การสกัดเพกทินจากเปลือกทุเรียนเพื่อนำไปใช้ในการผลิตแยมจากสละและระกำที่มีราคาตกต่ำในจังหวัดจันทบุรี

Extraction of Pectin from Durian Husks for Using in the Production of Jams from Low Prices of *Salacca zalacca* and *Salacca wallichiana* Mart in Chanthaburi Province

มธุรา อุณหศิริกุล[1] คิดชาย อุณหศิริกุล[1] สิริกัลยา วิสุทธิแพทย์[1] หทัยชนก วัฒนสิริกุลชัย[1] และ อมรรัตน์ สุวรรณโพธิ์ศรี[2*]

Matura unhasirikul [1] Kidchai Unhasirikul[1] Siriganraya Wisuttipat[1] Hathaichanok Wutthanasikunchai[1] and Amornrat Suwanposri[2*]

[1]สาขาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
จังหวัดจันทบุรี 22000 ประเทศไทย
[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี 22210 ประเทศไทย

[1]Department of Microbiology, Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi, 22000, Thailand
[2]Department of Applied Science and Biotechnology, Faculty of Agro-industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chanthaburi campus, Chanthaburi, 22210, Thailand
[*]E-mail: amornrat_su@rmutto.ac.th

Received: 10 Feb, 2021
Revised: 31 Mar, 2021
Accepted: 19 Apr, 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้สกัดเพกทินจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองด้วยกรดไฮโดรคลอริกและนำมาผลิตแยมจากสละและระกำที่มีราคาตกต่ำในจังหวัดจันทบุรี โดยนำเพกทินที่สกัดได้มาหาค่าผลผลิตร้อยละและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับเพกทินทางการค้า พบว่าเพกทินจากเปลือกทุเรียนมีค่าผลผลิตร้อยละ 8.83 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 10.29 และเถ้าร้อยละ 15.37 ซึ่งสูงกว่าเพกทินทางการค้า มีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกร้อยละ 46.11 และเมทอกซิลร้อยละ 13.39 ต่ำกว่าเพกทินทางการค้า จากนั้นนำเพกทินที่ได้ไปใช้ในการผลิตแยม ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแยมที่ผลิตได้ พบว่าแยมสละที่ใช้เพกทินจากเปลือกทุเรียนเป็นส่วนผสมได้รับการยอมรับสูงที่สุด ในด้าน กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ซึ่งไม่แตกต่างจากการใช้เพกทินทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่แยมระกำที่ใช้เพกทินจากเปลือกทุเรียนนั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับการใช้เพกทินทางการค้า แสดงให้เห็นว่าเปลือกทุเรียนสามารถนำมาผลิตเพกทินได้ เป็นการใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเพิ่มมูลค่าให้แก่สละและระกำที่มีราคาตกต่ำโดยนำมาทำแยมและใช้เพกทินจากเปลือกทุเรียนเป็นส่วนผสม

คำสำคัญ : เปลือกทุเรียน เพกทิน แยม สละ ระกำ

Abstract

In this research, pectin was extracted from Monthong durian (*Durio zibethinus* Murray) husks with hydrochloric acid and used to produce jams from low prices of salak (*Salacca zalacca*) and salacca (*Salacca wallichiana* Mart) in Chanthaburi Province. The extracted pectin was analyzed for percentage yield and chemical compositions compared with commercial pectin. It was found that the percentage yield was 8.83, the moisture content was 10.29%, and ash content was 15.37% which was higher than commercial pectin. The galacturonic acid was 46.11% and the methoxyl was 13.39% which was lower than commercial pectin. Then, the extracted pectin was used as ingredient in the production of jams. All produced jams were sensory

evaluation. The results indicated that salak jam with extracted pectin received the highest scores in odor, flavor, texture, and overall acceptance with no statistically significant (p>0.05) to commercial pectin. Whereas, salacca jam with extracted pectin showed the statistically significant difference (p<0.05) in commercial pectin. From these results, durian husks could be used to produce pectin with the best use of agricultural waste materials and add value to the low price salak and salacca by making jams and using pectin from durian husks as an ingredient.

Keywords: Durian husks; Pectin; Jam; Salak; Salacca

1. บทนำ

เพกทิน (Pectin) เป็นพอลิเมอร์ที่พืชสร้างขึ้นซึ่งเป็นสารกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) เช่นเดียวกับแป้ง และเซลลูโลส ประกอบ ด้วยกรดกาแลคทูโรนิก (Galacturonic acid) เป็นหลัก ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1,4 ไกลโคซิดิก (**α**-1,4 glycosidic) พบได้ทั่วไปในผนังเซลล์ของพืช ปัจจุบันประเทศไทยต้องนำเข้าเพกทินจากต่างประเทศ เพื่อใช้เป็นสารทำให้เกิดเจล (Gelling agent) ทำให้เกิดความหนืด (Thickener) ทำให้เกิดความคงตัว (Stabilizer) ใช้เป็นสารก่อเกิดอิมัลชัน (Emulsifier) เป็นตัวเชื่อมประสาน (Adhesives) ป้องกันการกัดกร่อน (Corrosion inhibitor) และพลาสติกไซเซอร์ (Plasticizers) ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา เครื่องสำอาง ใช้ในการผลิตอาหารประเภทเจล แยม เจลลี่ และอาหารเสริมประเภทต่าง ๆ รวมถึงผลิตแผ่นฟิล์มที่กินได้และย่อยสลายได้ (Edible and biodegradable film) [1]-[3] ตามข้อกำหนดของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (Food and Drugs Administration: FDA) ระบุว่าเพกทินต้องประกอบด้วยปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกอย่างน้อยร้อยละ 65 [4] โดยประเทศไทยมีการนำเข้าเพกทินปริมาณเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ในปี พ.ศ. 2563 ประเทศไทยนำเข้าเพกทิน 1,914,608 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 735,889,922 บาท [5] ซึ่งเพกทินที่นำเข้ามานั่นมีราคาค่อนข้างแพงและไม่แบ่งขายในปริมาณน้อย ๆ โดยเพกทินทางการค้าส่วนใหญ่นั้นจะผลิตจากผลไม้ตระกูลส้มและกากของแอปเปิ้ล เพื่อให้สามารถผลิตเพกทินใช้เองได้ในประเทศ และลดต้นทุนในการผลิต จึงมีการศึกษาการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ เปลือกผลมะพร้าว เปลือกทุเรียน เปลือกผลไม้ตระกูลส้ม กากแครอท เป็นต้น [6]-[9]

