

การสกัดเพคตินจากเปลือกแตงโมเพื่อประยุกต์ใช้เป็นสารเคลือบผิวแอปเปิล

Pectin Extraction from Watermelon Rind for Application as a Coating on Apple Skin

ราตรี บุมิ*, ปฐมพงษ์ เทียงเพชร, ขวัญดาว แจ่มแจ่ม, ภาเกล้า ภูมิใหญ่
Ratri Bumee*, Patompong Thiangphet, Kwandaw Jamjang, Paklao Phoomyai
โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
Chemistry program Faculty of Science and Technology Kamphaeng Phet Rajabhat University
*Corresponding author e-mail: ratree_b@kpru.ac.th

(Received: February 28, 2024; Revised: June 2, 2024; Accepted: June 11, 2024)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกแตงโมสายพันธุ์ซอญ่า พลัส เพื่อประยุกต์ใช้เป็นสารเคลือบผิวแอปเปิลสายพันธุ์ฟูจิ โดยมีปัจจัยในการสกัด ได้แก่ ความเข้มข้นของกรดซิตริก 0.025, 0.050, 0.075 และ 0.100 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที และนำเพคตินที่ได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติเคมี และประเมินการเคลือบผิวด้วยเพคตินโดยมีการเคลือบร่วมกับสารเคมีต่างชนิดกันเพื่อรักษาคุณภาพของเนื้อแอปเปิลในระยะเวลาที่ 0, 6 และ 12 วัน ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส พบว่า ความเข้มข้นของกรดซิตริกที่สกัดเพคตินได้มากที่สุด คือ 0.100 โมลาร์ ได้ปริมาณเพคติน เท่ากับ 0.82 กรัม ผลผลิตเท่ากับ 8.17 % เมื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมี พบว่า มีปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก ปริมาณเมธอกซิล และปริมาณดีกรีโอพอสเทอริฟิเคชัน มีค่าเท่ากับ 6.77, 1.76, 53.18, 8.12 และ 54.42 % ตามลำดับ และการเคลือบผิวด้วยเพคตินที่ 2 % ร่วมกับสารเคมีในระยะเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ทำให้การสูญเสียน้ำหนักต่ำสุดที่ 4.15 % และการสูญเสียความแน่นต่ำสุดที่ 7.27 นิวตันต่อมิลลิเมตร

คำสำคัญ: เพคติน เปลือกแตงโม กรดซิตริก สารเคลือบผิว

Abstract

The objective of this research was to study the extraction of pectin from Watermelon rind species Sonya Plus for application as a coating on Apple skin species Fuji. The extraction factors with citric acid concentrations of 0.025, 0.050, 0.075 and 0.100 molar at temperature of 90 °C for 60 minute and the chemical properties of pectin were analyzed and pectin was evaluated. Dipping with various chemicals to Maintain Quality of fresh apple pulp in the period at 0, 6 and 12 days at 8 °C. It was found that, the highest concentration of citric acid at which pectin can be extracted is 0.100 molar yielding 0.82 g of pectin and 8.17 %. The results of chemical properties showed that, the moisture content, the galacturonic acid content, the methoxyl content and the %DE content were 6.77, 1.76, 53.18, 8.21 and 54.42 respectively. Pectin coating 2 % and dipping with chemical in the period at 12 days at 8 °C. This resulted in the lowest weight loss at 4.15 % and the lowest firmness loss at 7.27 N/mm.

Keywords: Pectin, Watermelon rind, Citric acid, Coating

บทนำ

เพคติน (Pectin) คือ สารที่มีโครงสร้างพื้นฐานของผนังเซลล์พืช เกิดจากพอลิเมอร์ของกรดกาแล็กทูโรนิก (D-Galacturonic Acid) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1-4 ไกลโคซิดิก (α -1,4 glycosidic) และมีหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) โดยบางส่วนจะถูกแทนที่ด้วยหมู่เมทิลเอสเทอร์ (-COOCH₃) [1] เพคตินมีสมบัติเชิง

หน้าที่ที่สำคัญหลายประการจึงมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารหลายชนิด เช่น การใช้เป็นสารทำให้เกิดเจลให้ความข้นหนืด เพคตินสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามปริมาณเมทอกซิลที่เป็นองค์ประกอบ [2] เพคตินมีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม อุตสาหกรรมยา และเครื่องสำอางค์เป็นอย่างมาก โดยนำมาใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล สารให้ความข้นหนืด สารให้ความคงตัว สำหรับประเทศไทยยังไม่มี การสกัด เพคตินเพื่อการค้า จึงต้องนำเข้าเพคตินจากต่างประเทศถึงปีละ 335 ล้านบาท [3] เพคตินยังเป็นส่วนประกอบตามธรรมชาติของอาหารที่กินไม่ได้ทุกชนิดและเป็นแหล่งใยอาหารที่สำคัญ เนื่องจากระบบย่อยอาหารคือ ยาล และชาเคอนไซม์ย่อยอาหาร เพคติน มนุษย์จึงไม่สามารถย่อยเพคตินได้โดยตรง แต่จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ สามารถดูดซึมเพคตินได้ง่ายและเปลี่ยนเป็นเส้นใยที่ละลายน้ำได้โอลิโกแซ็กคาไรด์เหล่านี้ส่งเสริมจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในลำไส้และยังช่วยในการเผาผลาญไขมัน และไขมันการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด

