพทางกายภาพ	สูตรพื้นฐาน (แป้งสาลี)	แป้งข้าวหอมมะลิแดง กับ แป้งข้าวโพด		
		50:50	60:40	70:30
ค่าสี L^*	21.32 ± 0.58^a	18.61 ± 1.30^b	16.35 ± 1.67^b	17.01 ± 1.19^b
a^*	6.68 ± 0.33^a	5.47 ± 0.66^b	5.51 ± 0.62^b	5.91 ± 0.27^{ab}
b^*	5.60 ± 0.56^a	4.40 ± 0.58^b	4.69 ± 0.49^{ab}	4.66 ± 0.34^{ab}
น้ำหนัก (กรัม)	215.67 ± 3.05^c	224.33 ± 3.51^b	232.00 ± 2.00^{ab}	233.00 ± 2.00^a
ปริมาตร (มิลลิลิตร)	355.67 ± 2.51^a	352.33 ± 2.51^a	346.33 ± 3.05^b	344.33 ± 3.05^b
ความหนาแน่น (กรัม/มิลิลิตร)	0.60 ± 0.01^a	0.63 ± 0.01^b	0.67 ± 0.00^c	0.67 ± 0.00^c

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)
ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางที่ 3 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่ ของการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของอัตราส่วน แป้งข้าวหอมแดง กับ แป้งข้าวโพด ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่

คุณลักษณะ	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส			
	พื้นฐาน	50:50	60:40	70:30
สี^{ns}	7.09 ± 1.69	7.68 ± 1.25	7.37 ± 1.66	7.21 ± 1.51
กลิ่น	6.90 ± 1.39^b	7.53 ± 1.29^a	7.00 ± 1.64^{ab}	6.75 ± 1.43^b
รสชาติ^{ns}	7.12 ± 1.47	7.28 ± 1.48	7.06 ± 1.58	6.75 ± 1.74
เนื้อสัมผัส^{ns}	6.84 ± 1.70	7.40 ± 1.24	6.75 ± 1.75	6.78 ± 1.45
ความชอบโดยรวม	7.12 ± 1.47^{ab}	7.62 ± 1.26^a	7.15 ± 1.46^{ab}	6.78 ± 1.64^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)
ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

2. ผลศึกษาปริมาณหญ้าหวานผงสำเร็จรูปที่ใช้ทดแทนน้ำตาลบางส่วนในสูตรผลิตภัณฑ์บราวนี่ปราศจากกลูเตน

จากการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการใช้ หญ้าหวานผงสำเร็จรูป ทดแทนน้ำตาลบางส่วนในปริมาณที่ต่างกัน 4 ระดับ คือ พื้นฐาน 25:75 50:50 และ 75:25 ของสกัดหญ้าหวานผงสำเร็จรูป กับ น้ำตาล ด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) ผลการประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพ ในด้านสี น้ำหนัก ปริมาตร และความหนาแน่น แสดงดังตารางที่ 4 และผลการทดสอบชิมแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้ หญ้าหวานผงสำเร็จรูป ทดแทนน้ำตาลบางส่วนแตกต่างกัน 3 ระดับ

คุณภาพทางกายภาพ	สูตรพื้นฐาน	อัตราส่วนการใช้หญ้าหวานผงสำเร็จ กับ น้ำตาลทราย		
	0:100	25:75	50:50	75:25
ค่าสี L^*	13.42 ± 0.30^{d}	18.02 ± 1.51^{c}	21.46 ± 1.95^{b}	26.32 ± 0.54^{a}
a^{*ns}	5.59 ± 0.27	4.99 ± 0.56	5.66 ± 0.06	6.02 ± 0.90
b^*	3.66 ± 0.41^{b}	3.84 ± 0.41^{b}	4.62 ± 0.37^{ab}	5.27 ± 0.96^{a}
น้ำหนัก (กรัม)	247.33 ± 2.51^{a}	235.33 ± 1.52^{b}	232.33 ± 3.51^{b}	221.33 ± 2.51^{c}
ปริมาตร (มิลลิลิตร)	362.00 ± 2.00^{a}	358.00 ± 3.00^{a}	352.33 ± 2.51^{b}	346.33 ± 3.05^{c}
ความหนาแน่น (กรัม/มิลิลิตร)	0.68 ± 0.01^{a}	0.65 ± 0.00^{b}	0.65 ± 0.01^{b}	0.64 ± 0.00^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)
ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางที่ 5 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่ปราศจากกลูเตนทดแทนน้ำตาลบางส่วนด้วยสกัดหญ้าหวานผงสำเร็จรูป ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของอัตราส่วน หญ้าหวานผงสำเร็จรูป ทดแทนน้ำตาลบางส่วนในผลิตภัณฑ์บราวนี่ปราศจากกลูเตน

คุณลักษณะ	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส			
	พื้นฐาน	25:75	50:50	75:25
สี^{ns}	7.84 ± 1.24	7.87 ± 1.09	7.84 ± 1.01	7.34 ± 1.33
กลิ่น	7.62 ± 1.31^{b}	7.93 ± 1.01^{a}	7.18 ± 1.22^{bc}	6.71 ± 1.68^{c}
รสชาติ	7.56 ± 1.26^{ab}	7.96 ± 1.06^{a}	7.15 ± 1.27^{b}	5.87 ± 1.77^{c}
เนื้อสัมผัส	7.46 ± 1.50^{a}	7.75 ± 1.39^{a}	7.09 ± 1.35^{a}	6.28 ± 1.70^{b}
ความชอบโดยรวม	7.68 ± 1.46^{a}	7.96 ± 1.23^{a}	7.37 ± 1.26^{ab}	6.78 ± 1.47^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)
ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากตารางที่ 2 พบค่าสีของผลิตภัณฑ์บราวนี่สูตรพื้นฐานมีค่าสี L^* a^*และ b^* เท่ากับ 21.32 6.68 และ 5.60 ตามลำดับ สีของผลิตภัณฑ์ขนมบราวนีสูตรพื้นฐานมีสีสว่างจากแป้งสาลี แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้แป้งข้าวหอมแดง ซึ่งมีสีแดงเข้มลงไปในส่วนผสม พบว่ามีผลให้ค่าสีของผลิตภัณฑ์สีค่า L^*ลดลง ทำให้สูตรพื้นฐาน กับสูตรดัดแปลงมีความแตกต่าง ($p<0.05$) และค่าสี L^*ผลิตภัณฑ์บราวนี่ปราศจากกลูเตนใช้แป้งข้าวหอมแดง กับ แป้งข้าวโพด ทดแทนแป้งสาลี ในปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิแดง ที่ต่างกัน 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่าง ($p\leq0.05$) ด้านค่า b^*อัตราส่วน 50:50 มีความแตกต่างกับอัตราส่วน 60:40 กับ 70:30 ($p<0.05$) ผลการวัดน้ำหนักตัวอย่างผลิตภัณฑ์บราวนี่ในอัตราส่วน 50:50 60:40 และ 70:30 ทำให้ปริมาตรผลิตภัณฑ์บราวนี่ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการสังเกต ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ใส่แป้งข้าวหอมมะลิแดงในปริมาณที่มากขึ้น มีน้ำหนักผลิตภัณฑ์

เพิ่มขึ้นตามลำดับ ผลการวัดปริมาตรตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์บราวนี่ใช้แป้งข้าวหอมแดง กับ แป้งข้าวโพด ในปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิแดงมากขึ้น ทำให้ปริมาตรผลิตภัณฑ์บราวนี่ มีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับการสังเกต พบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์บราวนี่มีความสูงและขนาดลดลง อธิบายได้ว่าเป็นผลของสมบัติแป้งข้าวจ้าวที่ไม่สามารถเกิดร่างแหโปรตีนได้จึงอาจส่งผลต่อโครงสร้างขนมอบไม่แข็งแรงและไม่สามารถเก็บกักก๊าซไว้ได้ ขนมอบทั่วไปที่มีการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนจึงมักมีปัญหาเรื่องการยุบตัวของโครงสร้างหรือมีเนื้อสัมผัสแน่น ผลการวัดความหนาแน่นตัวอย่างผลิตภัณฑ์บราวนี่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับการสังเกต พบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์บราวนี่มีความมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ตามระดับการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิแดง แทนปริมาณแป้งข้าวโพด ทดแทนแป้งสาลีด้านผลการวัดการขึ้นฟูพบว่า สูตรพื้นฐาน มีการขึ้นฟูที่ดีอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากแป้งสาลีเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการช่วยให้เกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปอยู่ได้เมื่ออบเสร็จแล้ว เป็นส่วนผสมหลักที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ทุกชนิด (จิตธนา และอรอนงค์, 2554)

จากตารางที่ 3 พบว่าสูตร 50:50 ได้คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าสูตร 60:40 และ 70:30 ในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนเฉลี่ยที่ 7.68 7.53 7.28 7.40 และ 7.62 ตามลำดับ ผลการเปรียบเทียบความแตกต่าง ด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส ไม่มีความแตกต่าง ($p>0.05$) ด้านกลิ่น และความชอบโดยรวม สูตรพื้นฐานมีความแตกต่าง กับสูตร แป้งข้าวหอมแดง กับ แป้งข้าวโพด ในอัตราส่วน 50:50 60:40 และ 70:30 ($p\leq0.05$) จากผลทดสอบคุณภาพทางกายภาพและทางประสารทสัมผัส จึงเลือกอัตราส่วน 50:50 สำหรับทดลองทดแทนน้ำตาลบางส่วนด้วยหญ้าหวานผงสำเร็จรูปต่อไป

จากตารางที่ 4 พบว่าค่าสีของผลิตภัณฑ์บราวนี่สูตรพื้นฐานมาจากสีของน้ำตาลทราย ซึ่งทำให้สีของผลิตภัณฑ์บราวนี่สูตรพื้นฐานมีสีเข้มจากน้ำตาลทราย แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้หญ้าหวาน ซึ่งมีสีเขียวเข้มลงไปในส่วนผสม พบว่ามีผลให้ค่าสีของผลิตภัณฑ์สีค่า L^* กับ b^* เพิ่มขึ้น ด้าน ค่า L^* ทั้งสูตรพื้นฐาน กับ สูตรทดแทนน้ำตาลบางส่วนด้วยหญ้าหวานผงสำเร็จรูป 3 อัตราส่วน มีความแตกต่าง ($p\leq0.05$) ด้านค่า a^* ของสูตรพื้นฐาน กับ สูตรทดแทนน้ำตาลบางส่วนด้วยหญ้าหวานผงสำเร็จรูป ทั้ง 3 อัตราส่วน ไม่มีความแตกต่าง($p>0.05$) ด้านค่า b สูตรทดแทนในอัตราส่วน 70:30 ต่างกับ สูตรพื้นฐาน และ สูตรทดแทนน้ำตาลบางส่วนด้วยหญ้าหวานผงสำเร็จรูปอัตราส่วน 25:75 มีความแตกต่าง ($p\leq0.05$) ด้านผลการวัดน้ำหนักตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์บราวนี่มีน้ำหนักผลิตภัณฑ์บราวนี่มีแนวโน้มลดลงซึ่งสอดคล้องกับการสังเกต พบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์บราวนี่มีความสูงและขนาดลดลง อธิบายได้ว่าเป็นผลของการลดน้ำตาลลง และหญ้าหวานผงสำเร็จรูปมีน้ำหนักเบา ทำให้น้ำหนักผลิตภัณฑ์บราวนี่มีน้ำหนักที่ลดลงตามลำดับ ด้านผลการวัดปริมาตรตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์บราวนี่ มีแนวโน้มปริมาตรผลิตภัณฑ์ที่ลดลงพบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์บราวนี่มีความสูงและขนาดลดลง อธิบายได้ว่าเป็นผลของสมบัติน้ำตาลที่ลดลง ทำให้ไม่กักเก็บความชุ่มชื้นให้ตัวผลิตภัณฑ์บราวนี่ดังนั้นขนมอบทั่วไปที่มีการใช้ หญ้าหวานผงสำเร็จรูป ทดแทนจึงมักมีปัญหาเรื่องการยุบตัวของโครงสร้าง หรือมีเนื้อสัมผัสแน่นด้านผลการวัดความหนาแน่นตัวอย่างผลิตภัณฑ์บราวนี่ ในอัตราส่วนหญ้าหวานผงสำเร็จรูป กับน้ำตาลทำให้ปริมาตรผลิตภัณฑ์บราวนี่มีแนวโน้มลดลงซึ่งสอดคล้องกับการสังเกต พบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์บราวนี่มีความมีความหนาแน่นลดลง ตามระดับการเพิ่มหญ้าหวานผงสำเร็จรูป ทดแทนน้ำตาลบางส่วนตามลำดับ ด้านผลการวัดการขึ้นฟูผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์บราวนี่ มีแนวโน้มลดลงเนื่องการลดน้ำตาลที่มีความสามารถในการเก็บรักษาความชื้นของน้ำตาล เกี่ยวข้องกับความสามารถในการดูดความชื้นโดยทั่วไปการเก็บรักษาความชื้นของน้ำตาลหมายถึงการที่น้ำตาลนั้นสามารถยึดความชื้นไว้โดยไม่คายออกสู่บรรยากาศ คุณสมบัติอันนี้เป็นประโยชน์ต่อการที่จะช่วยให้ขนมอบ(อบเชย และขนิษฐา,2556)

จากตารางที่ 5 พบว่าสูตร 25:75 ได้คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าสูตร 50:50 และ 75:25 ในด้าน กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนเฉลี่ยที่ 7.87 7.93 7.96 7.75 และ 7.96 ตามลำดับ ผลการเปรียบเทียบความแตกต่าง ด้านสี ทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่าง ($p>0.05$) ด้านกลิ่น สูตรพื้นฐาน กับ อัตราส่วนหญ้าหวานผงสำเร็จรูป กับ น้ำตาล 25:75 มีความแตกต่าง กับ อัตราส่วนหญ้าหวานผงสำเร็จรูป กับ น้ำตาล 75:25 ($p\leq0.05$) ส่วน อัตราส่วนหญ้าหวานผงสำเร็จรูป กับ น้ำตาล 25:75 กับ 50:50 มีความแตกต่าง ($p\leq0.05$) ด้านรสชาติ สูตรพื้นฐาน มีความแตกต่าง อัตราส่วนหญ้าหวานผงสำเร็จรูป กับน้ำตาล 50:50 75:25 ($p\leq0.05$) ส่วน สูตรพื้นฐาน กับ อัตราส่วนหญ้าหวานผงสำเร็จรูป กับ น้ำตาล 50:50 มีความแตกต่าง ($p\leq0.05$) ด้านเนื้อสัมผัส สูตรพื้นฐาน กับ อัตราส่วนหญ้าหวานผงสำเร็จรูป กับน้ำตาล 25:75 50:50 ไม่มีความแตกต่าง ($p>0.05$) และสูตรพื้นฐาน กับ อัตราส่วนหญ้าหวานผงสำเร็จรูป กับน้ำตาล 25:75 50:50 มีความแตกต่าง กับอัตราส่วนหญ้าหวานผงสำเร็จรูปกับ น้ำตาล 75:25 ด้านความชอบโดยรวม สูตรพื้นฐาน กับ อัตราส่วนหญ้าหวานผงสำเร็จรูป กับ น้ำตาล 25:75 มีความแตกต่างกับ อัตราส่วนหญ้าหวานผงสำเร็จรูป กับ น้ำตาล 75:25 ($p\leq0.05$) จึงเลือกสูตรอัตราส่วนหญ้าหวานผงสำเร็จรูป กับ น้ำตาล 25:75 ที่มีค่าเฉลี่ยการยอมรับสูงที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. นำไปศึกษาการทำผลิตภัณฑ์บราวนี่ปราศจากกลูเตนที่ใช้แป้ง ชนิดอื่นทดแทนแป้งข้าวหอมแดง หรือ แป้งข้าวโพด
2. นำไปศึกษาการทำผลิตภัณฑ์บราวนี่ใช้สารให้ความหวานอื่นแทนหญ้าหวานผงสำเร็จรูป
3. ศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์บราวนี่ปราศจากกลูเตนทดแทนน้ำตาลบางส่วนด้วยหญ้าหวานผงสำเร็จรูป

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์ดร.น้อมจิตต์ สุธีบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่สละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำ ชี้แนวทางการแก้ไขในส่วนที่บกพร่อง เพื่อให้ได้ซึ่งงานวิจัยที่มีคุณภาพ ขอบพระคุณ กรรมการ ผศ.ดร.พิสุทธิ หนักแน่น มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ดร.วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์ สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยี คหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และอาจารย์ เพื่อน น้อง สาขาวิชาธุรกิจอาหาร เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่เสียสละเวลา ในการทำแบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุกครั้งที่ทำการทดลอง ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง และขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

คณะผู้จัดทำโครงงานพิเศษ ต้องกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุน และให้การช่วยเหลือ ให้กำลังใจ กำลังกาย กำลังทรัพย์ ตลอดจนความห่วงใยที่มีให้ไม่ขาดหาย สุดท้ายนี้ต้องขอระลึกถึงพระคุณของครูอาจารย์ ทุกท่านที่คอยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ แก่ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ และหากวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ สามารถเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจ ข้าพเจ้าคณะผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ ขอมอบความดีทั้งหมดให้แก่บุคคลที่กล่าวมาข้างต้น

เอกสารอ้างอิง

เกษตรอินทรีย์. (2556). **ข้าวกล้องหอมมะลิแดง**, 6 กรกฎาคม 2560. http://www.kasetorganic.com/ข้าวกล้องหอมมะลิแดง.html.

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. (2554). **เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณนนท์ แดงสังวาลย์. (2554). **The Ultimate Brownie**. กรุงเทพฯ: แม่บ้าน.

เมดไทย. (2559). **หญ้าหวาน**, 9 มิถุนายน 2560. https://medthai.com/หญ้าหวาน/

โรงเรียนการอาหารนานาชาติสวนดุสิต. (2549). **เบเกอรี่**. กรุงเทพฯ: โรงเรียนการอาหารนานาชาติสวนดุสิต.

อบเชย วงศ์ทอง และขนิษฐา พูนผลกุล. (2556). **หลักการประกอบอาหาร**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Elli L., Dolfini E., Bardella M.T. (2003). **Gliadin cytotoxicity and in vitro cell cultures**. Toxicology letter, 146, 1-8.

Gallagher, E., Gormley, T. R., & Arendt, E. K. (2004). **Recent advances in the formulations of gluten free cereal based products**. Trends in Food Science and Technology, 15, 143-152.

Xu J., Bietz J.A. and Carriere C.J. (2007). **Viscoelastic properties of wheat gliadin and glutinin suspensions**. Food Chemistry, 101, 1028-1030.

การศึกษาเบื้องต้นในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากฟักข้าว (*Momordica cochinchinensis*)

พรรณวิภา แพงศรี[1*] กัลยา มีลา[2] ปัทมิกา นัยเนตร[2] วดี สีดำ[2]

บทคัดย่อ

น้ำส้มสายชูนิยมเป็นเครื่องปรุงรสในอาหารและเป็นเก็บรักษาอาหาร ซึ่งน้ำส้มสายชูส่วนใหญ่ผลิตจากวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีองค์ประกอบของแป้งหรือน้ำตาล เช่น องุ่น แอปเปิ้ลและน้ำผลไม้อื่น ๆ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการผลิตน้ำส้มสายชูจากผลฟักข้าวเพื่อใช้เป็นแนวทางเสริมอาหารเพื่อสุขภาพ โดยทำการหมักฟักข้าวเพื่อผลิตแอลกอฮอล์โดยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* และผลิตเป็นน้ำส้มสายชูโดยเชื้อ *Acetobacter aceti* จากผลการทดลองในขั้นตอนการหมักฟักข้าวเพื่อผลิตแอลกอฮอล์ พบว่ามีปริมาณแอลกอฮอล์ 7.60 เปอร์เซ็นต์ และในขั้นตอนการผลิตเป็นน้ำส้มสายชู พบว่ามีค่าความเป็นกรดและค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเท่ากับ 0.34 เปอร์เซ็นต์ และ 4.34 ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อทดสอบลักษณะทางกายภาพ ของน้ำส้มสายชูฟักข้าว พบกลิ่นสี รสชาติ และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักได้ ดังนั้นฟักข้าวจึงเป็นวัตถุดิบอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักน้ำส้มสายชูหมัก

คำสำคัญ : น้ำส้มสายชู ฟักข้าว *Momordica cochinchinensis*

[1] *หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*
[2] *หลักสูตรวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*
**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: phanwipa@vru.ac.th*

PRELIMINARY STUDY ON VINEGAR PRODUCTION FROM GAC FRUIT (*Momordica cochinchinensis*)

Phanwipa Pangsri[1*] Kanlaya Meela[2] Premmika Nainate[2] Wadee seedam[2]

Abstract

Vinegar is used for food seasoning and food preserving agents. Vinegar produced from a suitable raw material of agricultural containing starch or sugars such as grape, apple, and other fruit juices. In this study, focus on the vinegar produced from *Momordica cochinchinensis* fruits for healthy food. The alcohol fermentation step was produced by *Saccharomyces cerevisiae* and vinegar fermentation step was produced by *Acetobacter aceti*. The results found that the alcohol fermentation step had alcohol content 7.6 %. Vinegar production step, total acidity and pH of vinegar production step were 0.336เปอร์เซ็นต์ and 4.34, respectively. Moreover, the quality of Gac vinegar was found the odor, color, and taste and overall were like a little bit, which is possible to use as a raw material to produce vinegar. Therefore, Gac (*Momordica cochinchinensis*) which can be used as the starting materials for vinegar fermentation.

Keywords : Vinegar Gac fruit *Momordica cochinchinensis*

[1] *Biotechnology Program, Faculty of Science and Technology ,[2] Faculty of Education*
Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, Pathumtani Province, Thailand
[*] *Corresponding author, e-mail : phanwipa@vru.ac.th*

บทนำ

น้ำส้มสายชูเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทั่วโลก ใช้กันอย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวัน โดยน้ำส้มสายชูถูกนำมาใช้ปรุงรสอาหาร (seasoning) ใช้เป็นสารถนอมในอาหาร และใช้ในอาหารหลากหลายชนิด (Turker 1963) น้ำส้มสายชู (vinegar) มาจากคำว่า vin aigre เป็นภาษาฝรั่งเศส แปลว่า ไวน์เปรี้ยวน้ำส้มสายชูผลิตจากวัตถุดิบที่มีแป้งหรือน้ำตาลผ่านการหมักเพื่อผลิตเป็นเอทานอล โดยเชื้อยีสต์และหมักเพื่อให้เป็นกรดอะซิติก (FAO / WHO, 1982) ดังนั้นน้ำส้มสายชูหมักจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักเอทานอลโดยใช้จุลินทรีย์ในกลุ่ม acetic acid bacteria ซึ่งจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้สามารถออกซิไดซ์เอทานอลให้เปลี่ยนไปเป็นกรดอะซิติก ตัวอย่างของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู เช่น องุ่น แอปเปิ้ลและน้ำผลไม้อื่น ๆ ตัวอย่างของน้ำส้มสายชูมีหลากหลายชนิดซึ่งมีการผลิตทั่วโลก เช่นน้ำส้มสายชูแอปเปิ้ลไซเดอร์ น้ำส้มสายชู Balsamic ในอิตาลี ผลไม้น้ำส้มสายชูในออสเตรเลีย น้ำส้มสายชูข้าวในอเมริกาและไต้หวัน

การผลิตน้ำส้มสายชูขึ้นอยู่กับกระบวนการหมักแบบผสมของจุลินทรีย์ทั้งยีสต์และแบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติก กลุ่มแบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติกที่สำคัญที่สุดการผลิตน้ำส้มสายชูคือสายพันธุ์ *Acetobacter* sp. (Kadere *et al*., 2008) น้ำส้มสายชูที่หมัก จะใส ไม่มีตะกอน ยกเว้นตะกอนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีกลิ่นหอมตามกลิ่นของวัตถุดิบ มีรสชาติดี มีรสหวานของน้ำตาลที่ตกค้าง มีกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก ความเข้มข้นขึ้นอยู่กับชนิด ปริมาณน้ำตาลของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักและปริมาณกรด

ฟักข้าว (Gac, *Momordica cochinchinensis*) เป็นผลไม้ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่พบได้ทั่วทั้งภูมิภาคจากทางตอนใต้ของประเทศจีนจนถึงแถบตะวันออกของประเทศออสเตรเลีย รวมทั้งประเทศไทย ลาว พม่า กัมพูชาและเวียดนาม ฟักข้าวมีการเรียกชื่อต่างๆกันตามแต่ละพื้นที่ เช่น Gac (ในเวียดนาม), Fak kao (ในประเทศไทย), Bhat kerala (ในอินเดีย), Moc Niet Tu (ในประเทศจีน) และ Mak kao (ในประเทศลาว) โดยทั่วไปฟักข้าวถูกใช้เป็นอาหารและยา เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการ และมีสารแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) เช่น เบต้าแคโรทีน (Ishida *et al*, 2004) ฟักข้าวเป็นพืชในประเทศไทย ผลอ่อนมีสีเขียว เมื่อผลสุกจะมีสีแดง หรือแดงอมส้ม ภายในมีเมล็ดจำนวนมากเรียงตัว ดังภาพที่ 1 ปัจจุบันนิยมนำมาผลิตเป็นน้ำผลไม้สำหรับการผลิตเชิงพาณิชย์เป็นอาหารที่มีประโยชน์ เนื่องจาก มีวิตามินแร่ธาตุสูงปริมาณไลโคปีนและเบต้าแคโรทีน (Aoki *et al*., 2002) จากคุณสมบัติดังกล่าวฟักข้าวจึงเป็นทางเลือกสำหรับนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มสายชูเนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลสูง ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูจากฟักข้าวเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

ภาพที่ 1 ฟักข้าว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูจากฟักข้าวโดยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Acetobacter aceti*

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมวัตถุดิบ

ในการศึกษานี้ใช้ผลฟักข้าวสุกผลสีส้ม นำมาปอกเปลือก แยกเอาเมล็ดออกและคั้นน้ำจากส่วนเยื่อหุ้มและเนื้อเพื่อให้ได้เป็นน้ำฟักข้าว จากนั้นนำน้ำฟักข้าวที่คั้นแล้ว กรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกเอากากออก ทำการผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 พาสเจอไรส์ที่ 80 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และปรับความหวานเริ่มต้นเท่ากับ 22 องศาบริกซ์

เชื้อจุลินทรีย์

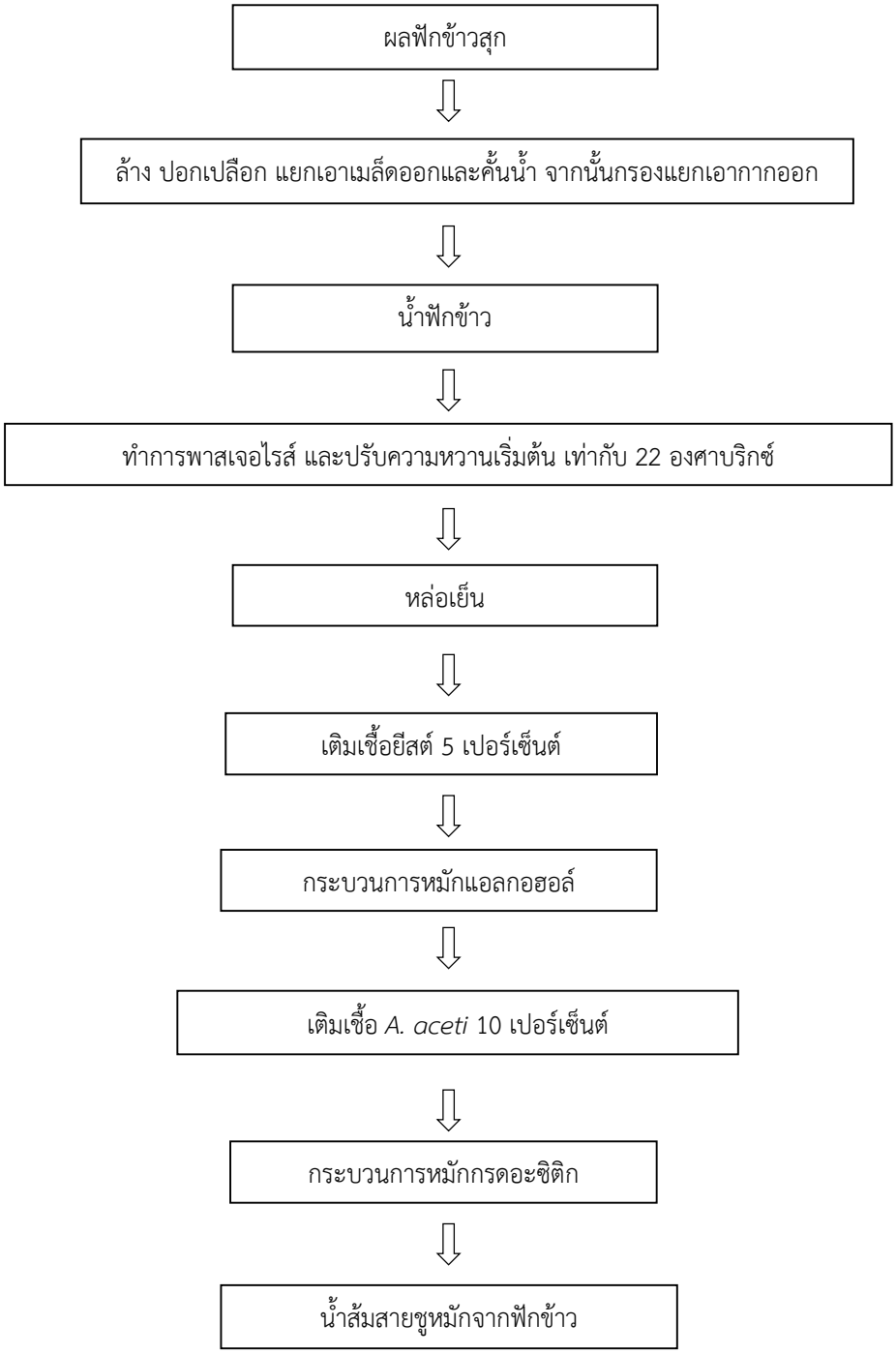
ในขั้นตอนการผลิตแอลกอฮอล์ใช้เชื้อ *S. cerevisiae* และ *A. aceti* ในขั้นตอนการผลิตหมักให้เป็นน้ำส้มสายชู

การหมักแอลกอฮอล์

นำน้ำฟักข้าวที่พาสเจอไรส์แล้ว และปรับปริมาณความหวานเริ่มต้นเท่ากับ 22 องศาบริกซ์ จากนั้นเติมเชื้อ *S. cerevisiae* 5 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) เพื่อให้เกิดกระบวนการหมักให้ได้แอลกอฮอล์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน ทำการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ด้วย Ebulliometer และปริมาณน้ำตาลโดย refractometer ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในตัวอย่างวัดเป็นองศาบริกซ์ (^{o}Brix)

การผลิตน้ำส้มสายชู

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนการหมักแอลกอฮอล์ใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการผลิตน้ำส้มสายชู เติมเชื้อ *A. aceti* 10 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตรต่อปริมาตร) อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เก็บตัวอย่างทุกวันเพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์วัดโดย Ebulliometer วัดค่าความเป็นกรด - ด่างด้วย pH meter ความเป็นกรดทั้งหมดโดยการไตเตรทกรด - เบสโดยใช้สารละลาย 0.1 N sodium hydroxide มาตรฐานโดยใช้ phenolphthalein เป็นตัวบ่งชี้และแสดงผลเป็นปริมาณกรดอะซิติก (AOAC, 1990)



ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากฟักข้าว

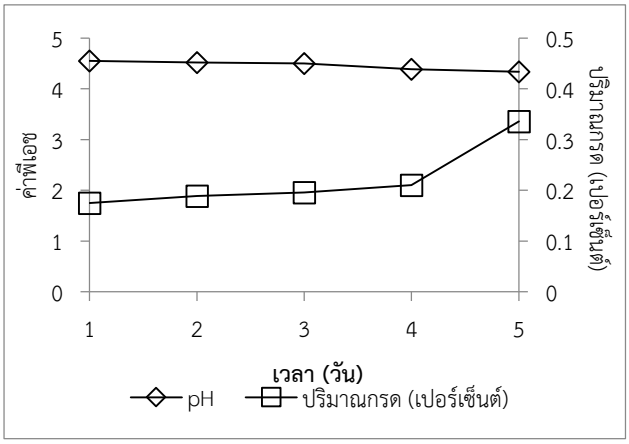
ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับของผู้บริโภคต่อน้ำส้มสายชูหมักจากฟักข้าว

ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านสี กลิ่น รสชาติ และลักษณะทั่วไปของน้ำส้มสายชูหมักที่ผลิตได้ การยอมรับของผู้บริโภคต่อน้ำส้มสายชูหมักจากฟักข้าว จำนวน 30 คน โดยใช้สเกลแบบ 9-point hedonic scale เป็นเกณฑ์การให้คะแนน ตามลำดับความชอบในช่วงคะแนน 1-9 (1=ไม่ชอบมากถึง 9=ชอบมากที่สุด) ที่มีผลต่อ สีกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การผลิตแอลกอฮอล์และน้ำส้มสายชูหมัก

จากการทดลองพบว่าปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในระหว่างการหมัก หลังจากการหมักมีปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับ 7.60 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตรต่อปริมาตร) ลักษณะของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการผลิตแอลกอฮอล์จะมีสีส้ม ดังภาพที่ 4 และในขั้นตอนการผลิตน้ำส้มสายชูโดย *A. aceti* พบว่ามีการหมักแอลกอฮอล์เพื่อให้ได้กรดอะซิติกสูงสุดเท่ากับ 0.34 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตรต่อปริมาตร) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแอลกอฮอล์ที่ลดลงเหลือ 5.80 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตรต่อปริมาตร) และความเป็นกรด-ด่าง ของอาหารลดลงเล็กน้อยเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก ดังแสดงในภาพที่ 3 จากผลการทดลองใกล้เคียงกับการทดลองของดวงกมลและคณะ (2551) ทำการศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูจากผลมะเกี๋ยง ที่ปริมาณหัวเชื้อ *A. aceti* sp. 5 เปอร์เซ็นต์ ได้กรดอะซิติกสูงสุดเท่ากับ 0.49 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตรต่อปริมาตร) และจากการศึกษาของอุมาพร และคณะ (2556) ซึ่งมีการผลิตไวน์หนามแดงซึ่งมีปริมาณแอลกอฮอล์ 6 เปอร์เซ็นต์ มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตหมักน้ำส้มสายชูด้วยปริมาณหัวเชื้อ *A. aceti* เริ่มต้น 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีผลให้ปริมาณกรดอะซิติกสูงสุดที่ 2.27 เปอร์เซ็นต์ และ 4.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งผลของปริมาณกรดอะซิกติกอาจขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบและปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้น



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดในขั้นตอนการหมักน้ำส้มสายชู

ภาพที่ 4 ลักษณะของผลิตภัณฑ์การหมักแอลกอฮอล์จากฟักข้าว

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับของผู้บริโภคต่อน้ำส้มสายชูหมักฟักข้าว

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากฟักข้าวโดยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักด้วยผู้ทดสอบจำนวน 30 คน พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสี 6.57 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย กลิ่น 5.7 อยู่ในระดับเฉยๆ รสชาติ 6.4 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย สำหรับคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 6.47 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย จากการทดสอบความพึงพอใจของน้ำส้มสายชูหมักจากฟักข้าว กลิ่นรสชาติที่เกิดจากการหมักพบว่ามีกลิ่น เปรี้ยว รสชาติ เปรี้ยว อม หวาน ซึ่งน้ำส้มสายชูหมักจากฟักข้าวมีส้ม แดงอ่อน ดังแสดงในภาพที่ 5 จากการทดสอบผลทางประสาทสัมผัสพบว่ามีผลใกล้เคียงกับ อุมาพร และคณะ (2556) พบว่าเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากผลหนามแดงที่ใช้เชื้อเริ่มต้นของ *S. cerevisiae* ในการหมักไวน์และ *A. aceti* sp. ในการหมักน้ำส้มสายชู ปริมาณ 15เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 6.05 ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ซึ่งผลการยอมรับของผู้บริโภคอาจมีผลจากวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิต

ภาพที่ 5 ผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักฟักข้าว

ดังนั้นจากการทดสอบผลทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากฟักข้าวมีความชอบโดยรวมชอบเล็กน้อย อาจมีผลจากวัตถุดิบที่นำมาใช้ยังไม่แพร่หลายและมีกลิ่น รสชาติเฉพาะตัว ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ดังนั้นฟักข้าวจึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักได้

สรุปและอภิปรายผล

จากการการหมักฟักข้าวเพื่อผลิตแอลกอฮอล์โดยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* และผลิตเป็นน้ำส้มสายชูโดยเชื้อ *Acetobacter aceti* พบว่าการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากฟักข้าวในขั้นตอนการผลิตแอลกอฮอล์มีปริมาณแอลกอฮอล์ 7.6 เปอร์เซ็นต์ และในการผลิตน้ำส้มสายชูพบว่ามีค่าความเป็นกรดและค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเท่ากับ 0.34 เปอร์เซ็นต์ และ 4.34 ตามลำดับ และเมื่อทดสอบลักษณะทางกายภาพของน้ำส้มสายชูฟักข้าว พบกลิ่น สี รสชาติ และความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย ดังนั้นฟักข้าวจึงเป็นแนวทางเลือกหนึ่งในการนำใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักฟักข้าวให้มีปริมาณกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นเพื่อให้เป็นที่ยอมรับต่อผู้บริโภคมากขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

ดวงกมล เตจาคา ดารุณี วังเสาร์ วิรัลพัชร ปิ่นสุข และ สิทธิสิน บวรสมบัติ (2551). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้าส้มสายชูหมักจากมะเกี๋ยง**. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

อุมาพร ทาไธสง เสาวภา ทรัพย์ประสาท และ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล (2556). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากผลหนามแดง.** วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 44 (2) (พิเศษ): 417-420.

AOAC. (1990. **Official methods of analysis of the association of official analytical. chemists, 15th ed**. Gaithersburg, MD: AOAC Inc press.

Aoki, H., Kieu, M. T. N., Kuze, N., Tomisaka, K., and Chuyen, V. N. (2002). **Corotenoid pigments in gac fruit (*Momordica cochinchinenensis* Spreng).** Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 66 (11), 2479–2482.

FAO/WHO. (1982). **Draft European regional standard for vinegar**. Codex Alimentarus Commission. Alinorm 87/19, Appendix II. 34–8.

Kedere T. T. Miamoto, R.K.Oniangb . P. M. Kutima and S.M. Njoroge (2008): **Isolation and identification of genera *Acetobacter* and *Gluconnobacter* in coconut today**. African Journal Biotechnology, 7. 2963-2971.

Ishida BK, Turner C, Chapman MH, McKeon TA (2004). **Fatty Acid and Carotenoid Composition of Gac (*Momordica cochinchinensis* Spreng) Fruit.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52 (2): 274–9.

Turker I. (1963). **Sirke Teknolojisi ve Teknikte Laktik Asit Fermantasyonları**. In: T¨urker I, editor.Ankara, Turkey: Ankara Univ., Schoolbook of Faculty of Agriculture, Ankara Univ. Press. p181.

การใช้เห็ดหูหนูทดแทนเนื้อไก่ในผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บไส้ไก่

สินีนาถ สุขทนารักษ์[1*] อนุชา ผลมะเฟือง[1] ขนิษฐา ศรีรัตนเกตุ[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้เห็ดหูหนูทดแทนเนื้อไก่ในผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บในรูปแบบไส้ใหม่ สำหรับการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บไส้ไก่ จะทำโดยการคัดเลือกสูตรพื้นฐานจากทั้งหมด 3 สูตรด้วยวิธีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากผู้ชิมทั้งหมด 30 คน หลังจากนั้นนำสูตรพื้นฐานที่ได้รับการคัดเลือกไปพัฒนาโดยการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้เห็ดหูหนูทดแทนเนื้อไก่ในผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บ โดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูทั้งหมด 5 ระดับ คือ 100 : 0 (สูตรควบคุม), 75 : 25, 50 : 50, 25 : 75 และ 0 : 100 ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า อัตราส่วนระหว่างระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่ 25 : 75 ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุด เนื่องจากเห็ดหูหนูมีลักษณะเป็นสีน้ำตาล มีเนื้อสัมผัสที่กรุบกรอบและมีลักษณะเป็นเมือกเล็กน้อย ถ้านำเห็ดหูหนูมาทดแทนเนื้อไก่ในอัตราส่วนที่มากเกินไป จะส่งผลต่อคะแนนความชอบของผู้บริโภคลดลงได้ ผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส พบว่า การนำเห็ดหูหนูมาแทนเนื้อไก่ จะส่งผลกระทบต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บ โดยอัตราส่วนระหว่างระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่ระดับ 100 : 0 มีค่าความแข็งอยู่ที่ 15.60±3.27 นิวตัน (N) ในขณะที่อัตราส่วนระหว่างระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่ระดับ 25 : 75 ค่าความแข็งอยู่ที่ 13.45±4.06 นิวตัน (N)

คำสำคัญ : กะหรี่ปั๊บ เห็ดหูหนู ไก่

[1]*หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล:* sineenart@vru.ac.th

**ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล:* sineenart@vru.ac.th

USING OF WOOD EAE MUSHROOM SUBTITUED OF CHICKEN IN CURRY PUFF STUFF

Sineenart Suktanarak[1*] Anucha Phonmafurng[1] Kanittha Srirattanaket[1]

Abstract

The objective of this study was to study the optimal ratio of wood ear mushroom substituted for chicken in curry puff stuff. Three standard formulas of curry puff product studied. Standard formula was selected by sensory evaluation. After that, the standard formula was selected to study the optimal ratio for using wood ear mushroom substituted for chicken of curry puff stuff in the next step. The ratio of chicken and wood ear mushroom at 5 levels of 100 : 0 (control formula), 75 : 25, 50 : 50, 25 : 75 and 0 : 100 were studied for comparison. The result of the sensory evaluation showed that the ratio of chicken and ear mushroom at 25 : 75 was recognized by sensory. The wood ear mushrooms is a brown color and little slime. If use wood mushroom replacement of chicken in excess ratio, it will affect the consumer's liking. The formulas of ratio of chicken and wood ear mushroom at 100 : 0 had hardness at 15.60±3.27 N and the formulas of ratio of chicken and wood ear mushroom at 25 : 75 had hardness at 13.45±4.06 N. All results, it is concluded that the replacement of excessive wood ear mushrooms will affect the sensory quality and texture of curry puff stuff.

Keywords : curry puff, wood ear mushroom, chicken

[1] *Department o of Home Economics, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabahat University Under The Royal Patronage*, e-mail: sineenart@vru.ac.th

**Corresponding author, e-mail:* sineenart@vru.ac.th

บทนำ

กะหรี่ปั๊บเป็นอาหารว่างชนิดหนึ่ง ซึ่งมีรูปแบบตะวันตกผสมกับอินเดีย มีลักษณะเฉพาะตัว จะมีรูปทรงพับเป็นรูปคล้ายหอย ซึ่งใช้แป้งสาลีห่อไส้ผสมผงกะหรี่ แล้วจับจีบคล้ายหอยแครง ในปัจจุบันได้มีการการทำไส้หลายรสชาติ เช่น ไส้ไก่ ไส้ถั่ว ไส้เผือก ไส้ถั่วเหลือง และไส้อื่นๆ อีกมากมาย ซึ่งวัตถุดิบในการทำไส้สามารถหาได้ง่ายตามท้องถิ่น นอกจากนี้กะหรี่ปั๊บยังเป็นอาหารว่างที่คนไทยนิยมกันพอสมควรและเป็นของฝากที่นักท่องเที่ยวซื้อเป็นของฝากอีกด้วย จากความนิยมของผู้บริโภคที่ชอบกินกะหรี่ปั๊บและมีขายได้ทั่วไป ในงานวิจัยนี้จึงทำการทดลองคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บไส้ไก่ เพื่อนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นกะหรี่ปั๊บไส้เห็ดหูหนู เนื่องจากวัตถุดิบหลักตัวแป้งของผลติภัณฑ์กะหรี่ปั๊บจะประกอบไปด้วย แป้งสาลีและน้ำมัน จากวัตถุดิบดังกล่าวจะประกอบไปด้วยสารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ซึ่งทำให้เกิดพลังงานแก่ร่างกาย

เห็ดหูหนูเป็นเห็ดชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางอาหาร เช่น แคลเซียม วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินซีและไนอะซิน เห็ดหูหนูเป็นเห็ดที่หาได้ง่ายตามท้องตลาด ราคาถูก มีงานวิจัยไม่มากนักที่นำเห็ดหูหนูมามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หวาน เช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมเห็ดหูหนู (รัชรัตย์ และคณะ, 2560) และการพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมเห็ดหูหนูขาว (อุทร และไพรินทร์, 2555) ส่วนใหญ่ผู้บริโภคจะนิยมรับประทานเห็ดหูหนูในลักษณะอาหารคาว ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงนำเห็ดหูหนูมาพัฒนาเป็นไส้ในผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บ เพื่อเป็นการเพิ่มความหลากหลายให้แก่เมนูอาหารที่ใช้เห็ดหูหนูเป็นวัตถุดิบ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้ของกะหรี่ปั๊บ โดยการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้เห็ดหูหนูทดแทนเนื้อไก่ในผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บไส้ไก่

ทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานกะหรี่ปั๊บไส้ไก่ 3 สูตร จากนั้นทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกเพียง 1 สูตร ทำการคัดเลือกโดยใช้แบบทดสอบ 9 - point hedonic scale กับผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Random Complete Block Design (RCBD) วัดค่าทางกายภาพโดยการวัดค่าสี (Colorimeter) โดยวัดที่สีของเปลือกผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บ และวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) โดยใช้หัววัดขนาด P/75 สภาวะตัวอย่างสำหรับการวัดค่าสีและค่าเนื้อสัมผัส จะเป็นกะหรี่ปั๊บที่ทอดเสร็จแล้วนำไปวัดค่าทางกายภาพทันที โดยสูตรที่ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดจะถูกนำมาพัฒนาโดยการปรับปรุงให้เป็นไส้เห็ดหูหนู

2. ศึกษาอัตราส่วนของเห็ดหูที่เหมาะสมในการทดแทนไส้ไก่ในผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บ

นำผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บไส้ไก่ที่ถูกคัดเลือกโดยได้คะแนนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสมากที่สุดมาเป็นสูตรมาพัฒนาโดยการหาอัตราส่วนของเห็ดหูที่เหมาะสมในการทดแทนไส้ไก่ในผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บ วิธีการเตรียมเห็ดหูหนู จะทำโดยการนำเห็ดหูหนูมาล้างทำความสะอาด จากนั้นนำเห็ดหูหนูมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ให้มีขนาดความกว้างและความยาวของเห็ดหูหนูอยู่ที่ 0.5×0.5 เซนติเมตร สำหรับขั้นตอนในการผัดไส้ จะควบคุมโดยใช้ไฟปานกลาง ผัดจนกระทั่งไส้มีลักษณะแห้ง หลังจากนั้นศึกษาอัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูทั้งหมด 5 ระดับ คือ 100 : 0 (สูตรควบคุม), 75 : 25, 50 : 50, 25 : 75 และ 0 : 100 ทำการคัดเลือกโดย

ใช้แบบทดสอบ 9 - point hedonic scale กับผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Random Complete Block Design (RCBD) นำมาวัดค่าทางกายภาพโดยการวัดค่าสี (Colorimeter) และเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ซึ่งสภาวะในการวัดค่าสีและค่าเนื้อสัมผัสจะเหมือนกับวิธีการดำเนินวิจัยในหัวข้อที่ 1

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s new multiple test ที่ระดับความเชื่อมั่นอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. ผลการคัดเลือกสูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บไส้ไก่

ศึกษาการคัดเลือกสูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บไส้ไก่ ทำการคัดเลือกสูตรจากสูตรทั้ง 3 สูตร ซึ่งส่วนผสมของแต่ละสูตร แสดงได้ดังตารางที่ 1 จากการคัดเลือกสูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บไส้ไก่จากสูตรพื้นฐาน 3 สูตร ซึ่งแสดงผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสได้ดังตารางที่ 2 จากการวิเคราะห์ผลการทดลองสูตรกะหรี่ปั๊บไส้ไก่ที่ผู้บริโภคให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุด คือ สูตรที่ 1 เนื่องจาก สูตรนี้มีลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวมที่เหมาะที่สุด โดยลักษณะปรากฏ พบว่า สูตรที่ 1 มีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุด เนื่องจากในขั้นตอนการทำตัวแป้งชั้นนอก พบว่า ตัวแป้งผสมด้วยเนยขาวเลยทำให้ขั้นตอนการพับกะหรี่ปั๊บขึ้นรูปเป็นทรงก้นหอยได้สวยงาม ด้านรสชาติ พบว่า สูตรที่ 1 มีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุด เนื่องจากในขั้นตอนการผัดไส้ไก่ มีปริมาณเครื่องปรุงที่เหมาะสม

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมกะหรี่ปั๊บไส้ไก่ 3 สูตร

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)		
	สูตรที่ 1	**สูตรที่ 2**	**สูตรที่ 3**
ส่วนผสมแป้งชั้นนอก			
แป้งสาลี	700	280	140
น้ำมันปาล์ม	-	60	30
เกลือ	4	4	2
น้ำตาลทราย	45	15	7
น้ำเย็น	185	120	45
น้ำปูนใส	185	-	-
เนยขาว	100	-	-
ส่วนผสมแป้งชั้นใน			
แป้งสาลี	280	140	70
น้ำมันปาล์ม	-	60	37
เนยขาว	140	-	-
ส่วนผสมทำไส้ไก่			

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
เนื้อไก่	300	200	200
หัวหอมใหญ่	200	69	210
มันฝรั่ง	500	77	200
ซอสปรุงรส	30	12	-
พริกไทยป่น	4	2	-
ผงกะหรี่	10	10	4
น้ำตาลทราย	105	12	15
เนยชนิดเค็ม	30	-	-
เกลือป่น	6	8	-
น้ำเปล่า	30	-	-
น้ำมันถั่วเหลือง	-	-	45

ตารางที่ 2 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกะหรี่ปั๊บไส้ไก่ในแต่ละสูตร

คุณลักษณะ	สูตรกะหรี่ปั๊บไส้ไก่		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ลักษณะปรากฏ	6.96 ±1.07^{a}	6.54 ±1.17^{ab}	6.22 ±1.62^{b}
สี	7.19 ±0.90^{a}	6.58 ±1.25^{b}	6.16 ±1.59^{b}
กลิ่น^{ns}	6.90 ±0.97	6.61 ±1.20	6.48 ±1.67
รสชาติ	7.35 ±1.17^{a}	5.41 ±1.66^{b}	6.67 ±1.68^{a}
เนื้อสัมผัส	7.09 ±1.13^{a}	6.06 ±1.28^{b}	6.45 ±1.52^{b}
ความชอบโดยรวม	7.29 ±1.18^{a}	6.19 ±1.04^{b}	6.64 ±1.79^{b}

หมายเหตุ ^{a,b} หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแถวแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ผลการการศึกษาอัตราส่วนของเห็ดหูที่เหมาะสมในการทดแทนไส้ไก่ในผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บ

นำผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บไส้ไก่ได้รับการยอมรับในการคัดเลือกสูตพื้นฐานมาพัฒนาในด้านไส้โดยทำการศึกษาอัตราส่วนของเห็ดหูที่เหมาะสมในการทดแทนไส้ไก่ ซึ่งศึกษาอัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูทั้งหมด 5 ระดับ คือ 100 : 0 (สูตรควบคุม), 75 : 25, 50 : 50, 25 : 75 และ 0 : 100 จากนั้นทดสอบการยอมรับด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งผลการทดสอบการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสแสดงได้ดังตารางที่ 3 จากตารางพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดอยู่ที่อัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่ระดับ 75 : 25 โดยพบว่าอัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูมีผลต่อคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสในแต่ละด้าน แต่เมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่ระดับ 75 : 25 และ 25 : 75 พบว่า ทั้ง 2 สูตรนี้ไม่มีความแตกต่างทางนับสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่ง

กล่าวได้ว่า อัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่เหมาะสม คือ ที่อัตราส่วนระหว่าง 25 : 75 เมื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่าอัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่ 100 : 0 และ 0 : 100 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากลักษณะของเห็ดหูหนูจะมีลักษณะเฉพาะตัวที่เป็นเมือกเล็กน้อย

ตารางที่ 3 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บโดยใช้ไส้เห็ดหูทดแทนไส้ไก่

คุณลักษณะ	อัตราส่วนระหว่าเนื้อไก่ : เห็ดหูหนู				
	100 : 0	75 : 25	50 : 50	25 : 75	0 : 100
ลักษณะปรากฏของไส้^{ns}	7.31 ± 0.96	7.44 ± 0.95	6.93 ± 1.21	7.19 ± 1.16	7.00 ± 1.20
สีของไส้	7.36 ± 1.02^{ab}	7.56 ± 1.05^{a}	7.13 ± 1.21^{ab}	7.19 ± 1.06^{ab}	6.97 ± 1.17^{b}
รสชาติ^{ns}	7.61 ± 1.10	7.23 ± 1.16	7.13 ± 1.13	7.05 ± 1.20	7.08 ± 1.21
เนื้อสัมผัส	7.39 ± 1.05^{a}	7.41 ± 0.99^{a}	7.00 ± 1.04^{ab}	6.95 ± 1.02^{ab}	6.76 ± 1.11^{b}
ความชอบโดยรวม	7.64 ± 1.10^{a}	7.48 ± 0.97^{ab}	7.10 ± 1.10^{b}	7.32 ± 1.15^{ab}	7.00 ± 1.05^{b}

หมายเหตุ ^{a,b} หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแถวแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ผลการศึกษาค่าสีและค่าเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บระหว่างสูตรควบคุมและสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่ระดับ 25 : 75

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสีและเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บสูตรควบคุม ซึ่งสูตรควบคุมเป็นสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่ระดับ 100 : 0 และสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่ระดับ 25 : 75 จากตางราง พบว่า สูตรควบคุมมีค่าความสว่าง (*L**) อยู่ที่ 40.83±2.65 ค่าความเป็นสีแดง (*a**) อยู่ที่ 33.63±1.54 และความเป็นสีเหลือง (*b**) ที่ 12.04± 1.87 ในขณะที่สูตรที่มีสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่ระดับ 25 : 75 มีค่าความสว่าง (*L**) อยู่ที่ 44.96±2.86 ค่าความเป็นสีแดง (*a**) อยู่ที่ 35.33±0.83 และความเป็นสีเหลือง (*b**) ที่ 13.59±3.89 จะเห็นได้ว่าค่าสีของทั้ง 2 มีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการทอดกะหรี่ปั๊บทั้ง 2 สูตรนั้นเท่ากัน จึงไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพด้านสีมากนัก ผลการศึกษาค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บสูตรควบคุมมีค่า Hardness ที่ 15.60±3.27 ในขณะที่ค่าเนื้อสัมผัสของสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่ระดับ 25 : 75 มีค่า Hardness ที่ 13.45±4.06 ซึ่งค่า Hasrdness ของสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่ระดับ 25 : 75 มีค่าลดลงเล็กน้อย เนื่องจากสูตรนี้มีการใช้เห็ดหูร้อยละ 75 ทดแทนลงไปในเนื้อไก่ ซึ่งเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่และเห็ดหูหนูมีเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกัน จึงส่งผลต่อสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่ระดับ 25 : 75 ด้วย ภาพผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่ระดับ 100: 0 และ 25 : 75 จะแสดงได้ดังภาพที่ที่ 1

ตารางที่ 4 ค่าสีและเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บระหว่างสูตรควบคุมและสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่ระดับ 25 : 75

คุณลักษณะ	สูตรควบคุม	อัตราส่วนระหว่าเนื้อไก่ : เห็ดหูหนู 25 : 75
ค่าสี		
*L**	40.83±2.65	44.96±2.86
*a**	33.63±1.54	35.33±0.83
*b**	12.04± 1.87	13.59±3.89
ค่าเนื้อสัมผัส		
Hardness (N)	15.60±3.27	13.45±4.06

หมายเหตุ ค่า *L* หมายถึง ค่าความสว่าง (ดำ=0, ขาว = 100)
ค่า *a** หมายถึงสีแดงหรือสีเขียว (+สีแดง, - สีเขียว)
ค่า *b** หมายถึง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+สีเหลือง, - สีน้ำเงิน)

(a) (b)

ภาพที่ 1 แสดงผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บ
(a) สูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่ระดับ 100: 0
(b) สูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่ระดับ 25 : 75

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้เห็ดหูหนูทดแทนเนื้อไก่ในผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บ โดยทำการศึกษาอัตราส่วนระหว่างระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูทั้งหมด 5 ระดับ คือ 100 : 0 (สูตรควบคุม), 75 : 25, 50 : 50, 25 : 75 และ 0 : 100 ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า อัตราส่วนระหว่างระหว่างเนื้อไก่และเห็ดหูหนูที่ระดับ 25 : 75 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากการทดแทนเนื้อไก่ด้วยเห็ดหูหนูในปริมาณที่เหมาะสม จะส่งผลให้เนื้อสัมผัสของไส้มีลักษณะที่กรุบกรอบของเห็ดหูหนู และไส้ไม่มีสำคล้ำจนเกินไป นอกจากนี้ อาจส่งผลกระทบต่อคะแนนความชอบของผู้บริโภค เนื่องจากเห็ดหูหนูมีลักษณะเป็นสีน้ำตาล มีเนื้อสัมผัสที่รกรุบกรอบและเป็นเมือกเล็กน้อยด้วย ซึ่งลักษณะการเป็นเมือกของเห็ดหูหนูจะส่งผลต่อผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมเห็ดหูหนู (รัชรัตย์และคณะ, 2560) ซึ่งพบว่าปริมาณเห็ดหูหนูมีผลต่อคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมเห็ดหูหนู

ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้เห็ดหูหนูทดแทนเนื้อไก่ในผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บไส้ไก่ เพื่อเป็นการพัฒนาไส้ใหม่ขึ้นมา อาจมีการศึกษาต่อไปในเรื่องของคุณค่าทางโภชนาการและแนวโน้มอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโปรแกรมคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลับราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สำหรับการสนับสนุนสถานที่ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

รัชรัตย์ สัตยเลขา ปฐมพร พรมใจ อังคณา เจริญวัย จุฑารัตน์ พงษ์โนรี และสินีนาถ สุขทนารักษ์. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมเห็ดหูหนู. **การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน**. ครั้งที่ 5, 233-237.

อุทร ชิขุนทด และไพรินทร์ กปิลานนท์. (2555). การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมเห็ดหูหนูขาว. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, 43(2), 449-452.

วิถีการผลิตผักและความต้องการความรู้การผลิตผักที่ปลอดภัยของเกษตรกรผู้ปลูกผัก บ้านโคกสะอาด ต.หินโคน อ.ประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์

สาคร สอนศิลป์พงศ์[1] ประสาน คลังกูล[2] เสาวรีย์ เลิบไธสง[3] สุชาดา สานุสันต์[4*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตผักและความต้องการความรู้ในการผลิตผักที่ปลอดภัยของเกษตรกรผู้ปลูกผัก บ้านโคกสะอาด ต.หินโคน อ.ประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 72 คน เก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 83 อายุเฉลี่ย 54 ปี เกษตรกรใช้ปุ๋ยในแปลงผัก ร้อยละ 30 ใช้ปุ๋ยเคมี ส่วนร้อยละ 70 ใช้ปุ๋ยคอก ไม่มีการใช้วัสดุปรับปรุงดิน การป้องกันกำจัดโรคและแมลงของพืชผักเกษตรกรใช้สารเคมี (ร้อยละ 80) และใช้สารสกัดสมุนไพร (ร้อยละ 20) เกษตรกรทราบว่าการผลิตผักให้ปลอดภัยต้องไม่ใช้สารเคมี (4.9±0.5) เกษตรกรมีความต้องการความรู้เกี่ยวกับการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร (2.60 ± 0.75) และการปลูกผักที่ปลอดภัยอยู่ในระดับมาก (2.46±0.74) รองลงมาคือ การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว (2.57±0.75) ด้านการจัดการคุณภาพก่อนการเก็บเกี่ยว (2.48±0.75) ด้านความรู้ในด้านแหล่งน้ำ (2.44±0.72) พื้นที่ปลูก (2.42 ±0.72) และการขนย้ายการเก็บรักษา (2.40 ±0.72) ตามลำดับ และมีความต้องการความรู้ในระดับปานกลาง ประกอบด้วย การบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล (2.32±0.78)

คำสำคัญ: วิถีการผลิตผัก, ความต้องการความรู้, การผลิตผักที่ปลอดภัย

---

[1]โรงเรียนบ้านกรวด อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ e-mail: krugrrn@gmail.com

[2]โรงพยาบาลละหานทราย 55 หมู่ 8 ตำบลละหานทราย อำเภอละหานทราย จังหวัดบุรีรัมย์

[3]นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
e-mail: saowaree2560.t2@gmail.com

[4]อาจารย์ประจำสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ e-mail:Sanusan@gmail.com
**ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล์:sanusan@gmail.com*

THE METHODS OF VEGETABLES PRODUCTION AND THE NEEDS OF KNOWLEDGE IN SAFETY VEGETABLE PRODUCTION OF FARMERS IN BAN KHOK SAARD, HEN KON SUB-DISTRICT, PRAKONCHAI DISTRICT, BURRIRAM PROVINCE.

Sakron Sornsinpong[1] Prasan Kanggoon[2] Saowaree Loebthaisong[3] Suchada Sanusan[4*]

Abstract

The purpose of this research was to study vegetables production and the needs of knowledge in safe vegetable production of farmers in Ban Khok Saard, Hen Kon Sub-District, Prakonchai District, Burriram Province. The 72 sample were collected by purposive sampling. The data were collected by using to a set of questionnaires and it’s were analyzed with frequency, percentage, mean, and standard deviation. The results showed that the most of farmers were female at average age of 54 years old. The farmers were used chemical fertilizers in vegetable crops at 30% and 70% used of cow manure. The farmers were used to chemicals extracts (80%) and herbal extracts (20%). The farmers had to know that the vegetables production should not all to use about chemical (4.9±0.5). The farmers’ needs for knowledge about using agricultural hazardous substances were high level (2.60 ± 0.75) and safety vegetables production (2.46 ±0.74), followed by harvesting (2.57 ±0.75) and before postharvest management (2.48 ± 0.72), water resources (2.44 ± 0.72), planting area (2.42 ± 0.72) and storage handling (2.40 ± 0.72), respectively. And the farmers’ needs for about the recording and storage knowledge medium levels (2.32 ± 0.78).

Key word: Method of vegetable production, Needs of Knowledge, Safe Vegetable Production

[1] *Ban Kruat School, Ban Kruat District, Buriram Province e-mail: est01649@hotmail.co.th*

[2]*Lahansai Hospital, 55 Village No. 8 Lahansai Sub-district, Lahansai District, Buriram Province*

[3*]*Undergraduate for Agriculture program, Faculty of Agricultural Technology, Buriram Rajabhat University e-mail: saowaree2560.t2@gmail.com*

[4*]*Instructor for Agriculture program, Faculty of Agricultural Technology, Buriram Rajabhat University e-mail:sanusan@gmail.com*

[*]*Corresponding author; e-mail: Sanusan@gmail.com*

บทนำ

ผักเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ จัดอยู่ในกลุ่มพืชอายุสั้นที่ให้ผลผลิตเร็ว เป็นที่นิยมสำหรับ การบริโภคทั้งในและต่างประเทศ ทั้งในรูปของผักสด และผลิตภัณฑ์ผักแปรรูป เนื่องจากเป็นแหล่งสำคัญของวิตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเสริมสร้างร่างกายให้แข็งแรง และป้องกันการเกิดโรคต่างๆ (กมล เลิศรัตน์, อรสา ดิสถาพร, สุชีลา เตชะวงค์เสถียร และวีระ ภาคอุทัย, 2544) อย่างไรก็ตาม สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ถูกนำมาใช้ในทางด้านการเกษตรมากขึ้น สำหรับในประเทศไทยจากผลผลิตพืชที่มีมูลค่า 1.39 แสนล้านบาท หากไม่มีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะทาให้มูลค่าของผลผลิตลดลงเหลือเพียง 0.57 แสนล้านบาท ซึ่งจะเห็นว่าสารเคมีกาจัดศัตรูพืชนั้นเป็นปัจจัยการผลิตที่มีความจำเป็นต่อการเพาะปลูกพืช (อรุณศรี อุ่ยวิรัตน์, 2545) รวมทั้งการใช้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง การใช้ปุ๋ยเคมี การใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตรและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมากขึ้น (สุกัญญา ดีจริง, 2542) บ้านโคกสะอาด ต.หินโคน อ.ประโคนชัย จ.บุรีรัมย์ มีเกษตรกรที่ปลูกผักเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีการจัดสรรพื้นที่ให้แต่ละครัวเรือนได้มีการปลูกผัก และมีแหล่งน้ำเพียงพอ ซึ่งมีทั้งเกษตรกรที่ปลูกผักไว้บริโภค และขาย ซึ่งเมื่อมีการปลูกผักจำนวนมาก เกษตรกรสามารถปลูกผักได้ตลอดทั้งปี จึงเป็นสาเหตุที่ทาให้เกษตรกรใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช มีการใช้อย่างสม่ำเสมอและบางเกษตรกรมีใช้ในปริมาณที่มากกว่าอัตราแนะนำ อีกทั้งเกษตรกรส่วนใหญ่ทราบว่ามีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชถ้าใช้ก่อนการเก็บเกี่ยว 30 วัน พืชผักจะปลอดภัย และด้วยความสะดวกและความเคยชิน แต่ก็มีเกษตรกรบางกลุ่มที่มีการใช้สารสกัดจากพืช ไม่ถูกต้อง การระบาดของโรคและแมลงจึงมีเกิดขึ้น ซึ่งมีทั้งเกษตรกรที่ใช้สารเคมีและสารสกัดสมุนไพรในการป้องกันกำจัด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาวิถีการผลิตผักในเขตพื้นที่บ้านโคกสะอาดว่าเกษตรกรมีการปฏิบัติการปลูกผักอย่างไร และเพื่อการขยายผลต่อให้มีการปลูกผักที่ปลอดภัยนั้น เกษตรกรต้องการความรู้ความเข้าใจในด้านใด เพราะหาก มีการใช้สารเคมีอย่างต่อเนื่องจะทำให้เกิดปัญหาสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว (Wilson, 1999)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาวิถีการผลิตผักและความต้องการความรู้ในการผลิตผักที่ปลอดภัย ของเกษตรกรผู้ปลูกผัก บ้านโคกสะอาด ตำบลหินโคน อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ ตลอดจนปัญหา และข้อเสนอแนะของเกษตรกรเพื่อเป็นแนวทางการปรับเปลี่ยนสู่วิถีการผลิตผักที่ปลอดภัยต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรกลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรกรผู้ปลูกผัก ในชุมชนบ้านโคกสะอาด ตำบลหินโคน อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ โดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) แบบปลายปิดและปลายเปิดเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล กระบวนการวิจัยใช้การสัมภาษณ์ กระบวนการกลุ่ม เป็นการสัมภาษณ์เชิงลึกกับเกษตรกรผู้ปลูกผักจำนวน 72 ครัวเรือน (Creswell, 1998) และการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสม ความชัดเจนของคำถาม และนำมาปรับปรุงแก้ไข หาค่าความเชื่อมั่น (reliability) โดยการนำแบบสัมภาษณ์ไปทดสอบกับเกษตรกรผู้ปลูกผักอำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 30 ราย นำมาคำนวณหา ค่าสัมประสิทธิ์ครอนบาชส์ แอลฟ่า (Cronbach’s apha coefficient) ของแบบสัมภาษณ์ความต้องการความรู้ในการผลิตผักที่ปลอดภัย ได้ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.933 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS)

ค่าสถิติที่ใช้ในการแปรผลการสัมภาษณ์ คือ ความถี่ (frequency) ร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ค่าสูงสุด (maximum) และค่าต่ำสุด (minimum)

เครื่องมือในการวิจัย ประกอบด้วย เครื่องมือชุดที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับบริบททั่วไป การผลิตพืชผัก และการจัดการผลผลิต ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำมาสร้างแบบสอบถาม ดังนี้ ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา รายได้เฉลี่ยต่อเดือน จำนวนพื้นที่การเกษตร ลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิดและปลายปิด ส่วนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับการปฏิบัติในการผลิตพืชผัก เป็นคำถามปลายปิดครอบคลุม การจัดการดิน การจัดการน้ำ การจัดการพืชวัชพืชโดยการใช้สารเคมี การป้องกันกำจัดศัตรูพืช การเก็บเกี่ยว และการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้ง มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ระดับการปฏิบัติ	คำถามด้านบวก (คะแนน)	คำถามด้านลบ (คะแนน)
ปฏิบัติเป็นประจำ	3	1
ปฏิบัติเป็นบางครั้ง	2	2
ปฏิบัติน้อย	1	3

เกณฑ์การแปลความหมาย มีดังนี้

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 2.34 – 3.00 หมายความว่า เกษตรกรมีการปฏิบัติเป็นประจำ

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 1.67 – 2.33 หมายความว่า เกษตรกรมีการปฏิบัติเป็นบางครั้ง

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00 – 1.66 หมายความว่า เกษตรกรมีการปฏิบัติน้อย

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับความต้องการความรู้ในการผลิตผักที่ปลอดภัย ของเกษตรกรเป็นการวัดความต้องการความรู้เป็น 3 ระดับ คือ มาก ปานกลาง น้อย โดยให้คะแนนระดับความต้องการความรู้ ผู้วิจัยวัดความต้องการความรู้การผลิตผักที่ปลอดภัย ประกอบด้วย 1) แหล่งน้ำ 2) พื้นที่ปลูก 3) การใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร4) การจัดการคุณภาพก่อนการเก็บเกี่ยว 5) การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว 6) การขนย้ายการเก็บรักษา และการรวบรวมผลผลิต 7) การบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล

เกณฑ์การให้คะแนน	การแปลผลระดับความต้องการความรู้
3	ความต้องการมาก
2	ความต้องการปานกลาง
1	ความต้องการน้อย

จากระดับคะแนนความต้องการความรู้การผลิตผักที่ปลอดภัย นำมาจัดกลุ่มโดยอันตรภาคชั้นเท่ากับ ดังนั้น จึงกำหนดช่วงคะแนนสำหรับพิจารณา (สุรินทร์ นิยมางกูร, 2548) ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยระดับความต้องการความรู้	การแปลความหมายระดับความต้องการความรู้
2.34 - 3.00	ความต้องการมาก
1.67 -2.33	ความต้องการปานกลาง
1.00 - 1.66	ความต้องการน้อย

เครื่องมือชุดที่ 2 เป็นแนวคำถามการสัมภาษณ์เชิงลึก (In depth Interview) และการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) เกี่ยวกับ ผลกระทบการผลิตผักทางเศรษฐกิจ สังคม และ แนวทางการผลิตปัจจัยการผลิต ความต้องการการสนับสนุนในการผลิต ตลอดจนสภาพปัญหา รวมถึงแนวทางแก้ไข

การทดสอบคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยมีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ ประกอบด้วย

1. การตรวจสอบความตรงของเครื่องมือ (Validity) อาศัยดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา (Subject Master Specialist) โดยนำเครื่องมือที่สร้างขึ้น ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเกษตรกรรมยั่งยืน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและประเมินผล และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการทรัพยากรการเกษตร การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ได้คำนวณหาค่าดัชนีความตรงตามเนื้อ เรื่องรายข้อ (Item level Content Validity Index: I - CVI) โดยค่า I – CVI โดยข้อคำถามทุกข้อมีค่ามากกว่า 1.00 และคำนวณหาค่าดัชนีความตรงตามเนื้อเรื่องทั้งฉบับ (Scale levelContent Validity Index: S - CVI) ได้ค่าเท่ากับ 0.92 และคำนวณหาความตรงเชิงโครงสร้าง (ConstructValidity) โดยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item - Objective Congruence Index: IOC) ซึ่งค่า IOC ที่คำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5

2. ความเที่ยงของเครื่องมือ (Reliability) นำเครื่องมือที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มประชาชนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวนอย่างน้อย 30 คน แล้วนำมาคำนวณหาความเที่ยงของเครื่องมือในแต่ละชุด โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach,s Alpha Coefficient) ซึ่งค่าที่คำนวณได้จะอยู่ระหว่าง 0 –1 ทั้งนี้ เครื่องมือในการศึกษาครั้งนี้ได้ค่าเท่ากับ 0.86 ในส่วนของเครื่องมือเชิงคุณภาพนำไปทดลองใช้เพื่อดูความชัดเจนของแนวคำถาม การเข้าใจ ความหมาย ความยากง่ายในการตอบ และความครอบคลุมของเนื้อหา แล้วนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนาไปใช้จริง

ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไป

เกษตรกรที่ปลูกผักในบ้านโคกสะอาด คิดเป็นเพศชาย จำนวน 12 คน หญิง จำนวน 60 คน คิดเป็นร้อยละ 16 และร้อยละ 83 ตามลำดับ อายุต่ำสุด 26 ปี อายุสูงสุด 81 ปี อายุเฉลี่ย 54 ปี และร้อยละ 77 มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนในปัจจุบัน คือ 5,000 - 10,000 บาท และเกษตรกรร้อยละ 100 มีการถือครองที่ดินเพื่อการเกษตร มากกว่า 0.4 ไร่ เกษตรกรมีการผลิตพืชผักในครัวเรือนอย่างเดียวโดยไม่มีการจำหน่าย คิดเป็นร้อยละ 77.78 ซึ่งเกษตรกรได้รับการจัดสรรพื้นที่ปลูกผักในแต่ละครัวเรือนแบ่งเป็น เกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกผักอย่างน้อย 1 ตารางวา คิดเป็นร้อยละ 25 พื้นที่ 2-3 ตารางวา คิดเป็นร้อยละ 50 และพื้นที่ 4-5 ตารางวา คิดเป็นร้อยละ 25 เกษตรกรร้อยละ 100 ที่ปลูกผักในหมู่บ้านมีแหล่งน้ำโดยใช้หนองน้ำในหมู่บ้านในการผลิตผัก ส่วนวัตถุประสงค์หลักในการปลูกผักของเกษตรกร คือ ปลูกเพื่อกินในครอบครัวเพียงอย่างเดียว คิดเป็นร้อยละ 40 ส่วนที่เหลือปลูกผักเพื่อขาย คิดเป็น ร้อยละ 30 ส่วนเกษตรกร ร้อยละ 30 มีทั้งการปลูกผักเป็นวิถีเดิมและเป็นอาชีพหลักของเกษตรกร ส่วนเกษตรกรร้อยละ 30 มีการใช้ปุ๋ยเคมีในแปลงผัก และเกษตรกร ร้อยละ 70 ใช้ปุ๋ยคอก เกษตรกร ร้อยละ 100 ทำการเตรียมพื้นที่โดยมีการขุดแปลงตากแดด ส่วน โรคที่สำคัญที่พบในแปลงผัก คือ โรครากเน่า (ร้อยละ 25) ใบด่าง (ร้อยละ 75) แมลงที่ที่ระบาดในแปลง คือ แมลงเต่าทอง (ร้อยละ 75) และหนอน (ร้อยละ 25) การป้องกันกำจัดโรคและแมลงของพืชผัก เกษตรกรร้อยละ 80 ใช้สารเคมี และเกษตรกรร้อลละ 20 ใช้สารสกัดสมุนไพร เกษตรกรร้อยละ 15 จะใช้แรงงานคนในการกำจัดวัชพืช และเกษตรกรร้อยละ 85 ใช้สารเคมีกำจัด ในเรื่องของความรู้ด้านการผลิตผัก เกษตรกรร้อยละ 80 มีความรู้ว่าถ้าใช้สารเคมีกำจัด

ศัตรูพืชถือว่าเป็นสิ่งที่อันตรายต่อคนและสิ่งแวดล้อม ส่วนเกษตรกรร้อยละ 20 คิดว่าการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชถ้าฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวและปล่อยทิ้งไว้ก่อนเก็บอย่างน้อย 30 วัน จะไม่เป็นอันตราย แต่ก็มีเกษตรกรร้อยละ 20 ทำสารสกัดจากพืชและปุ๋ยน้ำชีวภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชเอง เกษตรกรในพื้นที่ มีการปลูกพืชผักหลายประเภท เพื่อการกิน การขาย ผักบางชนิด ปลูกทั้งปี เช่น หอมแดง หอมแบ่ง และคะน้า แตงกวาและถั่วฝักยาว ปลูกในช่วงหลังเก็บเกี่ยวข้าว และปลูกกระเทียมในช่วงฤดูหนาว

ความรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับการผลิตผักที่ปลอดภัย

การวิเคราะห์ความรู้เกี่ยวกับการผลิตผักที่ปลอดภัยของเกษตรกร พบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับการผลิตพืชผัก โดยรวมอยู่ในระดับรู้มาก (4.7±0.52) โดยเกษตรกรส่วนใหญ่รู้ว่าการผลิตผักให้ปลอดภัยต้องไม่ใช้สารเคมีอย่างสิ้นเชิงทุกขั้นตอน (4.9±0.5) รองลงมา คือ เกษตรกรทราบว่าการปลูกพืชผักให้ยั่งยืนต้องมีการคัดเลือกประเภทของพืชผักที่มีความเหมาะสมตามฤดูกาล (4.83±0.5) ลำดับต่อมา คือ การใช้สารเคมีเป็นทางเลือกเดียวในการแก้ไขปัญหา เพื่อจะช่วยป้องกันความเสียหาย และเป็นหลักประกันในการได้ผลผลิตที่ดีสวยงาม แต่ไม่ได้คำนึงถึงความปลอดภัย (4.80±0.5) และเกษตรกรทราบว่า การปลูกพืชผักเพื่อให้ได้ผลิตที่ดีเพื่อความยั่งยืนจะต้องมีการบำรุงดินอยู่เสมอ (4.74±0.5) ต่อด้วย เกษตรกรมีความเข้าใจ ถึงปัจจัยการผลิตในการเพิ่มผลผลิตพืชผักและลดต้นทุน คือ การผลิตปุ๋ยและสารกำจัดศัตรูพืชจากพืช (4.7±0.5) สำหรับข้อความรู้ที่มีคะแนนค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ การปลูกพืชหลายชนิดจะช่วยลดการระบาดของแมลงศัตรูพืช (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับการผลิตผักที่ปลอดภัย

รายการ	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความรู้
1. การใช้สารเคมีการเกษตรไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพที่ชัดเจน	4.76	0.5	มากที่สุด
2. การปลูกพืชผัก เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มากและสวยต้องมีการใส่ปุ๋ยเคมียั่งยืนควรเก็บเมล็ดพันธุ ไว้ปลูกคราวต่อไป	4.56	0.5	มากที่สุด
3. การผลิตผักให้ปลอดภัยต้องไม่ใช้สารเคมีอย่างสิ้นเชิงทุกขั้นตอน	4.90	0.5	มากที่สุด
4. การปลูกพืชหลายชนิดจะช่วยลดการระบาดของแมลงศัตรูพืช	4.38	0.6	มาก
5. การผลิตผักตามแนวเกษตรอินทรีย์ ใช้สารสกัดจากพืชเพื่อการเพิ่มผลผลิตได้	4.45	0.6	มาก
6. การปลูกพืชผักให้ยั่งยืนต้องมีการคัดเลือกประเภทของพืชผักที่มีความเหมาะสมตามฤดูกาล	4.83	0.5	มากที่สุด
7. การปลูกพืชผักเพื่อให้ได้ผลิตที่ดีเพื่อความยั่งยืนจะต้องมีการบำรุงดินอยู่เสมอ	4.74	0.5	มากที่สุด

รายการ	ค่าเฉลี่ย (*X*)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความรู้
8. ผลผลิตพืชผักตามแนวปลอดภัยจะต้องได้รับการรับรองจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องก่อนจึงจะขายผลผลิตได้	4.60	0.5	มากที่สุด
9. ปัจจัยการผลิตในการเพิ่มผลผลิตพืชผักและลดต้นทุน คือ การผลิตปุ๋ยและสารกำจัดศัตรูพืชจากพืช	4.70	0.5	มากที่สุด
10. การใช้สารเคมีเป็นทางเลือกเดียวในการแก้ไขปัญหา ช่วยป้องกันความเสียหาย และเป็นหลักประกันในการได้ผลผลิตที่ดี สวยงาม แต่ไม่ได้คำนึงถึงความปลอดภัย	4.80	0.5	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.70	0.5	มากที่สุด

การปฏิบัติเกี่ยวกับการผลิตผักของเกษตรกร พบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ย การปฏิบัติเกี่ยวกับการผลิตผักโดยรวมอยู่ในระดับการปฏิบัติเป็นบางครั้ง (4.57± 0.41) โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดด้านการจัดการวัชพืชโดยการใช้สารเคมี (4.90±0.64) สำหรับด้านการจัดการดิน มีค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด (3.43±0.3) (ตารางที่ 2) ซึ่งเกษตรกรรู้ว่าการทำปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุนั้นเป็นสิ่งที่ดี แต่ว่าไม่นิยมทำ เนื่องจาก เกษตรกรไม่มีเวลา ไม่มีแรงงาน และการทำปุ๋ยหมักให้ผลช้า ไม่ทันกับความต้องการใช้เหมือนกับการใช้ปุ๋ยเคมี เกษตรกรบางส่วนต้องการที่จะใช้ประโยชน์แต่คิดว่า การผลิตปุ๋ยหมัก หรือนำไปใช้โดยตรงมีกระบวนการที่ยุ่งยากและใช้เวลานาน และยังขาดการสนับสนุนทั้งการให้ความรู้และการช่วยเหลือด้านต่าง ๆ จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การปฏิบัติเกี่ยวกับการผลิตผัก

การผลิตผัก	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.	ระดับการปฏิบัติ
การจัดการดิน	3.43	0.31	ปฏิบัติเป็นประจำ
การจัดการน้ำ	4.44	0.48	ปฏิบัติเป็นบางครั้ง
การจัดวัชพืชโดยการใช้สารเคมี	4.90	0.64	ปฏิบัติเป็นประจำ
การป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดยการใช้สารสกัดจากพืช	4.88	0.71	ปฏิบัติเป็นบางครั้ง
การเก็บเกี่ยว	4.88	0.63	ปฏิบัติเป็นประจำ
การจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	4.90	0.63	ปฏิบัติน้อย
เฉลี่ย	4.57	0.41	ปฏิบัติเป็นบางครั้ง

ความต้องการความรู้เกี่ยวกับการผลิตผักที่ปลอดภัยของเกษตรกรผู้ปลูกผัก

เกษตรกรผู้ปลูกผักมีความต้องการความรู้เกี่ยวกับการเกษตรอยู่ในระดับมาก (2.46±0.74) เมื่อแยกพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า มีความต้องการ ความรู้ในระดับมาก คือ การใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร (2.60±0.75) รองลงมา คือ การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว (2.57±0.75) การจัดการคุณภาพก่อนการเก็บเกี่ยว (2.48±0.75) ความรู้ในด้านแหล่งน้ำ (2.44±0.72) พื้นที่ปลูก (2.42±0.72) และการขนย้ายการเก็บรักษา (2.40±0.72) ส่วนการบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล (2.32±0.78) เกษตรกรมีความต้องการความรู้ในระดับปานกลาง (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ความต้องการความรู้เกี่ยวกับการผลิตผักที่ปลอดภัยของเกษตรกรผู้ปลูกผัก

การผลิตผักที่ปลอดภัย	ต่ำ	สูง	มาก	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความต้องการ
1) แหล่งน้ำ	35	25	12	2.44	0.72	มาก
2) พื้นที่ปลูก	33	26	13	2.42	0.72	มาก
3) การใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร	43	19	10	2.60	0.75	มาก
4) การจัดการคุณภาพก่อนการเก็บเกี่ยว	34	18	20	2.48	0.75	มาก
5) การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว	40	20	12	2.57	0.75	มาก
6) การขนย้ายการเก็บรักษา และการรวบรวม	30	29	13	2.40	0.72	มาก
7) การบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล	20	18	34	2.32	0.78	ปานกลาง
เฉลี่ย	34	22	16	2.46	0.74	มาก

ความคิดเห็นต่อผลกระทบของการผลิตผักต่อครอบครัวและชุมชน

ผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้น หรือลดลงของรายได้ในครัวเรือน พบว่า การผลิตพืชผักจะทำให้รายได้ในครัวเรือนเพิ่มขึ้น ถ้าเกษตรกรมีความขยัน เนื่องจากไม่ต้องซื้อผัก และผักที่เหลือยังนำไปขายได้ สามารถลดค่าใช้จ่ายจากการซื้ออาหารลงบางส่วน แต่ถ้าผลิตให้เป็นระบบและไม่ต้องซื้อปุ๋ยหรือสารเคมีที่สามารถควบคุมการผลิตได้ทุกขั้นตอน อีกทั้งหากมีการช่วยในเรื่องการตลาดแหล่งที่สามารถรับซื้อพืชผักได้ตลอดก็จะเพิ่มรายได้ให้มากขึ้น ผลกระทบต่อแรงงานในครอบครัว พบว่า แรงงานในครอบครัวไม่ได้รับผลกระทบ เนื่องจากเป็นการผลิตในครัวเรือนเท่านั้น ส่วนผักที่เหลือจะแบ่งขาย แต่แรงงานที่มีส่วนมากจะเป็นแรงงานผู้สูงอายุ ซึ่งหากจะต้องมีการผลิตขายจำนวนมากก็ต้องใช้แรงงานที่มีการจ้างมากขึ้น ไม่คุ้มกับการลงทุน ผลต่อพันธุกรรมเมล็ดพันธุ์ในอนาคต เกษตรกรรู้ว่า การซื้อเมล็ดพันธุ์จากร้านค้า ไม่สามารถนำมาผลิตต่อได้ ถึงร้อยละ 33 และร้อยละ 40 เกษตรกรใช้วิธีการปลูกพืชผักชนิดเดียวกันมีการใช้สารเคมี จะพบว่า หากมีการปลูกผักที่มีการนำเมล็ดพันธุ์จากภายนอกโดยการซื้อ จะพบปัญหาขอ’เพลี้ย และโรคแมลงเข้าทำลายพืชผัก จากข้อมูลข้างต้นการปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตพืชผักคงต้องใช้แนวทางที่เกิดจากการมีส่วนร่วมของประชาชนอย่างแท้จริง และสิ่งสำคัญคือองค์ความรู้ที่เหมาะสมของเกษตรกรในฐานะผู้ผลิตยังขาดอยู่มาก จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเพิ่มเติมองค์ความรู้โดยเฉพาะการผลิตปุ๋ยหมักแบบอื่นๆ เป็นปัจจัยการผลิตหลัก ผลต่อพันธุกรรมเมล็ดพันธุ์ในอนาคต เกษตรกร

ร้อยละ 71.7 ไม่สามารถเก็บเมล็ดพันธุ์เอง และเกษตรกรร้อยละ 61 ทราบว่า การซื้อเมล็ดพันธุ์ไม่สามารถปลูกต่อได้ และมีเกษตรกรส่วนน้อยเพียงร้อยละ 38 ที่ยังมีการนำเมล็ดพันธุ์ที่ซื้อมาปลูกต่อ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกษตรได้สูญเสียความมั่งคงด้านเมล็ดพันธุ์ และจำนวนมากที่ไม่ตระหนักถึงการสูญเสียเมล็ดพันธุ์เพราะเกษตรกรคิดว่าหาซื้อง่าย และการเก็บเมล็ดเองลำบาก มีมอดแมลงรบกวน การตระหนักถึงในอนาคต

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

วัตถุประสงค์หลักในการปลูกผักของเกษตรกร บ้านโคกสะอาด ต.หินโคน อ.ประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ คือ ปลูกผักเพื่อบริโภคในครอบครัวเพียงอย่างเดียว (ร้อยละ 40) ที่เหลือขาย (ร้อยละ 30) ปลูกผักเป็นวิถีเดิมและเป็นอาชีพหลักของเกษตรกร (ร้อยละ 30) การใช้ปุ๋ยในแปลงผัก เกษตรกรร้อยละ 30 ใช้ปุ๋ยเคมี และเกษตรกรร้อยละ 70 ใช้ปุ๋ยคอก โดยไม่มีการใช้วัสดุปรับปรุงดิน การป้องกันกำจัดโรคและแมลงของพืชผัก เกษตรกรร้อยละ 80 ใช้สารเคมี และเกษตรกร ร้อยละ 20 ใช้สารสกัดสมุนไพร อีกทั้งเกษตรกร ร้อยละ 80 มีความรู้ว่าถ้าใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเป็นสิ่งที่อันตรายต่อคนและสิ่งแวดล้อม และเกษตรกรร้อยละ 20 คิดว่าการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ถ้าฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยวและปล่อยทิ้งไว้ก่อนเก็บอย่างน้อย 30 วัน จะไม่เป็นอันตราย อีกทั้งการฉีดพ่นสารเคมีมีส่วนทำให้พืชผักไม่มีแมลงมาทำลายทำให้ผลผลิตที่ได้สวย เช่นเดียวกับ ออระพิน เกาะกิ่ง (2549) ได้ศึกษา แนวทางการผลิตและการจัดการผลผลิตผักปลอดสารเคมี กรณีศึกษากลุ่มผู้ปลูกผักรอบป่าดงเค็ง ตำบลชานุวรรณ และตำบลแสนสุข อำเภอพนมไพร จังหวัดร้อยเอ็ด พบว่า การผลิตผักของชาวบ้านในชุมชนรอบป่าดงเค็ง เป็นการปลูกผักโดยใช้สารเคมีในการเพิ่มผลผลิตให้ได้มาก มีความสวยงาม ดึงดูดผู้บริโภค ป้องกันและกำจัดศัตรูพืชและการใช้สารเคมีเพื่อกระตุ้นให้ผลผลิตออกสู่ตลาดเร็วกว่าคนอื่น

ส่วนในเรื่องของความรู้เกี่ยวกับการผลิตผัก ผลวิจัย พบว่า เกษตรมีความรู้ เกี่ยวกับการผลิตพืชผักโดยรวมอยู่ในระดับรู้มาก (4.7±0.52) โดยเกษตรกรส่วนใหญ่รู้ว่าการผลิตผักให้ปลอดภัยต้องไม่ใช้สารเคมีอย่างสิ้นเชิงทุกขั้นตอน (4.9±0.5) การใช้สารเคมีเป็นทางเลือกเดียวในการแก้ไขปัญหา ช่วยป้องกันความเสียหายและเป็นหลักประกันในการได้ผลผลิตที่ดี สวยงาม แต่ไม่ได้คำนึงถึงความปลอดภัย (4.80±0.5) ต่อด้วย เกษตรกรทราบว่า การปลูกพืชผักเพื่อให้ได้ผลิตที่ดีเพื่อความยั่งยืนจะต้องมีการบำรุงดินอยู่เสมอ (4.74±0.5) รวมถึงเกษตรกรมีความเข้าใจ ถึงปัจจัยการผลิตในการเพิ่มผลผลิตพืชผักและลดต้นทุน คือ การผลิตปุ๋ยและสารกำจัดศัตรูพืชจากพืช (4.7±0.5)

จากงานวิจัยนี้ พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกผักมีความต้องการความรู้เกี่ยวกับการเกษตรอยู่ในระดับมาก (2.46,±0.74) เมื่อแยกพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่ามีความต้องการความรู้ในระดับมาก คือ การใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร (2.60±0.75) ดังนั้น หน่วยงานของรัฐจึงควรส่งเสริมด้านนี้ เพราะการศึกษาความต้องการได้รับการส่งเสริมของเกษตรกร เจ้าหน้าที่ส่งเสริม ควรให้การส่งเสริมให้ตรงกับความต้องการของเกษตรกร (กฤษฎา เจริญมูล ,2554) จากงานของ สนาน ผดุงศิลป์ (2556) ศึกษาด้านความรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชในเกษตรกรรม พบว่า ส่วนใหญ่มีความรู้อยู่ในระดับต่ำ ด้านเจตคติเกี่ยวกับการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร อยู่ในระดับปานกลาง ขณะที่การปฏิบัติตัวอยู่ในระดับปานกลาง ดังนั้น ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องต้องมีการดำเนินการเพื่อให้เกษตรกรมีความรู้ที่ถูกต้องมีทัศนคติที่ถูกต้องและมีพฤติกรรมที่ถูกต้องอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับ การศึกษาของ โกวิท สารโภคา (2552) พบว่า พฤติกรรมในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร เขตตำบลพระเพลิง อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว มีการปฏิบัติ อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 88.60 และงานของ สุเพ็ญศรี เบ้าทอง (2555) พบว่า เกษตรกรบ้านลาดนาเพียง ตำบลสาวะถี อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ส่วนใหญ่มีความรู้ ทัศนคติและการปฏิบัติตนในการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชอยู่ใน

ระดับปานกลาง ร้อยละ 48.8, 59.6 และ 57.8 ตามลำดับ ดังนั้น การส่งเสริมให้ความรู้แก่เกษตรกรจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะนำไปสู่การปฏิบัติที่ถูกต้องในระยะยาว เช่นเดียวกับงานของ ณัฐพงศ์ธัช กุรัตน์, วิทูรย์ มากะเต และรณภพ เกลียวทอง (2549) ที่ศึกษากระบวนการส่งเสริมการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพื่อการขยายผลในชุมชน กรณีศึกษากลุ่มพุทธเกษตรอินทรีย์ ตำบลบ้านไทร อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยเคมีในการทำการเกษตร และส่วนใหญ่จะใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว มีการใช้ปุ๋ยที่ได้จากธรรมชาติ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักน้อยมาก ไม่มีการปลูกพืชหมุนเวียน พืชคลุมดิน ไม่ใช้ปุ๋ยพืชสด เป็นเพราะขาดความรู้ หากประชาชนในพื้นที่มีความตระหนักถึงความสำคัญและประโยชน์ของการพัฒนาตนเอง โดยยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้เป็นหลักคิดหรือแนวทางในการดำเนินชีวิต มีการร่วมแรงร่วมใจกันในชุมชน กอปรทั้งผู้นำชุมชนมีความสามารถ และได้รับการส่งเสริมสนับสนุนจากภาคส่วนต่างๆ ย่อมจะเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้เกิดการพัฒนาชุมชนท้องถิ่นให้เจริญก้าวหน้าและยั่งยืนได้ (ชววุฒิ ลาภมาก และสุพรรณี ไชยอาพร, 2554) อีกทั้ง ปรเมศวร์ วีระโสภณ, จินดา ขลิบทอง และกฤษณา รุ่งโรจน์วณิชย์ (2557) พบว่า ปัญหาในการผลิตผักพื้นบ้านอินทรีย์ระดับรุนแรงมาก ได้แก่ ด้านการตลาด ภัยธรรมชาติ ด้านผู้ให้คำปรึกษา และปัจจัยการผลิต ข้อเสนอแนะต้องการให้รัฐแก้ปัญหาด้านการตลาด และภัยธรรมชาติ ความต้องการส่งเสริมเนื้อหาความรู้เรื่องการตลาด การผลิตผักพื้นบ้านอินทรีย์ ต้องการสื่อบุคคลจากทางราชการ สนับสนุนสื่อสิ่งพิมพ์ในรูปคู่มือ มีการฝึกปฏิบัติ และจัดทำแปลงสาธิตตามเทคโนโลยีการผลิตผักพื้นบ้านอินทรีย์

จากงานวิจัยนี้ พบว่า เกษตรกรมีความต้องการความรู้ในเรื่อง การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว (2.57±0.75) การจัดการคุณภาพก่อนการเก็บเกี่ยว (2.48±0.75) ความรู้ในด้านแหล่งน้ำ (2.44±0.72) พื้นที่ปลูก (2.42±0.72) และการขนย้ายการเก็บรักษา (2.40±0.72) และมีความต้องการความรู้ในระดับปานกลาง ประกอบด้วย การบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล (2.32±0.78) เช่นเดียวกับจาการศึกษาของ อรทัย บุญเคน ,บำเพ็ญ เขียวหวาน และ สินีนุช ครุฑเมือง แสนเสริม (2556) ที่ศึกษา ความต้องการฝึกอบรมการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชผักของเกษตรกร ในอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี พบว่า เกษตรกรมีความต้องการฝึกอบรมมากที่สุด ในเรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกษตรกรมีความเชื่อถือหรือศรัทธาตัวเจ้าหน้าที่การเกษตรมากที่สุด อีกทั้งต้องการฝึกอบรมในหมู่บ้าน เนื่องจากสามารถฝึกปฏิบัติในแปลงของตนเองได้ ส่วนหลักสูตรหรือหัวข้อที่ต้องการฝึกอบรม คือ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช เนื่องจากเกษตรกรประกอบอาชีพการทำสวนผัก ซึ่งต้องมีการดูแลเอาใจใส่เป็นพิเศษ โดยเฉพาะการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อไม่ให้ผลผลิตเสียหาย จึงต้องการความรู้ในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างมาก ซึ่งการผลิตผักปลอดสารพิษและผักอินทรีย์ควรมีองค์ประกอบหลักของปัจจัยที่สำคัญ 9 ประการ ได้แก่ การมีส่วนร่วมของเกษตรกรการจัดการภายในฟาร์ม การใช้สารเคมีอย่างถูกหลัก การตรวจสอบศัตรูพืช มีการใช้ระบบ GAP มีแผนการเพาะปลูก การจัดการรายได้ที่เป็นระบบ การคำนึงถึงผู้บริโภค ความสามารถในการใช้ข้อมูลทางการเกษตร ทำให้การผลิตผักปลอดสารพิษและผักอินทรีย์นั้นย่อมเป็นการผลิตผักที่ประสบความสำเร็จ (ภาณุพันธุ์ อิ่นแก้ว, สยาม อรุณศรีมรกต, อนามัย เทศกะทึก และไกรชาติ ตันตระการอาภา, 2557

ข้อเสนอแนะ

จากการประเมินความรู้และการปฏิบัติของเกษตรกรผู้ปลูกผัก บ้านโคกสะอาด ต.หินโคน อ.ประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ และการสัมมนากลุ่มแบบมีส่วนร่วม (Focus Group) เกษตรกรขอให้เจ้าหน้าที่หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอบรมให้ความรู้ ในการทำปุ๋ยน้ำชีวภาพ การใช้สารสกัดธรรมชาติในการควบคุมศัตรูพืช ส่วน แนวทางพัฒนา เกษตรกรควรทำและใช้ปุ๋ยหมักจากมูลสัตว์และเศษพืชในการผลิตผักมากขึ้น โดยขอให้หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องอบรมให้ความรู้ สร้างองค์ความรู้ที่ยั่งยืนให้เกษตรกร ในการทำและการใช้ปุ๋ยหมักรวมถึงการผสมปุ๋ยเคมีใช้เอง รวมถึงขอให้หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง ตรวจสอบสภาพดินและธาตุอาหารในดินเพื่อใช้ปุ๋ยเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพช่วยลดค่าใช้จ่าย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากเกษตรกรผู้ปลูกผัก บ้านโคกสะอาด ตำบลหินโคน อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ ที่ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการปลูกผักและยินยอมเป็นกลุ่มตัวอย่างการศึกษา และทุกท่านที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล คณาจารย์ นักศึกษาสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

เอกสารอ้างอิง

กมล เลิศรัตน์, อรสา ดิสถาพร, สุชีลา เตชะวงค์เสถียร และวีระ ภาคอุทัย. (2544). **รายงานการประมวลองค์ความรู้เรื่องผักในประเทศไทย: สถานภาพของการผลิต การตลาด และการวิจัย.** กรุงเทพฯ : ส า นักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

โกวิท สารโภคา. (2552). **พฤติกรรมการใช้สารเคมีในการกาจัดศัตรูพืชของเกษตรกรเขต ตำบลพระเพลิง อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว.**การศึกษาค้นคว้าอิสระสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต, สาขาสาธารณสุข, คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

กฤษฎา เจริญมูล. (2554). **ความต้องการได้รับการส่งเสริมของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในอำเภอพล จังหวัดขอนแก่น.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชววุฒิ ลาภมาก และสุพรรณี ไชยอำพร. (2554). รูปแบบการจัดระบบความรู้และกระบวนการขับเคลื่อนความรู้ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง กรณีศึกษาชุมชนธรณีคำ แขวงโคกแฝด เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร. **วารสารวิจัยรำไพพรรณี,** 5(1), 59-68.

ณัฐพงศ์ธัช กุรัตน์, วิทูรย์ มากะเต และรณภพ เกลียวทอง .(2549**). "กระบวนการส่งเสริมการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพื่อการขยายผลในชุมชน กรณีศึกษากลุ่มพุทธเกษตรอินทรีย์ ตำบลบ้านไทร อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์"** สำนักงานกองทุนสับสนุนการวิจัย (สกว.).

ปรเมศวร์ วีระโสภณ จินดา ขลิบทอง และกฤษณา รุ่งโรจน์วณิชย์.2557.การใช้เทคโนโลยีในระบบการผลิตผักพื้นบ้านอินทรีย์ของเกษตรกรในอำเภอบ้านนาจังหวัดนครนายก.**การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 4** ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช วันที่ 26-27 พฤศจิกายน 2557.

ภาณุพันธุ์ อิ่นแก้ว, สยาม อรุณศรีมรกต, อนามัย เทศกะทึก และไกรชาติ ตันตระการอาภา.(2557).ปัจจัยแห่งความสำเร็จในการผลิตผักปลอดสารพิษและผักอินทรีย์ในจังหวัดนครปฐม : การศึกษาเพื่อสร้างทฤษฎีฐานราก.**งานประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ เนื่องในวันสหวิทยาการ ประจำปี 2557** "สหวิทยาการกับการก้าวเข้าสู่ประชาคมอาเซียน" วันที่ 30-31 พฤษภาคม 2557 อาคารไปรษณีย์กลาง บางรัก กรุงเทพฯ.

สนาน ผดุงศิลป์. (2556). **ความรู้และพฤติกรรมการใช้สาร เคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรตำบลวังสรรพรส อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี**(วิทยานิพนธ์การศึกษา มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา).

สุกัญญา ดีจริง.(2542). **“การปฏิบัติเกี่ยวกับการป้องกันกาจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกผัก อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี”** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุเพ็ญศรี เบ้าทอง. (2555). **พฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันและกาจัดศัตรูพืชของเกษตรกรที่เพาะปลูกมะเขือเทศ บ้านลาดนาเพียง ตำบลสาวะถี อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น.**วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม,บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุรินทร์ นิยมางกูร. (2548). **สถิติการวิจัย.** กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรุณศรี อุ่ยวิรัตน์. (2545). การทดลองประสิทธิภาพเพื่อขึ้นทะเบียนวัตถุอันตราย” กรมวิชาการเกษตร เอกสาร**ประกอบการบรรยายเรื่อง "นโยบายฝึกอบรม**" .ฝ่ายฝึกอบรม กองวิชาการ สำนักงานก.พ.

อรทัย บุญเคน ,บำเพ็ญ เขียวหวาน และ สินีนุช ครุฑเมือง แสนเสริม. (2556). การใช้สารเคมีป้องกันกาจัดศัตรูพืชผักและความต้องการฝึกอบรมของเกษตรกร ในอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรร.การประชุมเสนอ**ผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3** ณ อาคารสัมมนา1-2 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช วันที่ 3-4 กันยายน2556.

ออระพิน เกาะกิ่ง .(2549). **แนวทางการผลิตและการจัดการผลผลิตผักปลอดสารเคมี กรณีศึกษา: กลุ่มปลูกผักรอบป่าดงเค็ง ต.ชานุวรรณ และ ต.แสนสุข อ.พนมไพร จ.ร้อยเอ็ด.** กรุงเทพมหานคร : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

Creswell, J.W. (1998). **Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing among Five Traditions.** Sage, Thousand Oaks, CA.

Wilson, B. W. (1999). **Cholinesterases.** In W. F. Loeb, & F. W. Quimby (Eds.). The Clinical chemistry of laboratory animals. Philadel phia : Taylor &

ผลของการแช่เมล็ดข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพจากพืชและจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง ต่อการส่งเสริมการงอกของข้าว

จันจิรา เอบประโคน[1] พัชรินทร์ ทำไธสง[2] เสาวลักษ์ อินชัย[3] นิรชา แข็งกล้า[4] สุชาดา สานุสันต์[5*]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารอินทรีย์ต่างชนิดกันต่อการงอกและการเจริญเติบโตของข้าว 2 พันธุ์ โดย วางแผนการทดลองแบบ 2 x 5 Factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการพืชศาสตร์ ระหว่างสิงหาคม –ธันวาคม 2558 ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 คือ ข้าว 2 พันธุ์ คือ ชัยนาทและข้าวมะลิแดง ปัจจัยที่ 2 แช่เมล็ดพันธุ์ 5 ปัจจัย คือ 1) น้ำเปล่า (T1) 2) น้ำขิง (T2) 3) EM (T3) 4) น้ำหมักชีวภาพ (T4) และ 5) น้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์สีแดง (T5) พบว่า พันธุ์มะลิแดงมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงกว่าพันธุ์ชัยนาท ที่ระยะ 7 และ 14 วันหลังจากงอก ส่วนกรรมวิธีการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยน้ำเปล่า (T1) น้ำขิง (T2) EM (T3) และ น้ำหมักชีวภาพ (T4) มีเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดสูงที่สุด ส่วนกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (T5) ให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดน้อยที่สุด ซึ่งกรรมวิธีของการแช่เมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำหมักแต่ละชนิด ทำให้ต้นข้าวมีความสูงต้นและความยาวราก ทำให้น้ำหนักแห้งของต้น+ราก ที่อายุ 7 วันหลังจากงอก มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งกรรมวิธีการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยน้ำเปล่า (T1) น้ำขิง (T2) EM (T3) และ น้ำหมักชีวภาพ (T4) ให้ความความสูงต้นและความยาวราก น้ำหนักแห้งของต้น+ราก สูงที่สุด ส่วนกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงให้ ความสูงต้นและความยาวรากน้อยที่สุด

คำสำคัญ : การแช่เมล็ด ปุ๋ยน้ำชีวภาพ แบคทีเรียสังเคราะห์แสง การส่งเสริมการงอก

[1,2,3 และ 4]นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

[5]อาจารย์สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ e-mail: sanusan@gmail.com*

**ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล์:sanusan@gmail.com*

THE EFFECT OF SOAKED SEEDS WITH FERMENTED BIO-EXTRACTS FROM PLANT AND PHOTOSYNTHESIS BACTERIA ON ENHANCING GERMINATION OF RICE

Janjira Aedprakho[1] Patcharin Thamthaisong[2] Saowaluk Inchai[3]
Niracha Khaengkla[4] Suchada Sanusan[5*]

Abstract

The study on the effect of soaked seeds with fermented bio-extracts from plant and photosynthesis bacteria on enhancing germination of Rice. The pot experiment was design 2 x 5 Factorial in CRD with 4 replications. The treatments were conducted in the laboratory of Plant Sciences at Buriram Rajabhat University during September –November in 2015. The treatment consists of two factors, the first factor is seed of rice varieties 1) Mali Red and Chainat. The second factor was soaked seeds with water (T1), solution of ginger (T2), EM (T3), fermented of fruit (T4) and photosynthetic bacteria (T5). The results showed that Mali Red rice variety gave the higher percentage of germination than Chainat rice variety at 7 and 14 days after germination. And the treatment with soaking the seeds in water (T1), solution of ginger (T2), EM (T3), and fermented (T4) has the highest in percentage of germination. But the treatment with soaking the seeds in photosynthetic bacteria (T5) gave the lowest in percentage of germination. The difference treatment with soaking seeds was statistically significant in plant height, length of the roots and dried weight of shoot+roots. The treatments with soaking the seeds in water (T1), solution of ginger (T2), EM (T3), and fermented (T4) gave the highest in plant height, length of the roots and dried weight of shoot+roots. But the treatment with soaking the seeds in photosynthetic bacteria (T5) gave the lowest in plant height, length of the roots and dried weight of shoot+roots.

Keyword : soaked seeds, Fermented Bio-extracts, Photosynthesis Bacteria, Enhancing Germination

[1,2,3 ans 4] Undergraduate for Agriculture program, Faculty of Agricultural Technology, Buriram Rajabhat University

[5]Instructor for Agriculture program, Faculty of Agricultural Technology, Buriram Rajabhat University*

e-mail: sanusan@gmail.com

[*]Corresponding author; e-mail: sanusan@gmail.com

บทนำ

ข้าว (Oryza sativa L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของ ประเทศไทยซึ่งนอกจากการบริโภคภายในประเทศแล้ว ข้าวยังแหล่ง รายได้จากการส่งออกที่สำคัญ ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกข้าวเป็น อันดับ 1 ของโลก (FAOSTAT, 2016) อย่างไรก็ตาม เกษตรกรไทยยังคง ปะสบปัญหาด้านการผลิตที่เหมาะสม (เช่น พันธุ์ข้าวที่เหมาะสมกับพื้นที่) และต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น และปัจจัยการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวมีความซับซ้อนอยู่มาก เมล็ดพันธุ์ข้าวแต่ละชนิดต้องการปัจจัยสำหรับการงอกในระดับที่แตกต่างกัน และแต่ละชนิดก็มีลักษณะการงอกที่แตกต่างกันออกไปด้วย การศึกษาการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว มีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการงอก ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ขบวนการทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นภายในเมล็ดพันธุ์ข้าว ลักษณะการงอกของเมล็ดพันธุ์ หรือการกระตุ้นการงอกของข้าวด้วยวิธีการต่างๆ ก็จะมีผลต่อการงอกของข้าว ซึ่ง น้ำหมักชีวภาพผลไม้ (fermented fruit juice; FFJ) เกิดจากการหมักโดยใช้ผลไม้เป็นวัสดุหมักและมีจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ให้มีโมเลกุล ขนาดเล็กลงอยู่ในรูปสารประกอบฮิวมิก กรดอะมิโนและธาตุอาหารในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้จะมีองค์ประกอบของแร่ธาตุและสารอาหารที่เป็นประโยชน์อยู่หลายชนิด และมีปริมาณวิตามินและฮอร์โมนพืชอยู่มากกว่าน้ำหมักชีวภาพจากพืชผัก (อานัฐ ตันโช, 2549) ฮอร์โมนพืชที่มีอยู่ในน้ำหมักจากผลไม้ ได้แก่ กรดจิบเบอเรลลิก ไซโตไคนิน และออกซิน ซึ่งฮอร์โมนเหล่านี้จะส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ดี นอกจากนั้นฮอร์โมนพืชเหล่านี้ยังมีส่วนช่วยส่งเสริมกระบวนการงอกของเมล็ดพืชได้(สมเกียรติ, 2547; Copeland & McDonald, 1995)

มีงานวิจัยที่นำ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (Photosynthesis Bacteria; PSB) มาใช้ในการส่งเสริมการงอกของพืช เนื่องจาก มักจะพบบ่อยในบริเวณน้ำพุร้อน หรือในบ่อปิดที่น้ำไม่มีการเคลื่อนไหวในทะเลสาบ หรือในแหล่งที่มีก๊าซซัลเฟอร์อยู่มาก เช่น ในบ่อน้ำพุร้อน นอกจากนี้ยังพบตามแหล่งน้ำเสีย (Kobayashi & Kobayashi, 2000) Sasaki et al. (1998) ได้นำแบคทีเรียสังเคราะห์แสง *Rhodopseudomonas* sp. KL9 และ BL6 มากระตุ้นการงอกของเมล็ดมะเขือเทศ แล้วยังกระตุ้นการผลิตฮอร์โมน IAA และ ALA ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อพร้อมกันด้วย แบคทีเรียสังเคราะห์แสงสามารถสร้าง ALA ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสังเคราะห์พอร์ไฟริน เช่น คลอโรฟีลล์ ไฟโคบิลลิน ฮีม และวิตามินบี 12 (Sasikala et al., 1994) มีรายงานการนำ ALA ที่ความเข้มข้นต่างๆ (0.06-0.6 mM) มาใช้แช่เมล็ดหรือฉีดพ่นทางรากและใบ โดยมีบทบาทส่งเสริมการเจริญของ พริก ถั่ว แตงกวา ผักโขม กระเทียม มัน

ฝรั่ง ข้าว ข้าวโพด ข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี หัวไชเท้า อินทผาลัม เนื้อเยื่ออินทผาลัมที่เพาะเลี้ยง และแปะก๊วย (Al-Thabet, 2006., Xu, F., et al.,2011) จากการศึกษาที่ผ่านมาได้มีรายงานว่า กรด อินทรีย์ เช่น กรดอะซิติก กรดบิวทริริค และกรดโพรพิ โอนิก ที่มีในน้ำหมัก นั้น ที่ความเข้มข้นต่ำจะช่วยกระตุ้นการเจริญ ของรากได้ แต่หากมีความเข้มข้นสูงอาจยับยั้งการงอก ของเมล็ดพืช (Salehi et al., 2008) และอาจส่งผลต่อ การเจริญเติบโตต่อพืชหากมีการนำไปใช้ไม่เหมาะสม ดังนั้น ผู้วิจัยได้มีความสนใจในการทำจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง ว่ามีผลต่อการส่งเสริมการงอกของเมล็ดข้าวหรือไม่ เปรียบเทียบกับการใช้น้ำหมักแบบต่างๆ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยน้ำหมักแบบต่างๆ ที่ส่งผลต่อการส่งเสริมการงอกของข้าว

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial) ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) มี 2 ปัจจัย (2 x 5 Factorial in CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ที่ห้องปฏิบัติการพืชศาสตร์ อาคาร 20 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ระหว่างเดือนสิงหาคม-ธันวาคม พ.ศ.2558 ปัจจัย ที่ 1 คือ พันธุ์ข้าวเจ้า 2 พันธุ์ [พันธุ์ชัยนาท (V1) และพันธุ์มะลิแดง (V2)] ปัจจัยที่ 2 คือ น้ำที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ข้าว 5 ชนิด ดังนี้ 1) น้ำเปล่า (T1) 2) น้ำต้มขิง (T2) 3) หัวเชื้อจุลินทรีย์ EM (Effective Microorganisms; EM) (T3) 4) น้ำหมักชีวภาพจากผลไม้รสเปรี้ยว(T4) และ 5) จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (Photosynthetic bacteria ; PSB)

เมล็ดพันธุ์ข้าวนำมาจากเกษตรกร คือ นางลำพันธ์ อินชัย ที่อยู่ 43/1 ต.บ้านสิงห์ อ.นางรอง จ.บุรีรัมย์ วิธีการเตรียมน้ำที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ข้าว คือ กรรมวิธีที่ 1 น้ำเปล่า (T1) คือ น้ำประปาที่ไม่มีสารปนเปื้อนจากคลอรีน กรรมวิธีที่ 2 คือ น้ำต้มขิง (T2) โดยใช้ขิงสด จำนวน 1 แง่ง (น้ำหนักประมาณ 2 กรัม) ต้มในน้ำเปล่า 1 ลิตรที่อุณหภูมิ 180 องศา นาน 45 นาที แล้วพักไว้ให้เย็น กรรมวิธีที่ 3 คือ หัวเชื้อจุลินทรีย์ EM (Effective Microorganisms; EM) (T3) ส่วนผสมน้ำมะพร้าว 1 ลูก นมเปรี้ยว 1 ขวด (ยี่ห้อไหนก็ได้) น้ำจากข้าวหมาก 1 ช้อนโต๊ะ ซีอิ้วดำ หรือซีอิ้วหวาน 1 ช้อนโต๊ะ นำส่วนผสมทั้งหมดผสมให้เข้ากัน ปิดฝาภาชนะแล้วหมักไว้ 7 วัน โดยอยู่ในที่ร่ม นำมาใช้ต่อได้ กรรมวิธีที่ 4 คือ น้ำหมัก

ชีวภาพจากผลไม้รสเปรี้ยว ประกอบด้วย นำมะกรูด มะนาว มะเฟือง สับปะรด ที่สุกใช้ทั้งเปลือก จำนวนรวม 3 กิโลกรัม น้ำตาลทรายธรรมชาติ 1 กิโลกรัม น้ำสะอาด 10 ลิตร หัวเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (EM) ชนิดน้ำ 20 มิลลิลิตร ผสมทั้งหมดปิดฝาถังให้สนิท หมักไว้ 3 เดือน นำมาใช้ได้ ส่วน) จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ในทางการค้าของบริษัท บันทึกเปอร์เซ็นต์การงอกและความยาวรากข้าว ที่อายุ 7 และ 14 วันหลังจากการงอก วัดความสูงต้น น้ำหนักแห้งทั้งหมด (ต้นและราก; กรัม) ที่อายุ 7 วันหลังจากงอก และนับจำนวนใบข้าวที่ 14 วันหลังจากการงอก วิเคราะห์ผลด้วยวิธี Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกรรมวิธีด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistic 8.1

ผลการวิจัย

ผลของการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยน้ำหมักแบบต่างๆ ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกและความยาวราก

พันธุ์ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์การงอกที่อายุ 7 วันหลังจากการงอก แตกต่างกันทางสถิติอย่างยิ่ง ซึ่งพันธุ์มะลิแดง (V2) มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงกว่าพันธุ์ชัยนาท (V1) และกรรมวิธีของการแช่เมล็ดพันธุ์ พบว่า เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าวที่อายุ 7 วัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย น้ำต้มขิง (T2) น้ำเปล่า (T1) หัวเชื้อจุลินทรีย์ EM (T3) และน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้ (T4) ให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด สูงที่สุด คือ 94.62% 94 % 89% และ 87.25% ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดน้อยที่สุด คือ 52.75% (ตารางที่ 1)

ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และการแช่เมล็ด มีผลทำให้ เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าวที่อายุ 7 วันหลังจากการงอก แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 1) จะพบว่า พันธุ์มะลิแดงจะมีความยาวรากมากกว่าพันธุ์ชัยนาท และในระหว่างกรรมวิธีการแช่เมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำหมักแต่ละชนิด มีผลทำให้ต้นข้าวมีความยาวรากที่อายุ 7 วันหลังจากการงอก มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยการแช่เมล็ดในน้ำต้มขิง (T2; 11.28 %) น้ำเปล่า (T1; 11.13 %) หัวเชื้อจุลินทรีย์ EM (T3;10.87 %) และน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้ (T4; 8.92 %) ทำให้ความยาวรากสูง กว่าการแช่เมล็ดด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (1.91%) ความยาว

ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และการแช่น้ำหมักที่ต่างกัน ส่งผลทำให้ ความยาวราก ที่อายุ 7 และ 14 วันหลังจากการงอก แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 1) โดยระหว่างพันธุ์ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าวที่อายุ 14 วันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งพันธุ์มะลิแดง (V2) และพันธุ์ชัยนาท

(V1) มีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีของการแช่เมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำหมักแต่ละชนิด พบว่า ส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าวที่อายุ 14 วันหลังจากงอก มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งกรรมวิธี น้ำต้มขิง (T2; 90.25%) น้ำเปล่า (T1; 88.75%) หัวเชื้อจุลินทรีย์ EM (T3; 89.13%) และน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้ (T4; 94.25%) มีเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดสูงกว่า การแช่เมล็ดข้าวในจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (85 %) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดและความยาวรากข้าว ที่อายุ 7 และ 14 วันหลังจากการงอก

กรรมวิธี	7 วันหลักจากงอก		14 วันหลังจากงอก	
	การงอกของเมล็ด (%)	ความยาวราก (cm.)	การงอกของเมล็ด (%)	ความยาวราก (cm.)
พันธุ์				
พันธุ์ชัยนาท (V1)	79.20 b	8.45 b	90.85	12.81 a
พันธุ์มะลิแดง (V2)	87.85 a	9.18 a	88.10	7.40 b
กรรมวิธี				
น้ำเปล่า (T1)	94.00 ab	10.86 a	88.75 ab	11.53 a
น้ำต้มขิง (T2)	94.62 a	8.91 b	90.25 ab	10.70 a
EM (T3)	89.00 bc	11.28 a	89.12 ab	11.93 a
น้ำหมักผลไม้ (T4)	87.25 c	11.12 a	94.25 a	10.02 a
จุลินทรีสังเคราะห์แสง (T5)	52.750 c	1.91 c	85.00 b	6.33 b
ปฏิสัมพันธ์				
V1T1	79.60 bcd	8.80	90.00	13.37 a
V1T2	77.00 d	8.54	92.4	12.07 ab
V1T3	81.20 abcd	8.89	91.4	13.14 a

ตารางที่ 1 (ต่อ)

กรรมวิธี	7 วันหลักจากงอก		14 วันหลังจากงอก	
	การงอกของเมล็ด (%)	ความยาวราก (cm.)	การงอกของเมล็ด (%)	ความยาวราก (cm.)
V1T4	79.00 cd	7.58	89.6	12.65 ab
V2T1	91.20 a	9.50	84.8	8.31 bc
V2T2	88.20 abc	9.60	89.8	6.89 c
V2T3	89.20 ab	9.16	89.2	7.11 c
V2T4	82.80 abcd	8.47	88.6	7.29 c
F-test				
พันธุ์	**	**	ns	**
กรรมวิธี	**	**	*	ns
พันธุ์ x กรรมวิธี	**	ns	ns	**
CV%	5.92	18	6.63	33.77

หมายเหตุ: **=แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง (P<0.01), *= แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.01), ns= ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

ผลของการแช่เมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำมักแบบต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของข้าว

พันธุ์ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีความสูงต้น ความสูงของข้าว และจำนวนใบที่อายุ 14 วันหลังจากการงอก แตกต่างมีความแตกต่างกันทางสถิติ พบว่า พันธุ์พันธุ์ชัยนาท (V1) มีความสูงต้นมากกว่าพันธุ์มะลิแดง (V2) ส่วนวิธีของการแช่เมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำหมักแต่ละชนิด ทำให้ต้นข้าวมีความสูงต้นที่แตกต่างกันทางสถิติ ที่อายุ 7 และ 14 วันหลังจากการงอก พบว่า ที่อายุ 7 วันหลังจากงอก วิธีการแช่เมล็ดด้วย น้ำต้มขิง (8.82 %) น้ำเปล่า (7.25 %) EM (6.99%) และน้ำหมักชีวภาพ (6.38 %) ให้ความสูงต้น มากกว่าการแช่เมล็ดข้าวด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์

แสง (2.81 %) ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และกรรมวิธี มีผลทำให้ความสูงต้น ความยาวราก ที่อายุ 7 วันหลังจากการงอก แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ความสูงต้นของข้าวที่อายุ 7 วันหลังจากการงอก ความสูงต้น (cm.) และจำนวนใบข้าวที่ 14 วันหลังจากการงอก

กรรมวิธี	**7 วันหลังจากการงอก**	**14 วันหลังจากการงอก**	
	ความสูงต้น (cm.)	**ความสูงต้น (cm.)**	**จำนวนใบ**
พันธุ์			
พันธุ์ชัยนาท (V1)	6.7785 a	10.53 a	1.97 a
พันธุ์มะลิแดง (V2)	6.12 b	8.23 b	1.44 b
กรรมวิธี			
น้ำเปล่า (T1)	7.25 b	10.80 a	1.82 a
น้ำต้มขิง (T2)	8.82 a	9.50 a	1.96 a
EM (T3)	6.99 bc	10.72 a	1.97 a
น้ำหมักผลไม้ (T4)	6.38 c	9.23 a	1.65 a
จุลินทรีสังเคราะห์แสง (T5)	2.80 d	6.66 b	1.11 b
ปฏิสัมพันธ์			
V1T1	6.29	10.75 a	1.96
V1T2	7.21	10.53 ab	1.96
V1T3	7.01	10.45 ab	1.96
V1T4	6.59	10.40 ab	2.00
V2T1	6.19	8.68 ab	1.38
V2T2	6.38	6.52 b	1.40
V2T3	6.13	9.62 ab	1.54

ตารางที่ 2 (ต่อ)

กรรมวิธี	7 วันหลังจากการงอก	14 วันหลังจากการงอก	
	ความสูงต้น (cm.)	ความสูงต้น (cm.)	จำนวนใบ
V2T4	5.79	8.11 ab	1.44
F-test			
พันธุ์	**	**	**
กรรมวิธี	**	ns	na
พันธุ์ x กรรมวิธี	ns	ns	ns
CV%	21.56	33.86	31.63

หมายเหตุ: **=แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง (P<0.01), *= แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.01), ns= ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

จาก ตารางที่ 2 จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า พันธุ์ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีน้ำหนักแห้ง ต้น+รากที่อายุ 7 วันหลังจากการงอก แตกต่างกันทางสถิติอย่างยิ่ง ซึ่งพันธุ์ชัยนาท (V1) มีน้ำหนักแห้งน้อยกว่าพันธุ์มะลิแดง (V2) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีของการแช่เมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำหมักแต่ละชนิด ทำให้น้ำหนักแห้งของต้น+ราก ที่อายุ 7 วันหลังจากการงอก มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งกรรมวิธี น้ำขิง น้ำเปล่า EM และน้ำหมักชีวภาพให้น้ำหนักแห้งสูงที่สุด คือ 0.1702%0,0.1688%,0.16662 % และ0.1521%ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงสีดงให้ น้ำหนักแห้งน้อย ที่สุด คือ 0.1283 % ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และกรรมวิธี มีผลทำให้น้ำหนักแห้งต้น+ราก ที่อายุ 7 วันหลังจากการงอก แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในตารางที่ 3 น้ำหนักแห้งข้าวที่อายุ 14 วันหลังจากการงอก ทั้ง 2 พันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างยิ่ง พบว่า พันธุ์ชัยนาท (V1) มีน้ำหนักแห้งมากกว่าพันธุ์มะลิแดง (V2) ส่วนวิธีการแช่เมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำหมักแต่ละชนิด ส่งผลให้น้ำหนักแห้งทั้งหมดของข้าว ที่อายุ 14 วันหลังจากการงอก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพต่อน้ำหนักแห้งของต้น+ราก (กรัม) น้ำหนักแห้งที่อายุ 7 วัน หลังจากการงอก

กรรมวิธี	7 วันหลังจากการงอก	14 วันหลังจากการงอก
	น้ำหนักแห้ง ต้น+ราก(g.)	น้ำหนักแห้ง ต้น+ราก(g.)
พันธุ์		
พันธุ์ชัยนาท (V1)	0.1507b	0.1982 a
พันธุ์มะลิแดง (V2)	0.1635 a	0.1486 b
กรรมวิธี		
น้ำเปล่า (T1)	0.1688 a	0.1766
น้ำต้มขิง (T2)	0.1702 a	0.1706
EM (T3)	0.1662 a	0.1712
น้ำหมักผลไม้ (T4)	0.1521 b	0.1717
จุลินทรีสังเคราะห์แสง (T5)	0.1283 c	0.1768
ปฏิสัมพันธ์		
V1T1	0.1522 bc	0.2014 a
V1T2	0.1526 bc	0.1968 a
V1T3	0.1456 c	0.2000 a
V1T4	0.1524 bc	0.1946 a
V2T1	0.1700 a	0.1578 b
V2T2	0.1654 ab	0.1520 bc
V2T3	0.1642 ab	0.1448 bc
V2T4	0.1546 abc	0.1398 c

ตารางที่ 3 (ต่อ)

กรรมวิธี	7 วันหลังจากการงอก	14 วันหลังจากการงอก
	น้ำหนักแห้ง ต้น+ราก(g.)	น้ำหนักแห้ง ต้น+ราก(g.)
F-test		
พันธุ์	**	**
กรรมวิธี	**	ns
พันธุ์ x กรรมวิธี	**	*
CV%	7.72	5.95

หมายเหตุ: **=แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง (P<0.01), *= แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.01), ns= ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการงอกของข้าว

จากพันธุ์ข้าว 2 พันธุ์ พบว่า เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าวมีแตกต่างกันทางสถิติอย่างยิ่ง อายุ 7 วันหลังจากการงอก แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่อายุ 14 วันหลังจากการงอก โดยพบว่า ที่ระยะ 7 วันหลังจากการงอก พันธุ์มะลิแดง จะมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงกว่าพันธุ์ชัยนาท อาจเนื่องมากขนาดของเมล็ดที่ต่างเพราะพันธุ์มะลิแดงจะมีขนาดเมล็ดจะเล็กกว่าพันธุ์ชัยนาท อีกทั้ง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการแช่เมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำหมักแต่ละชนิด จะพบว่า เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าวที่อายุ 7 และ 14 วันหลังจากการงอก มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยพบว่า การแช่เมล็ดข้าว ในน้ำเปล่า น้ำต้มขิง หัวเชื้อจุลินทรีย์ EM และน้ำหมักชีวภาพผลไม้ จะส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดสูง กว่าการแช่จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (ตารางที่ 1) ปรีชา สุวรรณพินิจ (2556) กล่าวว่า การงอกของเมล็ด น้ำคือส่วนที่สำคัญยิ่งต่อการงอกของเมล็ด เพราะน้ำช่วยทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนนุ่ม เนื้อเยื่อภายในที่อยู่ในเมล็ดเมื่อได้รับน้ำจะพองตัวมีขนาดใหญ่ขึ้นดันให้เปลือกหุ้มเมล็ดแตกขาดออก ส่วน

epicotyl radicle จะเจริญได้ออกซิเจน ในขณะที่เมล็ดงอก อัตรา Metabolism สูงขึ้นทำให้ต้องใช้ออกซิเจนมากขึ้นอุณหภูมิพอเหมาะแสงสว่าง พบได้ในพืชบางชนิด เช่น หญ้า ผักกาดหอม

ส่วนการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าวน้อยที่สุดอาจเป็นเพราะ จากงานทดลองนี้ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่ใช้ถือว่ามีความเข้มข้นสูง ซึ่งอาจระงับการงอกของรากข้าวได้ เพราะการงอกต้องให้พลังงาน ดังงานทดลองของ จินดา (2514) กล่าวว่า สารละลายที่มีการสะสมแอลกอฮอล์หรือสารพิษที่เกิดจากขบวนการหมักเข้มข้นสูงจนเมล็ดที่ต้องการออกซิเจนสูงสำหรับการงอก เมื่อได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ เมล็ดจะพักตัว อัตราการงอกในการทดลองนี้ จึงน้อย ดังนั้นจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่มีความเข้มข้นสูง อัตราการใช้ออกซิเจนจะเป็นตัวชี้การเกิดขบวนการงอก และเป็นตัววัดความแข็งแรงของเมล็ดอีกด้วย

สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ (2556) ศึกษาสารสกัดด้วยน้ำจาก *P. angustissimum* ที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลานานขึ้น มีผลยับยั้งความยาวราก ความสามารถของสารสกัดในการยับยั้งความยาวของรากมีแนวโน้ม เช่นเดียวกันกับ ความยาวต้น คือ พืชทดสอบที่ได้รับสารสกัดด้วยเมทานอลจะมีรากที่สั้นกว่าที่ได้รับสารสกัดด้วยน้ำ สารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้โดยสามารถยับยั้งการเจริญเติบโต ลดปริมาณคลอโรฟิลล์ ลดประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงและเปลี่ยนองค์ประกอบของรงควัตถุในพืช (Casanova et al., 1999; Weiss et al., 2000; Pflugmacher, 2002) ลดความยาวของราก ลดน้ำหนักแห้ง ลด การดูดซับสารอาหารและการใช้ออกซิเจนของพืช (Yamasaki, 1993) ซึ่งหากมีการนำมาประยุกต์ใช้ในการกำจัดวัชพืชจะมีความปลอดภัยและการตกค้างน้อยกว่าการใช้สารเคมี (Hong et al., 2004) แต่ปัญหาที่เกิด คือสารสกัด จากธรรมชาติมีความคงตัวน้อย เสื่อมสลายตัวง่าย (Chang et al., 2005; Cinar, 2005)

รายงานของ Gleason and Paulson (1984) และ Windust et al. (1997) ซึ่งรายงานว่าความสามารถในการยับยั้งการงอกของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย ลดลงจากการเสื่อมของสารเนื่องจากการทำลายของ แบคทีเรียไซยาโนแบคทีเรียบางชนิดสามารถสร้างสาร microcystins หรือ cyanobacterin ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น สารปฏิชีวนะ (antibiotic) และ/หรือแอลลิโลพาธิก (allelophatic substance) คือสามารถยับยั้งการ เจริญเติบโตของสาหร่ายและพืชชั้นสูงได้ (Lee, 1995)

ผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของข้าว

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า พันธุ์ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีความสูงต้น ความยาวราก น้ำหนักแห้งทั้งหมดของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ เมื่อได้รับการแช่เมล็ดด้วยน้ำหมักแบบต่างๆ มีความแตกต่างกันทางสถิติ พบว่า พันธุ์ชัยนาท มีความสูงต้น ความยาวรากและจำนวนใบมากกว่าพันธุ์มะลิแดง (ตารางที่ 2) ส่วนพันธุ์มะลิแดง มีความยาวราก และน้ำหนักแห้งมากกว่าพันธุ์ชัยนาท (ตารางที่ 3) อาจเป็นเพราะลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวพันธุ์ชัยนาทที่มีความสูงต้น และให้ใบมากกว่าพันธุ์มะลิแดง เนื่องจากพันธุ์ชัยนาทเป็นพันธุ์ที่มีสามารถในการขึ้นน้ำและการทนน้ำลึกสูง ส่วนพันธุ์มะลิแดงจะมีความยาวราก และน้ำหนักแห้งมากกว่า อาจเป็นเพราะว่าพันธุ์นี้จะเป็นพันธุ์เตี้ยที่นิยมปลุกในพื้นที่นาดอน มีน้ำแช่ขัง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการแช่เมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำหมักแต่ละชนิด พบว่า ที่ระยะ 7 วันหลังจากงอกความสูงและความยาวราก น้ำหนักแห้งทั้งหมด มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่ที่ระยะ 14 วันหลังจากรงอกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ พบว่า วิธีการแช่เมล็ดด้วย น้ำขิง น้ำเปล่า หัวเชื้อจุลินทรีย์ EM และน้ำหมักชีวภาพผลไม้ จะให้ความสูงต้น ความยาวราก และน้ำหนักแห้งทั้งหมด สูงกว่าการแช่เมล็ดด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (ตารางที่ 2 และ 3) อาจจะเนื่องจากที่ การแช่เมล็ดด้วย น้ำขิง น้ำเปล่า หัวเชื้อจุลินทรีย์ EM และน้ำหมักชีวภาพผลไม้ มีความเข้มข้นขอสารละลายไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วน การแช่เมล็ดด้วยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจะเป็นสารละลายเข้มข้น อาจจะยับยังการงอกจึงส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้

ข้อเสนอแนะ

การใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์เมื่อนำมาแช่เมล็ดข้าว มีผลต่อการงอก ทำให้เปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดข้าวลดลง จึงควรมีการศึกษาต่อไปว่า จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดข้าวจริงหรือไม่ และสารชนิดใดที่ส่งผลต่อการงอกที่ลดลง และควรมีการศึกษาต่อไปถึงการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจะมีผลต่อการยับยั้งการงอกของเมล็ดพืชชนิดอื่นได้หรือไม่ ซึ่งจะเป็นผลดีหากมีการศึกษาเพิ่มเติมในการยับยั้งการงอกของวัชพืชที่อยู่ในดิน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากจากเกษตรกรผู้ให้เมล็ดพันธุ์ข้าวจาก นางลำพันธ์ อินชัย ที่อยู่ 43/1 ต.บ้านสิงห์ อ.นางรอง จ.บุรีรัมย์ และทุกท่านที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล และคณาจารย์ นักศึกษา สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จินดา ศรศรีวิชัย. (2514). **สรีรวิทยาภาคการเจริญเติบโตและการควบคุม**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 280 หน้า.

ชัยสิทธิ์ ทองจู และสุดประสงค์ สุวรรณเลิศ. (2543). น้ำสกัดชีวภาพ. **วารสารสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย**, 17(3), 48-57

ปรีชา สุวรรณพินิจ .(2556). **High School Biology ชีววิทยา ม.4-6 เล่ม 3** (รายวิชาเพิ่มเติม), 273-275.กรุงเทพฯ: ไฮเอ็ดพับลิชชิง.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.(2549). **กระบวนการหมักและคุณภาพน้ำหมัก**. เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2556, จาก http://www.ku.ac.th/e-magazine/jan49/agri/manure.htm.

Al-Thabet. (2006). **Promotive effect of 5-aminolevulinic acid on growth and yield of wheat grown under dry conditions**. J. Agron. 5(1): 45-49.

FAOSTAT. (2016). **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**. FAOSTAT Database.

Kobayashi, M & Kobayashi, M. (2000). **Waste remediation and treatment using anoxygenic Phototrophic bacteria**. In: Blankenship RE, Madigan MT and Bauer CE, (eds): Anoxygenic Photosynthetic Bacteria, pp.1269-1282.

Lee, K.H., Koh, R.H. & Song, H.G. (2008). **Enhancement of growth and yield of tomato by *Rhodopseudomonas* sp**. under greenhouse conditions. The J. Microbiol. 46: 641-646.

Raymond, J., Siefert, J.L. Staples, C.R. and Blankenship, R.E. (2004). **The natural history of nitrogen fixation**. Mole. Biol. Evolution. 21: 541-555.

Maki, T. (2004). **Aurace PSB and G2 for Nursery**. Matsumoto Institute of Microorganism Co.. Ltd.

Pfenning, N. & H.G.Truper. (1989). **Anoxygenic phototrophic bacteria, pp. 1635-1682**. In J.T. Staley, M.P. Bryant, N. Pfennig and T.G. Holt (eds.). Bergey's Manual of Systemetic Bacteriology. Vol.3. The William and Wilkins, Co., Baltimore.

Sasaki, K., Tanaka, T & Nagai, S.(1998). **Use of photosynthetic bacteria for the production of SCP and chemicals from organic wastes**. In: Bioconversion of waste materials to industrial products, second edition. Martin AM, (eds): Blackie Academic and professional, pp. 247-291.

Sasikala, Ch., Ramana, Ch.V. & Rao, P.R. (1994). **5-Aminolevulinic acid: A potential herbicide/insecticide from microorganisms**. Biotechnol. Prog. 10: 451-459.

Xu, F., Cheng, S., Zhu, J., Zhang, W. & Wang, Y. (2011). Effect of 5-aminolevulinic acid on chlorophyll, photosynthesis, soluble sugar and flavonoid of *Ginko biloba*. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. 39(1): 41-47.

การใช้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้เนย

พัชรลักษณ์ วัฒนไชย[1*] ปรียา จิตรีเมต[2] สมฤทัย นิลบรรจง[3] สุวิมล เพ็ชรแพง[4]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพของแป้งเมล็ดขนุน หาปริมาณการใช้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนย โดยการผลิตแป้งเมล็ดขนุนจะใช้เมล็ดขนุนดิบนำทำความสะอาดและต้มในน้ำเดือด นาน 45 นาที แล้วปอกเปลือกสีขาวและสีน้ำตาลออก ฝานเป็นชิ้นบาง ๆ หนา 1 มิลลิเมตร นำเข้าอบลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำมาปั่นให้ละเอียด ร่อนเป็นผงละเอียดผ่านตะแกรง 100 เมส จะได้แป้งเมล็ดขนุนคิดเป็นค่าร้อยละผลผลิตที่ได้ (% yield) ร้อยละ 14 จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของแป้งเมล็ดขนุน พบว่า มีค่าความสว่าง (L) 89.16± 0.11 ความเป็นสีแดง (a*) ที่ 1.06 ± 0.05 และความเป็นสีเหลือง (b*) ที่ 13.96 ± 0.37 ส่วนค่า a_w เท่ากับ 0.57 ± 0.01 จากนั้นนำไปทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนในอัตราส่วน 5 ระดับ คือ 100 : 0 , 85 : 15 , 70 : 30, 55 : 45 และ 40 : 60 โดยอัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุนที่ได้คะแนนการยอมรับมากที่สุดคือ อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุน 70 : 30 นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณแป้งเมล็ดขนุนที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วนตั้งแต่ร้อยละ 30 ขึ้นไปมีอิทธิพลต่อคะแนนความชอบของทุกคุณลักษณะ โดยค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยจะลดลง เมื่อปริมาณแป้งเมล็ดขนุนเพิ่มขึ้น และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายไป นำวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่ามีค่าความสว่าง (L) ที่ 64.70 ± 1.38 ความเป็นสีแดง (a^*) ที่ 9.03 ± 0.15 และความเป็นสีเหลือง (b^*) ที่ 26.53 ± 0.90 และค่า a_w 0.18 ± 0.01 และผลจากการวัดค่าเนื้อสัมผัสของคุกกี้เนย มีค่า hardness เท่ากับ 1683.96 ± 91.96 กรัม และค่า fracturability 42.64 ± 1.86 มิลลิเมตร

คำสำคัญ : แป้งเมล็ดขนุน, คุกกี้เนย

---

[1] *หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี,*

[2] *หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี*

[3] *หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี*

[4] *หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี*

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: patcharalak@vru.ac.th*

SUBSTITUTION FOR WHEAT FLOUR BY JACKFRUIT SEEDS FLOUR IN BUTTER COOKIES

Patcharalak Watanachai[1*] Preeya Jitreemeth[2] Somreutai Nilbanjang[3]
Suwimol Petchpange[4]

Abstract

The aim of research was study of physical quality of jackfruit seeds flour and substitution for wheat flour by jackfruit seeds flour in butter cookies. The transformation of jackfruit seeds into flour use fresh jackfruit seeds cleaning and boiled 45 minutes. Peeling jackfruit seeds and slice into thin pieces about 1 mm. Drying in hot air oven at 60 ^{o}C for 6 hr. In finally, grinding jackfruit seeds were passed through 100 mesh sieving. This will be a jackfruit seeds flour become percent of yield in 14. The physical testing was done with L, a^*, and b^*, the results showed that the L value at 89.16± 0.11 and the a^* at 1.06 ± 0.05. While the b^* was -3.96 ± 0.37. a_w value was 0.57 ± 0.01 And then substitution for wheat flour by jackfruit seeds flour in butter cookies in 5 level about 100 : 0, 85 : 15, 70 : 30, 55 : 45, 40 : 60 It can be concluded that the optimum partially substituted was 30% jackfruit seeds flour. Jackfruit flour had an influence on the likelihood score of all the sensory attributes. The average score is reduced. When the jackfruit seeds flour increased. When bringing the final product to physical testing was done with L, a^*, and b^*, the results showed that the L value at 64.70 ± 1.38 and the a^* at 9.03 ± 0.15. While the b^* was 26.53 ± 0.90. a_w value was 0.18 ± 0.01. Texture analysis of hardness was 1683.96 ± 91.96 g and fracturability was 42.64 ± 1.86 mm.

Keywords : Jackfruit Seeds Flour, Butter Cookies

[1] *Department of Homeeconomic, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage*
[2] *Department of Homeeconomic, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage*
[3] *Department of Homeeconomic, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage*
[4] *Department of Homeeconomic, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage*
** Corresponding author, e-mail: patcharalak@vru.ac.th*

บทนำ

ขนุนเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และประเทศไทยมีขนุนพันธุ์ดีไม่น้อยกว่า 40 พันธุ์ เช่น พันธุ์ทองประเสริฐเน้นตลาดส่งออก พันธุ์มาเลย์จะขายในประเทศเป็นส่วนใหญ่นำไปแกะเนื้อหรือส่งโรงงานแปรรูป พันธุ์เพชรราชาสามารถส่งออกหรือขายในประเทศได้ แต่มีข้อจำกัดคือผลแตกง่าย ขนุนนั้นนิยมบริโภคทั้งภายในประเทศและส่งออกต่างประเทศ โดยในปี พศ. 2558 ส่งออก 21,475 ตัน, พศ. 2559 ส่งออก 31,937 ตัน และในปีพศ. 2560 (มกราคม - กันยายน) ส่งออก 23,421 ตัน การส่งออกมีทั้งส่งเป็นผลสดและแปรรูป เช่น ขนุนอ่อนต้ม ขนุนอบแห้ง ขนุนทอดกรอบ ขนุนผง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการแปรรูปโดยใช้แต่ส่วนเนื้อ (เคหการเกษตร, 2560) สำหรับขนุนที่บริโภคภายในประเทศ คนไทยก็นิยมรับประทานแต่เนื้อขนุน ทำให้มีปริมาณเมล็ดขนุนเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก และการนำเอาเม็ดขนุนไปใช้ประโยชน์ยังมีน้อยอยู่ โดยพบว่าเมล็ดขนุนซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการแปรรูปและบริโภคขนุนมีปริมาณร้อยละ 10 – 15 ของน้ำหนักผลสด ซึ่งเมื่อคิดจากผลผลิตทั้งประเทศอาจมีปริมาณเมล็ดขนุนสูงถึง 19,000 – 19,931 ตันต่อปี (กรมวิชาการเกษตร, 2551) ซึ่งถือเป็นของเหลือใช้ทางการเกษตรจำนวนมาก และเมล็ดขนุนนั้นมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก (หทัยรัตน์ ศรีสุพจ, 2555) จึงน่าจะสามารถนำมาแปรรูปเป็นแป้งเมล็ดขนุนได้ และใน 100 กรัมของเมล็ดขนุนประกอบด้วย โปรตีน 5.5 กรัม ไขมัน 0.2 กรัม, ฟอสฟอรัส 2.9 มิลลิกรัม, วิตามินบี1 1.74 มิลลิกรัม และ ไนอะซิน 24 มิลลิกรัม (พรดารา เขตทองคำ, 2544) และสามารถนำแป้งจากเมล็ดขนุนไปต่อยอดในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์คุกกี้ โดยใช้ทดแทนแป้งสาลีในสูตรเพื่อลดการนำเข้าแป้งสาลี ซึ่งประเทศไทยไม่สามารถผลิตได้เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มมูลค่าและลดการสูญเสียผลผลิตทางการเกษตร (อมรรัตน์ มุขประเสริฐ, 2544) และเป็นทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภค ตลอดจนยังสามารถลดต้นทุนการผลิตสำหรับผู้ผลิตได้ (วิวรณ์ วงศ์อรุณ, 2561)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาคุณภาพทางกายภาพของแป้งเมล็ดขนุนและร้อยละผลผลิตที่ได้ (% yield)
2. ศึกษาปริมาณการใช้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนยที่ส่งผลต่อสภาพและการยอมรับของผลิตภัณฑ์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบแป้งเมล็ดขนุน

นำเมล็ดขนุนดิบที่เหลือทิ้งคละสายพันธุ์จากตลาดไท มาชั่งน้ำหนักก่อนอบและนำไปล้างน้ำทำความสะอาด จากนั้นนำเมล็ดขนุนไปต้มในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที ตักขึ้นแช่ในน้ำเย็น ลอกเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวและสีน้ำตาลออกให้หมด หลังจากนั้นก็นำมาฝานให้เป็นชิ้นบางๆ หนา 1 มิลลิเมตร แล้วเกลี่ยใส่ถาดนำเข้าอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลานาน 6 ชั่วโมง (ประไพพรรณ เอมดวง และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2555) จากนั้นนำมาปั่นหยาบ 2 ครั้ง และปั่นละเอียด 1 ครั้ง ด้วยเครื่องบดแห้ง นำไปร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช จะได้เป็นแป้งเมล็ดขนุน นำมาวัดค่าสี (L, a^* และ b^*) วัดค่า water activity (a_w) หาร้อยละผลผลิตที่ได้ (% yield) จากสูตร

Yield Crude Extract = a/b x 100%

a = น้ำหนักของสารที่ได้(กรัม)

b = ปริมาณวัตถุดิบตั้งต้น (กรัม)

2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในการผลิตคุกกี้เนยจากแป้งเมล็ดขนุน

นำสูตรพื้นฐานคุกกี้เนยทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนอัตราส่วน 5 ระดับ โดยใช้อัตราส่วนแป้งสาลี : แป้งเมล็ดขนุน คือ 100 : 0 , 85 : 15 , 70 : 30 , 55 : 45 และ 40 : 60 ดังตารางที่ 1 และวางแผนการทดลองแบบ RCBD และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ (9 Point hedonic scale) 1 – 9 คะแนน จาก 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทำการทดสอบซ้ำ 2 ครั้ง โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วย One-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan 's new multiple rang test ที่ระดับความเชื่อมั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติร้อยละ 95 และนำ มาวัดค่า สี, a_w และค่าเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) วัดค่าhardness และ fracturability ด้วยหัววัด AACC 36 มม. ทรงกระบอก ความยาวรัศมี (P/36R) น้ำหนักโหลดเซลล์ 5 กก. โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD และสูตรพื้นฐานคุกกี้เนยประกอบด้วย แป้งสาลี ร้อยละ 39.27 , น้ำตาลไอซ์ซิ่ง ร้อยละ 21.80 , นมผง ร้อยละ 4.43 , ผงฟู ร้อยละ 0.52 , ไข่ไก่ ร้อยละ 3.05 , วนิลา ร้อยละ 0.52 และเนยสด ร้อยละ 30.50 โดยนำแป้งสาลีอเนกประสงค์ เกลือ ผงฟู นมผง ร่อนผสมรวมกันเตรียมไว้ ตีเนยสดด้วยหัวตีใบไม้ให้ขึ้นฟู ใส่น้ำตาลไอซ์ซิ่งตีต่อจนขึ้นฟูขาวและเทไข่ลงผสม จากนั้นใส่ส่วนของแป้งที่ร่อนเตรียมไว้ลงไปทีละน้อย ใส่กลิ่นวานิลา ตีต่อผสมให้เข้ากัน ขึ้นรูปขนาดก่อนอบ เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดความกว้าง 1 นิ้ว x ความยาว 1.5 นิ้ว นำไปแช่เย็นในช่องแช่แข็ง 1 วัน จากนั้นนำมาหั่นหนา 0.5 เซนติเมตร นำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส อบจนสุกเหลืองประมาณ 12 นาที (พัชรลักษณ์ วัฒนไชย, 2554)

ตารางที่ 1 ปริมาณแป้งเมล็ดขนุนที่ใช้แทนที่แป้งสาลีในอัตราส่วน 5 ระดับ

	อัตราส่วน (ร้อยละ)				
ส่วนผสม	100 : 0	85 : 15	70 : 30	55 : 45	40 : 60
แป้งสาลี (กรัม)	450	382.5	315	247.5	180
แป้งเมล็ดขนุน (กรัม)	-	67.5	135	202.5	270

ผลการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบแป้งเมล็ดขนุน

จากการศึกษาการเตรียมวัตถุดิบ พบว่า เมล็ดขนุนดิบ 5 กิโลกรัม ได้แป้งเมล็ดขนุนประมาณ 700 กรัม แป้งเมล็ดขนุนที่ได้มีลักษณะสีเหลืองนวล เป็นผงละเอียด ไม่จับตัวกันเป็นก้อน มีกลิ่นเฉพาะตัว จากการคำนวณหาค่าร้อยละผลผลิตที่ได้ (% yield) พบว่าได้ผลผลิตร้อยละ 14 ของน้ำหนักเมล็ดขนุนสด ซึ่งได้ผลต่ำกว่าการศึกษาของ ดารารัตน์ นาคละออ และคณะ(2554) ที่ได้รายงานว่า ผลผลิตแป้งเมล็ดขนุนจากวิธีการต้มเมล็ดขนุนทั้งเมล็ดในน้ำเดือด มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 36.5 – 37.9 และของโสภิดา วิศาลศักดิ์กุล และคณะ(2559) ที่ผลิตด้วยวิธีการเดียวกัน พบว่า ได้ผลผลิตร้อยละ 21.25 ซึ่งปริมาณผลผลิตที่แตกต่างกัน อาจเกิดจากวิธีการเตรียมแป้งเมล็ดขนุน เช่น ระยะเวลาการต้มเมล็ดขนุน ซึ่งยิ่งต้มนานจะทำให้อนุภาคของเมล็ดแป้งภายในเมล็ด

ขนุนหลุดออกมายังน้ำที่ใช้ต้มมากขึ้น จึงทำให้สูญเสียแป้งไป หรือเกิดจากความแตกต่างกันของสายพันธุ์เมล็ดขนุน ความอ่อนแก่ของขนุน รวมถึงส่วนประกอบของเมล็ดขนุน เช่น เยื่อสีหุ้มขาวครีมและเยื่อสีน้ำตาล และจากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ค่าสี ค่าความสว่าง (L) ที่ 89.16 ± 0.11 ความเป็นแดง (a^*) ที่ 1.06 ± 0.05 และความเป็นสีเหลือง (b^*) ที่ 13.96 ± 0.37 โดยแป้งเมล็ดขนุนมีค่าความสว่างอยู่ในระดับมาก มีสีแดงอยู่ในระดับน้อย และสีเหลืองอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนค่า a_w ของแป้งเมล็ดขนุนเท่ากับ 0.57 ± 0.01 แป้งจากเมล็ดขนุนมีค่าความชื้นร้อยละ 7

ภาพที่ 1 แป้งเมล็ดขนุน

2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในการผลิตคุกกี้เนยจากแป้งเมล็ดขนุน

นำแป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้เนย จากการทดสอบการทางประสาทสัมผัสดังตารางที่ 2 พบว่า ลักษณะคุกกี้ที่ได้เมื่อปริมาณแป้งเมล็ดขนุนเพิ่มมากขึ้น เนื้อคุกกี้มีลักษณะกรอบร่วนมากยิ่งขึ้น ส่งผลถึงคะแนนความชอบด้านความกรอบที่ลดลงในช่วงอัตราส่วนแป้งสาลี : แป้งเมล็ดขนุน ที่ 55 : 45, 40 : 60 และด้านเนื้อสัมผัสจากข้อเสนอแนะเพิ่มเติมผู้ทดสอบมีความรู้สึกมีแป้งติกค้างในปาก จากคุกกี้ที่มีการแทนที่แป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนในปริมาณมาก อาจส่งผลให้ผู้บริโภคให้การยอมรับลดน้อยลง อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุน 70 : 30 เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุดในการผลิตคุกกี้จากแป้งเมล็ดขนุนดังตารางที่ 2 เนื่องจากมีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัส และกลิ่นได้คะแนนดีกว่าอัตราส่วน 85 : 15 ส่วนด้านสี ความกรอบ ความหวาน และความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพผลดังตารางที่ 3 โดยมีค่าความสว่าง (L) ที่ 64.70 ± 1.38 ความเป็นสีแดง (a^*) ที่ 9.03 ± 0.15 และความเป็นสีเหลือง (b^*) ที่ 26.53 ± 0.90 คุกกี้เนยมีค่าความสว่างอยู่ในระดับมาก และมีค่าสีแดงอยู่ในระดับน้อย และมีค่าสีเหลืองอยู่ในระดับปานกลาง ค่า a_w ของคุกกี้เนย เท่ากับ 0.18 ± 0.01 และผลจากการวัดค่าเนื้อสัมผัสของคุกกี้เนย มีค่า hardness เท่ากับ 1683.96 ± 91.96 กรัม และค่า fracturability 42.64 ± 1.86 มิลลิเมตร จากปริมาณแป้งเม็ดขนุนที่ทดแทนแป้งสาลีเพิ่มขึ้นส่งผลต่อค่า Hardness คือ ยิ่งทดแทนเพิ่มขึ้นยิ่งทำให้คุกกี้มีความแข็งที่ลดลง ไม่สามารถต้านทานแรงกดได้ ส่วนด้านสียิ่งทดแทนด้วยแป้งเม็ดขนุน พบว่า คุกกี้ยิ่งมีสีที่เข้มขึ้น ดังภาพที่ 2 และค่า a_w มีแนวโน้มลดลงเมื่อทดแทนแป้งเมล็ดขนุนมากขึ้น

ตารางที่ 2 คะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้เนยทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุน

คุณลักษณะ	อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุน				
	100 : 0	85 : 15	70 : 30	55 : 45	40 : 60
สี	7.52 ± 0.95^{a}	7.62 ± 0.94^{a}	7.34 ± 1.15^{a}	7.28 ± 1.08^{a}	7.24 ± 0.82^{a}
กลิ่น	7.22 ± 0.76^{b}	7.36 ± 0.98^{ab}	7.62 ± 0.80^{a}	7.52 ± 0.95^{ab}	7.32 ± 0.86^{ab}
ความกรอบ	7.82 ± 0.71^{a}	7.78 ± 0.99^{a}	7.58 ± 0.83^{a}	6.86 ± 1.22^{b}	6.74 ± 0.94^{b}
เนื้อสัมผัส	7.50 ± 0.93^{a}	7.44 ± 1.05^{ab}	7.52 ± 0.97^{a}	7.06 ± 0.99^{b}	6.66 ± 0.96^{c}
ความหวาน	7.58 ± 1.07^{a}	7.64 ± 0.89^{a}	7.50 ± 0.99^{a}	7.20 ± 1.19^{a}	6.64 ± 1.15^{b}
ความชอบรวม	7.68 ± 0.91^{a}	7.74 ± 0.94^{a}	7.68 ± 0.99^{a}	7.22 ± 1.13^{b}	6.88 ± 0.96^{b}

หมายเหตุ ค่า a - c ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแถวแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของคุกกี้เนยทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุน

ปัจจัยคุณภาพ	อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุน				
	100 : 0	85 : 15	70 : 30	55 : 45	40 : 60
ค่าสี					
L ^{ns}	66.36±2.87	65.56±0.85	64.70±1.38	63.83±3.81	61.70±1.94
a*	7.03±0.50^{d}	7.96±0.15^{c}	9.03±0.15^{b}	9.10±0.17^{b}	10.06±0.58^{a}
b* ^{ns}	23.50±2.16	26.26±3.50	26.53±0.90	25.63±1.96	25.86±0.66
ค่า aw	0.25±0.01^{a}	0.19±0.00^{b}	0.18±0.01^{b}	0.15±0.01^{c}	0.14±0.00^{c}
ค่าเนื้อสัมผัส					
Hardness (g)	2462.27±299.87^{a}	1701.28±204.98^{b}	1683.96±91.96^{b}	1001.16±58.90^{c}	1098.21±81.91^{c}
Fracturability^{ns} (mm)	44.45±0.42	44.03±0.62	42.64±1.86	41.06±1.82	42.73±3.22

หมายเหตุ ค่า L หมายถึง ค่าความสว่าง (ดำ = 0, ขาว = 100)
a* หมายถึง สีแดงหรือสีเขียว (+ สีแดง, - สีเขียว)
b* หมายถึง สีเหลืองหรือน้ำเงิน (+ สีเหลือง, - สีน้ำเงิน)
a - c ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแถวแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ภาพที่ 2 ลักษณะของคุกกี้เนยทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนในอัตราส่วน 5 ระดับ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การผลิตแป้งเมล็ดขนุน พบว่า แป้งเมล็ดขนุนที่ได้มีค่าร้อยละผลผลิตที่ได้ (% yield) คือ ร้อยละ 14 ของน้ำหนักเมล็ดขนุนสด ดารารัตน์ นาคละออ และคณะ(2554) แป้งจากเมล็ดขนุนมีค่าความชื้นร้อยละ 7 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า แป้งเมล็ดขนุนที่ได้มีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแป้งตามเกณฑ์ มอก. 375 - 2524 ที่กำหนด ความชื้นของแป้งไม่ควรเกินร้อยละ 14 เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์และชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งทำให้แป้งเก็บไว้ได้นานยิ่งขึ้น

ด้านสีของผลิตภัณฑ์คุกกี้พบว่า ยิ่งทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนมากขึ้น จะทำให้สีของคุกกี้เข้มมากขึ้น เนื่องจากการเตรียมแป้งเมล็ดขนุนใช้อุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานานทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบ maillard reaction จากองค์ประกอบที่เป็นกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดขนุนซึ่งสอดคล้องกับการวัดค่าสีที่ได้ (ประไพพรรณ เอมดวง และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2555) ส่วนการใช้ปริมาณแป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลียิ่งทดแทนมากจะทำให้มีลักษณะกรอบร่วนมากยิ่งขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณอะมิโลสในแป้งเมล็ดขนุนที่มีถึงร้อยละ 36.67 – 39.23 (อมรรัตน์ มุขประเสริฐ, 2544) โดยปริมาณอะมิโลสที่สูงร้อยละ 25 - 33 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่กรอบร่วน(พัชรลักษณ์ วัฒนไชย, 2557) และสัมพันธ์กับค่า hardness ที่ยิ่งแทนที่ด้วยแป้งเมล็ดขนุนมากขึ้นค่า hardness ยิ่งลดลง และเมื่อปริมาณแป้งสาลีที่ลดลงส่งผลต่อโครงสร้างของคุกกี้เนย เนื่องจากในแป้งสาลีมีปริมาณกลูเตนสูง ทำให้เมื่อปริมาณกลูเตนลดลงลักษณะของคุกกี้ที่ได้หลักอบไม่คงรูปร่างเท่าคุกกี้เนยที่ผลิตจากแป้งสาลีร้อยละ 100 สำหรับปริมาณที่ดีที่สุดในการผลิตคุกกี้เนยคือ อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุน คือ 70 : 30

ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้อาจทดลองผลิตแป้งเมล็ดขนุนเพียงวิธีการเดียว คือ นำไปทำให้สุกด้วยความชื้นจากนั้นนำไปโม่แห้ง ซึ่งน่าจะมีการเปรียบเทียบการผลิตแป้งเมล็ดขนุนโดยวิธีอื่นๆ เพื่อศึกษาคุณภาพของแป้ง และควรมีการวัดคุณภาพทางเคมีของแป้งเมล็ดขนุน นอกจากนี้เนื่องจากแป้งจากเมล็ดขนุนมีปริมาณอะไมโลสค่อนข้างสูง น่าจะเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความกรอบ เช่น ครองแครงกรอบ ขนมดอกจอก และ แป้งชุบทอด เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2551). **สถิติการผลิตการเกษตรตามแหล่งปลูก (ทั้งหมด) พืชขนุน ปีปฏิทิน 2549 – 2550 ทั้งประเทศ**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

เคหการเกษตร. 6 พฤศจิกายน 2560. **นาทีทองของขนุนมาแล้วจริงหรือ** สืบค้นจาก https://kehakaset.com/articles_details.php?view_item=594

ดารารัตน์ นาคละออ, อาภัสรา แสงนาค และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์. (2554). การปรับปรุงคุณภาพของแป้งเมล็ดขนุนโดยวิธีการพรีเจลลาทิไนซ์. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**. 16(1), 12 – 21

ประไพพรรณ เอมดวง และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, (2555). ผลของแป้งเมล็ดขนุนวิธีการพรีเจลลาทิไนซ์ต่อสมบัติทางกายภาพของ สปันจ์เค้กที่อบด้วยไมโครเวฟซึ่งเตรียมจากส่วนผสมเค้กเมล็ดขนุนสำเร็จรูป. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 43(2), 197-200

พรดารา เขตทองคำ. (2544). **ขนมเบื้องไทยจากแป้งเมล็ดขนุน.** วิทยานพนธมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

พัชรลักษณ์ วัฒนไชย. (2557). **เอกสารประกอบการสอนวิชาขนมไทย**. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.