ทุเรียน(*Durio zibethinus* Murray) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งจังหวัดที่ผลิตทุเรียนได้มากที่สุด คือ จังหวัดจันทบุรี สามารถผลิตได้ 339,292 ตัน คิดเป็นร้อยละ 36 ของผลผลิตทั้งหมด [10] มีปริมาณการบริโภคสูงทั้งในรูปของผลสดและแปรรูป เช่น ทำเป็นทุเรียนทอดกรอบและทุเรียนกวนทำให้มีเปลือกทุเรียนถูกทิ้งเป็นขยะจำนวนมาก เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม จึงมีการนำเปลือกทุเรียนมาทำเป็นปุ๋ยพืชสดและถ่าน เซลลูโลสจากเปลือกทุเรียนมาเป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส หรือ ซีเอ็มซี (Carboxymethyl cellulose, CMC) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ นอกจากนี้ยังมีบทบาทมากในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมซักฟอก สิ่งทอ กระดาษ สี กาว อาหารและยา นอกจากนั้นยังใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด สารยึดเกาะ (Binder) สารคงสภาพ [11] และนำมาสกัดเพกทิน เพื่อใช้ในการเคลือบเม็ดปุ๋ยเพื่อให้เป็นปุ๋ยละลายช้า ช่วยลดการสูญเปล่าในการใช้ปุ๋ย [12] รวมถึงใช้เป็นส่วนผสมในแยมและเยลลี [7]

แยม คือ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากผลไม้ เป็นผลิตภัณฑ์กลุ่ม semi-soft spread มีลักษณะเป็นวุ้นหรือเป็นเจล มีของแข็งที่ละลายน้ำในผลิตภัณฑ์สูงกว่าร้อยละ 65 เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นกรดสูง [13] การเกิดเจลของแยมเกิดจากกรด น้ำตาล และเพกทิน ผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสม ตามมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุขแยมควรมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 2.8-3.5 และไม่มีจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค [14]

สละ (*Salacca zalacca*) และระกำ (*Salacca wallichiana* Mart) มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย พบมากในจีน ไทย พม่า และมาเลเซีย นิยมรับประทานสด เนื่องจากเนื้อนุ่ม รสหวานออกเปรี้ยวเล็กน้อย และมีกลิ่นหอม ให้ผลผลิตต่อเนื่องตลอดทั้งปี สละที่มีราคาตกต่ำในจังหวัดจันทบุรีมีสาเหตุมาจากผลของสละ เนื้อสละจะเป็นสีน้ำตาลค่อนข้างช้าในช่วงเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม ซึ่งเป็นฤดูฝนตกชุก ทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของตลาดผู้บริโภค จึงมีผู้ผลิตบางรายนำสละเนินวงที่มีราคาตกต่ำ (กิโลกรัมละ 20 บาท [15]) มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สละลอยแก้ว โดยใช้สละเนินวงผสมกับสละสุมาลีเพื่อลดต้นทุนในการขายให้ต่ำลง ส่วนระกำมีลักษณะผลคล้ายสละมาก แต่ผลอ้วนป้อมกว่า และเมื่อสุกเปลือกจะเป็นสีแดงเข้มกว่าสละ เป็นผลไม้ที่นิยมนำผลมารับประทาน มีรสหวานอมเปรี้ยว สามารถรับประทานสดหรือนำมาปรุงรสให้มีความเค็มก่อนรับประทาน เนื่องจาก

ระกำในจังหวัดจันทบุรีเป็นระกำที่มีรสเปรี้ยว จึงไม่เป็นที่นิยมรับประทานสด ทำให้มีราคาตกต่ำลง (กิโลกรัมละ 5-10 บาท [16]) จึงนิยมที่จะนำมาแปรรูปมากกว่า เช่น ระกำแก้วของบ้านเสม็ดโพธิ์ศรี ตำบลโขมง จังหวัดจันทบุรี เป็นต้น

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจนำเปลือกทุเรียน ซึ่งเป็นวัสดุทางการเกษตรที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรมการผลิตทุเรียนทอดในจังหวัดจันทบุรีมาสกัดเป็นเพกทิน เพื่อนำไปผลิตแยมสละ และระกำที่มีราคาตกต่ำในจังหวัดจันทบุรี ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดปริมาณของเสียทางการเกษตรแล้วยังอาจทำให้ได้เพกทินในราคาที่ถูกกว่าเพกทินที่มีการจำหน่ายในท้องตลาด สามารถผลิตใช้ได้เอง และยังเป็นการลดการใช้สารเคมีในภาคอุตสาหกรรมการผลิตอาหารได้ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตรที่มีราคาตกต่ำได้อีกด้วย