การสกัดเพคติน (Pectin extraction) คือ การสกัดด้วยกรดนี้ทำให้เพคตินที่อยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble pectin) ถูกไฮโดรไลซ์เป็นเพคตินในรูปที่ละลายน้ำ (Soluble pectin) การสกัดเพคตินนั้นจะมีปัจจัยต่าง ๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง ได้แก่ ชนิดและความเข้มข้นของกรดที่ใช้ในการสกัด นอกจากนั้นปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคตินที่สกัดได้ เช่น อัตราส่วนพืชต่อปริมาตรของสารสกัด อุณหภูมิ และเวลาในการสกัด [4] และการสกัดเพคตินจากเนื้อพืชอาศัยหลักการทำให้เพคตินละลายออกมา โดยทั่วไปแล้วเพคตินในเนื้อเยื่อพืชจะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ เช่น โปรโตเพคติน และอยู่ร่วมกับสารอื่น เช่น อยู่ร่วมกับเซลลูโลส แคลเซียม และอื่น ๆ ซึ่งสามารถทำให้เพคตินเหล่านี้ละลายออกมาได้โดยการสกัดด้วยสารละลายกรดหรือด่างร้อน ๆ และอาจจะมีการใช้ Chelating agent ร่วมด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดซึ่งจะเข้าไปจับกับไอออนที่เกาะกับโมเลกุลเพคตินทำให้เพคตินละลายออกมาได้ Chelating agent ที่นำมาใช้ ได้แก่ สารประกอบประเภทฟอสเฟต [5]

ปัจจุบันมีของเสียเหลือทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นของเสียที่เหลือทิ้งจากครัวเรือน แหล่งค้าขายหรืออุตสาหกรรมต่าง ๆ จะถูกทิ้งโดยที่ไม่คำนึงถึงประโยชน์ที่จะสามารถนำไปใช้ต่อได้ โดยเฉพาะของเสียเหลือทิ้งตามธรรมชาติที่ไม่ได้ถูก นำมาใช้ทำประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่น เปลือกของผัก และผลไม้หลากหลายชนิด จากการศึกษาพบว่า ในเปลือกของผักและผลไม้เหล่านี้จะมีเพคตินสะสมอยู่ในปริมาณมากโดยเพคตินนี้เป็นสารประกอบ Polysaccharide ที่พบตามธรรมชาติ (ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานของผนังเซลล์พืชชั้นสูง) สามารถผสมกับน้ำ และสารประกอบอื่น ๆ บางอย่าง และทำหน้าที่เป็น Thickener, Gelling agent, Stabilizer, Emulsifier และ Cation-binding agent เป็นต้น [6] ดังนั้นจึงเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุของเสียเหลือทิ้ง นอกจากนั้นยังพบว่าอุตสาหกรรมของไทยโดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหาร มีการนำเข้าเพคตินจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก เพื่อนำมาเป็นส่วนประกอบในการแปรรูปอาหาร อีกทั้งยังพบว่าเพคตินที่มีการนำเข้านี้มีราคาที่สูงส่งส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย [7] และแตงโมเป็นผลไม้ที่นิยมรับประทานทั้งในประเทศและต่างประเทศ ปริมาณการผลิตแตงโมทั่วโลกอยู่ที่ประมาณ 109 ล้านตัน [8] เมื่อพิจารณาถึงการผลิตแตงโมในปี 2556 พบว่า มีปริมาณของเปลือกแตงโมอยู่ที่ประมาณ 36 ล้านตัน ซึ่งถือว่าเป็นส่วนเหลือทิ้งที่ไม่มีมูลค่าทางการค้า เปลือกแตงโมประกอบด้วยเกลือแร่ ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน ไฟโตเคมีคอล และ ซิทูลิน (Citrulline) ซึ่งคาร์โบไฮเดรตที่เป็นสารประกอบหลักของเปลือกแตงโมนี้สามารถใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการสกัดเพคตินได้ [9] นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน เช่น ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ในการสกัด อัตราส่วนวัตถุดิบต่อปริมาณของสารสกัด เวลาที่ใช้สกัด และอุณหภูมิในการสกัด เป็นต้น และนักวิจัยยังมีการศึกษาการใช้กรดต่าง ๆ เป็นตัวสกัด เช่น กรดไฮโดรคลอริก [10] กรดอะซิติก [11] และซิตริก [12] เป็นต้น