พัชรลักษณ์ วัฒนไชย. (2554). **เอกสารประกอบการสอนวิชาวิทยาการขนมอบ**. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.

วิวรณ์ วงศ์อรุณ. (2561). มูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์อาหารจากของเหลือใช้ในชุมชน : เมล็ดขนุน. **WMS Journal of Management Walailak University**. 2(7), 43 – 53

โสภิดา วิศาลศักดิ์กุล, อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, กุลวดี สังข์สนิท, สุภา จุฬคุปต์ และสุทัศนีย์ บุญโญภาส. (2559). การพัฒนาผลิตภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งเมล็ดขนุน. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**. 21(2), 216 - 227

หทัยรัตน์ ศรีสุพจ. (2555). **ความคุ้มค่าของผลผลิตจากขนุน.** (วีดีทัศน์). กรุงเทพ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อมรรัตน์ มุขประเสริฐ. (2544). **การสกัดและศึกษาสมบัติทางเคมี กายภาพของแป้งจากเมล็ดขนุน.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ).

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองและพรีไบโอติก

น้อมจิตต์ สุธีบุตร[1*] พรรัตน์ สังข์ทอง[2]

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองและพรีไบโอติก มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณโปรตีนถั่วเหลือง ศึกษาชนิดและปริมาณของพรีไบโอติกที่เหมาะสมเพื่อเสริมในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวกล้อง ผลการตรวจประเมินคุณภาพพบว่าปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 6 ของน้ำข้าวกล้อง มีผลให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวกล้องมีคุณภาพใกล้เคียงกับโยเกิร์ตที่ผลิตจากนมมากกว่าการเสริมโปรตีนถั่วเหลืองปริมาณร้อยละ 2 และ 4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโยเกิร์ตจากข้าวกล้องที่เสริมพรีไบโอติก ชนิด ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Fructooligosaccharide, FOS) มากกว่าการเสริมอินนูลิน (Inulin) และมอลโตเด็กซ์ทริน (Moltodextrin) โดยการเสริม FOS ปริมาณร้อยละ 9 ของน้ำข้าวกล้องมีผลให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส โดยเฉพาะด้านรสชาติดีกว่าการเสริมในปริมาณร้อยละ 3 6 และ 12 เมื่อนำโยเกิร์ตจากข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองและ FOS ซึ่งเป็นพรีไบโอติกมาเปรียบเทียบปริมาณแบคทีเรียแลคติกกับสูตรพื้นฐานที่ไม่เติม FOS พบว่า ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก เท่ากับ 3.86×10^{9} โคโลนี/กรัม แต่สูตรพื้นฐานมีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก เท่ากับ 7.50×10^{6} โคโลนี/กรัม โยเกิร์ตจากข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 6 และ FOS ร้อยละ 9 มีโปรตีนร้อยละ 4.41±0.21 ไขมันร้อยละ 0.45±0.04 เถ้าร้อยละ 0.54±0.04 ความชื้นร้อยละ 66.95±2.25 และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 26.40±2.25 ปริมาณเส้นใยร้อยละ 1.25±0.01 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 2.15×10^{10} โคโลนี/กรัม พบยีสต์ ราน้อยกว่า 10 โคโลนี/กรัม และพบแบคทีเรียโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPN/กรัม ซึ่งคุณภาพด้านจุลินทรีย์ผ่านตามข้อกำหนดประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 353) พ.ศ. 2556

คำสำคัญ : โยเกิร์ต ข้าวกล้อง โปรตีนถั่วเหลือง พรีไบโอติก

---

[1] อาจารย์ประจำสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

[2] นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail : nomjit.s@rmutp.ac.th*

YOGHURT FROM BROWN RICE FORTIFIED WITH SOY PROTEIN AND PREBIOTIC

Nomjit Suteebut[1*] Pornrat Sangthong[2]

Abstract

The objectives of this research were to study soy protein and prebiotic on brown rice yoghurt supplement, to study on the amount of soy protein suitable for the production of brown rice yoghurt. To study type and a suitable amount of prebiotic and a quality of the developed product. The suitable amount of soy protein was 6% of milk-brown rice water. The results showed that yoghurt from brown rice was similar to yoghurt produced from dairy than soybean protein by 2% and 4%. To study type and amount of prebiotic, sensory test results. It was found that the tasting panelists preferred brown rice yoghurt supplemented with fructooligosaccharide (FOS) prebiotic supplement rather than inulin and moltodextrin. By FOS supplementation, 9% of milk-brown rice water. As a result, the panelists scored the sensory preferences. Especially, the taste was better than the 3, 6 and 12% supplement. Comparison between lactic acid bacteria in the base formula without FOS and in FOS supplement formulation 9% of milk-brown rice water, the number of lactic acid bacteria was 3.86×10^{9} CFU/g but the base formula was 7.50×10^{6} CFU/g. Yoghurt from brown rice fortified with 6% soy protein and 9% FOS had protein, fat, ash, moisture, carbohydrate and fiber content were 4.41±0.21, 0.45±0.04, 0.54±0.04, 66.95±2.25, 26.40±2.25 and 1.25±0.01%, respectively. The total viable count was 2.15×10^{10} cfu/g, yeast & mold count not more than 10 CFU/g and the Coliform less than 3 MPN/g. The quality of microorganisms is in accordance with the notification of the Ministry of Public Health (No. 353), BE 2556.

Keywords : yoghurt, brown rice, soy protein, prebiotic

[1] *Department of Home Economics, Home Economic Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, Thailand*

[2] *Department of Food Science and Technology, Home Economic Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, Thailand*

* *Corresponding author, e-mail: nomjit.s@rmutp.ac.th*

บทนำ

โยเกิร์ต (yoghurt) หมายถึง หมายถึง นมเปรี้ยวที่ได้จากการหมักด้วยแบคทีเรีย *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* หรือ *Lactobacillus* ssp. ที่ผลิตกรดแลคติก (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง นมเปรี้ยว เลขที่ 353/2556) ซึ่งจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกจะย่อยน้ำตาลแล็กโทสในนมให้เป็นกรดแลคติก ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสเปรี้ยว ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 3.8 - 4.6 (Tamimeand Robinson, 2007) pH ที่ลดลงนี้จะทำให้โปรตีนเคซีน (casein) ในนมเปลี่ยนสภาพตกตะกอนเป็นเคิร์ด (curd) โยเกิร์ตมีประโยชน์มาก ช่วยทำให้เกิดสมดุลในลำไส้ ช่วยเพิ่มระดับภูมิคุ้มกันโรค ช่วยรักษาโรคแผลในกระเพาะอาหารและลำไส้ เป็นต้น (จารุวรรณ, 2551; Paulina and Katarzyna, 2017) โดยทั่วไปการผลิตโยเกิร์ตจะใช้น้ำนมวัวเป็นวัตถุดิบ แต่ก็สามารถใช้น้ำนมจากสัตว์ชนิดอื่น เช่น น้ำนมแพะ หรือจากพืช เช่น น้ำนมถั่วเหลืองหรือกะทิมาแทนน้ำนมวัวได้ อาทิ จากข้าว (กฤตภาส, 2555; จุฑามาศ และเฉลิมพล, 2558; อำพรรณ และคณะ, 2557; Wongkhalaung and Boonyaratanakornkit, 2000) ลูกเดือย (สุธีรา, 2559) ข้าวโพด (สุรัตน์, 2558) เนื่องจากผู้บริโภคบางกลุ่มแพ้โปรตีนในนมวัว (cow’s milk allergy) หรือผู้บริโภคบางกลุ่มไม่สามารถย่อยแล็กโทสในนมวัวได้ (lactose intolerant) เนื่องจากระบบย่อยอาหารในร่างกายไม่สามารถผลิตเอนไซม์แลคเตส (lactase) ได้เพียงพอ ซึ่งคุณสมบัติของนมจากพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช คุณภาพของวัตถุดิบ และกระบวนการผลิต

ข้าว เป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาทำผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมกันมาก ข้าวกล้องเป็นข้าวที่กะเทาะเอาส่วนเปลือกซึ่งเรียกว่าแกลบออกไป ส่วนจมูกข้าวและรำข้าวยังคงอยู่ ซึ่งส่วนนี้เองที่ทำให้ข้าวกล้องมีประโยชน์มากกว่าข้าวขาว (Hongsibsong *et al*., 2016) ข้าวกล้องที่มีโปรตีนประมาณร้อยละ 7.1-8.3 ในข้าวกล้องยังประกอบไปด้วย วิตามิน เช่น ไทอามีน ไรโบฟลาวิน ไนอะซิน แอลฟา-โทโคเฟอรอล และเกลือแร่ ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส ไฟทินฟอสเฟต เหล็ก และกะสี ซึ่งจะช่วยให้ส่วนต่างๆ ของร่างกายทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และมีเส้นใยอาหารมาก (dietary fiber) (อรอนงค์, 2560) ซึ่งจะทำให้ท้องไม่ผูก และช่วยป้องกันมะเร็งในลำไส้ใหญ่ มีผลทำให้สุขภาพดีขึ้น เมื่อรับประทานข้าวกล้องเป็นประจำทุกวัน แต่จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตและนมเปรี้ยวจากข้าว พบว่ายังมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่ามาตรฐาน (Suteebut *et al*, 2017) ซึ่งตามมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุขโยเกิร์ตต้องมีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.7 ของน้ำหนัก (กระทรวงสาธารณสุข, 2556) จึงควรแสริมโปรตีนจากแหล่งอื่นเพื่อให้โยเกิร์ตมีคุณค่าทางโภชนาการตามมาตรฐานกำหนด

โปรตีนถั่วเหลือง (soy protein) เป็นโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง อุดมด้วยกรดอะมิโนและไอโซฟลาโวน ซึ่งเป็นโปรตีนที่สกัดได้จากพืช จึงเหมาะสำหรับผู้ที่รับประทานเจ (vegan) และมังสวิรัติ โปรตีนถั่วเหลืองประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดจำเป็นหลายชนิด จึงช่วยเสริมสร้างกล้ามเนื้อ ไม่มีน้ำตาลแลกโทส จึงเหมาะสำหรับผู้ที่แพ้ผลิตภัณฑ์นม มีไฟโตอีสโทรเจน เช่น ไอโซฟลาโวน (Isoflavone) ซึ่งมีเจนิสทีน (genistein) และเดดซีน (daidzein) ในปริมาณสูง จึงช่วยบำรุงผิวพรรณ บำรุงกระดูก และบรรเทาอาการของผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน มีสารไฟโตสเตอรอล (phytosterol) และซาโพนิน (saponins) ในปริมาณสูง ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล ป้องกันโรคหลอดเลือดและหัวใจ (กองโภชนาการ, 2549) และเนื่องจากโยเกิร์ตข้าวกล้องที่เสริมด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองมีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีแล้ว ยังต้องการให้ในผลิตภัณฑ์มีประโยชน์มากยิ่งขึ้นโดยการเสริมพรีไบโอติก ซึ่งร่างกายไม่สามารถย่อยได้และไม่ถูกดูดซึมในระบบทางเดินอาหาร ทั้งกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก แต่จะถูกย่อยด้วยแบคทีเรียบริเวณลำไส้ใหญ่ โดยจะกระตุ้นการทำงานและส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์โพรไบโอติก (probiotic) ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2557)

ด้วยคุณประโยชน์ของโยเกิร์ต ข้าวกล้อง โปรตีนถั่วเหลือง และพรีไบโอติกที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาการนำข้าวกล้องมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมด้วยโปรตีนถั่วเหลืองและทำการศึกษาพรีไบโอติกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมโปรตีนถั่วเหลือง เพื่อเพิ่มมูลค่าและคุณค่าทางโภชนาการให้กับโยเกิร์ตข้าวกล้อง และเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคโยเกิร์ตแต่แพ้โปรตีนในนมวัว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตจากข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลือง
2. เพื่อคัดเลือกชนิดของพรีไบโอติกที่ใช้เสริมในโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองและพรีไบโอติก
3. เพื่อศึกษาปริมาณพรีไบโอติกที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองและพรีไบโอติก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลือง

ทำการดัดแปลงสูตรการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องจากโครงงานสหกิจศึกษาของ พรรัตน์ (2560) ซึ่งมีส่วนผสมเป็นน้ำข้าวกล้อง (ข้าวหักพันธุ์หอมมะลิ 105 นึ่งสุกด้วยไอน้ำนาน 10 นาที) แซนแทนกัม ร้อยละ 0.1 และกัวร์กัมร้อยละ 0.1 ของน้ำข้าวกล้อง เสริมโปรตีนถั่วเหลืองในปริมาณร้อยละ 2 4 และ 6 ของน้ำข้าวกล้อง และสูตรพื้นฐาน (ไม่เสริมโปรตีนถั่วเหลือง) ใช้หัวเชื้อในการหมักเป็นโยเกิร์ตถั่วเหลืองรสธรรมชาติ (ตรา RIVON) ร้อยละ 9 ของน้ำข้าวกล้อง ทำการผลิตโยเกิร์ตชนิดคงตัวจากน้ำข้าวกล้องตามขั้นตอนการผลิต ดังแผนภาพที่ 1

บดผสมข้าวกล้องหักที่นึ่งสุกแล้วกับน้ำ (อัตราส่วน 1:3)
↓
กรองน้ำข้าวกล้องด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น
↓
ให้ความร้อนน้ำข้าว จนอุณหภูมิถึง 50 องศาเซลเซียส
↓
เติมแซนแทนกัม กัวร์กัม โปรตีนถั่วเหลือง
↓
โฮโมจีไนซ์ด้วยความเร็ว 1,000 rpm ให้เข้ากัน
↓
พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที
↓
ลดอุณหภูมิลงที่ 42 – 45 องศาเซลเซียส
↓
เติมหัวเชื้อโยเกิร์ตรสธรรมชาติ ร้อยละ 9 โดยน้ำหนัก
↓
บ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมง
↓
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระหว่างรอตรวจวิเคราะห์

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลือง
ที่มา: ดัดแปลงจาก พรรัตน์ (2560)

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ วัดค่า pH ด้วย pH meter (pHTestr 20) ปริมาณกรดแลคติก โดยวิธีไตเตรท (AOAC, 2012) วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ด้วยรีแฟคโตมิเตอร์ (ATAGO รุ่น PAL-1 Specifications) ปริมาณโปรตีน (วิธีการเจลดาห์ล) (AOAC, 2012) และปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2548) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตัวอย่างสมบูรณ์ (Complete Randomized Design: CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance –ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีใช้ Duncan's New Multiple Range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ p=0.05พิจารณาข้อมูลคุณภาพด้านต่างๆ เพื่อคัดเลือกปริมาณของโปรตีนที่เหมาะสมไปศึกษาในขั้นต่อไป

2. การศึกษาชนิดของพรีไบโอติกที่ใช้เสริมในโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลือง

ศึกษาพรีไบโอติก 3 ชนิด สำหรับเสริมในโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลือง ได้แก่ อินนูลิน (Inulin) ฟรุกโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์ (Fructooligosacchride: FOS) และมอลโทเด็กซ์ทริน ที่ปริมาณร้อยละ 3 ของน้ำข้าวกล้อง โดยใช้กรรมวิธีการผลิตตามแผนภาพที่ 1 และใช้สูตรโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองที่ได้จากข้อ 1 แล้วนำโยเกิร์ตที่ได้ไปวัดค่าสี (L* 0-100 =ความมืด-ความสว่าง, a* +/- = สีแดง/สีเขียว, b*+/- = สีเหลือง/สีน้ำเงิน) ค่า pH ปริมาณกรดแลคติก ตรวจวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และปริมาณแบคทีเรียแลคติก โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตัวอย่างสมบูรณ์ (Complete Randomized Design: CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance –ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีใช้ Duncan's New Multiple Range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ p=0.05

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยนำโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองทั้ง 3 ระดับและสูตรพื้นฐานที่ไม่เติมโปรตีนถั่วเหลืองมาทดสอบชิมในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และสาขาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ ที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน ทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – Point Hedonic Scale โดยที่ 9 = ชอบมากที่สุด และ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design – RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ p= 0.05 พิจารณาข้อมูลคุณภาพด้านต่างๆ เพื่อคัดเลือกชนิดของพรีไบโอติกที่เหมาะสมไปศึกษาในขั้นต่อไป

3. การศึกษาปริมาณพรีไบโอติกที่เหมาะสมในโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองและพรีไบโอติก

ศึกษาปริมาณพรีไบโอติกที่ใช้เสริมในโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองโดยใช้พรีไบโอติกชนิดที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 2 นำมาแปรปริมาณพรีไบโอติกในปริมาณร้อยละ 3 6 9 และ 12 ของน้ำข้าวกล้อง โดยใช้กรรมวิธีการผลิตตามภาพที่ 1 แล้วนำโยเกิร์ตที่ได้ไปวัดค่าสี pH ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ปริมาณแบคทีเรียแลคติก และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติเช่นเดียวกับข้อ 1 พิจารณาข้อมูลคุณภาพด้านต่างๆ เพื่อคัดเลือกปริมาณของพรีไบโอติกที่เหมาะสมสำหรับเสริมในโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลือง และเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ได้แก่ โปรตีน ใช้วิธีการเจลดาห์ล ไขมัน ความชื้น ปริมาณเส้นใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2012) และประเมินคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา (Morton, 2001) และโคลิฟอร์ม (Feng *et al*., 2013) เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองและพรีไบโอ

ติก FOS ร้อยละ 5 และโยเกิร์ตข้าวกล้องสูตรพื้นฐานที่ไม่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองและพรีไบโอติก โดยวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติเช่นเดียวกับข้อ 2

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลือง

ผลการทดสอบคุณภาพของโยเกิร์ตข้าวกล้องที่ไม่เสริมและเสริมโปรตีนถั่วเหลืองปริมาณร้อยละ 2 4 และ 6 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณภาพของโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองที่แปรปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองต่างกัน

คุณสมบัติ	**ไม่เสริมโปรตีนถั่วเหลือง**	**ปริมาณโปรตีนถั่วเหลือง**		
		ร้อยละ 2	**ร้อยละ 4**	**ร้อยละ 6**
pH	4.63 ± 0.13^{a}	4.49 ± 0.05^{b}	4.45 ± 0.08^{b}	4.46 ± 0.07^{b}
กรดแลคติก (ร้อยละ)	0.53 ± 0.01^{b}	0.73 ± 0.01^{a}	0.73 ± 0.25^{a}	0.73 ± 0.05^{a}
ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)	19.23 ± 0.30^{d}	20.43 ± 0.14^{c}	21.57 ± 0.46^{b}	23.56 ± 0.05^{a}
โปรตีน (ร้อยละ)	0.09 ± 0.02^{d}	0.95 ± 0.02^{c}	2.25 ± 0.14^{b}	4.57 ± 0.10^{a}
แบคทีเรียกรดแลคติก (โคโลนี/กรัม)	4.55×10^{5b}	7.33×10^{6a}	6.63×10^{6a}	7.50×10^{6a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

2. ผลการศึกษาชนิดของพรีไบโอติกที่ใช้เสริมในโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลือง

ผลการทดสอบคุณภาพของโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองที่มีการเสริมพรีไบโอติกต่างกัน 3 ชนิด คือ อินนูลิน FOS และมอลโทเด็กซ์ทริน ในปริมาณร้อยละ 3 ของน้ำข้าวกล้อง แสดงดังตารางที่ 2 และผลทดสอบชิม แสดงดังตาราง ที่ 3

ตารางที่ 2 คุณภาพของโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองที่ไม่เสริมพรีไบโอติกและเสริมพรีไบโอติกชนิดอินนูลิน FOS และ มอลโทเด็กซ์ทริน

คุณภาพ	ไม่เสริมพรีไบโอติก	เสริมพรีไบโอติก		
		อินนูลิน	FOS	มอลโทเด็กซ์ทริน
ค่าสี L* ns	72.98±0.18	72.56±0.18	72.48±0.21	72.50±0.12
a* ns	0.13±0.08	0.15±0.09	0.19±0.51	0.14±0.05
b* ns	7.30±0.10	7.36±0.09	7.32±0.15	7.39±0.41
pH	4.50±0.05[a]	4.46±0.01[a]	4.38±0.03[b]	4.44±0.03[a]
กรดแลคติก (ร้อยละ)	0.60±0.05[b]	0.73±0.01[a]	0.73±0.25[a]	0.63±0.05[b]
ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)	21.56±0.10[b]	23.23±0.05[a]	23.59±0.06[a]	23.19±0.05[a]
แบคทีเรียแลคติก(โคโลนี/กรัม)	7.50×10^{6c}	1.27×10^{9a}	1.52×10^{9a}	6.33×10^{7b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)
ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 3 คะแนนความชอบของโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองที่ไม่เสริมพรีไบโอติกและเสริมพรีไบโอติกชนิดอินนูลิน FOS และ มอลโทเด็กซ์ทริน

คุณลักษณะ	ไม่เสริมพรีไบโอติก	ชนิดของพรีไบโอติก		
		อินนูลิน	FOS	มอลโทเด็กซ์ทริน
ลักษณะปรากฏ ns	7.06±0.23	7.26±0.54	7.16±0.81	7.16±0.32
สี ns	7.08±0.51	7.02±0.75	7.10±0.70	7.15±0.71
กลิ่น ns	6.23±0.69	6.24±0.93	6.19±0.81	6.27±0.79
กลิ่นรส ns	6.24±0.83	6.28±0.72	6.46±0.89	6.34±0.38
รสชาติ	6.40±0.03[b]	6.52±0.11[b]	7.19±0.37[a]	6.58±0.43[b]
เนื้อสัมผัส ns	6.12±0.83	6.22±0.93	6.28±0.72	6.24±0.83
ความชอบโดยรวม	6.14±0.12[b]	6.08±0.72[b]	6.52±0.88[a]	6.14±0.12[b]

หมายเหตุ: ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)
ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3. ผลการศึกษาปริมาณพรีไบโอติกที่เหมาะสมในโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองและพรีไบโอติก

ผลการทดสอบคุณภาพของโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองที่แปรปริมาณพรีไบโอติกชนิด FOS ร้อยละ 3 6 9 และ 12 แสดงดังตารางที่ 4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 คุณภาพของโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองและเสริม FOS ในปริมาณต่างกัน

คุณลักษณะ	ปริมาณของ FOS (ร้อยละของน้ำข้าวกล้อง)			
	3	6	9	12
ค่าสี L* ^{ns}	72.85±0.04	72.89±0.04	72.74±0.11	72.98±0.12
a* ^{ns}	0.14±0.23	0.14±0.19	0.15±0.13	0.14±0.15
b* ^{ns}	7.17±0.22	7.16±0.01	7.19±0.25	7.19±0.41
pH ^{ns}	4.47±0.14	4.48±0.01	4.48±0.02	4.47±0.02
กรดแลคติก (ร้อยละ)	0.72±0.03^{b}	0.76±0.04^{ab}	0.78±0.05^{a}	0.78±0.06^{a}
ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)	22.95±0.09^{d}	23.22±0.14^{c}	23.48±0.09^{b}	23.98±0.08^{a}
แบคทีเรียกรดแลคติก (โคโลนี/กรัม)	1.45×10^{8b}	2.43×10^{9a}	3.86×10^{9a}	4.13×10^{9a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)
ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 5 คะแนนความชอบของโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองที่เสริม FOS ในปริมาณต่างกัน

คุณลักษณะ	ปริมาณของ FOS (ร้อยละของน้ำข้าวกล้อง)			
	3	6	9	12
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.10±0.81	7.45±0.03	7.21±0.70	7.20±0.81
สี ^{ns}	7.22±0.54	7.19±0.10	7.31±0.81	7.23±0.54
กลิ่น	6.28±0.73^{b}	6.24±0.93^{b}	6.61±0.51^{a}	6.58±0.73^{a}
กลิ่นรส^{ns}	6.42±0.64	6.38±0.51	6.39±0.19	6.42±0.64
รสชาติ	6.24±0.93^{c}	6.78±1.48^{b}	7.16±0.81^{a}	6.64±0.53^{b}
เนื้อสัมผัส ^{ns}	6.28±0.72	6.23±1.03	6.30±0.15	6.28±0.72
ความชอบโดยรวม^{ns}	6.28±0.14	6.31±0.93	6.35±0.47	6.28±0.14

หมายเหตุ: ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)
ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบคุณภาพของโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองที่แปรปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองต่างกัน (ตารางที่ 1) พบว่าค่า pH ปริมาณกรดแลคติก และปริมาณแบคมีเรียแลคติกของโยเกิร์ตที่เสริมโปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 2 4 และ 6 ของน้ำข้าวกล้องไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่แตกต่างกับโยเกิร์ตที่ไม่เสริมโปรตีน ($p\leq0.05$) โดยโยเกิร์ตที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองทั้ง 3 ระดับมีปริมาณกรดแลคติก สูงกว่าร้อยละ 0.6 ของน้ำหนัก ซึ่งสอดคล้องกับประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 353) พ.ศ. 2556 ที่กำหนดให้โยเกิร์ตมีค่าความ

เป็นกรดโดยคำนวณเป็นกรดแลคติก ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.6 ของน้ำหนัก และพบว่าโยเกิร์ตทุกสูตรมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้และปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้สูตรที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 6 ของน้ำข้าวกล้อง มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ร้อยละ 23.56±0.05 และโปรตีน ร้อยละ 4.57±0.10 สูงกว่าสูตรที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 4 ร้อยละ 2 และสูตรที่ไม่เติมโปรตีนถั่วเหลือง ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับ กฤตภาส (2555) กล่าวว่าโยเกิร์ตที่มีคุณภาพดีควรมีปริมาณของแข็งไม่สูงกว่าร้อยละ 25 และโยเกิร์ตข้าวกล้องสูตรที่เสริมโปรตีนถั่วเหลือง (ร้อยละ 6 ของน้ำข้าวกล้อง) มีค่าปริมาณโปรตีนร้อยละ 4.57 ของน้ำหนักทั้งหมด สอดคล้องกับประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 353) พ.ศ. 2556 ที่กำหนดไว้ว่าโยเกิร์ตจะต้องมีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.70 ของน้ำหนัก และมาตรฐานกำหนดว่ามีปริมาณแบคทีเรียแลคติกไม่น้อยกว่า 1×10^7 โคโลนีต่อกรัม แต่โยเกิร์ตถั่วเหลืองทั้ง 4 สูตร มีปริมาณน้อยกว่า 1×10^7 โคโลนีต่อกรัม ดังนั้นจึงต้องพัฒนาสูตรโยเกิร์ตถั่วเหลืองต่อไปโดยเลือกปริมาณการเสริมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 6 สำหรับการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองเพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไปโดยพิจารณาจากผลของปริมาณโปรตีนที่ผ่านข้อกำหนดตามมาตรฐาน

2. ผลการศึกษาชนิดของพรีไบโอติกที่ใช้เสริมในโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลือง จากตารางที่ 2 เมื่อนำโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 6 และเสริมพรีไบโอติกต่างชนิดกัน คือ อินนูลิน FOS และมอลโทเด็กซ์ทริน มาทดสอบคุณภาพเปรียบเทียบกับสูตรที่ไม่เสริมพรีไบโอติก พบว่าด้านสี ค่า L* a* และ b* ของโยเกิร์ตทั้ง 4 สูตรไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แสดงว่าการเสริมพรีไบโอติก 3 ชนิดนี้ ไม่มีผลต่อค่าสีของโยเกิร์ต แต่มีผลกับค่า pH ปริมาณกรดแลคติก ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และปริมาณแบคทีเรียแลคติก ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ค่า pH ปริมาณกรดแลคติก ของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และปริมาณแบคทีเรียแลคติกของโยเกิร์ตที่เสริมอินนูลินและ FOS ไม่แตกต่างกัน($p>0.05$) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 353) พ.ศ.2556 เรื่องนมเปรี้ยว กำหนดให้มีแบคทีเรียกรดแลคติกไม่น้อยกว่า 1×10^7 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งโยเกิร์ตที่เสริมพรีไบโอติกทั้ง 3 ชนิด ผ่านเกณฑ์ตามข้อกำหนดนี้ แต่โยเกิร์ตสูตรที่เสริม FOS และอินนูลินมีปริมาณแบคทีเรียแลคติกในปริมาณสูงถึง 1.52×10^9 และ 1.27×10^9 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 3) โดยผู้ทดสอบชิม 50 คน พบว่า ที่โยเกิร์ตที่เสริมพรีไบโอติกทั้ง 3 ชนิดได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส ยกเว้นคะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบโดยรวมที่ FOS ได้รับคะแนนความชอบสูงกว่ามอลโทเด็กทรินและอินนูลิน ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบรสชาติของทั้ง 3 ชนิด FOS จะมีรสหวานที่สุด FOS จัดเป็นสารให้ความหวาน (sweetener) ทดแทนน้ำตาล มีรสชาติหมือนกับน้ำตาล ใช้เป็นสารให้ความหวานที่ให้พลังงานต่ำกว่าน้ำตาลทรายร้อยละ 30 (วรรณคล, 2556) จึงทำให้โยเกิร์ตข้าวกล้องชนิดคงตัวเสริมพรีไบโอติกชนิด FOS มีคะแนนความชอบด้านรสชาติสูงกว่า มอลโทเด็กซ์ทริน และอินนูลิน ที่มีรสหวานน้อยกว่า ทั้งนี้คุณสมบัติของอินนูลิน และ FOS ต่างเป็นพรีไบโอติกที่มีคุณสมบัติที่ดีต่อสุขภาพ (Paulina and Katarzyna, 2017) เมื่อพิจารณาร่วมกับผลการตรวจคุณภาพของโยเกิร์ตจากตารางที่ 2 จึงเลือกการเสริมพรีไบโอติกชนิด FOS มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลือง

3. ผลการทดสอบคุณภาพของโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองที่เสริม FOS ปริมาณต่างกัน 4 ระดับได้แก่ร้อยละ 3 6 9 และ 12 (ตารางที่ 4) พบว่าค่าสี ค่า และค่า pH ของโยเกิร์ตทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนปริมาณกรดแลคติก ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้และจำนวนแบคทีเรียแลคติกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่เติม FOS ร้อยละ 12 ของน้ำข้าวกล้องจะมีปริมาณกรดแลคติก ร้อยละ 0.78±0.06 ไม่แตกต่างกับการเติม FOS ร้อยละ 9 และมี

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 23.98±0.08 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ซึ่งเมื่อมีการเติม FOS เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อนำโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองสูตรพื้นฐานที่ไม่เติม FOS มาเปรียบเทียบปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกกับสูตรที่เติม FOS ร้อยละ 9 ของน้ำข้าวกล้อง พบว่าสูตรที่เติม FOS มีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้นกว่าสูตรพื้นฐาน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเติม FOS ลงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองสามารถเพิ่มปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกได้ เนื่องจาก FOS ถูกจัดเป็นสารพรีไบโอติก เพราะเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์ที่อยู่ภายในกระเพาะอาหารและลำไส้ของคน ช่วยในการรักษาสมดุลของจุลินทรีย์ภายในลำไส้ และมีความคงทนต่อความเป็นกรดและน้ำดีในลำไส้เล็ก (วรรณคล, 2556)

ผลประเมินคุณภาพทางประสาทของโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองที่มีปริมาณ FOS ต่างกัน พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของโยเกิร์ตแต่ละสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นด้านกลิ่น และรสชาติ จะพบว่าทั้ง 4 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เนื่องจาก FOS มีรสชาติหวานเมื่อใส่ในปริมาณที่แตกต่างกัน จึงส่งผลต่อด้านรสชาติความหวานโดยตรง เมื่อพิจารณาร่วมกับตารางที่ 4 พบว่าปริมาณ FOS ร้อยละ 9 เพียงพอในการเสริมในโยเกิร์ตจากถั่วเหลือง

ผลจากปฏิกิริยาของเชื้อจุลินทรีย์ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลในน้ำข้าวที่เป็นแหล่งพลังงานสร้างกรดแลคติก รวมทั้งสารที่ให้กลิ่นรสออกมา กรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นขณะหมักทำให้ความเป็นกรด – ด่าง ลดลง ใกล้กับจุด Isoelectric point ของโปรตีนในน้ำข้าวกล้องและโปรตีนถั่วเหลืองที่เติมลงไป เท่ากับ 4.6-4.7 กรดแลคติกที่เกิดขึ้นโปรตีนสูญเสียสภาพธรรมชาติ ทำให้เกิดการรวมตัวกัน และตกตะกอนลง บางส่วนรวมกับศึกษาคุณสมบัติการเกิดเจลของโปรตีนซึ่งเป็นร่างแหองค์ประกอบที่มีความคงตัว แล้วตกตะกอนลงมารวมกันกลายเป็นเคิร์ดในโยเกิร์ต (Tamime and Robinson, 2007)

คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ พบว่าโยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองและพรีไบโอติก มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก เท่ากับ 2.15×10^{10} โคโลนี/กรัมและ 3.86×10^{9} โคโลนี/กรัมตามลำดับ ในขณะที่สูตรพื้นฐานมีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก เท่ากับ 7.50×10^{6} โคโลนี/กรัม การตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และแบคทีเรียกรดแลคติกในโยเกิร์ต เพื่อบ่งชี้ถึงปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ซึ่งจุลินทรีย์ดังกล่าวเป็นจุลินทรีย์ที่ได้จากการหมักโยเกิร์ต คือแบคทีเรียกรดแลคติก โดยที่หลังกระบวนการหมักมีปริมาณมากก็จะมีประโยชน์ต่อผู้บริโภคมากตามไปด้วย (Sekhon and Jairath, 2010) นอกจากนี้ยังตรวจไม่พบยีสต์ รา และแบคทีเรียโคลิฟอร์ม เมื่อนำผลการตรวจสอบทางจุลินทรีย์มาเปรียบเทียบกับประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 353) พ.ศ.2556 เรื่องนมเปรี้ยว ได้กำหนดให้ในตัวอย่างโยเกิร์ตที่ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมัก 1 กรัม จะต้องพบแบคทีเรียทั้งหมดไม่น้อยกว่า 1×10^{7} โคโลนีต่อกรัม แบคทีเรียโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPNต่อกรัม และตรวจพบยีสต์และเชื้อราได้ไม่เกิน 100 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งผ่านตามมาตรฐานที่กำหนดของประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2556)

โยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองในสูตรที่เติม FOS ปริมาณร้อยละ 9 ของน้ำข้าวมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 4.41±0.21 ไขมันร้อยละ 0.45±0.04 เถ้าร้อยละ 0.54±0.04 ความชื้นร้อยละ 66.95±2.25 และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 26.40±2.25 ปริมาณเส้นใยร้อยละ 1.25±0.01 ตามลำดับ ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก เท่ากับ 3.86×10^{9} โคโลนี/กรัม ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 2.15×10^{10} โคโลนี/กรัม พบยีสต์ – รา น้อยกว่า 10 โคโลนี/กรัมและแบคทีเรียโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPN/กรัมซึ่งสูตรพื้นฐานมีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก เท่ากับ 7.50×10^{6} โคโลนี/กรัม

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยนี้เป็นการผลิตโยเกิร์ตแบบคงตัว (set yoghurt) ไม่ได้ปรุงแต่งรสชาติ คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสไม่สูงมาก ดังนั้นอาจมีการปรับปรุงด้านเนื้อสัมผัสและรสชาติของโยเกิร์ตจากข้าวกล้องเสริมโปรตีนถั่วเหลืองและพรีไบโอติ โดยพัฒนาต่อเป็นโยเกิร์ตแบบคน (stir yoghurt) ที่มีการเติมผลไม้ หรือปรุงแต่งกลิ่นรสเพื่อให้ประทานง่าย ผู้บริโภคทั่วไปยอมรับมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิจัยในครั้งนี้ขอขอบคุณนางวิมลศรี พรรธนประเทศ นักวิจัยจากฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร (ฝทอ.) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการในการทดลองเบื้องต้น และขอบคุณคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. (2556). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 353) พ.ศ.2556 เรื่อง นมเปรี้ยว. **ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 130 ตอนพิเศษ 87 ง** : 79-84.

กฤตภาส จินดานาค. (2555). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องพันธุ์หอมไชยา**. รายงานวิจัย. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี.

กองโภชนาการ. (2549). **คุณค่าทางโภชนาการของข้าว**. กรมอนามัย, กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ.

จารุวรรณ มณีศรี. (2551). **เทคโนโลยีอาหารหมัก**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โฟร์เพซ.

จุฑามาศ ถิระสาโรช และ เฉลิมพล ถนอมวงค์. (2558). การผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหอมนิล. **วารสารวิทยาศาสตร์ มข**. 43(3): 395-402.

พรรัตน์ สังข์ทอง. (2560). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตข้าวกล้องเสริมโปรตีน**. รายงานสหกิจศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2557). **พรีไบโอติก.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0781/prebiotic

วรรณคล เชื้อมงคล. (2556). ประโยชน์ของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารทางการแพทย์. **วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ**. 8(3): 122-128.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2548). **จุลชีววิทยาของอาหารและอาหารสัตว์วิธีตรวจนับมีโซฟิลิกแลคติกแอซิดแบคทีเรียโดยเทคนิคการนับโคโลนีที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส**, มอก.2239-2548.

สุธีรา ศรีสุข. (2559). การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มจากน้ำนมลูกเดือย. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย.** 1(2): 53-64.

สุรัตน์ วังพิกุล. (2558). **การพัฒนาและเพิ่มศักยภาพผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพดด้วยโปรไบโอติกแลคติกแอสิดแบคทีเรีย**. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2560). **ข้าว**. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์, วิญญู ช่วยแก้ว และ เนตรนภา สกุลซ้ง. (2557). การผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร มหาวิทยาลัยสยาม**. 45(2) (พิเศษ) : 273-276.

AOAC. (2012). **Official method of analysis, 19th ed. The Association of Official Analytical Chemists**. Gaithersgurg, MD, USA: Official Methods.

Feng, P., Weagant, S. D. and Grant, M. A. (2013). **BAM: enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria**. [online] 2002 Sep[cited2013 May13]; [18screens]. Availablefrom: URL: http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/Laboratory Methods/ucm064948.htm

Hongsibsong, S., Sutan, K., Kerdnoi, T., and Prapamontol, T. (2016). **γ**-Oryzanol content screening in local brown rice samples from Chiang Mai, Thailand and comparison between uncooked and cooked brown rice. **International Journal of Agricultural Research**. 11: 84-89.

Morton, R. D. (2001). **Aerobic plate count**. In: Downes, F. P., Ito, K., editors. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4th ed. Washington, DC: APHA; pp. 63-70.

Paulina, C and Katarzyna S. (2017). **Effects of Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics on Human Health**. Nutrients. 9 (1021): 1-30.

Sekhon, B. S. and Jairath, S. (2010). Prebiotics, probiotics and synbiotics: an overview. **Journal of Pharmaceutical Education and Research**. 1(2): 13.

Sethi, S., Tyagi, S. K. and Anurag, R. K. (2016). Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. **Journal of Food Science and Technology**. 53(9): 3408-3423.

Shireesha, B., Penchala,M. and Aparna, K. (2014). **Development of Symbiotic Yoghurt**. [Online]. Available: www.iosrjournals.org/19:28.

Suteebut, N., Kee-ariyo, C., Meetam, K., Nuchnang, M. Soteyome, T. and Sakulyunyongsuk, N. (2017). Broken-milled riceberry drinking yoghurt. **Proceeding of ICON SCi – The 8th RMUTP International Conference on Science**, Technology and Innovation for Sustainable Development: Challenges towards the Digital Society. Pullman Bangkok King Power, Bangkok, Thailand, 22-23 June 2017.

Tamime, A. Y. and Robinson, R. K. (2007). **Tamime and Robinson's Yoghurt**. 3nd ed. England: Woodhead Publishing.

Wongkhalaung, C. and Boonyaratanakornkit, M. (2000). Development of a Yoghurt-type Product from Saccharified Rice. **Kasetsart Journal**. (Natatural Science). 34: 107 – 116.

การบำบัดน้ำเสียบ่อเพาะเลี้ยงลูกกุ้งบ้านไม้ขาว อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต ด้วยต้นปรงทองและต้นเหงือกปลาหมอในระบบบึงประดิษฐ์

จิราวรรณ เล่นทัศน์[1*] สายธาร ทองพร้อม[2] สมชาย สกุลทัพ[3] สุกัญญา วงศ์ธนะบูรณ์[4]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของพืช 2 ชนิด คือ ปรงทอง *(Acrostichum aureum)* และเหงือกปลาหมอ *(Acanthus ilicifolius)* ในการบำบัดน้ำเสียของฟาร์มอนุบาลลูกกุ้งด้วยระบบบึงประดิษฐ์แบบที่ปลูกพืชในชั้นกรอง (Vegetated Submerged Bed System, VSB) ที่ระยะเวลาในการเก็บกักน้ำ (Hydraulic Retention Time, HRT) ในแปลงบึงประดิษฐ์ต่าง ๆ กัน (2, 4, 6 และ 8 วัน)

จากผลการศึกษา พบว่า เหงือกปลาหมอ มีประสิทธิภาพในการบำบัดความเค็ม และของแข็งแขวนลอย (SS) ได้ดีกว่าปรงทอง โดยสามารถบำบัดความเค็มได้สูงสุด 33.33% ที่ระยะเวลาบำบัดตั้งแต่ 6 วันขึ้นไป สามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยได้สูงสุด (TDS) 69.51% ที่ระยะเวลาบำบัด 8 วัน ต้นปรงทองมีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งละลายได้ (TDS) ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (TKN) ไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) ได้ดีกว่าต้นเหงือกปลาหมอ โดยสามารถบำบัดของแข็งละลายได้ (TDS) และความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) ได้ดีกว่าเหงือกปลาหมอที่ทุกระยะเวลาในการเก็บกักน้ำ สามารถบำบัดของแข็งละลายได้ (TDS) ได้สูงสุด 35.53% ที่ระยะเวลา 2 วันในการเก็บกักน้ำ สามารถบำบัดบีโอดีได้สูงสุด 90.91% ที่ระยะเวลา 8 วันในการเก็บกักน้ำ มีประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นได้สูงสุด 87.47% ที่ระยะเวลา 4 วันในการเก็บกักน้ำ มีประสิทธิภาพในการบำบัดไนไตรท์ได้สูงสุด 79.25% ที่ระยะเวลา 8 วันในการเก็บกักน้ำ มีประสิทธิภาพในการบำบัดไนไตรทได้สูงสุด 80.60% ที่ระยะเวลา 4 วันในการเก็บกักน้ำ สำหรับฟอสเฟต พืชทั้ง 2 ชนิด มีประสิทธิภาพในการบำบัดได้ดี โดยต้นเหงือกปลาหมอ และต้นปรงทอง สามารถบำบัดฟอสเฟตได้สูงสุดที่ 95.44 และ 95.38% ตามลำดับ ที่ระยะเวลา 8 วันในการเก็บกักน้ำ

คำสำคัญ : ฟาร์มอนุบาลลูกกุ้ง บึงประดิษฐ์ ป่าพรุ การบำบัดน้ำเสีย

---

[1]นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต e-mail: chirawan.l@pkru.ac.th

[2]อาจารย์สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต e-mail: kobsaithan@yahoo.com

[3] อาจารย์สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

[4] อาจารย์สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต e-mail: vongtanaboon@yahoo.com

** ผู้นิพนธ์หลักe-mail: chirawan.l@pkru.ac.th*

SHRIMP FARM WASTEWATER TREATMENT OF BAN MAI KHAO, THALANG DISTRICT,PHUKET PROVINCE BY CONSTRUCTED WETLAND WITH SWAMP FERN AND ACANTHUS

Chirawan Lenthas[1*] Saithan Thongphrom[2] Somchai Sakultap[3] Sukanya Vongtanaboon[4]

Abstract

The purposes of this research were to study the efficiency of 2 plants; Swamp fern (*Acrostichum aureum*) and Acanthus (*Acanthus ilicifolius*) in peat swamp forest for the wastewater treatmentfrom shrimp farms by using constructed wetland in Vegetated Submerged Bed System (VSB) at different Hydraulic Retention Time (HRT = 2, 4, 6 and 8)

The results showed that Acanthus had the higher efficiency for treatment salinity and suspended solid (SS) than Swamp fern. Acanthus enabled to remove 33.33% of salinity at retention time more than 6 days, 69.51% of suspended solid (SS) at 8 days of rentention time. Swamp fern had the higher efficiency for treatment total dissolved solid (TDS), BOD, TKN, nitrite (NO_2^-) and nitrate (NO_3^-) than Acanthus. Swamp fern had the higher efficiency for treatment TDS and BOD than Swamp fern at all retention time. Swamp fern enabled to remove 35.53% of TDS at 2 days of retention time, 90.91% of BOD at 8 days of rentention time, 87.47% of TKN at 4 days of rentention time, 79.25% of nitrite (NO_2^-) at 8 days of rentention time, 80.60% of nitrate (NO_3^-) at 4 days of rentention time. For phosphate (PO_4^{3-}), the 2 plants had the high efficiency for treatment. Acanthus and Swamp fern enabled to remove 95.44% and 95.38% of phosphate (PO_4^{3-}), respectively, at 8 days of rentention time.

Keywords : shrimp farming, constructed wetland, peat swamp forest, wastewater treatment

[1]Master level studies, Environmental Management, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University,e-mail: chirawan.l@pkru.ac.th

[2]Lecturer in Environmental Management, Faculty of Science and Technology Phuket Rajabhat University, e-mail: kobsaithan@yahoo.com

[3]Lecturer in Environmental Management, Faculty of Science and Technology Phuket Rajabhat University,

[4]Lecturer in Environmental Management, Faculty of Science and Technology Phuket Rajabhat University, e-mail: vongtanaboon@yahoo.com

**Corresponding author, e-mail:chirawan.l@pkru.ac.th*

บทนำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นอาชีพที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย ทั้งเพื่อการขายภายในประเทศและการส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศ นิยมเลี้ยงภายในบ่อมากที่สุด การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลเป็นกิจกรรมการเกษตรที่มีความสำคัญลำดับต้นๆ และสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรเป็นจำนวนมหาศาลในแต่ละปี (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, 2554) ซึ่งผลจากความต้องการของผู้บริโภคที่มีเพิ่มขึ้น ทำให้มีการขยายตัวของพื้นที่เพาะเลี้ยงมากขึ้น โดยกิจกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งหากมีการจัดการที่ไม่ถูกต้อง สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เกิดความเสื่อมโทรมของระบบนิเวศชายฝั่งและคุณภาพน้ำ ซึ่งเกิดจากการระบายน้ำที่มีปริมาณสารอาหารสูงออกสู่สิ่งแวดล้อม จากการศึกษาพรุทุ่งเตียน พบว่า น้ำเสียที่ปล่อยลงสู่พรุมีค่าความเค็มสูงมากถึง 32 พีพีที (ppt) เท่ากับความเค็มของน้ำทะเล (สายธาร ทองพร้อม, 2557) ซึ่งเกิดจากที่เกษตรกรมีการสูบน้ำทะเลในช่วงน้ำขึ้นเพื่อการเลี้ยงกุ้ง ส่วนน้ำในระหว่างการเลี้ยงและขณะจับกุ้ง จะถูกถ่ายออกสู่ป่าพรุโดยตรง ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสารอินทรีย์ และธาตุอาหารเป็นจำนวนมากลงสู่ป่าพรุ โดยไม่ได้รับการบำบัดน้ำเสียอย่างถูกวิธี ด้วยเหตุนี้ป่าพรุจึงเสื่อมโทรมลงอย่างมาก อยู่ในสภาวะวิกฤติ และมีแนวโน้มเสื่อมโทรมมากขึ้นเรื่อย ๆ

การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland System) ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบพื้นที่ชุ่มน้ำที่พึ่งพาธรรมชาติ อาจเป็นวิธีหนึ่งที่เหมาะสมกับชุมชนบ้านไม้ขาว เพราะเป็นระบบที่สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีค่าการปนเปื้อนของของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเป็นระบบที่ได้รับการยอมรับว่า เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดีและมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการไม่สูงมากนัก อีกทั้งไม่จำเป็นต้องพึ่งพาเทคโนโลยีต่างๆ ที่ยุ่งยาก เป็นวิธีที่พึ่งพาธรรมชาติเป็นหลัก โดยอาศัยวิธีการธรรมชาติช่วยธรรมชาติมาใช้ในการแก้ไขปัญหา (เกษม จันทร์แก้ว และอรอนงค์ ผิวนิล, 2555) การใช้บึงประดิษฐ์จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนที่อยู่ริมน้ำหรือพื้นที่ที่อยู่นอกเขตที่มีระบบบำบัดน้ำเสียรวม และจากการสำรวจพรุบ้านไม้ขาว พบว่า มีต้นปรงทอง *(Acrostichum aureum)* ในพรุทุ่งเตียน พรุยายรัดและพรุหลังวัดไม้ขาว จากรายงานการวิจัย ต้นปรงทอง สามารถบำบัดตะกอนแขวนลอย สารอินทรีย์ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (ปิยะ สันศนยุทธ, สุนทร งดงาม และอัมราภรณ์ ผดุงชีพ, 2549) นอกจากนี้ ต้นเหงือกปลาหมอ *(Acanthus ilicifolius)* ซึ่งเป็นพืชที่พบมากในบริเวณป่าพรุและป่าชายเลน น่าจะมีศักยภาพในการทนความเค็มได้สูงเพราะสามารถขึ้นได้ในป่าชายเลน ที่มีน้ำทะเลท่วมถึง จึงน่าจะใช้ในการบำบัดน้ำเสียของฟาร์มอนุบาลลูกกุ้งที่มีความเค็มสูงได้

งานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้พืช 2 ชนิด ที่ได้ทำวิจัยแล้วว่าสามารถทนความเค็มได้ดี คือ ปรงทอง และเหงือกปลาหมอ นำมาบำบัดน้ำเสียของฟาร์มอนุบาลลูกกุ้ง ซึ่งมีความเค็มสูง ที่ระยะเวลาในการเก็บกักน้ำ (Hydraulic Retention Time, HRT) ในแปลงบึงประดิษฐ์ต่างกัน เนื่องจากป่าพรุเป็นป่าที่มีพื้นที่ลุ่มน้ำขัง ดินเป็นหล่มเลนและมีซากอินทรีย์วัตถุทับถมทำให้ดินยุบตัวได้ง่าย พืชที่ขึ้นในป่าพรุจึงมีการพัฒนาและมีความหลากหลาย ถ้าสามารถหาประสิทธิภาพของพืชที่อาศัยอยู่ในป่าพรุในการบำบัดน้ำเสียได้ ก็จะเป็นองค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์ทางด้านการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับท้องถิ่นโดยอิงวิถีของชุมชน มีความสัมพันธ์กับการทำมาหากินและการอยู่รวมกันในชุมชน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งของฟาร์มอนุบาลลูกกุ้ง บ้านไม้ขาว อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ตก่อนและหลังผ่านแปลงบึงประดิษฐ์

2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของพืชในการบำบัดน้ำเสียตามระยะเวลาในการเก็บกักน้ำ (Hydraulic Retention Time, HRT) ในแปลงบึงประดิษฐ์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งของฟาร์มอนุบาลลูกกุ้งก่อนและหลังบำบัดโดยทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 10 พารามิเตอร์ คือ ความเค็ม (Salinity) ใช้ Multiparameter รุ่น YSI 556 MPS ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ใช้ pH Meter รุ่น sevencompact ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ใช้ Conductivity Meter ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand, BOD) ใช้วิธี Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ของแข็งแขวนลอย (Suspension solids, SS) ใช้วิธี Glass Fiber Filter Disc ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solids, TDS) ใช้วิธี Gravimetric Method ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (Total Kjeldhal Nitrogen, TKN) ใช้วิธี Macro Kjeldhal Method ไนไตรท์ (Nitrite, NO_2^-) ใช้วิธี Colorimetric Method ไนเตรท (Nitrate, NO_3^-) ใช้วิธี Brucine Method และฟอตเฟต (Phosphate, PO_4^{3-}) ใช้วิธี Digestion and Ascorbic Acid Method

2. การศึกษาประสิทธิภาพของพืชในการบำบัดน้ำเสียตามระยะเวลาในการเก็บกักน้ำ (Hydraulic Retention Time, HRT) ในแปลงบึงประดิษฐ์เลือกพืชท้องถิ่นที่ปลูกง่าย มีการเจริญเติบโตเร็ว ง่ายในการดูแลรักษา สามารถนำไปใช้ประโยชน์ และสามารถทนต่อความเค็มได้ 2 ชนิด คือ ปรงทอง และเหงือกปลาหมอ นำมาปลูกในแปลงทดลองระบบบึงประดิษฐ์แบบ Vegetated Submerged Bed System (VSB) ซึ่งเป็นระบบบึงประดิษฐ์ขนาดเล็กที่สามารถนำมาประยุกต์เพื่อทดลองใช้กับชุมชนบ้านไม้ขาว เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียของฟาร์มอนุบาลลูกกุ้งที่มีความเค็มสูง โดยใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียในแปลงพืชต่างๆ กัน คือ 2, 4, 6 และ 8 วัน โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนและหลังผ่านระบบบึงประดิษฐ์ ทางด้านกายภาพและเคมีทั้ง 10 พารามิเตอร์

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งของฟาร์มอนุบาลลูกกุ้งก่อนและหลังผ่านแปลงบึงประดิษฐ์โดยใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียในแปลงพืชต่างกัน

จากผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำเสียจากบ่อน้ำเสียรวมของฟาร์มเพาะเลี้ยงลูกกุ้ง ฟาร์มสมโภช แฮชเชอรี่ ที่ยังไม่ผ่านการบำบัด ครั้งที่ 1 และ 2 พบว่า น้ำเสียมีค่า pH 7.63 เท่ากันทั้ง 2 ครั้ง ค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 43.60 และ 10.55 mS/cm ค่าความเค็มเท่ากับ 25 และ 6 ppt ส่วนปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids, SS) มีค่า 121 และ 82 mg/L ปริมาณสารละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolve Solid, TDS) มีค่า 9317 และ 2823 mg/L ได้ ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) มีค่า 110.0 และ 43.0 mg/L ส่วนปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นมีค่า 19.600 และ 1.493 mg/L ไนไตรท์ มีค่า 0.106 และ 0.131 mg/L ไนเตรท มีค่า 0.861 และ 0.423 mg/L ปริมาณฟอสเฟตมีค่า 1.797 และ 0.805 mg/L ตามลำดับ

น้ำเสียหลังผ่านการบำบัดด้วยบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 แปลง ที่มีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (HRT) ต่างๆ กัน คือ 2, 4, 6 และ 8 วัน ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 พบว่า น้ำเสียหลังผ่านการบำบัด มีค่า pH ลดลง อยู่ในช่วง 5.67-6.55 สำหรับค่าการนำไฟฟ้า ความเค็ม และปริมาณสารละลายได้ทั้งหมด ลดลงเล็กน้อย อยู่ในช่วง 34.37 – 41.17 mS/cm, 18 – 24 ppt และ 7183 - 9297 mg/L ตามลำดับ ปริมาณสารแขวนลอยลดลงตามระยะเวลาในการกักเก็บของทั้ง 3 แปลง อยู่ในช่วง 45 - 69 mg/L ค่า BOD ลดลงตามระยะเวลาในการกักเก็บ

ของทั้ง 3 แปลง มีค่าอยู่ในช่วง 10.00 – 88.5 mg/L ส่วนปริมาณไนโตรเจนในรูปไนไตรท์ และไนเตรท มีค่าอยู่ในช่วง 7.093 -37.147, 0.022 – 2.228 และ 0.167 – 9.884 mg/L ตามลำดับ ปริมาณฟอสเฟตมีค่าลดลงตามระยะเวลาที่บำบัดอยู่ในช่วง 0.082 - 0.265 mg/L

ตาราง 1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยบึงประดิษฐ์ในแปลงควบคุม โดยใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียในแปลงพืชต่างกัน ครั้งที่ 1 และ 2

Parameter (หน่วย)	ก่อนบำบัด		หลังบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ (HRT)							
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	2วัน		4 วัน		6 วัน		8 วัน	
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
pH	7.63	7.63	6.55	7.18	6.47	7.02	6.40	6.79	6.34	6.68
Conductivity (mS/cm)	43.60	10.55	40.13	8.21	40.53	8.32	40.97	8.45	41.17	8.51
Salinity (ppt)	25	6.0	20	4.0	20	4.0	20	4.0	20	4.0
SS (mg/L)	121	82	55	22.3	50	22.3	47	20.3	45	18.3
TDS (mg/L)	9317	2823	8743	2380	8873	2403	9050	2450	9297	2547
BOD (mg/L)	110.0	43.0	88.5	30.0	39.0	27.0	30.0	24.0	20.0	20.0
TKN (mg/L)	19.600	1.493	31.920	0.373	13.253	0.280	21.840	0.280	26.320	0.467
Nitrite, NO_2^- (mg/L)	0.106	0.131	0.881	0.165	1.856	0.141	2.505	0.141	2.228	0.102
Nitrate, NO_3^- (mg/L)	0.861	0.423	9.884	0.743	5.843	0.651	1.848	0.593	0.383	0.457
Phosphate, PO_4^{3-} (mg/L)	1.797	0.805	0.197	0.067	0.146	0.055	0.093	0.050	0.086	0.047

ตาราง 2. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยบึงประดิษฐ์ในแปลงที่ปลูกต้นปรงทอง โดยใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียในแปลงพืชต่างกัน ครั้งที่ 1 และ 2

Parameter (หน่วย)	ก่อนบำบัด		หลังบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ (HRT)							
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	2วัน		4 วัน		6 วัน		8 วัน	
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
pH	7.63	7.63	6.12	6.81	6.08	6.71	5.87	6.50	5.79	6.43
Conductivity (mS/cm)	43.60	10.55	34.37	6.19	34.40	6.22	34.42	6.25	41.17	6.28
Salinity (ppt)	25	6.0	24	5.0	24	5.0	24	5.0	24	5.0
SS (mg/L)	121	82.0	69	36.7	64	30.7	60	27.7	56	25.0
TDS (mg/L)	9317	2823	7183	1820	7190	1827	7200	1837	7213	1850
BOD (mg/L)	110.0	43.0	64.0	20.0	17.0	16.0	12.5	12.0	10.0	10.0
TKN (mg/L)	19.600	1.493	31.360	0.187	7.093	0.187	10.640	0.280	20.907	0.280
Nitrite, NO_2^- (mg/L)	0.106	0.131	0.952	0.075	0.090	0.055	0.028	0.060	0.022	0.065
Nitrate, NO_3^- (mg/L)	0.861	0.423	1.118	0.126	0.167	0.092	0.328	0.092	0.418	0.097
Phosphate, PO_4^{3-} (mg/L)	1.797	0.805	0.238	0.077	0.154	0.067	0.111	0.062	0.083	0.058

ตาราง 3. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนและหลังบำบัดด้วยบึงประดิษฐ์ในแปลงที่ปลูกต้นเหงือกปลาหมอ โดยใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียในแปลงพืชต่างกัน ครั้งที่ 1และ 2

Parameter (หน่วย)	ก่อนบำบัด		หลังบำบัด ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ (HRT)							
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	2วัน		4 วัน		6 วัน		8 วัน	
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
pH	7.63	7.63	5.67	6.96	5.72	6.63	6.20	6.33	5.92	6.23
Conductivity (mS/cm)	43.60	10.55	35.27	7.55	36.67	7.68	37.17	7.75	38.53	7.82
Salinity (ppt)	25	6.0	23	4.5	23	4.5	23	4.0	18	4.0
SS (mg/L)	121	82	61	30	57	25	53	23	49	22
TDS (mg/L)	9317	2823	7617	2100	7693	2133	7803	2177	7947	2257
BOD (mg/L)	110.0	43.0	72.5	26.0	20.0	20.0	16.0	16.0	12.0	14.0
TKN (mg/L)	19.600	1.493	37.147	0.187	17.547	0.187	31.173	0.280	36.960	0.280
Nitrite, NO_2^- (mg/L)	0.106	0.131	0.940	0.081	0.043	0.061	0.038	0.064	0.081	0.069
Nitrate, NO_3^- (mg/L)	0.861	0.423	1.133	0.131	0.207	0.095	0.449	0.098	0.624	0.101
Phosphate, PO_4^{3-} (mg/L)	1.797	0.805	0.265	0.087	0.126	0.081	0.086	0.077	0.082	0.071

น้ำเสียหลังผ่านการบำบัดด้วยบึงประดิษฐ์ทั้ง 3 แปลง ที่มีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (HRT) ต่าง ๆ กัน คือ 2, 4, 6 และ 8 วัน ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 พบว่า pH มีค่าลดลง อยู่ในช่วง 6.23-7.18 สำหรับน้ำเสียหลังผ่านการบำบัด มีค่าการนำไฟฟ้า ความเค็ม และปริมาณสารละลายได้ทั้งหมด ลดลงเล็กน้อย อยู่ในช่วง 6.19 – 8.51 mS/cm, 4 – 5 ppt และ 1820 - 2547 mg/L ตามลำดับ ปริมาณสารแขวนลอยลดลงตามระยะเวลาในการกักเก็บของทั้ง 3 แปลง อยู่ในช่วง 18.3 – 36.7 mg/L ค่า BOD ลดลงตามระยะเวลาในการกักเก็บของทั้ง 3 แปลง มีค่าอยู่ในช่วง 10.00 – 30.0 mg/L ส่วนปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ไนไตรท์ และไนเตรท มีค่าอยู่ในช่วง 0.187 -0.467, 0.055 – 0.165 และ 0.059 – 10.743mg/L ตามลำดับ ปริมาณฟอสเฟตมีค่าลดลงตามระยะเวลาที่บำบัดอยู่ในช่วง 0.047 - 0.087 mg/L

2. ประสิทธิภาพของพืชในการบำบัดน้ำเสียตามระยะเวลาในการเก็บกักน้ำ (Hydraulic Retention Time, HRT) ในแปลงบึงประดิษฐ์

จากการศึกษาระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสียของพืชทั้ง 2 ชนิด คือ ปรงทอง และเหงือกปลาหมอ เปรียบเทียบกับแปลงควบคุมที่ไม่ได้ปลูกพืชมีเฉพาะดินในการบำบัดโดยใช้บึงประดิษฐ์ขนาดเล็กแบบ Vegetated Submerged System (VSB) ในการบำบัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียจากบ่อน้ำเสียรวมของฟาร์มเพาะเลี้ยงลูกกุ้ง ฟาร์มสมโภช แฮชเชอรี่ ที่มีระยะเวลาในการกักเก็บน้ำ (HRT) ในบึงประดิษฐ์ต่างกัน 4 ระยะ (2, 4, 6 และ 8 วัน) ผลการศึกษาสรุปได้ว่า เหงือกปลาหมอ มีประสิทธิภาพในการบำบัดความเค็ม และของแข็งแขวนลอย ได้ดีกว่าปรงทอง โดยสามารถบำบัดความเค็มได้สูงสุด 33.33% ที่ระยะเวลาบำบัดตั้งแต่ 6 วันขึ้นไป สามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยได้สูงสุด 69.51% ที่ระยะเวลาบำบัด 8 วัน

ต้นปรงทองมีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งละลายได้ ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ไนไตรท์ และไนเตรท ได้ดีกว่าต้นเหงือกปลาหมอ โดยสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยได้ดีกว่าเหงือกปลาหมอที่ทุกระยะเวลาในการกักเก็บ สามารถบำบัดสารแขวนลอยได้สูงสุด 35.53% ที่ระยะเวลา 2 วันในการกักเก็บ มีประสิทธิภาพในการบำบัดความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ได้ดีกว่าเหงือกปลาหมอที่ทุกระยะเวลาในการกักเก็บ สามารถบำบัดบีโอดีได้สูงสุด 90.91% ที่ระยะเวลา 8 วันในการกักเก็บ มีประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นได้สูงสุด 87.47% ที่ระยะเวลา 4 วันในการกักเก็บ มีประสิทธิภาพในการบำบัดไนไตรท์ได้สูงสุด 79.25% ที่ระยะเวลา 8 วันในการกักเก็บ มีประสิทธิภาพในการบำบัดไนไตรทได้สูงสุด 80.60% ที่ระยะเวลา 4 วันในการกักเก็บ สำหรับฟอสเฟต พืชทั้ง 2 ชนิด มีประสิทธิภาพในการบำบัดได้ดี โดยต้นเหงือกปลาหมอ และต้นปรงทอง สามารถบำบัดได้สูงสุดที่ 95.44 และ 95.38% ตามลำดับ ที่ระยะเวลา 8 วันในการกักเก็บ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากศึกษาประสิทธิภาพของพืช 2 ชนิด คือ ปรงทอง *(Acrostichum aureum)* และเหงือกปลาหมอ *(Acanthus ilicifolius)* ในการบำบัดน้ำเสียของฟาร์มอนุบาลลูกกุ้งด้วยระบบบึงประดิษฐ์แบบที่ปลูกพืชในชั้นกรอง (Vegetated Submerged Bed System, VSB) ที่ระยะเวลาในการเก็บกักน้ำ (Hydraulic Retention Time, HRT) ในแปลงบึงประดิษฐ์ต่าง ๆ กัน (2, 4, 6 และ 8 วัน) สรุปได้ว่า พืชทั้ง 2 ชนิด มีประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสเฟตได้ดี โดยต้นเหงือกปลาหมอและต้นปรงทอง สามารถบำบัดฟอสเฟตได้สูงสุดที่ 95.44 และ 95.38% ตามลำดับ ที่ระยะเวลา 8 วันในการเก็บกักน้ำ

เหงือกปลาหมอ มีประสิทธิภาพในการบำบัดความเค็ม และของแข็งแขวนลอย (SS) ได้ดีกว่าปรงทอง โดยใช้ระยะเวลาบำบัดตั้งแต่ 6 วันขึ้นไป โดยสามารถบำบัดได้ถึง 33.33% และสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอย (SS) ได้สูงสุด 69.51% ที่ระยะเวลาบำบัด 8 วัน

ต้นปรงทองมีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งละลายได้ (TDS) ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (TKN) ไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) ได้ดีกว่าต้นเหงือกปลาหมอ โดยสามารถบำบัดของแข็งละลายได้ (TDS) ได้สูงสุด 35.53% ที่ระยะเวลา 2 วันในการเก็บกักน้ำ สามารถบำบัดความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) ได้สูงสุด 90.91% ที่ระยะเวลา 8 วันในการเก็บกักน้ำ สามารถบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (TKN) ได้สูงสุด 87.47% ที่ระยะเวลา 4 วันในการเก็บกักน้ำ มีประสิทธิภาพในการบำบัดไนไตรท์ (NO_2^-) ได้สูงสุด 79.25% ที่ระยะเวลา 8 วันในการเก็บกักน้ำ มีประสิทธิภาพในการบำบัดไนไตรท (NO_3^-) ได้สูงสุด 80.60% ที่ระยะเวลา 4 วันในการเก็บกักน้ำ

เนื่องจากนี้พืชเหล่านี้จะดูดซับธาตุอาหารและสิ่งปนเปื้อนที่มีอยู่ในน้ำเสียทั้งยังช่วยการทำงานของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์อาศัยการปลดปล่อยออกซิเจนของพืชที่ได้จากการสังเคราะห์แสง กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในดินการดูดซึมสารอาหารของพืชเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและการกรองสิ่งปนเปื้อนของพืชและดินร่วมกัน (โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย, 2552) เป็นการใช้กระบวนการทางธรรมชาติ เช่น กระบวนการ themo osmosis และกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ซึ่งอาศัยหลักการธรรมชาติช่วยธรรมชาติ (เกษม จันทร์แก้ว และคณะ, ม.ป.ป.) ในการบำบัดและฟื้นฟูน้ำเสียให้ใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้น จึงสามารถนำพืชเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้กับป่าพรุซึ่งเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติ (Natural Wetland) สามารถบำบัดน้ำเสียโดยใช้ขบวนการทางธรรมชาติ และฟื้นฟูน้ำเสียให้ใช้ประโยชน์ได้ โดยใช้พืช ดิน หิน เป็นพื้นที่ในการยึดเกาะของจุลินทรีย์เพื่อช่วยในการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ (Chris, C.T., 1997) ซึ่งเหมาะกับบริบทของชุมชนบ้านไม้ขาว เพื่อแก้ปัญหาความเสื่อมโทรมของป่าพรุและปัญหาการจัดการน้ำเสียชุมชนได้อย่างเหมาะสม โดยอาศัยศักยภาพของตนเองและทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ เพื่อเป็นการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำพรุบ้านไม้ขาวให้คงอยู่อย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพของพืชแต่ละชนิดเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียแต่ละประเภท เช่น น้ำเสียชุมชน น้ำเสียที่เกิดจากฟาร์มอนุบาลลูกกุ้ง และน้ำเสียจากการบรรจุภัณฑ์กุ้งเพื่อส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศ
2. ควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อศึกษาความเป็นไปได้หรือปัจจัย ที่จะสามารถสร้างความร่วมมือในการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติของชุมชน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านไม้ขาว อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต ที่ให้ความอนุเคราะห์เข้าใช้พื้นที่ในการทำแปลงบึงประดิษฐ์ และอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในระหว่างการทำการทดสอบระบบบำบัดของแปลงบึงประดิษฐ์ และสาขาวิชาเคมี ที่ให้ความอนุเคราะห์สารเคมี สถานที่ วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย ขอขอบคุณ ศูนย์ปฏิบัติการทดสอบทางเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความอนุเคราะห์ เครื่องมือและน้ำกลั่นในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

เกษม จันทร์แก้ว ธนิศร์ ปัทมพิฑูร และอรนงค์ ผิวนิล. (ม.ป.ป.). **การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการธรรมชาติช่วยธรรมชาติโดยระบบบึงประดิษฐ์ที่แหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกษม จันทร์แก้ว และอรอนงค์ ผิวนิล. (2555). **เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตร การจัดการน้ำเสียโดยพื้นที่ชุ่มน้ำ**. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. อบรมวันที่ 5-9 มีนาคม 2555 ณ สถาบันฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านสิ่งแวดล้อม จ.ปทุมธานี และโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี.