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 วัสดุ

นำเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง จากตลาดขายผลไม้เนินสูง ตำบลเขาวัว อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี สละและระกำจากบ้านเลขที่ 13 หมู่ 1 ตำบล วังสรรพรส อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี เพื่อใช้สำหรับเตรียมวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างเปลือกทุเรียนในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม-สิงหาคม)

2.2 การเตรียมวัตถุดิบ

ดัดแปลงจากวิธีการของ Unhasirikul, Narkrugsa & Naranong (2013) [17] นำส่วนในของเปลือกทุเรียนมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ ประมาณ 1-2 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักสด นำไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส อบให้แห้งจนน้ำหนักคงที่ บดเป็นผงร่อนผ่านตะแกรงร่อนแป้งขนาด 60 ช่องต่อนิ้ว จะได้ผงเปลือกทุเรียน บรรจุในถุงพลาสติกแบบซิปล็อค และเก็บไว้ในโถดูดความชื้นที่มีซิลิกาเจล เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

2.3 การสกัดเพกทิน

ดัดแปลงจากวิธีการของ Ratchumpol & Rattanapittayaporn (2005) [18] นำผงเปลือกทุเรียนปริมาณ 12.5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นปริมาตร 350 มิลลิลิตร แล้วปรับค่าพีเอชเท่ากับ 3.0 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ นำไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง กรองด้วยผ้าขาวบางและนำส่วนใสมาตกตะกอน โดยเติมเอทานอลร้อยละ 80 ในอัตราส่วนใส:เอทานอล เท่ากับ 1:2 ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วจึงแยกตะกอนเพกทินโดยการปั่นเหวี่ยงความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นล้างตะกอนเพกทินด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 จำนวน 3 ครั้ง นำเพกทินที่สกัดได้มาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ นำไปชั่งน้ำหนักจากนั้นบดเป็นผงแล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนักหลังบดอีกครั้งเพื่อคำนวณหาผลผลิตร้อยละตามสมการที่ 1 และเก็บในโถดูดความชื้นเพื่อนำไปศึกษาขั้นตอนต่อไป

$$\text{ผลผลิตร้อยละ} = (A/B) \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ A = น้ำหนักเพกทินที่สกัดได้

B = น้ำหนักเปลือกทุเรียนที่ใช้ในการสกัด

2.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเพกทินจากเปลือกทุเรียน

2.4.1 การหาปริมาณความชื้นและเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2000) [19]

2.4.2 การหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก ดัดแปลงจากวิธีการของ Dedduang (2010) [20] โดยชั่งน้ำหนักเพกทินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนปริมาณ 0.1 กรัม ผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้เพกทินละลายเป็นเวลา 30 นาที นำสารละลายที่ได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นโดยปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายเจือจางมา 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายคาร์บาซอล ความเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ตามด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 12 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 25 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร แล้วนำไปหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกโดยเทียบจากกราฟกรดกาแลคทูโรนิกมาตรฐาน

2.4.3 การหาปริมาณเมทอกซิล ดัดแปลงวิธีการของ Singthong et al. (2004) [21] ชั่งน้ำหนักเพกทินที่สกัดจากเปลือกทุเรียนปริมาณ 0.075 กรัม เติมเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 6 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ให้ความร้อนพร้อมคนให้ละลายเข้ากัน แล้วนำมา 100 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.025 โมลาร์ บันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นปริมาตรที่ 1 จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.025 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าแรงๆ ทิ้งไว้ 15 นาที เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.025 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าจนสีชมพูหายไป เติมฟีนอล์ฟ

ทาลีนอีก 2 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.025 โมลาร์ จนสีชมพูเริ่มปรากฏ แล้วบันทึกสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 2 คำนวณหาระดับการเกิดเอสเทอร์และคำนวณหาปริมาณเมทอกซิลโดยดูจากตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชันกับปริมาณเมทอกซิล คำนวณหาระดับการเกิดเอสเทอร์จากสมการที่ 2

ระดับการเกิดเอสเทอร์ริฟิเคชัน = [B/(A+B)] x 100 (2)

โดยที่ A = สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตรที่ 1
B = สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตรที่ 2

2.5 การผลิตแยมสละและระกำ

ดัดแปลงจากวิธีการของ Kyung (2015) [20] โดยสละและระกำที่นำมาใช้ในการศึกษาจะทำการเก็บในในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม-สิงหาคม)

2.5.1 แยมสละ

วัตถุดิบในการผลิตแยมสละประกอบด้วย ผลสละ 350 กรัม น้ำตาลทรายขาว 250 กรัม เพกทินจากเปลือกทุเรียนหรือเพกทินทางการค้า 2 กรัม และน้ำสะอาดปริมาตร 500 มิลลิลิตร ทำการคว้านผลสละเพื่อนำเมล็ดออก หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ประมาณ 1 เซนติเมตร นำไปแช่น้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 3 ประมาณ 5 นาที (เพื่อลดความเปรี้ยวของสละลง) แบ่งเป็น 100 และ 250 กรัม โดยนำส่วน 250 กรัม ไปปั่นพอละเอียด เติมน้ำตาลทรายขาว และน้ำสะอาดใส่ลงในหม้อ ตั้งไฟอ่อนๆ นำเนื้อสละทั้งสองส่วนมาต้มจนเนื้อสละนิ่ม เคี่ยวต่อจนกระทั่งเนื้อข้นเหนียว เติมเพกทินจากเปลือกทุเรียน (สูตร A) หรือเพกทินทางการค้า (สูตร B)และกวนให้เข้ากัน ยกลงจากเตาแล้วบรรจุใส่ภาชนะที่มีฝาปิดผ่านการฆ่าเชื้อ ปิดฝาให้สนิท แล้วนำไปแช่น้ำเย็น เช็ดขวดให้แห้ง แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