สารเคลือบผิว (Coating) คือ เป็นสารเคลือบที่รับประทานได้สามารถเตรียมได้จากพอลิแซ็กคาไรด์ สายยาว โปรตีน ลิพิด หรือสารผสมของพวกมัน เนื่องจากลักษณะที่ชอบน้ำ โปรตีนและพอลิแซ็กคาไรด์จึงมีคุณสมบัติกันความชื้นได้ไม่ดี แต่ฟิล์มและสารเคลือบที่ทำจากสิ่งเหล่านี้เป็นเกราะกันที่ดีต่อคาราจีแนน คาร์-บอกซีเมทิลเซลลูโลส เพคติน อัลจิเนต และไคโตซานเป็นพอลิแซ็กคาไรด์บางชนิดที่พบว่ามีแนวโน้มว่าจะได้สารเคลือบที่รับประทานได้พร้อมคุณสมบัติป้องกันที่ดีสำหรับผลไม้สดที่หั่นแล้ว [13] สารเคลือบผิวนอกจากจะทำให้ผิวสวยงามแล้ว ยังมีผลต่ออัตราการหายใจ ลดการสูญเสียน้ำหนัก การสูญเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ และยังทำให้ผลิตภัณฑ์ลักษณะเป็นที่ยึดดูใจของผู้บริโภค [14] และสารเคลือบที่รับประทานได้นั้นเตรียมจากพอลิเมอร์ที่หมุนเวียนได้ตามธรรมชาติ เช่น แป้ง เด็กซ์ทริน เซลลูโลส แอลจิเนต ไคโตซาน และเพคติน ซึ่งนำเสนอลักษณะที่ต้องการ เช่น ความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพออกซิเจนที่ดี และอุปสรรคโอ (โดยไม่สร้างสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจน อย่างรุนแรง สำหรับผลไม้) [15] ดังนั้นในงานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกแตงโมด้วยกรดซิตริก โดยใช้เวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และศึกษาการเคลือบผิวด้วยเพคตินจากเปลือกแตงโมโดยมีการเคลือบร่วมกับสารเคมีต่างชนิดกันเพื่อรักษาคุณภาพของแอปเปิลสด โดยการรักษาคุณภาพของแอปเปิลระหว่างการเก็บรักษาที่ 8 °C โดยใช้สารเคลือบที่รับประทานได้ที่มีเพคตินร่วมกับสารเคมีที่มีแคลเซียมคลอไรด์ ใช้เพื่อกระตุ้นการเชื่อมโยงกันข้ามระหว่างโซ่พอลิเมอร์ และโพแทสเซียมซอร์เบต (PS) เป็นสารต้านจุลชีพ การสูญเสียน้ำหนัก และความแน่นของแอปเปิล เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุของเสียเหลือทิ้งมาทำให้เกิดประโยชน์และเป็นการลดปริมาณการนำเข้าของเพคตินที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. เตรียมสารละลายในการวิเคราะห์

1.1 วิธีการเตรียมเปลือกแตงโม

1) นำเปลือกแตงโมสายพันธุ์ชอนญา พลัส (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Citrullus lanatus*) ซึ่งซื้อมาจากตลาดศูนย์ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร โดยเอาแต่ส่วนสีขาวและสีเขียว นำมาล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง

2) หั่นเป็นชิ้นขนาด 1x1 เซนติเมตร แล้วนำไปต้มเปลือกกับน้ำในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (%w/v) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

3) บดและกรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง นำไปบดให้ได้เป็นผงและเก็บในถุงปิดสนิทและเก็บไว้ในที่แห้ง เพื่อรอนำมาใช้

1.2 ขั้นตอนการสกัดเพคตินจากเปลือกแตงโม เพื่อหาปริมาณและคุณสมบัติทางเคมีของเพคติน

1) นำเปลือกแตงโมที่เตรียมไว้ปริมาณ 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ เติมกรดซิตริกที่มีความเข้มข้นที่ 0.025 0.050 0.075 และ 0.100 โมลาร์ ที่อัตราส่วนเท่ากับ 1:12 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร สกัดในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส เป็น 60 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมากรองผ่านผ้าขาวบาง 1 ชั้น

2) จากนั้นนำเปลือกที่กรองได้ไปเติมกรดซิตริกแต่ละความเข้มข้น อัตราส่วนของเปลือกต่อกรดซิตริกเท่ากับ 1:12 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร แล้วนำไปสกัดอีกครั้ง กรองผ่านผ้าขาวบาง 1 ชั้น นำสารละลายที่ได้ทั้งสองครั้งมารวมกัน ทำการตกตะกอนโดยเติมเอทานอล 95% อัตราส่วน 1:1 แล้วกวนแรงๆ

3) กรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วล้างเพคตินด้วยเอทานอล 95% สลับกับอะซิโตน 50% 3-5 ครั้ง อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง เสร็จแล้วบดให้เป็นผง จากนั้นหาปริมาณผลผลิตเพคตินที่ผลิตได้เป็นเปอร์เซ็นต์

1.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเพคติน

1.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

(1) อบถ้วยกระเบื้องในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้ง

(2) ทำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม ซึ่งตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ภาชนะที่อบแห้งจนน้ำหนักคงที่แล้ว นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง

(3) นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนกระทั่งอุณหภูมิของ ภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่าง คำนวณหาปริมาณความชื้น

(4) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้ซึ่งมีความแตกต่างกันไม่เกิน $\pm 3\%$ นำมาหาค่าเฉลี่ย

1.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

(1) เผาครูชีเบิลที่ 550 องศาเซลเซียสเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนัก ซึ่งตัวอย่าง 1.5 กรัม แล้วนำเถ้าจนหมดควัน

