สมบัติของเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยและการประยุกต์ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดสับปะรดภูเก็ต

Properties of Pectin Extracted from Banana Stalk and Implementation as Stabilizer in Phuket Pineapple Salad Dressing

ชนัชฌา นวนใย[1] อภิญญา แสงทอง[1] ธัชชพร ไชยเจริญ[1] ประเสริฐ จริยะเลอพงษ์[1] วิญญู วงศ์วิวัฒน์[2] และ พิริญญา กฤศวงศ์งาม[*1]

Chanatcha Nuanyai[1], Apinya Sangtong[1], Tatchaporn Chaijaroen[1], Prasert Jariyalerpong[1], Winyu Wongwiwat[2] & Pirinya Kritwongngam[*1]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต 83000

[2]สาขาการแพทย์แผนไทย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110

[1]Food Technology Program, Faculty of Agricultural Technology, Phuket Rajabhat University, Muang, Phuket, Thailand, 83000

[2]Thai Traditional Medicine Department, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Thung Song, Nakhon Si Thammarat, Thailand, 80110

Submitted 5/6/2023 ; Revised 3/8/2023 ; Accepted 30/8/2023

บทคัดย่อ

เพคตินเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่สกัดได้จากพืชซึ่งมีโครงสร้างเฉพาะและให้สมบัติคล้ายเจล งานวิจัยนี้ศึกษาสมบัติของเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยโดยใช้กรดซิตริกร้อยละ 1.5 และตกตะกอนเพคตินด้วยเอทานอลร้อยละ 95 จากนั้นนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตเพื่อเพิ่มความคงตัว และวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยมีปริมาณผลผลิตร้อยละ 10.49 โดยน้ำหนัก ปริมาณหมู่เมทอกซิลร้อยละ 8.86 โดยน้ำหนัก และระดับการเกิดเอสเทอร์ (%DE) ร้อยละ 53.89 ซึ่งจัดเป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง (high methoxyl pectin) การใช้เพคตินสกัดจากหยวกกล้วยมาเป็นสารเพิ่มความคงตัวในน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตปริมาณร้อยละ 0 1 2 3 และ 4 โดยน้ำหนัก พบว่าน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตมีค่า L* และ b* ลดลง ค่า a* เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเพคตินเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4.18 ปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.8 โดยน้ำหนัก องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตเติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยร้อยละ 3 มีปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน ใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 44.03 2.65 8.21 5.92 0.01 และ 39.19 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ มีค่าพลังงาน 254 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม การเติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยในน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตสามารถปรับปรุงผลิตภัณฑ์ด้านเนื้อสัมผัสให้มีความคงตัว ไม่เกิดการแยกชั้นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 สัปดาห์

คำสำคัญ เพคติน หยวกกล้วย น้ำสลัด สับปะรดภูเก็ต

***ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)**

E-mail: pirinya.w@pkru.ac.th

Abstract

Pectin is a plant-based hydrocolloid that has unique structure and gel-like properties. This research was to evaluate the properties of pectin extracted from banana stalk using 1.5% citric acid and followed by precipitating with 95% ethanol. Then, the extracted pectin was applied in Phuket pineapple salad dressing to increase stability and analyze product quality. The yield percentage of pectin extracted from banana stalk was 10.49 by weight. The methoxyl group content and degree of esterification (%DE) of pectin were 8.86% and 53.89%, respectively. It was revealed that the extracted pectin was classified as the high methoxyl pectin. The effect of pectin extracted from banana stalk at different levels (0%, 1%, 2%, 3% and 4% by weight) on quality of Phuket pineapple salad dressing was studied. It was found that Phuket pineapple salad dressing had lower L^* and b^* values but higher in a^* value when the pectin content increased ($p<0.05$). The pH and a_w values of the product were found at 4.18 and 0.91, respectively which were classified as high-acid food. Moreover, the pectin fortified product had total acidity 0.8% (w/w). The proximate composition including of moisture, ash, fat, protein, fiber and carbohydrate content was 44.03, 2.65, 8.21, 5.92, 0.01 and 39.19% (w/w), respectively. The energy value of the product was 254 kcal/100 g. The fortification of 3% pectin extracted from banana stalk in Phuket pineapple salad dressing could not only improve the texture but also maintain the stability of the product along 10 weeks storage at 4°C.

Keywords: pectin, banana stalk, Phuket pineapple, salad dressing

บทนำ

หยวกกล้วยเป็นวัตถุดิบเหลือใช้ทางการเกษตร นิยมนำมาเป็นอาหารสัตว์และทำปุ๋ย การบริโภคหยวกกล้วยนั้น โดยทั่วไปจะนำส่วนแกนในสุดของต้นกล้วยมาใส่ในแกงเท่านั้น ส่งผลให้หยวกกล้วยมีมูลค่าต่ำและไม่เกิดประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจ ทั้งนี้ มีงานวิจัยพบว่าหยวกกล้วยมีเซลลูโลส ลิกนิน เถ้า และใยอาหารสูง [1, 2] มีปริมาณเพคตินร้อยละ 2 ถึง 4 โดยน้ำหนัก ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของกล้วย [1] โดยเพคตินเป็นสารโพลีแซคคาไรด์พบตามธรรมชาติในผนังเซลล์ของพืช นำมาเป็นสารเติมแต่งอาหาร (food additive) เนื่องจากมีคุณสมบัติในการทำให้เกิดเจล เป็นสารให้ความข้นหนืด สารให้ความคงตัว และเป็นอิมัลซิไฟเออร์ เป็นต้น [3] เมื่อเติมเพคตินในผลิตภัณฑ์อาหารทำให้เกิดลักษณะผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้น การสกัดเพคตินจากหยวกกล้วยเพื่อนำมาใช้เป็นสารเติมแต่งอาหาร จึงสอดคล้องกับแนวคิดโมเดลเศรษฐกิจสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน หรือ BCG Economy ที่ให้ความสำคัญกับการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตน้อยที่สุด การนำหยวกกล้วยซึ่งเป็นวัตถุดิบเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าทำให้เกิดข้อได้เปรียบด้านการพัฒนานวัตกรรมอาหารและยกระดับผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหารได้