2.5.2 แยมระกำ

วัตถุดิบในการผลิตแยมระกำประกอบด้วยผลระกำ 350 กรัม น้ำตาลทรายขาว 250 กรัม เพกทินจากเปลือกทุเรียนหรือเพกทินทางการค้า 2 กรัม และน้ำสะอาดปริมาตร 500 มิลลิลิตร ทำการคว้านผลระกำเพื่อนำเมล็ดออก หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ประมาณ 1 เซนติเมตร นำไปแช่น้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 3 ประมาณ 20 นาที (เพื่อลดความเปรี้ยวของระกำลง) แบ่งเป็น 100 และ 250 กรัม โดยนำส่วน 250 กรัม ไปปั่นพอละเอียด เติมน้ำตาลทรายขาว และน้ำสะอาดใส่ลงในหม้อ ตั้งไฟอ่อนๆ นำเนื้อระกำทั้งสองส่วนมาต้มจนเนื้อระกำนิ่ม เคี่ยวต่อจนกระทั่งเนื้อข้นเหนียว เติมเพกทินจากเปลือกทุเรียน (สูตร C) หรือเพกทินทางการค้า (สูตร D) และกวนให้เข้ากัน ยกลงจากเตาแล้วบรรจุใส่ภาชนะที่มีฝาปิดผ่านการฆ่าเชื้อ ปิดฝาให้สนิท แล้วนำไปแช่น้ำเย็น เช็ดขวดให้แห้ง แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

2.6 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางจุลินทรีย์และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แยมสละและระกำ

2.6.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

นำตัวอย่างจำนวน 30 กรัม วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter (รุ่น S20-K, Mettler-Toledo, Switzerland)

2.6.2 ค่าสี

วัดสีของแยมสละและแยมระกำตามระบบ CIE (L*, a*, b*) วัดค่าความสว่าง (L* -value) ค่าเป็นสีแดง-เขียว (a*-value) ค่าเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*-value) และค่าความแตกต่างสีโดยรวม (E) เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมด้วยเครื่องวัดสี (รุ่น WAV-006, FRU, China)

2.6.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แยมสละและระกำ

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ชิมซึ่งเป็นบุคคลทั่วไปที่ไม่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 55 คน โดยการให้คะแนนความชอบแบบ 5 Point Hedonic Scale มีการให้คะแนนต่ำสุด คือ 1 คะแนน และคะแนนสูงสุด คือ 5 คะแนน โดยพิจารณาในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด ได้แก่ แยมสละและระกำที่ใช้เพกทินจากเปลือกทุเรียนเป็นส่วนผสมเปรียบเทียบกับแยมสละและระกำที่ใช้เพกทินทางการค้าเป็นส่วนผสม โดยมีการให้คะแนนดังนี้ คือ 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมาก 2 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบ 3 คะแนน หมายถึง ชอบปานกลาง 4 คะแนน หมายถึง ชอบ และ 5 คะแนน หมายถึง ชอบมาก

2.6.4 การตรวจคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

โดยนำผลิตภัณฑ์แยมสละและระกำที่ผลิตได้มาเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม (Coliform bacteria), *Escherichia coli* ปริมาณยีสต์และรา ทั้งหมด ทุก ๆ 1 เดือน เป็นเวลา 6 เดือน

2.7 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

เปรียบเทียบความแตกต่างองค์ประกอบทางเคมีของเพกทินที่สกัดได้กับเพกทินทางการค้า โดยวิธี Independent student *t*-test สำหรับการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized

Design (CRD) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของผลการทดลอง โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS (Trial Version) ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

3.1 ผลผลิตร้อยละจากการสกัดเพกทินจากเปลือกทุเรียนสายพันธุ์หมอนทอง

เมื่อนำเปลือกทุเรียนสายพันธุ์หมอนทองมาสกัดด้วยกรดไฮโดคลอริก พบว่าสามารถสกัดเพกทินได้ 36.43 กรัม คิดเป็นร้อยละ 8.83 และเพกทินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนมีสีน้ำตาล ซึ่งมีสีเข้มกว่าสีของเพกทินทางการค้า (จากบริษัท ชายน์ติฟิค เคมีคอล ซัพ) (Figure 1) ซึ่งผลผลิตร้อยละของเพกทินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Suwannarat, Sawasdikarn & Suwannarat (2019) [7] ที่สกัดเพกทินจากเปลือกทุเรียนได้ร้อยละ 8.98±0.98 และมีค่าสูงกว่าการสกัดเพกทินจากเปลือกมะพร้าว (ร้อยละ 1.85) [6] เปลือกกล้วย (ร้อยละ 3.27±0.19) แต่น้อยกว่าเพกทินที่สกัดจากเปลือกทุเรียนของ Hasem et al. (2018) [23] (ร้อยละ 73.67) และเปลือกทุเรียนผสมเปลือกมะพร้าว (ร้อยละ 9.10) [11] รวมถึงเปลือกมะนาว (ร้อยละ 16.36±1.43) [24] ทั้งนี้ปริมาณของเพกทินที่สกัดได้มีความแตกต่างกันนั้น เป็นผลเนื่องมาจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น วิธีการในการสกัด ระยะเวลา และวัตถุดิบที่ใช้