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย. (2552). **การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบแปลงพืชป่าชายเลน**. วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://haii.or.th/wiki84/index.php/การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบแปลงพืชป่าชายเลน.สืบค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2557.

ปิยะ สันศนยุทธ สุนทร งดงาม และอัมราภรณ์ ผดุงชีพ. (2549). **น้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง: ปัญหามลพิษ และการบำบัดโดยใช้บึงประดิษฐ์.** ส่วนงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านน้ำ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.

สายธาร ทองพร้อม. (2557). ประสิทธิภาพป่าพรุพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติ ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนบ้านไม้ขาว อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต. **SDU Research Journal of Science and Technology**, 7(3), 1-15.

สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. (2542). **ทะเบียนพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับนานาชาติและระดับชาติของประเทศไทย**. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. (2554). **คู่มือการประเมินปริมาณน้ำทิ้งและปริมาณมลพิษจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. กรุงเทพมหานคร : กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

AWWA WEF and APHA. (2012). **Standard method for the examination of water and wastewater**. 22nd ed. Washington D.C: American Public Health Association.

Chris C. Tanner. (1997). Guidelines for constructed wetland treatment of farm dairy wastewaters in New Zealand. **NIWA Science and Technology**. Series No. 48 June 1997.

ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี ต่อการเจริญเติบโต คุณภาพผลผลิต และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้งจีน

สุชาดา สานุสันต์[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต คุณภาพผลผลิต ปริมาณธาตุอาหาร สารประกอบฟีนอลิกและกิจกรรมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้งจีน ดำเนินการวิจัยที่แปลงเกษตรกรบ้านม่วงใต้ ต.บ้านบัว อ.เมือง จ.บุรีรัมย์ ระหว่างเดือนมีนาคม ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2556 วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ มี 6 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ คือ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย (T1) 2) ปุ๋ยเคมี อัตรา 30 กก./ไร่ (T2) 3) ปุ๋ยคอก อัตรา 1,000 กก./ไร่ (T3) 4) ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตรา 1,000 กก./ไร่+น้ำหมักมูลไส้เดือน อัตรา 20 มิลลิลิตร/ลิตร (T4) 5) ปุ๋ยคอก อัตรา 500 กก./ไร่ +ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กก./ไร่ +น้ำหมักมูลไส้เดือนอัตรา 20 มิลลิลิตร/ลิตร (T5) และ 6) ปุ๋ยเคมี อัตรา 30 กก./ไร่ +ปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน อัตรา 500 กก./ไร่ +น้ำมูลไส้เดือน อัตรา 20 มิลลิลิตร/ลิตร (T6) ผลวิจัยพบว่า การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน+น้ำหมักมูลไส้เดือน (T4) ให้ความสูง จำนวนใบ และขนาดลำต้นมากที่สุด และให้น้ำหนักสด 16.89 กรัม/ต้น น้ำหนักแห้ง 1.67 กรัม/ต้น และผลผลิต 3,278 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่ากรรมวิธีอื่น และยังส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และปริมาณธาตุเหล็กในผักบุ้งจีนมากที่สุด ส่วนสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีปริมาณมากที่สุด 4.32 mg GAE/100 g FW และ 95.53 % ตามลำดับ

คำสำคัญ : ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ผักบุ้งจีน

[1]อาจารย์ประจำสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ e-mail:sanusan@gmail.com
**ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล์:sanusan@gmail.com*

EFFECTS OF VERMICOMPOST, COW MANURE AND CHEMICAL FERTILIZER ON THE GROWTH, QUALITY OF YIELD AND ANTIOXIDANT ACTIVITIES IN WATER MORNING GLORY

Suchada Sanusan[1*]

Abstract

This study was to the evaluate the effects of vermicompost, cow manure and chemical fertilizer on the growth, quality of yield, nutrient content in plants, phenolic compounds, and antioxidant activities in Water morning glory (*Ipomoea aquatica* Forsk.). The experiment was conducted under field conditions at Ban Muang Tai, Ban Bua Sub-District, Mueang District at Buriram Province, during March to July 2013. RCBD were 6 treatments with four replications included that (1) no fertilizer (T1) 2) chemical fertilizer at 30 kg/rai (T2) 3) cow manure at 1,000 kg/rai (T3) 4) vermicompost at 1,000 kg/rai+vermicompost tea 20 ml/l (T4) 5) cow manure at 500 kg/rai +vermicompost at 500 kg/rai + vermicompost tea 20 ml/l (T5) and 6) chemical fertilizer at 30 kg/rai+vermicompost at 500 kg/rai+vermicompost tea at 20 ml/l (T6) .The results showed that the application of vermicompost (T4) gave the highest number of leaves and size of stem. Also gave the fresh weight at 16.89 g/plant, dry weight at 1.67 g/plant and yield at 3,278 kg/rai higher than other treatments. As a result, the highest of total nitrogen, available phosphorus and iron content in plant. As well, phenolic compounds and antioxidant activity were the highest concentrations at 4.32 mg GAE/100 g FW and 95.53 %, respectively.

Keywords : Vermicompost, Cow Manure, Chemical Fertilizer, Antioxidant Activities, Water Morning Glory

[1*]*Instructor for Agriculture program, Faculty of Agricultural Technology, Buriram Rajabhat University*
e-mail:sanusan@gmail.com
[*]*Corresponding author; e-mail : sanusan@gmail.com*

บทนำ

ผักบุ้งจีน (*Ipomoea aquatica* Forsk.Var.reptan) เป็นผักเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีการบริโภคกันอย่างแพร่หลาย และปัจจุบันได้พัฒนาเป็นพืชผักส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย โดยส่งออกทั้งในรูปผักสดและเมล็ดพันธุ์ ผักบุ้งจีนมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี และเจริญเติบโตได้ในดินแทบทุกชนิด โดยเฉพาะดินที่มีความชื้นสูง (สุนทร เหลืองเกษม, 2540) อย่างไรก็ตาม ในการปลูกผักบุ้งเชิงการค้า ซึ่งเน้นปริมาณ ผลผลิตเป็นหลัก เกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงมีการใช้ปุ๋ยเคมีมากเกินความต้องการของพืช แม้ว่าการใช้ปุ๋ยเคมีทำให้ได้ผลผลิตสูง แต่ผลกระทบที่ตามมาหลังใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานาน เช่น โครงสร้างของดินเสื่อมสภาพ และเกิดการสะสมของไนเตรทในดิน และแหล่งน้ำบริเวณใกล้เคียง อีกทั้งยังทำให้ ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น (Savci, 2012) นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดการสะสมของสารพิษในพืชผัก เช่น ไนเตรทที่เข้าสู่ร่างกายในปริมาณสูง ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งในระบบทางเดินอาหาร (Santamaria et al., 2006) จากสภาพปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้ปุ๋ยเคมีนั้น ระบบการผลิตเกษตรอินทรีย์ที่มุ่งเน้นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แทนปุ๋ยเคมีจึงถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (Vermicompost) มีปริมาณไนโตรเจน 2.2 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ 2.3 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียม 2.1 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งยังช่วยลดอัตราส่วนของ คาร์บอน:ไนโตรเจน มีปริมาณฮิวมัสมาก โปร่งร่วน เหมาะสำหรับการปรับปรุงดิน (อานัฐ ตันโช, 2550) อีกทั้งยังเพิ่มความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของพีเอช ช่วยเพิ่มความชื้นในดิน ปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืช (อานัฐ ตันโช, 2553) เพิ่มจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์บริเวณรากพืช ทำให้มีการสร้างเอนไซม์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Stevens et al., 2007) และน้ำหมักมูลไส้เดือนยังมีธาตุอาหารที่สูงเหมาะสำหรับพืช (Arancon et al., 2005) มีจุลินทรีย์หลายชนิดในปริมาณมาก รวมทั้งมีฮอร์โมนพืชที่เป็นประโยชน์หลากหลายชนิด (ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย และคณะ, 2554; อานัฐ ตันโช, 2550) นอกจากนี้ ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนยังช่วยลดสารพิษที่เกิดจากสารเคมี (Sheela & Khimiya, 2013) และช่วยเพิ่มผลผลิตให้กับพืชต่างๆ เช่น มะระขี้นก (*Momordica charantia* L.) ได้ถึง 30-40% (Benitez et al., 2013) การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 2.5 ตันต่อเฮกตาร์ ร่วมกับแบคทีเรียละลายฟอสเฟต และ Azotobacter ทำให้ผลผลิตข้าวสูงขึ้น (Gandhi & Sivakumar, 2010)

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) มีบทบาทสำคัญในการป้องกันการเกิดออกซิเดชัน (peroxidation) ในเยื่อหุ้มเซลล์ โดยการกำจัดออกซิเจน ป้องกันการเป็นโรคต่างๆ (โอภา วัชระคุปต์, ปรีชา บุญจูงและภาณุมาศ ฤทธิไชย, 2550; Tesoriere, Allegra, Gentile & Livrea, 2009) สารประกอบโพลีฟีนอลพบได้ในผักผลไม้ เช่น ฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานิน เป็นต้น (Ramesh & Patter, 2010) ปัจจุบันผู้บริโภคมีความสนใจในอาหารเพื่อสุขภาพ (functional food) มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ (ลลิตา ธีระสิริ, 2542) การสร้างสารต้านอนุมูลอิสระในผักเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตผักเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร เป็นอาหารเพื่อสุขภาพซึ่งปริมาณการสะสมสารต้านอนุมูลอิสระในพืชแต่ละชนิดมักมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ที่จะทำให้พืชมีการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ซึ่ง Vermav, Yadav, Kazy, Saxena, and Suman (2014) พบว่า การใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตรา 5 ตันต่อเฮกตาร์ ร่วมกับการจัดการธาตุอาหารไนโตรเจนและโพแทสเซียมจะช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง และปริมาณน้ำมันหอมระเหยของ geranium (*Pelargonium graveolens*) และจากงานของ Theunissen, Font, Lallemand ,and Liang (2010) พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินช่วยกระตุ้นการสร้างสารประกอบฟีนอลิก เช่น แอนโทไซยานิน และฟลาโวนอยด์ ให้แก่พืชปลูกได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาเปรียบเทียบจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี ที่จะส่งผลต่อการเจริญเติบโต คุณภาพของผลผลิตของผักบุ้งจีน

รวมถึงการเสริมสร้างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระให้สูงขึ้น เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร สร้างนวัตกรรมการผลิตผักที่จะทำให้ผักมีคุณค่าสารอาหารเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรในการปลูกผักบุ้งที่มีคุณภาพ ปลอดภัย และยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต คุณภาพผลผลิต ปริมาณธาตุอาหารในผักบุ้ง สารประกอบพีนอลิกและกิจกรรมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้งจีน อันจะเป็นแนวทางในการผลิตผักบุ้งจีนที่มีคุณค่าปลอดภัยและยั่งยืนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ดำเนินการวิจัยที่แปลงเกษตรกร บ้านม่วงใต้ ตำบลบ้านบัว อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ ระหว่างเดือนมีนาคม ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2556 วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD) มี 6 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม; T1) กรรมวิธีที่ 2 ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ (CF ;T2) กรรมวิธีที่ 3 ปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ (CM ;T3) กรรมวิธีที่ 4 ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน อัตรา 20 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร (VC+ VM tea ;T4) กรรมวิธีที่ 5 ปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน อัตรา 20 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร (CM+VC+ VM tea ;T5) และ กรรมวิธีที่ 6 ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน อัตรา 20 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร (CF +VC+ VM tea ;T6)

เตรียมแปลงทดลองย่อยขนาดกว้าง 1.2 เมตร ยาว 2 เมตร จำนวน 24 แปลง แล้วยกร่องปลูกสูง 30 เซนติเมตร ทำการขุดดินลึก 20 เซนติเมตร ตากดินทิ้งไว้ 15 วัน พรวนดินให้เม็ดดินละเอียด เก็บเศษวัชพืชออก แล้วสุ่มกรรมวิธีลงในแปลงย่อย เตรียมเมล็ดผักบุ้งจีนพันธุ์ยอดไผ่ อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ คำนวณปลูกในพื้นที่ 2.4 ตารางเมตร โดยทำการชั่งเมล็ดผักบุ้งจำนวน 37.5 กรัม/แปลง นำเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนที่ชั่งแช่น้ำเปล่าในอุณหภูมิปกติเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดปลูกโดยโรยเมล็ดผักบุ้งเป็นแถว แต่ละแถวห่างกัน 30 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำฟางข้าวมาคลุมเพื่อรักษาความชื้นในดินไว้

ใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่กำหนด โดยกรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ($N - P_2O_5 - K_2O$) ทำการแบ่งใส่ 3 ครั้ง ครั้งละอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งแรกรองพื้นหว่านให้ทั่วแปลง ครั้งที่ 2 และ 3 หว่านที่ระยะ 15 และ 30 วันหลังจากปลูก ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยคอกมูลโค อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ เตรียมได้จากมูลวัวผสมแกลบดิบ (1:1) แล้วหมักโดยการใส่สารเร่งจุลินทรีย์ของกรมพัฒนาที่ดิน (พด.1) จำนวน 1 ซอง รดน้ำให้ชุ่มกลับกองปุ๋ยคอกหมักทุกๆ 7 วัน ใช้เวลาหมัก 45 วัน หลังจากนั้นนำมาใช้โดยทำการหว่านพร้อมปลูก

กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน และน้ำหมักมูลไส้เดือน ได้นำมาจากสำนักงานกองทุนปุ๋ยอินทรีย์และไฮโดรโพนิคส์ มูลนิธิโครงการหลวง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ทำการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนตามกรรมวิธีที่กำหนด โดยการใส่รองพื้นพร้อมปลูก ส่วนกรรมวิธีที่ใช้น้ำหมักมูลไส้เดือน อัตรา 20 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร แบ่งใส่ 2 ครั้ง คือ ฉีดรดผักบุ้งจีนที่ระยะ 15 และ 30 วันหลังจากปลูก การปฏิบัติดูแลรักษาให้น้ำด้วยบัวรดน้ำวันละ 2 ครั้ง เวลาเช้าเย็น เท่ากันทุกแปลง จำนวน 20 ลิตรต่อแปลง กำจัดวัชพืชถอนทิ้งด้วยแรงงานคน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลดินและวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

เก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลอง ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร รวมเป็นดินตัวอย่างรวม (Composite sample) โดยผึ่งดินให้แห้ง (Air dried) บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.2 มิลลิเมตร หรือขนาด 80 แมช (Mesh) เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน ส่วนตัวอย่างปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ปุ๋ยคอกมูลโค นำตัวอย่างไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำตัวอย่างมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช แล้วเก็บตัวอย่างไว้ในถุงพลาสติกเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ด้วย pH meter (1:2.5 H_2O) วัดเกลือในดิน (mS/cm) ด้วย EC meter (1:5 H_2O) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (OM: Walklry & buffer method) ,การแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC; 1 N NHOAc pH7 & Distillation method) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total N ; Kjeldahl method) ฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (Extractable P ;Bray II & Molybdenumblue method) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K ;1 N NH4OAc pH7 & Flame photometry method) ค่าความจุความชื้นที่สนาม (%) และเนื้อดิน (Texture: Hydrometer method) อินทรีย์คาร์บอน (Total organic carbon) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ด้วยวิธีของ Walkley and Black (กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี, 2551)

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของผักบุ้งจีน

วัดการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน ที่ระยะ 15, 30, 35, 40 และ 45 วันหลังจากปลูก (Day after sowing; DAE) ประกอบด้วย การวัดความสูง (เซนติเมตร ; ซม.) ของลำต้นจากพื้นดินถึงข้อสุดของยอดใบ โดยวัดจำนวน 10 ต้น ต่อแปลง จำนวนใบต่อต้น นับใบที่คลี่เต็มที่ ขนาดของลำต้น (ซม.) โดยวัดสูงจากพื้นดินที่ 5 เซนติเมตร จำนวน 10 ต้น ต่อแปลง วัดพื้นที่ใบด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ ส่วนที่ระยะเก็บเกี่ยว 45 วันหลังจากปลูก ใช้กรอบเหล็กเส้น ขนาดความยาว 50 เซนติเมตร ความกว้าง 10 เซนติเมตร วางลงในแปลงทดลอง ถอนต้นผักบุ้งที่อยู่ในกรอบเหล็กทั้งหมด อย่าให้รากขาด ล้างน้ำให้สะอาด นำไปชั่งหา น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (ใบและต้น; กรัมต่อต้น) น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (ใบและต้น;กรัมต่อต้น) ผลผลิตสด คือ น้ำหนักสดส่วนเหนือดินที่รวมทั้งใบและต้น (กิโลกรัมต่อไร่) แล้วนำตัวอย่างพืชอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (°C) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำค่าของน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งรวมทั้งหมด มาคำนวณหาค่า เปอร์เซ็นต์น้ำในพืชและน้ำหนักแห้งสุทธิ ดังสมการ เปอร์เซ็นต์น้ำในพืช (water content, %) = (น้ำหนักสด - น้ำหนักแห้ง) x (100 / น้ำหนักสด) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งสุทธิ (dry matter, %) = 100-น้ำในพืช นำส่วนของใบทำการวัดค่าความเขียว (SPAD value) ด้วย SPAD meter ส่วน การหาปริมาณคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll content) ด้วยวิธีที่ดัดแปลงจาก Mackinney (1941) แล้ววิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารพืชในพืช นำไปอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง บดให้ละเอียด เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธี Kjeldahl method ปริมาณฟอสฟอรัสและเหล็กในพืช (กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี, 2551)

การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

นำตัวอย่างผักบุ้งจีน อบด้วยตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 50 °C นาน 24 ชั่ว โมง บดให้ละเอียด จนมีขนาดประมาณ 0.37 มม. (ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 25) การสกัดสมุนไพรทำการสกัดด้วยตัวทำละลาย 95% เอทานอล โดยใช้อัตราส่วน ผงผักบุ้งบด(กรัม) : ตัวทำละลาย (มิลลิลิตร) คือ 2.5 : 100 หลังจากนั้น แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 40^0C นาน 3ชั่วโมง หลังจากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 ของเหลวที่ได้มาระเหยตัวทำละลายออก โดยใช้เครื่อง Rotary Evaporator เพื่อระเหยตัวทำละลาย หลังจากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปหาปริมาณสารที่

สกัดได้ วิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) โดยใช้วิธี ABTS และ DPPH โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18^{0}C

การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic compounds) ตามวิธีของ Maisuthisakul , Suttajit, and Pongsawatmanit (2007) โดยชั่งสารสกัดจำนวน 0.1 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเมทานอล 10 มล. แล้วปิเปตสารสกัดตัวอย่าง 200 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติม Folin-Ciocaltue phenol reagent ความเข้มข้นร้อยละ 10 ลงไป 1 มล. ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 3 นาที หลังจากนั้นเติมโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ลงไป 0.8 มล. ผสมให้เข้ากันและจากนั้นบ่มไว้ในที่มืด 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร โดยคำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานแล้วรายงานผลอยู่ในหน่วยของมิลลิกรัม เมื่อเทียบกับกรดแกลลิคต่อน้ำหนักของตัวอย่าง 100 กรัม (mg gallic acid equivalent (GA)/ 100 g ของตัวอย่าง)

วิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี (DPPH radical scavenging activity, DPPH) ตามวิธีของ Rice, Miller, and Paganga (1997) โดยทำการเจือจางสารสกัดสมุนไพรด้วยเมทานอล ให้ได้ความเข้มข้นของสารละลาย คือ 100 200 300 400 และ 500 มก./ลิตร ปิเปตสารละลายสารสกัดปริมาตร 0.1มล. ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย ABTS ปริมาตร 2.9 มล. ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 20 นาที (ใช้น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม) แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 nm หลังจากนั้นทำ การคำนวณหาร้อยละของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (% inhibition) ดังนี้ คือ จากสูตร % inhibition = [(Abs $_{control}$- Abs $_{sample}$)/Abs $_{control}$] x 100 เมื่อ Abs$_{control}$คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ controlและ Abs$_{sample}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง หลังจากนั้นนำคำนวณค่า IC50 จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % inhibition กับปริมาณของสารสกัด

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ;ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design และเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกรรมวิธีด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistic 8.1 Software

ผลการวิจัย

สมบัติดินและวัสดุอินทรีย์ก่อนการทดลอง

เนื้อดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินร่วนปนทราย มีความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ในช่วง 6.65 มีค่าการนำไฟฟ้า 0.41 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ซึ่งอยู่ในระดับที่ ไม่มีความเค็ม มีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 28.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำ คือ 380 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่1) ฟอสฟอรัสที่สกัดได้และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเท่ากับ 98.02 และ 101.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ส่วนสมบัติของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน และปุ๋ยคอก มีค่าเป็นกรดด่าง เท่ากับ 7.56 และ 7.88 ตามลำดับ จัดอยู่ในระดับด่างเล็กน้อย ค่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 10.55 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 20 จึงเหมาะสมต่อการใส่ให้กับพืช ค่าการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 7.30 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร มีปริมาณอินทรียวัตถุ เท่ากับ 49.33 % มีค่าไนโตรเจนเท่ากับ 3.15 % ค่าฟอสฟอรัสที่สกัดได้ 1.09 % และค่าโพแทสเซียมทั้งหมด 4.35 %

ตารางที่ 1 สมบัติของดิน ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ปุ๋ยคอก และน้ำหมักมูลไส้เดือนก่อนการทดลอง

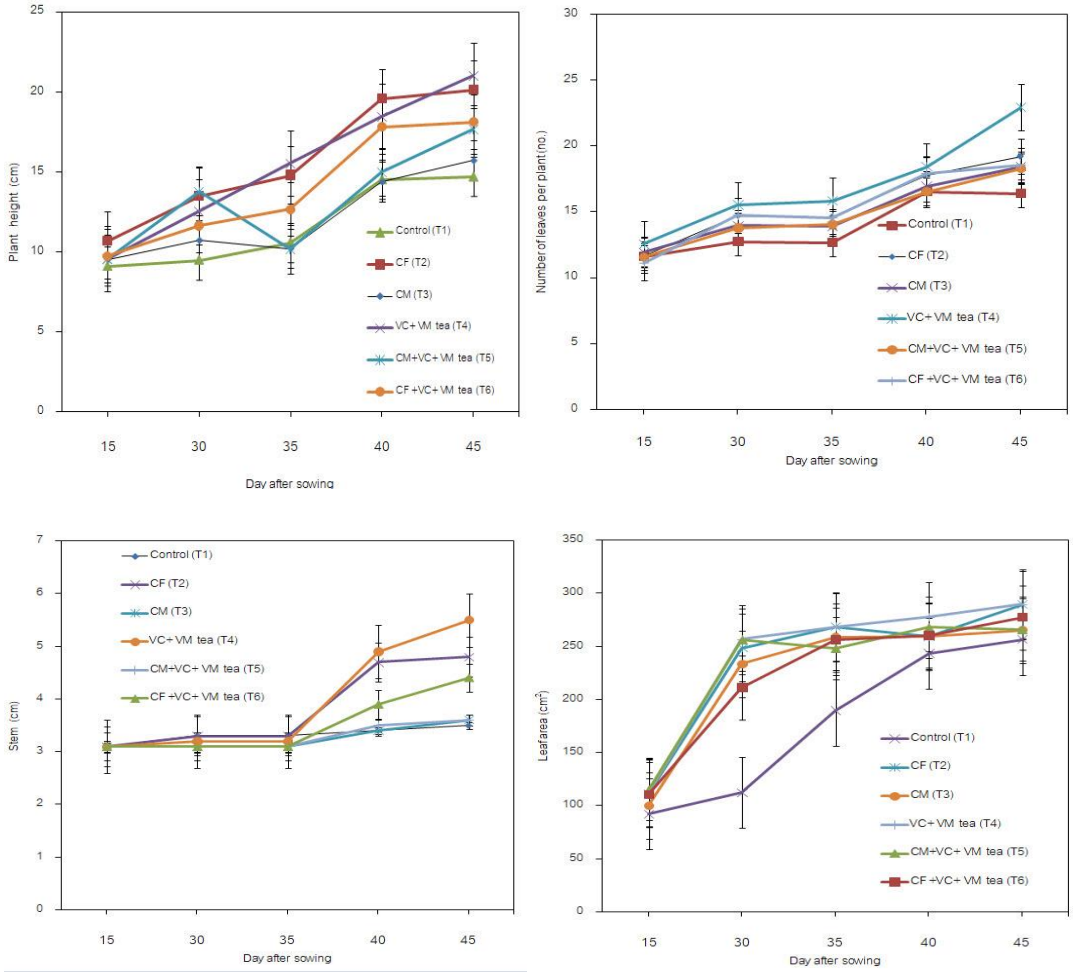
ตัวอย่าง	pH[1/]	EC (mS/cm)	Organic matter (mg/kg)	CEC (cmol/kg)	Total N (mg/kg)	Extractable P (mg/kg	Exchangeable K (mg/kg)	FC (%)	Soil texture
ดิน	6.65	0.41	28.8	4.35	380	98.02	101.23	13.39	Loamy sand

วัสดุอินทรีย์	pH	EC (mS/cm)	Organic matter (%)	Organic carbon (%)	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)	C: N ratio	Moisture (%)
ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน	7.56	7.30	49.33	33.26	3.15	1.09	4.35	10.55	21.52
ปุ๋ยคอก	7.88	2.50	33.16	32.64	2.06	0.75	2.09	26.19	30.12
น้ำหมักมูลไส้เดือน	8.16	2.23	10.23	22.01	1.78	3.75	1.36	8.05	-no*

[1/] ความเป็นกรด/ด่าง (pH) ;ค่าการนำไฟฟ้า (EC; mS/cm) ; ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter ;OM) ; ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ; ฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (Extractable P); โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K); ความจุความชื้นภาคสนาม (FC ;%); เนื้อดิน (Soil texture), -no* คือ ไม่ได้วิเคราะห์

ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี ต่อการเจริญเติบโตผักบุ้งจีน

ความสูงของต้นผักบุ้งจีน ที่ระยะ 15, 30, 35, 40 และ 45 วันหลังจากปลูก พบว่า ทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งกรรมวิธีที่ 2 การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ความสูงของต้นผักบุ้งมากที่สุดทุกระยะที่มีการวัด ส่วนกรรมวิธีที่ 4 การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน ส่งผลให้ผักบุ้งจีนมีความสูงเทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยเคมีที่ระยะ 45 วันหลังจากปลูก (ภาพที่ 1) อีกทั้งยังทำให้จำนวนใบมากที่สุด ถึง 22.93 ใบต่อต้น รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 2 การใส่ปุ๋ยเคมี ให้จำนวนใบ 19.20 ใบต่อต้น ส่วนกรรมวิธีที่ 1 การไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม) ทำให้มีจำนวนใบต่อต้นน้อยที่สุด 16.40 ใบต่อต้น (ภาพที่ 1) เช่นเดียวกัน เมื่อวัดที่ระยะ 45 วันหลังจากปลูก จะพบว่า กรรมวิธีที่ 4 การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ทำให้ผักบุ้งจีนมีขนาดของลำต้น และพื้นที่ใบมากที่สุดอีกด้วย



ภาพที่ 1 ความสูง (ซม.), จำนวนใบต่อต้น ขนาดของลำต้น (ซม.), และพื้นที่ใบ (cm^2) ของผักบุ้งจีนที่ระยะ 15, 30, 35, 40 and 45 วันหลังจากปลูก (Day after sowing**)**

ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี ต่อผลผลิตของผักบุ้งจีน

วิธีการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันส่งผลทำให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (กรัมต่อต้น) น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัมต่อต้น) และผลผลิตสด (กิโลกรัมต่อไร่) เมื่อวัดที่ระยะ 45 วันหลังจากปลูกของผักบุ้งจีน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งจากผลวิจัย พบว่า กรรมวิธีที่ 4 การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ส่งผลทำให้ผักบุ้งจีน มีน้ำหนักสด (16.89 กรัม/ต้น) น้ำหนักแห้ง (1.67 กรัม/ต้น) และผลผลิตสด (3,278 กิโลกรัม/ไร่) มากที่สุด รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนและให้น้ำหมักมูลไส้เดือน (CF +VC+ VM tea; T6) ส่วนกรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม) ทำให้ผักบุ้งจีนมีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และผลผลิตสดน้อยที่สุด (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (กรัมต่อต้น) น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัมต่อต้น) ผลผลิตสด (กิโลกรัมต่อไร่) ที่ระยะ 45 วันหลังจากปลูก (Day after sowing)

กรรมวิธี	น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัมต่อต้น)	ผลผลิตสด (กิโลกรัมต่อไร่)
Control (T1)	12.45c	1.45c	1,245c
CF (T2)	15.88b	1.63ab	2,231b
CM (T3)	13.45c	1.55c	2,123b
VC+ VM tea (T4)	16.89a	1.67a	3,278a
CM+VC+ VM tea (T5)	15.78b	1.62ab	2,156b
CF +VC+ VM tea (T6)	16.67a	1.65a	3,135a
F-test	*	*	*
CV (%)	13.54	15.22	16.33

n.s. =ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ *, ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ค่าเฉลี่ย ในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทาง สถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณธาตุอาหารในผักบุ้งจีน

วิธีการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และปริมาณเหล็กทั้งหมดในผักบุ้งจีนเมื่อวัดที่ระยะ 45 วันหลังจากปลูก มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยจากผลการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 4 การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (3.60 %) ธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (3.46 มิลลิกรัม/กรัม) และปริมาณธาตุเหล็กทั้งหมด (32.78 %) ในผักบุ้งจีนสูงกว่าทุกกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน แต่กรรมวิธีที่ 4 ปริมาณธาตุอาหารในผักบุ้งที่วิเคราะห์ได้นั้น จะไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ 5 และกรรมวิธีที่ 6 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณเหล็กทั้งหมดของผักบุ้งจีนที่ 45 วันหลังจากปลูก (Day after sowing**)**

กรรมวิธี	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/g)	ปริมาณเหล็กทั้งหมด (%)
Control (T1)	2.05 c	3.00 c	20.20 c
CF (T2)	2.31 c	3.13 b	22.31 b
CM (T3)	3.45 ab	3.12 b	21.23 b
VC+ VM tea (T4)	3.60 a	3.46 a	32.78 a
CM+VC+ VM tea (T5)	3.53 a	3.44 a	21.56 b
CF +VC+ VM tea (T6)	3.52 a	3.52 a	31.35 a
F-test	*	*	*
CV (%)	25.00	26.12	16.33

n.s. =ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ *, ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ค่าเฉลี่ย ในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทาง สถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี ต่อคุณภาพผลผลิต สารประกอบฟีนอลิก และกิจกรรมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้งจีน

การใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ ปริมาณน้ำในต้น (กรัมต่อต้น) ปริมาณคลอโรฟิลล์ในต้น (SPAD unit) ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ (mg g^{-1} of fresh tissue) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4) แต่กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันนั้น กลับส่งผลต่อ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในผักบุ้งจีน เมื่อวัดที่ระยะ 45 วันหลังจากปลูก นั้น มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4) ซึ่งผลการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 4 การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน ทำให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในผักบุ้งจีน มีปริมาณมากที่สุด คือ 4.32 mg GAE/100 g FW และ 95.53 % ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ 5 CM+VC+ VM tea (T5) และกรรมวิธีที่ 6 CF +VC+ VM tea (T6) มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด คือ 3.11 และ 3.12 mg GAE/100 g FW ตามลำดับ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH 93.25 และ 92. 56 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำในต้น (กรัมต่อต้น) ปริมาณคลอโรฟิลล์ในต้น (SPAD unit) ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ (mg g-1 of fresh tissue) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของผักบุ้งจีนที่ระยะ 45 วันหลังจากปลูก (Day after sowing)

กรรมวิธี	ปริมาณน้ำในต้น (g/plant)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ในต้น (SPAD unit)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ (mg g^{-1} of fresh tissue)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด(mg GAE/100 g FW)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (% inhibition)
Control (T1)	88.55	41.00	0.99	1.99 c	88.31 c
CF (T2)	87.62	42.36	1.32	1.84 c	86.26 c
CM (T3)	90.23	40.00	1.65	3.01 b	90.00 b
VC+ VM tea (T4)	91.36	44.23	1.89	4.32 a	95.53 a
CM+VC+ VM tea (T5)	90.12	43.56	1.77	3.11 ab	93.25 ab
CF +VC+ VM tea (T6)	90.00	45.26	1.88	3.12a b	92.56 ab
F-test	ns	ns	ns	*	*
CV (%)	10.23	15.32	9.63	25.36	18.66

n.s. =ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ *, ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ค่าเฉลี่ย ในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทาง สถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % โดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการทดลองนี้จะเห็นว่า เมื่อวัดที่ระยะ 45 วันหลังจากปลูก กรรมวิธีที่ 4 การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน จะส่งผลทำให้ผักบุ้งจีนมีความสูง จำนวนใบ ขนาดลำต้น และพื้นที่ใบมากกว่ากรรมวิธีอื่น (ภาพที่ 1) ซึ่งเป็นเพราะ ในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนนั้น มีปริมาณไนโตรเจน ปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าปุ๋ยคอกมูลโค (ตารางที่ 2) อีกทั้งปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน มีธาตุอาหารพืชอยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ทันทีและมีธาตุอาหารรอง ธาตุอาหารเสริมเกือบทุกชนิดที่พืชต้องการ ตลอดจนมีสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชซึ่งจะช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตของพืชให้เกิดขึ้นได้อย่างปกติ (Edwards & Burrows, 1988) และจากรายงานการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนที่ผลิต จากไส้เดือนอสายพันธุ์ *E.euginiae* ในอัตรา 2,000 และ 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ กับผักกาดหอม พบว่า ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนให้ ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบ ความยาวใบ น้ำหนักสดใบมากที่สุด เช่นเดียวกับ Abbas et al., (2013) ศึกษาการเตรียมดิน 5 กรรมวิธี คือ มูลไส้เดือนดินอย่างเดียว (C), ดินที่ผสมมูลไส้เดือน 10% (V10), ดินที่ผสมมูลไส้เดือน 20% (V20), ดินที่ผสมมูลไส้เดือน 40% (V40) ที่ผสมมูลไส้เดือน 80% (V80) พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินโดยใส่ในกรรมวิธี V20, V40 และ V10 ทำให้ จำนวนใบและพื้นที่ใบของพืชปลูกมากที่สุด และ Singh, Vadlani, Harrison, Bennett, and San (2008) ได้กล่าวว่าพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งที่เพิ่มขึ้นของพืชปลูก มีความสัมพันธ์กับปริมาณของฮอร์โมนออกซินที่พบในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน และธาตุสังกะสีที่มีอยู่ในมูลไส้เดือนก็ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วยเช่นกัน อีกทั้งปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินยังมีส่วนประกอบของกรดฮิวมิค ซึ่งเป็นตัวกักเก็บธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชหลายชนิด เช่น ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) เหล็ก (Fe) และทองแดง (Cu) ซึ่งธาตุอาหารพืชเหล่านี้จะถูกเก็บอยู่ในโมเลกุลของ กรดฮิวมิค อยู่ในรูปที่พร้อมใช้ และจะถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อพืชต้องการ (อานัฐ ตันโช, 2548) สอดคล้องกับ Atiyeh, Arancon, Edwards, and Metzger (2002) พบว่า สารฮิวมิคที่อยู่ในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและส่งเสริมการดูดใช้ธาตุอาหารในมะเขือเทศและแตงกวา

จากาการทดลองนี้ ในกรรมวิธีที่ 4 การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน ส่งผลให้ผักบุ้งจีนมีน้ำหนักสด (16.89 กรัม/ต้น) น้ำหนักแห้ง (1.67กรัม/ต้น) และผลผลิตสด (3,278 กิโลกรัม/ไร่) มากกว่ากรรมวิธีอื่น (ตารางที่ 3) และส่งผลทำให้ผักบุ้งจีนที่ระยะ 45 วันหลังจากปลูก มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 3.60 % ธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 3.46 มิลลิกรัม/กรัม และปริมาณธาตุเหล็ก 3.27 % ในผักบุ้งจีนสูงกว่าทุกกรรมวิธีอีกด้วย (ตารางที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับ

นิรันดร์ หิรัญสุข (2547) พบว่า การปลูกผักคะน้าที่มีการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (แห้ง) อัตรา 959 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ทางการค้า 125.45 กิโลกรัม/ไร่ ผักคะน้าจะให้ผลผลิตสูงที่สุด คือ 2.87 ตัน/ไร่ และการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (แห้ง) ในอัตรา 1.8 ตัน/ไร่ จะให้ผลผลิตสูงมากเช่นกัน คือ 2.16 ตัน/ไร่ ซึ่งการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน สามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีได้บางส่วน แต่ไม่สามารถทดแทนได้ทั้งหมด เนื่องจากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนจะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารต่างๆ ลงสู่ดิน และ ปริญญาวดี ศรีตนทิพย์ (2559) กล่าวว่า การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนชนิดผงใน อัตรา 0.5–2.0 ตันต่อไร่ มีผลทำให้ น้ำหนักยอดรวมต่อต้น และจำนวนยอดรวมต่อต้นต่อ ของผักเชียงดาสูงขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ย 14.46 – 17.15 กรัม และ 12.39-14.00 ยอด อีกทั้งการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนยังมีผลต่อปริมาณธาตุอาหารในต้นพืช ซึ่งจากการทดลองของ Kale, Mallesh, Bano, and Bagyaraj (1992) กล่าวว่า การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน จะทำให้ผลไม้ที่ปลูกนั้น มีปริมาณธาตุเหล็กเพิ่มขึ้น (0.1539%) เนื่องจาก การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอาจจะช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในดิน และการใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนนั้นจะช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ในดิน เช่นเดียวกับงานทดลองของ ณัฏฐ์ชยธร ขันติยะพุฒิเมธ และชุลีมาศ บุญไทย อิวาย (2561) พบว่า ในน้ำหมักมูลไส้เดือนได้จากไส้เดือน

ดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniea* จะมีปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง คือ ไนโตรเจน 0.0154 % โพแทสเซียม 0.24 % แคลเซียม 0.44 % แมกนีเซียม 0.015%

จากงานทดลองนี้ การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนยังส่งผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้งจีน ซึ่งในกรรมวิธีที่ 4 ที่มีการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนนั้น ทำให้ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในผักบุ้งจีน มีปริมาณมากที่สุด 4.32 mg GAE/100 g FW และ 95.53 % ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ 5 CM+VC+ VM tea (T5) และกรรมวิธีที่ 6 CF +VC+ VM tea (T6) ซึ่งมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 3.11 และ 3.12 mg GAE/100 g FW ตามลำดับ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในปริมาณ 93.25 และ 92. 56 % ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ 2 การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้งจีน มีปริมาณน้อยที่สุด (ตารางที่ 5) ซึ่งการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอาจมีผลกระทบต่อกระบวนการชีวเคมีของพืชที่แตกต่างกัน (Sahni, Sarma, Singh H, Singh K, and Singh, 2008) และการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนจะช่วยส่งเสริมให้พืชมีการสะสมสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น คือ วิตามินซี ฟีนอลและฟลาโวนอยด์ (Wang et al., 2010)

ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบและต้นผักบุ้งจีน ถึงแม้จะไม่มีความแตกต่างกัน แต่ในผักบุ้งจีนที่มีการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ยังสังเกตได้ว่า มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งในต้นและใบของผักบุ้งสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน เช่นเดียวกับการทดลองในผักเชียงดาที่ปลูกในดินที่มีการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนชนิดผง พบว่ามีไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และสารประกอบฟีนอลิก (ปริญญาวดี ศรีตนทิพย์, ชิติ ศรีตนทิพย์ และณัฐธยาน์ ธะวิไส, 2559) แต่ในกรรมวิธีที่ 6 ที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับปุ๋ยเคมี จะส่งผลต่อปริมาณปริมาณคลอโรฟิลล์ในต้นผักบุ้งจีน เช่นเดียวกับงานทดลองของ Nik, Keshavarzi, Heidari, and Yarahmadi (2011) ที่กล่าวว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีจะส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ ถึงแม้จะไม่มีความแตกต่างกันในใบของ *Artemisia annua* L. แต่การให้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตรไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอย่างละอัตรา 80 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ จะทำให้ได้ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม การให้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนเพียงอย่างเดียวอัตรา 10 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ ทำให้ได้ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมมากกว่าการให้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว สูตรไนโตรเจนและฟอสฟอรัส อัตรา 80 และ 40 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณคลอโรฟิลล์จะมีค่าแปรผันตามระดับการให้ไนโตรเจนแก่พืช (Thomson & Trich, 1975) เช่นเดียวกับ อรประภา อนุกูลประเสริฐ และภานุมาศ ฤทธิไชย (2558) พบว่า การให้ปุ๋ยในระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ต้นผักกาดหอมมีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมเพิ่มขึ้น กล่าวว่า การให้ปุ๋ยมูลไก่คุณภาพสูงทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบมีค่ามากกว่าการให้ปุ๋ยเคมีเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับ 1 กรัมไนโตรเจนที่เท่ากัน

ข้อเสนอแนะ

การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนแก่ผักบุ้งจีน จะช่วยเพิ่มผลผลิตของผักบุ้งจีน อีกทั้งยังทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ในแง่ช่วยเสริมให้มีสารประกอบฟีนอลิก และสารต้านกิจกรรมอนุมูลอิสระ ให้แก่ผักบุ้งจีน เป็นนวตกรรมการผลิตพืชผักที่สร้างความแตกต่าง เพิ่มคุณค่าและราคาให้กับผลผลิตพืชปลูก งานทดลองต่อไป เพิ่มระยะเวลาในการศึกษาเป็นปีที่ 2 ต่อไป เนื่องจาก ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของพืชนั้น จะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ทั้ง ฤดูกาล สภาพพื้นที่เพาะปลูก ความชื้นในดิน และสภาวะแวดล้อม เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากเกษตรกรบ้านม่วงใต้ ตำบลบ้านบัว อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ ที่ได้ให้สถานที่ในการทำการวิจัย และทุกท่านที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล รวมถึงให้ข้อเสนอแนะ ทั้งคณาจารย์และนักศึกษาสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

เอกสารอ้างอิง

ปริญญาวดี ศรีตนทิพย์ ชิติ ศรีตนทิพย์ และณัฐธยาน์ ธะวิไส.(2559). ผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินต่อสมบัติทางเคมีบางประการของดิน ผลผลิตส่วนที่บริโภคได้ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผักเชียงดา . **วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ปีที่ 3 ฉบับพิเศษ** (III): M08/50-56, 2559

ลลิตา ธีระสิริ. (2542). ผักพื้นบ้าน: อาหารต้านโรค. **รวมบทความการประชุมวิชาการ ผักพื้นบ้านและอาหารพื้นบ้าน 4 ภาค**.

อานัฐ ตันโช. (2548). **เทคนิคการผลติปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน พิมพ์ครั้งที่ 1**. สำนักงานพัฒนา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. ปทุมธานี. 72 หน้า

อานัฐ ตันโช. (2550). **ไส้เดือนดิน (Earthworm)**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลฏี แห่งชาติปทุมธานี. 259 หน้า

อานัฐ ตันโช. (2553)**. คู่มือการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากขยะอินทรีย์**, พิมพ์ครั้งที่ 3.

โอภา วัชระคุปต์ ปรีชา บุญจูง และฉันทนา บุญยะรัตน์. (2550). **สารต้านอนุมูลอิสระ (พิมพ์ครั้งที่ 2)**. โรงพิมพ์นิวไทยมิตรการพิมพ์ (1996) จ้ากัด, กรุงเทพฯ.

Abbas Amiri Pour1, Ali Reza Ladan Moghadam1, Zahra Oraghi Ardebili2.(2013). The effects of different levels of vermicompost on thegrowth and physiology of cabbage seedlings. **International Research Journal of Applied and Basic Sciences Vol, 4** (9): 2726-2729

Arancon, N.Q., C.A. Edwards, P. Bierman, J.D. Metzger and C. Lucht. (2005). **Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field**. Pedobiologia 49:297–306.

Edwards, C. A., Burrows, I. (1988) **The potential of earthworm composts as plant growth media**. In: Edwards, C. A., Neuhauser, E. (eds) Earthworms in Waste and Environmental Management. SPB Academic Press, The Hague, The Netherlands, pp. 21–32.

Sahni, S. B.K. Sarma, D.P. Singh, H.B. Singh, K.P. Singh .(2008).**Vermicompost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in Cicer arietinum rhizosphere against Sclerotium rolfsii** . Crop Protection 27 (2008) 369–376 .

บทความวิจัยภาคโปสเตอร์
(Poster Presentation)
กลุ่ม การเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม

การประชุมวิชาการระดับชาติ ปริญญาตรี
“วิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคม”
วันที่ 18-19 ตุลาคม 2561
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ผลิตผลและคุณลักษณะของเอนไซม์ไคโตซาเนสจากต้นอ่อนกระถินบ้าน

สร้อยฟ้า เชิญกลาง[1] มานะ ขาวเมฆ[2*]

บทคัดย่อ

เอนไซม์ไคโตซาเนสที่สกัดจากต้นอ่อนกระถินบ้านอายุ 2 สัปดาห์มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงที่สุดคือ 3.7028 ยูนิต/มิลลิกรัม ค่าพีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 3.5 และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อบ่มไคโตซาเนสกับไคโตซานที่เวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง พบว่า ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้ในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกัน โดยไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการบ่มที่เวลาน้อยกว่าคือ 30 นาที จะมีโมเลกุลของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดใหญ่ ($(GlcN)_4$, $(GlcN)_5$ และ $(GlcN)_6$) มากกกว่าโมเลกุลขนาดเล็ก (GlcN, $(GlcN)_2$ และ $(GlcN)_3$) และเมื่อใช้เวลาในการบ่มเพิ่มเป็น 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง จะได้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กเพิ่มขึ้น (GlcN, $(GlcN)_2$ และ $(GlcN)_3$) และโมเลกุลขนาดใหญ่จะมีปริมาณลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : ไคโตซาเนส กระถินบ้าน ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์

[1] *หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: soifarchoenklang@gmail.com*

[2] *สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: mana@vru.ac.th*

* *ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: mana@vru.ac.th*

PRODUCTS AND CHARACTERS OF CHITOSANASE FROM *LEUCAENA LEUCOCEPHALA* DE WIT

Soifar Choenklang[1] Mana Kaomek[2*]

Abstract

Chitosanase was extracted from 2 weeks old germinated of *Leucaena leucocephala* de wit that had the highest activity value of 3.7028 Unit/mg. The pH and temperature optimum for catalytic decomposition of chitosan 1 percent were 3.5 and 55 ° C, respectively. The mixture of chitosanase and chitosan were incubated for 30 minutes, 1 hour, 2 hours and 4 hours that showed the chitooligosaccharides are different at intervals. There were large molecules of chitooligosaccharides ($(GlcN)_4$, $(GlcN)_5$ and $(GlcN)_6$) more than small molecules (GlcN, $(GlcN)_2$ and $(GlcN)_3$) when they were obtained from curing at less than 30 minutes.

Keywords : Chitosanase, *Leucaena leucocephala* de wit, Chitooligosaccharides

[1] *Bachelor of Science Program in Chemistry, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: soifarchoenklang@gmail.com*

[2] *Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: mana@vru.ac.th*

** Corresponding author, e-mail: mana@vru.ac.th*

บทนำ

ไคโตซาเนส (Chitosanase; EC 3.2.1.132) เป็นเอนไซม์เร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของพันธะไกลโคซิดิกของไคโตซาน ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของเบตา 1,4 กลูโคซามีน (GlcN) ไคโตซาเนสเป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายไคโตซานตรงพันธะระหว่าง GlcN-GlcN, GlcN-GlcNAc (อะซิติลกลูโคซามีน) และ GlcNAc-GlcN แต่ไม่สามารถย่อยสลายพันธะระหว่าง GlcNAc-GlcNAc ได้ เนื่องจากพันธะ GlcNAc-GlcNAc มีคุณสมบัติที่จำเพาะในการที่จะย่อยสลายด้วยไคติเนส ที่เป็นเช่นนี้เพราะความแตกต่างกันในการทำงานของโครงสร้างระหว่างไคติเนสและไคโตซาเนส ไคติเนสจะตัดเฉพาะตรงที่เป็นพันธะเอ็นอะซิติลกลูโคซามีน (Aam et al, 2010) ไคโตซาเนสพบในสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กรวมทั้งเชื้อราและแบคทีเรียซึ่งแบคทีเรียที่ผลิตไคโตซาเนสมีความสำคัญในการรักษาความสมดุลของระบบนิเวศสิ่งมีชีวิตที่มีไคโตซานเป็นองค์ประกอบสามารถผลิตไคโตซาเนสได้ นอกจากนี้ไคโตซาเนสจากพืชสามารถใช้ในการยับยั้งและป้องกันเชื้อรา ไคโตซาเนสที่ถูกทำให้บริสุทธิ์ส่วนใหญ่จะเป็นเอนไซม์ชนิดภายใน (Endo-Type) ที่ตัดไคโตซาน เช่น เชื้อราจำพวก *Pyriculaia grisea* มีไคโตซาเนสทำหน้าที่สำคัญในการป้องกันและยับยั้งเชื้อราในการเกิดโรคพืช การหาเอนไซม์จากพืชที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราโรคพืช หรือสามารถสลายไคโตซานเป็นเฮกซะเมอร์ (Hexamer) และเฮปตะเมอร์ (Heptamer) ของกลูโคซามีนที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการประยุกต์ใช้ โดยผลจากการรายงานส่วนใหญ่พบว่าเอนไซม์ไคติเนสและไคโตซาเนสจากพืชและแบคทีเรียมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ดี (Lievens, 2009) และจากรายงานการวิจัยของรุ่งสรรค์ คำเสือ และสุภาณี ภาคาธูป (2548) ที่มีการตรวจหาไคโตซาเนสจากเมล็ดพืชไทยจำนวน 20 ชนิด พบว่า พืชไทยทั้ง 20 ชนิด มีไคโตซาเนส โดยกระถินบ้านเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะของไคโตซาเนสสูง และจากรายงานการวิจัยของวิชาญ ภู่บึงพร้าว และสุภาพร ปรูกระโทก (2548) พบว่าต้นอ่อนของพืชมีค่ากิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ไคโตซาเนสมากกว่าเมล็ด

ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำกระถินบ้านมาเพาะต้นอ่อนอายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ศึกษาค่ากิจกรรมจำเพาะของต้นอ่อนแต่ละช่วงเวลา หาคุณลักษณะพีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยา และรูปแบบของผลิตผลที่เป็นไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการยับยั้งเชื้อราและต้านอนุมูลอสระต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อตรวจหาค่ากิจกรรมจำเพาะของไคโตซาเนสจากต้นอ่อนกระถินบ้านอายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์
2. เพื่อหาคุณลักษณะของไคโตซาเนสด้านพีเอช อุณหภูมิ และรูปแบบของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สกัดเอนไซม์ไคโตซาเนสจากต้นอ่อนของกระถินบ้านที่มีอายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์โดยวิธีของพิลไลและคณะ (Pillai et al, 2009) โดยนำต้นอ่อนกระถินบ้านอายุต่าง ๆ มาบดในไนโตรเจนเหลว เติมโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์พีเอช 3.5 ปริมาตร 1:1 ที่มีฟีนิลเมธิลซัลโฟนิลฟลูออไรด์เข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ และพอลิไอนิลพอลิไพโรลิดอล 5 เปอร์เซ็นต์ นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 25,000 g เป็นเวลา 30 นาที จะได้สารละลายของสารสกัดไคโตซาเนส

2. หาค่ากิจกรรมของไคโตซาเนส (Tolaimate et al, 2003) โดยนำสารสกัดไคโตซาเนส 200 ไมโครลิตรผสมกับสารละลายไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือด 3 นาที แล้วปั่นเหวี่ยงที่ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ดูดสารละลายใสมา

1.5 มิลลิลิตร ผสมกับ Schales'Reagent ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ให้ความร้อนเป็นเวลา 15 นาที ปล่อยให้เย็น นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ 400 นาโนเมตร และเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานกลูโคซามีน

3. หาปริมาณโปรตีนด้วยวิธีของเลาว์รี (Lowry et al, 1951) โดยนำสารสกัดไคโตซาเนสมา 10 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรเป็น 500 ไมโครลิตร ด้วยโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์พีเอช 3.5 เติมสารละลายผสมคอปเปอร์ซัลเฟต 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เติมสารละลาย 50 เปอร์เซ็นต์ โฟลินปริมาตร 250 ไมโครลิตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 30 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ 750 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐานของโปรตีนโบไวน์ซีรัมอัลบูมีน (BSA)

4. ศึกษาผลของพีเอชและอุณหภูมิต่อการเร่งปฏิกิริยา (Gomori, 1955)

4.1 ศึกษาค่ากิจกรรมในช่วงพีเอช 3.0-10 (ช่วงต่าง 0.5) โดยพีเอชช่วง 3.0-6.0 ใช้โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ ช่วงพีเอช 6.5-8.0 ใช้ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ และช่วงพีเอช 8.5-10 ใช้ทริสไฮโดรคลอริก บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

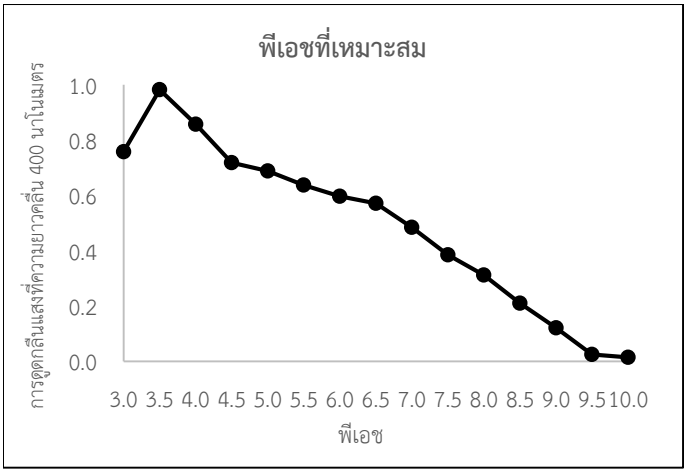
4.2 ศึกษาค่ากิจกรรมที่อุณหภูมิ 30-70 องศาเซลเซียส (ช่วงต่าง 5 องศาเซลเซียส) โดยใช้อะซิเตตบัฟเฟอร์ พีเอชที่เหมาะสม (ผลจากข้อ 4.1) บ่มที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 20 นาที

5. เตรียมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Kachanechai et al, 2008) โดยนำไคโตซานเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมกับเอนไซม์ 1 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที 1, 2, และ4 ชั่วโมง จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที แล้วนำของผสมไปปั่นเหวี่ยงที่ 6,000 รอบต่อนาที จะได้สารละลายใสของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์

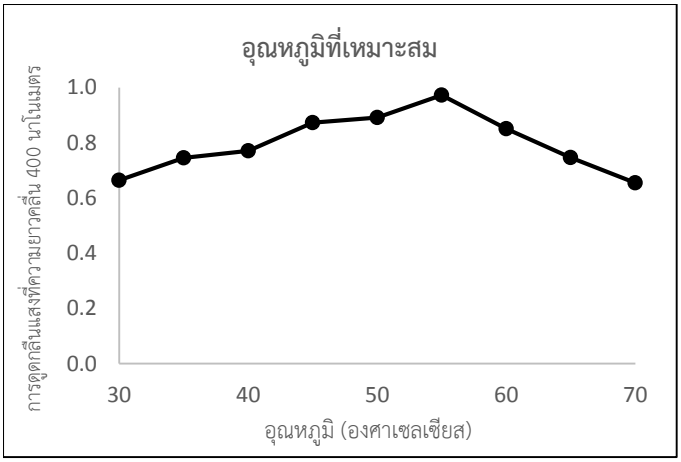
6. ตรวจสอบรูปแบบผลิตผลไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ด้วย TLC (Pownibg and Lrzykiewicy, 1967) โดยสปอร์ตสารตัวอย่างจากข้อ 5 จำนวน 4 จุด และสารมาตรฐานไคโตโอลิโกแซคคาไรด์อีก 1 จุด โดยใช้ตัวทำละลายเป็นโพรพานอล : น้ำ : แอมโมเนีย 70 : 30 : 1 ทำให้เกิดสีโดยสเปร์ยสารผสมของอะนิลีนบนแผ่น TLC นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 145 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที หาค่า Rf เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานไคโตโอลิโกแซคคาไรด์

ผลการวิจัย

เอนไซม์ไคโตซาเนสที่สกัดจากต้นอ่อนกระถินบ้านอายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์มีค่ากิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 2.7870, 3.7028, 3.1340 และ 2.9780 ยูนิต/มิลลิกรัม ตามลำดับ โดยไคโตซาเนสจากต้นอ่อนกระถินบ้านอายุ 2 สัปดาห์ มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงสุดคือเท่ากับ 3.7028 ยูนิต/มิลลิกรัม เมื่อนำไคโตซาเนสจากต้นอ่อนกระถินบ้านอายุ 2 สัปดาห์ มาหาค่าพีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาพบว่า พีเอชที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 3.5 และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 55 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2 ตามลำดับ

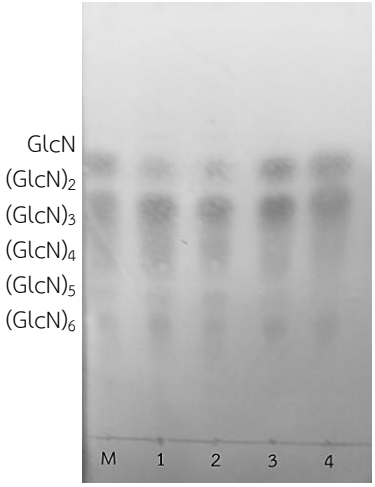


ภาพที่ 1กราฟแสดงการเร่งปฏิกิริยาของไคโตซาเนสในช่วงพีเอช 3.0 -10.0



ภาพที่ 2 กราฟแสดงการเร่งปฏิกิริยาของไคโตซาเนสในช่วงอุณหภูมิ 30 – 70 องศาเซลเซียส

เมื่อนำไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการสลายด้วยไคโตเนสที่อุณหภูมิและพีเอชที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาคือ 55 องศาเซลเซียส พีเอช 3.5 ตามลำดับ มาหารูปแบบด้วย TLC พบว่า เวลาในการบ่มที่ 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมงจะได้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดต่าง ๆ กันโดยเวลาในการบ่ม 30 นาที จะได้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดตั้งแต่ $(GlcN)_{1-6}$ โดยไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีโมเลกุลใหญ่ ($(GlcN)_4$, $(GlcN)_5$ และ $(GlcN)_6$) จะมีจุดที่เข้มกว่าโมแลกุลขนาดเล็ก แสดงว่ามีปริมาณโมเลกุลขนาดใหญ่มากกว่า แต่เมื่อใช้เวลาในการบ่มมากขึ้นเป็น 1, 2 และ 4 ชั่วโมง ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จะมีโมเลกุลขนาดเล็ก (GlcN, $(GlcN)_2$ และ $(GlcN)_3$) เพิ่มขึ้นดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 รูปแบบของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการสลายไคโตซานที่ 45 องศาเซลเซียส พีเอช 3.5 โดยใช้เวลาบ่มกันM: สารมาตรฐานไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาด 1 - 6 โมเลกุล ($(GlcN)_{1-6}$), 1: ใช้เวลาบ่ม 30 นาที 2: ใช้เวลาบ่ม 1 ชั่วโมง 3: ใช้เวลาบ่ม 2 ชั่วโมง และ 4: ใช้เวลาบ่ม 4 ชั่วโมง

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ไคโตซาเนสที่สกัดจากต้นอ่อนกระถินบ้านที่มีอายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ มีค่ากิจกรรมจำเพาะแตกต่างกัน โดยไคโตซาเนสที่สกัดจากต้นอ่อนกระถินบ้านอายุ 2 สัปดาห์ มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงที่สุดคือ เท่ากับ 3.7028 ยูนิต/มิลลิกรัม พีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาคือ 3.5 และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบค่ากิจกรรมจำเพาะของไคโตซาเนสจากต้นอ่อนกระถินบ้านอายุ 2 สัปดาห์กับไคโตซาเนสที่สกัดได้จากแหล่งต่าง ๆ พบว่า มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงกว่าไคโตซาเนสที่ได้จากแหล่งอื่น ๆ เช่นไคโตซาเนสจาก *Bacillus* sp. Strain KCTC 0377BP มีค่ากิจกรรมจำเพาะ 0.9062 U/mg (Yeon et al, 2004) ไคโตซาเนสจาก *Bacillus* sp. Strain CK4 มีค่ากิจกรรมจำเพาะ 0.8041 U/mg (Yoon et al, 2001) และไคโตซาเนสจาก *Paenibacillus fukuinensis* มีค่ากิจกรรมจำเพาะ 0.8614 U/mg (Fukuda et al, 2007)

ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยของไคโตซาเนสจากต้นอ่อนกระถินบ้านอายุ 2 สัปดาห์ ที่ใช้เวลาย่อย 30 นาที จะมีไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดใหญ่มากกว่าไคโตโอซิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยที่ 1, 2 และ 4 ชั่วโมง แต่มีไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดเล็กน้อยกว่า คือไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อย 30 นาที จะมีไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ของ $(GlcN)_4$, $(GlcN)_5$ และ $(GlcN)_6$ มากกว่า GlcN, $(GlcN)_2$ และ $(GlcN)_3$ แต่เมื่อใช้เวลาในการย่อยเป็น 1, 2 และ 4 ชั่วโมง ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดใหญ่จะถูกย่อยสลายให้เล็กลงเป็นโมเลกุลขนาด ที่เล็กลงเป็น GlcN, $(GlcN)_2$ และ $(GlcN)_3$) โดย $(GlcN)_4$ ถูกย่อยเป็น $(GlcN)_2$+$(GlcN)_2$ หรือ $(GlcN)_3$+$(GlcN)_1$, $(GlcN)_5$ ถูกย่อยเป็น $(GlcN)_2$+$(GlcN)_3$ หรือ $(GlcN)_4$+$(GlcN)_1$ และ $(GlcN)_6$) ถูกย่อยเป็น $(GlcN)_2$+$(GlcN)_4$ หรือ $(GlcN)_3$+$(GlcN)_3$ หรือ $(GlcN)_5$+$(GlcN)_1$

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยนี้ได้ผลการวิจัยของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์มาจากกระถินบ้านที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูง ควรเปรียบเทียบกับพืชชิดอื่น ๆ ที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูง เช่น ข้าวดอกมะลิ 105 นอกจากนี้ควรนำผลิตผลไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้ในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืช ใช้ในเครื่องสำอาง ใช้ในการเร่งการเจริญเติบโตของพืช และใช้ในการผสมอาหารบางชนิด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

รุ่งสรรค์ คำเสือ และสุภาณี ภาคาธูป. (2548). **การตรวจหาเอนไซม์ไคโตซาเนสจาดเมล็ดพืช Graminea และ Leguminosae.** โปรแกรมเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์: ปทุมธานี. 38 หน้า.

วิชาญ ภู่บึงพร้าว และสุภาพร ปรูกระโทก. (2548). **การหาเอนไซม์ไคโตซาเนสจากข้าวไทย.** โปรแกรมเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์: ปทุมธานี. 41 หน้า.

Aam, B. B., Heggset, E. B., Norberg, A. L., Sorlie, M., Varum, K. M. & Eijsink, V. G. H. (2010). Production of Chitooligosaccharides and their Potential Applications in Medicine. **Marine Drugs**. 8(5): 1482-1517.

Fukuda, T., Isogawa, D., Takagi, M., Kato-murai, M., Kimoto, H., Kusaoke, H., Ueda, M. & Suye, S. I. (2007). Yeast Cell-Surface Expression of Chitosanase from *Paenibacillus fukuinensis* **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**. 71(11): 2845-2847.

Gomori, G. (1955). Preparation of Buffers for Use in Enzymes Studies. **Methodology Enzymology.** 1: 139-146.

Kachanechai, T., Jantawat, P. & R., Pichyangkura. (2008). The Influence of Chitosan on Physicochemical Properties of Chicken Salt- soluble Protein Gel. **Food Hydrocolloids**. 22: 74-83.

Lievens, B., Houterman, P. M. & Rep, M. (2009). Effector Gene Screening Allows Unambiguous Identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici Races and Discrimination from other Formae Specials. **FEMS Microbiology Letters**. 300 (2): 201–215.

Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951). Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent. **Journal of Biological Chemistry.** 193: 265-275.

Pillai, C. K. S., Paul, W. & Sharma, C. P. (2009). Chitin and Chitosan Polymers: Chemistry, Solubility and Fiber Formation. **Progress in Polymer Science**. 4(2): 641-678.

Pownibg, R. F. and Lrzykiewicy, H. (1967). Sepration of Chitin Oligosaccharide by Thin Layer Chromatography. **Journal of Chromatography**. 27: 115-119.

Tolaimate, A., Desbrieres, J., Rhazi, M. & Alagui, A. (2003). Contribution to the Preparation of Chitins and Chitosan with Controlled Physic-chemical Properties. **Polymer.** 44(26): 7939- 7952.

Yeon, J. C., Eun, J. K., Zhe, P., Young, C. Y. & Yong, C.S. (2004). Purification and Characterization of Chitosanase from *Bacillus* sp. Strain KCTC 0377BP and Its Application for the Production of Chitosan Oligosaccharides. **Applied Environmental Microbiology.** 70(8): 439-446.

Yoon, H. G., Kim, H. Y., Kim, H. K., & Hong, B.S. (2001). Thermostable Chitosanase from *Bacillus* sp. Strain CK4: Its Purification, Characterization, and Reaction Patterns. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**. 65(4): 802-809.

การใช้เศษเหลือและผลพลอยได้ของต้นข้าวโพดเป็นอาหารหมักสำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ศิริลักษณ์ อุทองคำ[1*] สุดารัตน์ แสนกล้า[1] ทิวานนท์ เสตเขตต์ล[1] สุนันทา ยงปัญญา[1]
พีร์นิธิ ราชวิชา[1] นฤมล สมคุณา[1] ชุลีกานต์ สายเนตร[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนะและกรดไขมันระเหยได้ของต้นข้าวโพดหมักระยะการหมักที่ 5, 10, 15 และ 20 วัน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design ; RCBD) ประกอบด้วย 6 กลุ่มการทดลอง กลุ่มการทดลองละ 3 ซ้ำ คือกลุ่มการทดลองที่ 1 : 86 % ต้นข้าวโพด 10 % รำ 4 % ฝักจามจุรี กลุ่มการทดลองที่ 2 : 82 % ต้นข้าวโพด 10 % รำ 8 % ฝักจามจุรี กลุ่มการทดลองที่ 3 : 78% ต้นข้าวโพด 10 % รำ 12 % ฝักจามจุรี กลุ่มการทดลองที่ 4 : 88 % ต้นข้าวโพด 10 % รำ 2 % กากน้ำตาล กลุ่มการทดลองที่ 5 : 86 % ต้นข้าวโพด 10% รำ 4 % กากน้ำตาล กลุ่มการทดลองที่ 6 : 84 % ต้นข้าวโพด 10 % รำ 6 % กากน้ำตาล ใช้ระยะเวลาการหมักที่ 5, 10, 15 และ 20 วัน พบว่าต้นข้าวโพดหมักทั้ง 6 กลุ่มการทดลองคุณค่าทางโภชนะของปริมาณเถ้า ปริมาณความชื้น และปริมาณวัตถุแห้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่มีปริมาณโปรตีนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งกลุ่มการทดลองที่ 1 กลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3 มีคุณค่าทางโภชนะของปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.14, 24.93 และ 22.73 % ตามลำดับ และระยะเวลาการหมักที่ 5, 10, 15 และ 20 วัน พบว่าคุณค่าทางโภชนะของปริมาณเถ้า ปริมาณความชื้น ปริมาณวัตถุแห้ง และปริมาณโปรตีนของต้นข้าวโพดหมักไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) นอกจากนั้นยังมีกรดแลคติค กรดอะซิติค และกรดบิวทีริคจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของหญ้าหมัก เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมินของกรมปศุสัตว์

คำสำคัญ : ต้นข้าวโพดหมัก คุณค่าทางโภชนะ กรดไขมันระเหยได้

[1] *สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ บุรีรัมย์ ประเทศไทย 31000*
** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: rachwicha@msn.com*

USING AND BY-PRODUCTS OF CORN AS FERMENTED FEED FOR ANIMAL RUMINANT

Sirilak Authongkham[1*] Sudarat Saenkla[1] Thiwanon Setkhet[1] Sununtha Yongpunya[1]
Phinithi Rachwicha[1] Narumon Somkuna[1] Chuleekant Sainate[1]

Abstract

The objective of this study was assess nutritive value of fermented corn at different formula and period of fermentation. The experimental design was Randomized complete block design (RCBD). The corn stems were subjected to fermented 6 formula consisted of 3 replications: Formula 1 was 86% corn, 10% rice bran and 4% East indian walnut. Formula 2 was 82% corn, 10% rice bran and 8% East indian walnut. Formula 3 was 78% corn, 10% rice bran and 12% East indian walnut. Formula 4 was 88% corn, 10% rice bran and 2% molasses. Formula 5 was 86% corn, 10% rice bran and 4% molasses. Formula 6 was 84% corn, 10% rice bran and 6 % molasses. The result of this study found that the fermented corn formula had no effect on nutritive value (moisture, ash, day matter and fiber) ($P>0.05$) but protein content of fermented corn formula 1, 2 and 3. showed significant difference ($P<0.05$) as 23.14, 24.93 and 22.73 percent, respectively. The fermentation periods were 5, 10, 15 and 20 days found that the fermentation period had no effect on nutritive value (moisture, ash, day matter, fiber, and protein) ($P>0.05$) In addition, lactic acid, acetic acid and butyric acid are standardized in silage. When compared to the assessment criteria of the Department of Livestock.