สับปะรดภูเก็ต (*Ananas comosus* (L.) Merr. c.v. Phuket) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและเป็นเอกลักษณ์ของจังหวัดภูเก็ต มีรสหวาน เนื้อมีสีเหลืองสม่ำเสมอทั้งผล มีเยื่อใยน้อย มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว เนื้อและแกนมีความกรอบ ได้รับการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication, GI) จากกรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์ งานวิจัยของสุดารัตน์ ตัญเจริญสุขจิต และศศิธร จันทนวรางกูร (2550) พบว่าเนื้อและแกนของสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพันธุ์ปัตตาเวียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [4] นอกจากนี้สับปะรดภูเก็ตยังมีสารสำคัญ คือ เอนไซม์โบรมีเลน (bromelain) ช่วยระงับอาการอักเสบ อาการบวม ช่วยซ่อมแซมเนื้อเยื่อส่วนที่เสื่อมโทรม และช่วยย่อยโปรตีนได้อย่างมีคุณภาพ โดยจะทำให้โปรตีนถูกเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนได้อย่างสมบูรณ์ รวมทั้งยังมีกรด AHA (alpha hydroxy acid) ที่มีฤทธิ์เป็นกรด มีสารประกอบฟีนอลิก แคโรทีนอยด์ วิตามินเอ และวิตามินซี เป็นต้น [4] การนำสับปะรดภูเก็ตมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำสลัดจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มและมีรูปแบบการบริโภคที่สอดคล้องกับแนวโน้มการบริโภคในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญกับอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ (functional food) แต่อย่างไรก็ตาม น้ำสลัดน้ำข้นในท้องตลาดมีไขมันสูงไม่สอดคล้องกับการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้พัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์น้ำสลัดน้ำข้นที่ใช้น้ำสับปะรดภูเก็ตเป็นส่วนผสมหลัก โดยลดปริมาณไขมันและไข่แดงลงในสูตร ส่งผลให้น้ำสลัดซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อิมัลชั่นมีความคงตัวต่ำเกิดการแยกชั้นในระหว่างการเก็บรักษา จึงจำเป็นต้องใช้สารให้ความคงตัว (stabilizing agent) ซึ่งเป็นสารโพลีแซคคาไรด์ที่สามารถละลายในน้ำ และจะเกิดการพองตัวของสายโพลีเมอร์ทำให้เกิดความข้นหนืดขึ้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของเพคตินที่สกัดจากหยวกกล้วย ซึ่งเป็นการนำวัตถุดิบเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่ม และนำเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยมาใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดสับปะรดภูเก็ต โดยวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาสมบัติของเพคตินที่สกัดจากหยวกกล้วย และศึกษาคุณลักษณะคุณภาพของน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตที่ใช้เพคตินสกัดจากหยวกกล้วยเป็นสารให้ความคงตัว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาสมบัติของเพคตินสกัดจากหยวกกล้วย

1.1 วิธีการสกัดเพคตินจากหยวกกล้วยและวิเคราะห์คุณสมบัติเพคติน

1.1.1 การเตรียมหยวกกล้วย

เตรียมหยวกกล้วยผง โดยนำหยวกกล้วยทั้ง 4 ชั้น ได้แก่ หยวกชั้นนอกสุด (outer) มีสีเขียว หยวกชั้นกลาง (middle) มีสีเหลืองอ่อน หยวกชั้นใน (inner) มีสีเหลืองอ่อนกว่าชั้นกลาง และหยวกกล้วยชั้นแกน (core) มีสีขาว [3] นำหยวกกล้วยทั้ง 4 ชั้นมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก (ดังแสดงในภาพที่ 1) นำไปแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อัตราส่วนหยวกกล้วยต่อสารละลาย เท่ากับ 1:2 เป็นเวลา 30 นาที นำไปอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 15 ชั่วโมง จนกระทั่งความชื้นไม่เกินร้อยละ 15 แล้วจึงนำมาปั่นให้ละเอียดเป็นผง เก็บในถุงโพลีเอทิลีน [5]

ภาพที่ 1 ลักษณะวัตถุดิบหยวกกล้วย (A1 และ A2) และเพคตินสกัดจากหยวกกล้วย (B)

1.1.2 การสกัดเพคติน

การสกัดเพคติน ดัดแปลงจากวิธี Castillo-Israel และคณะ (2015) ด้วยสารละลายกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 1.5 อัตราส่วนหยวกกล้วยต่อสารละลายเท่ากับ 1:10 นำไปต้มที่อุณหภูมิ 90±5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง กวนเป็นครั้งคราว กรองตัวอย่างที่ต้มแล้วด้วยผ้าขาวบาง 3 ชั้น เพื่อแยกกากออก ตกตะกอนส่วนของเหลวที่แยกได้ด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 อัตราส่วนของเหลวต่อสารละลายเท่ากับ 1:1 โดยน้ำหนัก ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 ชั่วโมง จากนั้นกรองตะกอนด้วยผ้าขาวบาง 3 ชั้น นำตะกอนที่กรองได้ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 15 ชั่วโมง จนกระทั่งความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก [6] บดตะกอนที่แห้งให้เป็นผงละเอียด [5-7] จะได้สารสกัดเพคตินจากหยวกกล้วย เก็บในถุง LDPE ที่อุณหภูมิห้อง นำไปวิเคราะห์สมบัติของเพคตินที่สกัดจากหยวกกล้วย ประกอบด้วย วิเคราะห์ปริมาณผลผลิต (extraction yield) [8] ทดสอบสมบัติของคาร์โบไฮเดรต ด้วยสารละลาย Fehling (Fehling's test) และสารละลาย iodine ทดสอบสมบัติของเพคติน โดยใช้สารละลาย 10% ferric chloride สารละลายเอทานอลร้อยละ 95 สารละลาย 2N sodium hydroxide และสารละลาย saturated lead acetate [9] วิเคราะห์ปริมาณหมู่เมทอกซี