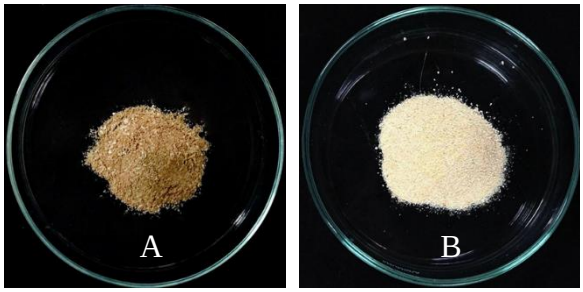

Figure 1 (A) Extracted pectin from durian husks; (B) Commercial pectin

3.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเพกทินที่สกัดจากเปลือกทุเรียนสายพันธุ์หมอนทองเปรียบเทียบกับเพกทินทางการค้า

เปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดจากเปลือกทุเรียนกับเพกทินทางการค้าตามข้อกำหนดของ The Joint/ WHO Expert Committee on Food Additive (JECFA)

3.2.1 ปริมาณความชื้นและเถ้า

เพกทินจากเปลือกทุเรียนสายพันธุ์หมอนทองมีปริมาณความชื้นสูงกว่าเพกทินทางการค้าซึ่งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 10.29±0.35 และ 9.56±0.02 ตามลำดับ ซึ่งเพกทินที่สกัดจากเปลือกทุเรียน มีปริมาณความชื้นแตกต่างจากเพกทินทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ปริมาณความชื้นของเพกทินที่สกัดได้มีค่าน้อยกว่าเพกทินที่สกัดจากเปลือกทุเรียนของ Suwannarat, Sawasdikarn & Suwannarat (2019) [7] ที่มีความชื้น ร้อยละ 18.23±0.86 แต่สูงกว่าเพกทินที่สกัดได้จากกระเจี๊ยบเขียว (ร้อยละ 7.86±0.02) [25] เช่นเดียวกับปริมาณเถ้า เพกทินจากเปลือกทุเรียนมีปริมาณเถ้าสูงกว่า เพกทินทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งมีปริมาณเถ้าร้อยละ 15.37±0.26 และ 8.38±0.31 ตามลำดับ โดยเพกทินที่สกัดจากเปลือกทุเรียน มีปริมาณเถ้ามากกว่าเพกทินมาตรฐาน ซึ่งกำหนดไว้ว่าเพกทินที่ดี ควรมีปริมาณเถ้า ไม่เกินร้อยละ 2.00 หากมีปริมาณเถ้าสูง บ่งบอกถึงการมีแร่ธาตุจำนวนมากปนอยู่ระหว่างกระบวนการตกตะกอนเพกทิน ทำให้เพกทินที่ได้มีความบริสุทธิ์ลดลง [26] (Table 1)

3.2.2 ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก

ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในโครงสร้างของเพกทิน เป็นค่าบ่งบอกถึงความบริสุทธิ์ของเพกทิน เพกทินจากเปลือกทุเรียนมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกร้อยละ 46.11±5.39 ซึ่งต่ำกว่าเพกทินทางการค้า (ร้อยละ 48.78±12.85) และเพกตินมาตรฐาน (มากกว่าร้อยละ 65) แต่ปริมาณเพกทินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) กับเพกทินทางการค้า (Table 1) แสดงให้เห็นว่าเพกทินที่สกัดจากเปลือกทุเรียนมีความบริสุทธิ์ใกล้เคียงกับเพกทินทางการค้า และมีค่าสูงกว่าเพกทินที่สกัดได้จากกระเจี๊ยบเขียว (ร้อยละ 17.48±3.88) [25]

3.2.3 ปริมาณเมทอกซิล

ปริมาณเมทอกซิลในเพกทินจากเปลือกทุเรียนมีค่าร้อยละ 13.39±0.65 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเพกทินทางการค้า (ร้อยละ 14.58±0.09) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และเพกตินจากเปลือกทุเรียนมีปริมาณเมทอกซิลอยู่ในช่วงมาตรฐาน (สูงกว่าร้อยละ 2.5) (Table 1) จากผลการทดลองที่ได้ปริมาณเมทอกซิลของเพกทินจากเปลือกทุเรียนมีค่าสูงกว่าร้อยละ 7 [27] จัดเป็นกลุ่มไฮเมทอกซิลเพกทิน ซึ่งปริมาณเมทอกซิลนั้นเป็นตัวบ่งบอกระยะเวลาในการเกิดเจลของเพกทิน โดยเพกทินจากเปลือกทุเรียนมีปริมาณเมทอกซิลต่ำกว่าเพกทินทางการค้า ซึ่งจะทำให้เจลจับตัวช้ากว่าเพกทินทางการค้า ค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ริฟิเคชัน

ของเพกทินจากเปลือกทุเรียนและเพกทินทางการค้ามีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับ 82.66 และ 89.83 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ratchumpol & Rattanapittayaporn (2005) [18] ที่ทำการสกัดและศึกษาคุณสมบัติของเพกทินจากเปลือกทุเรียนจัดว่าเป็นเพกทินชนิดที่มีการแข็งตัวเร็ว ซึ่งเหมาะสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น การทำแยมผลไม้

Table 1 Chemical properties comparison of extracted pectin and commercial pectin

Chemical properties	Extracted pectin	Commercial pectin	Standard pectin
Moisture (%)	10.29 ±0.35*	9.56 ± 0.02	-
Ash (%)	15.37 ± 0.26*	8.41 ± 0.34	2.0
Galacturonic acid (%)	46.11 ± 5.40^{ns}	48.78 ± 12.85^{ns}	>65
Methoxyl (%)	13.39 ± 0.65	14.58 ± 0.09*	>2.5

Data were analyzed using student's *t*-test. ns = non-significant differences (p>0.05)