Keywords : Fermented corn, Nutritive value, Volatile fatty acid

[1] *Department of Animal Sciences, Faculty of Agricultural Technology, Buriram Rajabhat University, Buriram, Thailand 31000*
**Corresponding author, e-mail: rachwicha@msn.com*

บทนำ

ปัญหาหลักของเกษตรกรผู้เลี้ยงโค-กระบือในอดีตจนถึงปัจจุบันคือ การขาดแคลนอาหารในการเลี้ยงในฤดูกาลต่างๆ โดยเฉพาะในฤดูแล้งหรือแม้แต่ในฤดูฝน การนำวัสดุเหลือใช้ที่เป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรเศษมาเก็บถนอมในรูปแบบการหมักและเสริมคุณภาพทางโภชชนะจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่จะสามารถเก็บถนอมเศษเหลือเหล่านั้นให้มีคุณภาพและเพียงพอในการเลี้ยงสัตว์ได้อย่างสม่ำเสมอ ข้าวโพดหวานเป็นพืชที่นิยมปลูกกันทั่วไปทั้งในและนอกฤดูเพาะปลูก และยังเป็นพืชที่เหมาะในการทำพืชอาหารหมัก (กรมปศุสัตว์, 2544) จากสถานการณ์ผลิต ปี 2558/59 การผลิตมีปริมาณ 959.89 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559 อ้างอิงโดย สุจิตตรา, มมป.) ทำให้มีผลผลิตพลอยได้เศษเหลือจากการปลูกข้าวโพดหวาน คือ ต้นของข้าวโพดซึ่งจะมีปริมาณมากตามปริมาณการปลูกไปด้วย และต้นข้าวโพดหวานยังเป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพที่พอใช้ซึ่งต้นข้าวโพดมีโปรตีน 8-9 % วัตถุแห้ง 25.5% เยื่อใย (Neutral Detergent Fiber ; NDF) 61.0 % (Acid Detergent Fiber ; ADF) 34.6 % (กรมปศุสัตว์, 2559) แต่อย่างไรก็ตามการหมักต้นข้าวโพดเพียงอย่างเดียวก็หมักให้คุณค่าทางโภชนะค่อนข้างต่ำค่าโปรตีนรวม 8.5 % อัญชลี. 2554 ได้กล่าวว่าการเสริมวัตถุดิบที่มีโปรตีนสูงจะสามารถทำให้พืชหมักมีโปรตีนสูงขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการเสริมโปรตีนและพลังงานเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนะ รำระเอียดเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นราคาไม่แพงมีค่าโปรตีนรวม 13 % มีพลังงาน 75 % มีเยื่อใย 11 % (นฤมล, 2556) ในการหมักที่มีปริมาณโปรตีนสูงจำเป็นจะต้องใช้สารเสริมช่วยหมักเพิ่มพลังงานกากน้ำตาลเป็นสารช่วยให้หมักพวกคาร์โบไฮเดรตที่สามารถกระตุ้นการสร้างกรดแลคติคให้เพิ่มมากขึ้น แต่ในประเทศไทยมีต้นจามจุรี (*Samanea saman*) เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติทั่วทุกภูมิภาคเป็นสารพัดประโยชน์ให้ผลหรือฝักจำนวนมากฝักมีรสหวาน 20 – 30 % (ทองสุขและคณะ, 2551) ดังนั้น การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาปรับปรุงให้มีคุณภาพและเก็บสำรองในรูปแบบอาหารหยาบหมักที่มีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้นจึงเป็นวิธีการหนึ่งในการเพิ่มประโยชน์และมูลค่าวัสดุเหลือใช้ รวมทั้งยังเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและธรรมชาติโดยนำวัสดุเหลือใช้กลับไปใช้ใหม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนะและกรดไขมันระเหยได้ของต้นข้าวโพดหมัก และระยะการหมักที่ 5, 10, 15 และ 20 วัน

วิธีดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design RCBD) ประกอบด้วย 6 การทดลอง (Treatment) และจัดกลุ่มเป็น 4 กลุ่มบล็อก ตามระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก 5, 10, 15 และ20 วัน มีดังนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 (T1) ต้นข้าวโพด 86% + รำ 10% + ฝักจามจุรี 4%
กลุ่มการทดลองที่ 2 (T2) ต้นข้าวโพด 82% + รำ 10% + ฝักจามจุรี 8%
กลุ่มการทดลองที่ 3 (T3) ต้นข้าวโพด 78% + รำ 10% + ฝักจามจุรี 12%
กลุ่มการทดลองที่ 4 (T4) ต้นข้าวโพด 88% + รำ 10% + กากน้ำตาล 2%
กลุ่มการทดลองที่ 5 (T5) ต้นข้าวโพด 86% + รำ 10% + กากน้ำตาล 4%
กลุ่มการทดลองที่ 6 (T6) ต้นข้าวโพด 84% + รำ 10% + กากน้ำตาล 6%

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บตัวอย่างของพืชอาหารหมักซึ่งจะหมักไว้เป็นระยะเวลา 5, 10, 15 และ20 วัน โดยจะเก็บสุ่มตัวอย่างของพืชอาหารหมักจำนวน 6 กลุ่มการทดลอง (Treatments) กลุ่มการทดลองละ 3 ตัวอย่างที่นำไปใช้วิเคราะห์ เก็บทั้งหมด 4 ครั้ง คือ 5, 10, 15 และ20 วัน นำตัวอย่างที่เก็บได้ไปแช่ในตู้แช่แข็งเพื่อศึกษาหาคุณค่าของโภชนะต่างๆ

การศึกษาหาปริมาณกลุ่มสาร (Proximate Analysis) นำตัวอย่างพืชหมักไปอบแห้งโดยใช้ความร้อนประมาณ 60 องศาเซลเซียส แล้วนำไปบดให้ละเอียด เพื่อวิเคราะห์หาค่าโภชนะต่างๆโดยวิธี Proximate Analysis /การวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสาร ดังนี้ (นฤมล, 2556)

- การวิเคราะห์หาความชื้น (Determination)
- การวิเคราะห์เถ้า (Ash)
- การวิเคราะห์หาเยื่อใยทั้งหมดในอาหารสัตว์ (Crude fiber,CF)
- การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในอาหารสัตว์ (Crude protein, CP)

การศึกษาหาปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid, VFA) นำตัวอย่างของพืชหมักทั้ง 6 กลุ่มการทดลองที่แช่แข็งไว้มาวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยง่าย (Zimmer.1966; อ้างอิงโดยบุญล้อมและบุญเสริม, 2525)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ตามแบบแผนการสุ่มแบบสมบูรณ์ (RCBD) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของต้นข้าวโพดหมัก และระยะเวลาการหมักที่ 5, 10, 15 และ 20 วัน

ผลจากการศึกษาคุณภาพต้นข้าวโพดหมักที่เป็นเศษเหลือทางการเกษตรเพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง ระยะเวลาการหมักที่ 5, 10, 15 และ 20 วัน พบว่าต้นข้าวโพดหมักทั้ง 6 กลุ่มการทดลองมีคุณค่าทางโภชนะของปริมาณเถ้า ปริมาณความชื้น และปริมาณวัตถุแห้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่พบว่ามีคุณค่าทางโภชนะของปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งกลุ่มการทดลองที่ 1 กลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3 มีคุณค่าทางโภชนะของปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.14, 24.93 และ 22.73 % ตามลำดับ (ตารางที 1) จากผลการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นได้ว่ากลุ่มการทดลองข้าวโพดหมักที่เสริมฝักจามจุรีมีผลต่อการเพิ่มของปริมาณโปรตีนที่สูงกว่ากลุ่มการทดลองต้นข้าวโพดหมักที่เสริมด้วยกากน้ำตาล เนื่องจากฝักจามจุรีมีโปรตีน 18.56 % (อนุชา และคณะ, 2555) มากกว่าระดับโปรตีนของกากน้ำตาล มีอยู่ประมาณ 2.5-4.5 % (จุไรรัตน์, 2543) การเสริมฝักจามจุรีในกลุ่มการทดลองข้าวโพดหมักจึงส่งผลต่อการเพิ่มของปริมาณโปรตีนในกลุ่มการทดลองต้นข้าวโพดหมัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ระยะเวลาการหมักที่ 5, 10, 15 และ 20 วัน ไม่มีผลต่อคุณค่าทางโภชนะของปริมาณโปรตีนต้นข้าวโพดหมักที่สูงขึ้น ($P>0.05$) (ตารางที 1)

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนะของต้นข้าวโพดหมัก และระยะเวลาการหมักที่ 5 , 10 , 15 และ 20 วัน

คุณค่าทางโภชนะ	A ระยะเวลาการหมัก (วัน)				B การทดลอง (Treatment)						CV	P-Value	
	5	10	15	20	T1	T2	T3	T4	T5	T6		A	B
วัตถุแห้ง %	30.86	31.07	33.28	31.84	32.42	32.74	32.18	31.36	2912	32.74	1.96	0.28	0.23
ความชื้น %	67.54[e]	57.69[a]	60.99[b]	64.15[c]	62.53	63.67	63.29	63.79	61.42	60.87	5.04	0.00	0.09
โปรตีน %	17.83	18.24	17.06	18.13	23.13[b]	24.92[b]	22.73[b]	12.94[a]	11.93[a]	11.26[a]	4.68	0.51	0.00
เถ้า %	12.25	11.43	11.68	12.10	11.93	12.18	11.96	11.89	11.86	11.38	1.64	0.05	0.50
เยื่อใย %	41.16	41.48	40.43	40.52	41.49	41.46	40.08	40.29	41.37	40.68	3.27	0.32	0.30

[a,b,c]ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญที่ (P<0.05)
กลุ่มการทดลองที่ 1 (T1) ต้นข้าวโพด 86% + รำ 10% + ฝักจามจุรี 4%, กลุ่มการทดลองที่ 2 (T2) ต้นข้าวโพด 82% + รำ 10% + ฝักจามจุรี 8%
กลุ่มการทดลองที่ 3 (T3) ต้นข้าวโพด 78% + รำ 10% + ฝักจามจุรี 12%, กลุ่มการทดลองที่ 4 (T4) ต้นข้าวโพด 88% + รำ 10% + กากน้ำตาล 2%
กลุ่มการทดลองที่ 5 (T5) ต้นข้าวโพด 86% + รำ 10% + กากน้ำตาล 4% , กลุ่มการทดลองที่ 6 (T6) ต้นข้าวโพด 84% + รำ 10% + กากน้ำตาล 6%

คุณภาพลักษณะทางเคมี (กรดไขมันระเหยได้) ของกลุ่มการทดลองต้นข้าวโพดหมัก และระยะเวลาการหมักที่ 5, 10, 15 และ 20 วัน

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าคุณภาพลักษณะทางเคมีของการเกิดกรดแลคติคของกลุ่มการทดลองต้นข้าวโพดหมัก ทั้ง 6 กลุ่มการทดลองมีผลปริมาณของการเกิดกรดแลคติคที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.16, 1.33, 1.09, 1.21, 1.11 และ 1.27 % ตามลำดับ ซึ่งพบว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 และ 6 มีค่าเฉลี่ยของการเกิดกรดแลคติคที่สูงที่สุด เท่ากับ1.33 และ 1.27 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาการหมักที่ 5, 10, 15 และ 20 วัน มีผลต่อการเกิดกรดแลคติคของต้นข้าวโพดหมักไม่แตกต่างกัน (P>0.05) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.19, 1.17, 1.19 และ 1.20 % ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสอดคล้องกับสายขิม และนวลมณี. (2532) ได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนะของต้นและเศษเหลือข้าวโพดฝักอ่อนหมัก ที่ผสมด้วยใบกระถิน พบว่า กรดแลกติค มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.17, 1.08, 0.95 และ 1.07 % ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบเกณฑ์คุณภาพหญ้าหมักของกรมปศุสัตว์ควรมีสัดส่วน 1.5 – 2.5 % คุณภาพกลุ่มการทดลองต้นข้าวโพดหมักจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และลักษณะทางเคมีของการเกิดกรดอะซิติคของกลุ่มการทดลองต้นข้าวโพดหมัก ทั้ง 6 กลุ่มการทดลอง พบว่าลักษณะทางเคมีของการเกิดกรดอะซิติคของต้นข้าวโพดหมักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.62, 0.52, 0.67, 0.50, 0.58 และ 0.75 % ตามลำดับ ซึ่งพบว่ากลุ่มการทดลองที่ 3 และ 6 มีค่าเฉลี่ยของการเกิดกรดอะซิติคที่สูงที่สุด เท่ากับ 0.67 และ 0.75 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาการหมักที่ 5, 10, 15 และ 20 วัน มีลักษณะทางเคมีของการเกิดกรดอะซิติคของต้นข้าวโพดหมักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.57, 0.46, 0.63 และ 0.78 % ตามลำดับ ซึ่งพบว่าระยะเวลาการหมักที 15 และ 20 มีค่าเฉลี่ยของการเกิดกรดอะซิติคที่สูงที่สุด เท่ากับ 0.63 และ 0.78 % ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสอดคล้องกับสายขิม และนวลมณี. (2532) ได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนะของต้นและเศษเหลือข้าวโพดฝักอ่อนหมัก ที่ผสมด้วยใบกระถิน พบว่า กรดอะซิติค เป็น 0.26, 0.32, 0.46 และ 0.50 % ตามลำดับ นอกจากนี้คุณภาพลักษณะทางเคมีของการเกิดกรดบิวทีริคของกลุ่มการทดลองต้นข้าวโพดหมัก ทั้ง 6 กลุ่มการทดลอง พบว่าลักษณะทางเคมีของการเกิดกรดบิวทีริคกลุ่มการทดลองของต้นข้าวโพดหมักไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.03, -0.06, -0.07, -0.01, -0.03 และ 0.00 % ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาการหมักที่ 5, 10, 15 และ 20 วัน เกิดกรดแลคติคของต้นข้าวโพดหมัก

ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.02, -0.02, -0.01 และ -0.08 % ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ติดลบมีค่าเท่ากับ 0 หรือไม่เกิดปริมาณกรดบิวทีริค อาจเนื่องจากพืชแก่ ที่มีสัดส่วนของอาหารหยาบสูง แต่ถ้ามีการบดหยาบจะทำให้สัดส่วนของอะซิติคลดลง การได้รับโปรตีนระดับสูงการผลิตกรดบิวทิริคจะเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบเกณฑ์คุณภาพหญ้าหมักของกรมปศุสัตว์ควรมีสัดส่วน น้อยกว่า 0.1 % คุณภาพกลุ่มการทดลองต้นข้าวโพดหมักจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดี (กรมปศุสัตว์, 2544)

ตารางที่ 2 คุณภาพลักษณะทางเคมี (กรดไขมันระเหยได้) ของกลุ่มการทดลองต้นข้าวโพดหมัก และระยะเวลาการหมักที่ 5, 10, 15 และ 20 วัน

คุณภาพลักษณะทางเคมี	A ระยะเวลาการหมัก (วัน)				B การทดลอง (Treatment)						CV	P-Value	
	5	10	15	20	T1	T2	T3	T4	T5	T6		A	B
(กรดไขมันระเหยได้)													
กรดแลคติค	1.19^{a}	1.18^{a}	1.19^{a}	1.24^{b}	1.38	1.33	1.09	1.21	1.11	1.27	0.79	0.00	0.49
กรดอะซิติค	0.57^{b}	0.46^{a}	0.63^{b}	0.78^{c}	0.62a^{b}	0.52^{a}	0.67^{bc}	0.50^{a}	0.58^{ab}	0.75^{c}	0.16	0.00	0.00
กรดบิวทีริค	-0.19	-0.02	-0.01	-0.08	-0.03	-0.06	-0.07	-0.01	-0.03	0.00	0.47	0.06	0.28

^{a,b,c}ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญที่ (P<0.05)

กลุ่มการทดลองที่ 1 (T1) ต้นข้าวโพด 86% + รำ 10% + ฝักจามจุรี 4%, กลุ่มการทดลองที่ 2 (T2) ต้นข้าวโพด 82% + รำ 10% + ฝักจามจุรี 8%
กลุ่มการทดลองที่ 3 (T3) ต้นข้าวโพด 78% + รำ 10% + ฝักจามจุรี 12%, กลุ่มการทดลองที่ 4 (T4) ต้นข้าวโพด 88% + รำ 10% + กากน้ำตาล 2%
กลุ่มการทดลองที่ 5 (T5) ต้นข้าวโพด 86% + รำ 10% + กากน้ำตาล 4% , กลุ่มการทดลองที่ 6 (T6) ต้นข้าวโพด 84% + รำ 10% + กากน้ำตาล 6%

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาคุณค่าทางโภชนะและกรดไขมันระเหยได้ของต้นข้าวโพดหมัก ระยะการหมักที่ 5, 10, 15 และ 20 วัน ของกลุ่มการทดลองต้นข้าวโพดหมักทั้ง 6 กลุ่มการทดลอง พบว่า

ต้นข้าวโพดหมักทั้ง 6 กลุ่มการทดลองมีคุณค่าทางโภชนะของปริมาณเถ้า ปริมาณความชื้น และปริมาณวัตถุแห้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) แต่พบว่าปริมาณโปรตีนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ซึ่งกลุ่มการทดลองที่ 1 กลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3 มีคุณค่าทางโภชนะของปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.14, 24.93 และ 22.73 % ตามลำดับ
ระยะเวลาหมักต้นข้าวโพด ที่ 5, 10, 15 และ 20 วัน พบว่าคุณค่าทางโภชนะของปริมาณเถ้า ปริมาณความชื้น ปริมาณวัตถุแห้ง และปริมาณโปรตีน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) และนอกจากนั้นมีกรดแลคติค กรดอะซิติค และกรดบิวทีริคจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของหญ้าหมัก เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมินของกรมปศุสัตว์

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลงานวิจัยไปใช้

การทดลองในครั้งนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการทางอาหารสัตว์ โดยการวิเคราะห์ค่าโภชนะของอาหาร อาจจะให้ผลแตกต่างกับการใช้ทดลองในตัวสัตว์

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการทดลองในตัวสัตว์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องวิทยาศาสตร์สิเคราะห์อาหารสัตว์ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ และคณาจารย์ที่ให้คำแนะนำ

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. (2544). มาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักกองอาหารสัตว์. **เอกสารกรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตร และสหกรณ์**.

กรมปศุสัตว์. (2559).**การทำหญ้าหมัก**. [ระบบออนไลน์] http://pvlo-pyu.dld.go.th สืบค้นวันที่ 3 พฤศจิกายน 2559.

จุไรรัตน์ เสนพงศ์. (2543). **กากน้ำตาล ประโยชน์ และวิธีทำกากน้ำตาล**. [ระบบออนไลน์]: http://puechkaset.com/ สืบค้นวันที่ 16 พฤศจิกายน 2560.

ทองสุข เจตนา สังวร อยู่สว่าง ศิริมา ทองรวย จีระพัฒน์ วงศ์พิพัฒน์ และสรรเพชญ โสภณ. (2551). ผลการใช้ฝักจามจุรีแทนกระถินเป็นอาหารโปรตีนเสริมสำหรับการผลิตโค. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46: สาขาสัตว์ และสัตวแพทยศาสตร์**. 699 หน้า.

นฤมล สมคุณา. (2556). **เอกสารประกอบการเรียนการสอน รายวิชาการตรวจและการวิเคราะห์อาหารสัตว์**. สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์. หน้า 223-235.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และบุญเสริม ชีวะอิสระกุล. (2525). **วิธีการวิเคราะห์และทดลองทางโภชนะศาสตร์สัตว์**. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุจิตตรา พูนสวัสด. (มมป). **ข้าวโพดเลี้ยงสัตว**.กลุ่มงานคณะกรรมาธิการการเกษตรและสหกรณ์ สำนักกรรมาธิการ 1 สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร์. [ระบบออนไลน์]: file:///C:/Users/AcerSpin1/Downloads/01Corn%20fed%20animals.pdf/สืบค้นวันที่ 16 พฤศจิกายน 2560.

สายขิม แสงโชติ และนวลมณี กาญจนพิบูลย์. (2532). การหมักต้นและเศษเหลือของข้าวโพดฝักอ่อนเสริมด้วยใบกระถิน โดยใช้ถุงหมักเพื่อใช้เป็นอาหารโคนม. **รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2535**. สำนักพัฒนาอาหารสัตว์.

อนุชา ศิลิปราโมช ศรีตะโกเศศ สมปอง สรวมศิริ วินัย โยธินศิริกุล. (2555). **ผลของการแช่ฝักจามจุรีด้วยสารละลายยูเรียในการบ่มด้วยแอมโมเนียที่มีต่อการใช้ประโยชน์ของฝัก**.ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้เชียงใหม่.

คุณสมบัติทางเคมีของดินจากการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ตำบลป่าไร่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว

เรือนแก้ว เดชนอก[1] มณทิพย์ จันทร์แก้ว[2*] นิสา พักตร์วิไล[3] ปัณณ์รภัส ถกลภักดี[4]

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ผ่านการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจโดยทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของดินได้แก่ การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก(Cation Exchange Capacity: CEC) ปริมาณอินทรียวัตถุ(Organic Matter: OM) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus: TP) และไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen: TN) พื้นที่ศึกษาคือตำบลป่าไร่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ทำการเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่เพาะปลูกอ้อยเนื่องจากอ้อยมีพื้นที่การเพาะปลูกมากที่สุดและบริเวณร่องน้ำธรรมชาติที่แห้ง ผลการศึกษาพบว่าการนำไฟฟ้าทุกจุดมีค่าต่ำมาก ความเป็นกรด-ด่างทุกจุดมีสภาพเป็นกรดปานกลาง ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกทุกจุดมีค่าสูง ปริมาณอินทรียวัตถุทุกจุดมีค่าต่ำมาก ฟอสฟอรัสทั้งหมดทุกจุดมีค่าต่ำ และไนโตรเจนทั้งหมดทุกจุดมีค่าต่ำ ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีเพื่อตรวจสอบคุณภาพดินสรุปได้ว่าพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจมาอย่างยาวนานส่งผลให้ดินมีคุณภาพเสื่อมโทรม ดังนั้นจึงควรมีการทำการปรับปรุงคุณภาพดินโดยมีแนวทางดังนี้คือการเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน การเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยไนโตรเจน รวมถึงควรมีการลดความเป็นกรดโดยเติมปูนขาว หรือขี้เถ้า การปรับปรุงทั้งหมดที่กล่าวมาเพื่อเพิ่มศักยภาพให้ดินให้เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชในอนาคต

คำสำคัญ : คุณสมบัติทางเคมี ดินจากการเพาะปลูก พืชเศรษฐกิจ

---

[1] นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: Aell.lek1909@gmail.com

[2] หลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: montip@vru.ac.th

[3] หลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: nisa@vru.ac.th

[4] หลักสูตรวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: pannraphat@vru.ac.th

**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: montip@vru.ac.th*

CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL FOR ECONOMIC CROPS IN PA-RAI SUBDISTRICT ARANYAPRATHET “DISTRICT”, SA-KAEO PROVINCE

Rurnkaew Dachnok[1] Montip Jankhaw[2*] Nisa Pakvilai[3] Pannraphat Takolpuckdee[4]

Abstract

The aim of this research was to evaluate the chemical properties of used-soil for economic crops. The chemical properties of Electrical Conductivity (EC); Acidity and Alkalinity (pH); Cation Exchange Capacity (CEC); Organic Matter (OM); Total Phosphorus (TP) and Total Nitrogen (TN) were focused. The area of study were at located in Pa-Rai Subdistrict, Aranyaprathet District Sa-Kaeo Province. The soil samples were chosen from Sugarcane area due to the popularity. The results were displayed that a of the EC values were very low. The soils were moderated acid. All the Cation Exchange Capacity values were highly positive, whereas, all values of the organic matter, Total Phosphorus, and Total Nitrogen were very low. Therefore, the assessment of soil ability in this area was not appropriated because of the long-time used for the cultivation of economic crops. Thus, the soil amendment materials were concerned by the addition of organic matters, organic fertilizers, and nitrogen-containing fertilizers. The neutralization of acidic soil was emphasized by the addition of lime or bottom-ashes to increase the soil nutrition for the economic crop capacities

Keywords : Chemical Properties, Soil, Economic Crop

[1] *Student of Environmental Science Program in Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail:* Aell.lek1909@gmail.com

[2] *Environmental Science Program in Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage,*

[3] *Environmental Science Program in Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: nisa@vru.ac.th*

[4] *Science Education Program in Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: pannraphat@vru.ac.th*

** Corresponding author, e-mail:* rdi_published@vru.ac.th

บทนำ

อรัญประเทศ เป็นอำเภอหนึ่งในจังหวัดสระแก้ว มีพื้นที่ 821.265 ตารางกิโลเมตร มีประชากรทั้งหมด 89,660 คน ความหนาแน่นของประชากร 109.17 คนต่อตารางกิโลเมตร โดยอำเภอนี้ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของจังหวัด มีอาณาเขตติดต่อกับเขตปกครองข้างเคียงดังต่อไปนี้ ทิศเหนือติดต่อกับอำเภอวัฒนานครและอำเภอโคกสูง, ทิศตะวันออก ติดต่อกับประเทศกัมพูชา, ทิศใต้ ติดกับประเทศกัมพูชาและอำเภอคลองหาด และทิศตะวันตก ติดต่อกับอำเภอคลองหาดและอำเภอวัฒนานคร โดยในอำเภอนี้มีตำบลทั้งหมด 13 ตำบล ดังต่อไปนี้ อรัญประเทศ, เมืองไผ่, หันทราย, คลองน้ำใส, ท่าข้าม, ป่าไร่, ทับพริก, บ้านใหม่หนองไทร, ผ่านศึก, หนองสังข์, คลองทับจันทร์, ฟากห้วย และบ้านด่าน (วิกิพีเดียสารานุกรมเสรี, 2561) อาชีพหลัก ได้แก่ เกษตรกรรม, ค้าขาย และรับจ้าง เป็นต้น อาชีพเสริม ได้แก่ เลี้ยงสัตว์, อุตสาหกรรมในครัวเรือน และทอผ้า เป็นต้น การเกษตร และอุตสาหกรรม การผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว, มันสำปะหลัง, อ้อย และแคนตาลูป เป็นต้น แหล่งน้ำที่สำคัญ ได้แก่ คลองพรหมโหสถ์ เป็นต้น และโรงงานอุตสาหกรรมที่สำคัญ ได้แก่ โรงงานดอกไม้ประดิษฐ์ ม.3 ต.บ้านด่าน เป็นต้น (ศูนย์บริการข้อมูลอำเภอ. 2551) มีผลิตภัณฑ์ชุมชน ได้แก่ ผลิตภัณฑ์จากกก, ไม้กวาดทางมะพร้าว, เปล, ไม้กวาดดอกหญ้า, ผ้าขาวม้าชนิดเส้นใยประดิษฐ์, ผ้าขาวม้าชนิดเส้นใยผสม, น้ำพริกเผา, งานประดิษฐ์จากผ้า, เชือกมัดฟาง, แชมพูผสมอัญชัน, แชมพูผสมขมิ้นชัน, ผลิตภัณฑ์บำรุงผมผสมอัญชัน, ผลิตภัณฑ์ล้างหน้าผสมกระเจี๊ยบ, ผลิตภัณฑ์ล้างหน้าผสมขมิ้นชัน, ผลิตภัณฑ์ประดิษฐ์จากไม้, ตู้ทำจากไม้, เตียงนอนทำจากไม้, เก้าอี้ทำจากไม้, โต๊ะทำจากไม้ และชั้นวางของทำจากไม้ เป็นต้น (กองบริหารมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2561) มีรายได้เฉลี่ย 6,268 บาทต่อเดือนต่อคน (ระบบภูมิสารสนเทศสถิติ, 2552)

ป่าไร่ เป็นเทศบาลตำบลที่แยกออกมาจากตำบลท่าข้าม ในอดีตพื้นที่ได้รับผลกระทบจากภัยสงครามจากการช่วงชิงดินแดนของเขมร 3 ฝ่าย ทำให้ประชาชนในพื้นที่ได้รับความเดือดร้อนเป็นเวลายาวนาน สภาพความเป็นอยู่ลำบาก ยากจน ชนชาติของผู้ที่อาศัยอยู่ประกอบด้วยไทย ไทย-โคราช ลาว กัมพูชา และเวียดนาม ซึ่งมีความหลากหลายของวัฒนธรรมและภาษาที่ใช้ในการสื่อสาร

เทศบาลตำบลป่าไร่มีพื้นที่ 65,162 ไร่ ประกอบไปด้วย 9 หมู่บ้าน เป็นพื้นที่เกษตรกรรม 53,353 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 82 ของพื้นที่ทั้งหมด (สำนักปลัดเทศบาลตำบลป่าไร่, 2555) พืชที่นิยมทำการเพาะปลูกได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง ข้าว และยูคาลิปตัส จากการสัมภาษณ์ประชาชนในพื้นที่พบว่าผลผลิตจากการเพาะปลูกต่ำ ผู้วิจัยจึงทำการศึกษา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประเมินคุณสมบัติทางเคมีของดินจากการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ตำบลป่าไร่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร (Population) ดินบริเวณตำบลป่าไร่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว

กลุ่มตัวอย่าง (Samples) ตัวอย่างดินทั้ง 3 จุด คือ จุดที่ 1 ตำบลป่าไร่ (บริเวณดินไร่อ้อย) จุดที่ 2 ตำบลป่าไร่ (บริเวณคลองน้ำ) และจุดที่ 3 ตำบลป่าไร่ (บริเวณไร่อ้อย)

แผนการทดลอง ในการศึกษาครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อคสมบูรณ์(Randomized Complete Block : RBD) ประกอบด้วย 3 ตำรับการทดลอง (Treatments) และทดลอง 5 ซ้ำ (Replications) รวมทั้งหมด 15 หน่วยการทดลอง (Experiment Units)

การเก็บตัวอย่างดิน และวิเคราะห์คุณสมบัติของดินบางประการก่อนการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างชุดดินสระแก้ว ตำบลป่าไร่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ในระดับความลึกจากผิวดิน 25 cm ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างดิน หลังจากนั้นนำมาคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นนำดินผึ่งให้แห้งแล้วมาบดผ่านตะแกรงร่อนดินขนาด 2 mm สุ่มตัวอย่างดินไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติดินทางเคมีบางประการ ได้แก่ pH, EC, CEC, OM, TN และ Available P โดยสถานที่ใช้ในงานการทดลองวิจัยในครั้งนี้ ใช้สำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติดินบางประการ ใช้ที่ห้องปฏิบัติการหลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ วิธีวิเคราะห์ตามคู่มือการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินทางกายภาพและเคมีบางประการ ดังตารางที่ 1 และมีรายละเอียดการวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ดัชนีตรวจวัดและวิธีวิเคราะห์คุณสมบัติดินทางกายภาพและเคมีบางประการ

ดัชนีตรวจวัด (Parameters)	วิธีวิเคราะห์ (อ้างอิง)
ความเป็นกรด-ด่าง (pH 1 : 1)	pH meter (Black, 1999)
การนำไฟฟ้า (EC 1 : 5)	Conductivity meter (Cottenie, 1980)
ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS 1 : 5)	Conductivity Meter (Cottenie, 1980)
อินทรียวัตถุ (OM)	Walkley Black Modified Acid-dichromate Digestion Titration Method (Walkley and Black, 1947)
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P)	Bray II (Walkley and Black, 1947)
ไนโตรเจนทั้งหมด (TN)	Kjeldahl method (Black,1965)
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC)	NH_4OAc 1 N (Chapman, 1965)

สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล จากการทดลองทำการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance : ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block : RBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of Variation : CV) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ผลการวิจัย

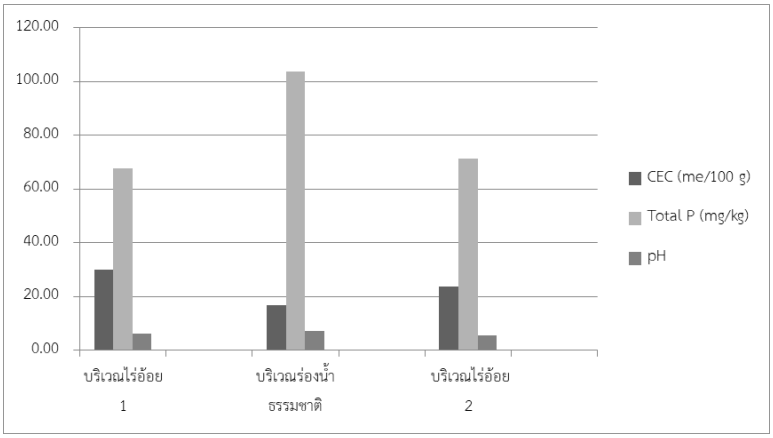
ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีบางประการของดินตำบลป่าไร่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว โดยทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดิน ซึ่งตัวอย่างที่ได้นำไปวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity: EC) ความเป็นกรดและด่างของดิน (pH) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity: CEC) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Organic Matter: OM) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus: TP) และไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen: TN) ซึ่งข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance : ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่ม

สมบูรณ์(Completely Randomized Design : CRD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) ซึ่งมีรายละเอียดผลการศึกษา ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 1 ถึงภาพที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีบางประการของดินตำบลป่าไร่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว

จุดเก็บตัวอย่าง	คุณสมบัติของดินบางประการ					
	pH	EC (dS/m)	OM (%)	CEC (me/100 g)	Total N (%)	Total P (mg/kg)
บริเวณไร่อ้อย 1	6.00±1.00^{bc}	0.0135±0.00^{c}	0.3292±0.06^{bc}	29.84±0.42^{a}	0.1323±0.01^{a}	67.72±1.95^{c}
บริเวณร่องน้ำธรรมชาติ	7.00±0.00^{a}	0.0333±0.00^{a}	0.1746±0.07^{d}	16.84±0.27^{d}	0.0994±0.01^{b}	103.66±1.93^{b}
บริเวณไร่อ้อย 2	5.60±0.55^{cd}	0.0140±0.00^{c}	0.4232±0.17^{abc}	23.80±0.52^{b}	0.1015±0.01^{b}	71.30±0.81^{c}
LSD	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
% CV	11.88	10.16	24.44	2.08	9.75	4.38

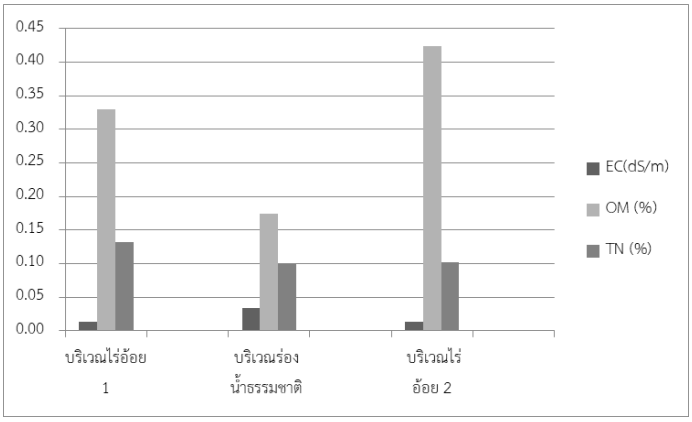
หมายเหตุ : ** มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p\leq0.01$) เมื่อทำการเปรียบเทียบแต่ละตำรับทดลองโดยวิธี LSD และสัญลักษณ์ a คือความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมากที่สุด ค่ารองมาใช้ b, c และ d ตามลำดับ



ภาพที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)

จากภาพที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ของดินตำบลป่าไร่ บริเวณดินไร่อ้อย 1, บริเวณร่องน้ำธรรมชาติ และบริเวณไร่อ้อย 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.84, 16.84 และ 23.80 me/100g ตามลำดับ ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินบ่งบอกถึงดินส่วนใหญ่จะมีประจุลบ ทำให้สามารถดูดซับธาตุอาหารพืชที่มีประจุบวกได้ ทำให้เวลาใส่ปุ๋ยที่มีประจุบวกลงในดินทำให้ไม่สูญหายไปจากดินในชั้นรากพืชได้ง่าย และในส่วนของฟอสฟอรัสทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 67.72 ,103.66 และ 71.30 mg/kg

ตามลำดับ การปลูกพืชปุ๋ยสดระหว่างแถวแล้วสับกลบโดยเลือกพืชที่ให้ฟอสฟอรัสมากที่สุดคือ ถั่วพร้า ความเป็นกรดและด่างของดินตำบลป่าไร่ บริเวณดินไร่อ้อย 1, บริเวณร่องน้ำธรรมชาติ และบริเวณไร่อ้อย 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.0, 7.0 และ 5.6 ตามลำดับ ดินที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกโดยทั่วไปมีค่า pH 6-7 (LEGATOOL, 2559)



ภาพที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีบางประการของดิน

จากภาพที่ 2 ผลการวิเคราะห์การนำไฟฟ้าของดิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0135, 0.0333 และ 0.0140 dS/m ตามลำดับ โดยสรุประดับ EC ในดินเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีของปริมาณของสารอาหารที่มีอยู่สำหรับพืชของในการดูดซับ และค่าความนำไฟฟ้าของดินยังอาจแสดงถึงความเค็มของดิน สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.3292, 0.1746 และ 0.4232 % ตามลำดับ ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก เนื่องจากเป็นพื้นที่ทำการเกษตรเชิงเดี่ยวทำให้อินทรียวัตถุในดินมีน้อย ในส่วนของไนโตรเจนทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1323, 0.0994 และ 0.1015% ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาคุณสมบัติดินบางประการของอำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว

ตำรับการทดลอง	ความอุดมสมบูรณ์					
	pH[2]	EC (dS/m)[1]	OM (%)[1]	CEC (me/100 g)[1]	TN (%)[1]	Total P (mg/kg)[1]
บริเวณไร่อ้อย 1	กรดปานกลาง	ต่ำมาก	ต่ำมาก	สูง	ต่ำ	ต่ำ
บริเวณร่องน้ำธรรมชาติ	เป็นกลาง	ต่ำมาก	ต่ำมาก	ค่อนข้างสูง	ต่ำมาก	ปานกลาง
บริเวณไร่อ้อย 2	กรดปานกลาง	ต่ำมาก	ต่ำมาก	สูง	ต่ำ	ต่ำ

หมายเหตุ : [1] พัชรี ธีรจินดาขจร, 2553
[2] กรมพัฒนาที่ดิน, 2553

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของดินบางประการของดินตำบลป่าไร่ จุดเก็บตัวอย่าง 3 แหล่ง คือ บริเวณดินไร่อ้อย 1 มีค่าความเป็นกรดและด่างของดินเป็นกรดปานกลาง, การวิเคราะห์การนำไฟฟ้าและปริมาณอินทรียวัตถุของดินต่ำมาก, ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดต่ำ และมีการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินสูง, ส่วนบริเวณร่องน้ำธรรมชาติ มีค่าความเป็นกรดและด่างของดินปานกลาง การวิเคราะห์การนำไฟฟ้าและปริมาณอินทรียวัตถุของดินต่ำมาก ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดต่ำ และการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินสูง และบริเวณไร่อ้อย 2 มีค่าความเป็นกรดและด่างของดินเป็นกรดปานกลาง การวิเคราะห์การนำไฟฟ้าปริมาณอินทรียวัตถุของดินต่ำมาก ไนโตรเจนทั้งหมดต่ำมาก ฟอสฟอรัสทั้งหมดปานกลาง และการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินค่อนข้างสูง ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$) เมื่อทำการเปรียบเทียบแต่ละตำรับทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับแนวทางปรับปรุงดินบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง คือจำเป็นต้องเพิ่มอินทรียวัตถุลงไปในดินจำนวนมาก เช่นการใส่ ปุ๋ยหมัก, ปุ๋ยคอก และปุ๋ยพืชสดจำพวกพืชตระกูลถั่ว เป็นต้น ช่วยเพิ่มการดูดซับธาตุอาหารพืชในดิน ลดการสูญเสียธาตุอาหารจากการถูกชะล้างหน้าดินด้วยการใช้วัสดุคลุมดิน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนหรือปุ๋ยอินทรีย์ให้กับพืชที่ปลูก ควรใช้ปูนขาว, โดโลไมท์, เปลือกหอย, และขี้เถ้า เพื่อลดความเป็นกรดในดิน เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการเพิ่มปริมาณวัสดุปรับปรุงบำรุงดินและขยายช่วงเวลาในการปรับปรุงให้นานขึ้น และควรเพิ่มชนิดวัสดุปรับปรุงดินที่หลากหลายโดยคำนึงถึงค่า C/N ratio ของวัสดุอินทรีย์นั้นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อย เพิ่มความหลากหลายของสัตว์หน้าดิน และบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการศึกษาวิจัยเรื่อง การประเมินคุณสมบัติทางเคมีของดินจากการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ตำบลป่าไร่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ขอขอบคุณอาจารย์ในหลักสูตรที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือด้านเก็บขนวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจนนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกคนที่ร่วมมือทำให้การดำเนินงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายคณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัย จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ปีงบประมาณ 2560 เป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. (2553). **คู่มือการวิเคราะห์พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน.** กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน.

กองบริหารมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2561). **รายชื่อผู้ที่ได้รับการรับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์ชุมชนจังหวัดสระแก้ว**. Available from: http://tcps.tisi.go.th/public/certificatelist.aspx?province=27&provincename=สระแก้ว (18 มีนาคม 2561).

พัชรี ธีรจินดาขจร. (2554). **คู่มือการวิเคราะห์ดินทางเคมี**. พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยขอนแก่น: ขอนแก่น.

_____. (2553). **การแปลค่าวิเคราะห์ดินเพื่อประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์**. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักปลัดเทศบาลตำบลป่าไร่. (2555). **แผนพัฒนาสามปี (2555-2557)**. Available from: http://www.parai.go.th/images/sub_1339400254/plan%20no%2055.pdf (18 มีนาคม 2561).

ระบบภูมิสารสนเทศสถิติ. (2552). **ข้อมูลสถิติรายได้**. Available from: http://statgis.nso.go.th/d (18 มีนาคม 2561).

วิกิพีเดียสารานุกรมเสรี. (2561). **อำเภออรัญประเทศ**. Available from: https://th.wikipedia.org/wiki/อำเภออรัญประเทศ (18 มีนาคม 2561).

สำนักงานจังหวัดสระแก้ว. (2559). **แผนพัฒนาจังหวัดสระแก้ว** (พ.ศ.2561-2564). Available from: http://www.sakaeo.go.th/websakaeo/news/news_file/103Oct20161475466688232599plan%204%20(2561-2564).pdf (18 มีนาคม 2561).

ศูนย์บริการข้อมูลอำเภอ. (2551). **อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว**. Available from: http://www.amphoe.com/menu.php?mid=1&am=656&pv=61 (18 มีนาคม 2561).

LEGATOOL. (2559). **ค่า pH ในดินคืออะไร มีผลกับพืชยังไง**. Available from: https://legatool.com/wp/5641/ (18 มีนาคม 2561).

การปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารโดยใช้ต้นเศรษฐีเรือนใน

กมลทิพย์ พูลประดิษฐ์[1] ขนิษฐา ภมรพล[2*]

บทคัดย่อ

มนุษย์ใช้เวลาส่วนใหญ่อาศัยอยู่ภายในอาคารที่ใช้เครื่องปรับอากาศโดยอยู่ในห้องปิดที่มีระบบระบายอากาศไม่เพียงพอทำให้สารมลพิษทางอากาศสะสมอยู่ภายในห้องและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่อาศัยอยู่ในอาคาร การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อลดมลภาวะทางอากาศภายในอาคารโดยใช้ไม้ประดับ คือ ต้นเศรษฐีเรือนใน จากการศึกษาวรรณกรรมการใช้ไม้ประดับลดมลภาวะทางอากาศเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะกับพื้นที่ภายในอาคารที่จำกัด โดยสามารถลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ให้มีความเข้มข้นน้อยลง และเพิ่มก๊าซออกซิเจน (O_2) ภายในอาคารผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง จากผลการตรวจวัดพบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น 8 ชั่วโมง ดังนี้ CO_2 1,060.78±169.24 ppm CO 0.99±0.27 ppm อุณหภูมิ 23.73±0.63 °C และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 77.12±0.01 โดย CO_2 มีค่าสูงเกินมาตรฐาน ASHRAE 1,000 ppm จึงทำการทดลองปรับปรุงคุณภาพอากาศด้วยต้นเศรษฐีเรือนใน พบว่า ค่าเฉลี่ย CO_2 อยู่ในระดับต่ำกว่าตอนที่ไม่มีการปลูกต้นเศรษฐีเรือนใน นอกจากนี้ไม้ประดับยังช่วยปรับปรุงทัศนียภาพให้เกิดความสวยงาม

คำสำคัญ : มลพิษอากาศภายในอาคาร การบำบัดด้วยพืชไม้ประดับ ต้นเศรษฐีเรือนใน

[1] *หลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail:* kamoltipdo@gmail.com

[2] *หลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail:* kanittha@vru.ac.th

** ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: kanittha@vru.ac.th*

INDOOR AIR QUALITY IMPROVEMENT BY *CHLOROPHYTUM COMOSUM*

Kamoltip Poonpradit[1] Kanittha Pamonpol[2*]

Abstract

People spend most time in the buildings that use air conditioner in closed room with poor ventilation. The accumulated air pollutants in the building can affect health of the residents in the building. The objective of this study is to reduce indoor air pollution by ornamental trees, spider plant (*Chlorophytum comosum*). From literature review, ornamental plants is an option to reduce air pollution in a limited area size in the building by reducing CO_2 concentration, and increasing O_2 inside the building through photosynthesis process. The results of monitoring indoor air quality for 8-hour average concentration were 1,060.78±169.24 ppm CO_2, 0.99±0.27 ppm CO, 23.73±0.63°C, and relative humidity 77.12%±0.01%. The CO_2 concentration exceed the ASHRAE standard at 1,000 ppm. This research improve indoor air quality by planting spider plant. We found that the CO_2 concentration can be decreased after planting the trees. In addition, the ornamental trees can create beautiful scenery.

Keywords : Indoor Air Pollution, Phytoremediation, *Chlorophytum comosum*

[1] *Environmental Science Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail:* kamoltipdo@gmail.com

[2] *Environmental Science Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail:* kanittha@vru.ac.th

** Corresponding author, e-mail: kanittha@vru.ac.th*

บทนำ

มนุษย์ในยุคปัจจุบันใช้เวลาส่วนใหญ่อาศัยอยู่ภายในอาคารมากกว่าร้อยละ 90 ในแต่ละวัน ซึ่งภายในอาคารหรือสำนักงานขนาดใหญ่มีการปล่อยสารพิษออกมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องพิมพ์ วัสดุก่อสร้าง วัสดุตกแต่ง ผลิตภัณฑ์เคมีต่างๆ ที่ใช้ในการทำความสะอาดสำนักงานซึ่งไม่สามารถระบายออกภายนอก เกิดเป็นมลพิษอากาศภายในอาคารที่ส่งผลต่อสุขภาพของผู้ที่อาศัยภายในอาคาร (Sarafis et al., 2010 : 515 – 516) ทำให้เกิดโรคแพ้อาคาร (sick building syndrome, SBS) โดยมีอาการ เช่น คัดจมูก ปวดศีรษะ ระคายเคืองตาหรือผิวหนัง แน่นหน้าอก เมื่อยล้า อ่อนเพลีย เป็นต้น ซึ่งจะหายเมื่อออกจากอาคาร (ณหทัย เลิศการค้าสุข และคณะ, 2554 : 88) การหายใจของมนุษย์ใช้ก๊าซออกซิเจน (Oxygen, O_2) และปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide, CO_2) ทำให้ภายในอาคารมีการสะสมของก๊าซ CO_2 สูงขึ้นโดย ASHARE Standard 62 – 1989 กำหนดระดับความเข้มข้นมาตรฐานของ CO_2 1,000 ppm เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ (ภารดี ช่วยบำรุง และชัญฐิศา ประพันธ์พจน์, 2558 : 899 – 900)

ต้นเศรษฐีเรือนใน (Spider plant) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Chlorophytum comosum* เป็นพืชไม้ประดับที่มีขนาดเล็ก ดูแลรักษาง่าย สามารถปลูกให้เกิดความสวยงามและลดความตึงเครียดในการทำงาน นอกจากยังมีคุณสมบัติในการลดมลพิษทางอากาศที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนั้นการใช้ต้นเศรษฐีเรือนในลดมลพิษทางอากาศภายในอาคาร จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการปรับปรุงอากาศภายในอาคารให้ดีขึ้น และช่วยให้สุขภาพของผู้ที่อาศัยอยู่ภายในอาคารดีขึ้น (พัฒน์ พิชาน, 2555)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารโดยใช้ต้นเศรษฐีเรือนใน

วิธีดำเนินการวิจัย

สถานที่ทำการศึกษางานวิจัยนี้ คือ ห้องสำนักงานหลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม อาคาร 5 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ตั้งอยู่ที่ละติจูด 14°8.004’ เหนือ ลองจิจูด 100°36.961’ ตะวันออก ระดับความสูง 5 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ในจังหวัดปทุมธานี เป็นพื้นที่ชานเมืองที่อยู่ห่างจากกรุงเทพฯ 15 กิโลเมตรไปทางทิศเหนือ ซึ่งภายในห้องสำนักงานมีการใช้เครื่องปรับอากาศ

ต้นเศรษฐีเรือนใน ใช้ในการทดลองเพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร ทำการทดลองในสถานการณ์จริง โดยใช้ต้นเศรษฐีเรือนในที่ใช้ดินเป็นวัสดุปลูกจำนวน 10 กระถาง และ 9 กระถาง โดยตำแหน่งการวางจะมีการกระจายโดยการตั้งที่พื้นใกล้โต๊ะทำงานและตำแหน่งตรวจวัด ซึ่งห่างออกไประยะ 1 ถึง 3 เมตร มีระยะเวลาในการวางตลอด 24 ชั่วโมง

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ เครื่องวัดคุณภาพอากาศหลายหน้าที่ (Air Meter) ยี่ห้อ FLUKE รุ่น 975V ทำการตรวจวัดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความสะดวกสบายและคุณภาพอากาศภายในห้อง ได้แก่ ความเข้มข้น CO_2 CO ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity, RH) และอุณหภูมิ (Temperature, T) โดยมีความถี่ในการตรวจวัดรายนาทีเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ติดตั้งที่ระดับความสูงประมาณ 1 เมตร จากพื้นห้อง ข้อมูลถูกเก็บใน Data Logger ทำการดึงข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม FlukeView Forms

การคำนวณใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติคำนวณค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงเพื่อพิจารณาอิทธิพลของกิจกรรมต่างๆ ของผู้คนที่ทำงานในห้องสำนักงาน และคำนวณค่าเฉลี่ยราย 8 ชั่วโมง เพื่อพิจารณาคุณภาพอากาศในช่วงระยะเวลา

การทำงานในแต่ละวัน และราย 24 ชั่วโมง เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น CO_2 จากการสังเคราะห์แสงและการหายใจของพืช คำนวณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อสังเกตความแปรปรวนของข้อมูล และพิจารณาค่าสูงสุด และต่ำสุดที่ได้จากการตรวจวัด

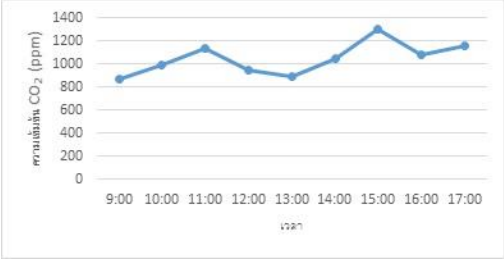
ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องสำนักงานหลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ราย 8 ชั่วโมง ดังตารางที่ 1

ตารางที่1 ค่าเฉลี่ยการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องสำนักงานราย 8 ชั่วโมง

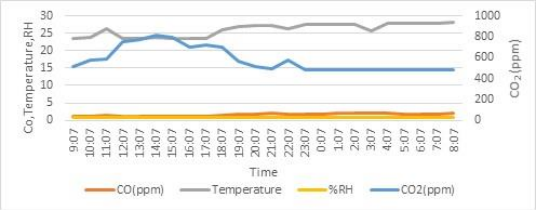
	CO_2 (ppm)	CO (ppm)	อุณหภูมิ (°C)	RH (%)
Min	778.00	0	22.20	73.10
Avg	1,060.78±169.24	0.99±0.27	23.73±0.63	77.12±0.01
Max	1,385.00	2	24.90	80.90

จากตารางที่ 1 คุณภาพอากาศภายในห้องสำนักงานมีค่าความเข้มข้น CO_2 1,060.78±169.24 ppm สูงเกินค่ามาตรฐาน (1,000 ppm) ค่าความเข้มข้นของ CO ไม่เกินค่ามาตรฐาน (9 ppm) ส่วนอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ผลการตรวจวัดในช่วงเวลาทำงาน 9:00 ถึง 17:00 แสดงดังภาพที่ 1

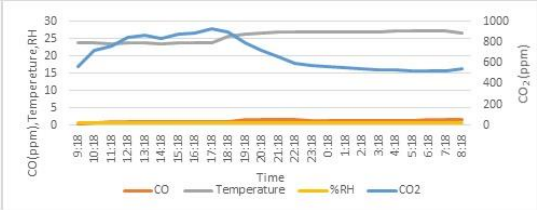


ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น CO_2 ในสำนักงานรายชั่วโมง ระหว่างเวลา 9:00 ถึง 17:00

จากภาพที่ 1 มีการสะสม CO_2 สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและลดลงในช่วงเวลาพักกลางวัน โดยช่วงเวลาบ่ายพบการสะสมของ CO_2 ในปริมาณสูงสุด แสดงว่าภายในห้องสำนักงานมีระบบระบายอากาศที่ไม่เพียงพอก่อให้เกิดปัญหาทางคุณภาพอากาศ จึงทำการศึกษาใช้พืชบำบัดอากาศโดยใช้ต้นเศรษฐีเรือนในในการทดลองและทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้ต้นเศรษฐีเรือนในจำนวน 10 กระถาง และ 9 กระถาง ซึ่งได้ผลการทดลองดังภาพที่ 2 และ 3



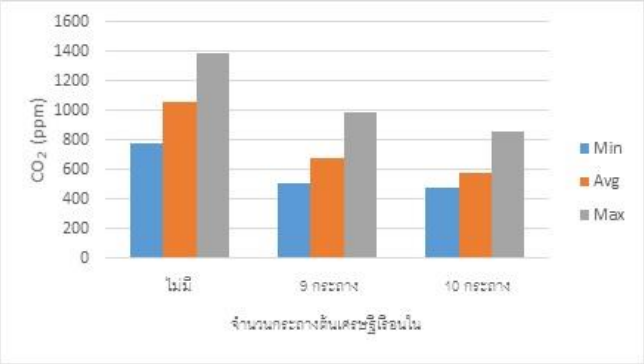
ก) เศรษฐีเรือนใน 10 กระถาง



ข) เศรษฐีเรือนใน 9 กระถาง

ภาพที่ 2 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศราย 24 ชั่วโมง

จากภาพที่ 2 ผลการตรวจวัดความเข้มข้น CO_2 24 ชั่วโมง พบว่า ค่าความเข้มข้น มีการสะสมสูงขึ้นในเวลากลางวันที่มีการทำงานโดยเปิดเครื่องปรับอากาศ โดยค่าอุณหภูมิที่ลดต่ำลงแสดงถึงการเปิดเครื่องปรับอากาศจะมีค่าความเข้มข้น CO_2 สูงขึ้น ในกรณีที่ไม่มีการเปิดประตูอุณหภูมิจะมีค่าคงที่กราฟความเข้มข้น CO_2 จะสูงอย่างต่อเนื่อง และจะลดลงกรณีที่มีการระบายอากาศ ส่วนในเวลากลางคืนค่าความเข้มข้น CO_2 จะลดต่ำลงจนถึงระดับความเข้มข้นทั่วในบรรยากาศภายนอกอาคารที่ 500 ppm แสดงว่าการปลูกพืชไม่ส่งผลกระทบต่อค่าความเข้มข้น CO_2 ในเวลากลางคืน



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น CO_2 กับจำนวนกระถางต้นเศรษฐีเรือนใน

จากภาพที่ 3 พบว่าค่าเฉลี่ย CO_2 อยู่ในระดับต่ำกว่าตอนที่ไม่มีการปลูกต้นเศรษฐีเรือนใน เมื่อเพิ่มจำนวนต้นเศรษฐีเรือนในจะทำให้ความเข้มข้นสูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยความเข้มข้น CO_2 มีการเปลี่ยนแปลง แสดงว่า การคายก๊าซ CO_2 ของต้นเศรษฐีเรือนในในเวลากลางคืนไม่มีผลต่อความเข้มข้นของ CO_2 ในห้องสำนักงาน

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของห้องสำนักงานหลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมซึ่งมีการใช้เครื่องปรับอากาศ พบว่า คุณภาพอากาศเกินเกณฑ์มาตรฐานจึงทำการทดลองปรับปรุงคุณภาพอากาศในห้องสำนักงาน จากการเปรียบเทียบความสามารถในการบำบัดอากาศด้วยต้นเศรษฐีเรือนใน พบว่า ค่าความเข้มข้น CO_2 ในช่วงเวลากลางวันมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ลดลง ส่วนในช่วงเวลากลางคืนไม่มีการเปลี่ยนแปลงแสดง

ว่าการหายใจของต้นเศรษฐีเรือนในไม่มีผลต่อปริมาณ CO_2 ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการทดลองปรับปรุงคุณภาพอากาศโดยใช้ต้นพลูด่างในห้องสำนักงาน (ขนิษฐา ภมรพล และคณะ, 2561: AS35-AS42) ส่วนในตอนกลางวันควรทำการควบคุมตัวแปรที่มีผลต่อการเพิ่มและลดปริมาณ CO_2 เพื่อให้ผลการทดลองมีความถูกต้องและมีแนวโน้มที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอเกี่ยวกับงานวิจัยควรมีการทดลองอย่างต่อเนื่องโดยเพิ่มหรือลดจำนวนต้นเศรษฐีเรือนในให้ได้ผลการทดลองที่มีแนวโน้มที่ชัดเจน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรทำการตรวจวัดโดยควบคุมปัจจัยแวดล้อมเพื่อลดผลกระทบจากปัจจัยแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะอาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้การสนับสนุนในการเก็บตัวอย่าง และวิเคราะห์ข้อมูล ขอบคุณคณบดีและคณะผู้บริหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สำหรับการสนับสนุนและส่งเสริมในการนำเสนอผลงานวิชาการ

เอกสารอ้างอิง

ขนิษฐา ภมรพล, มณทิพย์ จันทร์แก้ว และ กมลทิพย์ พูลประดิษฐ์. (2561). ประสิทธิผลในการลดคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยพืชในห้องสำนักงาน. **รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6 (ASTC 2018) วันที่ 6 มิถุนายน 2561 (AS35 – AS42).** สมุทรปราการ: มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (พื้นที่ส่วนขยาย มฉก. 2).

ณหทัย เลิศการค้าสุข. (2554). ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารโดยสารสาธารณะ กับกลุ่มอาการอาคารป่วยในพนักงานจำหน่ายตั๋วโดยสาร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ. **วารสารสาธารณสุขศาสตร์, ฉบับพิเศษ 84 พรรษา พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช**, 87–98.

พัฒน์ พิชาน. (2555). **ไม้ประดับฟอกอากาศ**. กรุงเทพมหานคร: ไทยควอลิตี้บุ๊ค.

ภารดี ช่วยบำรุง และชัญฐิศา ประพันธ์พจน์. (2558).ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในระบบขนส่งมวลชนทางบกในเขตกรุงเทพมหานคร. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, *23*(6), 898–913.

Jung CC., Su HJ., Liang HH. (2016). Association between indoor air pollutant exposure and blood pressure and heart rate in Subjects according to body mass index. **Science of the Total Environment, 539**, 271-276.

Sarafis, P., Sotiridou, K., Dallas, D., Stavrakakis, P. & Chalaris M. (2010). Sick-Building Syndrome**. Journal of Environmental Protection and Ecology**, *11*(2), 515-522.

พัฒนาการต้มยำกุ้งจากครัวไทยสู่สากล ตั้งแต่สมัยอยุธยาตอนต้น (พ.ศ. 1893 - พ.ศ. 1991) ถึงสมัยรัตนโกสินทร์ตอนปลาย (พ.ศ. 2468 - พ.ศ. 2561)

ธีรพงษ์ น้อยบุญญะ[1] อารีรัตน์ สระทองอินทร์[2*] เบญจภา ไกรทอง[3]
เสริมศิริ น้องกลาง[4] รัชชานนท์ มาเมือง[5]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาการต้มยำกุ้งจากครัวไทยสู่สากล ตั้งแต่สมัยอยุธยาตอนต้น (พ.ศ. 1893 - พ.ศ. 1991) ถึงสมัยรัตนโกสินทร์ตอนปลาย (พ.ศ. 2468 - พ.ศ. 2561) ซึ่งออกแบบการวิจัยในลักษณะการวิจัยเอกสาร จากการรวบรวมข้อมูลในเอกสาร ทั้งปฐมภูมิและทุติยภูมิ โดยสร้างข้อสรุปให้เห็นความสำคัญเป็นลำดับเหตุการณ์ของพัฒนาการต้มยำกุ้ง มีผลการวิจัยพบว่า ในสมัยอยุธยา (พ.ศ. 1893 - พ.ศ. 2310) เป็นช่วงที่มีความรุ่งเรือง และได้มีความสัมพันธ์ทางการค้ากับหลายชาติ ทำให้ได้รับอิทธิพลการกินอาหารของประเทศอื่น ๆ มาด้วย โดยมีต้มยำกุ้งดั้งเดิมจะเป็นต้มยำกุ้งน้ำใส ได้รับอิทธิพลมาจากวัฒนธรรมการกินของจีน และแกงกะทิได้รับอิทธิพลจากอินเดีย โดยถูกพัฒนาปรุงแต่งให้มีรสชาติอร่อยครบรส และยังคงความพิถีพิถัน ในสมัยรัตนโกสินทร์ (พ.ศ. 2325 - พ.ศ. 2561) ช่วงรัชกาลที่ 6 พระองค์เสด็จประพาสแถวสามย่าน มีร้านอาหารชาวจีนทำต้มยำกุ้งใส่นมข้นให้พระองค์เสวย ถือว่าเป็นรสชาติที่แปลกใหม่ถูกปากและเป็นที่บอกต่อกันทางหน้าที่ราชการ ทำให้ต้มยำกุ้งเป็นที่นิยมกันมาถึงปัจจุบันทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ ต้มยำกุ้ง จึงเป็นอาหารประจำชาติของประเทศไทย ที่เป็นตัวแทนของความเป็นไทยที่ใช้ ต้มยำกุ้ง มาเป็นชื่อเรียกวิกฤตการณ์เศรษฐกิจครั้งสำคัญของไทย และชื่อภาพยนตร์ไทย ที่โด่งดังไปทั่วโลก

คำสำคัญ : .ต้มยำกุ้ง ไทย สากล

---

[1] อาจารย์ประจำหลักสูตรรัฐประศาสตรบัณฑิต สาขาวิชารัฐประศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: TEERAPONG@vru.ac.th

[2] หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: areeratwatnonglung@hotmail.com

[3] อาจารย์ประจำงานวิชาศึกษาทั่วไป สาขาสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: benjapakaithong1981@gmail.com

[4] หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: soemsiri.noiklong@gmail.com

[5] นักวิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: rutchanon.ma.ac.th

**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: areeratwatnonglung@hotmail.com*

THE DEVELOPMENT OF TOM YAM KUNG FROM THAI KITCHEN TO INTERNATIONALIZATION FROM (1350-1448) TO (1925-2018)

Teerapong Noyboonya[1] Areerat Srathongin[2*] Dr.Benjapa Kaithong[3]
Sermsiri Noyklang[4] Rutchanon Mamuang[5]

Abstract

The objective of this research was to study the development of Tom Yam Kung from Thai Kitchen (1350-1448) to Internationalization (1925-2018). The documentary research was used for collecting data coming from the primary data and secondary data. All raw materials were analyzed by inductive analysis, aiming to inform the important events of the development of Tom Yam Kung. The findings were found that Ayutthaya period (1350-1768) was regarded as the prosperous period; it had also the relationship with many countries such as China and India. The original Tum Yum Kung was the clear spicy soup which received the influence from China. Additionally, the curry on coconut milk, which was the Indian influence, expanded into in this period. Moreover, the Tum Yum Kung was developed not only flavor but also punctiliousness. In the Rattanakosin period (1782-2018), King Rama 6th visited to Sam Yan. The Chinese chief cooked Tom Yam Kung by pouring the condensed milk. It was regarded as the exotic flavor. Soon, this flavour became talk of the town among the government officers, and it became popular up to now. At present, Tom Yum Kung was the national food. Besides, it was the symbol of Thailand after our country confronted the economic crisis during 1997 as known as the Tum Yum Kung Crisis. It had also been the symbol of Thai movie that was well-known throughout the world.

Keywords : Tom Yom Kung Thailand Internationalization

[1] *Lecturer,* Bachelor of Arts Program in Public Administration*, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: TEERAPONG@vru.ac.th*

[2] Department of Home Economics, Faculty of Science and technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, *e-mail: areeratwatnonglung@hotmail.com*

[3] *Social Science, General of Education, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: benjapakaithong1981@gmail.com*

[4] Department of Home Economics, Faculty of Science and technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, *e-mail: soemsiri.noiklong@gmail.com*

[5] *Academic scholar,. Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: rutchanon.ma.ac.th*

**Corresponding author, e-mail: areeratwatnonglung@hotmail.com*

บทนำ

อาหารเป็นมรดกทางวัฒนธรรมประเภทหนึ่ง เป็นเครื่องสะท้อนภูมิปัญญา เอกลักษณ์ และรสนิยมการกินอยู่ของคนไทย ที่บรรพบุรุษถ่ายทอดให้แก่อนุชนรุ่นหลัง สืบทอดกันมาจนถึงทุกวันนี้ ซึ่งนอกจากเป็นความภาคภูมิใจในความเป็นอารยะชนชาติไทยแล้ว ในยุคโลกาภิวัตน์นี้อาหารไทยยังมีบทบาทในฐานะสื่อวัฒนธรรมที่เปรียบเสมือนสะพานไมตรีของมวลมนุษยชาติ เพราะปัจจุบันอาหารไทยได้รับการเผยแพร่ เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง ในนานาประเทศทั่วโลก ไม่ว่าจะเป็นต้มยำกุ้ง แกงเขียวหวาน ผัดไทย หมี่กรอบ ต้มข่าไก่ ฯลฯ แต่ยังประทับใจในความพิถีพิถันตามกระบวนการปรุงแต่งรสชาติ ความปราณีตบรรจงแกะสลักผลไม้ การจัด วางสีสันต่าง ๆ ที่ให้ความรู้สึกละเมียดละไมสะดุดตา มีสีสวย มีกลิ่นหอม และชวนรับประทานอีกด้วย (กอบแก้ว นาจพินิจ, 2542)

ต้มยำกุ้ง เปรียบเหมือนตัวแทนความเป็นไทย เนื่องจากได้รับความนิยมทั้งในไทยและต่างชาติมาเป็นเวลานาน ด้วยรสชาติที่กลมกล่อม คือ มีทั้งรสเปรี้ยว เค็มและหวานเล็กน้อย ทั้งยังมีกลิ่นหอมสมุนไพรที่มีประโยชน์ เช่น ข่า ตะไคร้ ใบมะกรูด หอมแดงและพริก ทำให้ต้มยำกุ้งเป็นอาหารไทยที่ชาวต่างชาตินิยมมากที่สุดเป็นอันดับ 1 จากการจัดอันดับของเว็บไซต์ การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ. 2560 และยังเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมเป็นอันดับ 4 ในการจัดอันดับ 50 อาหารยอดนิยมระดับโลก เมื่อปีพ.ศ. 2554 โดยเว็บไซต์ ของเคเบิล นิวส์ เน็ตเวิร์ก ซึ่งร้านอาหารของไทยที่ตั้งตามแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ จะมีเมนูต้มยำกุ้ง เป็นหนึ่งในเมนูตัวเลือกของชาวต่างชาติ และปัจจุบันต้มยำกุ้งมี 2 แบบคือ แบบน้ำใสและน้ำข้น ต้มยำกุ้งน้ำใสคือสูตรดั้งเดิมของไทยที่ถูกพัฒนาปรุงแต่งมาเป็นต้มยำกุ้งน้ำข้นในปัจจุบัน ต้มยำกุ้งน้ำใสได้รับอิทธิพลจากวัฒนธรรมการรับประทานอาหารของชาวจีน ที่เข้ามาตั้งถิ่นฐานในดินแดนสุวรรณภูมิ ผสมผสานกับความเป็นไทยซึ่งมีวัฒนธรรมการกินที่เรียบง่าย จึงมีการนำเอาเนื้อสัตว์ เช่น ปลา กุ้ง มาปรุงอาหารประเภทต้ม และแกงน้ำ

สมัยอยุธยาตอนต้น (พ.ศ. 1893 - พ.ศ.1991) ในระยะแรกจะ จะไม่ปรุงแต่งอะไรมากนัก จะปรุงรสชาติให้มีเพียงรสเค็ม และใส่สมุนไพรจำพวกใบนาก ตะไคร้ ข่าแก่ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการต้มดับคาวกุ้ง และเมื่อมีการติดต่อการค้ากับประเทศอินเดีย ในช่วงสมัยอยุธยาตอนกลาง (พ.ศ. 1991 - พ.ศ. 2231) จึงได้รับอิทธิพลการรับประทานอาหารของชาวอินเดียเข้ามา ทำให้การปรุงอาหารเปลี่ยนไปเริ่มมีแกงน้ำข้นใส่กะทิแบบอินเดียเข้ามาในไทย ชาวไทยจึงดัดแปลงนำกะทิมาใส่ในอาหารและแกงต่างๆ เช่น แกงเขียวหวาม แกงพะแนง แกงมัสมั่น (สุจิตต์ วงษ์เทศ, 2551)

ในสมัยรัตนโกสินทร์ตอนกลาง (พ.ศ. 2394 - พ.ศ.2468) พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 6 ท่านได้เสด็จประพาสที่สามย่าน ในแถบนั้นมีร้านอาหารของชาวจีน ซึ่งได้ทำต้มยำกุ้งน้ำข้นให้พระองค์เสวย ในช่วงนั้นถือเป็นรสชาติที่แปลกใหม่และเป็นที่บอกต่อกันของเหล่าขุนนาง จึงทำให้มีต้มยำกุ้งน้ำข้นเป็นที่นิยมในไทย และปรุงรสให้มีความกลมกล่อม จัดจ้าน เติมสีสันด้วยมันกุ้งจนมีสีและรสชาติที่น่ารับประทาน (จารุวรรณ เนียมกำเนิด, 2560) ด้วยรสชาติที่โดดเด่นและเป็นเอกลักษณ์ของต้มยำกุ้ง จึงทำให้เมนูต้มยำกุ้งปรากฏอยู่ในเมนูร้านอาหารต่าง ๆ ทั้งในไทยและต่างประเทศ และมีการนำรสต้มยำกุ้งไปพัฒนาเป็นสินค้าอุปโภคต่าง ๆ เช่น บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โจ๊ก ผงต้มยำที่นำไปคลุกกับไก่ทอดหรือผลไม้ทอดและ ขนมขบเคี้ยวต่าง ๆ รวมไปถึงอาหารชนิดอื่น ๆ ที่นำรสต้มยำกุ้งไปดัดแปลง เช่น ก๋วยเตี๋ยว ข้าวผัด ที่เห็นกันในเห็นกันในปัจจุบัน (ทวีทอง หงส์วิวัฒน์, 2542) ได้กล่าวไว้ว่า ผลจากการที่ไทยส่งออกกุ้งไปยังตลาดยุโรปและอเมริกาจนครอบครองความเป็นเจ้าตลาดมาได้นานถึงกว่าสองทศวรรษนั้น ทำให้ต้องมีการรณรงค์ส่งเสริมสูตรอาหารที่ปรุงด้วยกุ้งสด ให้รับประทานไปพร้อมกัน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ผลักดันให้ ‘ต้มยำกุ้ง’ กลายเป็นสำรับกับข้าวไทยระดับสากล

นอกจากต้มยำกุ้งจะเป็นที่รู้จักในเมนูอาหารประจำชาติไทย ต้มยำกุ้งยังถูกนำมาตั้งชื่อวิกฤตการทางเศรษฐกิจครั้งสำคัญในปี พ.ศ. 2540 โดยเป็นวิกฤตทางโครงสร้างของระบบเศรษฐกิจไทย จนนำไปสู่การล่มของสถาบันการเงินกลายเป็น วิกฤติต้มยำกุ้ง ที่รู้จักในปัจจุบัน (บุญลาภ ภูสุวรรณ, 2556) ต้มยำกุ้งถือเป็นเอกลักษณ์ที่โดดเด่นของไทยที่ควรให้ความสำคัญ และยังมีการตั้งเป็นชื่อภาพยนตร์ไทยสากลแนวการต่อสู้ เรื่อง ต้มยำกุ้ง โดยที่ในเนื้อเรื่องไม่มีฉากเกี่ยวกับการปรุงอาหาร แสดงถึงการถูกอุปโลกน์เป็นตัวแทนของ ‘ความเป็นไทย’ ในระดับนานาชาติ ซึ่งได้รับรางวัลสุพรรณหงส์และรางวัลชมรมวิจารณ์บันเทิง เป็นภาพยนตร์ทำรายได้ในประเทศไทยถึง 183.35 ล้านบาทและทำรายได้ในต่างประเทศทั่วโลกรวมถึง 930 ล้านบาทเป็นการสร้างชื่อเสียงให้กับประเทศ และเป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง (ปรัชญา ปิ่นแก้ว, 2548)

คณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของต้มยำกุ้ง ที่เป็นอาหารประจำชาติของไทยและมีประวัติความเป็นมาที่ยาวนาน โดยจากการศึกษาค้นคว้าข้อมูล จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ยังไม่มีผู้เรียบเรียง เชื่อมโยงเนื้อหาพัฒนาการต้มยำกุ้งจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ในเชิงลำดับวิวัฒนาการ คณะผู้วิจัยจึงจัดทำวิจัยเรื่อง พัฒนาการต้มยำกุ้งจากครัวไทยสู่สากลขึ้น เพื่อศึกษาพัฒนาการต้มยำกุ้งจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ในเชิงลำดับวิวัฒนาการ และเรียบเรียงเชื่อมโยงเรื่องราวต่างๆ ให้ผู้ที่สนใจศึกษาเกิดความเข้าใจมากขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาพัฒนาการต้มยำกุ้งจากครัวไทยสู่สากล ตั้งแต่สมัยอยุธยาตอนต้น (พ.ศ. 1893 - พ.ศ. 1991) ถึงสมัยรัตนโกสินทร์ตอนปลาย (พ.ศ.2468 – พ.ศ.2561)

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งออกแบบการวิจัยในลักษณะการวิจัยเอกสาร มุ่งเน้นศึกษาเอกสารเกี่ยวกับพัฒนาการต้มยำกุ้งจากครัวไทยสู่สากล ในช่วงสมัยอยุธยาตอนต้น (พ.ศ. 1893 - พ.ศ. 1991) ถึงสมัยรัตนโกสินทร์ (พ.ศ. 2324 - พ.ศ. 2561) เพื่อให้เกิดความเข้าใจ ผู้วิจัยจะขออธิบายเป็นหัวข้อ โดยใช้หลักการวิจัยเชิงคุณภาพ ดังนี้ (โยธิน แสวงดี, 2558)

1. การรวบรวมข้อมูลในเอกสาร ทั้งปฐมภูมิและทุติยภูมิ

1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ

ผู้วิจัยได้เก็บรวมรวมข้อมูลจากรายการเจาะข่าวตื้น ช่อง YouTube โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดวิกฤตการต้มยำกุ้ง (ปี พ.ศ. 2540) รายการ McDany Travel Long (เที่ยวกินกับเชฟหมึก) ช่อง PPTV มีเนื้อหาเกี่ยวกับอิทธีพลการรับประทานอาหารของประเทศอินเดียที่เข้ามาในประเทศไทย และ คลิปสื่อการสอนจากรายการยอดเชฟไทย ช่อง Denver ThaiTV โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับวิธีการทำต้มยำกุ้งน้ำใสสูตรโบราณ

1.2 ข้อมูลทุติภูมิ

ผู้วิจัยได้เก็บรวมรวมข้อมูลจากบทความวิจัยออนไลน์ ที่อยู่ในฐานข้อมูลจากสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ (ThaiLIS) งานวิจัยที่เกี่ยวกับเชิงวรรณคดีวิจารณ์ จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัย หนังสือจากผู้เขียนที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน เช่น ผศ.กอบแก้ว นาจพินิจ และจดหมายเหตุจากวรรณคดีไตรภูมิพระร่วง

2. ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย ตั้งแต่ วันที่ 26 มกราคม พ.ศ. 2561 ถึง วันที่ 30 มีนาคม พ.ศ. 2561 โดยแบ่งเป็นช่วงดังนี้

2.1 เก็บรวมรวมข้อมูล ช่วงวันที่ 26 มกราคม 2561 ถึงวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2561

2.2 วิเคราะห์ข้อมูล ช่วงวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2561 ถึงวันที่ 10 มีนาคม 2561

2.3 สรุปข้อมูล ช่วงวันที่ 11 มีนาคม 2561 ถึงวันที่ 30 มีนาคม 2561

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้ศึกษาวิจัยโครงการ ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสร้างข้อสรุป ดังต่อไปนี้

3.1 การวิเคราะห์แบบอุปนัย (Analytic Induction) คือวิธีตีความสร้างข้อสรุปจากข้อมูลรูปธรรมหรือปรากฏการณ์ที่มองเห็น เช่น การแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของ ต้มยำกุ้ง ที่เป็นอาหารประจำชาติไทย เป็นตัวแทนของเอกลักษณ์และความเป็นไทย เมื่อผู้วิจัยได้เห็นรูปธรรม หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ แล้ว จึงลงมือสร้างข้อสรุปถ้าหากได้รับการยืนยันข้อสรุปจากแหล่งที่น่าเชื่อถือได้แล้วก็ถือเป็นข้อสรุป

3.2 วิเคราะห์โดยจำแนกชนิดข้อมูล (Typological Analysis) คือการจำแนกข้อมูลเป็นชนิด ๆ (Typologies) ตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกันไปในแต่ละยุคสมัยของต้มยำกุ้ง โดยการใช้เอกสารเป็นตัววิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัย

จากการสืบค้นข้อมูลจากหนังสือที่มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง บทความออนไลน์ รายการทีวีและวีดีโอให้ความรู้ออนไลน์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาการต้มยำกุ้งจากครัวไทยสู่สากล ซึ่งได้ศึกษาพัฒนาการของต้มยำกุ้งในแต่ละช่วงเวลาจากอดีตจนถึงปัจจุบัน โดยมีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1.อยุธยาตอนต้น (พ.ศ.1893 - พ.ศ.1991) ถือว่าอาณาจักรอยุธยาที่นับว่าเจริญรุ่งเรืองจนอาจถือได้ว่าเป็นอาณาจักรที่รุ่งเรืองมั่งคั่งที่สุดในภูมิภาคสุวรรณภูมิ ทั้งยังมีความสัมพันธ์ทางการค้ากับหลายชาติ จนถือได้ว่าเป็นศูนย์กลางการค้าในระดับนานาชาติ เช่น จีน เวียดนาม อินเดีย ญี่ปุ่น เปอร์เซีย รวมทั้งชาติตะวันตก เช่น โปรตุเกส สเปน ดัตช์ และฝรั่งเศส เคยมีอาณาเขตกว้างใหญ่ไพศาล โดยมีประเทศราชแผ่ขยายไปจนถึงรัฐฉานของพม่า อาณาจักรล้านนา มณฑลยูนนานและมณฑลซานซี อาณาจักรล้านช้าง อาณาจักรขอม และคาบสมุทรมลายูในปัจจุบัน ในช่วงนี้จะได้รับอิทธิพลการกินอาหารมาจากจีน ซึ่งจะเป็นแกงจืดน้ำใส ทำให้อาหารไทยเติบโตขึ้น แล้วเกิดอาหารประเภทแกงขึ้นมามากมาย

(สุวรรณา เกรียงไกรเพ็ชร์, 2547) กล่าวถึงคำว่า “แกง” ซึ่ง ปรากฏอยู่ในวรรณคดีมรดกสมัยรัตนโกสินทร์ ที่แสดงถึงมิติทางสังคมและวัฒนธรรมของอาหารการกินในบทเสภาเรื่องขุนช้างขุน แผน ฉบับหอสมุดแห่งชาติ ดังนี้

“...เช่นเมื่อนางทองประศรีพาพลายแก้วหนีอาญาการริบราชบาตร เสบียงที่ติดต่อมาในยามฉุกละหุกก็คือ ข้าวเย็นก้นหม้อคดที่คดใส่ห่อผ้ามา เมื่อพลายแก้วกินข้าวที่แห้ง ก็รำพันว่า แกงอยู่ไหนแม่ขาขอทาลิ้น ข้าวติดคอตาปริ้นไม่กลิ่นแล้ว”

นางทองประศรีบอกลูกชายว่า “จะเอาแกงที่ไหนพ่อพลายแก้ว วิ่งหนีเขามาตาบ้องแบ๊วแว่วแว่วเหมือนจะเหลือเนื้อปลา” ก็ยังต่อรองอีกว่า “...ข้าวเย็นกับปลาแห้ง เรี่ยวแรงนั้นจะมีฤาแม่ขา ไม่ได้แกงก็แบ่งแต่ปลาร้า ละลายน้ำให้ข้าจงไวไว”

แกงในที่นี้ หมายถึง แกงจืดซึ่งได้รับอิทธิพลจากอาหารจีนฮั่นมาตั้งแต่อยุธยาตอนต้น (สุจิตต์ วงษ์เทศ, 2551) ได้ให้คำนิยมคำว่า “แกง” ไว้สองความหมาย คือ

ความหมายที่1 แกง แปลว่าความตาย หรือมีความหมายเดียวกับ ฆ่า เมื่อใช้พูดจาในชีวิตประจำวันเลยซ่อนคำว่าเข้าไปฆ่าแกง แล้วยังมีชื่อย่านครั้งกรุงศรีอยุธยาว่า “ตะแลงแกง”สถานที่ประหารชีวิตนักโทษ

ความหมายที่ 2 แกงหมายถึงกับข้าวอย่างหนึ่งที่มีน้ำ เรียกว่าน้ำแกง เช่น แกงเนื้อ แกงปลาฯลฯ จะเห็นว่าแกงต้องมีเนื้อสัตว์ จะมีเนื้อสัตว์มาปรุงได้ก็ต้องฆ่าเสียก่อน (เกริกเกียรติ สุขราช, 2559)

เมื่อมีแกงน้ำใสเกิดขึ้นในไทย จึงมีผู้ปรุงอาหารนำเอาเนื้อสัตว์มาแกง และดับคาวด้วยกลิ่นหอมสมุนไพรไทย เช่น ใบนาก ตะไคร้ ข่าแก่ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการต้มดับคาว แต่ในช่วงแรกจะมีเฉพาะรสเค็ม ไม่ปรุงแต่งอะไรมากนัก

จากข้อมูลในสมัยอยุธยาตอนต้น ทำให้สรุปได้ว่า การที่ประเทศไทยได้มีความสัมพันธ์ทั้งทางการทูตและทางการค้ากับประเทศจีน ทำให้ได้รับอิทธิพลการรับประทานอาหารแกงประเภทน้ำใสของประเทศจีนเข้ามาด้วย จากเดิมประเทศไทยจะไม่นิยมหรือไม่รู้จักแกงประเภทน้ำกันมากนัก ซึ่งตรงกับหลักฐานจากศิลาจารึกและวรรณคดีตั้งแต่สมัยสุโขทัย สำคัญคือ ไตรภูมิพระร่วงของพญาลิไท ที่ได้กล่าวถึงอาหารไทยในสมัยนี้ว่า “มีข้าวเป็นอาหารหลัก โดยกินร่วมกับกับข้าว ที่ส่วนใหญ่ได้มาจากปลา มีเนื้อสัตว์อื่นบ้าง การปรุงอาหารได้ปรากฏคำว่า “แกง” ใน ไตรภูมิพระร่วงที่เป็นที่มาของคำว่า ข้าวหม้อแกงหม้อ ผักที่กล่าวถึงในศิลาจารึก คือ แฟง แตงและน้ำเต้า” จะเห็นได้ว่าคนไทยรู้จักการแกงมาตั้งแต่สมัยสุโขทัยแล้ว แต่เป็นแกงที่ไม่มีน้ำ ซึ่งการมีความสัมพันธ์ทางการทูตและทางการค้ากับประเทศจีน ในสมัยอยุธยาตอนต้นนั้น (พ.ศ.1893-1991) เป็นตัวขับเคลื่อนพัฒนาการต้มยำกุ้งต่อมายังสมัยอยุธยาตอนกลาง