(methoxyl content) ด้วยวิธีการหาน้ำหนักสมมูลและไตเตรทด้วยสารละลาย sodium hydroxide ตามวิธีการของสุนันท์ วิทิตสิริ (2557) [10] วิเคราะห์ระดับการเกิดเอสเทอร์ (degree of esterification, DE) โดยการสกัดตัวอย่างด้วยสารละลาย hydrochloric-ethanol และคำนวณระดับการเกิดเอสเทอร์ด้วยการคำนวณปริมาตรที่ไตเตรทได้ตามวิธีการของสุนันท์ วิทิตสิริ (2557) [10] และวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำของเพคติน ตามวิธีการของนวลกมล อำนวยสิน (2561) [7]

1.1.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคตินที่สกัดจากหยวกกล้วยเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Independent t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) โดยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS

2. ศึกษาผลของปริมาณเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยต่อคุณภาพของน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ต

2.1 การเตรียมชุดการทดลองน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ต

น้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตสูตรพื้นฐาน เป็นสูตรที่ทีมผู้วิจัยได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีปริมาณไขมันลดลงตามแนวโน้มของการบริโภคในปัจจุบัน ประกอบด้วย น้ำสับปะรดภูเก็ต ไข่แดง น้ำมันพืช นมข้นหวาน น้ำส้มสายชู น้ำตาลทราย เกลือ และพริกไทยป่น ปรับปริมาณเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) 1 2 3 และ 4 โดยน้ำหนัก เตรียมน้ำสลัดโดยนำส่วนผสมของน้ำสับปะรดภูเก็ต นมข้นหวาน น้ำส้มสายชู เกลือ และพริกไทยดำป่น มาผสมและคนให้เข้ากัน เทไข่แดงลงในส่วนผสม ค่อย ๆ เติมน้ำตาลทรายที่ผสมเพคตินลงไป ปั่นด้วยความเร็วสูงสุดจนน้ำสลัดผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ลดความเร็วรอบลงในระดับต่ำ ค่อย ๆ เติมน้ำมันพืช ปั่นส่วนผสมอีกครั้งให้มีลักษณะเนื้อเนียนประมาณ 5 นาที

2.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะคุณภาพน้ำสลัด

2.2.1 ลักษณะทางเคมี

นำตัวอย่างทั้ง 5 ชุดการทดลอง วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนัก) [11]

2.2.2 ลักษณะทางกายภาพ

2.2.2.1 วิเคราะห์ค่าความหนืดโดยใช้เครื่อง Brookfield viscometer ใช้เข็มวัดเบอร์ 3 ตั้งค่าความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที

2.2.2.2 วิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE (L^* a^* และ b^*) โดยใช้เครื่อง HunterLab colorimeter

2.2.2.3 วิเคราะห์ความคงตัวของน้ำสลัด โดยสังเกตจากการแยกชั้นของน้ำสลัดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 0, 2, 4, 6 และ 10)

2.2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การศึกษาผลของปริมาณเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยต่อคุณภาพของน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตวางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) โดยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS

3. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตที่เติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วย

วิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (a_w) โดยใช้เครื่อง water activity meter วัดค่า pH โดยใช้เครื่อง pH meter วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด และองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น [11] ประกอบด้วย ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใย (ร้อยละโดยน้ำหนัก) คำนวณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละโดยน้ำหนัก) และคำนวณค่าพลังงาน (กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม) ของน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตทั้งสูตรชุดควบคุม (ไม่เติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วย) และน้ำสลัดสูตรเติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วย วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Independent t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) โดยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS

ผลการวิจัย

สมบัติของเพคตินสกัดจากหยวกกล้วย

การทดสอบสมบัติของเพคตินที่สกัดจากหยวกล้วย แบ่งเป็นการทดสอบสมบัติคาร์โบไฮเดรต การทดสอบสมบัติเพคติน และการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี เปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า ดังแสดงในตารางที่ 1 คือ เมื่อทดสอบเพคตินด้วยสารละลาย Fehling พบว่าทั้งเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยและเพคตินทางการค้าเกิดตะกอนสีแดงอิฐ เนื่องจากหมู่อัลดีไซด์ในสายโพลีแซคคาไรด์จะรีดิวซ์ Cu^{2+} เป็น Cu^{+} และตกตะกอนเป็น cuprous oxide มีสีแดงอิฐ เมื่อทดสอบด้วยสารละลายไอโอดีน พบว่าเพคตินทางการค้าไม่เปลี่ยนสีของสารละลายไอโอดีน ในขณะที่เพคตินสกัดจากหยวกกล้วยเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินม่วง การทดสอบสมบัติเพคตินของเพคตินสกัดจากหยวกล้วยและเพคตินทางการค้าให้ผลการทดสอบคือ เกิดตะกอนลักษณะเป็นวุ้น หมายถึง เพคตินทั้ง 2 ชุดการทดลองมีสมบัติในการเกิดเจล เมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลาย ferric chloride, ethyl alcohol, sodium hydroxide และ lead acetate (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติคาร์โบไฮเดรตและสมบัติเพคตินที่สกัดจากหยวกกล้วยและเพคตินทางการค้า