*superscripts letter with in the same row are significantly different (p<0.05). Each value in table is represented as mean ± SD

3.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางจุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แยมสละและแยมระกำ

3.3.1 ผลของค่าความเป็นกรด-ด่างของแยมสละและแยมระกำ

ค่าความเป็นกรด-ด่างของแยมสละและแยมระกำที่ผลิตได้มีค่าเท่ากับ 3.4 และ 2.9 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้สอดคล้องกับมาตรฐานของแยมตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุขที่แยมต้องมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ในช่วง 2.8-3.5

3.3.2 ผลการผลิตแยมสละและระกำโดยใช้เพกทินจากเปลือกทุเรียนเป็นส่วนผสมเปรียบเทียบกับเพกทินทางการค้า

จากการศึกษาลักษณะปรากฏของแยมทั้ง 4 สูตร ได้แก่ แยมสละที่ใช้เพกทินจากเปลือกทุเรียน (สูตร A) แยมสละที่ใช้เพกทินจากทางการค้า (สูตร B) แยมระกำที่ใช้เพกทินจากเปลือกทุเรียน (สูตร C) และแยมระกำที่ใช้เพกทินทางการค้า (สูตร D) ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการแผ่บนขนมปัง พบว่าชนิดของผลไม้มีผลต่อลักษณะปรากฏที่แตกต่างกันในแยมแต่ละสูตร ด้านสี พบว่าค่าสีของแยมสละที่ใช้เพคตินจากเปลือกทุเรียนเป็นสารทำให้เกิดเจล มีค่า L* = 100, a* = 10.34, b* = 27.14, ΔL* = 0.00, Δa* = 1.02, Δb* = -2.24 และ ΔE* = 2.46 แสดงว่ามีแนวโน้มค่าสีแดงและน้ำเงินเพิ่มขึ้น ค่าสีเขียวและสีเหลืองลดลง แตกต่างจากแยมสละที่ใช้เพคตินที่จำหน่ายทางการค้าเป็นสารทำให้เกิดเจล จากการวัดค่าสีของแยมระกำที่ใช้เพคทินจากเปลือกทุเรียนเป็นสารทำให้เกิดเจลพบว่ามีค่า L* = 100, a* = 24.70, b* = 22.19, L* = 0.00, Δa* = -1.18, Δb* = 1.45 และ ΔE* = 1.87 แสดงว่ามีแนวโน้มค่าสีเขียวและเหลืองเพิ่มขึ้น ค่าสีแดงและน้ำเงินลดลง ไม่แตกต่างจากแยมระกำที่ใช้เพคตินที่จำหน่ายทางการค้าเป็นสารทำให้เกิดเจล สีของแยมสละทั้ง 2 สูตร มีความแตกต่างจากสีของแยมระกำทั้ง 2 สูตร โดยสีของแยมสละมีสีแดงอมน้ำตาล และสีของแยมระกำมีสีส้มอมน้ำตาล เนื่องจากสีของเนื้อสละที่นำมาผลิตแยมมีสีน้ำตาลอ่อน ส่วนเนื้อของระกำนั้นมีสีเหลืองอมส้ม จึงส่งผลให้สีของแยมมีลักษณะที่แตกต่างกัน (Figure 2) ด้านกลิ่น พบว่าแยมสละทั้งสองสูตร มีกลิ่นหอมอ่อน ๆ ของสละ และแยมระกำทั้ง 2 สูตร มีกลิ่นเปรี้ยวของระกำ เนื่องจากสละมีกลิ่นหอมหวานเฉพาะตัวอยู่แล้ว ส่วนกลิ่นของระกำมีกลิ่นเปรี้ยวเฉพาะตัวของระกำ จึงทำให้แยมสละและแยมระกำมีกลิ่นที่แตกต่างกันตามลักษณะของผลไม้ที่นำมาทำแยม ด้านรสชาติ พบว่าแยมสละทั้ง 2 สูตร มีรสหวาน และแยมระกำทั้ง 2 สูตร มีรสเปรี้ยวอมหวาน เนื่องจากสละที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแยมมีรสหวาน ส่วนระกำที่นำมาผลิตแยมนั้นมีรสเปรี้ยวจัด แต่เมื่อผ่านกระบวนการผลิตแยมแล้วทำให้แยมระกำมีรสเปรี้ยวอมหวาน ด้านเนื้อสัมผัส พบว่าแยมสละทั้ง 2 สูตร มีลักษณะค่อนข้างเหลว มีเนื้อสละที่เป็นชิ้นเล็ก ๆ เนื่องจากเนื้อสละที่นำมาผลิตแยมค่อนข้างฉ่ำน้ำจึงทำให้แยมสละที่ได้มีลักษณะค่อนข้างเหลว และแยมระกำทั้ง 2 สูตร มีลักษณะข้นกว่าแยมสละเล็กน้อย เนื่องจากระกำมีเนื้อน้อย แข็ง และไม่ฉ่ำน้ำ และด้านการแผ่บนขนมปัง พบว่า แยมสละและแยมระกำทั้ง 4 สูตร เมื่อทาบนขนมปังแล้วสามารถเกลี่ยได้ทั่วขนมปัง ไม่จับตัวกันจนเป็นก้อนจนเกินไป (Table 2)

Figure 2 Characteristics of (A) salak jam with extracted pectin; (B) salak jam with commercial pectin; (C) salacca jam with extracted pectin; (D) salacca jam with commercial pectin