2. อยุธยาตอนกลาง (พ.ศ.1991- พ.ศ.2231) ช่วงเวลาตั้งแต่สมัยสมเด็จพระบรมไตรโลกนาถถึงสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช สมัยนี้เป็นสมัยที่อาณาจักรอยุธยามีความมั่นคงเป็นปึกแผ่น และเริ่มเป็นอาณาจักรที่ยิ่งใหญ่ มีอำนาจทางการเมืองการปกครองเจริญรุ่งเรืองสูงสุด รวมทั้งมีสภาพทางเศรษฐกิจที่เจริญรุ่งเรือง มีการติดต่อค้าขายกับต่างชาติ การติดต่อค้าขายในช่วงนั้นเป็นการขนส่งโดยเรือ ซึ่งประเทศอินเดียเข้ามาค้าขายในไทยมาก จึงได้รับอิทธิพลการรับประทานแกงกะทิจากประเทศอินเดีย ซึ่งเมื่อก่อนคนไทยจะมีเพียงแกงจืดและแกงป่า พออินเดียเริ่มเข้ามาค้าขายจึงทำให้คนไทยเริ่มมีการปรุงแต่งอาหารด้วยกะทิและนมข้น ได้แก่ แกงมัสมั่น แต่เดิมเรียกว่า "แกงสะละหมั่น" เป็นแกงที่ใส่เครื่องเทศหลายชนิด และแกงกะหรี่ที่ใส่ผงกะหรี่ แกงทั้งสองชนิดนี้มีกลิ่นของเครื่องเทศเด่นชัด ส่วนแกงอื่น ๆ เช่น แกงเผ็ด แกงเขียวหวาน จะเน้นกลิ่นของสมุนไพรมากกว่าเครื่องเทศซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแกงไทย โดยวิธีการทำอาหารอินเดียดั้งเดิมสามารถ จำแนกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มอาหารอินเดียตอนเหนือ และอาหารอินเดียตอนใต้

อาหารอินเดียตอนเหนือ มีเอกลักษณ์ในการใช้แป้งข้าวโพดมาเป็นส่วนประกอบของอาหาร นอกจากนี้ยังมีทักษะการใช้แป้งสาลีมาทำเป็น อย่างเช่น จาปาตี (Chapatis) หรือโรตี (Rotis) หมายถึงขนมปังไม่ขึ้นฟู บางแห่งก็เรียกว่าภารตะ (Parathas) เป็นการนำแป้งมาตีเป็นแผ่นกลม แล้วทอดบนแผ่นเหล็ก หรือย่างบนตระแกงเหล็ก แล้วนำมาทานกับน้ำแกง นอกจากนี้ อาหารอินเดียตอนเหนือยังมีเมนูที่ใช้เนื้อสัตว์หลายอย่างมาปรุงอาหารอีก เช่น เคบับ หรือเนื้อย่าง โดยนิยมใช้เนื้อลูกแกะ เนื้อไก่ และนกคุ่มมาเสิร์ฟคู่กับแกงต่างๆ ชาวอินเดีย

ตอนเหนือ มีความสามารถในการใช้เครื่องแกงมาเพิ่ม รสชาติอาหารได้หลากหลาย กลิ่นหอมที่มีจุดเด่นจากเครื่องเทศท้องถิ่น ที่หลากหลาย นม และเนย ทำให้อาหารอินเดียรุ่งเรืองและก้าวหน้ามากขึ้น เป็นพื้นฐานในการสืบทอดวัฒนธรรมอาหารตามแบบฉบับของมุกลัย (Mughlai) ซึ่งเป็นการปรุงอาหารจากครัวชนชั้นปกครองอินเดียโบราณ สมัยราชวงศ์โมกุล (Moghul)

ส่วนอาหารอินเดียตอนใต้จะมี ปลา กุ้ง ปู หมึก พืชผัก มาปรุงร่วมกับกะทิ พริก และเครื่องเทศนานาชนิด มีการทำขนมปังจากข้าวทั่วไป แทนที่จะใช้ข้าวสาลีอย่างอินเดียตอนเหนือ ตัวอย่างขนมปังของชาวอินเดียตอนใต้ เช่น โดสา (Dosas) เป็นขนมคล้ายแพนเค้กแผ่เป็นแผ่นบางๆ วาดา (Vada) ที่ใช้ข้าวหมักรวมกับส่วนผสมต่างๆ แล้วนำไปทอดหรือย่าง และ อัพพัม (Appams) คล้ายแพนเค้กทำมาจากข้าวแล้วอบด้วยไอน้ำ ลักษณะผิวขนม จะเป็นฟองน้ำนิ่มๆ ตามสูตรดั้งเดิมแล้วต้องรับประทานคู่กับเนื้อกวางรูสา (Rusa Uni-Color) ซึ่งเป็นกวางที่พบในแถบอินเดียและศรีลังกา โดยนำเนื้อกวาง ดังกล่าวมาทำเป็นสตูใส่ถั่วเลนทิล ถั่วผัก มันฝรั่ง แครอท มะเขือ และกะหล่ำปลี อย่างไรก็ตาม อาหารอินเดียตอนใต้ยังให้ความสำคัญกับอาหารจานปลามากที่สุด (รายการโทรทัศน์ McDany Travel Long, 2558)

จากข้อมูลในสมัยอยุธยาตอนกลาง ทำให้สรุปได้ว่า ประเทศไทยได้มีการติดต่อค้าขายกับประเทศอินเดียเข้ามาในไทย จึงได้รับอิทธิพลการรับประทานแกงกะทิจากประเทศอินเดียตอนใต้เข้ามามาก ซึ่งเมื่อก่อนคนไทยจะมีเพียงแกงจืดและแกงป่า พออินเดียเริ่มเข้ามาค้าขายจึงทำให้คนไทยเริ่มมีการปรุงแต่งอาหารด้วยกะทิและนมข้น นอกจากแกงน้ำข้นที่ไทยได้รับอิทธิพลเข้ามาแล้ว ยังมีเครื่องปรุงจำพวกพริก และเครื่องเทศเข้ามาด้วย คนไทยในยุคนี้จึงเริ่มมีการปรุงรสอาหาร ส่งผลให้ต้มยำกุ้งน้ำใสในยุคนี้มีรสชาติที่จัดจ้านขึ้น ซึ่งการมีความสัมพันธ์ทางการค้ากับประเทศอินเดีย ในสมัยอยุธยาตอนกลางนั้น (พ.ศ.1991-2231) เป็นตัวขับเคลื่อนพัฒนาการต้มยำกุ้งต่อมายังสมัยรัตนโกสินทร์

3.รัตนโกสินทร์ (พ.ศ.2325 – พ.ศ.2561)

ในส่วนอยุธยาตอนปลาย (พ.ศ.2231 – พ.ศ.2310) และรัตนโกสินทร์ตอนต้น (พ.ศ.2325 – พ.ศ.2394) พบว่าไม่มีเอกสารกล่าวถึงพัฒนาการต้มยำกุ้ง แต่ว่ามีเอกสารระบุถึงพัฒนาการต้มยำกุ้งในช่วงรัตนโกสินทร์ตอนกลางและตอนปลายดังนี้

3.1รัตนโกสินทร์ตอนกลาง (พ.ศ.2394 – พ.ศ.2468) พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 6 ท่านได้เสด็จประพาสไปเสวยเหลาแถวสามย่าน สมัยนั้นมีเหลาของคนจีนเข้ามาเปิดร้านในไทยร้านหนึ่ง ร้านแห่งนั้นได้ทำต้มยำกุ้งใส่นมเป็นน้ำข้นให้พระองค์เสวย ถือเป็นกระแสความแปลกใหม่ที่ถูกบอกต่อๆ กันมา จนทำให้ต้มยำกุ้งน้ำข้นเข้ามาเป็นที่รู้จักในไทย และปรุงรสให้มีความกลมกล่อม จัดจ้าน ปรุงแต่งด้วยสมุนไพรไทยและเติมสีสันด้วยมันกุ้งจนมีสีสันและรสชาติที่น่ารับประทาน ในแบบของไทย มีครบรสทั้งเค็ม เผ็ด เปรี้ยว หวาน มัน จะเน้นรสชาติกลมกล่อม เน้นสำเร็จรูปครบรสครบเครื่องในจานเดียว ซึ่งในสมัยนี้มีโรงพิมพ์แล้ว ดังนั้น ตำรับอาหารการกินของไทยเริ่มมีการบันทึกมากขึ้น โดยผ่านการบอกเล่าสืบทอดทางเครือญาติ และบันทึกที่เป็นทางการอื่น ๆ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้สะท้อนให้เห็นลักษณะของอาหารไทย ที่มีความหลากหลายทั้งที่เป็น กับข้าว อาหารจานเดียว อาหารว่าง อาหารหวาน และอาหารนานาชาติ ทั้งที่เป็นวิธีปรุงของราชสำนัก และวิธีปรุงแบบชาวบ้านที่สืบทอดมาจนถึงปัจจุบัน แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าอาหารไทยบางชนิดในปัจจุบันได้มีวิธีการปรุงหรือส่วนประกอบของอาหารผิดเพี้ยนไปจากของดั้งเดิม จึงทำให้รสชาติของอาหารไม่ใช่ตำรับดั้งเดิม และขาดความประณีตที่น่าจะถือว่าเป็นเอกลักษณ์ที่สำคัญของอาหารไทย (ไทยเชฟ, 2560) โดยต้มยำกุ้งปัจจุบันจะมีสูตรดังนี้

1.กุ้งก้ามกาม (ตัวละ 100 กรัม) 6 ตัว
2.น้ำหรือน้ำสต๊อกไก่ 3 ถ้วย
3.ข่าแก่หั่นแว่น 5 แว่น
4.ตะไคร้หั่นเฉียง 2 ต้น
5.เห็ดฟางผ่าครึ่ง 200 กรัม
6.น้ำปลา 3 ช้อนโต๊ะ
7.น้ำมะนาว ¼ ถ้วย
8.พริกขี้หนูทุบพอแตก 5-6 เม็ด
9. ใบมะกรูดฉีก 2-3 ใบ
10.ผักชีหั่นท่อนสั้น 2 ต้น

โดยมีวิธีการทำดังนี้

ล้างกุ้งแกะเปลือกเด็ดหัวไว้หาง ต้มน้ำหรือน้ำสต๊อกไก่ในหม้อในไฟกลางให้เดือดต้มหัวกุ้งลงไปให้มีสีของต้มยำกุ้งออกมา ใส่ข่า ใส่ตะไคร้ต้มซักพักให้มีกลิ่นหอมขึ้น ใส่กุ้ง ตามด้วยเห็ดฟางรอจนเดือด ปรุงรสด้วยน้ำปลามะนาว พริกขี้หนู ใบมะกรูด และผักชี ปิดไฟ ตักใส่ถ้วย รับประทานร้อนๆ

จากข้อมูลในสมัยรัตนโกสินทร์ตอนกลาง ทำให้สรุปได้ว่า การที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 6 ท่านได้เสด็จประพาสไปเสวยเหลาแถวสามย่าน แล้วได้ไปเสวยต้มยำกุ้งน้ำข้นของชาวจีน ซึ่งมีรสชาติที่ถูกปาก จึงเป็นที่บอกต่อกันในเหลาขุนนางและชนชั้นสูงสมัยนั้น ทำให้เป็นที่นิยมต่อๆกันมาจนเป็นที่รู้จักในประเทศไทย อีกทั้งในสมัยรัตนโกสินทร์นี้ยังถือได้ว่ามีการปรุงแต่งอาหารได้ครบรสที่สุด ซึ่งตรงกับ บทพระราชนิพนธ์กาพย์เห่เรือชมเครื่องคาวหวานของพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัยได้ ทรงกล่าวถึงอาหารคาวและอาหารหวานหลายชนิด ได้สะท้อนภาพของอาหารไทยในราชสำนักที่ชัดเจนที่สุด แสดงให้เห็นลักษณะของอาหารไทยในราชสำนักที่มีการปรุงกลิ่น และรสอย่างประณีต และให้ความสำคัญของรสชาติอาหารมากเป็นพิเศษ และถือว่าเป็นยุคสมัยที่มีศิลปะการประกอบอาหารที่ค่อนข้างสมบูรณ์ที่สุด ทั้งรส กลิ่น สี และการตกแต่งให้สวยงามรวมทั้งมีการพัฒนาอาหารนานาชาติให้เป็นอาหารไทยจากบทพระราชนิพนธ์ทำให้ได้รายละเอียดที่เกี่ยวกับการแบ่งประเภทของอาหาร คาวหรือกับข้าวและอาหารว่าง ซึ่งการที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 6 ท่านได้เสด็จประพาสไปเสวยเหลาแถวสามย่าน แล้วได้ไปเสวยต้มยำกุ้งน้ำข้นของชาวจีน ซึ่งมีรสชาติที่ถูกปากและเป็นที่บอกต่อกันทางหน้าที่ราชการและสังคมเครือญาติในยุคนั้น ทำให้ต้มยำกุ้งเป็นที่นิยมกันในกันในปัจจุบันทั้งชาวไทยและและชาวต่างชาติ และเมนูต้มยำกุ้ง จึงเป็นอาหารประจำชาติของประเทศไทย

3.2.รัตนโกสินทร์ตอนปลาย (พ.ศ.2468 – พ.ศ.2561) ในช่วงนี้เมนูต้มยำกุ้ง ถือเป็นอาหารที่นิยมในประเทศไทย และเป็นอาหารประจำชาติที่ชาวต่างชาติรู้จัก ซึ่งมีเทคโนโลยีที่พัฒนามากยิ่งขึ้น สูตรต้มยำกุ้งจึงมีการดัดแปลงเล็กน้อย ได้แก่ การใส่พริกเผาแทนพริกขี้หนูสด การใส่นมข้นจืดแทนกะทิ และการนำรสต้มยำกุ้งไปพัฒนาเป็นสินค้าอุปโภคต่างๆ เช่น บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โจ๊ก ผงต้มยำสำเร็จรูปที่นำไปคลุกกับไก่ทอดหรือผลไม้ทอด และขนมขบเคี้ยวต่างๆ รวมไปถึงอาหารชนิดอื่นๆ ที่นำรสต้มยำกุ้งไปดัดแปลง เช่น ก๋วยเตี๋ยว ข้าวผัด ที่เห็นกันในเห็นกันในปัจจุบัน

ในปี พ.ศ.2540 ได้เกิดวิกฤตการต้มยำกุ้งขึ้น ซึ่งเป็นวิกฤตการทางเศรษฐกิจครั้งใหญ่ ที่ส่งผลกระทบไปยังประเทศอื่นๆ รัฐบาลไทยเล็งเห็นว่าในปี ค.ศ.2000 รัฐบาลอังกฤษต้องคืนเกาะฮ่องกงให้รัฐบาลจีนซึ่งใน

ขณะนั้นฮ่องกงเป็น 1 ในศูนย์กลางทางการเงินของโลกกลับสู่รัฐบาลของประเทศคอมมิวนิสต์ จึงเล็งเห็นการเป็นศูนย์กลางทางการเงินโดยการเปิดเสรีทางการเงินในประเทศจากที่เคยเข้มงวดควบคุมการเข้าออกของเงินในประเทศ ณ ขณะนั้น ดอกเบี้ยเงินไทยอยู่ในอัตราที่สูงถึง 14-17% ต่อปีแต่ดอกเบี้ยเงินกู้ธนาคารต่างชาติเพียง 5% การเปิดเสรีทางการเงินทำให้สามารถเข้าถึงเงินทุนได้มากขึ้นทำให้ธนาคารพาณิชย์เปิดวิเทศธนกิจ หรือ BIBF ซึ่งเป็นการกู้เงินจากต่างประเทศมาปล่อยกู้ในประเทศ การกู้ต่างประเทศนั้นได้รับความนิยมเพราะดอกเบี้ยถูกกว่าการกู้เงินบาท ในขณะนั้นไทยมีอัตราแลกเปลี่ยนที่ 25 บาท ต่อ 1ดอลลาร์ แต่การจะรักษาอัตราแลกเปลี่ยนนั้นไม่ใช่เรื่องง่ายเพราะเงินเหมือนสินค้าถ้ามีความต้องการมากก็จะสูงขึ้นหรือแข็งค่าขึ้น ดังนั้นความต้องการเงินบาทสูงมูลค่าเงินบาทก็จะไม่ใช่ 25 บาทต่อ 1 ดอลล่าร์อีกต่อไปเพื่อรักษาอัตราแลกเปลี่ยนธนาคารแห่งประเทศไทยจึงนำค่าเงินบาทให้มากขึ้น เพื่อให้อัตราแลกเปลี่ยนเท่าเดิม (จอห์น วิญญู, 2560)

ในช่วงเวลานั้นการกู้เงินบาททำได้ง่าย คนส่วนหนึ่งนอกจากกู้ไปทำธุรกิจแล้วก็ยังกู้เงินไปเก็งกำไร ไม่ว่าจะเป็นหุ้นที่ดินอสังหาริมทรัพย์ เช่นกู้เงินไปซื้อบ้านนำไปขายต่อในราคาสูงกว่า ขึ้นเงินต้นกับดอกเบี้ย ที่เหลือคือกำไรเมื่อมีคนเห็นว่าสามารถทำกำไรกันได้ง่ายก็แห่กันเพื่อแย่งกันซื้อสินค้าเหล่านี้เมื่อมีความต้องการสูงขึ้นราคาก็สูงขึ้นจนราคาสูงกว่ามูลค่าจริงหรือที่เรียกว่า ภาวะฟองสบู่ นอกจากนี้การที่มีรายได้มากขึ้นและค่าเงินที่คงที่ทำให้มีสินค้านำเข้าฟุ่มเฟือยจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก และช่วงนั้นประเทศจีนลดค่าเงินลงทำให้ส่งออกสินค้าได้ในราคาถูกกว่าจึงแย่งลูกค้าจากไทยไป ด้านการส่งออกกับรายจ่ายจากการนำข้าวขาดดุลมากขึ้นเรื่อยๆ

เมื่อไทยเริ่มส่งออกได้น้อยลงทำให้เจ้าหนี้เริ่มไม่มั่นใจว่าลูกหนี้จะมีรายได้พอจ่ายเงินคืนหรือไม่ จึงทวงเงินคืนนักลงทุนต่างชาติจึงเริ่มถอนทุนออก ทำให้ต้องการเงินดอลล่าร์มากขึ้น แล้วค่าเงินบาทเริ่มอ่อนลงในเวลาเดียวกันนักเก็งกำไรเริ่มเห็นโอกาสจะทำกำไรจากค่าเงิน จึงเริ่มโจมตีค่าเงินโดยนำเงินบาทที่เก็บไว้มาแลกเป็นเงินดอลล่าร์ในราคา 25 บาท ต่อ 1 ดอลล่าร์ ตามที่ธนาคารแห่งประเทศไทยกำหนดไว้จากนั้นนำเงินดอลล่าร์ไปขายเป็นเงินบาทไทยในตลาดต่างประเทศซึ่งเป็นราคาที่สูงกว่ามูลค่าจริงๆ ให้รับส่วนต่างจากอัตราแลกเปลี่ยนเมื่อมีการนำเงินบาทมาแลกเงินดอลล่าร์มากขึ้นเรื่อยๆค่าเงินบาทลดลงมากขึ้นธนาคารแห่งประเทศไทยต้องรักษาค่าเงินที่ 25 บาทต่อ 1 ดอลล่าร์ จึงนำเงินทุนสำรองที่เป็นดอลล่าร์ออกมาซื้อเงินบาทมากขึ้นทำให้เงินดอลล่าร์เกือบหมดจากทุนสำรอง สุดท้ายต้องยอมแท้ประกาศลอยตัวค่าเงินให้เป็นไปตามมูลค่าที่แท้จริงสูงสุดถึง 56 บาทต่อ 1 ดอลล่าร์ เมื่อเงินบาทอ่อนค่าลงธุรกิจที่เป็นหนี้ในสกุลเงินต่างประเทศต้องใช้เงินบาทมากขึ้นเพื่อไปแลกเป็นเงินดอลล่าร์ธุรกิจบางอย่างจึงปิดกิจการ สินค้า อสังหาริมทรัพย์ ตลาดหุ้นที่เคยราคาสูงมากๆก็ฟองสบู่แตกราคาตกไม่สามารถใช้หนี้ได้เลิกจ้างพนักงาน เพราะไม่สามารถขายได้ในราคาสูงอีกต่อไปสถาบันทางการเงินต้องปิดตัวเป็นจำนวนมากเพราะลูกหนี้ไม่มีเงินจ่ายและหนี้ที่กู้มาจากต่างประเทศมีดอกเบี้ยเพิ่มขึ้น วิกฤตนี้ลุกลามไปยังประเทศอื่นๆด้วย เพราะนักลงทุนขาดความเชื่อมั่นในเศรษฐกิจเอเชียจึงถอนเงินออกจากภูมิภาค ทำให้ค่าเงินอ่อนลงเงินหนี้มากขึ้นเช่นกัน

ต่อมารัฐบาลไทยได้รับความช่วยเหลือจาก IMF และต้องรัดเข็มขัดใช้จ่ายน้อยเก็บภาษีมากขึ้นสถาบันการเงินก็มีการเข้มงวดในการปล่อยสินเชื่อมากขึ้น ค่าเงินบาทลดลงมากทำให้สินค้าไทยถูกลงในสายตาต่างประเทศ ทำให้ไทยสามารถส่งออกได้มากขึ้นจึงทำให้เศรษฐกิจไทยค่อยๆเริ่มฟื้นคืนกลับมาได้นั่นเอง (สุวินัย ภรณวลัย, 2544)

ในปี 2548 ได้มีภาพยนตร์ เรื่องต้มยำกุ้ง ออกฉาย และเป็นที่ชื่นชอบของคนในไทยและต่างชาติ เป็นภาพยนตร์ศิลปะการต่อสู้ด้วยศิลปะแม่ไม้มวยไทย ที่นำแสดงโดย ทัชชกร ยีรัมย์ หรือ จา พนม โดย ปรัชญา ปิ่นแก้ว ผู้กำกับภาพยนตร์ ได้พูดถึงการตั้งชื่อภาพยนตร์ว่า เป็นการตั้งชื่อให้เกิดจุดสนใจ แปลกใหม่ ดูแล้วนึก

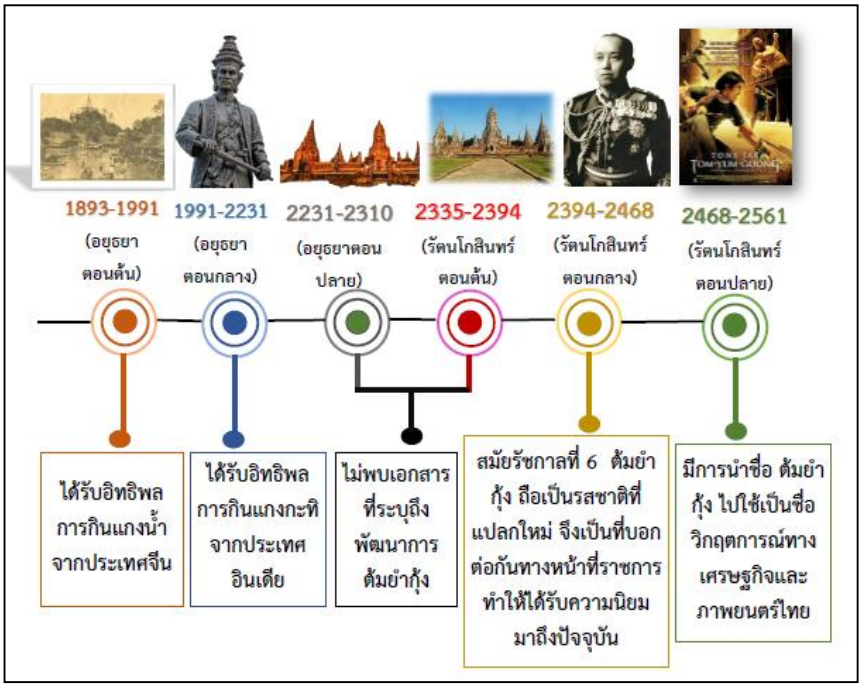
ถึงของดีของไทย นั้นคือเมนูอาหารต้มยำกุ้ง ที่ทุกคนส่วนใหญ่ทานแล้วชื่นชอบ ซึ่งแน่นอนว่า ภาพยนตร์เมื่อดูแล้วก็จะชื่นชอบและประทับใจเช่นกัน โดยที่แทบไม่มีฉากเกี่ยวกับการปรุงอาหารเลย แสดงถึงการถูกอุปโลกน์เป็นตัวแทนของ **‘ความเป็น (อาหาร) ไทย’** ระดับนานาชาติ ที่ได้รับรางวัลสุพรรณหงส์และรางวัลชมรมวิจารณ์บันเทิง เป็นภาพยนตร์คุณภาพที่ทำรายได้ในประเทศไทยถึง 183.35 ล้านบาทและทำรายได้ในต่างประเทศทั่วโลกรวมถึง 930 ล้านบาทสร้างชื่อเสียงทำให้ชาวต่างชาติชื่นชมและเป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง

จากข้อมูลในสมัยรัตนโกสินทร์ตอนปลาย ทำให้สรุปได้ว่า การที่ได้ใช้ต้มยำกุ้ง เป็นชื่อแทนวิกฤตการณ์และภาพยนตร์ของไทย ทำให้เห็นความสำคัญและเป็นการตอกย้ำ ต้มยำกุ้ง ที่เปรียบเหมือนตัวแทนของไทยที่สะท้อนออกมาในหลายแง่มุม ชาวต่างชาติส่วนใหญ่ที่พบเห็น ต้มยำกุ้ง จึงระลึกถึงประเทศไทยเพราะ ต้มยำกุ้งกลายเป็นเอกลักษณ์อย่างหนึ่งของคนไทยจนได้รับการยอมรับในระดับสากล

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาพัฒนาการต้มยำกุ้งจากครัวไทยสู่สากล ตั้งแต่สมัยอยุธยาตอนต้น (พ.ศ. 1893 – พ.ศ. 1991) ถึงสมัยรัตนโกสินทร์ตอนปลาย (พ.ศ.2468 – พ.ศ.2561) พบว่า สมัยอยุธยา ซึ่งเป็นช่วงที่มีความรุ่งเรืองและได้มีความสัมพันธ์ทางการค้ากับหลายชาติ ทำให้ได้รับอิทธิพลการกินอาหารของประเทศอื่นๆมาด้วย โดยมีต้มยำกุ้งดั้งเดิมจะเป็นต้มยำกุ้งน้ำใส ที่ได้รับอิทธิพลมาจากวัฒนธรรมการกินของจีน และแกงกะทิ ได้รับอิทธิพลจากอินเดีย ซึ่งถูกพัฒนาปรุงแต่งรสชาติมาเรื่อยๆ จนเป็นอาหารหลากหลายเมนู ในสมัยรัตนโกสินทร์พระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้เป็นผู้นำเอาวัฒนธรรมการปรุงต้มยำน้ำข้นมาเผยแพร่ให้กับเหล่าขุนนาง จนเป็นที่รู้จักถึงปัจจุบัน ด้วยรสชาติที่โดดเด่น จัดจ้าน และแฝงด้วยความพิถีพิถัน ต้มยำกุ้งจึงเป็นอาหารประจำชาติไทยที่ได้รับความนิยมทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ และถือเป็นตัวแทนของความเป็นไทยที่ใช้ ต้มยำกุ้ง มาเป็นชื่อเรียกวิกฤตการณ์เศรษฐกิจครั้งสำคัญของไทย และชื่อภาพยนตร์ไทย ที่โด่งดั่งไปทั่วโลก

เพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับพัฒนาการต้มยำกุ้งจากครัวไทยสู่สากล ตั้งแต่สมัยอยุธยาตอนต้น (พ.ศ. 1893 – พ.ศ.1991) ถึงสมัยรัตนโกสินทร์ตอนปลาย (พ.ศ.2468 – พ.ศ.2561) ผู้วิจัยจะขอสรุปข้อมูลในเชิงลำดับช่วงเวลาดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 1 ลำดับช่วงเวลาพัฒนาการต้มยำกุ้ง

จากภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่า ในแต่ละช่วงเวลาต้มยำกุ้งมีพัฒนาการอย่างเห็นได้ชัดเจน มีปัจจัยมาจากการติดต่อการค้ากับต่างประเทศ และการบอกต่อกัน จนเป็นที่รู้จักกันหลายแง่มุม โดยสูตรเมนูต้มยำกุ้งจะเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงสูตรต้มยำกุ้งในแต่ละช่วงสมัย

ช่วงสมัย	**การเปลี่ยนแปลง**		
	วัตถุดิบ	**รสชาติ**	**วิธีทำ**
อยุธยาตอนต้น (พ.ศ.1893 - พ.ศ.1991)	-กุ้งแม่น้ำ -ใบนาก -ตะไคร้ -ข่าแก่	-เค็ม (จากเกลือ) -หวาน (จากเนื้อกุ้ง)	ไม่ปรากฏหลักฐาน
อยุธยาตอนกลาง (พ.ศ.1991- พ.ศ.2231)	-กุ้งก้ามกาม -ใบนาก -ตะไคร้ -ข่าแก่	-เค็ม (จากเกลือ) -หวาน (จากเนื้อกุ้ง) -เผ็ด (พริกขี้หนู)	ไม่ปรากฏหลักฐาน
อยุธยาตอนปลาย (พ.ศ.2231 – พ.ศ.2310) ถึงรัตนโกสินทร์ตอนต้น	ไม่ปรากฏหลักฐาน	ไม่ปรากฏหลักฐาน	ไม่ปรากฏหลักฐาน

(พ.ศ.2325 – พ.ศ.2394)			
รัตนโกสินทร์ตอนกลาง (พ.ศ.2394 – พ.ศ.2468)	-กุ้งก้ามกาม -ตะไคร้ -ข่าแก่ -กะทิ -เห็ดโคน -ใบมะกรูด -ผักชี	-เค็ม (จากเกลือหรือน้ำปลาดี) -หวาน (จากเนื้อกุ้ง) -เผ็ด (จากพริกขี้หนู) -เปรี้ยว (จากมะนาว)	ต้มน้ำในหม้อในไฟกลาง ให้เดือดต้มหัวกุ้งลงไปให้มีสีของต้มยำกุ้งออกมา ใส่ข่า ใส่ตะไคร้ต้มซักพัก ให้มีกลิ่นหอมขึ้น ใส่กุ้ง ตามด้วยเห็ดฟางรอจนเดือด ปรุงรสด้วยน้ำปลามะนาว พริกขี้หนู ใบมะกรูด และผักชี พร้อมเสริฟ
รัตนโกสินทร์ตอนปลาย (พ.ศ.2468 – พ.ศ.2561)	-กุ้งก้ามกาม หรือกุ้งทะเล -ตะไคร้ -ข่าแก่ -กะทิ หรือนมข้นจืด -เห็ดฟาง และเห็ดชนิดอื่นๆ (อย่างใดอย่างหนึ่ง) -ใบมะกรูด -ผักชี	-เค็ม (จากเกลือหรือน้ำปลาดี) -หวาน (จากเนื้อกุ้ง) -เผ็ด (จากพริกเผา) -เปรี้ยว (จากมะนาว)	ต้มน้ำในหม้อในไฟกลาง ให้เดือดต้มหัวกุ้งลงไปให้มีสีของต้มยำกุ้งออกมา ใส่ข่า ใส่ตะไคร้ต้มซักพัก ให้มีกลิ่นหอมขึ้น ใส่กุ้ง ตามด้วยเห็ดฟางรอจนเดือด ปรุงรสด้วยน้ำปลามะนาว พริกเผา ใบมะกรูด และผักชี พร้อมเสริฟ

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า ต้มยำกุ้ง มีส่วนผสมที่เปลี่ยนแปลงไปจากอดีต ในช่วงแรกจะไม่มีส่วนผสมมากนัก ในช่วงหลังจะมีส่วนผสมเพิ่มขึ้น เป็นการสร้างทางเลือกในการปรุงอาหารให้อร่อย จึงมีรสชาติที่จัดจ้านขึ้น โดยมีกรรมวิธีที่คล้ายกัน

การพัฒนาปรับปรุงสูตรรสชาติอาหารไทย ให้ดีขึ้นและอร่อยขึ้นตามยุคสมัย แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดี และคนไทยยังคงความพิถีพิถันในกรรมวิธี นั้นคือเอกลักษณ์ของไทยที่ควรอนุรักษ์ไว้ให้แก่อนุชนรุ่นหลัง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ธีรพงษ์ น้อยบุญญะ และอาจารย์ ดร.เบญจภา ไกรทอง ที่ปรึกษางานวิจัยที่ได้ให้คำเสนอแนะ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาตลอดจนบทความวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงขอขอบคุณนายรัชชานนท์ มาเมือง เจ้าหน้าที่นักวิชาการศึกษา ที่ช่วยตรวจทานความถูกต้อง แก้ไขและเรียบเรียงบทความ จนมีความสมบูรณ์ ขอบคุณเพื่อนในกลุ่มงานวิจัยที่ให้ความรวมมือ ช่วยกันคิด แก้ไข เรียบเรียง และหาข้อมูลจากแหล่งที่มาต่างๆ จนทำให้บทความวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ผู้วิจัยหวังว่าบทความวิจัยนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจศึกษาไม่

มากก็น้อย หากมีข้อผิดพลาดประการใดต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้ และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กอบแก้ว นาจพินิจ. 2542. **อาหารไทย.** กรุงเทพฯ: เสมาธรรม.

เกริกเกียรติ สุขราช. 2559. **ประวัติต้มยำกุ้ง.** (ออนไลน์). https://tomyumkong.wordpress.com., วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2561.

จอห์น วิญญู. (ผู้ดำเนินรายการ). (30 มิถุนายน 2560). **วิกฤตการต้มยำกุ้ง.** [รายการเจาะข่าวตื่น]. กรุงเทพฯ: SpokeDark.

จิราภรณ์ เจริญเดช. 2545. **อาหารไทย.** กรุงเทพฯ: บริษัทไทยประกันชีวิต.

สมาคมเชฟประเทศไทย. 2560. **ต้มยำกุ้งน้ำข้น.** (ออนไลน์). http://www.thaichef.in.th., วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2561.

ทวีทอง หงส์วิวัฒน์. 2542. **เที่ยวไปกินไปต่างแดน.** กรุงเทพฯ: แสงแดด.

นิจศิริ เรืองรังสี. 2542. **เครื่องเทศ.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โยธิน แสวงดี. 2558. **แนวคิดและหลักการของการวิจัยเชิงคุณภาพ.** รายงานสัมมนาการออกแบบการวิจัย ณ โรงแรมเซ็นทาราแกรนด์ กรุงเทพฯ. 17 สิงหาคม 2558. หน้า 1-11.

ศิริเฉลิม สวัสดิวัฒน์. (ผู้ดำเนินรายการ). (22 พฤศจิกายน 2558).**อิทธิพลของอาหารอินเดียสู่อาหารไทย.** [รายการโทรทัศน์]. กรุงเทพฯ: พีพีทีวี.

ศรุดา นิติวรการ. 2557. **อาหารไทยมรดกทางวัฒนธรรมของชาติ.** (ออนไลน์). https://tci-thaijo.org/indexphp., วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2561.

ศรุดา นิติวรการ. 2557. **อาหารไทยมรดกทางวัฒนธรรมของชาติ.** (ออนไลน์).

สันต์ ท. โกมลบุตร. 2548. **จดหมายเหตุลาลูแบร์ราชอาณาจักรสยาม.** กรุงเทพฯ: ศรีปัญญา.

สุจิตต์ วงษ์เทศ. 2551. **ข้าวปลาอาหารไทย.** พิมพ์ครั้งแรก.กรุงเทพฯ : กองทุนเผยแพร่ความรู้สู่สาธารณะ.

สุวรรณา เกรียงไกรเพ็ชร์. 2547. **มองข้ามบ่านักเขียน.** กรุงเทพฯ: ชมนาด.

สุวินัย ภรณวลัย. 2544. **เศรษฐกิจไทย ตายแล้วฟื้น.** นนทบุรี :วิชัน แวนควิช.

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. 2560. **อาหารไทยที่ชาวต่างชาติชื่นชอบ.** (ออนไลน์). www.Thailandtopvote.com., วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2561.

เคเบิล นิวส์ เน็ตเวิร์ก. 2554. **อาหารยอดนิยมระดับโลก.** (ออนไลน์). www.travel.cnn.com. วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2561.

การพัฒนาตำรับมาตรฐานของไส้อั่ว ไส้กรอกภาคเหนือของไทย

ประภัสสร ปิยะวัติ[1] ชลิดา แก้ววงษ์[1] มานิตา ทองแท่ง[1]
มนัญญา คำวชิระพิทักษ์[1*]

บทคัดย่อ

การพัฒนาตำรับมาตรฐานไส้อั่วจาก 3 สูตร สูตรที่ได้รับการยอมรับคือ สูตรที่ 2 โดยมีส่วนผสมของสะโพกหมู 57.52%, ไข่ 4.11% มันหมู 28.76% และมีเครื่องเทศ 9.86% เครื่องปรุงรส 3.86% และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยมีคะแนนการยอมรับอยู่ในช่วง 7.26-7.83 (ชอบปานกลาง-มาก) ให้ลักษณะผลิตภัณฑ์สีเหลืองอมส้ม (ค่า L* 42.8, a* 7.4, และ b*25.5)

คำสำคัญ : ไส้อั่ว ตำรับ ไส้กรอกไทย

[1] *หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี*

**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail :* manunya@vru.ac.th

STARDARD RECIPE OF SAI UA- NORTERN STYLE SAUSAGE

Prapasorn Piyawat[1] Chalida Kaewwong[1] Manita Thong Thong[1]
Manunya Khumwachirapithak[1*]

Abstract

Aims of research was developing the standard rescipe of Sai Ua- Nortern Style Sausage from 3 recipes. The accepted was recipe 2 that had all of ingradients, the pork hips 57.52%, eggs 4.11%, pork fat 28.76% and spices 9.86%, sauces 3.86% and were in range of the standard of community products. The overall acceptance scoring test were in the range of 7.26-7.83 and had yellow-orange color (L* 42.8, a* 7.4 and b*25.5).

Keywords : Sai Ua, Recipe, Thai Sausage

[1] *Department of Home Economic, Faculty of Science and Technology Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage*

** Corresponding author, e-mail: manunya@vru.ac.th*

บทนำ

ไส้อั่ว หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อหมู มันหมู ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรสและเครื่องเทศสมุนไพร เช่น เกลือ น้ำตาล ซีอิวขาว พริกแห้ง ตะไคร้ กระเทียม หอม ใบมะกรูด ขมิน บดหรือโขลก อาจเติมกระดูกหมูอ่อนด้วยก็ได้ ผสมให้เข้ากัน บรรจุในไส้หมูที่ล้างสะอาดแล้วหรือไส้ชนดอื่นที่บริโภคได้แล้วนำไปทำให้สุก (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 294/2547) ไส้อั่วเป็นอาหารพื้นบ้านของชาวเหนือ ที่รู้จักกันดี นิยมรับประทานกับข้าวเหนียว หรือรับประทานคู่กับน้ำพริกได้ ในทางภาคเหนือจัดเป็นอาหารที่คู่กับงานขันโตกแบบพื้นบ้านเมืองล้านนาต้อนรับแขกบ้านแขกเมือง คำว่าอั่ว หมายถึง แทรก หรือยัด ไว้ตรงกลาง ไส้อั่ว จึงหมายถึงไส้ที่มีการนำสิ่งของมายัดไว้ การทำไส้อั่วนิยมใช้ไส้หมูและเนื้อหมู สามารถเก็บไว้กินได้นาน 1-2 วัน และเป็นการนำเศษเนื้อและเครื่องในพวกไส้มาทำให้เกิดประโยชน์ (รัตนา พรหมพิชัย, 2542) ส่วนประกอบของไส้อั่ว คือหมูที่สับละเอียดและเครื่องเทศซึ่งเป็นสมุนไพรพื้นบ้านของไทยหลายชนิด ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น พริกแห้ง กระเทียม ขมิ้น ข่า ตะไคร้ หอมแดง และใบมะกรูด ซึ่งมีประโยชน์ในการช่วยบำรุงสุขภาพ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 1,476 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อ 100 กรัม และมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (ธันยพงศ์ จันทร์น้อย, 2553) ส่วนผสมไส้อั่วในปัจจุบันที่มีส่วนประกอบและกระบวนการผลิตซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันสูงนับว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปริมาณไขมันในส่วนผสมอยู่มาก โดยจะใช้มันแข็งประมาณร้อยละ 50 ของหมูเนื้อแดงที่ใช้ (สุกัญญา, 2544) ปัจจุบันนั้นทุกคนให้ความสนใจมากขึ้นเรื่อยๆ ผู้บริโภคได้หันมาให้ความสนใจในการเลือกประทานอาหารที่มีประโยชน์ มีไขมันน้อย ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาสูตรมาตรฐานของไส้อั่วที่ยังคงคุณค่าทางโภชนาการเป็นไปตามส่วนผสมที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 294/2547 กำหนด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาสูตรมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วที่ได้รับการยอมรับ

วิธีดำเนินการวิจัย

การหาสูตรมาตรฐานของไส้อั่ว โดยเปรียบเทียบสูตรไส้อั่ว 3 สูตร ที่มีส่วนผสมของเนื้อหมูสันนอก บดหยาบ ใบมะกรูด ขมิ้นผง ไข่ไก่ ต้นหอม ผักชี น้ำปลาดี ผงชูรส และพริกแกงปั่นละเอียด ในสัดส่วนกำหนดของแต่ละสูตร (ตารางที่ 1) ผสมให้เข้ากัน บรรจุลงในไส้หมู มัดเป็นข้อๆ ละ 4 นิ้ว นำไปย่าง ด้วยเตาอบความร้อนไฟฟ้า (ยี่ห้อ TOTO) ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที

ตรวจวัดคุณลักษณะของไส้อั่วดังนี้ การประเมินทางประสาทสัมผัส (9 point Hedonic scale) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝน จำนวน 30 คน ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และ ความชอบโดยรวม เพื่อหาสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด และวัดค่าสี (Color Readerรุ่น CR- 10)

การวางแผนการทดสอบแบบสมบูรณ์ (CRD) สำหรับลักษณะการทดสอบทางกายภาพ และวางแผนการทดสอบแบบ RCBD สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ผลทางสถิติทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ Analysis of Variance และทดสอบความแตกต่างโดยใช้ Dancan New Multiple Range’s Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของไส้อั่ว

ส่วนผสม	สูตรที่ 1		สูตรที่ 2		สูตรที่ 3	
	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ
สะโพกหมูบด	700	63.18	700	57.52	700	61.62
มันหมูบด	300	27.08	300	24.65	300	26.41
พริกแกง	45	4.06	45	3.70	45	3.96
ใบมะกรูด	3	0.27	30	2.47	15	1.32
ผักชีฝอย	30	2.71	15	1.23	-	
ต้นหอมซอย	30	2.71	15	1.23	-	
ขมิ้นผง	-		15	1.23	1	0.09
ไข่ไก่	-		50	4.11	-	
น้ำปลา	-		45	3.70	30	2.64
ชูรส	-		2	0.16		
ซีอิ้วดำ	-		-		15	1.32
ซีอิ้วขาว	-		-		15	1.32
น้ำ	-		-		15	1.32
รวม	1,108	100.00	1,217	100.00	1,136	100.00

ที่มา : สูตร 1 (รัตนา พรหมพิชัย, 2542) สูตร 2, 3 (มนัญญา คำวชิระพิทักษ์, 2558 และ 2560)

ผลการวิจัย

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม (ตารางที่ 2) ด้านลักษณะปรากฏ พบว่าไส้อั่วทั้งสามสูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏมากที่สุดคือ สูตรไส้อั่ว สูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบเท่ากับ 7.26 รองลงมาเป็นไส้อั่ว สูตรที่ 3 และ สูตรที่ 2 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 6.43, 5.11 ตามลำดับ ด้านสีสูตรที่ได้รับการยอมรับด้านสีมากที่สุดคือ สูตรไส้อั่ว สูตรที่ 2 (7.33) รองลงมาเป็นไส้อั่ว สูตรที่ 1 (6.71) และ สูตรที่ 3 (6.28) ตามลำดับ

ด้านกลิ่น ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับสูตรที่ 2 มากที่สุด (7.40) รองลงมาเป็นไส้อั่ว สูตรที่ 1 (6.81) และ สูตรที่ 3 (6.63) ตามลำดับ เช่นเดียวกับด้านรสชาติ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับไส้อั่ว สูตรที่ 2 (7.58) รองลงมาเป็นไส้อั่ว สูตรที่ 1 (6.65) และ สูตรที่ 3 (6.46) ตามลำดับ ด้านเนื้อสัมผัสผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับไส้อั่ว สูตรที่ 2 (7.51) มากที่สุด รองลงมาเป็นไส้อั่ว สูตรที่ 1 (6.50) และ สูตรที่ 3 (6.40) ตามลำดับ และสำหรับด้านความชอบโดยรวม ไส้อั่วสูตรที่ 2 มีคะแนนการยอมรับโดยรวมมากที่สุด (7.83) รองลงมาเป็นไส้อั่ว สูตรที่ 1 (6.93) และ สูตรที่ 3 (6.70) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส และค่าสี

คุณลักษณะ	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
ลักษณะปรากฏ	5.11±1.05[c]	7.26±1.38[a]	6.43±1.52 [b]
สี	6.71±1.47[b]	7.33±1.38[a]	6.28±1.71[b]
กลิ่น	6.81±1.28[b]	7.40±1.25[a]	6.63±1.16[b]
รสชาติ	6.65±1.23[b]	7.58±1.41[a]	6.46±1.54[b]
เนื้อสัมผัส	6.50±1.22[b]	7.51±1.17[a]	6.40±1.52[b]
ความชอบโดยรวม	6.93±1.33[b]	7.83±1.25[a]	6.70±1.47[b]
ค่าสี			
L*	37.7±0.17[b]	42.8±1.49[a]	37.3±1.13[c]
a*	7.2±0.17[b]	7.4±0.42[a]	7.0±0.25[c]
b*	18.5±0.26[c]	25.5±0.37[a]	22.0±0.19[b]

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากทุกคุณลักษณะ จะเห็นได้ว่า ไส้อั่วสูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับมากที่สุด ในทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 7.26-7.83 (ชอบปานกลาง-มาก) และมีค่า L* a* และ b* (42.8, 7.4, 25.5) สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด ให้ลักษณะและสีของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างมีสีเหลืองอมส้มไม่คล้ำ เนื่องจากมีส่วนผสมของผงขมิ้น (ดังภาพที่ 1)

ภาพที่ 1 ส่วนผสมและไส้อั่วสูตรที่ 2

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ไส้อั่วสูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับมากที่สุด ในทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส คือ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม โดยมีสีเหลืองอมส้ม เนื่องจากมีส่วนผสมของผงขิ้นทำให้สีสว่างไม่คล้ำจนเกินไป มีกลิ่นหอมและไม่ฉุน รสชาติที่พอดีไม่เผ็ดและเค็มจนเกินไป และมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มและไม่แข็งจนเกินไป เมื่อพิจารณาจากส่วนผสม สูตรที่ 2 ประกอบไปด้วย สะโพกหมู 57.52%, ไข่ 4.11% ซึ่งให้โภชนาการ

โปรตีนเป็นหลัก มันหมู 28.76% ซึ่งให้โภชนาการไขมันเป็นหลัก และมีเครื่องเทศ 9.86% เครื่องปรุงรส 3.86% และเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน พบว่าปริมาณโปรตีนรวมของไส้อั่วทุกตัวอย่างเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคือ ไม่น้อยกว่า 13% และมีปริมาณไขมันรวม ไม่เกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ ไม่มากกว่า 30% และไม่ใช้สารกันเสีย ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของไส้อั่ว 294/2547 เมื่อเทียบกับไส้อั่วปัจจุบันที่ผลิตมาก นิยมในภาคเหนือ โดย นพพล เล็กสวัสดิ์ และคณะ (2556) ได้ตรวจสอบคุณภาพของไส้อั่วในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ตามคุณลักษณะตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คือมีปริมาณโปรตีนโดยรวม 33.33% และมีไขมันรวมสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคือ 58.33% และพบว่า ใส่สารกันบูดกลุ่มเบนโซอิกและกรดซอร์บิก คิดเป็น 16.67% และ 8.33% ของกลุ่มตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

ธันยพงศ์ จันทร์น้อย, โชตินันท์ สุขเล็ก และณัฐพงศ์ ภูรังษี. (2553). **ไส้อั่วสมุนไพร**. สาขาการตลาด วิทยาลัยเทคโนโลยีพายับและบริหารธุรกิจ.

นพพล เล็กสวัสดิ์ และคณะ. (2556). รายงานการวิจัย **การเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรอาหารภาคเหนือ: ไส้อั่ว.** สถาบันวิจัยวิทยาลัยสุขภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รัตนา พรหมพิชัย. (2542). **ไส้อั่วอาหารพื้นบ้านล้านนา**. ศูนย์สนเทศภาคเหนือ สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มนัญญา คำวชิระพิทักษ์. (2558). **เอกสารประกอบการบทปฏิบัติการรายวิชา การแปรรูปอาหาร**. หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวุดปทุมธานี.

มนัญญา คำวชิระพิทักษ์. (2560). **เอกสารการสอน รายวิชา การถนอมอาหาร.** หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวุดปทุมธานี.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ไส้อั่ว 294/2547. (2547). **ไส้อั่ว.** [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps294_47.pdf, (2560, 3 สิงหาคม)

สุกัญญา วงวาท. (2544). การผลิตไส้อั่วลดไขมัน. โครงการวิจัยสาขาวิชา เทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

บทความวิจัยภาคบรรยาย
(Oral Presentation)
กลุ่ม สาธารณสุข

การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา ครั้งที่ 9
“วิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคม”
วันที่ 18-19 ตุลาคม 2561
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล : กรณีศึกษา โรงพยาบาลพรหมบุรี จังหวัดสิงห์บุรี

สุดารัตน์ เหมรินี[1*] จุฑารัตน์ ชมพันธุ์[2]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล และเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาการดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth Interviews) โดยการสัมภาษณ์ผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล และประชาชน รวมผู้ให้ข้อมูลทั้งหมด 30 คน ร่วมกับการสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วมในพื้นที่โดยการเยี่ยมประเมินมาตรฐานระบบบริการสุขภาพและศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง การศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์หลักการของดัชนีชี้วัดความสำเร็จแบบสมดุล (Balanced Scorecard) พิจารณาประเด็นหลัก 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านประสิทธิผล ด้านผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ด้านการบริหารจัดการ และด้านการเรียนรู้และการพัฒนา ผลการศึกษาพบว่า ด้านประสิทธิผล บรรลุตามวัตถุประสงค์เป้าหมายที่กำหนดไว้ ตามพันธกิจและเป้าประสงค์ของโรงพยาบาลเรื่องการพัฒนาระบบบริการสุขภาพให้ได้มาตรฐาน ด้านผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย บุคลากรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาลเป็นอย่างดี อีกทั้งยังมีความพึงพอใจที่เป็นส่วนหนึ่งในความสำเร็จ ด้านการบริหารจัดการ มีการกำหนดนโยบายให้มีสิ่งแวดล้อมที่ปลอดภัยอย่างชัดเจน การปฏิบัติงานเป็นไปตามแผนงานที่วางไว้ มีการจัดการด้านบุคลากรและงบประมาณโดยการบูรณาการงานที่มีความเกี่ยวข้องด้านสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดความเพียงพอ และมีการติดตามตรวจสอบและประเมินผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง และด้านการเรียนรู้และการพัฒนามีการส่งเสริมและพัฒนาความรู้ ความสามารถของบุคลากรในการดำเนินงาน และมีการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการทำงานอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังมีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการดำเนินงาน

คำสำคัญ : มาตรฐานระบบบริการสุขภาพ ระบบงานสิ่งแวดล้อม ดัชนีชี้วัดความสำเร็จแบบสมดุล

---

[1] *นักศึกษาปริญญาโท สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร e-mail:* u5208077@gmail.com

[2] *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร*

* *ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:* u5208077@gmail.com

FACTORS AFFECTING THE SUCCESS IN IMPLEMENTING THE HEALTH SERVICE SYSTEM STANDARD IN ENVIRONMENTAL SYSTEMS: A CASE STUDY OF PROMBURI HOSPITAL, SINGBURI PROVINCE

Sudarat Hamrinee[1*] Chutarat Chompunth[2]

Abstract

The objectives of this case study were: 1) to investigate the factors affecting to the success of implementing the Health Service System Standard of Environmental Systems, and 2) to recommend a proper approach for developing an implementation of the Health Service System Standard in Environmental Systems. The data of this qualitative research were collected through in-depth interviews of key informants including executives, staff members and affected people who played an important role in implementing the Health Service System Standard. The number of samples was 30. The Balanced Scorecard technique was applied for data analysis. The evaluation indicators included the effectiveness, stakeholder, management and learning and growth perspectives. The results showed that with respect to effectiveness, the hospital achieved its setting objectives. The mission and goal of the hospital is the development of the Health Service System Standard. The employees in the hospital understood and knew well the procedures for implementing the standard. The employees were very pleased to be a part of the success. Regarding management issue, it was found that the policies, plans and practices were in accordance with the management plans, which encompassed integrating of human resource management on issues relating to environment. The budget is sufficient by integrating all relevant function together. Regular monitoring and evaluating of the implementation. As for the learning and growth perspective, the hospital supported the development the employees' knowledge and competency to work effectively. In addition, the hospital adopted the Information Technology for effectively implementing the standard.

Keywords : Health Service System Standard, Environmental Systems, Balanced Scorecard

[1] *Master Student, Master of Science Program in Environmental Management, School of Environmental Development Administration, National Institute of Development Administration, Bangkok*
e-mail: u5208077@gmail.com

[2] *Associate Professor Doctor, Development Administration, National Institute of Development Administration, Bangkok*
** Corresponding author, e-mail:* u5208077@gmail.com

บทนำ

โรงพยาบาลเป็นสถานบริการทางการแพทย์ที่มีบทบาทครอบคลุมทั้งในด้านการรักษาพยาบาล การป้องกันควบคุมโรค การฟื้นฟูสภาพ การส่งเสริมสุขภาพ และการส่งเสริมอนามัยสิ่งแวดล้อม ในแต่ละวันจะมีผู้มารับบริการเป็นจำนวนมาก ทั้งที่เป็นผู้ป่วยและบุคคลทั่วไป ทำให้เกิดของเสียจำนวนมากจากกิจกรรมต่างๆ ในโรงพยาบาล เช่น มูลฝอยทั่วไป มูลฝอยติดเชื้อมูลฝอยอันตราย และสิ่งปฏิกูล เป็นต้น ดังนั้น ระบบการจัดการสุขาภิบาลและความปลอดภัยในโรงพยาบาลจึงเป็นสิ่งจำเป็นและมีความสำคัญ เพราะหากมีการจัดการไม่ดีอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้มารับบริการและเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลได้ นอกจากนี้ ยังอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนที่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงโรงพยาบาลได้ เช่น มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศและเสียง เป็นต้น (กรมอนามัย, 2559, น.1) เพื่อเป็นการลดผลกระทบต่างๆ ดังที่กล่าว รวมทั้งเพื่อให้การจัดการสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาลให้มีคุณภาพ ต้องมีการพัฒนาสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาลให้มีมาตรฐานการปฏิบัติงานเพื่อส่งเสริมให้โรงพยาบาลเป็นสถานที่เอื้อต่อการส่งเสริมสุขภาพ

กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ ได้จัดทำมาตรฐานระบบบริการสุขภาพเพื่อมุ่งเน้นการคุ้มครองผู้บริโภคในระบบบริการสุขภาพด้านความปลอดภัยของผู้ป่วย (Patient Safety) ซึ่งนับเป็นปัญหาสำคัญและมีผลกระทบต่อวงการแพทย์และสาธารณสุขทั่วโลก รวมทั้งมีผลกระทบต่อร่างกาย จิตใจ สังคมของผู้ให้และผู้รับบริการ เกิดปัญหาการฟ้องร้อง และความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจ (กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ, 2560, น.38-39)

ดังนั้นเพื่อให้ประชาชนได้รับบริการทางด้านสุขภาพที่เอื้อให้เกิดความปลอดภัย สวัสดิภาพของผู้รับบริการ ผู้ให้บริการ ผู้มาเยือน ชุมชน สิ่งแวดล้อมและเป็นที่ไว้วางใจ จากผลการดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาลตั้งแต่ปี 2560 ถึงปัจจุบัน ของโรงพยาบาลพรหมบุรี จังหวัดสิงห์บุรี อยู่ในระดับคุณภาพติดต่อกัน 2 ปี (คะแนน 85% ขึ้นไป) จนสามารถเป็นต้นแบบในการพัฒนางานด้านสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาลให้แก่หน่วยงานต่างๆ เข้ามาศึกษาและเรียนรู้ ผู้ศึกษาเกิดความสนใจในการศึกษาวิจัยเรื่อง “ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล กรณีศึกษาโรงพยาบาลพรหมบุรี จังหวัดสิงห์บุรี” เพื่อศึกษาแนวทางการในการพัฒนามาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล : กรณีศึกษา โรงพยาบาลพรหมบุรี จังหวัดสิงห์บุรี

2. เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาการดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล

วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีสามารถกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังแสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ระเบียบวิจัยเชิงคุณภาพ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview) ผู้ให้ข้อมูลหลัก (Key informants) ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) ผู้บริหารและผู้รับผิดชอบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล 2) บุคลากรทั่วไปในโรงพยาบาล และผู้มารับบริการในโรงพยาบาล 3) ผู้นำชุมชน และประชาชนในพื้นที่ และ 4) ผู้รับผิดชอบงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพระดับกระทรวง และคณะกรรมการเยี่ยมประเมินมาตรฐานระบบบริการสุขภาพ รวมผู้ให้ข้อมูลทั้งสิ้นจำนวน 30 คน ร่วมกับการสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วม (participatory observation) โดยการร่วมเยี่ยมประเมินมาตรฐานระบบบริการสุขภาพ การสำรวจพื้นที่ (Site Survey) และศึกษาเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง (Document Review) และนำหลักการของ Balanced Scorecard มาใช้สร้างแนวคำถามประกอบการสัมภาษณ์ ซึ่งเป็นการสอบถามลักษณะคำถามแบบปลายเปิด (Open-ended Questions) ประกอบด้วย 4 มิติ ได้แก่ 1) ด้านประสิทธิผล 2) ด้านผู้มีส่วนได้เสีย 3) ด้านการบริหารจัดการ และ 4) ด้านการเรียนรู้และการพัฒนา ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) กับกลุ่มผู้บริหาร ผู้รับผิดชอบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล กลุ่มผู้รับผิดชอบงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพระดับกระทรวง และคณะกรรมการ

เยี่ยมประเมินฯ จำนวน 25 คน และการเลือกตัวอย่างแบบบอกต่อ (Snowball Selection) กับกลุ่มผู้นำชุมชนและกลุ่มประชาชนในพื้นที่ กลุ่มบุคลากรทั่วไปในโรงพยาบาล ผู้มารับบริการในโรงพยาบาล ผู้นำชุมชนและประชาชนที่สะดวกในการให้ข้อมูลและสามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย จำนวน 5 คน

ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา โดยการวิเคราะห์เนื้อหาร่วมกับการวิเคราะห์แบบสามเส้า (Triangulation) คือ สามเส้าด้านวิธีการ เป็นการตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากวิธีการเก็บข้อมูล 3 วิธีที่ต่างกัน เช่น ใช้วิธีการสังเกต การสัมภาษณ์ และการใช้เอกสาร เป็นต้น ซึ่งการตรวจสอบข้อมูลจะทำให้เกิดความเชื่อถือได้ (Reliability) ทั้งนี้ จะนำข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิที่ได้มาตรวจสอบความถูกต้อง วิเคราะห์ สังเคราะห์ เพื่อให้ได้ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ผลการวิจัย

ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล : กรณีศึกษา โรงพยาบาลพรหมบุรี จังหวัดสิงห์บุรี โดยใช้เทคนิค Balanced Scorecard ทั้ง 4 มิติ พบว่า

1. ด้านประสิทธิผล จากการศึกษาพบว่า *การดำเนินงานฯบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ และเป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างชัดเจน* ตามพันธกิจและเป้าประสงค์ของโรงพยาบาลเรื่องการพัฒนาระบบบริการสุขภาพให้ได้มาตรฐาน (องค์กรมีคุณภาพ) และมีสิ่งแวดล้อมเพื่อการสร้างเสริมสุขภาพและการพิทักษ์สิ่งแวดล้อม ซึ่งระบบงานสิ่งแวดล้อมเป็นด้านหนึ่งของมาตรฐานระบบบริการสุขภาพ การเยี่ยมประเมินโดยคณะกรรมการฯ เป็นการเยี่ยมประเมินพื้นที่ทุกอาคารสภาพแวดล้อมของโรงพยาบาล หากผลการเยี่ยมประเมินของคณะกรรมการผ่านระดับ 2 (เกณฑ์ทั้งหมดมี 3 ระดับ คือ พื้นฐาน พัฒนา และคุณภาพ) ถือว่าสถานบริการสุขภาพนั้นผ่านเกณฑ์คุณภาพของมาตรฐานระบบบริการสุขภาพ ตามตัวชี้วัดของกรมสนับสนุนบริการสุขภาพ คณะกรรมการเยี่ยมประเมินฯ ท่านที่ 1 กล่าวว่า “จากผลการเยี่ยมประเมินมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาลในปีที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันอยู่ในระดับคุณภาพ (คะแนนมากกว่า 85% จัดอยู่ในระดับคุณภาพ) ผลการเยี่ยมประเมินมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล ปี 2560 อยู่ในระดับคุณภาพ (คะแนน 89.94%) และในวันที่ 12 กรกฎาคม 2561 มีการเยี่ยมประเมินมาตรฐานระบบบริการสุขภาพ ปี 2561 อยู่ในระดับคุณภาพ (คะแนน 97.50%)” ผู้รับผิดชอบงานสิ่งแวดล้อมของโรงพยาบาลฯ ท่านที่ 2 กล่าวว่า “ผลการปรับปรุงและพัฒนาทำให้มีคะแนนเพิ่มมากขึ้นกว่าปีที่ผ่านมา เนื่องจากมีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ การติดตามผลการปฏิบัติงานทุกไตรมาส และการตรวจประเมินภายในของโรงพยาบาล การทบทวนจากทีมคณะกรรมการฯในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง” จึงกล่าวได้ว่า โรงพยาบาลมีการดำเนินงานฯบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ และเป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างชัดเจน ตามพันธกิจและเป้าประสงค์ของโรงพยาบาล และตัวชี้วัดของกรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข

2. ด้านผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย จากการศึกษาพบว่า *1) ความรู้ ความเข้าใจในขั้นตอนการดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล* ผู้รับผิดชอบงานสิ่งแวดล้อมของโรงพยาบาลฯ ท่านที่ 1 กล่าวว่า “มีการฝึกอบรมบุคลากรก่อนการดำเนินงานเพื่อที่จะให้บุคลากรมีความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนอย่างถูกต้องและตรงกัน ส่งผลให้ง่ายต่อการดำเนินงาน” คณะกรรมการเยี่ยมประเมินฯ ท่านที่ 1 กล่าวว่า “ก่อนการดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล จะมีการประชุมชี้แจงแนวทางในการดำเนินงานจากสำนักงานสนับสนุนบริการสุขภาพเขต 4 จังหวัดนนทบุรี เพื่อให้ผู้รับผิดชอบงานทุกคนเข้าใจถึงนโยบาย วัตถุประสงค์ และเป้าหมายในการดำเนินงานฯ พร้อมทั้งอบรมให้ความรู้จากผู้เชี่ยวชาญ” *2) การมีส่วนร่วมของบุคลากร 3) ความพึงพอใจของผู้มีส่วนได้เสีย* ผู้รับผิดชอบงานสิ่งแวดล้อมของโรงพยาบาลฯ ท่านที่ 1 กล่าวว่า “เปิดโอกาสให้ทีมคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมทุกคนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการแผนงาน นโยบาย การประเมินผลและติดตามผลการดำเนินงาน การปรับปรุงแก้ไขการดำเนินงาน ทำให้บุคลากรมีความพึงพอใจในการเป็นส่วนหนึ่งในการดำเนินงานฯ นอกจากนี้ในส่วนของ

ประชาชนในพื้นที่โดยรอบ และผู้มารับบริการรู้สึกพอใจที่โรงพยาบาลใส่ใจในคุณภาพชีวิต สิ่งแวดล้อม ไม่มีข้อร้องเรียนประชาชน ท่านที่1 กล่าวว่า "ไม่มีผลกระทบจากปัญหาสิ่งแวดล้อมของโรงพยาบาล" จึงกล่าวได้ว่า โรงพยาบาลมีบุคลากรที่มีความรู้ด้านระบบงานสิ่งแวดล้อม มีการมีส่วนร่วมของบุคลากร ทำให้เกิดความพึงพอใจทั้งบุคลากรและประชาชนโดยรอบ

3. ด้านการบริหารจัดการ จากการศึกษาพบว่า *1) นโยบาย* หัวหน้าฝ่ายบริหารของโรงพยาบาลฯ กล่าวว่า "โรงพยาบาลมีนโยบายในการดำเนินงานฯ มาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล ภายใต้นโยบายการจัดการคุณภาพ นโยบายความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน และนโยบาย Green & Clean Hospital รวมถึงมาตรฐานและข้อกำหนดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาสิ่งแวดล้อมของโรงพยาบาลให้เอื้อต่อการบริการสุขภาพ มุ่งสู่เป้าหมายการบริการสุขภาพมีความปลอดภัยจากสิ่งแวดล้อมและบริการสุขภาพ ซึ่งเนื้อหาของนโยบายมีความชัดเจน มีสาระสำคัญสอดคล้องการพัฒนาคุณภาพตามมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล และมีการถ่ายทอด เผยแพร่นโยบายฯ อย่างทั่วถึง เพื่อให้ทุกคนนำนโยบายฯ ไปปฏิบัติ" *2) การปฏิบัติตามแผนงาน* หัวหน้าฝ่ายบริหารของโรงพยาบาลฯ ยังกล่าวว่า "โรงพยาบาลมีการปฏิบัติงานเป็นไปตามแผนงานการดำเนินงานฯที่วางไว้ โดยบูรณาการร่วมกับการรับรองคุณภาพสถานพยาบาล (HA) การดำเนินงาน Green & Clean Hospital มีการรวบรวมและจัดทำเอกสารที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล ได้แก่ คู่มือระบบบำบัดน้ำเสีย คู่มือบริหารความเสี่ยง คู่มือการจัดการขยะ คู่มือมาตรฐานระบบบริการสุขภาพ มีการจดบันทึกสถิติและข้อมูลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย เก็บรวบรวมรายงานอุบัติการณ์ที่เกิดจากโครงสร้าง อาคาร สถานที่ และสิ่งแวดล้อม สำหรับการสื่อสารที่เกี่ยวกับระบบการจัดการคุณภาพและความปลอดภัยทุกหน่วยงานมีส่วนร่วมและมีคู่มือระเบียบปฏิบัติที่เป็นแนวทางเดียวกัน และทบทวนนโยบายให้สอดคล้องกับการดำเนินงาน" *3) จำนวนบุคลากร* ผู้รับผิดชอบงานสิ่งแวดล้อมของโรงพยาบาลฯ ท่านที่ 3 กล่าวว่า "เนื่องจากโรงพยาบาลมีบุคลากรน้อย เพื่อลดภาระงาน งบประมาณ และประหยัดทรัพยากร จึงจัดให้มีการแต่งตั้งคณะกรรมการในการดำเนินงานเป็นลายลักษณ์อักษร ได้รับการลงนามโดยผู้อำนวยการโรงพยาบาล และมีเผยแพร่ให้มีการรับทราบอย่างทั่วถึง ประกอบไปด้วยคณะทำงานบริหารงานสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย คณะกรรมการการจัดการคุณภาพและความปลอดภัย คณะกรรมการพัฒนางาน Green& Clean คณะกรรมการดูแลและพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสีย *4) งบประมาณ* ผู้รับผิดชอบงานสิ่งแวดล้อมของโรงพยาบาลฯ ท่านที่ 3 กล่าวว่า"งบประมาณ ส่วนใหญ่จัดสรร สนับสนุนกิจกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อมและการฝึกอบรม ศึกษาดูงาน เพื่อนำองค์ความรู้มาพัฒนางาน *5) การติดตาม ตรวจสอบและประเมินผล* หัวหน้าฝ่ายบริหารของโรงพยาบาลฯ กล่าวว่า "มีการติดตามตรวจสอบและประเมินผลการดำเนินงานโดยมีการจัดทำแผนการติดตาม ตรวจสอบ มีการรายงานผลการดำเนินงานในทุก 3 เดือนและนำเสนอต่อผู้บริหาร" จึงกล่าวได้ว่า โรงพยาบาลมีนโยบายที่ชัดเจนด้านสิ่งแวดล้อม นำมาสู่การปฏิบัติแผนงานที่วางไว้ โดยมีการจัดการบูรณาการด้านบุคลากร งบประมาณ และมีการติดตาม ตรวจสอบ ประเมินผลอย่างต่อเนื่อง

4. ด้านการเรียนรู้และการพัฒนา จากการศึกษาพบว่า *1) การพัฒนาความรู้ความสามารถของบุคลากร* หัวหน้าฝ่ายบริหารของโรงพยาบาลฯ กล่าวว่า "บุคลากรของโรงพยาบาลฯ ได้รับการพัฒนาความรู้ ความสามารถ โดยการฝึกอบรมจากหน่วยงานภายใน และภายนอกของโรงพยาบาล โดยจะฝึกอบรมให้แก่ผู้ปฏิบัติงานและผู้เกี่ยวข้องโดยได้แจกแจงประเภทของการฝึกอบรมให้สอดคล้องกับลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ" *2) การพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการทำงาน* ผู้รับผิดชอบงานสิ่งแวดล้อมของโรงพยาบาลฯ ท่านที่ 1 กล่าวว่า "ทีมคณะกรรมการฯ มีการทบทวนอย่างน้อยปีละครั้ง เพื่อให้ตอบสนองต่อนโยบาย วัตถุประสงค์ ตัวชี้วัดของโรงพยาบาล และสอดคล้องกับข้อกำหนดของกฎหมายที่เกี่ยวข้องทางด้านสิ่งแวดล้อม" *3) การใช้เทคโนโลยี* ผู้รับผิดชอบงานสิ่งแวดล้อมของโรงพยาบาลฯ ท่านที่ 1 กล่าวว่า "โรงพยาบาลมีการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ให้เกิดประโยชน์กับการดำเนินงานโดยใช้ระบบข้อมูลสารสนเทศ

ในการจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ เช่น อินเตอร์เน็ต บอร์ดประชาสัมพันธ์ ไลน์ เสียงตามสายและไปรษณีย์อิเล็กทรอนิค โปรแกรม HS4 เพื่อง่ายต่อการสื่อสารทั้งภายในและภายนอก มีการรับข่าวสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ได้นำเครื่องมืออุปกรณ์ที่เหมาะสมมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการทำงานให้ดียิ่งขึ้น” จึงกล่าวได้ว่า โรงพยาบาลฯ มีการพัฒนาความรู้ความสามารถของบุคลากรในองค์ความรู้ที่สำคัญในการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม นำมาสู่การพัฒนาและปรับปรุงกระบวนงาน โดยนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาช่วยในการดำเนินงาน

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จความสำเร็จของการดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล : กรณีศึกษา โรงพยาบาลพรหมบุรี จังหวัดสิงห์บุรี

1. ด้านประสิทธิผล การดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาลบรรลุตามวัตถุประสงค์ และเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้อย่างชัดเจน โดยดูจากผลการเยี่ยมประเมินมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานระดับคุณภาพอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับ (จุฑารัตน์ หงษ์จินดาและจุฑารัตน์ ชมพันธุ์, 2557: 76-92) ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยที่ส่งผลสำเร็จต่อการดำเนินงานระบบมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม (ISO 14001): กรณีศึกษาบริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) ผลการศึกษาพบว่า ในด้านประสิทธิผล บรรลุตามวัตถุประสงค์ เป้าหมายและแผนงานที่ได้กำหนดไว้ โดยดูจากการดำเนินงานมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม (ISO 14001) ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงปัจจุบัน เช่น การประยุกต์ใช้ 3R ลดปริมาณกากของเสียและของเสียที่เป็นพิษ ทำให้ของเสียที่ส่งไปฝังกลบมีปริมาณลดลง

ดังนั้นจึง กล่าวได้ว่าในการดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาลของโรงพยาบาลฯ สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ และเป้าหมายที่กำหนดไว้ได้อย่างชัดเจน เนื่องจากมีการติดตามผลการปฏิบัติงานให้สอดคล้องตามนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม วัตถุประสงค์ เป้าหมาย และแผนงานที่กำหนดไว้ได้

2. ด้านผู้มีส่วนได้เสีย 1) บุคลากรมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินงานฯ ได้รับการเผยแพร่ความรู้ ฝึกอบรมจากหน่วยงานทั้งภายในและภายนอกโรงพยาบาลอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสอดคล้องกับ (เยาวเรศว์ นุตเดชานันท์: 2558, 107-116) ที่กล่าวว่า ความรู้ ความสามารถและทักษะของคณะทำงานสามารถช่วยผลักดันให้การดำเนินการพัฒนาองค์กรตามเกณฑ์คุณภาพการบริหารจัดการภาครัฐประสบความสำเร็จสูงสุด 2) บุคลากรมีส่วนร่วม สอดคล้องกับ (เยาวเรศว์ นุตเดชานันท์ : 2558, 107-116) ที่กล่าวว่า การเปิดโอกาสให้บุคลากรได้มีส่วนร่วมในการดำเนินการพัฒนาองค์กรตามเกณฑ์คุณภาพการบริหารจัดการภาครัฐในทุกขั้นตอน ก่อให้เกิดความร่วมมือ และมุ่งมั่นที่จะผลักดันให้การพัฒนาคุณภาพการบริหารจัดการภาครัฐประสบความสำเร็จ 3) ผู้มีส่วนได้เสียมีความพึงพอใจ ทั้งบุคลากรของโรงพยาบาลและประชาชน ซึ่งสอดคล้องกับ (สุกัญญา ปิ่นอักษรสกุล :2544) ที่กล่าวว่า ครูและนักเรียนมีความพึงพอใจในการมีส่วนร่วมในระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม และเห็นว่าระบบมาตรฐาน ISO 14001 เป็นระบบที่มีประโยชน์ต่อโรงเรียนและชุมชน

ดังนั้นสรุปได้ว่า บุคลากรที่รับผิดชอบงานของโรงพยาบาลฯ นั้น มีความรู้ความเข้าใจถูกต้องอย่างแท้จริงและมีประสบการณ์เกี่ยวกับการดำเนินงานฯ และเปิดโอกาสให้บุคลากรมีส่วนร่วมในการดำเนินงานฯ ส่งผลทำให้การดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมประสบผลสำเร็จ ทำให้บุคลากรและประชาชนมีความพึงพอใจ

3. ด้านบริหารจัดการ 1) โรงพยาบาลฯ กำหนดนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม มีระบบบริหารจัดการอย่างชัดเจน 2) จัดทำแผนงานการดำเนินงาน กำหนดโครงสร้างหน้าที่และความรับผิดชอบ 3) บูรณาการบุคลากรในรูปแบบทีมคณะกรรมการ ทำให้เกิดความเพียงพอ 4) บูรณาการงบประมาณ ซึ่งได้บูรณาการร่วมกับการดำเนินงานอื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อลดภาระงาน งบประมาณ และประหยัดทรัพยากร โดยการมีส่วนร่วมของทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สอดคล้องกับ (จำลอง

โพธิ์บุญ, 2551: 1-39) ที่กล่าวว่า ปัจจัยภายในที่มีผลต่อความสำเร็จในการจัดการสิ่งแวดล้อม คือ ผู้บริหารมีวิสัยทัศน์และมีวิธีการบริหารจัดการที่ชัดเจนในการจัดการสิ่งแวดล้อม มีความมุ่งมั่นเสียสละ และให้ความสำคัญกับการสร้างประโยชน์ให้ชุมชน มีการจัดสรรงบประมาณอย่างเพียงพอ มีการกำหนดผู้รับผิดชอบอย่างชัดเจน มีนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมที่มุ่งการสร้างเมืองให้เป็นเมืองน่าอยู่ มีการพัฒนาบุคลากรและใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยมาช่วยในการจัดการสิ่งแวดล้อม ปัจจัยภายนอกที่สำคัญคือ ได้รับความร่วมมือจากชุมชน จากหน่วยงานวิชาการจากต่างประเทศ และความร่วมมือจากหน่วยงานราชการและเอกชนที่เกี่ยวข้อง และ 5) มีทบทวนนโยบายให้สอดคล้องกับการดำเนินงานฯ อีกทั้งยังมีการจัดทำแผนการติดตามตรวจสอบ และมีการรายงานผลการดำเนินงานต่อผู้บริหาร ซึ่งสอดคล้องกับ (ปัณมาภรณ์ สุทธิประเสริฐ, 2555) ได้ศึกษาเรื่องการจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในจังหวัดสมุทรสาคร พบว่า องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั้ง 2 แห่ง มีการกำหนดหน่วยงานผู้รับผิดชอบ และมีการจัดทำนโยบาย แผนงาน และโครงการ จัดสรรงบประมาณ มีการติดตามประเมินผลการดำเนินงานอย่างครอบคลุม

จากการที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า การดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาลของโรงพยาบาลฯ มีระบบการบริหารจัดการที่ดีทั้งด้านการกำหนดนโยบายที่ชัดเจน การปฏิบัติตามแผนงานที่กำหนดไว้ เพื่อให้บุคลากรปฏิบัติตามบทบาทหน้าที่ ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เป้าหมาย และแผนงานในทิศทางเดียวกัน ทำให้งานมีประสิทธิภาพ การจัดการด้านบุคลากรและงบประมาณที่เหมาะสม อีกทั้งยังมีการติดตามตรวจสอบและประเมินผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง จึงส่งผลทำให้การดำเนินงานฯประสบผลสำเร็จได้

4. ด้านการเรียนรู้และการพัฒนา 1) บุคลากรของโรงพยาบาลฯได้รับการฝึกอบรมทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ซึ่งสอดคล้องกับ (ศิวพา สิริจามรและจำลอง โพธิ์บุญ, 2553: 52-77) ที่ได้ศึกษาเรื่อง ธรรมาภิบาลในการจัดการสิ่งแวดล้อมขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น: กรณีศึกษาเทศบาลเมืองศรีราชา จังหวัดชลบุรี พบว่า เทศบาลได้ให้ความสำคัญกับการเรียนรู้และพัฒนาของบุคลากรและเจ้าหน้าที่มีการสนับสนุนการพัฒนาศักยภาพของบุคลากรเทศบาลทุกระดับ ทำให้คนในองค์กรมีความสุขที่ได้เป็นสมาชิกของหน่วยงาน ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายและงานที่ตนรับผิดชอบ และงานโดยรวมของหน่วยงานประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย 2) ด้านการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการทำงานของโรงพยาบาล พบว่า มีการทบทวนของทีมคณะกรรมการฯ ในการตอบสนองต่อนโยบาย วัตถุประสงค์ และตัวชี้วัด ข้อกำหนดของกฎหมายที่เกี่ยวข้องทางด้านสิ่งแวดล้อม และ 3) มีการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้กับการดำเนินงาน โดยใช้ระบบข้อมูลสารสนเทศในการจัดเก็บข้อมูลต่างๆ สอดคล้องกับ (จำลอง โพธิ์บุญ, 2551: 1-39) ได้ศึกษาเรื่อง องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกับการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดี : ศึกษากรณีเทศบาลนครพิษณุโลก พบว่าปัจจัยภายในที่มีผลต่อความสำเร็จในการจัดการสิ่งแวดล้อม คือ มีการพัฒนาบุคลากรและใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยมาช่วยในการจัดการสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การดำเนินงานฯ ของโรงพยาบาลมีการพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ความสามารถ และทักษะในการดำเนินงานให้มากยิ่งขึ้น ทำให้เกิดความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาลให้มากยิ่งขึ้น และเพื่อเป็นการสร้างความตระหนักและจิตสำนึกในการดำเนินงาน มีการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการทำงานของโรงพยาบาล เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าการดำเนินงานมีประสิทธิผลและประสิทธิภาพ นอกการนี้ยังนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาช่วยประยุกต์ใช้ในการดำเนินงาน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนงานให้ดียิ่งขึ้น ทำให้ง่ายต่อการดำเนินงาน จึงส่งผลให้การดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาลประสบความสำเร็จ

จากการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล ได้แก่ ความมุ่งมั่นของผู้บริหารที่ให้ความสำคัญ และมีบทบาทในการสนับสนุนทั้งทางด้านทรัพยากรมนุษย์ และงบประมาณในการดำเนินงาน และการมีส่วนร่วมใน

การดำเนินงานของบุคลากรในทุกระดับ ในการดำเนินงานอย่างจริงจัง ส่งผลให้การดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาลประสบความสำเร็จอยู่ในระดับคุณภาพ และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางการดำเนินงาน

1.1 ผู้บริหารควรมีวิสัยทัศน์กว้างไกล มีเป้าหมายที่ชัดเจน สนับสนุนงบประมาณ เทคโนโลยี โดยเฉพาะด้านทรัพยากรมนุษย์ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการทำให้การดำเนินงานบรรลุผลสำเร็จ

1.2 หน่วยงานต้องมีการกำหนดนโยบาย วัตถุประสงค์ เป้าหมาย และแผนงานไว้อย่างชัดเจนและดำเนินงานตามแผนงาน มีการกำหนดโครงสร้างและหน้าที่ความรับผิดชอบที่ชัดเจน อีกทั้งมีการติดตามตรวจสอบและประเมินผลการดำเนินงาน ตลอดจนปรับปรุงแก้ไข พัฒนาอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

1.3 ควรส่งเสริมเปิดโอกาสให้บุคลากรเข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินงานฯในทุกขั้นตอน

1.4 หน่วยงานควรจะต้องสร้างแรงจูงใจให้แก่บุคลากรในการดำเนินงาน เช่น ให้รางวัล เพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการดำเนินงานให้ประสบผลสำเร็จ

1.5 พัฒนาบุคลากรอย่างต่อเนื่องให้มีความรู้ความสามารถและทักษะในการดำเนินงาน เพื่อให้เกิดความเชี่ยวชาญในการปฏิบัติงานให้มีประสิทธิภาพ

1.5 ควรนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาประยุกต์ใช้ในการดำเนินงาน เพื่อให้เกิดความรวดเร็ว

1.6 ควรมีนโยบายแผนงานที่บูรณาการร่วมกันระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานฯ

1.7 หน่วยงานระดับกระทรวงควรจัดสรรงบประมาณในการดำเนินงานให้อย่างเพียงพอ

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ควรศึกษาการเปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการดำเนินงานมาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านระบบงานสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาลกับโรงพยาบาลทั่วไปหรือโรงพยาบาลศูนย์ที่มีผลการดำเนินงานอยู่ในระดับคุณภาพแห่งอื่น

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณบุคคลหลายท่านที่ได้ให้ความร่วมมือสละเวลาให้ข้อมูลประกอบการศึกษา ได้แก่ บุคลากรของโรงพยาบาลพรหมบุรี คณะกรรมการเยี่ยมประเมินฯ ประชาชนในพื้นที่โดยรอบโรงพยาบาล ผศ.ดร.จุฑารัตน์ ชมพันธุ์ ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลักของผู้ศึกษาที่ได้อุทิศเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาชี้แนะให้ข้อคิดเห็น และข้อแนะนำที่เป็นประโยชน์ จนทำให้การศึกษาฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงเจ้าของวรรณกรรมที่ปรากฏอยู่ในรายงาน และขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ชาย น้องสาว ของข้าพเจ้า ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนการทำการศึกษาให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ขออุทิศบุญกุศลจากการทำประโยชน์ในครั้งนี้ให้แก่บุคคลทุกท่านที่ได้กล่าวมาให้มีความสุข ปราศจากโรคและภัยอันตรายทั้งปวงตลอดไป

เอกสารอ้างอิง

กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ. (2560). **มาตรฐานระบบบริการสุขภาพ ฉบับปี 2560**. ม.ป.ท.