สมบัติ	การทดสอบ	เพคตินสกัดจากหยวกกล้วย	เพคตินทางการค้า
สมบัติคาร์โบไฮเดรต	• สารละลาย Fehling	ตะกอนสีแดงอิฐ	ตะกอนสีแดงอิฐ
	• สารละลาย iodine	เปลี่ยนสี (สีน้ำเงินม่วง)	ไม่เปลี่ยนสี (สีน้ำตาล)
สมบัติเพคติน	• 10% ferric chloride	เกิดตะกอนวุ้น	เกิดตะกอนวุ้น
	• 95% ethyl alcohol	เกิดตะกอนวุ้น	เกิดตะกอนวุ้น
	• 2N sodium hydroxide	เกิดตะกอนวุ้น	เกิดตะกอนวุ้น
	• saturated lead acetate	เกิดตะกอนวุ้น	เกิดตะกอนวุ้น

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีของเพคตินที่สกัดจากหยวกกล้วยและเพคตินทางการค้า

ค่าวิเคราะห์	เพคตินสกัดจากหยวกกล้วย	เพคตินทางการค้า
ปริมาณผลผลิต (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	10.49±0.20	-
ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	2.91±0.03[a]	2.80±0.94[b]
ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (กรัมของน้ำต่อกรัมของเพคติน)[ns]	0.94±0.07	0.98±0.08
ปริมาณหมู่เมทอกซี (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	8.86±0.35[b]	12.37±2.07[a]
ระดับการเกิดเอสเทอร์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)[ns]	53.89±3.61	50.00±0.00

หมายเหตุ [a-b] แสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) [ns] แสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแถวเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\geq0.05$)

สมบัติทางเคมีของเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยและเพคตินทางการค้าแสดงดังตารางที่ 2 พบว่าปริมาณผลผลิตของเพคตินที่สกัดจากหยวกกล้วยเท่ากับร้อยละ 10.49 โดยน้ำหนัก มีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยและเพคตินทางการค้ามีค่าใกล้เคียงกันเท่ากับ 0.94 และ 0.98 กรัมของน้ำต่อกรัมของเพคติน ตามลำดับ ($p\geq0.05$) ปริมาณหมู่เมทอกซีของเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยเท่ากับร้อยละ 8.86 โดยน้ำหนัก ต่ำกว่าเพคตินทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ระดับการเกิดเมทิลเอสเทอร์ของเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยมีค่าร้อยละ 53.89 ($p\geq0.05$) หมู่เมทอกซีและระดับการเกิดเอสเทอร์เป็นสมบัติเฉพาะของเพคติน แสดงให้เห็นว่าโพลีแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากหยวกกล้วยเป็นเพคติน โดยมีค่าใกล้เคียงกับเพคตินที่จำหน่ายทางการค้า

ผลของปริมาณเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยต่อคุณภาพของน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ต

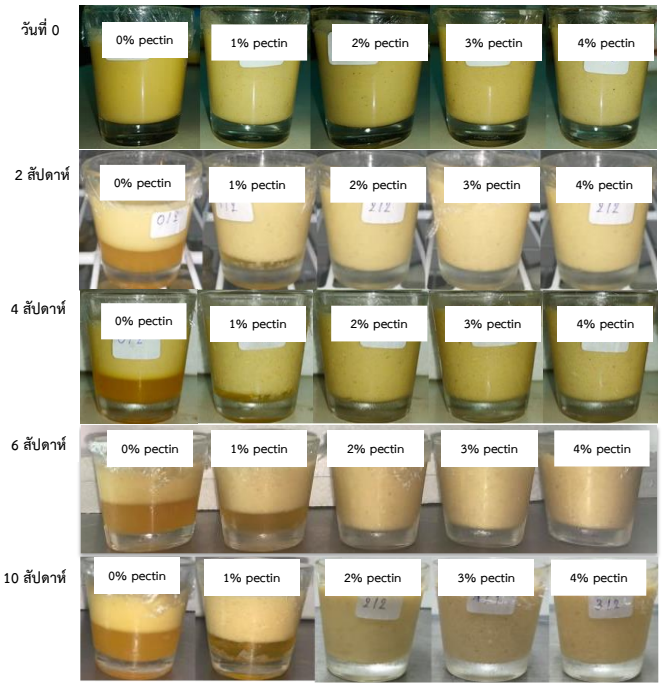
จากการศึกษาสมบัติของเพคตินสกัดจากหยวกกล้วย พบว่าเพคตินที่สกัดได้เป็นชนิดเมทอกซิลสูงเกิดเจลแบบ slow-set ในผลิตภัณฑ์ที่มี pH ต่ำ เมื่อเติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยในน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตปริมาณร้อยละ 1 2 3 และ 4 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่เติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วย) แสดงดังตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตทั้ง 5 สูตร มีค่าใกล้เคียงกันประมาณร้อยละ 53 -55 โดยน้ำหนัก ($p<0.05$) เนื่องจากในน้ำสลัดแต่ละสูตรมีส่วนผสมของน้ำตาล เกลือ น้ำส้มสายชู (กรดอินทรีย์) เป็นองค์ประกอบ ค่าความหนืดของน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) เพคตินที่สกัดจากหยวกกล้วยมีสีน้ำตาลอ่อน (ภาพที่ 1) เมื่อนำมาผสมในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดอาจส่งผลทำให้น้ำสลัดมีสีเหลืองคล้ำขึ้น (ภาพที่ 2) ส่งผลให้เมื่อเติมเพคตินในน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตปริมาณที่สูงขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ลดลง ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของน้ำสลัดเพิ่มขึ้น ($p<0.05$)