แตกต่างจากแยมสละสูตร B อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แต่มีความแตกต่างจากแยมระกำสูตร C และแยมระกำสูตร D อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ด้านกลิ่น แยมสละทั้ง 2 สูตร ได้รับการยอมรับสูงที่สุด เท่ากับ 4.20 รองลงมาคือแยมระกำสูตร C และแยมระกำสูตร D ตามลำดับ ซึ่งแยมสละสูตร A ไม่มีความแตกต่างจากแยมสละสูตร B อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แต่มีความแตกต่างจากแยมระกำสูตร C และแยมระกำสูตร D อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ด้านรสชาติ แยมสละสูตร A ได้รับการยอมรับสูงที่สุด เท่ากับ 4.70 รองลงมาคือ แยมสละสูตร B แยมระกำสูตร C และแยมระกำสูตร D ตามลำดับ ซึ่งแยมสละสูตร A ไม่มีความแตกต่างจากแยมสละสูตร B อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แต่มีความแตกต่างจากแยมระกำสูตร C และแยมระกำสูตร D อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ด้านเนื้อสัมผัส แยมสละสูตร A ได้รับการยอมรับสูงที่สุด เท่ากับ 4.42 รองลงมาคือ แยมสละสูตร B แยมระกำสูตร C และแยมระกำสูตร D ตามลำดับ ซึ่งแยมสละสูตร A ไม่แตกต่างจากแยมสละสูตร B อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แต่มีความแตกต่างจากแยมระกำสูตร C และแยมระกำสูตร D อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ด้านความชอบโดยรวม แยมสละสูตร A ได้รับการยอมรับสูงที่สุด

Table 2 Characteristics of different salak and salacca jams

Characteristics	A	B	C	D
Color	Brownish red	Brownish red	Orange brown	Orange brown
Odor	Salak smell	Salak smell	Salacca smell	Salacca smell
flavor	Sweet	Sweet	Sweet sour taste	Sweet sour taste
Texture	fluid	fluid	Sticky thickness	Sticky thickness
Spreading on bread	No clumping	No clumping	No clumping	No clumping

when A is salak jam with extracted pectin; B is salak jam with commercial pectin; C is salacca jam with extracted pectin and D is salacca jam with commercial pectin

3.3.3 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแยมสละและแยมระกำ

จากการนำแยมทั้ง 4 สูตร ที่ผลิตได้ มาทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยให้คะแนนความชอบแบบ 5 point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 55 คน ในการทดสอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่า ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แยมสละทั้ง 2 สูตร ได้รับการยอมรับสูงที่สุด โดยด้านสี แยมสละสูตร 2 ได้รับการยอมรับสูงที่สุด เท่ากับ 4.58 รองลงมาคือ แยมสละสูตร A แยมระกำสูตร C และแยมระกำสูตร D ตามลำดับ ซึ่งแยมสละสูตร A ไม่มีความ

เท่ากับ 4.70 รองลงมาคือ แยมสละสูตร B แยมระกำสูตร C และแยมระกำสูตร D ตามลำดับ ซึ่งแยมสละสูตร A ไม่แตกต่างจากแยมสละสูตร B อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แต่มีความแตกต่างจากแยมระกำสูตร C และแยมระกำสูตร D อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (Table 3)

Table 3 Sensory evaluation of different salak and salacca jams

Characteristics	A	B	C	D
Color	4.47± 0.66[a]	4.58± 0.57[a]	3.85± 0.76[b]	3.73± 0.80[b]
Odor	4.20± 0.87[a]	4.20± 0.80[a]	3.56± 0.83[b]	3.55± 0.60[b]
Flavor	4.70± 0.60[a]	4.56± 0.60[a]	3.20± 0.80[b]	2.84± 0.81[c]
Texture	4.42± 0.66[a]	4.22± 0.69[a]	3.78± 0.79[b]	3.58± 0.85[b]
Overall acceptance	4.70± 0.50[a]	4.56± 0.60[a]	3.42± 0.83[b]	3.25± 0.97[b]

Values in the same row followed by a different latter (a-c) are significantly different ($p<0.05$). Each value in table is represented as mean±SD

when A is salak jam with extracted pectin; B is salak jam with commercial pectin; C is salacca jam with extracted pectin and D is salacca jam with commercial pectin

3.3.4 ผลการตรวจคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของแยมสละและแยมระกำ พบว่า แยมทั้ง 4 สูตร มีจำนวนจุลินทรีย์เกิดขึ้นน้อยกว่า 10 cfu/g และไม่พบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์ม *E. coli* ยีสต์ และรา ตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งตรงตามมาตรฐานของแยมตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุขที่ห้ามตรวจพบจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค

4. บทสรุป

การศึกษาการสกัดเพกทินจากเปลือกทุเรียนสายพันธุ์หมอนทองโดยใช้กรดไฮโดรคลอริก พบว่าได้ผลผลิตร้อยละ 8.83 มีค่าความชื้น ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิค และปริมาณเมทอกซิลที่ใกล้เคียงกับเพกทินทางการค้า แต่มีปริมาณเถ้าสูงกว่าเพกทินทางการค้า มีปริมาณเมทอกซิลอยู่ในช่วงของเพกตินมาตราฐานตามข้อกำหนดของ JECFA และเมื่อนำเพกทินที่สกัดได้มาใช้เป็นส่วนผสมในแยมสละและแยมระกำทำให้แยมทั้งสองชนิดมีลักษณะที่ดี มีคุณภาพตรงตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคเช่นเดียวกับการใช้เพกทินทางการค้าเป็นส่วนผสม แสดงให้เห็นว่าเพกทินที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียนมีคุณสมบัติที่ดีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง เป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์และช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับสละและระกำที่มีราคาตกต่ำโดยนำมาทำแยมและใช้เพกทินจากเปลือกทุเรียนเป็นส่วนผสม

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ผู้สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการปฏิบัติการวิจัยครั้งนี้

6. References

[1] Guo, X. and et al. 2014. Emulsion stabilizing properties of pectins extracted by high hydrostatic pressure, high- speed shearing homogenization and traditional thermal methods: a comparative study. **Food Hydrocolloids.** 35: 217-225.