(2) นำเถ้าที่ได้ไปเผาต่อในเตาเผาที่ 550 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง จนได้เถ้าสีขาว จากนั้นทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนักเถ้าและคำนวณหาปริมาณเถ้า

1.3.3 การวิเคราะห์ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก

(1) ชั่งผงเพคตินประมาณ 0.1 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมน้ำกลั่นในขวดรูปชมพู่ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และเติมน้ำเดือดที่เย็นแล้วปริมาตร 100 มิลลิลิตร

(2) หยดฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ แล้วบันทึกเป็นปริมาตรที่ 1

(3) เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าจนไม่มีสีชมพู เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ แล้วบันทึกเป็นปริมาตรที่ 2

สูตรคำนวณหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก

	$GA \text{ (mg)} = 19.41 \times (V_1 - V_2)$	
เมื่อ	19.41	= ค่าคงที่ของกรดกาแลคทูโรนิก
	V_1	= ปริมาตรของด่างที่ใช้ในการไทเทรตที่ 1 (มิลลิลิตร)
	V_2	= ปริมาตรของด่างที่ใช้ในการไทเทรตที่ 2 (มิลลิลิตร)

1.3.4 การวิเคราะห์ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันและปริมาณเมทอกซิล

(1) ชั่งน้ำหนักเพคตินผงลงไปขวดรูปชมพู่ 0.5 กรัม เติมน้ำกลั่นในขวดรูปชมพู่ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันแล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีนลงในขวดรูปชมพู่ 5 หยด

(2) นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.5 โมลาร์ แล้วบันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 1 เติมสารละลายกรดโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าแรง ๆ และตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

(3) เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าจนสีชมพูหายไป เติมฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ จนสีชมพูเริ่มปรากฏ แล้วบันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 2

$$(4) \text{ คำนวณหาค่า degree of esterification (\%DE) จากสมการ } DE = \frac{100 \times v_1}{v_1 + v_2}$$

(5) นำค่า %DE ที่ได้ไปหาปริมาณเมทอกซิลโดยดูจากตารางที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันกับปริมาณเมทอกซิล

1.3.5 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้กับเพคตินทางการค้า

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

1.4 ขั้นตอนการเคลือบผิวด้วยเพคตินโดยมีการเคลือบร่วมกับสารเคมีต่างชนิดกัน

1.4.1 วิธีการเตรียมแอปเปิล

(1) เลือกแอปเปิลสายพันธุ์ฟูจิ จากตลาดศูนย์การค้า อ.เมือง จ.กำแพงเพชร ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน และไม่มีรอย จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำประปา

(2) หั่นแอปเปิลเป็นชิ้น โดยมีขนาดกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตรหนา 2 เซนติเมตรนำมาใส่ไว้บนกระดาษกรอง แล้วรอทำในขั้นตอนต่อไป (สาเหตุของการหั่นแอปเปิลที่หั่นเป็นชิ้น เพราะการหั่นจะทำให้เกิดสีน้ำตาลหรือดำเกิดขึ้นจากการจากปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารในกลุ่ม Polyphenol และเนื่องจากในแอปเปิลมีเอนไซม์ Phenolase เมื่อสัมผัสกับอากาศแอปเปิลเลยมีสีน้ำตาลหรือดำเกิดขึ้น)

1.4.2 วิธีการเตรียมสารเคลือบและเคลือบผิว

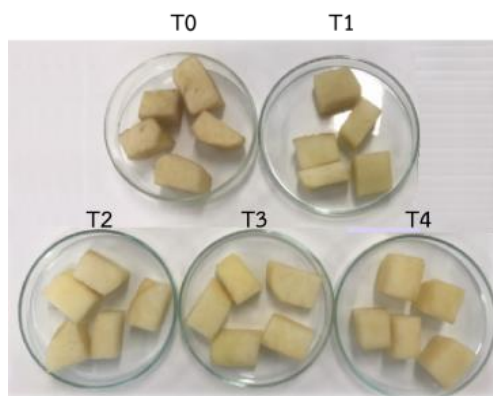
(1) นำผงเพคตินที่สกัดได้มาละลายในน้ำกลั่นที่ 2.00% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร นำไปตั้งบน Hot plate ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส กวนจนใสแล้วตั้งทิ้งไว้ แล้วเติมกลีเซอรอล 0.10%

(2) นำผสมกับสารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ 1.00% และโพแทสเซียมเซอเบต 0.20% จากนั้นนำแอปเปิลที่หั่นเตรียมไว้แบ่งออกเป็น 3ชุด ชุดละ 5 ชิ้น จุ่มลงในสารละลายที่มีเพคติน 2 นาที ปั่นให้แห้ง 1 นาที

(3) จากนั้นจุ่มลงในสารเคมีที่เตรียม (ตารางที่ 1) 2 นาที ผึ่งลมให้แห้ง นำมาใส่ในกล่องปิดฝาไว้แต่ละชุด แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เวลา 12 วัน จากนั้นร่ววัดค่าการสูญเสีย น้ำหนัก และความแน่น แสดงลักษณะการเคลือบดังภาพที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรในการเคลือบผิวของแอปเปิล

สูตร	สารเคมี
T0	น้ำกลั่น
T1	เพคติน 1.00% + แคลเซียมคลอไรด์ 1.00% + โพแทสเซียมเซอเบต 0.20%
T2	เพคติน 1.50% + แคลเซียมคลอไรด์ 1.00% + โพแทสเซียมเซอเบต 0.20%
T3	เพคติน 2.00% + แคลเซียมคลอไรด์ 1.00% + โพแทสเซียมเซอเบต 0.20%
T4	เพคติน 2.50% + แคลเซียมคลอไรด์ 1.00% + โพแทสเซียมเซอเบต 0.20%



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะผิวแอปเปิลหลังเคลือบและเก็บไว้เป็นเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

1.5 วิธีการทดสอบคุณภาพของแอปเปิลหลังเคลือบผิว

1.5.1 เพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

(1) นำแอปเปิลแต่ละสูตรมาชั่งน้ำหนักทุกวันที่ 1, 6 และ 12 วัน โดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอล จดค่าและนำไปหาเปอร์เซ็นต์

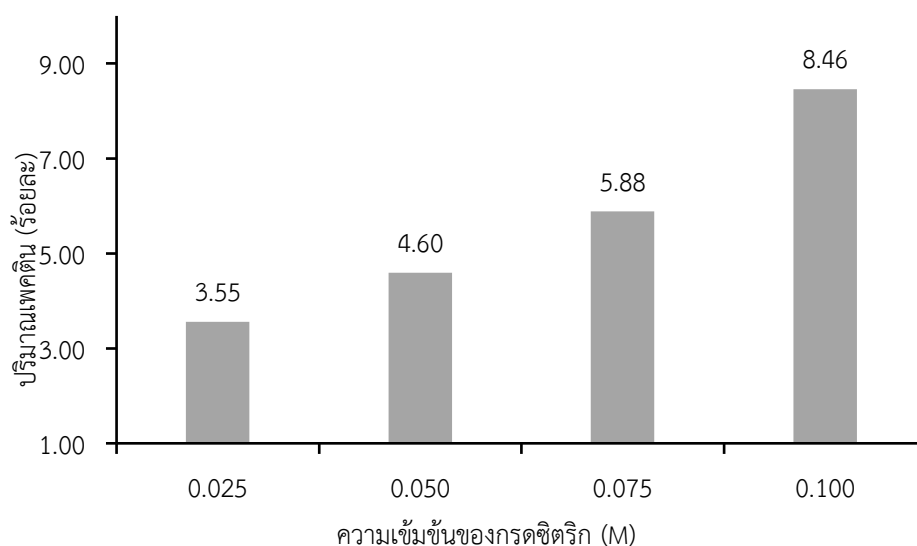
1.5.2 การวัดความแน่น

(1) สุ่มตัวอย่างแอปเปิลแต่ละชุด วัดโดยเครื่อง Texture Analyzer Prode TXA4 ระยะเวลาในการวัด 1, 6 และ 12 วัน

(2) จากนั้นจดค่าในแต่ละครั้ง และรายงานค่าเฉลี่ยเป็น N.mm

ผลการวิจัย

จากการศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกแตงโมโดยการสกัดด้วยกรดซิตริก ที่ความเข้มข้น 0.025, 0.050, 0.075 และ 0.100 โมลาร์ อุณหภูมิที่ใช้ คือ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที เมื่อนำสารสกัดเพคตินที่ได้มาวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้ผลดังภาพที่ 1



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของเพคตินที่สกัดได้แต่ละความเข้มข้น

จากภาพที่ 2 พบว่าเปลือกแตงโมที่สกัดด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้น 0.100 โมลาร์ มีผลผลิตของเพคตินมากที่สุดคือ 8.17% รองลงมาคือความเข้มข้น 0.025, 0.075 และ 0.050 โมลาร์ ซึ่งมีผลผลิตของเพคตินเท่ากับ 4.94, 3.81 และ 3.17% กรัม ตามลำดับ

การวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคติน

การวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคติน เป็นการทดลองหาปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า %GE และ %DE ของเพคตินที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.77%, 1.76%, 53.18% และ 54.42% แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคตินของเพคตินสกัดได้

ตัวอย่าง	% ความชื้น	% เถ้า	% GA	% DE
1	7.14	1.47	53.18	53.61
2	6.57	1.88	53.18	54.55
3	6.61	1.92	53.18	55.10
เฉลี่ย	6.77±0.32	1.76±0.25	53.18±0.00	54.42±0.75

การหาปริมาณเมธอกซิล

การหาปริมาณเมธอกซิล จากเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกแตงโม ซึ่งปริมาณเมธอกซิลสามารถนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณสมบัติการเกิดเจล และเป็นค่าที่แสดงถึงประสิทธิภาพในการสกัดเพคตินที่มีคุณภาพสูง เมื่อนำเพคตินมาวิเคราะห์แล้วปริมาณเมธอกซิล เท่ากับ 8.21%

การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้กับเพคตินทางการค้า

นำเพคตินเปลือกแตงโมที่สกัดได้ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง มาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติกับเพคตินทางการค้าตามข้อกำหนดของ The Joint/WHO Expert Committee on Food Additive (JECFA) ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคตินเปลือกแตงโมที่สกัดได้กับเพคตินทางการค้า [16]