ตารางที่ 3 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ค่าความหนืด และค่าสีของน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตที่เติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยปริมาณที่แตกต่างกัน

ชุดการทดลอง	ปริมาณของแข็งทั้งหมด	ค่าความหนืด (centipoise)	ค่าสี		
			L*	a*	b*
0%pectin	55.20±0.01[a]	38.72±0.95[e]	72.57±2.18[a]	2.92±0.06[c]	28.23±0.57[a]
1%pectin	55.03±0.33[a]	90.20±3.01[d]	66.41±1.08[b]	3.27±0.20[b]	27.42±0.90[a]
2%pectin	54.78±0.98[a]	106.27±3.02[c]	61.84±1.26[c]	3.33±0.10[b]	27.39±0.78[a]
3%pectin	55.58±0.12[a]	120.87±1.05[b]	61.00±0.52[c]	3.51±0.09[ab]	26.86±0.83[ab]
4%pectin	53.38±0.83[b]	178.00±1.78[a]	57.16±1.74[d]	3.70±0.25[a]	25.61±0.39[b]

หมายเหตุ [a-e]แสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) ชุดการทดลอง 0% 1% 2% 3% และ 4%pectin คือ การเติมเพคตินที่สกัดจากหยวกกล้วยในน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตร้อยละ 0 1 2 3 และ 4 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

ลักษณะปรากฏของน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตที่เติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยปริมาณร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 แสดงดังภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่าน้ำสลัดที่ไม่เติมเพคติน (0% pectin) ทำให้ส่วนผสมเกิดการแยกชั้นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยเริ่มแยกชั้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา ในขณะที่การเติมเพคตินร้อยละ 1 เริ่มเห็นการแยกชั้นเช่นกัน แต่เกิดในปริมาณน้อยกว่า ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดที่เติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยร้อยละ 3 และ 4 ไม่เกิดการแยกชั้นตลอดการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตามน้ำสลัดเติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยร้อยละ 4 ผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืดสูงมากสอดคล้องกับค่าความหนืดสูงที่สุด ($p<0.05$) (ตารางที่ 3)



ภาพที่ 2 ลักษณะปรากฏของน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตที่เติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยปริมาณที่แตกต่างกัน
หมายเหตุ ชุดการทดลอง 0%, 1%, 2%, 3% และ 4% pectin คือ การเติมเพคตินที่สกัดจากหยวกกล้วยในน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตที่เติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วย

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ต ดังแสดงในตารางที่ 4 เปรียบเทียบ 2 สูตร คือ น้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตชุดควบคุม (ไม่เติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วย) และสูตรที่เติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นสูตรที่คัดเลือกจากการศึกษาลักษณะคุณภาพของน้ำสลัดด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษา น้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตทั้ง 2 ชุดการทดลองมีค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมด และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) น้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดสูง (pH ต่ำกว่า 4.6) ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ 0.91 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ร้อยละ 44 โดยน้ำหนัก ปริมาณไขมันร้อยละ 7.24-8.21 โดยน้ำหนัก ปริมาณเยื่อใยเท่ากับร้อยละ 0.01 โดยน้ำหนัก ($p \geq 0.05$) ปริมาณเถ้าร้อยละ 2.65-2.78 โดยน้ำหนัก ปริมาณโปรตีนร้อยละ 4.94-5.92 โดยน้ำหนัก ($p < 0.05$) เมื่อคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 39.19-40.49 โดยน้ำหนัก น้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตมีค่าพลังงาน 246-254 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตที่ใช้เพคตินจากหยวกกล้วยเป็นสารให้ความคงตัวในปริมาณที่แตกต่างกัน

องค์ประกอบทางเคมี	ชุดการทดลอง	
	0% pectin	3% pectin
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)^{ns}	4.18±0.01	4.18±0.01
ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนัก)^{ns}	3.84±0.06	3.82±0.27
ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (a_w)^{ns}	0.91±0.00	0.96±0.00
ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)^{ns}	44.55±0.04	44.03±2.42
ปริมาณเถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	2.78±0.03^{a}	2.65±0.01^{b}
ปริมาณไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)^{ns}	7.24±0.45	8.21±0.65
ปริมาณโปรตีน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	4.94±0.11^{b}	5.92±0.12^{a}
ปริมาณเยื่อใย (ร้อยละโดยน้ำหนัก)^{ns}	0.01±0.01	0.01±0.10
ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	40.49	39.19
ค่าพลังงาน (กิโลแคลอรี่)	246.88	254.33

หมายเหตุ $^{a-b}$แสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

^{ns} แสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแถวเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\geq0.05$) ชุดการทดลอง 0% และ 3%pectin คือ น้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตที่ไม่เติมเพคสกัดจากหยวกกล้วย และเติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