กรมอนามัย. (2559). **แนวทางการดำเนินงาน GREEN & CLEAN Hospital.** กรุงเทพฯ: มหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย

จุฑารัตน์ หงษ์จินดา และจุฑารัตน์ ชมพันธุ์. (2557). **ปัจจัยที่ส่งผลสำเร็จต่อการดำเนินงานระบบมาตรฐาน**. ม.ป.ท.

การจัดการสิ่งแวดล้อม (ISO 14001): กรณีศึกษา บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน). **วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม**. 10 (1): 76-92.

จำลอง โพธิ์บุญ. (2551). องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกับการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดี : ศึกษากรณีเทศบาลนครพิษณุโลก. **วารสารร่มพฤกษ์**. 26 (3): 1-39.

ปัณมาภรณ์ สุทธิประเสริฐ. (2555). **การจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในจังหวัดสมุทรสาคร**.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

เยาวเรศว์ นุตเดชานันท์. (2558) .**ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการพัฒนาองค์กร ตามเกณฑ์คุณภาพการบริหารจัดการภาครัฐของกรมสุขภาพจิต**. กระทรวงสาธารณสุข.หน้า107-116 ค้นหาวันที่ 20 กรกฎาคม 2561 จาก https://www.dmh.go.th/ebook/files/ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จองค์กร%20PMQA.pdf

ศิวพา สิริจามร และจำลอง โพธิ์บุญ. (2553). ธรรมาภิบาลในการจัดการสิ่งแวดล้อมขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น: กรณีศึกษาเทศบาลเมืองศรีราชา จังหวัดชลบุรี. **วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม.** 6 (1): 52-77.

สุกัญญา ปิ่นอักษรสกุล. (2544). **ปัจจัยที่ผลต่อความสำเร็จในการใช้ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม (ISO 14001) ในโรงเรียนกาวิละวิทยา อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

การสร้างเกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์

คธาวุธ ศรียา[1*] ภัทรานิษฐ์ พรหมสุรินทร์[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการสร้างเกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนโรงเรียนอนุบาลลำนารายณ์ และนักเรียนโรงเรียนสามัคคีวิทยา นักเรียนชาย 426 คน นักเรียนหญิง 395 คน รวมทั้งสิ้น 821 คน ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบสมรรถภาพทางกาย AAHPERD Health–Related Physical Fitness Test วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละและหาเกณฑ์ปกติโดยใช้คะแนนดิบ

ผลการวิจัยพบว่า 1) รายการวัดส่วนประกอบของร่างกาย แบ่งออกเป็น 5 เกณฑ์ เรียงตามลำดับดังนี้ ระดับผอม ค่อนข้างผอม สมส่วน ค่อนข้างอ้วน และอ้วน รายการวัดส่วนประกอบของร่างกาย นักเรียนชาย ต่ำกว่า 13.66 ลงมา 13.67-17.57, 17.58-21.48 , 21.49-25.39 และตั้งแต่ 25.40 ขึ้นไป นักเรียนหญิง ต่ำกว่า 12.45 ลงมา 12.46-16.09, 16.10-19.73 ,19.74-23.37 และตั้งแต่ 23.38 ขึ้นไป 2) รายการนั่งก้มตัวไปข้างหน้า รายการลุก-นั่งและรายการเดิน/วิ่ง 1 ไมล์ แบ่งเป็น 5 เกณฑ์ ดังนี้ ดีมาก ดี ปานกลาง ค่อนข้างต่ำ ต่ำ เรียงตามลำดับ รายการนั่งก้มตัวไปข้างหน้า นักเรียนชาย ตั้งแต่ 11.57 ขึ้นไป 5.01-11.56,(-1.55)-5.00, (-8.09) - (-1.54) และต่ำกว่า(-8.10)ลงมา นักเรียนหญิงตั้งแต่ 12.25 ขึ้นไป ดี ระหว่าง 5.34-12.24, (-1.55) -5.33, (-8.46) - (-1.56) และต่ำกว่า(-8.47) ลงมา 3) รายการลุก-นั่ง นักเรียนชาย ตั้งแต่ 37 ขึ้นไป 29-36, 21-28, 13-20 และต่ำกว่า 12 ลงมา นักเรียนหญิงตั้งแต่ 30 ขึ้นไป 22-29, 14-21, 6-13และต่ำกว่า 5 ลงมา 4) รายการ เดิน/วิ่ง 1 ไมล์ นักเรียนชาย ตั้งแต่ 8.46 ลงมา 8.47-12.25, 12.26-16.04, 16.05-19.43 และตั้งแต่ 19.44 ขึ้นไป นักเรียนหญิง ตั้งแต่ 10.50 ลงมา 10.51-13.33, 13.34-16.16, 16.17-18.99 และ 19.00 ขึ้นไป

คำสำคัญ : การสร้างเกณฑ์ปกติ/ สมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ

[1]*สาขาวิชาพลศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี e-mail: kathavut_top@hotmail.com*

**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: flower@hotmail.com*

THE CONSTRUCTION OF HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS NORMS FOR THE LEVEL 2 STUDENTS OF LAM NARAI SCHOOL GROUP

kathavut Sriya[1*] **Pattranit Pormsurin**[1]

Abstract

The purpose of this research was to conduct a study on Health-Related Physical Fitness Norms for the Level 2 Students of Lamnarai School Group. The population is Lam Narai kindergarten student and Samakkhiwittaya school students, 426 male students, 395 female students, and 821 students. in Level 2 Students during the second semester of the 2017 academic year. The instrument used to conduct this study was the AAHPERD Health-Related Physical Fitness Test. The data were analyzed by using mean, standard deviation, percentage and the norm of each item and the total test.

The research found that: 1) The body mass index was categorized into five criteria: very thin, thin, medium, fat and very fat. The body mass index for the male students were rated from a scale of 13.66 and lower 13.67-17.57, 17.58-21.48, 21.49-25.39 and 25.40 and higher. The female students were rated from a scale of 12.45 and lower 12.46-16.09, 16.10-19.73 ,19.74-23.37 and 23.38 and higher. 2) The sit and reach item, modified sit-up and 1 mile run/walk were categorized into five criteria: excellent, good, fair, low, and poor. The results of the sit and reach item for the male students were: 11.57 and higher 5.01-11.56,(-1.55)-5.00, (-8.09) - (-1.54) and (-8.10) and lower. The female students scored 12.25 and higher 5.34-12.24, (-1.55) -5.33, (-8.46) - (-1.56) and (-8.47) and lower. 3) The results of the modified sit-up for the male students were: 37 and higher, 29-36, 21-28, 13-20 and 12 and lower. The female students scored 30 and higher, 22-29, 14-21, 6-13 and 5 and lower. 4) The results of the 1 mile run/walk for the male students were 8.46 and lower, 8.47-12.25, 12.26-16.04, 16.05-19.43 and 19.44 and higher. The female students scored 10.50 and lower, 10.51-13.33, 13.34-16.16, 16.17-18.99 and 19.00 and higher.

Keywords : Norms / Health-Related Physical Fitness

[1] *Physical Education, Thepsatri Rajabhat University, e-mail: e-mail: kathavut_top@hotmail.com*

** Corresponding author,e-mail: e-mail: flower@hotmail.com*

บทนำ

การออกกำลังกาย เป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งในการที่จะช่วยส่งเสริมให้มนุษย์ได้มีการพัฒนาทั้งด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคม และสติปัญญา สามารถใช้ชีวิตอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การที่คนจะมีคุณภาพชีวิตที่ดีนั้นจะต้องมีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ มีสัดส่วนรูปร่างได้มาตรฐาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวัยเด็ก เนื่องจากวัยเด็กเป็นวัยที่กำลังเจริญเติบโต เด็กต้องการการออกกาลังกายเพื่อพัฒนาคุณลักษณะทางด้านต่าง ๆ

นอกจากนี้ เด็กยังสามารถนำทักษะการเคลื่อนไหวพื้นฐานต่าง ๆ ไปใช้ในภารกิจประจำวัน ใช้ในเวลาว่างให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและต่อสังคมส่วนรวม สำหรับการพัฒนาทางด้านอารมณ์และจิตใจ การออกกำลังกายช่วยทำให้เกิดความสนุกสนาน เด็กได้ผ่อนคลายความตึงเครียด ช่วยป้องกันความก้าวร้าว ได้ทดแทนความรู้สึกที่ผิดหวังและขจัดความกระวนกระวายใจซึ่งอาจจะเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ การพัฒนาการทางด้านสังคม การออกกำลังกายและการเข้าร่วมกิจกรรมการเล่นกีฬา จะเปิดโอกาสให้เด็กได้ฝึกทางด้านคุณธรรม ปฏิบัติตามกฎระเบียบของการเล่น รู้จักหน้าที่ รู้แพ้ รู้ชนะ รู้อภัย รู้จักรับผิดชอบ มีระเบียบวินัยในการเล่น และรู้จักเสียสละเพื่อประโยชน์ส่วนรวม ศุภวรรณ วงศ์สร้างทรัพย์ และคณะ (2555: 1-2)

ซึ่งสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545 มีแนวการจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุดกระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเติมตามศักยภาพ โดยกำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ของกลุ่มสาระสุขศึกษาและพลศึกษา ได้กำหนดไว้ในสาระที่ 4 เรื่อง การสร้างเสริมสุขภาพสมรรถภาพและการป้องกันโรค มาตรฐาน พ 4.1 เห็นคุณค่า และมีทักษะในการสร้างเสริมสุขภาพการดำรงสุขภาพ การป้องกันโรค และการสร้างเสริมสมรรถภาพเพื่อสุขภาพ ซึ่งโรงเรียนทุกโรงเรียนจำเป็นต้องมีการทดสอบสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ เพื่อต้องการทราบว่านักเรียนแต่ละคนมีสมรรถภาพทางกายแต่ละด้านเป็นอย่างไร ซึ่งเกี่ยวข้องกับการประกันคุณภาพการจัดการศึกษาของสถาบันเพื่อรองรับการประเมินตามมาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยกำหนดไว้ในมาตรฐานด้านผู้เรียน มาตรฐานที่ 10 ผู้เรียนมีสุขนิสัย สุขภาพกาย และสุขภาพจิตที่ดี

การทดสอบสมรรถภาพทางกาย เป็นอีกกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง การกระทำกิจกรรมนั้น ๆ จะครบวงจรไปไม่ได้หากไม่ได้มีการทดสอบ เพื่อที่จะได้ทราบผลว่าสิ่งที่ได้กระทำไปแล้วทั้งหมดนั้นได้บรรลุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์หรือไม่ เพียงใด จะได้แก้ปัญหานั้น ขณะเดียวกันหากพบว่า เด็กยังมีความบกพร่องในองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งของสมรรถภาพทางกาย ไม่ว่าจะเป็นด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อ ความคล่องแคล่วว่องไว ความอ่อนตัว ความเร็ว หรือความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ ดังนั้นการทดสอบสมรรถภาพทางกายจึงมีความสำคัญและมีความจำเป็นมากที่จะต้องนำไปปฏิบัติ เพื่อที่จะให้ได้ผลที่สามารถสรุปถึงระดับของการพัฒนาการทางด้านร่างกายและระดับการพัฒนาทางด้านความสามารถทางทักษะของเด็กได้

ในปัจจุบันเกณฑ์มาตรฐานของสมรรถภาพทางกายที่จะนำมาใช้ในการทดสอบสมรรถภาพทางกายมีหลายแบบทดสอบที่เป็นมาตรฐานอยู่แล้ว ซึ่ง วิริยา บุญชัย (2529: 106) ได้กล่าวไว้ว่า “...ผู้สอนควรจะสร้างคะแนนมาตรฐานขึ้นใช้เอง เพื่อให้เหมาะสมกับนักเรียนแต่ละระดับอายุ ส่วนสูง และน้ำหนัก...” แบบทดสอบสมรรถภาพทางกายมาตรฐานระหว่างประเทศ (ICSPFT) เป็นเครื่องมือที่มีมาตรฐานเหมาะสมในการทดสอบเพื่อสร้างเกณฑ์ปกติสำหรับนักเรียนชายและหญิง ระดับอายุ 9-12 ปี สำหรับใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาพลศึกษา และเป็นข้อมูลในการวางแผนพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักเรียนให้

มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป ซึ่งแบบทดสอบเพื่อวัดสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพของ AAHPERD Health–Related Physical Fitness Test (Safrit, 1986: 341) ซึ่งประกอบด้วยรายการทดสอบ 4 รายการ คือ 1. การวัดองค์ประกอบของร่างกายโดยใช้ ดรรชนีมวลกาย Body Mass Index (BMI) 2. นั่งก้มตัวไปข้างหน้า(Sit And Reach) เพื่อวัดความอ่อนตัว 3. ลุก-นั่ง 1 นาที (Modified Sit-Up) เพื่อวัดความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ 4.วิ่งหรือเดิน 1 ไมล์ (One-Mile Walk/Run) ใช้ในการวัดความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ

ผู้วิจัยในฐานะนักพลศึกษา อาจารย์ผู้สอนในรายวิชาการทดสอบและการสร้างเสริมสมรรถภาพทางกาย ร่วมกับนักศึกษาสาขาวิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี และผู้มีส่วนที่เกี่ยวข้องทั้งครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้สุขศึกษาและพลศึกษา กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ได้ร่วมกันดำเนินการจัดโครงการการบูรณาการวิชาการกับการเรียนการสอนและงานวิจัยนี้ขึ้นมา โดยนำผลจากการวิจัยไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่สร้างขึ้นและนำผลที่ได้ไปปรับปรุงพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอน พัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพและพัฒนาสมรรถภาพของนักเรียนให้สูงขึ้น อันจะเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาสมรรถภาพของนักเรียนในกลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ให้สมบูรณ์และให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์

2. เพื่อสร้างเกณฑ์ปกติ (Norms) สมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนโรงเรียนอนุบาลลำนารายณ์ และนักเรียนโรงเรียนสามัคคีวิทยา นักเรียนชาย 426 คน นักเรียนหญิง 395 คน รวมทั้งสิ้น 821 คน ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบสมรรถภาพทางกาย AAHPERD Health–Related Physical Fitness Test ประกอบด้วย 4 รายการ ดังนี้

1) รายการวัดส่วนประกอบของร่างกาย (Body Mass Index :BMI) ด้วยวิธีหาค่าดรรชนีมวลกาย

2) รายการนั่งก้มตัวไปข้างหน้า (Sit And Reach) เป็นการทดสอบความอ่อนตัว

3) รายการลุก-นั่ง (Modified Sit-Up) ทดสอบความแข็งแรงและอดทนของกล้ามเนื้อ

4) รายการ เดิน/วิ่ง 1 ไมล์ ทดสอบระบบความอดทนของหัวใจและหลอดเลือด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. เดินทางลงพื้นที่กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ วันอังคาร ที่ 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ณ โรงเรียนอนุบาลลำนารายณ์ และโรงเรียนสามัคคีวิทยา อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี เพื่อประชุม และศึกษา

หาข้อมูลในการดำเนินงานตามโครงการกับครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้สุขศึกษาและพลศึกษา และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคน พร้อมกับสำรวจพื้นที่ในการทำกิจกรรม

2. ทำการศึกษาทฤษฎี เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพและการสร้างเกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 (ระดับประถมศึกษาปีที่ 4–6) กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ ในช่วงเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม 2560

3. ทำหนังสือขอความร่วมมือในการลงพื้นที่ทั้งสองโรงเรียน เพื่อรวบรวมเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัย และการดำเนินโครงการจากสาขาวิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ไปยังโรงเรียนอนุบาลลำนารายณ์ และโรงเรียนสามัคคีวิทยา อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี

4. เตรียมอุปกรณ์ในการทดสอบสมรรถภาพทางกาย ประกอบด้วย เครื่องวัดส่วนสูง (ซ.ม.) จำนวน 2 อัน, เครื่องชั่งน้ำหนักมาตรฐาน จำนวน 1 เครื่อง, กล่องวัดความอ่อนตัว จำนวน 2 อัน, นาฬิกาจับเวลา (1/1000 วินาที) จำนวน 4 เรือน, เบาะยืดหยุ่นจำนวน 4 เบาะ, เทปวัด (เมตร), กรวย 4-6 อัน และใบบันทึกผลการทดสอบ

5. นัดหมายชี้แจงสาธิตวิธีการทดสอบแต่ละรายการ รวมถึงขั้นตอนการทดสอบสมรรถภาพ ให้กับนักศึกษาสาขาวิชาพลศึกษาทั้ง 30 คน เพื่อการวางแผนในการทดสอบและแบ่งหน้าที่การทำกิจกรรม จนเป็นที่เข้าใจ ในวันพฤหัสบดี ที่ 7 ธันวาคม 2560 ณ โรงยิมพลศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

6. เดินทางลงพื้นที่กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ เป็นเวลา 2 วัน คือ วันศุกร์ ที่ 8 ธันวาคม และวันอังคาร ที่ 12 ธันวาคม 2560 นำนักศึกษาสาขาวิชาพลศึกษาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มโดยกลุ่มแรกนักศึกษา จำนวน 15 คน ทำการทดสอบสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ โรงเรียนอนุบาลลำนารายณ์ และกลุ่มที่สองนักศึกษา จำนวน 15 คน ทำการทดสอบสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ โรงเรียนสามัคคีวิทยา

7. ดำเนินการทดสอบแต่ละรายการ เริ่มตั้งแต่เวลา 09.00 – 15.30 น. ทั้ง 2 วัน โดยให้นักเรียนที่จะทำการทดสอบสมรรถภาพทางกายได้มีการอบอุ่นร่างกายก่อน เป็นเวลา 10 – 15 นาที แล้วดำเนินการทดสอบสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ ทั้ง 4 รายการ ดังนี้

7.1 วัดส่วนสูงและชั่งน้ำหนัก หน่วยเป็นวัดส่วนสูง เซนติเมตรและชั่งน้ำหนัก กิโลกรัม

7.2 นั่งก้มตัวไปข้างหน้า หน่วยเป็นเซนติเมตร

7.3 ลุก – นั่ง 1 นาที หน่วยเป็น ครั้ง

7.4 เดิน / วิ่ง 1ไมล์ หน่วยเป็น นาที : วินาที

8. ผู้วิจัยเก็บข้อมูลด้วยตนเอง และให้นักศึกษาเป็นผู้ช่วยบันทึกข้อมูล โดยเก็บข้อมูลนักเรียนโรงเรียนอนุบาลลำนารายณ์ เป็นนักเรียนชาย 273 คน นักเรียนหญิง 263 คน และนักเรียนโรงเรียนสามัคคีวิทยา เป็นนักเรียนชาย 153 คน นักเรียนหญิง 132 คน รวมทั้งสิ้น 821 คน

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

1. หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของผลการทดสอบสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพแต่ละรายการ เพื่อที่จะแสดงระดับสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพแต่ละรายการ

2. การสร้างเกณฑ์ปกติ (Norms) สมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ โดยการคำนวณจากค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และกำหนดระดับคะแนนของเกณฑ์ปกติแต่ละรายการ โดยใช้หลักการให้เกรดที่ใช้เคิร์ฟ (Curve Grading)

2.1 เกณฑ์ปกติของรายการดรรชนีมวลกาย BMI และรายการเดิน/วิ่ง 1 ไมล์ คือ

ดีมาก (A) = น้อยกว่า – 1.5 S.D. ต่ำกว่า $\bar{X}$

ดี (B) = ระหว่าง – 0.5 S.D. ถึง – 1.5 S.D. ต่ำกว่า $\bar{X}$

ปานกลาง (C) = ระหว่าง – 0.5 S.D. ถึง + 0.5 S.D. จาก $\bar{X}$

ค่อนข้างต่ำ (D) = ระหว่าง + 0.5 S.D. ถึง + 1.5 S.D. เหนือ $\bar{X}$

ต่ำ (F) = มากกว่า 1.5 S.D. เหนือ $\bar{X}$

2.2 เกณฑ์ปกติของรายการนั่งก้มตัวไปข้างหน้า และลุก – นั่ง 1 นาที

ดีมาก (A) = มากกว่า 1.5 S.D. เหนือ $\bar{X}$

ดี (B) = ระหว่าง + 0.5 S.D. ถึง + 1.5 S.D. เหนือ $\bar{X}$

ปานกลาง (C) = ระหว่าง – 0.5 S.D. ถึง + 0.5 S.D. จาก $\bar{X}$

ค่อนข้างต่ำ (D) = ระหว่าง – 0.5 S.D. ถึง – 1.5 S.D. ต่ำกว่า $\bar{X}$

ต่ำ (F) = น้อยกว่า – 1.5 S.D. ต่ำกว่า $\bar{X}$

3. เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปตารางและความเรียง

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 เกณฑ์สมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ รายการองค์ประกอบของร่างกาย (Body Composition) ของนักเรียนชาย และหญิง ช่วงชั้นที่ 2 กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์

ระดับดรรชนีมวลกาย	นักเรียนชาย คะแนนดิบ	จำนวน (426 คน)	ร้อยละ	นักเรียนหญิง คะแนนดิบ	จำนวน (395คน)	ร้อยละ
ผอม	13.66 ลงมา	49	11.50	12.45 ลงมา	50	12.65
ค่อนข้างผอม	13.67-17.57	151	35.45	12.46-16.09	112	28.36
ปานกลาง	17.58-21.48	130	30.52	16.10-19.73	133	33.67
ค่อนข้างอ้วน	21.49-25.39	50	11.73	19.74-23.37	52	13.16
อ้วน	25.40 ขึ้นไป	46	10.80	23.38 ขึ้นไป	48	12.16

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า

นักเรียนชาย ช่วงชั้นที่ 2 กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ ส่วนมากระดับสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ รายการองค์ประกอบของร่างกายอยู่ในระดับ ค่อนข้างผอม ร้อยละ 35.45 จำนวน 151 คน รองลงมาสมส่วน ร้อยละ 30.52 จำนวน 130 คน

นักเรียนหญิง ช่วงชั้นที่ 2 กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ ส่วนมากระดับสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ รายการองค์ประกอบของร่างกายอยู่ในระดับ สมส่วน ร้อยละ 33.67 จำนวน 133 คน รองลงมาค่อนข้างผอม ร้อยละ 28.36 จำนวน 112 คน

ตารางที่ 2 เกณฑ์สมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ รายการนั่งก้มตัวไปข้างหน้า ของนักเรียนชาย และหญิง ช่วงชั้นที่ 2 กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์

ระดับสมรรถภาพ	นักเรียนชาย คะแนนดิบ	จำนวน (426 คน)	ร้อยละ	นักเรียนหญิง คะแนนดิบ	จำนวน (395 คน)	ร้อยละ
ดีมาก	11.57 ลงมา	74	17.37	12.25 ลงมา	48	12.15
ดี	5.01 - 11.56	140	32.86	5.34 - 12.24	128	32.40
ปานกลาง	(-1.55) - 5.00	162	38.03	(-1.55) - 5.33	140	35.44
ค่อนข้างอ้วน	(-8.09) - (-1.54)	26	6.10	(-8.46) - (-1.56)	51	12.91
ต่ำ	(-8.10) ขึ้นไป	24	5.64	(-8.47) ขึ้นไป	28	7.10

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า

นักเรียนชาย ช่วงชั้นที่ 2 กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ ส่วนมากระดับสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ รายการนั่งก้มตัวไปข้างหน้าอยู่ในระดับ ปานกลาง ร้อยละ 38.03 จำนวน 162 คน รองลงมาระดับดี ร้อยละ 32.86 จำนวน 140 คน

นักเรียนหญิง ช่วงชั้นที่ 2 กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ ส่วนมากระดับสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ รายการนั่งก้มตัวไปข้างหน้าอยู่ในระดับ ปานกลาง ร้อยละ 35.44 จำนวน 140 คน รองลงมาระดับดี ร้อยละ 32.40 จำนวน 128 คน

ตารางที่ 3 เกณฑ์สมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ รายการลุก-นั่ง 1 นาที ของนักเรียนชาย และหญิง ช่วงชั้นที่ 2 กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์

ระดับสมรรถภาพ	นักเรียนชาย คะแนนดิบ	จำนวน (426 คน)	ร้อยละ	นักเรียนหญิง คะแนนดิบ	จำนวน (395 คน)	ร้อยละ
ดีมาก	37 ขึ้นไป	57	13.38	30 ขึ้นไป	62	15.70
ดี	29 - 36	128	30.04	22 - 29	110	27.85
ปานกลาง	21 - 28	165	38.73	14 - 21	139	35.19
ค่อนข้างอ้วน	13 - 20	36	8.45	6 - 13	50	12.66
ต่ำ	ต่ำกว่า 12 ลงมา	40	9.40	ต่ำกว่า 5 ลงมา	34	8.60

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า

นักเรียนชาย ช่วงชั้นที่ 2 กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ ส่วนมากระดับสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ รายการลุก-นั่ง 1 นาที อยู่ในระดับ ปานกลาง ร้อยละ 38.73 จำนวน 165 คน รองลงมาระดับดี ร้อยละ 30.04 จำนวน 128 คน

นักเรียนหญิง ช่วงชั้นที่ 2 กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ ส่วนมากระดับสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ รายการลุก-นั่ง 1 นาที อยู่ในระดับ ปานกลาง ร้อยละ 35.19 จำนวน 139 คน รองลงมาระดับดี ร้อยละ 27.85 จำนวน 110 คน

ตารางที่ 4 เกณฑ์สมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ รายการวิ่ง / เดิน 1 ไมล์ ของนักเรียนชาย และหญิง ช่วงชั้นที่ 2 กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์

ระดับสมรรถภาพ	นักเรียนชาย คะแนนดิบ	จำนวน (426 คน)	ร้อยละ	นักเรียนหญิง คะแนนดิบ	จำนวน (395คน)	ร้อยละ
ดีมาก	8.64 ลงมา	67	15.73	10.50 ลงมา	39	9.87
ดี	8.47-12.25	119	27.93	10.51-13.33	100	25.32
ปานกลาง	12.26-16.04	159	37.32	13.34-16.16	136	34.43
ค่อนข้างอ้วน	16.05-19.43	57	13.38	16.17-18.99	64	16.20
ต่ำ	19.44 ขึ้นไป	24	5.64	19.00 ขึ้นไป	56	14.18

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า

นักเรียนชาย ช่วงชั้นที่ 2 กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ ส่วนมากระดับสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ รายการรายการวิ่ง / เดิน 1 ไมล์ อยู่ในระดับ ปานกลาง ร้อยละ 37.32 จำนวน 159 คน รองลงมาระดับดี ร้อยละ 27.93 จำนวน 119 คน

นักเรียนหญิง ช่วงชั้นที่ 2 กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ ส่วนมากระดับสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ รายการวิ่ง / เดิน 1 ไมล์ อยู่ในระดับ ปานกลาง ร้อยละ 34.43 จำนวน 136 คน รองลงมาระดับดี ร้อยละ 257.32 จำนวน 100 คน

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. รายการองค์ประกอบของร่างกาย (Body Composition) ของนักเรียนชาย และหญิงช่วงชั้นที่ 2 กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชายทุกระดับชั้นส่วนมากอยู่ในระดับค่อนข้างผอม อาจจะเป็นเพราะว่านักเรียนชายมีกิจกรรมออกกำลังกายที่โลดโผนหรือหนักกว่านักเรียนหญิงทำให้มีกล้ามเนื้อมากกว่าไขมัน และนักเรียนหญิงทุกระดับชั้นส่วนมากอยู่ในระดับสมส่วนซึ่งสอดคล้องกับอรชุรี นิราศรพ (2551: 66) ที่พบว่าเด็กในวัยนี้มีปริมาณไขมันใต้ผิวหนังน้อย ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณไขมันนั่นก็คือ การรับประทานอาหาร เด็กในวัยนี้ชอบรับประทานอาหารที่ไม่ค่อยมีประโยชน์ ประกอบกับเป็นวัยที่ชอบซนชอบเล่นและออกกำลังกายมาก เป็นผลให้ปริมาณไขมันในร่างกายถูกเผาผลาญไป และสอดคล้องกับ Hurlock (1898: 114) ที่กล่าวว่า เมื่อเข้าสู่วัยรุ่นไขมันจะลดลงทำ ให้วัยรุ่นชายมีรูปร่างเพรียวขึ้น การเพิ่มของน้ำหนักตัวจะทำให้กล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย และข้อสังเกตอีกอย่างหนึ่งก็คือ เด็กผู้ชายชอบการออกกำลังกาย การเล่นการร่วมกิจกรรมที่โลดโผนฝึกความอดทนและความแข็งแรง ดังนั้นจึงทำ ให้เด็กชายมีกล้ามเนื้อมากขึ้น

2. รายการนั่งก้มตัวไปข้างหน้า เป็นการทดสอบองค์ประกอบสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพด้านความอ่อนตัว (flexibility) ของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงชั้นประถมศึกษาปีที่ 4,5และ6 พบว่า อยู่ในระดับปานกลางแต่ถ้าดูผลของตัวเลข การทดสอบรายการนั่งงอตัวไปข้างหน้านักเรียนหญิงทำได้ดีกว่านักเรียนชายซึ่งสอดคล้องกับวิริยา บุญชัย (2523: 5) ได้กล่าวไว้ว่าความอ่อนตัวเป็นการเคลื่อนไหวที่ใช้ข้อต่อซึ่งสามารถวัดได้

จากการยืดตัวของกล้ามเนื้อที่อ่อนนุ่มโดยเฉพาะกล้ามเนื้อและโครงสร้างของข้อต่อจะช่วยให้เกิดความอ่อนตัว หรือ ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อมากขึ้นโดยนักเรียนหญิงมีค่าเฉลี่ยความอ่อนตัวดีกว่านักเรียนชายอันเนื่องจากสรีระทางร่างกายของเพศหญิงมีกล้ามเนื้ออ่อนนุ่มกว่าเพศชาย

3. รายการลุก-นั่ง 1 นาทีเป็นการทดสอบองค์ประกอบสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพด้านความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อท้อง จากการวิจัยพบว่านักเรียนชายและนักเรียนหญิงชั้นประถมศึกษาปีที่ 4,5และ6 อยู่ในระดับปานกลาง อาจเนื่องจากกิจกรรมเวลาที่ใช้ออกกำลังกายในเวลาเรียนและการออกกำลังกายนอกเวลาเรียน ยังไม่ถึงจุดที่ทำให้ร่างกายเกิดความแข็งแรงอดทน ซึ่งสอดคล้องกับภัทรานิษฐ์ พรหมสุรินทร์ (2555: 107) ที่กล่าวว่า อาจเนื่องจากกิจกรรมพลศึกษา หรือการออกกำลังกายนอกเวลาเรียนไม่หนักพอ รวมทั้งครูพลศึกษาไม่ เห็นความสำคัญ และ ไม่เข้าใจเรื่องของการสร้างเสริมความแข็งแรง และความอดทนของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะกล้ามเนื้อท้อง ควรให้มีการทดสอบสมรรถภาพทางกาย ซึ่งการวัดความแข็งแรงและอดทนเป็นองค์ประกอบหนึ่งซึ่งครูพลศึกษาควรสร้างให้กับนักเรียน

4. รายการวิ่ง / เดิน 1 ไมล์เป็นการวัดความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและการหายใจผลของการวิจัยพบว่าเกณฑ์ของนักเรียนชายและหญิงชั้นประถมศึกษาปีที่ 4,5และ6 อยู่ในระดับปานกลาง แต่ค่าเฉลี่ยวิ่งระยะทาง 1 ไมล์ ของนักเรียนชายมีค่าสูงกว่านักเรียนหญิงทุกระดับชั้น กิตติศักดิ์ เมฆปั้น (2553: 94) ได้กล่าวว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างทางด้านสรีรวิทยาของอวัยวะส่วนต่าง ๆ ในร่างกายของผู้ชายและผู้หญิง เช่น ขนาดของหัวใจ ปอด ปริมาณกล้ามเนื้อและความสามารถของร่างกายที่ต้องปฏิบัติงานนานๆ (aerobic capacity) ของผู้หญิงโดยเฉลี่ยน้อยกว่าผู้ชาย

สรุป ผลของสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพทุกรายการส่วนใหญ่อยู่ระดับปานกลาง อาจเป็นเพราะว่าปัจจุบันการดำเนินชีวิตของนักเรียนไม่ค่อยมีโอกาสในการทำกิจกรรมการออกกำลังกาย รวมถึงกิจกรรมพิเศษต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวร่างกายซึ่งสอดคล้องกับ นพรัตน์ บัวทิม (2554: 67) ได้กล่าวไว้ว่า อาจเป็นเพราะสภาพสังคมในปัจจุบันที่มีเครื่องอำนวยความสะดวกมากมายจึงทำให้นักเรียนไม่ค่อยได้ปฏิบัติกิจวัตรประจำวันมากเท่าไรนัก หรือว่ากิจกรรมพลศึกษา กิจกรรมพิเศษ ที่เกี่ยวกับการออกกำลังกายยังไม่เพียงพอหรือหนักพอ

ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงช่วงชั้นที่ 2 (ระดับประถมศึกษาปีที่4–6) กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ในการสอนวิชาพลศึกษาในกลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4,5 และ6 ควรนำเกณฑ์ปกติที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ไปทำการทดสอบสมรรถภาพทางกายของนักเรียนในทุกภาคเรียนอย่างสม่ำเสมอ เพื่อใช้เป็นแรงเสริมทางบวกและส่งเสริมให้นักเรียนมีสมรรถภาพทางกายที่ดีขึ้น

2. กลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ ควรนำเกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพของนักเรียนไปใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินมาตรฐานโรงเรียนตามระบบประกันคุณภาพสถานศึกษาด้านผู้เรียน

3. ในการวัดผลและประเมินผลที่ได้จากการทดสอบควรให้ผู้ปกครองและนักเรียนได้ทราบถึงพัฒนาการทางด้านสมรรถภาพทางกายด้วยทั้งนี้เพื่อจะได้นำไปปรับปรุงส่วนที่บกพร่องให้ดีขึ้น

4. จากการวิจัยครั้งนี้พบว่ารายการค่าดัชนีมวลกายของนักเรียนชายค่อนข้างผอมและนักเรียนหญิงสมส่วน ดังนั้นครูผู้สอนวิชาพลศึกษาควรให้คำแนะนำนักเรียนชายในเรื่องโภชนาการ อาหารหลัก 5 หมู่และจัด

กิจกรรมการออกกำลังกายนอกเวลาเรียนให้มากขึ้น เพื่อเป็นการส่งเสริม สนับสนุนให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพของตนเองได้

5. จากผลการทดสอบส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางและทางโรงเรียนควรมีการจัดกิจกรรมอุปกรณ์สถานที่ ให้มีความพร้อมเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนออกกำลังกายมากขึ้น

6. โรงเรียนในกลุ่มโรงเรียนตำบลลำนารายณ์ ควรมีการจัดกิจกรรมการทดสอบสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพอย่างต่อเนื่องทุกปีๆ ละ 2 ครั้ง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี เพราะได้รับความกรุณา และคำแนะนำต่างๆจากคณาจารย์สาขาวิชาพลศึกษาและคณาจารย์ในคณะครุศาสตร์ทุกท่าน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทรงศรี ตุ่นทอง คณบดีคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่ให้คำปรึกษารวมทั้งผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตากรุณาของท่าน ที่ได้ดูแลเอาใจใส่ในการแก้ไขข้อบกพร่องทั้งในเรื่องการทำงานวิจัย และเรื่องอื่น ๆ อีกมากมายจนทำให้งานวิจัยเล่มนี้ มีความถูกต้องสมบูรณ์มีคุณค่าทางวิชาการ ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอมอบคุณค่า ประโยชน์ และความดีอันเกิดจากงานวิจัยเล่มนี้ ขอมอบแด่คุณบิดามารดารวมไปถึงรำลึกคุณครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจด้วยดีตลอดมา ขอขอบพระคุณจากใจจริง

เอกสารอ้างอิง

กรรวี บุญชัย. (2540). **AAHPERD Health–Related Physical Fitness Test**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาพลศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2544ก). **หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

_____. (2544ข). **สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้สุขศึกษาและพลศึกษาในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

กิตติศักดิ์ เมฆปั้น. (2553). **การสร้างเกณฑ์สมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ของโรงเรียนสาธิตลอออุทิศ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต**. กรุงเทพมหานคร: วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาพลศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิริยา บุญชัย. (2529). **การทดสอบและวัดผลทางพลศึกษา**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.

ภัทรานิษฐ์ พรหมสุรินทร์. (2555). **การสร้างเกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนมัธยมสาธิตวัดพระศรีมหาธาตุ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร**. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาพลศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพรัตน์ บัวทิม. (2554). **การสร้างเกณฑ์ปกติสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย**. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาพลศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภวรรณ วงศ์สร้างทรัพย์ และคณะ. (2555). **การศึกษาเกณฑ์สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพของนักเรียนโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา**. นครปฐม: ทุนสนับสนุนงานวิจัยจาก โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

อรชุรี นิราศรพ. (2551). **สมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ของโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา เขตกรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2550**. ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Hurlock, E.B. (1898). **Child Development**. New York: Johannesbury.

Safrit, M.J. (1986). **Introduction to Measurement in Physical Education and Exercise Science**. St. Louis: Times Mirrow/Mosby College Publishing.

ผลการฝึกตาราง 9 ช่องที่ส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุ ตำบลลำนารายณ์ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี

ภัทรพงษ์ ยิ่งดำนุ่น[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาสุขภาพของผู้สูงวัยโดยใช้ตาราง 9 ช่อง เป็นรูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง โดยกลุ่มที่ศึกษาเป็นผู้สูงอายุ ตำบลลำนารายณ์ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี จำนวน 50 คน โดยกำหนดให้ผู้สูงอายุทุกคนจะได้ฝึกปฏิบัติออกกำลังกายโดยใช้ตาราง 9 ช่อง ครั้งละ 1 ชั่วโมง สัปดาห์ละ 3 วัน รวมทั้งหมด 8 สัปดาห์ รูปแบบงานวิจัยมีลักษณะเปรียบเทียบผลของการฝึกก่อนและหลังฝึก เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวมรวมข้อมูลประกอบด้วย เครื่องวัดความดันโลหิต เครื่องวัดความอ่อนตัว และอื่น ๆ ใช้ Paired t-test วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้น

ผลการวิจัยพบว่า

ผู้สูงอายุเพศหญิงมีค่าความดันโลหิตซิสโตริกและค่าแดสแอสโตริกลดลง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเทียบกับก่อนทดลอง 8 สัปดาห์ และค่าความอ่อนตัวของผู้สูงอายุเพศหญิงเพิ่มขึ้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเทียบกับก่อนทดลอง 8 สัปดาห์ ส่วนเพศชายพบว่าด้านสมรรถภาพทางกายยังไม่พบความแตกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ : ผู้สูงอายุ ตาราง 9 ช่อง สมรรถภาพทางกาย

[1] สาขาวิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: tontotti2000@hotmail.com*

THE EFFECT OF NINE-SQUARES TRAINING PROGRAM ON PHYSICAL FITNESS OF ELDERS AT LAM NARAI DISTRICT, CHAI BADAN, LOPBURI

Pattarapong Yingdamanun[1*]

Abstract

This research aims to study the development of physical fitness of the elders by Nine-Squares training program. Research design was experimental research. The study group were elders who stay in Lam Narai District, Chai Badan, Lopburi. There were 50 volunteers for study that age over than 60 years old. All older persons were required to practice physical exercise using the Nine-Squares training program which frequency was 1 hour/day, 3 days/week and period total 8 weeks. The research method was to compare the effects of pre and post training. The equipment used to collect data include Blood pressure monitor, Sit and reaching and others. Paired t-test was used for data analysis with average and standard deviation values.

The findings indicated that

Older women had lower between systolic and diastolic blood pressure values (143.58/81.95, 136.43/76.52 mm. Hg). There were statistically significant differences at the 0.05 level when compared to the 8 weeks before the experiment. In addition, the value of flexibility was increased (10.42, 16.40 cm.) The elder males were no significant difference in physical fitness at the 0.05 level.

Keywords : elder, Nine-Squares**,** physical fitness

[1] *Physical Education major, Faculty of Education, Thepsatri Rajabhat University,*

** Corresponding author, e-mail: tontotti2000@hotmail.com*

บทนำ

ปัจจุบันผู้สูงอายุในประเทศไทยมีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากและมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยในปี พ.ศ. 2548 มีจำนวนผู้สูงอายุ 6.6 ล้านคน (10.17%) และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 7.6 ล้านคน (11.36%) ในปี พ.ศ. 2553 และ 10.8 ล้านคน (15.28%) ในปี พ.ศ. 2563 (สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์, 2558) โดยทั่วไปร่างกายของผู้สูงอายุจะมีการถดถอยตามวัย ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อจิตใจร่วมด้วย ซึ่งผลกระทบดังกล่าวจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับหลากหลายปัจจัย เช่น การดูแลสุขภาพของตนเอง สิ่งแวดล้อมรอบตัว การกินอาหาร และการออกกำลังกาย เป็นต้น ถึงแม้ว่าการถดถอยของสภาพทางกายนั้นสามารถชะลอได้ด้วยความก้าวหน้าทางด้านการแพทย์ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวก็ไม่สามารถหยุดการถดถอยสภาพได้อย่างถาวร ดังนั้น ความสำคัญจึงอยู่ที่ “วิธีการที่จะทำให้ผู้สูงอายุอยู่กับความเปลี่ยนแปลงแบบถดถอยนั้นได้อย่างมีความสุขและสามารถพึ่งพาตนเองได้”

ผู้สูงอายุมีปัญหาด้านสุขภาพเนื่องจากเป็นความชรา เซลล์เนื้อเยื่อ อวัยวะต่าง ๆ เลื่อมลงตามธรรมชาติ ทำให้เกิดการเสื่อมของอวัยวะต่าง ๆ พบว่า ประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทยมีความต้องการช่วยเหลือจากญาติพี่น้อง หรือคนดูแล คิดเป็นร้อยละ 22.00 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี (สำนักงานสำรวจสุขภาพคนไทย, 2551) โรคที่มักพบในผู้สูงอายุ ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง โรคมะเร็ง อัมพฤกษ์ และอัมพาต เป็นต้น ผลการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย ครั้งที่ 4 พ.ศ. 2551-2552 โดยสำนักงานสำรวจสุขภาพของผู้สูงอายุ จำนวน 9,195 คน พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ประเมินว่าสุขภาพตนเอง โดยรวมอยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 48.40 และประเมินว่าดีถึงดีมากร้อยละ 38.10 และผู้สูงอายุที่ประเมินว่าสุขภาพไม่ดีและไม่ดีเลยร้อยละ 12.50 และ 1.00 ตามลำดับ (สำนักงานส่งเสริมสุขภาพกรมอนามัย, 2555) จากข้อมูลกลุ่มงานส่งเสริมสุขภาพและควบคุมโรคไม่ติดต่อ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดลพบุรี (2553) ได้มีการสำรวจการคัดกรองโรคผู้สูงอายุภายในพื้นที่เขตอำเภอชัยบาดาลนั้น พบว่า โรคกระดูกและกล้ามเนื้อ 1,181 คน ผู้สูงอายุที่เป็นโรคความดันโลหิตสูงจำนวน 391 คน ผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานจำนวน 259 คน ถือว่าเป็นโรคที่พบในพื้นที่มากที่สุด สอดคล้องกับผลการสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติในปี พ.ศ. 2550 (2551) พบว่าผู้สูงอายุเป็นโรคความดันโลหิตสูงถึงร้อยละ 31.7 รองลงมาเป็นโรคเบาหวานร้อยละ 13.3 โรคหัวใจร้อยละ 7.0 เป็นโรคอัมพาต/อัมพฤกษ์ร้อยละ 2.5 โรคหลอดหลอดในสมองตีบร้อยละ 1.6 และโรคมะเร็งร้อยละ 0.5 ตามลำดับ

สาขาวิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี มีเขตพื้นที่ให้การบริการวิชาการในจังหวัดลพบุรีและจังหวัดใกล้เคียง ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญดังกล่าว จึงจัดโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การพัฒนาสมรรถภาพผู้สูงวัยโดยใช้ตาราง 9 ช่อง โดยให้ความรู้ทางด้านการดูแลสุขภาพมาผสมผสานกับกิจกรรมการออกกำลังกายด้วยตาราง 9 ช่อง เพื่อให้ผู้เข้าร่วมเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจของตนเองตลอดจนมีแนวทางในการจัดการกับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ด้วยตนเอง โดยวิธีการเรียนรู้ผ่านการทำกิจกรรม ได้แก่ การประเมินสมรรถภาพร่างกาย และการออกกำลังกาย เป็นต้น จากการศึกษาครั้งนี้จะนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานและหาแนวทางในการสนับสนุนให้ผู้สูงอายุสามารถดูแลสุขภาพตนเองได้อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมรรถภาพทางกายผู้สูงอายุตำบลลำนารายณ์ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี
2. เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยตาราง 9 ช่อง ต่อสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุ

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้สูงอายุที่เป็นสมาชิกชมรมผู้สูงอายุในพื้นตำบลลำนารายณ์ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี จำนวน 50 คน เกณฑ์ในการคัดเลือกเข้าร่วมนั้นผู้สูงอายุต้องมีอายุ 60 ปีขึ้นไป เป็นผู้มีสุขภาพดี ไม่มีปัญหาด้านการฟัง การพูด สามารถเดินหรือเคลื่อนไหวร่างกายได้อย่างอิสระ เป็นผู้ที่สมัครใจยินยอมเข้าร่วม อาศัยในเขตพื้นที่รับผิดชอบขององค์การบริหารส่วนตำบลชัยบาดาล ส่วนเกณฑ์ที่คัดออก คือ ผู้สูงอายุประเภทที่มีการสูญเสียทางระบบประสาท เช่น โรคอัมพฤกษ์ อัมพาต โรคพาร์กินสันนิซึม เป็นโรคหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน หัวใจล้มเหลว ไม่สามารถควบคุมความดันโลหิตได้ หรือตรวจพบมีความดันโลหิตมากกว่า 180 มม.ปรอท โรคเบาหวานที่ไม่สามารถควบคุมได้ หรือมีผลการตรวจน้ำตาลในเลือดมากกว่า 200 มก./เดซิลิตร โรคมะเร็ง โรคข้ออักเสบเฉียบพลัน มีประวัติโรคข้อหรือมีอาการปวดข้อขณะเคลื่อนไหว มีประวัติกระดูกหัก เปลี่ยนข้อเข่าหรือข้อสะโพก เป็นต้น

วิธีการศึกษา

การออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุอำเภอชัยบาดาลนั้นผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

ระยะที่ 1 ตอนที่ 1 ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามเนื้อหาต่อไปนี้

1.1 หลักการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ ประกอบด้วย ความถี่ ความหนัก ความนาน และรูปแบบการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ เพื่อรวบรวมนำมาพิจารณาถึงความเหมาะสม

1.2 กระบวนการออกกำลังกาย ประกอบด้วย การอบอุ่นร่างกาย (warm up) การทำกิจกรรม (activity) และการผ่อนคลายร่างกาย (cool down)

ตอนที่ 2 ศึกษากิจกรรมการใช้ตาราง 9 ช่อง สำหรับผู้สู้อายุ

2.1 ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกกำลังกาย เช่น นักพลศึกษา นักวิทยาศาสตร์การกีฬา จำนวนทั้งหมด 3 คน เพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนไหวที่ถูกต้องและเหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุ

2.2 สร้างต้นแบบที่จะนำไปเป็นผู้นำกิจกรรมการเคลื่อนไหวตาราง 9 ช่อง

2.3 นำข้อมูลที่ที่ได้จากการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญนำไปทดลองใช้กับผู้สูงอายุจำนวน 5 คน แบ่งเป็นเพศหญิง 3 คน และเพศชาย 2 คน เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อตรวจสอบถึงความสมบูรณ์ของกิจกรรมและเนื้อหาที่ผู้สูงอายุสามารถปฏิบัติได้จริง

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาสมรรถภาพครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้การทดสอบสมรรถภาพทางกายตามคู่มือปฏิบัติการตรวจสมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุ ตามรูปแบบของ Senior fitness testing (Roberta E. Rikli and C. Jessie Jones, 2013) ซึ่งได้มุ่งเน้นศึกษารายละเอียดดังนี้ เช่น ความดันโลหิต ชีพจร ความอ่อนตัว เดินย่ำเท้า 2 นาที การลุกเดินจากเก้าอี้ไปและกลับ ระยะทาง 8 ฟุต และงอแขนพับศอก เป็นต้น การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล ดำเนินการโดยผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลจากการกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีการสอบถามและทำการวัดสมรรถภาพทางกายผู้สูงอายุ

ระยะที่ 2 การทดลองใช้รูปแบบกิจกรรมการเคลื่อนไหว

ผู้สูงอายุจำนวน 50 คน ที่ผ่านการคัดเลือก จะได้รับข้อมูลเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมและสามารถสอบถามข้อสงสัยกับผู้วิจัย จนกว่าผู้สูงอายุทุกคนเข้าใจจึงจะสามารถเริ่มการปฏิบัติกิจกรรมได้ โดยการศึกษานี้เป็นแบบทดลอง (experimental research) ได้ออกแบบเป็น pretest - posttest control group design เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการเริ่มกระบวนการทดลอง ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลสมรรถภาพทางกายเบื้องต้นของผู้สูงอายุ (pre-test) ในเกณฑ์ของ Senior fitness testing แล้วขั้นต่อมาจะมีผู้นำการออกกำลังกายแบบใช้ตาราง 9 ช่อง มาสาธิตวิธีการออกกำลังกายโดยท่าที่ถูกต้อง ซึ่งได้มีการกำหนดระยะเวลาการออกกำลังกาย คือ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลาทั้งหมด 8 สัปดาห์ เริ่มตั้งแต่เวลา 16.00 - 17.00 น เป็นต้นไป

การแบ่งช่วงออกกำลังกาย จะมีทั้งหมด 3 ช่วง คือ ช่วงอบอุ่นร่างกาย (10 นาที) ช่วงออกกำลังกายโดยใช้ตาราง 9 ช่อง (40 นาที) ช่วงผ่อนคลายร่างกาย (10 นาที) โดยประมาณ ในขณะที่ออกกำลังกายนั้นจะมีเพลงประกอบจังหวะท่าทางการเคลื่อนไหว

จากนั้นเมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดจำมีการเก็บข้อมูลสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุอีกครั้ง (post-test) (รูปภาพที่ 1) และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าทางสถิติในลำดับถัดไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ข้อมูลพื้นฐานเป็นค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มด้วยสถิติเชิงวิเคราะห์ใช้ Paired T-test

ภาพที่ 1 แผนผังแสดงผู้เข้าร่วมวิจัยที่ใช้ศึกษา

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทั่วไปของผู้สูงอายุตำบลลำนารายณ์ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี พบว่า มีการแสดงผลวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้สูงอายุแบบจำแนกเพศ คือ ผู้สูงอายุเพศชายจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 18 ของจำนวนทั้งหมด มีอายุเฉลี่ย 69.66 ปี และผู้สูงอายุเพศหญิงจำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 82 ของจำนวนทั้งหมด อายุเฉลี่ย 67.16 ปี รวมทั้งหมด 50 คน คิดอายุเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 68.57 ปี ดูจากตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบสอบแบบจำแนกเพศ

เพศ	จำนวน	อายุเฉลี่ย (ปี)
ชาย	9	69.99
หญิง	41	67.16
รวม	50	68.57

ผลการวิเคราะห์ด้านสมรรถภาพของผู้สูงอายุเพศชายตำบลลำนารายณ์ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี ทั้งก่อนและหลังทดลอง พบว่า มีค่าความดันโลหิตซิสโตริก (141.50±9.18, 140.20±9.20 มม.ปรอท) ค่าความดันโลหิตไดแอสโตริก (78.00±11.69, 79.01±10.39 มม.ปรอท) ชีพจร (73.5±18.80, 72.5±11.80 ครั้ง/นาที) ค่าความอ่อนตัว (3.62±10.35, 3.63±11.01 เซนติเมตร) เดินย่ำเท้า 2 นาที (67±40.14, 67±36.14 ครั้ง) การลุกเดินจากเก้าอี้ไปและกลับ 8 ฟุต (10.18±3.58, 10.01±3.58 วินาที) งอแขนพับศอก (48.25±12.25, 49.05±12.25 ครั้ง) ตามลำดับ ดูจากตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสมรรถภาพทางกายเพศชาย

รายการ	**หน่วย**	**ผลการทดสอบ (N=9)**	
		ก่อน	**หลัง**
น้ำหนัก	กิโลกรัม	59.20±5.45	58.20±5.15
ส่วนสูง	เซนติเมตร	160.25±1.25	160.25±1.25
ความดันโลหิตซิสโตริก	มม.ปรอท	141.50±9.18	140.20±9.20
ความดันโลหิตไดแอสโตริก	มม.ปรอท	78.00±11.69	79.01±10.39
ชีพจร	ครั้ง/นาที	73.5±18.80	72.5±11.80
ความอ่อนตัว	เซนติเมตร	3.62±10.35	3.63±11.01
เดินย่ำเท้า 2 นาที	ครั้ง	67±40.14	67±36.14
การลุกเดินจากเก้าอี้ไปและกลับ 8 Feet up go	วินาที	10.18±3.58	10.01±3.58
งอแขนพับศอก (Arm curl test)	ครั้ง	48.25±12.25	49.05±12.25

ผลการวิเคราะห์ด้านสมรรถภาพของผู้สูงอายุเพศหญิงตำบลลำนารายณ์ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี ทั้งก่อนและหลังทดลอง พบว่า มีค่าความดันโลหิตซิสโตริก (143.58±18.51, 136.43±20.52 มม.ปรอท) ค่าความดันโลหิตไดแอสโตริก (81.95±12.27, 76.52±9.80 มม.ปรอท) ชีพจร (72.5±11.16, 72.08±10.72 ครั้ง/นาที) ค่าความอ่อนตัว (10.42±2.41, 16.40±24.57 เซนติเมตร) เดินย่ำเท้า 2 นาที (68.20±41.94, 68.30±24.38 ครั้ง) การลุกเดินจากเก้าอี้ไปและกลับ 8 ฟุต (10.42±2.41, 10.50±3.71 วินาที) งอแขนพับศอก (41.5±7.60, 42.60±4.00 ครั้ง) ตามลำดับ ดูจากตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสมรรถภาพทางกายเพศหญิง

รายการ	หน่วย	ผลการทดสอบ (N=41)	
		ก่อน	หลัง
น้ำหนัก	กิโลกรัม	57.85±8.55	53.53±9.85
ส่วนสูง	เซนติเมตร	150.16±4.46	150.16±4.46
ความดันโลหิตซิสโตริก	มม.ปรอท	143.58±18.51	136.43±20.52*
ความดันโลหิตไดแอสโตริก	มม.ปรอท	81.95±12.27	76.52±9.80*
ชีพจร	ครั้ง/นาที	72.5±11.16	72.08±10.72
ความอ่อนตัว	เซนติเมตร	10.42±2.41	16.40±24.57*
เดินย่ำเท้า 2 นาที	ครั้ง	68.20±41.94	68.30±24.38
การลุกเดินจากเก้าอี้ไปและกลับ 8 Feet up go	วินาที	10.42±2.41	10.50±3.71
งอแขนพับศอก (Arm curl test)	ครั้ง	41.5±7.60	42.60±4.00

*p<0.05

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบผลการทดสอบก่อนและหลังของผู้สูงอายุเพศหญิง

รายการ	**ผลการทดสอบก่อน**		**ผลการทดสอบหลัง**		t	p
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ความดันโลหิตซิสโตริก	143.58	18.51	136.43	20.52	-3.21	0.001
ความดันโลหิตไดแอสโตริก	81.95	12.27	76.52	9.80	-1.95	0.001
ความอ่อนตัว	10.42	2.41	16.40	24.57	1.59	0.001

สรุปและอภิปรายผล

สรุป

จากการศึกษาผลของการใช้โปรแกรมการฝึกตาราง 9 ช่อง โดยใช้กับกลุ่มผู้สูงอายุตำบลลำนารายณ์ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี จำนวน 50 คน เป็นผู้ที่มีสุขภาพที่ดีสามารถเข้าร่วมปฏิบัติกิจกรรมได้ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน ซึ่งทำการทดสอบสมรรถภาพทางร่างกายแบบ Senior fitness testing โดยจะทำการวัดสมรรถภาพทั้งก่อนฝึกและหลังฝึก ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

เมื่อเปรียบเทียบค่าสมรรถภาพทางร่างกายภายในกลุ่มของผู้สูงอายุเพศหญิง พบว่า ความดันโลหิตค่าซิสโตริกและค่าแดสแอสโตริกลดลง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเทียบกับก่อนทดลอง และค่าความอ่อนตัวของผู้สูงอายุเพศหญิงเพิ่มขึ้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเทียบกับก่อนทดลอง แต่สำหรับผลการทดสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุเพศชายนั้นมีค่าไม่แตกต่างจากก่อนการทดลองมากนัก ในระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

อภิปรายผล

การศึกษาผลของการฝึกด้วยการออกกำลังกายโดยการใช้ตาราง 9 ช่อง ที่มีต่อผู้สูงอายุจำนวน 50 คน มีการกำหนดระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสมรรถภาพทางกายสำหรับผู้สูงอายุทั้งก่อนและหลังการทกลอง จึงสามารถมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติได้ดังนี้

โปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายด้วยตาราง 9 ช่อง ในช่วงระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทั้งก่อนและหลังการฝึก มีผลต่อความดันโลหิตของผู้สูงอายุเพศหญิง ในค่าซิสโตริกและค่าไดแอสโตริกแตกต่างกันภายในกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ยกเว้นในค่าความดันโลหิตของผู้สูงอายุเพศชายไม่แตกต่างกันภายในกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยค่าเกณฑ์เฉลี่ยความดันโลหิตซิสโตริกกับไดแอสโตริกแบบปกติทั้งเพศชายและหญิง คือ 130/90 มม.ปรอท จึงทำให้เห็นได้ว่าการออกกำลังกายแบบตาราง 9 ช่อง มีส่วนช่วยทำให้ลดลงความเสี่ยงโรคจากความดันโลหิตสูง ซึ่งการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจจะทำงานในลักษณะหดและคลายตัวอย่างเป็นจังหวะ และเมื่อมีการทำกิจกรรมที่หนักหรือออกกำลังกายจะทำให้มีปริมาณเลือดไหลเวียนในหลอดเลือดเพิ่มขึ้น แต่ด้วยสภาพร่างกายของผู้สูงอายุนั้นหลอดเลือดมีความเสื่อมขาดความยืดหยุ่นที่ดี ประกอบกับอาจจะมีไขมันอัดกั้นหลอดเลือดจึงทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูงได้ ดังนั้นถ้ามีการออกกำลังกายเป็นประจำจะส่งผลทำให้มีร่างกายนำไขมันมาใช้ให้เกิดพลังงาน ลดการสะสมลงไปได้มากโดยสอดคล้องกับอมรรัตน์ เนียมสวรรค์ และคณะ (2012) ได้ศึกษาการออกกำลังกายแบบแอโรบิคโดยใช้ดนตรีโปงลางต่อสมรรถภาพทางกาย และระดับความดันโลหิตของผู้สูงอายุ พบว่า เมื่อได้ออกกำลังกายไปแล้วหลังการทดลอง 4 สัปดาห์ 8 สัปดาห์ และ 12 สัปดาห์ นั้นมีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสัมพันธ์ทางสถิติ ($p<0.01$) กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยความดันโลหิตซิสโตริกและไดแอสโตริกต่ำกว่ากลุ่มควบคุม

ในด้านความอ่อนตัวพบว่า เมื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกทั้งก่อนและหลังของผู้สูงอายุเพศหญิง มีการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่เห็นผลชัดเจนในผู้สูงอายุเพศชาย ซึ่งการออกกำลังกายที่ถูกต้องและสม่ำเสมอจะส่งผลทำให้มีการไหลเวียนเลือดที่ดีมาหล่อเลี้ยงบริเวณข้อต่อ เอ็นหุ้มข้อ และกล้ามเนื้อที่อยู่โดยรอบ ๆ ข้อ มากขึ้น จึงอาจจะส่งผลให้เนื้อเยื่อต่าง ๆ รอบ ๆ ข้อมีความยืดหยุ่นและอ่อนตัวมากขึ้น โดยลักษณะของการออกกำลังกาย คือ เคลื่อนไหวตลอดช่วงข้อต่อทำให้กล้ามเนื้อ เส้นเอ็นมี ข้อต่อ มีการยืดและหดตลอดช่วงการเคลื่อนไหว (Bellow, Symons and Vandervoort, 2005)

การทดสอบสมรรถภาพทางในด้าน เดินย่ำเท้า 2 นาที การลุกเดินจากเก้าอี้ไปและกลับ งอแขนพับศอก ไม่มีค่าความแตกต่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ก็มีทิศทางในการพัฒนาร่างกายขึ้นมาบ้าง เนื่องจากผู้สูงอายุบ้างคนอาจจะไม่มีเวลาเพียงพอในการออกกำลังกาย จึงทำให้สมรรถภาพในบ้างด้านยังไม่ปรากฏให้เห็น

เด่นชัด ดังที่ พีระพงษ์ (2536) ที่กล่าวว่าควรจะใช้ระยะเวลาการฝึกอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ และมีเวลาฝึกไม่น้อยกว่า 6 - 8 สัปดาห์ จะสามารถเพิ่มพูนสมรรถภาพทางกายได้ชัดเจนขึ้น ดังนั้นพัฒนาการที่ดีต่อสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุจำเป็นต้องได้รับการสร้างเสริมอย่างถูกวิธี และมีผู้สูงอายุต้องมีความตั้งใจที่จะเอาใจใส่ขั้นตอนต่าง ๆ ในการปฏิบัติกิจกรรม เพื่อให้การออกกำลังกายนั้นส่งผลต่อร่างกายในด้านของสมรรถภาพที่ดีต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอเกี่ยวกับงานวิจัย

เนื่องด้วยกลุ่มผู้สูงอายุนั้นเป็นกลุ่มที่มีความสนใจในด้านการจัดกิจกรรมร่วมกับผู้วิจัย แต่ผู้สูงอายุบางส่วนประสบปัญหาทางด้านเวลาในการปฏิบัติกิจกรรม จึงทำให้ผลการวิจัยไม่ปรากฏการเปลี่ยนแปลงทางด้านสมรรถภาพมากนัก จึงอาจจะต้องลดจำนวนกลุ่มให้มีขนาดเล็กลง เพื่อให้มีโอกาสเห็นผลการเปลี่ยนแปลงที่มากขึ้นและชัดเจน

ข้อเสนอในการทำวิจัยต่อไป

มีการปรับกลุ่มตัวอย่างที่มีปัญหาทางด้านโรคอ้วนหรือภาวะที่มีน้ำหนักเกิน มากำหนดออกแบบกิจกรรมให้เหมาะสม แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อหาทางแก้ไขน้ำหนักตัวด้วยการทำกิจกรรมทางกาย

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จขึ้นได้ก็เพราะได้การสนับสนุนงบประมาณจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ซึ่งนำมาใช้ประกอบการจัดกิจกรรมบริการวิชาการสู่ชุมชน ซึ่งข้าพเจ้าได้รับมอบหมายลงพื้นที่ในเขตรับผิดชอบตำบลลำนารายณ์ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี เพื่อสำรวจปัญหาและดำเนินกิจกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อชุมชน ในกาลนี้ขอขอบคุณนายกองค์การบริหารส่วนตำบลลำนารายณ์ และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ที่มาช่วยติดต่อประสานงานพร้อมทั้งให้ความร่วมมือในส่วนของสถานที่และอุปกรณ์ที่จำเป็น เพื่อให้การปฏิบัติงานนั้นสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

พีระพงษ์ บุญศิริ. (2536). **สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย**. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์โอเดียร์สโตร์. กรุงเทพฯ.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2551). **สรุปผลที่สำคัญ การสำรวจประชากรสูงอายุในประเทศไทย พ.ศ. 2550**.

สำนักงานสำรวจสุขภาพประชาชนไทย. (2551).**รายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทย โดยการตรวจร่างกาย ครั้งที่ 4**. กรุงเทพ : บริษัท เดอะกราฟิโก ซิสเต็ม จำกัด.

สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์. (2558). **ยุทธศาสตร์ ตัวชี้วัด และแนวทางการจัดเก็บข้อมูล กระทรวงสาธารณสุข (ฉบับปรับปรุง วันที่ 30 กันยายน 2557)**. กรุงเทพฯ: กระทรวงสาธารณสุข.

สำนักส่งเสริมสุขภาพกรมอนามัย กระทรวงการส่งเสริม. (2555). **สุขภาพผู้สูงอายุสำหรับบุคลากรสาธารณสุข**. พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพ: ศูนย์สื่อสิ่งพิมพ์แก้วเจ้าจอม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

อมรรัตน์ เนียมสวรรค์ นงนุช โอบะ และสมบูรณ์ ตันสุภสวัสดิกุล. (2012). **ผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคโดยใช้ดนตรีโปงลางต่อสมรรถภาพทางกาย และระดับความดันโลหิตของผู้สูงอายุความดันโลหิตสูง**. Journal of Nursing and Health Sciences. 6(2). 62.

Bellew, J.W., Symons, T.B., & Vandervoort, A.A. (2005). Geriatric fitness: Effects of aging and recommendation for exercise in older adults. **Cardiopulmonary Physical Therapy Journal**, 16(21).32.

Roberta E. Rikli and C. Jessie Jones. (2013). **Senior fitness test manual**. 2nd ed. Human kinetics. United States of America.

บทความวิจัยภาคโปสเตอร์
(Poster Presentation)
กลุ่ม สาธารณสุข

การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา ครั้งที่ 9
“วิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคม”
วันที่ 18-19 ตุลาคม 2561
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

แนวทางการผลิตเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าวและข้าวเม่า

กฤษดา กาวีวงศ์[1*] พัธรพร มีศิริ[1] วนิดา รอดแสวง[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการผลิตเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าว และข้าวเม่า เปรียบเทียบการใช้ข้าวเหนียว 3 สายพันธุ์ เป็นวัตถุดิบในการผลิต คือ ข้าวเหนียวขาวพันธุ์ กข 6 ข้าวเม่าพันธุ์ กข 10 และข้าวเม่าพันธุ์ กข 6 จากการศึกษาประสิทธิภาพการหมักของลูกแป้งจาก 3 แหล่งผลิต พบว่าของลูกแป้งจากอำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา มากที่สุด เท่ากับ 8.1×10^1 CFU/ml และ 9.7×10^1 CFU/ml และค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งจาก 3 แหล่งผลิต พบว่าลูกแป้งจากอำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย มีค่ามากที่สุดจึงนำไปผลิตเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากต่อไป จากผลการศึกษาผลของพันธุ์ของข้าวต่อคุณภาพของข้าวหมากและเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากที่เปรียบเทียบจากข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์พบว่า ค่า สี L^* a^* และ b^* ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.05$) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ปริมาณคลอโรฟิลล์ A คลอโรฟิลล์ B ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิคไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$) ผลจากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่บรรจุในขวดพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน พบว่าน้ำข้าวหมากทั้งหมดยังมีคุณภาพดี ไม่เกิดการเสื่อมเสีย โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

คำสำคัญ : ข้าวเม่า ข้าวหมาก เครื่องดื่มน้ำข้าวหมาก

[1] *สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก*
e-mail: krikaweewong@rmutl.ac.th
**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail:* krikaweewong@rmutl.ac.th

PRODUCTION GUIDELINES OF BEVERAGE FROM RICE AND POUNDED UNRIPE RICE

Kritsda Kaweewong[1*] Pattaraporn Meesiri [1] Wanida Rodsawang [1]

Abstract

This research aims to study the production guidelines of fermented rice drink from rice and pounded unripe rice by comparing 3 varieties of sticky rice used as raw materials: RD 6 white sticky rice, RD 10 pounded unripe rice, and RD 6 pounded unripe rice. The study of fermentation effectiveness of inoculum from 3 sources showed that inoculum from Sri Samrong district, Sukhothai province had the highest content of yeast and fungi microorganism at 8.1 x 10^1 CFU/ml and 9.7 x 10^1 CFU/ml, It was also found that pH value, amount of total soluble solids of inoculum from Sri Samrong district were also the highest. Therefore, they were used to produce fermented rice beverage. The study of effect of fermented rice variety and fermented rice beverage showed that values of color L* a* and b*, anti-oxidant effectiveness, and amount of reduced sugar were significantly different at $p \leq 0.05$. Value of pH and total soluble solids were higher. Amount of chlorophyll A, chlorophyll B, alcohol, and phenolic compounds was not significantly different at $p>0.05$. From the study of change in storage life, The results were shelf life beverage Khaomak water that produce three sorts of sticky rice in bottle by kept 4 degree Celsius on fifteen days that all Khaomak water have good quality, haven't decay that have all microbe quantity in standardized.