คุณสมบัติ	เกรดเพคติน			
	เพคตินจากเปลือกแตงโม	โรงงานอุตสาหกรรม (Industrial grade)	ห้องปฏิบัติการหรือทางการแพทย์ (Lab & Pharmaceutical grade)	เพคตินมาตรฐาน (standard pectin)
% yield	8.17	-	-	-
% moisture	6.77	4.26	4.81	-
% ash	1.76	3.59	2.23	2.00
% galacturonic acid	53.18	69.89	78.54	>65.00
% methoxyl	8.21	5.08	6.29	>2.50
%DE	54.42	55.00-65.00	-	-

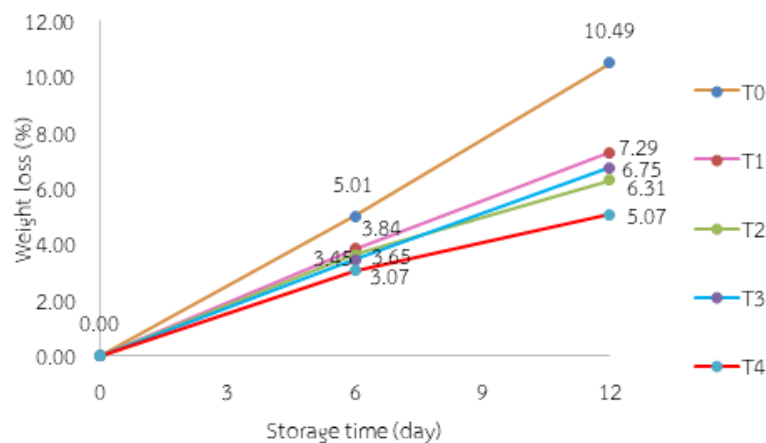
หมายเหตุ : เลือกตัวทดสอบที่ความเข้มข้น 0.10 โมลาร์ เพราะมีค่า %yield มาก

จากตาราง พบว่าเพคตินจากเปลือกแตงโมที่สกัดได้มีปริมาณความชื้นสูงกว่าเพคตินระดับโรงงานอุตสาหกรรม มีระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันต่ำกว่าโรงงานอุตสาหกรรม มีปริมาณแฉะและปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกต่ำกว่าเพคตินระดับมาตรฐาน และปริมาณเมทอกซิลอยู่ในช่วงเพคตินมาตรฐาน (Standard pectin)

การศึกษาการเคลือบผิวจากเพคตินร่วมกับจุ่มสารเคมีต่างๆ

การสูญเสียน้ำหนัก

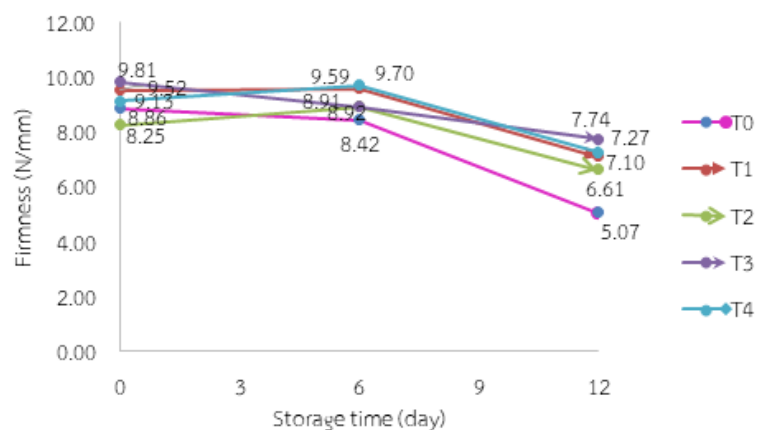
เมื่อนำตัวอย่างแต่ละสูตรของการเคลือบไปแช่น้ำหนักตลอดระยะเวลา 12 วันที่ 8 องศาเซลเซียส จะพบว่าการเคลือบตัวอย่างด้วยเพคติน สูตรที่จุ่มเพคตินที่ 2 % มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดอยู่ที่ 4.15% ต่างจากตัวที่ควบคุมมีค่าการสูญเสียน้ำหนักอยู่ที่ 10.49% ได้ผลดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ผลของน้ำหนักของผลแอปเปิลหลังเคลือบตลอดระยะเวลา 0, 6 และ 12 วัน ที่อุณหภูมิ 8 °C

การดูความแน่น

เมื่อนำตัวอย่างแต่ละสูตรของการเคลือบไปวัดโดย TEXTURE ANALYZER Probe TXA4 ทุกวันที่ 0, 6 และ 12 ที่อุณหภูมิ 8 °C จะพบว่าการเคลือบตัวอย่างของค่าวันที่ 12 สูตรที่จุ่มเพคตินที่ 2.50% มีการสูญเสียความแน่นน้อยที่สุดอยู่ที่ 17% ต่างจากตัวที่ควบคุมมีค่าการสูญเสียความแน่นอยู่ที่ 36% ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ผลของค่าความแน่นของผลแอปเปิลหลังเคลือบตลอดระยะเวลา 0, 6 และ 12 วัน ที่อุณหภูมิ 8°C