สมบัติของเพคตินสกัดจากหยวกกล้วย

งานวิจัยนี้สกัดเพคตินจากหยวกกล้วยมีปริมาณผลผลิตร้อยละ 10.49 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีค่าสูงกว่างานวิจัยอื่น [1, 12, 13] เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Preethi และ Balakrishna (2013) พบว่าหยวกกล้วยสายพันธุ์ Grand Naine, Poovan, Monthan และ Nendran ในประเทศอินเดียมีปริมาณเพคตินร้อยละ 3.46 2.82 4.08 และ 2.68 ตามลำดับ [1] อีกทั้ง Manilal และ Sony (2011) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหยวกกล้วยพันธุ์ Nendran ในกาบชั้นต่างๆ จำนวน 15 ชั้นพบว่าหยวกกล้วยมีปริมาณเพคตินร้อยละ 2.4-4 โดยน้ำหนัก โดยหยวกชั้นแกนมีปริมาณเพคตินสูงที่สุด และมีปริมาณน้อยลงตามกาบที่อยู่ชั้นถัดมาด้านนอก [15] ส่วน Li และคณะ (2010) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหยวกกล้วย (banana pseudo-stem) จาก Gaozhou มณฑล Guangdong ประเทศจีน พบว่ามีปริมาณเพคตินร้อยละ 0.27 โดยน้ำหนักแห้ง [13] ทั้งนี้ความแตกต่างด้านปริมาณผลผลิตของเพคตินที่สกัดได้อาจเนื่องมาจากวัตถุดิบมีแหล่งที่มาแตกต่างกัน อีกทั้งเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยในงานวิจัยนี้ยังไม่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ ยังมีแป้งเป็นส่วนประกอบ โดยการทดสอบคาร์โบไฮเดรตเปลี่ยนสีของสารละลายไอโอดีนที่เป็นสีน้ำเงินม่วง ในขณะที่เพคตินทางการค้าไม่เปลี่ยนสีสารละลายไอโอดีน (ตารางที่ 1) ทั้งนี้เนื่องจากเพคตินทางการค้าผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์แล้ว อีกทั้งเพคตินทางการค้ามักจะใช้เปลือกหรือกากผลไม้ซึ่งมีปริมาณแป้งน้อยกว่าเป็นวัตถุดิบ แต่อย่างไรก็ตามแป้งและเพคตินมี

โครงสร้างเป็นโพลีแซคคาไรด์โมเลกุลใหญ่ เมื่อละลายน้ำและให้ความร้อนสามารถเกิดเจลได้ ดังนั้นการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารด้านการเพิ่มความคงตัวหรือการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสจึงไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อผลิตภัณฑ์ประเภทนี้

เพคตินเป็นสารโพลีแซคคาไรด์ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต ประกอบด้วยกรดกาแลคทูโรนิค (galactuonic acid) เป็นหลักเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-1,4 ไกลโคซิดิก (alpha-1,4 glycosidic linkage) ประมาณ 200 หน่วยขึ้นไป สายโซ่หลักของเพคติน คือ กรดกาแลคทูโรนิก ($C_6H_{10}O_7$) เป็นองค์ประกอบของน้ำตาลกาแลคโตส (D-galactose) ที่ถูกออกซิไดซ์ มีหมู่อัลดีไฮด์ตรงตำแหน่ง C1 และมีหมู่คาร์บอกซิลิกตรงตำแหน่ง C6 [14] สามารถพบน้ำตาลกาแลคโตส อะราบิโนส และแรมโนสที่โซ่พันธะของสายเพคติน กรดกาแลคทูโรนิกบางส่วนจะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ริไฟด์ด้วยหมู่เมทิลได้ ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกคุณสมบัติของเพคติน โดยพิจารณาจากค่าระดับการเกิดเอสเทอร์และปริมาณหมู่เมทอกซี (methyl group) [15] Li และคณะ (2010) แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของเพคตินสกัดจากหยวกกล้วย ประกอบด้วยสัดส่วนของน้ำตาลกลูโคส ไซโลส กาแลคโตส อะราบิโนส แมนโนส และกรดกาแลคทูโรนิค (galacturonic acid) ร้อยละ 71.76 11.20 2.02 7.34 0.58 และ 7.09 โดยสัดส่วนเชิงคุณภาพ [13]

การทดสอบสมบัติเพคตินของเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยและเพคตินทางการค้าให้ผลการทดสอบกับสารละลาย ferric chloride, ethanol, sodium hydroxide และ lead acetate คือ เกิดตะกอนลักษณะเป็นวุ้น เนื่องจากเพคตินเป็นโพลีเมอร์ที่สามารถเกิดเจลเมื่อมีไอออนประจุ $^{2+}$ ในระบบ เช่น Ca^{2+} Ba^{2+} Zn^{2+} Fe^{2+} Pb^{2+} เป็นต้น [16] โดยไอออนประจุ $^{2+}$ ในระบบสารละลายที่ทำให้เกิดประจุบวกหรือลบทั้งหมดจะเชื่อมโมเลกุลของเพคตินเข้าด้วยกันโดยทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอกซิลของกรดกาแลกทูโรนิกซึ่งเป็นหน่วยย่อยของโมเลกุลของเพคตินเกิดโครงสร้างเจลที่แข็งแรงและอุ้มของเหลวไว้ภายในเกิดเจลขึ้นในลักษณะ “Egg box” [14] ทั้งนี้เพคตินสกัดจากหยวกกล้วยมีหมู่เมทอกซีร้อยละ 8.86 ระดับการเกิดเมทิลเอสเทอร์ร้อยละ 53.89 โดยน้ำหนัก ซึ่งเพคตินสามารถจำแนกตามระดับการเกิดเอสเทอร์ได้เป็นชนิดเมทอกซิลสูง (high methoxyl pectin) มีระดับการเกิดเอสเทอร์ร้อยละ 60-75 และชนิดเมทอกซิลต่ำ (low methoxyl pectin) มีระดับการเกิดเอสเทอร์ร้อยละ 20-40 โดยเพคตินเมทอกซิลสูงสามารถเกิดเจลได้ดีในสภาวะที่มีน้ำตาลสูงกว่าร้อยละ 55 และ pH ประมาณ 3 ส่วนเพคตินเมทอกซิลต่ำสามารถเกิดเจลได้เมื่อมีแคลเซียมหรือไอออนที่มีประจุบวก (divalent cations) pH 3-4.5 สำหรับการเกิดเจลของเพคตินที่มีระดับการเกิดเอสเทอร์สูงกว่าร้อยละ 72 จะเกิดเจลลักษณะ rapid-set ส่วนการเกิดเจลของเพคตินที่มีระดับการเกิดเอสเทอร์ร้อยละ 58-72 เกิดเจลลักษณะ slow-set [5,17] โดยทั่วไปเพคตินทางการค้ามีหมู่เมทอกซีร้อยละ 8-11 ส่วนเพคตินเมทอกซิลต่ำจะมีปริมาณหมู่เมทอกซีต่ำกว่าร้อยละ 7 [5] ดังนั้นเพคตินที่สกัดจากหยวกกล้วยและเพคตินทางการค้าเป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง (high methoxyl pectin) เกิดเจลลักษณะ slow-set