Keywords : pounded unripe rice, fermented rice drink, water rice fermented

[1] *Department of Agro-Industry, Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok e-mail*: krikaweewong@rmutl.ac.th

* *Corresponding author, e-mail*: krikaweewong@rmutl.ac.th

บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย เชื่อมโยงกับชีวิตความเป็นอยู่ของคนไทย เป็นทั้งอาหารหลักและแหล่งที่มาของเงินตราต่างประเทศ ประเทศไทยส่งออกข้าวเป็นอันดับ 1 ของโลกตั้งแต่ปี 2524 ถึงปัจจุบัน (กรมการข้าว, 2556) ข้าวเม่า มีลักษณะเฉพาะตัวที่มีความหอม มีสีเขียวธรรมชาติของเมล็ดข้าว คุณค่าทางอาหารคล้ายกับข้าวกล้อง เป็นข้าวที่ยังไม่สีเอารำออก จึงมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายอยู่ครบถ้วน โดยเฉพาะวิตามินบี ธาตุเหล็ก และฟอสฟอรัส สารกลุ่มวิตามินอี สารประกอบฟีนอลิค และสารต้านอนุมูลอิสระ ส่งผลดีต่อสุขภาพทำให้สุขภาพจิตดี มีความตื่นตัว มีสมาธิสูง ช่วยปรับระดับกลูโคสและสารอาหารรองในสมอง ช่วยให้ระบบการทำงานของสมองดี (วิเชียร, 2552) ข้าวเม่า 10 กรัมประกอบด้วยไขมัน 1.8 กรัม เส้นใยอาหาร 0.6 กรัม โปรตีน 8.0 กรัม แคลเซียม 14 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 326 มิลลิกรัม เหล็ก 2.7 มิลลิกรัม วิตามินบี1 0.22 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 0.04 มิลลิกรัม จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่าข้าวเม่ามีโปรตีนค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องและข้าวเจ้า นอกจากนี้ยังมีสีเขียวจากคลอโรฟิลล์ตามธรรมชาติซึ่งทำให้ขาวเม่ามีสีสวยน่ารับประทานข้าวเม่าจึงน่าจะเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพได้ (วิเชียร, 2552) จึงเหมาะสำหรับการทำเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ข้าวหมากเป็นอาหารหมักพื้นบ้านของไทย ทำจากข้าวเหนียว ธรรมดา และข้าวเหนียวดำ แต่ข้าวเหนียวดำมักไม่ค่อยพบบ่อยนัก ซึ่งมีความหวานประมาณ 30-40 องศาบริกซ์ น้ำที่ย่อยได้ในระยะแรกช่วงวันที่ 1 และ 2 จะยังไม่ค่อยหวานจัด เพราะแป้งยังถูกย่อยไม่สมบูรณ์ จะเริ่มหวานจัดประมาณวันที่ 3 และถ้าหมักไว้หลายสัปดาห์จะมีกลิ่นเหล้าอ่อนๆ (ปราโมทย์, 2554) ดังนั้นคณะผู้ทำการวิจัยจึงได้เห็นความสำคัญ ที่จะนำข้าวเม่ามาผลิตเป็นเครื่องดื่มน้ำข้าวหมาก เพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวเหนียวธรรมดา ในด้านปริมาณสารคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ เคมี ปริมาณจุลินทรีย์ การยอมรับของผู้บริโภค และอายุการเก็บรักษา เพื่อเป็นข้อมูลทางเลือกของผู้บริโภคที่ต้องการดื่มเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการหมักของลูกแป้งข้าวหมากจาก 3 แหล่งผลิต และคัดเลือกเพื่อนำไปผลิตเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าวเม่า
2. เพื่อศึกษาผลของชนิดของข้าวต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และปริมาณจุลินทรีย์ของข้าวหมาก และเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าวเม่า รวมทั้งทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าวเม่า
3. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าวเม่า

วิธีดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพการหมักของลูกแป้ง

1.1 การตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา (ไพบูลย์ และ พัฒนา, 2549) วางแผนการ ทดลองแบบสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD)

1.2 นำลูกแป้งข้าวหมากมา 3 แหล่ง คือ บ้านเด่นโบสถ์ ต.บ้านกร่าง อ.เมือง จ.พิษณุโลก, ตลาดใต้ เทศบาลเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก และอ.ศรีสำโรง จ.สุโขทัย มาทำการศึกษาประสิทธิภาพการหมัก โดยการนำข้าวเหนียวขาวพันธุ์ กข 6 ไปแช่น้ำ 8 ชั่วโมง จากนั้นนำไปนึ่งให้สุก ผึ่งให้เย็น และนำไปล้างน้ำสะอาดให้หมดยาง สะเด็ดน้ำ และโรยด้วยลูกแป้งข้าวหมาก คลุกเคล้าให้ทั่วและหมักไว้ 6 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

1.3 ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก

ตรวจสอบการหมักของข้าวหมากเมื่อหมักทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วันแล้ว โดยตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี ดังนี้

1.3.1 วัดค่าพีเอช โดยใช้เครื่องวัดพีเอช (pH meter)

1.3.2 วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid, TSS) โดยใช้ Hand refractometer) (ไพบูลย์ และ พัฒนา, 2549)

1.4 นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการหมักของลูกแป้งข้าวหมากทั้ง 3 แหล่ง แล้วทำการคัดเลือกลูกแป้งที่มีประสิทธิภาพการหมักที่ดีที่สุด โดยมีค่า TSS ที่สูงที่สุด และมี pH ในระดับเหมาะสม เพื่อทำการผลิตเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากต่อไป

ตอนที่ 2 การศึกษาผลของชนิดของข้าวต่อคุณสมบัติของข้าวหมาก และน้ำข้าวหมาก

วางแผนการทดลองแบบสุ่มบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

2.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ข้าว 3 สายพันธุ์ โดยนำตัวอย่างเมล็ดข้าว 3 สายพันธุ์ คือ ข้าวเหนียวขาวพันธุ์ กข 6 ข้าวเม่าพันธุ์ กข 6 และข้าวเม่าพันธุ์ กข 10 มาศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ วัดค่าสี L* a* b* โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter lab) วิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ (นิธิยา, 2556)

2.2 การศึกษาผลของชนิดของข้าวต่อสมบัติของข้าวหมาก โดยผลิตข้าวหมาก ตามวิธีการในตอนที่ 1 ข้อ 1.2 เปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ข้าว 3 สายพันธุ์ ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก

2.2.1 วัดค่า pH โดยใช้เครื่องวัดพีเอช (pH meter)

2.2.2 วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้ Hand refractometer (ไพบูลย์ และพัฒนา, 2549)

2.2.3 การตรวจสอบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ (Sompong *et al.* 2011)

2.3 ผลิตเครื่องดื่มน้ำข้าวหมาก โดยนำข้าวหมากที่ผลิตได้มากรองแยกน้ำออก จากนั้นนำน้ำข้าวหมากที่ได้มาทำการเจือจางให้มี TSS เป็น 14 ºBrix โดยใช้น้ำสะอาด แล้วทำการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วบรรจุลงในขวดพลาสติก ปิดฝาให้สนิท

2.3.1 วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

- วัดค่าสี L* a* b* โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter lab)

2.3.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

-วัดค่า pH (pH meter) โดยใช้ pH meter

-วัดค่า TSS โดยใช้ Hand refractometer (ไพบูลย์ และพัฒนา, 2549)

-วัดปริมาณแอลกอฮอล์ โดยใช้ Ebulliometer

-วิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด (Folin-ciocalteu meter) (วรนงค์, 2549)

-วิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH method (Sompong *et al*, 2011)

-วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลในรูปน้ำตาลรีดิวซ์ (ไพบูลย์ และพัฒนา, 2549)

-วิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ (นิธิยา, 2556)

2.3.3 การตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์

-วิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) (ไพบูลย์ และพัฒนา, 2549)

2.4 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม

วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Black Design, RCBD) ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Rating Scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมทั่วไป จำนวน 30 คน

ตอนที่ 3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของเครื่องดื่มน้ำข้าวหมาก

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำข้าวหมากที่บรรจุในขวดพลาสติก และผ่านการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แล้ว มาศึกษาอายุการเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทุกๆ 3 วัน เป็นระยะเวลา 15 วัน โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับข้อ 2.3.1, 2.3.2 และ 2.3.3

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการหมักของลูกแป้ง

1.1 การวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ของลูกแป้งจาก 3 แหล่งผลิต

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ของลูกแป้งข้าวหมากจาก 3 แหล่งผลิต พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ในลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัยมีมากที่สุด เท่ากับ 8.1×10^{1} CFU/ml และ 9.7×10^{1} CFU/ml ตามลำดับ

1.2 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก ของลูกแป้งจาก 3 แหล่งผลิต

เมื่อนำลูกแป้งจาก 3 แหล่งผลิต มาทำการหมักข้าวหมาก และวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเมื่อระยะเวลาในการหมักนานขึ้น จากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดพบว่าน้ำข้าวหมากที่ผลิตได้จากลูกแป้งจากอำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัยมีค่าสูงที่สุด ดังตารางที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณจุลินทรีย์จากลูกแป้งจากอำเภอศรีสำโรงมีปริมาณมากที่สุดจึงนำไปผลิตเป็นข้าวหมากต่อไป

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักข้าวหมากของลูกแป้งจาก 3 แหล่งผลิต

องค์ประกอบทางเคมี	สิ่งทดลอง		
	ลูกแป้งจาก อ.ศรีสำโรง จ.สุโขทัย	ลูกแป้งจากตลาดใต้ เทศบาลเมือง พิษณุโลก	ลูกแป้งจากบ้านเด่นโบสถ์ ต.บ้านกร่าง อ.เมือง จ.พิษณุโลก
ค่า TSS (^{o}Brix) ในวันที่ 3 ของการหมัก	$40.00^{a}\pm0.00$	$39.00^{b}\pm0.03$	$38.00^{b}\pm0.68$
ค่า TSS (^{o}Brix) ในวันที่ 6 ของการหมัก	$39.67^{a}\pm0.58$	$37.67^{b}\pm0.58$	$37.00^{b}\pm1.00$
ค่า pH ในวันที่ 3 ของการหมัก	$4.08^{a}\pm0.03$	$3.92^{b}\pm0.03$	$3.82^{b}\pm0.01$
ค่า pH ในวันที่ 6 ของการหมัก	$3.80^{a}\pm0.10$	$3.70^{b}\pm0.05$	$3.68^{c}\pm0.07$

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($p \leq 0.05$)

ตอนที่ 2 การศึกษาผลของชนิดของข้าวต่อคุณสมบัติของข้าวหมาก และน้ำข้าวหมาก

2.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว 3 สายพันธุ์

การวัดค่าสี พบว่าค่าสี L* (ค่าความสว่าง) ค่าสี a*(ค่าความเป็นสีแดง-เขียว) และค่าสี b*(ค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังภาพที่ 1 และตารางที่ 2

2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว 3 สายพันธุ์

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ A พบว่าข้าวเม่า กข 6 มีมากที่สุด และปริมาณคลอโรฟิลล์ B พบว่า ข้าวเม่า กข 10 มีค่ามากที่สุด ดังตารางที่ 2

ข้าวเหนียวขาว กข 6 ข้าวเม่า กข 10 ข้าวเม่า กข 6

ภาพที่ 1 เมล็ดข้าว 3 สายพันธุ์

ตารางที่ 2 ผลการวัดค่าสี L* a* b* และปริมาณคลอโรฟิลล์ ของเมล็ดข้าว 3 สายพันธุ์

สมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมี	สิ่งทดลอง		
	ข้าวขาว กข 6	ข้าวเม่า กข 10	ข้าวเม่า กข 6
ค่าสี L*	$82.20^{a}\pm0.02$	$63.66^{c}\pm0.03$	$64.04^{b}\pm0.05$
ค่าสี a*	$-2.07^{c}\pm0.04$	$-3.08^{b}\pm0.02$	$-4.65^{a}\pm0.02$
ค่าสี b*	$16.00^{b}\pm0.09$	$25.68^{a}\pm0.05$	$25.74^{a}\pm0.03$
ปริมาณคลอโรฟิลล์ A(μg/ml)	$0.91^{c}\pm0.08$	$2.42^{b}\pm0.18$	$3.55^{a}\pm0.18$
ปริมาณคลอโรฟิลล์ B (μg/ml)	$0.88^{c}\pm0.12$	$2.19^{a}\pm0.10$	$1.36^{b}\pm0.27$

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.3 การศึกษาผลของชนิดข้าวต่อสมบัติของข้าวหมาก

จากการทดลองผลิตข้าวหมากจากข้าวเหนียว 3 สายพันธุ์ คือ ข้าวเหนียวขาวพันธุ์ กข 6 ข้าวเม่าพันธุ์ กข 10 และข้าวเม่าพันธุ์ กข 6 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่างการหมักลดลง เมื่อหมักนานขึ้นจะมีรสเปรี้ยวมากขึ้น ข้าวหมากจากข้าวเม่า กข 6 มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุดแตกต่างจากอีก 2 สายพันธุ์ ดังตารางที่ 3

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของข้าวหมากจากข้าวขาว กข 6 มีปริมาณสูงที่สุดแตกต่างจากอีก 2 สายพันธุ์ในวันที่ 5 ของการหมัก เมื่อทำการตรวจสอบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า ข้าวหมากจากข้าวเม่า กข 10 และ ข้าวเม่า กข 6 มีประสิทธิภาพสูงที่สุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับข้าวหมากจากข้าวเหนียวขาว กข 6 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ ในวันที่ 5 ของการหมักข้าวหมาก

องค์ประกอบทางเคมี	สิ่งทดลอง		
	ข้าวขาว กข 6	ข้าวเม่า กข 10	ข้าวเม่า กข 6
pH	$4.39^{a}\pm0.00$	$4.38^{a}\pm0.00$	$4.16^{b}\pm0.03$
TSS(°Brix)	$40.33^{a}\pm0.6$	$33.67^{b}\pm0.06$	$35.00^{b}\pm1.00$
ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ(%)	$7.13^{b}\pm0.4$	$87.61^{a}\pm0.5$	$87.17^{a}\pm0.3$

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.4 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเครื่องดื่มน้ำข้าวหมาก

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และปริมาณจุลินทรีย์ของเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าว 3 สายพันธุ์ พบว่า ลักษณะทางกายภาพ ค่าสี L* ค่าความสว่าง พบว่าเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าวขาว กข 6 มีค่าความสว่างมากที่สุด ค่าสี a* ค่าสีแดง-เขียว พบว่าข้าวเม่า กข 6 มีค่าแสดงความเป็นสีเขียวมากที่สุด ค่าสี b* ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน พบว่า ข้าวขาว กข 6 มีค่าแสดงความเป็นสีน้ำเงินมากที่สุด ดังตารางที่ 4

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณแอลกอฮอล์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$) ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด พบว่า เครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าวเม่า กข 10 มีค่าสูงที่สุด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าวขาว กข 6 มีค่าสูงที่สุด ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค ปริมาณคลอโรฟิลล์ A,B ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$) และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า มีแนวโน้มลดลงเมื่อผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ ดังตารางที่ 4

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าวขาว กข 6 มีปริมาณเท่ากับ $<1.0\times10^{1}$ CFU/g ข้าวเม่า กข10 มีปริมาณเท่ากับ $<1.0\times10^{1}$ CFU/g และข้าวเม่า กข 6 มีปริมาณเท่ากับ $<1.0\times10^{1}$ CFU/g ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่า 25 โคโลนีต่อจานเพาะเชื้อ แสดงว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อในงานทดลองนี้ (60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที) สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียได้

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมี ของเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าว 3 สายพันธุ์

สมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี	สิ่งทดลอง		
	ข้าวขาว กข 6	ข้าวเม่า กข 10	ข้าวเม่า กข 6
ค่าสี L*	13.10^{a}±0.03	5.01^{c}±0.02	5.54^{b}±0.02
ค่าสี a*	-1.13^{a}±0.05	-1.51^{a}±0.17	2.04^{b}±0.13
ค่าสี b*	-4.41^{c}±0.08	-2.75^{a}±0.13	-2.93^{b}±0.04
pH^{ns}	3.10±0.01	3.94±0.03	4.10±0.06
TSS(°Brix)	14.00^{b}±0.00	15.00^{a}±0.00	14.33^{b}±0.00
Alcohol(%)^{ns}	0.00±0.00	0.00±0.00	0.03±0.06
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์(g/L)	73.33^{a}±0.58	31.23^{c}±0.25	36.43^{b}±0.12
สารประกอบฟีนอลิค^{ns} (mg GAE g^{-1})	2.08±0.02	2.10±0.01	2.08±0.00
ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ(%)	13.00^{c}±0.50	22.64^{b}±0.5	26.38^{a}±1.00
ปริมาณคลอโรฟิลล์ A(μg/ml)	0.04±0.04	0.51±0.52	0.42±0.38
ปริมาณคลอโรฟิลล์ B (μg/ml)	0.93±0.09	1.46±1.46	1.11±1.01

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2.5 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม

จากการทดลองผลิตเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าวเหนียว 3 สายพันธุ์ และทดสอบทางประสาทสัมผัส ของผู้ทดสอบชิม 30 คน พบว่า คุณลักษณะด้านรสชาติ และความชอบรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.05$) แต่สี และกลิ่น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม

คุณลักษณะที่ทำการทดสอบ	สิ่งทดลอง		
	ข้าวขาว กข 6	ข้าวเม่า กข 10	ข้าวเม่า กข 6
สี^{ns}	6.47	5.80	5.77
กลิ่น^{ns}	5.90	5.40	5.60
รสชาติ	6.53^{a}	5.43^{b}	5.23^{b}
ความชอบรวม	6.33^{a}	5.43^{b}	5.30^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ตัวอักษรที่ไม่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตอนที่ 3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของเครื่องดื่มน้ำข้าวหมาก

การเก็บรักษาเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าสี L* (ค่าความสว่าง) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่าสี a* (แดง-เขียว) ในวันที่ 6,15 ข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$) ค่าสี b* (เหลือง-น้ำเงิน พบว่า) ในวันที่ 6 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีแนวโน้มลดลงในระยะเวลาในการหมักนานขึ้นจะมีรสเปรี้ยวมากขึ้น ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$)

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค พบว่า เครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ ระยะเวลาในการเก็บรักษาในวันที่ 3,6,9 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าวเหนียว 3 สายพันธุ์ ก่อนการเก็บรักษาและหลังการเก็บรักษา 15 วัน พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นแต่ต่ำกว่า 25 โคโลนี ต่อ จานเพาะเชื้อ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการหมักของลูกแป้ง

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา ของลูกแป้งจาก 3 แหล่งผลิต พบว่า ลูกแป้งของอำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัยมีปริมาณมากที่สุด และได้ทำการคัดเลือกประสิทธิภาพของลูกแป้งซึ่งจากผลการทดลองพบว่าอำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย มีค่า pH และ TSS ที่เหมาะสม จึงนำไปผลิตข้าวหมากต่อไป

ตอนที่ 2 การศึกษาชนิดของข้าวต่อคุณสมบัติของข้าวหมาก และน้ำข้าวหมาก

เมื่อทำการวิเคราะห์ลักษณะของเมล็ดข้าวพบว่าค่าสี L* a* b* ในข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ A และ คลอโรฟิลล์ B เท่ากับ 3.55 μg/ml และ 2.19 μg/ml ตามลำดับ ระหว่างการหมักข้าวหมากพบว่า ค่า pH สูงที่สุดเท่ากับ 4.46 และ TSS สูงที่สุด เท่ากับ 40.33 (°Brix) ซึ่งพบในข้าวเหนียวขาว เนื่องจากในข้าวมีคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกันซึ่งแป้งข้าวเป็นองค์ประกอบหลักของเมล็ดที่เจริญและแก่เต็มที่ซึ่งมีมากว่าข้าวเม่าเนื่องจากข้าวเม่ามีระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวที่สั้นกว่าจะเก็บเกี่ยวในระยะ 15-20 วัน ซึ่งระยะนี้เป็นระยะที่สะสมแป้ง จึงทำให้การย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลน้อยกว่าข้าวเหนียวขาว (วิเชียร, 2552) เมื่อผลิตเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าวเหนียว 3 สายพันธุ์แล้ววิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี พบว่า ค่าสี L* a* b* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ค่า pH สูงที่สุดเท่ากับ 4.10 และค่า TSS เมื่อทำการเจือจางแล้วอยู่ที่ 14 °Brix และปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค คลอโรฟิลล์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$) การทดสอบทางประสาทสัมผัส ของผู้ทดสอบชิม 30 คน พบว่า คุณลักษณะด้านรสชาติ ความชอบรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p\leq0.05$) สี กลิ่น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$) จากวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดพบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่า 25 โคโลนีต่อจานเพาะเชื้อ

ตอนที่ 3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของเครื่องดื่มน้ำข้าวหมาก

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำข้าวหมากพร้อมดื่มของข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่า ลักษณะทางกายภาพ ค่าสี L* ค่าความสว่างพบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่าสี a* แดง-เขียว ในวันที่ 6,15 ข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$) ค่าสี b* เหลือง-น้ำเงิน พบว่า ในวันที่ 6 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีแนวโน้มลดลงในระยะเวลาในการหมักนานขึ้น ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด พบว่า ในวันที่ 6 ข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$)

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วริพัส และคณะ (2552) พบว่า อุณหภูมิการเก็บรักษาของน้ำบลูเบอร์รี่มีผลต่อการสูญเสียประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระการเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค พบว่า ข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ ระยะเวลาในการเก็บรักษาในวันที่ 3,6,9 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p>0.05$) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากจากข้าวเหนียว 3 สายพันธุ์ ก่อนการเก็บรักษาและหลังการเก็บรักษา 15 วัน พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นแต่ต่ำกว่า 25 โคโลนีต่อ จานเพาะเชื้อ เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในการทดลองสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ และเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 15 วัน เชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นแต่ไม่อยู่ในช่วงที่จะก่อให้เกิดการเน่าเสียในผลิตภัณฑ์ได้ เนื่องจากที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นช่วงอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย (วิไล, 2554)

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้ใช้อุณภูมิการเก็บรักษาหลังจากการพาสเจอไรส์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณภูมิการเก็บรักษาที่ค่อนข้างต่ำ แตกต่างจากอุณหภูมิตู้เย็นทั่วไปที่มีอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 8 องศาเซลเซียส จึงทำให้คุณภาพของเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากยังมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเก็บไว้เป็นเวลาถึง 15 วัน โดยเฉพาะคุณภาพด้านปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรทำการศึกษาอุณภูมิการเก็บรักษาที่อุณภูมิ 8 องศาเซลเซียส เพื่อจะได้นำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์เชิงพานิชย์สอดคล้องกับอุณภูมิการเก็บรักษาเครื่องดื่มในตู้แช่เย็นตามร้านค้าทั่วไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา โครงการยกระดับปริญญานิพนธ์เป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน ประจำปี 2557

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. (2556). **การส่งออกข้าวในปีการค้า 2554**. (เว็บบล็อก). สืบค้นจาก : http://www.rice thailand.go.th. 9 ตุลาคม 2556.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2556). **หลักการวิเคราะห์อาหาร**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ปราโมทย์ ธรรมรัตน์. (2554). **การทำข้าวหมาก**. (เว็บบล็อก). สืบค้นจาก : http://www.ku.ac.th/emaga zine/january44/agri/kmak/. 16 ตุลาคม 2554

ไพบูลย์ ด่านวิรุทัย และพัฒนา เหล่าไพบูลย์. (2549). **ไวน์ผลไม้และสาโท**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น : โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา.

วริพัสย์ อารีกุล, สิริพรรณ กิตตวรพัฒน์ และกชรัตน์ วงศ์ณรัตน์. 2552. **ผลของอุณหภูมิแช่เย็นต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำบลูเบอร์รี่และบลูเบอรี่เข้มข้น**. (เว็บบล็อก). สืบค้นจาก : http://www.lib.ku.ac.th/. 8 ตุลาคม 2556.

วิเชียร วรพุทธพร. (2552). **ข้าวหมาก**. (เว็บบล็อก). สืบค้นจาก : http://nstda.or.th/thairesearch/sites/ default/files/20100124-roasted-rice.pdf. 7 ตุลาคม 2556.

วิไล รังสาดทอง. (2554). **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : เท็กซ์ แอนด์เจอร์นัล พับลิเคชั่น.

Sompong, R., S. Siebenhandl-Ehn, G. Linsberger-Martin and E. Berghofer. (2011). **Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand**, China and Sri Lanka. Food Chemistry. 124, 132-140.

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุ ตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา

เนตรนภา สาสังข์[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง เพื่อศึกษาภาวะสมองเสื่อมและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุ กลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา 240 คน สุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน เก็บรวบรวมข้อมูล โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ แบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย MMSE-Thai 2002 ในระหว่างวันที่ 15 ถึง 31 ตุลาคม พ.ศ. 2559 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยใช้สถิติไคสแควร์ Chi Square ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภาวะสมองเสื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ <0.05 คือ อายุ ความสามารถในการอ่าน–เขียน ลักษณะการอยู่อาศัย โรคหลอดเลือดสมอง โรคอัมพฤกษ์อัมพาต และการปฏิบัติกิจวัตรประจำวัน ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการกำหนดแนวทางในการดูแลผู้สูงอายุ เน้นการทำกิจกรรมที่ส่งเสริมและป้องกันการเกิดภาวะสมองเสื่อม เช่น ออกกำลังกาย กระตุ้นให้อ่านหนังสือจัดกิจกรรมบำเพ็ญประโยชน์ เพื่อให้ผู้สูงอายุมีสุขภาพที่ดีและสามารถปฏิบัติงานหรือสามารถใช้ชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ : ภาวะสมองเสื่อม ผู้สูงอายุ

[1] เนตรนภา สาสังข์ อาจารย์สาขาวิชาสาธารณสุขชุมชน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา e-mail: Natnapa_ple@hotmail.com,

[*]ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: Natnapa_ple@hotmail.com

Factors related to dementia among elderly people in Tambon Lat Bua Khao, Sikhiu District, Nakhon Ratchasima Province

Natnapa Sasang[11*]

Abstract

The research was cross-sectional descriptive study research were to factors related to dementia And factors related to dementia in among the elderly in Latbuakhao sub-district, Sikhio district, Nakhon Ratchasima Province.The samping was 240 elderly selected by Multistate Random Samping.The data were collected using questionnaires and MMSE-Thai 2002 test between 15th to 31th October 2016. Data were analyzed using descriptive statistics such as frequency, percentage, average, standard deviation, maximum and minimum values and correlation analysis using Chi-Square.The results showed that factors related to dementia were : age, ability to read-write, residence, stroke, paralysis, and activity of daily living. The results of this study can be used to determine the guidelines for the care of the elderly. Focus on activities that promote and protect against dementia, such as exercise encourages reading event to benefit the elderly with good health and able to work, or can be used daily as necessary.

Keywords : Dementia, Elderly

---

[1] *Natnapa Sasang, Lecturer in Community Health Faculty of Science and Technology Phra Nakhon Si Ayutthaya Rajabhat University* e-mail: Natnapa_ple@hotmail.com

** Corresponding author, e-mail:* Natnapa_ple@hotmail.com

บทนำ

ในปัจจุบันเกือบทุกประเทศมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของผู้อายุสูงมากขึ้นเรื่อยๆ (สุชาดา ทวีสิทธิ์และคณะ, 2556) จากเทคโนโลยีทางการแพทย์ที่มีวิวัฒนาการเพิ่มขึ้น ซึ่งทุกประเทศมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของผู้สูงอายุ(สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล,2556) คิดเป็นสัดส่วนสูงถึงร้อยละ12(สุพรรณ ศรีธรรมมา,2558)เป็นผลมาจากการที่อัตราการเกิดของประชากรในประเทศต่างๆลดต่ำลง ทำให้ประชากรปัจจุบันและอนาคตเป็นสังคมผู้สูงอายุ และในปี 2564 ประเทศไทยจะกลายเป็นสังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์ จากสถานการณ์ดังกล่าวอาจทำให้เกิดปัญหาทางด้านสุขภาพต่างๆตามมา เช่น ปัญหาโรคเรื้อรังต่างๆเช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคไขมันในเลือดสูง ล้วนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุ และคาดว่าภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนผู้สูงอายุ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุเนื่องจากมีการเสื่อมถอยของระบบต่างๆของร่างกายรวมทั้งมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆสูงกว่าวัยอื่นๆ จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่มีจำนวนผู้สูงอายุมากที่สุด (สำนักงานสถิติแห่งชาติ,2557) ของประเทศไทยแสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มของผู้สูงอายุมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและต้องเผชิญกับปัญหาสุขภาพโดยเฉพาะโรคเรื้อรัง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ความชุกของการเกิดภาวะสมองเสื่อมเพิ่มขึ้น

จากสถานการณ์ดังกล่าว พบว่าการเพิ่มขึ้นของผู้สูงอายุจะนำมาซึ่งภาวะเสี่ยงและปัญหาสุขภาพโดยเฉพาะการการเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรัง รวมถึงภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุ ตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชีมา โดยใช้แนวคิดตามเกณฑ์การวินิจฉัยของสมาคมจิตแพทย์อเมริกันและองค์กรอัลไซเมอร์ระหว่างประเทศมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนากรอบแนวคิด ซึ่งเป็นแนวคิดการจำแนกโรคตามลักษณะอาการโดยยึดตามอาการและอาการแสดง ไม่ได้จำแนกโรคโดยอิงสาเหตุตามทฤษฎีใดทฤษฎีหนึ่ง และวินิจฉัยโดยอิงตามเกณฑ์การวินิจฉัยใช้วิธีดูว่าผู้ป่วยมีอาการเข้าตามเกณฑ์ไม่ เพื่อค้นหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุ และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการส่งเสริมสุขภาพ การจัดการและดูแลช่วยเหลือผู้สูงอายุให้มีคุณภาพชีวิตที่ดียิ่งขึ้นและสามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีความสุขกับครอบครัวต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุ ตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional descriptive study) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุ ตำบลลาดบัวขาว อำเภอคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม จำนวน 70 ข้อ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป คำนวณขนาดตัวอย่างใช้สูตรทราบจำนวนประชากรของแดเนียล จำนวน 240 ตัวอย่าง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาในการอธิบายข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างได้แก่ แจกแจงค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เทียบกับเกณฑ์ตามมาตรฐาน และสถิติไคสแควร์ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ กับภาวะสมองเสื่อม กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่น้อยกว่า 0.05

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลส่วนบุคคล

กลุ่มผู้สูงอายุที่ศึกษาเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย (ร้อยละ 73.3 และ 26.7 ตามลำดับ) มีอายุอยู่ในช่วง 60-97 มีอายุเฉลี่ย 71.50 ปี กลุ่มตัวอย่างส่วนมากมีสถานภาพสมรสเป็นคู่ ร้อยละ 47.1 รองลงมาร้อยละ 42.5 มีสถานภาพสมรสเป็นหม้าย

ระดับการศึกษาส่วนใหญ่จบชั้นประถมศึกษา ร้อยละ 77.1 ไม่ได้รับการศึกษา ร้อยละ 16.7 ความสามารถในการอ่าน – เขียนส่วนใหญ่ได้บ้างเล็กน้อย ร้อยละ 74 รองลงมา มีสามารถในการอ่าน – เขียนได้ปานกลาง ร้อยละ 67 มากกว่าครึ่งหนึ่งไม่ได้ประกอบอาชีพ ร้อยละ 57.9 ในขณะที่มีอาชีพเกษตรกรรมอยู่ที่ร้อยละ 16.7

มีรายได้เฉลี่ย 1,630 บาทต่อเดือน ส่วนใหญ่มีรายได้ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 1,000 บาท ร้อยละ 75.8 รองลงมา จำนวนสมาชิกในครอบครัว มีค่าเฉลี่ย 3.35 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.828) สมาชิกในครอบครัวที่มีจำนวน 5 คนขึ้นไป ร้อยละ 27.1 รองลงมา สมาชิกในครอบครัวที่มีจำนวน 2 คน ร้อยละ 25.8 ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ร่วมกับบุคคลอื่น เช่น คู่สมรส บุตร หลาน พี่น้อง ญาติสายตรงหรือบุคคลอื่นที่ไม่ใช่ญาติสายตรงในครอบครัวมากกว่าอยู่คนเดียว ร้อยละ 85.4 และ ร้อยละ 14.6 ตามลำดับ

การมีโรคประจำตัว พบว่าผู้สูงอายุส่วนมากไม่มีโรคประจำตัว สำหรับผู้สูงอายุที่มีโรคประจำตัวเป็นโรคข้อเข่าเสื่อม ร้อยละ 32 รองลงมาคือโรคเบาหวาน ร้อยละ 31.7 และโรคโรคความดันโลหิตสูง ร้อยละ 0.4 ส่วนใหญ่มีพฤติกรรมหรืออาการภาวะสมองเสื่อม ร้อยละ 72.9 มีอาการเฉื่อยชา ร้อยละ 27.5 รองลงมา คืออาการหลงลืม ร้อยละ 27.1

ประวัติการเจ็บป่วยทางสมอง พบว่า ส่วนใหญ่ไม่มีประวัติการเจ็บป่วยทางสมอง ร้อยละ 90.8 สำหรับผู้สูงอายุที่มีประวัติการเจ็บป่วยทางสมอง เคยได้รับอุบัติเหตุทางสมองมากกว่าเคยติดเชื้อในสมอง ร้อยละ 8.8 และ ร้อยละ 04 ประวัติบุคคลในครอบครัวที่มีภาวะสมองเสื่อม พบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่ไม่มีบุคคลในครอบครัวที่มีภาวะสมองเสื่อม ร้อยละ 88.8 สำหรับผู้สูงอายุที่มีบุคคลในครอบครัวมีที่มีภาวะสมองเสื่อม นั้นพบว่ามีพ่อ แม่ พี่น้องและบุตรร่วมสายโลหิตเป็นโรคสมองเสื่อมชนิดอัลไซเมอร์ ร้อยละ 10.4 และมีโรคปัญญาอ่อน ร้อยละ 1.7 รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละ ของผู้สูงอายุจำแนกตามข้อมูลทั่วไป (n=240)

ปัจจัยระดับบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	64	26.7
หญิง	176	73.3
กลุ่มอายุ (ปี) *กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข		
60 – 69	113	47.1
70 – 79	85	35.4
80 ปีขึ้นไป	42	17.5
Mean = 71.50 S.D. = 8.321 Min = 60 Max = 97.0		
สถานภาพสมรส		
โสด	12	5.0
สมรส/อยู่ด้วยกัน	113	47.1
หย่า/แยกกันอยู่	13	5.4
หม้าย	102	42.5
ระดับการศึกษา		
ไม่ได้รับการศึกษา	40	16.6
ประถมศึกษา	185	77.1
มัธยมศึกษาตอนต้น	9	3.8
ประกาศนียบัตร(ปวช.)/มัธยมศึกษาตอนปลาย	6	2.5
ความสามารถในการอ่าน - เขียน		
ไม่สามารถอ่าน - เขียนได้	64	26.7
สามารถอ่าน – เขียนได้บ้างเล็กน้อย	74	30.8
สามารถอ่าน - เขียนได้ปานกลาง	67	27.9
สามารถอ่าน – เขียนได้ดี	35	14.6
จำนวนสมาชิกในครอบครัว		
1 คน	36	15.0
2 คน	62	25.8
3 คน	44	18.3
4 คน	33	13.8
5 คน ขึ้นไป	65	27.1

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละ ของผู้สูงอายุจำแนกตามข้อมูลทั่วไป (n=240) (ต่อ)

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (คน)	ร้อยละ
Mean = 3.35 S.D = 1.828 Min = 1 Max = 9		
การอาศัยอยู่ในคอบครัว		
อยู่คนเดียว	35	14.6
อยู่ร่วมกับบุคคลอื่น	205	85.4
โรคประจำตัว		
ไม่มีโรคประจำตัว	75	31.3
ความดันโลหิตสูง	73	30.4
โรคเบาหวาน	76	31.7
โรคหลอดเลือดสมอง	4	1.7
โรคไขมันในเลือดสูง	63	26.3
โรคหัวใจและหลอดเลือด	15	6.3
โรคอัมพฤกษ์อัมพาต	6	2.5
โรคข้อเข่าเสื่อม	78	32.5
โรคมะเร็งเต้านม	2	0.8
โรคไว้ตับอักเสบ บี	1	0.4
โรควัณโรค	2	0.8
โรคไต	5	2.1
พฤติกรรมหรืออาการภาวะสมองเสื่อม		
ไม่มีอาการ	65	27.1
มีอาการ	175	72.9
อาการหลงลืม	65	27.3
อาการหูแว่ว	63	25.3
อาการอารมณ์โกรธเฉียบพลัน	43	17.9
อาการเฉื่อยชา	66	27.5
ประวัติการเจ็บป่วยทางสมอง		
ไม่มี	218	90.8
เคยติดเชื้อในสมอง	1	0.4
เคยได้รับอุบัติเหตุทางสมอง	21	8.8
ประวัติบุคคลในครอบครัวที่มีภาวะสมองเสื่อม		
ไม่มี	213	88.9
สมองเสื่อมชนิด อัลไซเมอร์	25	10.4
ปัญญาอ่อน	4	1.7

เมื่อพิจารณาการคัดกรองภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุของกลุ่มตัวอย่างในตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราสีมา กลุ่มที่มีภาวะสมองเสื่อม มีคะแนนสมรรถภาพต่ำกว่าจุดตัดคะแนน พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยสมรรถภาพสมองรวมเท่ากับ 19.42 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.77 เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า มีคะแนนสมรรถภาพสมองน้อย 5 อันดับ ดังนี้ การทดสอบสมาธิและการคำนวณ (Attention / Calculation) ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.05 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.024 การระลึกได้ (Recall) มีค่าคะแนนเฉลี่ย 1.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.166 การรับรู้ด้านสถานที่ (Orientation for place) มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.59 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.389 การรับรู้ด้านเวลา (Orientation for time) มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.534 และการทำตามคำสั่ง (Verbal command) มีค่าคะแนนเฉลี่ย 2.26 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.044 รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำแนกการประเมินคะแนนภาวะสมรรถภาพสมอง ของผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อม (n=240)

ตัวแปร	มีภาวะสมองเสื่อม		
	คะแนน	Mean	S.D.
การรับรู้ด้านเวลา (Orientation for time)	5	4.12	1.534
การรับรู้ด้านสถานที่ (Orientation for place)	5	3.59	1.389
การจดจำ (Registration)	3	2.35	1.095
ทดสอบสมาธิและการคำนวณ (Attention / Calculation)	5	2.08	2.024
ความระลึกได้ (Recall)	3	1.12	1.166
การบอกชื่อสิ่งของ (Naming)	2	1.87	0.443
การพูดตาม (Repetition)	1	0.43	0.608
การทำตามคำสั่ง (Verbal command)	3	2.26	1.044
การเขียน (Writing)	1	0.50	0.500
การวาดรูปโครงสร้าง (Vasoconstriction)	1	0.44	0.493
รวม	30	19.42	4.772

ข้อมูลส่วนบุคคลพบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย ร้อยละ 73.3 และ 26.7 ตามลำดับ โดยอยู่ระหว่าง อายุ 60-69 ปี มากที่สุด ร้อยละ 47.1 สถานภาพสมรสคู่ ร้อยละ 47.1 ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา ร้อยละ 77.1 ความสามารถในการอ่าน-เขียนได้บ้างเล็กน้อย ร้อยละ 30.8 ส่วนใหญ่มีสัมพันธภาพในครอบครัวอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 71.3 การปฏิบัติกิจวัตรประจำวันส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่พึ่งตนเองได้ ร้อยละ 95 ภาวะซึมเศร้าอยู่ในระดับน้อยมาก ร้อยละ 61.3 พฤติกรรมสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 69.1 จากการศึกษาพบว่า การคัดกรองโดยแบบทดสอบสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย (MMSE–Thai 2002) พบว่า ผู้สูงอายุที่ได้รับการคัดกรองว่ามีภาวะสมองเสื่อม จำนวน 90 คน ร้อยละ 37.5 รายละเอียดดัง ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามภาวะสมองเสื่อม (n=240)

ภาวะสมองเสื่อม	จำนวน(คน)	ร้อยละ
ไม่มี	150	62.5
มี	90	37.5

จากการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย และมีภาวะสมองเสื่อม ร้อยละ 25.4 และ ร้อยละ 12.1 ตามลำดับ อีกทั้ง อายุ ความสามารถในการอ่าน-เขียน การอยู่ร่วมกันในครอบครัว โรคหลอดเลือดในสมอง และโรคอัมพฤกษ์อัมพาตมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุ ตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเพศ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา การประกอบอาชีพ รายได้ต่อเดือนของผู้สูงอายุ ความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคไขมันในเลือดสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคข้อเข่าเสื่อม โรคมะเร็งเต้านม โรคไว้ตับอักเสบบี โรควัณโรค โรคต้อกระจก โรคไต และพฤติกรรมหรืออาการภาวะสมองเสื่อมไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุ ตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งสามารถอภิปรายได้ดังนี้

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลส่วนบุคคลกับภาวะสมองเสื่อม

ตัวแปร	**ภาวะสมองเสื่อม**		χ^2	p-value
	ไม่มี	**มี**		
เพศ			2.273	0.132
ชาย	35(14.6)	29(12.1)		
หญิง	115(47.9)	61(25.4)		
อายุ			15.681	>0.001*
60 – 69	76(31.7)	37(15.4)		
70 – 79	59(24.6)	26(10.8)		
80 ปีขึ้นไป	15(6.3)	27(11.3)		
สถานภาพรสรส			3.250	0.355
โสด	8(3.3)	4(1.7)		
สมรส/อยู่ด้วยกัน	76(31.7)	37(15.4)		
หย่า/แยกกันอยู่	6(2.5)	7(2.9)		
หม้าย	60(25.0)	42(17.5)		

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลส่วนบุคคลกับภาวะสมองเสื่อม(ต่อ)

ตัวแปร	ภาวะสมองเสื่อม		χ^2	p-value
	ไม่มี	มี		
ระดับการศึกษา			5.803	0.122
ไม่ได้รับการศึกษา	19(7.9)	21(8.8)		
ประถมศึกษา	121(50)	64(26.7)		
มัธยมศึกษาตอนต้น	5(2.1)	4(1.7)		
ประกาศนียบัตร(ปวช.)/มัธยมศึกษาตอนปลาย	5(2.1)	1(0.4)		
ความสามารถในการอ่าน - เขียน			21.677	>0.001*
ไม่สามารถอ่าน - เขียนได้	26(10.8)	38(15.8)		
สามารถอ่าน – เขียนได้บ้างเล็กน้อย	47(19.6)	27(11.3)		
สามารถอ่าน - เขียนได้ปานกลาง	48(20.0)	19(7.9)		
สามารถอ่าน – เขียนได้ดี	29(12.1)	6(2.5)		
ประกอบอาชีพ			6.088	0.298
ไม่ได้ประกอบอาชีพ	67(27.9)	49(20.4)		
รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ	3(1.3)	2(0.8)		
ค้าขาย	28(11.7)	15(6.3)		
เกษตรกรรม	20(8.3)	15(6.3)		
รับจ้างทั่วไป	30(12.5)	8(3.3)		
ธุรกิจส่วนตัว	2(0.8)	1(0.4)		
รายได้ต่อเดือน			4.782	0.188
ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 1,000 บาท	16(6.7)	20(8.3)		
1,001 – 5,000 บาท	37(15.4)	25(10.4)		
5,001 – 10,000 บาท	30(12.5)	14(5.8)		
10,001 - 50,000 บาท	22(9.2)	11(4.6)		

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลส่วนบุคคลกับภาวะสมองเสื่อม(ต่อ)

ตัวแปร	ภาวะสมองเสื่อม		χ^2	p-value
	ไม่มี	มี		
จำนวนสมาชิกในครอบครัว			5.052	0.120
1 คน	16(6.7)	20(8.3)		
2 คน	37(15.4)	25(10.4)		
3 คน	30(12.5)	14(5.8)		
4 คน	22(9.2)	11(4.6)		
5 คน ขึ้นไป	45(18.8)	20(8.3)		
ลักษณะการอยู่อาศัย			6.746	0.009*
อยู่คนเดียว	15(6.3)	20(8.3)		
อยู่ร่วมกับบุคคลอื่น	135(56.3)	70(29.2)		
โรคประจำตัว			0.063	0.801
ไม่มีโรคประจำตัว	46(19.2)	29(12.1)		
มีโรคประจำตัว	104(43.3)	61(25.4)		
ความดันโลหิตสูง			1.608	0.205
ไม่เป็น	100(41.7)	67(27.9)		
เป็น	50(20.8)	23(9.6)		
โรคเบาหวาน			0.513	0.474
ไม่เป็น	105(43.8)	59(24.6)		
เป็น	45(18.8)	31(12.9)		
โรคหลอดเลือดสมอง			6.780	0.019*
ไม่เป็น	150(62.5)	86(35.8)		
เป็น	0(0.0)	4(1.7)		
โรคไขมันในเลือดสูง			1.964	0.161
ไม่เป็น	106(44.2)	71(29.6)		
เป็น	44(18.3)	19(7.9)		

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลส่วนบุคคลกับภาวะสมองเสื่อม(ต่อ)

ตัวแปร	ภาวะสมองเสื่อม		χ^2	p-value
	ไม่มี	มี		
โรคหัวใจและหลอดเลือด			0.574	0.449
ไม่เป็น	142(59.2)	83(34.6)		
เป็น	8(3.3)	7(2.9)		
โรคอัมพฤกษ์อัมพาต			5.516	0.029*
ไม่เป็น	149(62.1)	85(35.4)		
เป็น	1(0.4)	5(2.1)		
พฤติกรรมหรืออาการภาวะสมองเสื่อม			2.601	0.107
ไม่มีอาการ	46(19.2)	19(7.9)		
มีอาการ	104(43.3)	71(29.6)		
อาการหลงลืม			8.340	0.004*
ไม่มี	119(49.6)	56(72.9)		
มี	31(12.9)	34(14.2)		
อาการอารมณ์โกรธเฉียบพลัน			0.002	0.965
ไม่มี	123(51.3)	74(30.8)		
มี	27(11.3)	16(6.7)		
อาการเฉื่อยชา			11.285	0.001*
ไม่มี	120(50.0)	54(22.5)		
มี	30(12.5)	36(15.0)		
ประวัติการเจ็บป่วยทางสมอง			0.013	0.680
ไม่มี	136(56.7)	82(34.2)		
เคยติดเชื้อในสมอง	0(0.0)	1(0.4)		
เคยได้รับอุบัติเหตุทางสมอง	14(5.8)	7(2.9)		
ประวัติบุคคลในครอบครัวที่มีภาวะสมองเสื่อม			1.472	0.225
ไม่มี	136(56.7)	77		
สมองเสื่อมชนิด อัลไซเมอร์	13(5.4)	(32.1)		
ปัญญาอ่อน	2(0.8)	2(0.8)		

*$p<0.05$, ** $p<0.001$

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. ภาวะสมองเสื่อม

จากการศึกษาพบว่า ภาวะสมองเสื่อมด้วยการคัดกรองโดยแบบทดสอบสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย (MMSE – Thai 2002) ในผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อม พบว่า ผู้สูงอายุที่ได้รับการคัดกรองว่าเป็นภาวะสมองเสื่อม จำนวน 90 คน ร้อยละ 37.5 อาจเป็นเพราะว่าผู้สูงอายุเป็นภาวะสมองเสื่อมอาจเกิดจากอายุที่เพิ่มขึ้น พบว่ามีผู้สูงอายุหญิงที่อายุมากที่สุดคือ 97 ปี ซึ่งอายุ 80 ปีขึ้นไป มีร้อยละ 17.5 เมื่ออายุมากขึ้นความเสื่อมของร่างกายจะค่อยๆ เสื่อมลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปและต่อเนื่อง ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาในกลุ่มผู้สูงอายุทั่วไป อายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป จึงมีภาวะสมองเสื่อมได้สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่น ที่ศึกษาในผู้สูงอายุชายและหญิง ความแตกต่างนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของโครงสร้างประชากร ระดับการศึกษา ความสามารถในการอ่าน - เขียน ลักษณะการมีโรคประจำตัว และความสามารถในการประกอบกิจวัตรประจำวันของผู้สูงอายุ จาการศึกษาในประเทศไทยพบว่า การสำรวจภาวะสุขภาพของประชาชนชาวไทยระหว่าง ปีพ.ศ. 2551 - 2552 สำรวจตัวอย่างผู้สูงอายุ60 ปีขึ้นไป จำนวน 9,210 คน กระจายตามภาคต่างๆ ของประเทศไทย พบความชุกของภาวะสมองเสื่อม ร้อยละ 12.35**(วิชัย เอกพลากร,2553)** จะเห็นว่าผลการศึกษานี้มีการคัดกรองภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุ แตกต่างจากการศึกษาที่กล่าวมา ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเป็นการศึกษาเฉพาะในพื้นที่ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งอาจมีปัจจัยอื่นที่มีความสัมพันธ์กับการัดกรองภาวะสองเสื่อมตามบริบทของชุมชน

2. ข้อมูลส่วนบุคคลต่อการเกิดภาวะสมองเสื่อม

เมื่อพิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยข้อมูลส่วนบุคคลกับภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุโดยใช้สถิติ Chi-square test จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ < 0.05 ได้แก่ อายุ ความสามารถในการอ่าน – เขียน การอยู่อาศัย โรคหลอดเลือดสมอง โรคอัมพฤกษ์อัมพาต โดยผู้สูงอายุที่มีอายุ 60-69 ปีขึ้นไปจะมีภาวะสมองเสื่อมสูง ร้อยละ 15.4 ผู้สูงอายุไม่มีความสามารถในการอ่าน – เขียน ร้อยละ 15.8 มีภาวะสมองเสื่อมมากที่สุด การอยู่อาศัยของผู้สูงอายุ เมื่อร่วมอยู่กับบุคคลอื่น ร้อยละ 29.2 มากกว่าอยู่คนเดียว การเป็นโรคหลอดเลือดสมอง คือโรคอัมพฤกษ์อัมพาต ร้อยละ 1.4 และ 2.1 ตามลำดับ ผู้สูงอายุมีพฤติกรรมหรืออาการภาวะสมองเสื่อม คืออาการหลงลืม อาการเฉื่อยชา ร้อยละ 14.2 และ 15.0 ตามลำดับ และผู้สูงอายุมีความสามารถในการประกอบกิจวัตรประจำวัน ร้อยละ 34.2 ในขณะที่เพศ สถานภาพรสรส ระดับการศึกษา การประกอบอาชีพ รายได้ จำนวนสมาชิกในครอบครัว ความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคไขมันในเลือดสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคข้อเข่าเสื่อม มะเร็งเต้านม โรคไวตับอักเสบบี โรควัณโรค ต้อกระจก โรคไต พฤติกรรมหรืออาการภาวะสมองเสื่อม คือ อาการอาการหูแว่วและอาการอารมณ์โกรธเฉียบพลัน ประวัติการเจ็บป่วยทางสมอง และประวัติบุคคลในครอบครัวที่มีภาวะสมองเสื่อมไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุ

2.1 อายุ จากผลการศึกษา พบว่า อายุมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุซึ่งส่วนใหญ่มีอายุ 60-69 ปี ร้อยละ 47.1 สอดคล้องกับการศึกษาของ (สายสุนีย์ เลิศกระโทกและคณะ,2013) ที่ศึกษาความชุกของภาวะสมองเสื่อมและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุ พบว่า อายุมีความสัมพันธ์กับภาวะสมองเสื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ < 0.05 เมื่ออายุมากขึ้นจะพบภาวะสมองเสื่อมมากขึ้น และหากบุคคลมีอายุ สูงขึ้น โอกาสที่จะมีภาวะสมองเสื่อมก็สูงขึ้นด้วย กล่าวคือ ผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป มีแนวโน้มของการมีภาวะสมองเสื่อม (กฤตอร เหล่าอินทร์และคณะ,2551) เนื่องจากความสูงอายุเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติอย่างช้าๆ ค่อยเป็นค่อยไปตามเวลาผ่านไปการเปลี่ยนแปลงในวัย

สูงอายุจะมีอัตราการเสื่อมโทรมของร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเซลล์สมองและเซลล์ประสาทจะมีจำนวนลดลงเรื่อยๆ ขนาดของสมองลดลง การทำงานของสมองและประสาทอัตโนมัติลดลงเป็นเหตุให้ความไวและความรู้สึกตอบสนองต่อปฏิกิริยาต่างๆ ลดลงความคิดเห็น และการเคลื่อนไหวช้า ความจำเสื่อม(บุษราคัม จิตอารีย์, 2555)

2.2 ความสามารถในการอ่านและเขียน ผลจากการศึกษา พบว่าความสามารถในการอ่าน – เขียนของผู้สูงอายุ มีความสามารถในอ่าน – เขียนได้ได้บ้างเล็กน้อย ร้อยละ 30.8 ในขณะที่ผู้สูงอายุไม่สามารถอ่าน – เขียนได้ ร้อยละ26.7 ซึ่งการไม่ได้รับการศึกษาหรือการได้รับการศึกษาต่ำเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดภาวะสมองเสื่อมได้มากขึ้น สอดคล้องกับ (Marios K.,2016) ที่ศึกษาวิถีทางการดำเนินชีวิตในการป้องกันภาวะสมองเสื่อม ที่พบว่า ความสามารถในการอ่านและเขียน มีความสัมพันธ์กับภาวะสมองเสื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ < 0.05 ระบบการศึกษาทำให้สมองได้รับการกระตุ้น ฝึกฝนให้คิดแก้ปัญหาที่ซับซ้อนสม่ำเสมอและการศึกษาเป็นวิธีการในการพัฒนาสมองโดยตรงช่วยเพิ่มกำลังสำรองทางสมอง เพิ่มความหนาแน่นของจุดประสานประสาทในเนื้อเยื่อสมอง ส่งผลให้สมรรถภาพสมองดีขึ้นและทำให้ระยะเวลาในการเริ่มมีอาการแสดงของภาวะสมองเสื่อมเกิดได้ช้า[3] ซึ่งผลการศึกษาไม่แตกต่างจากรายงานการศึกษาส่วนใหญ่ที่พบว่าผู้ไม่ได้รับการศึกษา หรือมีการศึกษาต่ำมีแนวโน้มการเกิดภาวะสมองเสื่อมสูงกว่าผู้มีการศึกษาสูง

2.3 โรคประจำตัว

2.3.1 โรคอัมพฤกษ์อัมพาต จากผลการศึกษา พบว่า ผู้สูงอายุมีโรคประจำตัว เป็นโรคอัมพฤกษ์อัมพาต ร้อยละ 2.5 สอดคล้องกับการศึกษาของ (บุษบา คำสวน,2554) ที่ศึกษาความชุกของภาวะเสี่ยงต่อสมองเสื่อมในประชากรผู้สูงอายุ ตำบลน้ำรัด อำเภอหนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่ พบว่า โรคอัมพฤกษ์อัมพาต มีความสัมพันธ์กับภาวะสมองเสื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ < 0.05 ซึ่งการมีระดับน้ำตาลในเลือดที่สูงเป็นระยะเวลานาน หรือผู้ป่วยเบาหวานที่ควบคุมไม่ดีจะมีความผิดปกติของระดับไขมันในเลือดด้วย ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของหลอดเลือดและมีปัญหาแทรกซ้อนของอวัยวะอื่นๆ ตามมา(สมพงษ์ สุวรรณวลัยกร,2008) หลอดเลือดที่มาเลี้ยงบริเวณสมองตีบตัน ทำให้เกิดการพิการหรืออาการรุนแรงถึงเสียชีวิตได้ อวัยวะที่สมองส่วนจะควบคุมอยู่อ่อนแรงลงทำให้เกิดโรคอัมพฤกษ์ ความรู้สึกตัวจะลดลงร่วมกับมีลักษณะสมองเสื่อมซึ่งถือว่าเป็นสมองเสื่อมจากหลอดเลือด (บุษบา คำสวน,2554)

2.3.2โรคหลอดเลือดสมอง จากผลการศึกษา พบว่า ผู้สูงอายุมีโรคประจำตัวเป็นโรคหลอดเลือดสมอง ร้อยละ 1.7 สอดคล้องกับ (อภิญญา จีนานุรักษ์,2556) ที่ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุการเกิดภาวะสมองเสื่อม พบว่าโรคหลอดเลือดสมอง มีความสัมพันธ์กับภาวะสมองเสื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ < 0.05 ซึ่งปัญหาหลอดเลือดสมอง เกิดจากหลอดเลือดแดงเสื่อม เมื่อมีอายุเพิ่มมากขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลงของหลอดเลือดทั่วร่างกาย ซึ่งจะแตกต่างกันในแต่ละคน โดยมีไขมันสะสมที่ผนังหลอดเลือด ทำให้หลอดเลือดที่ไปเลี้ยงสมองมีการหนาตัว แข็งตัว หรือมีการตีบตัวผิดปกติ ทำให้ปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงสมองลดลง ถ้าลดลงมากจนถึงระดับที่ไม่เพียงพอกับการใช้งานของสมอง ก็จะทำให้เนื้อสมองตาย เนื้อสมองส่วนที่ตายไปนั้นถ้าเกิดขึ้นในพื้นที่เล็กๆ ก็อาจจะยังไม่มีอาการในระยะแรก แต่ถ้าการตายของเนื้อสมอง เนื่องจากการขาดเลือดนี้เกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีก จนเนื้อสมองมีการตายเป็นจำนวนมาก จะทำให้ผู้ป่วยมีอาการหลงลืมหรือสมองเสื่อมได้ ในบางครั้งเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงสมองนั้นอุดตันในบริเวณเส้นเลือดใหญ่ ทำให้เกิดเนื้อสมองตายขนาดใหญ่ อาจจะเกิดอาการสมองเสื่อมได้

2.4 ความสามารถในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวัน จากการศึกษา พบว่า ความสามารถในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุ กลุ่มตัวอย่างส่วน ใหญ่สามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้ด้วยตนเองทั้งหมด ถึงร้อยละ 61.7 สอดคล้องกับการศึกษาของ (นิติกุล บุญแก้วและ

คณะ, 2558) ศึกษาการสำรวจภาวะสมองเสื่อม การปฏิบัติกิจวัตรประจำวันขั้นพื้นฐาน และภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุ ศูนย์พัฒนาการจัดสวัสดิการสังคม จังหวัดปทุมธานี พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ร้อยละ 79.55 สามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำวันด้วยตนเอง

ข้อเสนอแนะงานวิจัย

1. จากผลการศึกษาที่พบว่าความสามารถในการอ่านเขียนมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุ ตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา ดังนั้นจึงควรมีการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้สูงอายุได้พัฒนาทักษะการอ่านเขียนอยู่เสมอ

2. จากผลการศึกษาที่พบว่าโรคประจำตัวมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุ ตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา ดังนั้นจึงควรมีการจัดหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้ามาดูแล ส่งเสริมและป้องกันภาวะแทรกซ้อนที่จะเกิดขึ้น

ข้อเสนอแนะงานวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาปัจจัยทำนายที่มีผลต่อภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุ เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์แก่บุคลากรทางสาธารณสุขใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางนโยบาย วางแผนให้การบริการและการวางแผนเฝ้าระวังหรือป้องกันภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุ และนำข้อมูลมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติให้เป็นรูปธรรม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ ดร.ทัศพร ชูศักดิ์และคณาจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย และขอขอบคุณผู้สูงอายุ อาสาสมัครประจำหมู่บ้าน(อสม.)ตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา ที่ให้ความร่วมมือรวมถึงนักศึกษาคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ช่วยเก็บข้อมูลวิจัย

บรรณานุกรม

กฤตอร เหล่าอินทร์,และรณัชกาญจณ์ ประกอบธัญญะศิริ. (2551).**รายงานการวิจัยเรื่องคุณลักษณะบางประการที่มีความสัมพันธ์กับภาวะสมองเสื่อมของผู้สูงอายุ.ตำบลป่าอ้อ.อำเภอลานสัก.จังหวัดอุทัยธานี**.การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง.หลักสูตรปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต.สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ .มหาวิทยาลัยนเรศวร

นิติกุล บุญแก้วและคณะ. (2558). การสำรวจภาวะสมองเสื่อม การปฏิบัติกิจวัตรประจำวันขั้นพื้นฐาน และภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุ ศูนย์พัฒนาการจัดสวัสดิการสังคม จังหวัดปทุมธานี.ปีที่ 9.ฉบับที่ 3 .หน้า173-183 .**วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**

บุษบา คำสวน. (2554). **พฤติกรรมสุขภาพ**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการส่งเสริมสุขภาพ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุษราคัม จิตอารีย์. (2555). **รายงานการวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุ ในชุมชนจังหวัดนครปฐม**.วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพยาบาลเวชปฏิบัติชุมชน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยคริสเตียน.

วิชัย เอกพลากร. (2553). **การสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกายครั้งที่ 4 พ.ศ. 2551-2.** นนทบุรี: บริษัท เดอะกราฟิโก ซิสเต็มส์ จำกัด.

มาโนช หล่อตระกูล, ปราโมทย์ สุขนิชย์. การพัฒนาแบบวัดความรุนแรงของภาวะซึมเศร้าชนิดให้ผู้ป่วย ตอบแบบสอบถามเอง. **การประชุมประจำปีราชวิทยาลัยจิตแพทย์แห่งประเทศไทย และสมาคมจิตแพทย์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25**. 20-21 พฤศจิกายน พ.ศ. 2540 ณ อาคารเฉลิมพระบารมี 50 ปี แพทย์สมาคม กรุงเทพมหานคร.

มาโนช หล่อตระกูล, รัตนา สายพานิช, วรลักษณา ธีราโมกข์. อาการของกลุ่มโรคซึมเศร้าในผู้ป่วยไทย. **วารสารสมาคมจิตแพทย์แห่งประเทศไทย 2537**; 39: 68-77.

สายสุนีย์ เลิศกระโทก, สุธรรม นันทมงคลชัย และ ศุภชัย ปิติกุลตัง. (*2013).* ความชุกของภาวะสมองเสื่อมและปัจจัยที่สัมพันธ์กับภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุตำบลอรพิมพ์ อำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา. **วารสารสาธารณสุขศาสตร์**, 43(1), 42-54.

สุชาดา ทวีสิทธิ์, มาลี สันภูวรรณ์และสุทธิดา ชวนวัน . (2556). **ประชากรและสังคมในอาเซียน : ความท้าทายและโอกาส**.สำนักพิมพ์ประชากรและสังคม สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, 1470

สมพงษ์ สุวรรณวลัยกร. (2008). **เอกสารให้ความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวาน**. สาขาวิชาต่อมไร้ท่อและเมตะบอลิสม ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2557). **ความหมายผู้สูงอายุ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.msociety.go.th/article_attach/14494/18145.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล : 9 สิงหาคม 2559)

อภิญญา จีนานุรักษ์. (2*556).* **การวิเคราะห์สถานการณ์การป้องกันภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุ ตำบลหนองหอย อำเภอเมือเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

องค์การบริหารส่วนตำบลลาดบัวขาว. (2015). **สภาพและข้อมูลพื้นฐานตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.ladboakhow.go.th/base.วันที่ค้นข้อมูล : 15 สิงหาคม 2559)

Marios K. Georgakis, Eleni I. Kalogirou, Andreas-Antonios Diamantaras, Stella S. Daskalopoulou, Cynthia A. Munro, Constantine G. Lyketsos, Alkistis Skalkidou, Eleni Th. Petridou. (2016). **Age at menopause and duration of reproductive period in association with dementia and cognitive function: A systematic review and meta-analysis**. Psychoneuroendocrinology. olume 73 , Pages 224–243. Retrieved from : http://www.sciencedirect.com/science

ปริมาณความเข้มข้นของฝาง (*Caesalpiniasappan Linn*) ที่เหมาะสมในผลิตน้ำสมุนไพร

กชพรรณ ธนะสิทธิ์[1] กชพร ธนะสิทธิ์[1] จันทิมา ขำประดิษฐ์[1]
มนัญญา คำวชิระพิทักษ์[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝาง 3 ระดับในการผลิตน้ำสมุนไพรฝางพร้อมดื่ม คือ ร้อยละ 3, 5 และ 7 ทดสอบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือน้ำสมุนไพรฝางพร้อมดื่มที่มีปริมาณความเข้มข้นของฝาง ร้อยละ 5 โดยมีสีแดงอมส้ม ค่อนข้างใส ค่าสี L* a* b* เท่ากับ 23.47, 0.42 และ 7.90 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ฝาง สมุนไพร เครื่องดื่ม

[1] *หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี*

**ผู้นิพนธ์หลัก e-mail : manunya@vru.ac.th*

THE SUITABLE CONCENTRATION OF FANG (*Caesalpiniasappan Linn*) FOR HERBAL WATER PROCESS

Kodchaphan Thanasit[1] Kodchaphon Thanasit[1] Jantima Khampradit[1]
Manunya Kumwachirapithak[1*]

Abstract

The objective of this study was to investigate 3 levels the concentration of Fang (Sappan); 3, 5 and 7 percent in Fang herbal beverage. All of Sensory evaluation test were accepted the 5% concentration. The red-orange color with quite clear characteristics and the L*, a*, b* were 23.47, 0.42 and 7.90, respectively.

Keywords : Sappan, herbal, beverage

[1] *Department of Home Economic, Faculty of Science and Technology Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: manunya@vru.ac.th*
** Corresponding author, e-mail: manunya@vru.ac.th*

บทนำ

ฝาง ถูกใช้ประโยชน์มาตั้งแต่ในสมัยกรุงศรีอยุธยา โดยกรุงสยามมีสินค้าส่งออกที่สำคัญอยู่ไม่กี่อย่าง ส่วนใหญ่เป็นสินค้าพื้นเมือง เช่น ข้าว ดีบุก งาช้าง ไม้ฝาง กำยาน ครั่ง คราม และ หนังสัตว์ เป็นต้น โดยเฉพาะไม้ฝางนั้น ต่างประเทศถือว่า ฝางของสยามมีคุณภาพดีที่สุด เพราะเป็นฝางที่มีสีสวยสด ซึ่งสมัยกรุงศรีอยุธยายังไม่มีสีสังเคราะห์ใช้เหมือนปัจจุบัน ไม้ฝางในสมัยกรุงศรีอยุธยา แม้ในสมัยก่อนเน้นไปที่ประโยชน์ในด้านการใช้เป็นสีแดงสำหรับย้อมผ้า แต่ก็นับเข้าเป็นสมุนไพรด้วย (ไพบูลย์, 2556) ฝาง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Caesalpiniasappan Linn* เป็นพืชสมุนไพรที่อยู่ในวงศ์ถั่ว (Fabaceae) ชื่อพื้นเมือง ฝาง,ง้าย (กะเหรี่ยง, กาญจนบุรี) หนามโค้ง (แพร่) ฟักข้าว (ภาคกลาง) ขี้กาเครือ (ปัตตานี) ผักขาว (ภาคเหนือ) ฝาง มี 2 ชนิด เนื้อไม้มีสีแดงเข้ม รสขมหวาน เรียกว่า “ฝางเสน” ถ้าแก่นมีสีเหลืองส้ม รสฝาดขื่น จะเรียกว่า “ฝางส้ม” ส่วนที่ใช้ทำสมุนไพรคือ แก่นไม้ของฝาง มีวัตถุไม่มีสี ชื่อ Haematoxy lin อยู่ร้อยละ 10 วัตถุนี้เมื่อถูกอากาศ อาจจะกลายเป็นสีแดง มีแทนนินเรสซิน (พินิจ, 2556) ฝางมีสรรพคุณทางสมุนไพรมากมาย เช่น บำรุงโลหิต ขับเสมหะ แก้อาการร้อนในในอินโดนีเซียใช้ปรุงแต่งสีเครื่องดื่มให้เป็นสีชมพู ผลมีแทนนิน เปลือกลำต้นและเนื้อไม้ต้มใช้เป็นยารักษาวัณโรค ท้องเสีย เป็นยาฝาดสมาน เมล็ดเป็นยาระบาย การสกัดสีจะนำเนื้อไม้มาบดแล้วต้มนานๆ สีจะเข้มขึ้น กิ่งและแก่น แก้ร้อนใน ท้องร่วง และยังมีสรรพคุณเป็นยาขับระดูและบำรุงโลหิตสตรี สมุนไพรฝางใช้ทำน้ำยาอุทัยผสมน้ำดื่ม สามารถนำมาผลิตเป็นเครื่องดื่มสมุนไพรโดยนิยมนำมาต้มกับใบเตยเพื่อเพิ่มกลิ่นรสเพื่อนำสีสมุนไพรจากน้ำของฝางไปใช้ประโยชน์ในการทำผงสีเพื่อผสมกับอาหารและเพื่อนำผงฝางไปประกอบอาหารได้อย่างรวดเร็ว และเก็บรักษาได้นาน (สุวรรณี, 2552) อาจบอกได้ว่าฝางเป็นสมุนไพรครอบจักรวาล เช่นในน้ำยาอุทัย ที่นำมาเจือน้ำดื่มแก้กระหายที่มีมานานนั้นมีส่วนผสมของแก่นฝางด้วย นอกจากนั้นฝางยังถูกบันทึกไว้ในประวัติศาสตร์ว่าเป็นเครื่องบรรณาการระหว่างประเทศ และเป็นสินค้าออกของไทยด้วย แสดงว่าฝางมีความสำคัญมานานในอดีต (วิชัย, 2560)

ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนากระบวนการน้ำสมุนไพรฝางพาสเจอไรซ์เพื่อใช้ในเครื่องดื่ม โดยผู้วิจัยจึงนำสมุนไพรมาใช้ประโยชน์โดยนำฝางมาเสริมคุณค่า ฝางมีสรรพคุณแก้อาการปวดเมื่อย ช่วยให้เลือดไหลเวียนได้สะดวกและลดเส้นเลือดอุดตัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นของสมุนไพรฝาง (*Caesalpiniasappan Linn*) เพื่อผลิตน้ำสมุนไพรที่ได้รับการยอมรับและวิเคราะห์ทางกายภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

ฝาง(ฝางเสน) *(Caesalpiniasappan Linn*) สีแดง จากบริษัทธรรมชาติเพื่อสุขภาพจำกัด ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในศึกษาปริมาณความเข้มข้นของน้ำฝาง 3 ระดับคือ ร้อยละ 3 (นิตยา และคณะ, 2561) ร้อยละ 5 และ ร้อยละ 7 ในการผลิตน้ำจากสมุนไพรฝาง โดยต้มน้ำในอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสแล้วนำแช่ฝางเป็นเวลา 5 นาที กรอง บรรจุขณะร้อน ในขวดที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วและทำให้เย็นทันที

การตรวจวัดคุณภาพของเครื่องดื่มน้ำจากสมุนไพรฝางดังนี้ การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิมประเภทกึ่งฝึกฝน จำนวน 30 คน (3 ซ้ำการทดลอง) เพื่อตรวจคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ความข้นหนืด และ ความชอบโดยรวม โดยให้คะแนน 9 ระดับ (Hedonic Scale) และค่าสี (เครื่องวัดสี Chroma Meter, CR-300)

น้ำสะอาด

↓

ต้มน้ำในอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

↓

แช่ฝาง (สัดส่วน ร้อยละ 3, 5 และ 7) เป็นเวลา 5 นาที

↓

กรอง

↓

บรรจุขวดขณะร้อน

↓

ทำให้เย็นทันที

↓

น้ำจากสมุนไพรฝาง

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำน้ำฝาง

การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติการตรวจสอบสมบัติค่าสี ใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD)การทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) เพื่อหาค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี Anova และหาความแตกต่างด้วย Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสถิติ

ผลการวิจัย

จากภาพน้ำฝาง (ภาพที่ 1) และผลจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 1) ด้านสี กลิ่น และความชอบโดยรวมของน้ำจากสมุนไพรฝางที่ความเข้มข้นทั้งสามสูตรมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีแนวโน้มคะแนนการยอมรับด้านสีมากที่สุดคือ น้ำน้ำจากสมุนไพรฝางที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 (7.05) แนวโน้มคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นมากที่สุดคือ น้ำจากสมุนไพรฝางที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 (7.05)

ภาพที่ 1 น้ำจากสมุนไพรฝางที่เข้มข้นร้อยละ 3, 5 และ 7 (เรียงลำดับ จากซ้ายไปขวา)

ตารางที่ 1 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส และค่าสีของน้ำฝางที่ความเข้มข้นต่างๆ

คุณภาพ	น้ำฝางเข้มข้น		
	ร้อยละ 3	ร้อยละ 5	ร้อยละ 7
สี ^{ns}	6.80±1.20	7.05±0.93	6.94±1.02
กลิ่น^{ns}	5.92±1.24	5.97±1.09	5.74±1.16
ความฝาด	6.05±1.37^{a}	6.10±1.39^{a}	5.58±1.25^{b}
ความเผื่อน	5.82±1.39^{b}	6.22±1.40^{a}	5.69±1.21^{b}
ความชอบโดยรวม^{ns}	6.47±1.41	6.50±1.06	6.30±1.21
ค่าสี			
L* ^{ns}	23.32±0.26	23.47±0.53	23.25±0.50
a* ^{ns}	1.10±0.21	0.42±0.29	0.97±0.86
b*	8.77±0.42^{ab}	7.90±1.00^{b}	9.40±0.70^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวนอน แสดงความความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ด้านความฝาด พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของน้ำจากสมุนไพรฝางที่ความเข้มข้น 3 ระดับ ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านฝาดมากที่สุดคือ น้ำจากสมุนไพรฝางที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 (6.10) ไม่แตกต่างกับน้ำจากสมุนไพรฝางที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 (6.05) รองลงมาเป็นน้ำจากสมุนไพรฝางที่ความเข้มข้นร้อยละ 7 (5.58)

ด้านความเผื่อน พบว่า น้ำฝาง ที่ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านเผื่อนมากที่สุดคือ ร้อยละ 3 (สูตรที่ 2, 6.22) รองลงมาเป็นน้ำจากสมุนไพรฝางที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 และร้อยละ 7 (5.82, 5.69) ตามลำดับ และด้านความชอบโดยรวม พบว่า น้ำฝางที่ความเข้มข้นทั้ง 3 ระดับ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($p>0.05$) โดยมีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยการยอมรับด้านความชอบโดยรวมมากที่สุดคือ น้ำจากสมุนไพรฝางที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 (6.50) รองลงมาเป็นน้ำฝางที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 (6.47) และร้อยละ 7 (6.30) ตามลำดับ โดยมีสีแดงอมส้ม ค่อนข้างใส ค่า L* และค่า a* แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่า b* ของน้ำจากสมุนไพรฝางที่ความเข้มข้นร้อยละ 7 มากที่สุด ซึ่งจากภาพสีแดงเข้มขมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของฝางมากขึ้น

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาความเข้มข้นของฝางในการผลิตน้ำฝางพร้อมดื่มทั้ง 3 สูตร พบว่าระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่คัดเลือกโดยผู้ทดสอบชิมคือสูตรที่ 2 คือน้ำฝางที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยการนำแก่นฝางแช่ในน้ำต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แช่นาน 5 นาที แล้วกรอง บรรจุขณะร้อนในขวดที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว และทำให้เย็นทันที โดยเนื่องจาก สี กลิ่น และ ความชอบโดยรวมนั้นไม่แตกต่างกัน แต่สูตรที่ 2 นั้นมีแนวโน้มค่าคะแนนสูงกว่าสูงอื่น แต่เมื่อพิจารณาด้านความฝาด ความเฝื่อนแล้ว ผู้ทดสอบเลือกสูตรที่ 2 คือ น้ำฝางที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ซึ่งเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของฝางเป็นร้อยละ 7 คะแนนการยอมรับลดลง อาจเพราะเนื่องจากน้ำฝางที่ความเข้มข้นร้อยละ 7 มีปริมาณฝางมากเกินไปทำให้เกิดรสชาติที่ฝาดเกินไปจนส่งผลให้การไม่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม โดยมีสีแดงอมส้ม ค่อนข้างใส สีเข้มขึ้นเมื่อปริมาณความเข้มข้นของฝางมากขึ้น

การวิจัยนี้สอดคล้องกับ จิรพร และ สาวิณี (2560) ที่ผลิตเครื่องดื่มสมุนไพรฝางเสริมคอลลาเจน โดยเลือกใช้การต้มสกัดสมุนไพรฝาง 10 กรัม ต่อน้ำ 2 ลิตร ที่ อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียสนาน 35 นาทีแล้วกรองสมุนไพรออก เติมน้ำตาลทรายเพื่อปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดให้ได้ 14 องศาบริกซ์และคอลลาเจนก่อนนำไปให้ความร้อนที่ 70-80 องศาเซลเซียส 15 นาที และบรรจุในขวดพลาสติก แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น แต่ของผู้วิจัยใช้การปริมาณแก่นฝางมากกว่าและใช้วิธีแช่แก่นฝางในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แทนการต้มสกัด และไม่มีการเติมน้ำตาล และจิราภักร และคณะ (2558) ในการชงชาที่มีซองเยื่อ กระดาษบรรจุชาสมุนไพร ในต้มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แช่นาน 2 นาที

ข้อเสนอแนะ

หากต้องการเพิ่มรสชาติ สามารถปรับโดยการเติมน้ำตาล ที่ความหวาน 10 องศาบริกซ์ และเติมกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.01 ในขณะต้มน้ำได้ ซึ่งหากมีการเติมกรดซิกตริก ทำให้สีของน้ำฝางจะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นเป็นสีเหลือง และสามารถเก็บน้ำฝางได้อย่างน้อย 10 วัน ซึ่งผู้วิจัยได้นำไปจัดแสดงในนิทรรศการ ในงาน Thailand Research Expo 2018 วันที่ 9-13 สิงหาคม 2561


ภาพที่ 1 ขวดน้ำสีส้มฝางสีแดง เติมน้ำตาล ขวดน้ำสีเหลือง ฝางสีแดง เติมน้ำตาลและกรดซิกตริก ในการแสดงผลงานนิทรรศการ Thailand Research Expo 2018

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่สนับสนุนการนำเสนอผลงาน

เอกสารอ้างอิง

จิรพร สวัสดิการ และ สาวิณี แก้วเกตุ. (2558). การพัฒนาเครื่องดื่มสมุนไพรฝางเสริมคอลลา**เจน. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ “สร้างสรรค์และพัฒนาเพื่อก้าวหน้าสู่ประชาคมอาเซียน” ครั้งที่ 2.** (หน้า 97-100). วันที่ 18-19 มิถุนายน 2558. วิทยาลัยนครราชสีมา จ.นครราชสีมา.

จิราภักร โอทอง, จิราภรณ์ ทองตัน และ ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ. (2558). การพัฒนาชาสมุนไพรย่านางและสมบัติด้านเคมีกายภาพ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53**: สาขาพืช, สาขาสัตว์, สาขาสัตวแพทยศาสตร์, สาขาประมง, สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. [ออนไลน์], เข้าได้ถึงจาก: http://agkb.lib.ku.ac.th/ku/search_detail/result/315523, 20 มีนาคม 2561.

พินิจ จันทร. (2556). **หมอเส็งต้นตำรับถามหาสมุนไพรไว้ใขหมอเส็ง (ฉบับผู้หญิงสวยหน้าใส)**. กรุงเทพฯ: ปัญญาชน.

วิชัย ปทุมชาติพัฒน์. (2560). **ฝางสมุนไพรหลายร้อยสรรพคุณ**. มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.[ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก:http://www.bsru.ac.th/identity/archives/2123, 26 กรกฎาคม 2561.

สุวรรณี พรหมศิริ. (2552). **พรรมไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา**. สงขลา: กัปตันพริ้นติ้ง.