[2] Grassino, A.N. and et al. 2016. Utilization of tomato peel waste from cannin factory as a potential source for pectin production and application as tin corrosion inhibition. **Food Hydrocolloids.** 52: 265-274.

[3] Espitia, P.J.P. and et al. 2014. Edible films from pectin: physical- mechanical and antimicrobial properties- a review. **Food Hydrocolloids.** 35: 287-296.

[4] Notification of the Ministry of Public Health. **Jam.** http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P213.pdf. Accessed 28 March 2021 *(in Thai)*

[5] Thai Customs. **Information service for importers and exporters.** http://www.customs.go.th/statistic_report.php?tab=by_tariff_ classification. Accessed 13 January 2021. *(in Thai)*

[6] Baothong, E. 2019. Optimization for pectin extracting procession from coconut coir (*Cocosnuclifera Linn*.) In: **Proceedings of the 6th National Conference Nakhonratchasima College,** 30 March 2019. Nakohonratchasima, Thailand. *(in Thai)*

[7] Suwannarat, Y., Sawasdikarn, J. and Suwannarat, R. 2019. Extraction and application of pectin from durian rind. **Rajabhat Rambhai Barni Research Journal.** 13(2): 25-37. *(in Thai)*

[8] Colodel, C. and et al. 2018. Extraction of pectin from ponkan (*Citrus reticulate* Blanco *cv. Ponkan*) peel: optimization and structural characterization. **International Journal of Biological Macromolecules.** 117: 385-391.

[9] Jafari, F., Khodaiyan, F., Kiani, H. and Hosseini, S. S. 2016. Pectin from carrot pomace: optimization of extraction and physicochemical properties. **Carbohydrate Polymers.** 157: 1315-1322.

[10] Office of Agricultural Economics**. Durian king of Thai fruit like foreigners.** http: / / www. tpso. moc.go.th/sites/default/files/thueriiyn_240863. pdf. Accessed 13 January 2021. *(in Thai)*

[11] Putri, R.D.A. and Kurniyati, Z. 2016. Effect of sodium chloroacetate towards the synthesis of CMC (carboxymethyl cellulose) from durian (*Durio zibethinus*) peel cellulose**. International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering.** 3(3): 28-32.

[12] Baothong, E. 2018. Utilization of durian rind and coconut husk for pectin extraction. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning.** 9(2): 200-210. *(in Thai)*

[13] Lenanurak, S. 1992. **Fruit and vegetables processing.** Chiang mai: Chiang mai University Press. *(in Thai)*

[14] JECFA. Pectin. http://www.fao.org/fileadmin/ user_upload/jecfa_additives/docs/monograph7/additive-306-m7.pdf. Accessed 28 March 2021 *(in Thai)*

[15] Gaje, D. 2018. **Kasettumkin.** https:// kasettumkin. com/ plant/ article_16232. Accessed 25 March 2021. *(in Thai)*

[16] Jintakanon, K. 2017. **Technology Chaoban.** https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology/article_22468. *(in Thai)*

[17] Unhasirikul, M., Narkrugsa, W. and Naranong, N. 2013. Sugar production from durian (*Durio zibethinus* Murray) peel by acid hydrolysis. **African Journal of Biotechnology.** 12(33): 5244-5251.

[18] Ratchumpol, R. and Rattanapittayaporn, A. 2005. **Extraction and characterization of pectin from Durian husks.** Bangkok: Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University. *(in Thai)*

[19] AOAC. (2000). **Official Method of Analysis.** .Association of Official Analytical Chemistry.

[20] Dedduang, O. 2010. **Comparison of extracted pectin from three kids of guava (*Psidium guajava* L.) to standard pectin. M. Sc. Thesis,** Srinakharinwirot University. *(in Thai).*

[21] Singthong, J. and et al. 2004. Structural characterization, degree of esterification and some gelling properties of Krueo Ma Noy (*Cissampelos pareira*) pectin. **Carbohydrate Polymers.** 58: 391-400.

[22] Kyung, S.K. 2015. **Homemade jam, sweet, juicy and fresh from fruits and vegetables, delicious, easy, organic.** Bangkok: Amarin Printing and Publishing Public Company Limited. *(in Thai).*

[23] Hasem, N.H. and et al. 2018. Extraction and partial characterization of durian rind pectin. In: **Proceeding of the 6th International Conference on Biodiversity,** 11- 13 November 2018. Johor Darul Takzim, Malaysia.

[24] Larptansuphaphol, T., Thongkwan, P. and Songpromtip, S. 2013. Extraction of Pectin from Peels of Vegetables and Fruits**. Agricultural Science Journal**. 44(2)(Suppl.): 433-436. *(in Thai).*

[25] Sukboonyasatit, D., Pornnikom, N. and Natyay, N. 2018. Chemical and physical properties of pectin from okra. **Khon Kaen Agriculture Journal.** 46(1) (Suppl.): 1418-1423.

[26] Wititsiri, S. 2014. The Comparison of pectin quantities from stringy pulp of nanga jackfruit (Juampa Krop) between hot water and high vapor pressure. **Journal of Yala Rajabhat University.** 9(2): 95-112. *(in Thai).*

[27] Steven, N., Philip, E.S. and Mathew, K. 1977. **Citrus Science and Technology.** California: University of California.