ผลของปริมาณเพคตินที่สกัดจากหยวกกล้วยต่อคุณภาพของน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ต

เพคตินนำมาใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหารโดยเฉพาะกลุ่มผลิตภัณฑ์อิมัลชันที่มีส่วนผสมของน้ำและไขมัน โดยมีอิมัลซิฟายเออร์เป็นตัวเชื่อมประสานเพื่อให้ผลิตภัณฑ์เป็นเนื้อเดียวกันและไม่เกิดการแยกชั้น แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์อิมัลชันเหล่านี้มักจะไม่คงตัว เกิดการแยกชั้นได้ในระหว่างการเก็บรักษาส่งผลให้เกิดลักษณะไม่พึงประสงค์ในผลิตภัณฑ์นั้นๆ สำหรับน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตเป็นผลิตภัณฑ์อิมัลชันมีส่วนผสมที่เป็นเฟสของเหลวประกอบด้วยน้ำสับปะรด น้ำส้มสายชู น้ำตาล และเกลือที่ละลายรวมกัน มีน้ำมันพืชเป็นเฟสไขมัน โดยมีไข่แดงเป็นอิมัลซิฟายเออร์ในการเชื่อมประสานให้ส่วนผสมทั้งหมดเป็นเนื้อเดียวกัน ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตไม่เกิดการแยกชั้นในช่วงแรกของการเก็บรักษา ดังแสดงในภาพที่ 2 ในระหว่างการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 2 น้ำสลัดเริ่มเกิดการแยกชั้น และเกิดการแยกชั้นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้ความไม่คงตัวของอิมัลชันอาจเกิดจากการรวมตัวกันของอนุภาคไขมันหรือการจับตัวกันของโปรตีนในองค์ประกอบของอาหาร ดังนั้นการเติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตร้อยละ 3 และ 4 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดเพิ่มขึ้น เกิดความคงตัวและไม่แยกชั้นตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4 องศา-เซลเซียส เนื่องจากเพคตินเป็นโพลีเมอร์สายยาวมีแขนงจำนวนมากสามารถละลายในน้ำและเกิดการพองตัวของสายโพลิเมอร์เกิดความข้นหนืดขึ้นในผลิตภัณฑ์ และทำให้เกิดการกระจายตัวของส่วนผสมในระบบอย่างสม่ำเสมอ [18, 19] สอดคล้องกับงานวิจัยของ กรวิทย์ สักแกแก้ว และคณะ [20] ศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกแก้วมังกรสายพันธุ์ *Hylocereus polyrhizus* ด้วยวิธีการสกัดด้วยเอนไซม์เซลลูเลส นำมาใช้เพื่อทดแทนไขมันในน้ำสลัดที่ระดับความเข้มข้นเพคตินร้อยละ 0-2.4 โดยน้ำหนัก พบว่าการเติมเพคตินจากเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 1.36 มีการยอมรับของผู้บริโภคโดยรวมสูงที่สุด หากเติมเพคตินปริมาณมากกว่านี้จะส่งผลด้านรสชาติ กลิ่น ความข้นหนืด และเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ [20]

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตที่เติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วย

สูตรน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตในงานวิจัยนี้มีปริมาณความชื้นร้อยละ 44 โดยน้ำหนัก ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้เท่ากับ 0.91 ปริมาณไขมันร้อยละ 7.24 - 8.21 โดยน้ำหนัก ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1402-2540 มายองเนสและสลัดครีม [21] กำหนดไว้ว่าน้ำสลัดควรมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่เกิน 4.1 ไขมันทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 แต่ไม่เกินร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก ปริมาณน้ำไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก จะเห็นได้ว่าน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตมีปริมาณความชื้นสูงและปริมาณไขมันต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด เนื่องจากผู้วิจัยได้พัฒนาน้ำสลัดสูตรส่วนผสมที่มีปริมาณน้ำสับปะรดสูง ปริมาณน้ำมันต่ำ เพื่อให้เกิดกลิ่นและรสชาติของสับปะรดภูเก็ตเพิ่มขึ้น ทั้งยังลดปริมาณน้ำมันเพื่อให้สอดคล้องกับแนวโน้มการบริโภคอาหารสุขภาพ ซึ่งปริมาณส่วนผสมดังกล่าวอาจส่งผลต่อระบบอิมัลชันของน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ต ทั้งยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความหนืดต่ำ (ตารางที่ 3) และไม่เกิดความคงตัวของน้ำสลัดในระหว่างการเก็บรักษา การเติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยซึ่งเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่สามารถพองตัวในน้ำและมีความหนืดเพิ่มขึ้น จึงสามารถปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้