อภิปรายผลการวิจัย

1. การศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกแตงโมด้วยกรดซิตริก

การสกัดเพคตินจากเปลือกแตงโม โดยปัจจัยที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ ค่าความเข้มข้นที่ 0.025, 0.05, 0.075 และ 0.100 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที และนำเพคตินที่ได้ไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีของเพคตินและเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า พบว่าปริมาณเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริก มีค่าเท่ากับ 8.17 % จากการหาปริมาณความชื้นพบว่าเพคตินทางการค้ามีความชื้นต่ำกว่าเพคตินที่สกัดได้จากกรดซิตริก ซึ่งมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 6.77 % ปริมาณเถ้าในเพคตินมีค่าเท่ากับ 1.76 % ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกเท่ากับ 53.18 % ปริมาณเมทอกซิล 8.21 และระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันเท่ากับ 54.42 % สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทิพย์ธิดา และคณะ [17] ที่รายงานไว้ว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดซิตริกในการสกัดค่าเพคตินก็จะมากขึ้น จะทำให้มีเปอร์เซ็นต์ของผลผลิตที่สูงขึ้น

2. การศึกษาการเคลือบผิวจากเพคตินร่วมกับจุ่มสารเคมีต่างๆ

จากการศึกษาการเคลือบเพคตินความเข้มข้นที่ 2.00% สอดคล้องกับงานวิจัยของ Fatin Fazirah Fadlin Sarduni และคณะ [18] ที่รายงานไว้ว่าการใช้เคลือบน้ำยาเคลือบเพคติน (1.00%, 2.00% หรือ 3.00%, w/v) โดยทั่วไป ผลที่มีเพคตินเข้มข้นสูงจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติในการรักษาคุณภาพของกล้วยแต่ตัวอย่างเพคตินที่เคลือบ 2.00% (w/v) เป็นสารละลายเคลือบที่ดีที่สุด การเคลือบเพคตินร่วมกับการจุ่มสารแคลเซียมคลอไรด์ 1.00% + โพแทสเซียม เซอเบต 0.20% และระยะเวลาในการทำการทดลองตลอดระยะเวลา 12 วัน เพื่อดูการสูญเสียน้ำหนักและความแน่นของเนื้อแอปเปิลหลังจากการเคลือบมาแล้ว พบว่าการสูญเสียน้ำหนักของตัวอย่างเนื้อแอปเปิลสดนั้นเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลา และการสูญเสียความแน่นของตัวอย่างเนื้อแอปเปิลสดนั้นลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในตู้เย็น การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อแอปเปิลสดอยู่ในช่วง 4.15-10.49% ตลอดช่วง 12 วัน สำหรับตัวควบคุมเกิดการเสียน้ำหนักที่ 10.46% ต่างจากการเคลือบเพคตินที่ความเข้มข้น 2% ลดลง 4.15% และการสูญเสียความแน่นของเนื้อแอปเปิลสดนั้นตัวควบคุมนั้นมีค่าความแน่นสูงที่สุด 5.07% ส่วนตัวอย่างที่เคลือบเพคตินความเข้มข้นที่ 2% มีความแน่นต่ำที่สุด 8.22% สอดคล้องกับการรายงานของ Alina Mădălina Plesoianu และคณะ [19] ที่รายงานไว้ว่าการเคลือบด้วยเพคตินร่วมกับสารเคมี 1.00% CaCl_2 , 0.20% PS หลังจากการเคลือบด้วยเพคตินทำให้น้ำหนักลดลง แต่ระหว่างการเก็บรักษาจะสูงขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่เคลือบด้วยเพคติน ค่าการสูญเสียน้ำหนักยังคงต่ำกว่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่เคลือบ อาจเป็นเพราะการฟุ้งกระจายของเพคตินบางส่วนจากเคลือบในสารละลายที่มี CaCl_2 และสารกันบูด (0.20% PS หรือ 0.20% SB) ระหว่างการจุ่มด้วยสารเคมี ส่งผลให้สารเคลือบผิวที่กินได้บางลง

สรุปผลการวิจัย

การสกัดเพคตินจากเปลือกแตงโมด้วยกรดซิตริก ปัจจัยที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ ความเข้มข้นที่ 0.025, 0.05, 0.075 และ 0.100 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที และนำเพคตินที่ได้ไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีของเพคตินและเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า พบว่า ปริมาณเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริก มีค่าเท่ากับ 8.17% จากการหาปริมาณความชื้นพบว่าเพคตินทางการค้ามีความชื้นต่ำกว่าเพคตินที่สกัดได้จากกรดซิตริก ซึ่งมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 6.77% ปริมาณเถ้าในเพคตินมีค่าเท่ากับ 1.76% ปริมาณกรด