สรุปผลการวิจัย

การสกัดเพคตินจากหยวกกล้วยในสภาวะกรดมีปริมาณผลผลิตร้อยละ 10.49 โดยน้ำหนัก เพคตินสกัดจากหยวกกล้วยมีคุณสมบัติเป็นคาร์โบไฮเดรตและมีคุณสมบัติของเพคตินในการเกิดเจล เช่นเดียวกับเพคตินทางการค้า จัดว่าเป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง (high methoxyl pectin) เกิดเจลแบบ slow-set เมื่อนำเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยมาใช้เป็นสารปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสและความคงตัวของน้ำสลัดสับปะรดภูเก็ต ผลิตภัณฑ์จะมีความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเพคตินเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ น้ำสลัดสับปะรดภูเก็ตเติมเพคตินสกัดจากหยวกกล้วยร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก มีปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 44.03, 2.65, 8.21, 5.42, 0.01 และ 39.19 โดยน้ำหนัก มีค่าพลังงานเท่ากับ 254.33 กิโลแคลอรี่

เอกสารอ้างอิง

[1] Preethi, P., & Balakrishna M. G. (2013). Physical and chemical properties of banana fiber extracted from commercial banana cultivars grown in Tamilnadu state. *Agrotechnology*, S11(008), 1-3.

[2] Pereira, A. L., do Nascimento, D. M., Souza, M. S. M., Cassales, A. R., Morais, J. P. S., de Paula, R. C. M., Rosa, M. F., & Feitosa, J. P. A. (2014). Banana (*Musa sp.* Cv. Pacovan) pseudostem fibers are composed of varying lignocellulosic composition throughout the diameter. *BioResources*, 9(4), 7749-7763.

[3] Wedamulla, N. E., & Wijesinghe, W. A. J. P. (2021). Application of Polysaccharides in Food Technology: A Review. *Trends In Carbohydrate Research*, 13(2), 35-49.

[4] สุดารัตน์ ตัญเจริญสุขจิต และ ศศิธร จันทนวรางกูร. (2550). ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของเปลือก แกนและเนื้อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต (หน้า 656-663). ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45*. กรุงเทพฯ.

[5] Castillo-Israel, K. A. T., Baguio, S. F., Diasanta, M. D. B., Lizardo, R. C. M., Dizon, E. I., & Mejico, M. I. F. (2015). Extraction and characterization of pectin from saba banana [*Musa acuminate* x *Musa balbisiana*] peel wastes: a preliminary study. *International Food Research Journal*, 22(1), 202-207.

[6] Kamble, P. B., Gawande, S., & Patil, T. S. (2017). Extraction of pectin from unripe banana peel. *Food Technology*, 4(7), 2259-2264.

[7] นวลกมล อำนวยสิน ณัฐญาภรณ์ เสือชุมแสง และ เทพปัญญา เจริญรัตน์. (2561). การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคทินจากเปลือกกล้วยหอมทองด้วยกรดไฮโดรคลอริกและกรดซิตริก. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 7(5), 481-490.

[8] Maneerat, N., Tangsuphoom, N., & Nitithamyong, A. (2017). Effect of extraction condition on properties of pectin from banana peels and its function as fat replacer in salad cream. *Journal of Food Science and Technology*, 54(2), 386–397.

[9] สุปรียา ยืนยงสวัสดิ์ และ สุดใจ คงทอง. (2537). *การศึกษาคุณสมบัติของสารสกัดโพลีแซกคาไรด์จากเปลือกกล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า และกล้วยหอม* (รายงานผลการวิจัย). สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

[10] สุนันท์ วิทิตสิริ. (2557). การเปรียบเทียบปริมาณเพกทินจากซังขนุนหนังจำปากรอบโดยการสกัดด้วยน้ำร้อนและความดันไอสูง. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*, 9(2), 95-112.

[11] AOAC. (1999). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (16th edition). Washington, DC: The Association of Official Analytical Chemists, Inc.

[12] Manilal, V. B., & Sony, J. (2011). Banana pseudostem characterization and its fiber property evaluation on physical and bioextraction. *Journal of Natural Fibers*, 8, 1–12.

[13] Li, K., Fu, S., Zhan, H., Zhan, Y., & Lucia, L. A. (2010). Analysis of the chemical composition and morphological structure of banana pseudo-stem. *BioResources*, 5(2), 576-585.

[14] Sundar Raj, A. A., Rubila, S., Jayabalan, R., & Ranganathan, T. V. (2012). A review on pectin: Chemistry due to general properties of pectin and its pharmaceutical uses. *Open Access Scientific Reports*, 12(1), 1-5.

[15] Ngouémazong, E. D., Christiaens, S., Shpigelman, A., Loey, A. V., & Hendrickx, M. (2015). The emulsifying and emulsion-stabilizing properties of pectin: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14, 705-718.

[16] Gawkowska, D., Cybulska, J., & Zdunek, A. (2018). Structure-related gelling of pectins and linking with other natural compounds: a review. *Polymers*, 4, 20-29.

[17] Sriamornsak, P. (2003). Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: A review. *Silpakorn University International Journal*, 3(1-2), 206-228.

[18] Evanuarini, H., & Susilo, A. (2020). The quality of low fat mayonnaise using banana peel flour as stabilizer. *Earth and Environmental Science*, 54(2), 386-397.

[19] Ma, Z., & Boye, J. I. (2013). Advances in the design and production of reduced-fat and reduced-cholesterol salad dressing and mayonnaise: a review. *Food Bioprocess Technology*, 6(3), 648-670.

[20] กรวิทย์ สักแกแก้ว พรทิพย์ พสุกมลเศรษฐ์ และ น้องนุช ศิริวงศ์ (2563). ผลของการทดแทนไขมันด้วยเพคตินจากเปลือกแก้วมังกรต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำสลัด. *วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี*, 14(3), 328-342.

[21] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2540). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มายองเนสและสลัดครีม (มอก. 1402-2540)*. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.