กาแลคทูโรนิก เท่ากับ 53.18% ปริมาณเมทอกซิล 8.21% และระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันเท่ากับ 54.42% สำหรับการเคลือบเพคตินร่วมกับการจุ่มสารเคลือบเคลือบ 1.00% + โพลีเอทิลีนออกไซด์ 0.20% และระยะเวลาในการทำการทดลองตลอดระยะเวลา 12 วัน เพื่อดูการสูญเสียน้ำหนักและความแน่นของเนื้อแอปเปิลหลังจากการเคลือบมาแล้ว พบว่าการสูญเสียน้ำหนักของตัวอย่างเนื้อแอปเปิลสดนั้นเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลา และการสูญเสียความแน่นของตัวอย่างเนื้อแอปเปิลสดนั้นลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในตู้เย็น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่อนุเคราะห์ให้ใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Dedduang, O. (2010). *Comparison of extracted pectin from three kinds of guava (Psidium guajavaL.) to standard pectin*. M.S. thesis, Graduated School, Srinakharinwirot University.
- [2] สิริมา ชินสาร และ กุสุมา หม่องสา. (2565) สมบัติของเพคตินจากเปลือกแตงโมที่สกัดด้วยวิธีการให้ความร้อนแบบดั้งเดิมและการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 32(2), 478-485.
- [3] วัชร เวียงแก้ว. (2549). *การสกัดเพคตินด้วยไอน้ำจากเปลือกส้มโอ* (รายงานการวิจัย). นครนายก: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [4] ดุลย์จิรา สุขบุญญสถิตย์, ณัฐกานต์ พรนิคม และณชล นันทาย. (2561). คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเพคตินจากกระเจี๊ยบเขียว. *วารสารแก่นเกษตร*, 46(1), 1418-1423.
- [5] องอาจ เด็ดดวง. (2553). *การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งกับเพคตินมาตรฐาน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, คณะวิทยาศาสตร์, สาขาวิชาเคมี.
- [6] ฉัตรชัย สังข์ผุด, จีราภรณ์ สังข์ผุด และ จินตนา แก้วชนะ. (2554). สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ ด้วยสารละลายกรด. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 7(1), 37-46.
- [7] ธานุวัฒน์ ลาภตันสุขผล, ปวีณา ทองขวัญ และ ศิริลักษณ์สรงพรมทิพย์. (2556). การสกัดเพคตินจากเปลือกผักและผลไม้. *ว. วิทย. กษ.*, 44(2), 433-436.
- [8] FAOSTAT. (2016). *FAO Statistical Programme of Work*. Retrieved from <http://faostat.fao.org>
- [9] Kumar, P. (1985). Watermelon utilization of peel waste for pickle processing. *Indian Food Packer*, 39, 49-52.
- [10] Wai, W.W., Alkarkhi, F.M.A. & Easa, A.M. (2010). Effect of extraction conditions on yield and degree of esterification of durian rind pectin: An experimental design. *Food and Bioproducts Processing*, 88, 209-214.
- [11] Wittayapapakorn, S. & Tawekasemsombat, S. (2013). The optimum conditions of extracting pectin from agricultural materials. *Research Journal Special Issue the 5th*

- [12] Shaha, R.K., Nayagi, A.P.Y., Punichelvana & Afandi A. (2013). Optimized extraction condition and characterization of pectin from kaffir lime (*Citrus hystrix*). *Research Journal of Agriculture and forestry Sciences*, 1(2), 1-11.
- [13] Olivas, Gl., GV Barbosa-Cánovas (2005). Edible coatings for fresh-cut fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45, 657.
- [14] อนันต์ พิริยะภัทรกิจ, จิตตา สาตร์เพ็ชร, มยุรา ล้านไชย, อนวัช สุวรรณกุล และคณินิจ บุศราคา, (2560). ประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวจากบุกเพื่อรักษาคุณภาพ หลังการเก็บเกี่ยวและยืดอายุการเก็บรักษาผลส้มเขียวหวาน. *Thai Journal of Science and Technology*. 6(4), 301-308.
- [15] Basharat Yousuf, Shimin Wu, Mohammed and Wasim Siddiqui (2018). Incorporating essential oils or compounds derived thereof into edible coatings: Effect on quality and shelf life of fresh/fresh-cut produce. *Trends in Food Science & Technology*. 108, 245-257.
- [16] ปฐมพงษ์ เทียงเพชร ราตรี บุปมี และภาณุมาศ อุ่นสมัย, (2559), สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอด้วยกรดไฮโดรคลอริก. *การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร*. 3(2), 339-346.
- [17] ทิพย์ธิดา หนูทรัพย์, ภัสราภรณ์ ขาวพุ่ม, จิตติประภา พรหมดี และ ปิยนุสรณ์ น้อยด้วง. (2561). คุณสมบัติและประสิทธิภาพของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยกรดซิตริก. *การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6* (น. AS 241-AS 246). สมุทรปราการ: มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.
- [18] Fatin azirah Fadlin Sarduni, Siti Nurhana Hanafi, Siti Fatimah lbrahim and Shahrulzaman Shaharuddin (2020). Effect of pectin concentration on edible coated-Musa acuminate cv Berangan quality. *Elsevier* 31, 166-170.
- [19] Alina Mădălina Ples, oianu and Violeta Nour. (2022). Pectin-Based Edible Coating ombined with Chemical Dips Containing Antimicrobials and Antibrowning Agents to Maintain Quality of Fresh-Cut Pears. *Horticulturae* 2022. 8, 449.