การศึกษาการสกัดเพกทินจากเปลือกเหลือทิ้งของส้มโอ (Citrus maxima Merr.) จากอำเภอบ้านแท่นจังหวัดชัยภูมิ เพื่อประยุกต์ใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สุก

STUDYING OF PECTIN EXTRACTION FORM POMELO PEEL WASTE FROM BAN TAN DISTRICT CHAIYAPHUM AND APPLICATION IN PROLONGING SHELF LIFE OF MANGO

[1]สิขรินทร์ ก้อนในเมือง

[1]Sikharin Khonnaimuang

มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ, ประเทศไทย

Chaiyaphum Rajabhat University, Thailand

Sikharin.k@gmail.com

Received: July 03, 2023; **Revised**: July 25, 2023; **Accepted**: August 21, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพกทินจากเปลือกเหลือทิ้งของส้มโอพันธุ์ทองดีจากอำเภอบ้านแท่น จังหวัดชัยภูมิ และนำไปประยุกต์ใช้ในการเป็นสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงสุก โดยศึกษาเปรียบเทียบวัตถุดิบ 3 ชนิด ได้แก่ เปลือกส้มโอสด เปลือกส้มโอที่ทำแห้งโดยการตากแดดและเปลือกส้มโอที่อบแห้งโดยตู้อบลมร้อน และศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิในการสกัดที่ 50-90 องศาเซลเซียส และพีเอชในการสกัดที่ 2-6 จากการทดลองพบว่าเปลือกส้มโอที่ทำแห้งโดยการตากแดด และเปลือกส้มโอที่อบแห้งโดยการใช้ตู้อบลมร้อน ให้ผลผลิตปริมาณเพกทินสูงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นจึงเลือกวิธีอบด้วยลมร้อนมาใช้ในการเตรียมวัตถุดิบในการทดลองขั้นถัดไป เนื่องจากควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบได้ดีกว่าและใช้เวลาสั้นกว่า ส่วนการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด พิจารณาจากปริมาณและคุณภาพของเพกทินที่สกัดได้ พบว่าอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ค่าพีเอช 3 สามารถสกัดเพกทินจากเปลือกส้มโอได้ในปริมาณมากที่สุด ที่ร้อยละ 22.99 และ 22.56 และเป็นเพกทินที่มีปริมาณเมทอกซิลต่ำอยู่ในช่วงร้อยละ

---

[1]อาจารย์, หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมอาหารสร้างสรรค์และโภชนาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

6.5-6.8 ซึ่งไม่จำเป็นต้องอาศัยน้ำตาลในการเกิดเจลและมีระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชันอยู่ในช่วง 40.0-41.5 เมื่อนำเพกทินที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการเป็นสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงสุก พบว่าสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ที่ผิวของมะม่วงได้ถึง 10 วัน

คำสำคัญ : เปลือกส้มโอ; เพกทิน; การเก็บรักษา; สารเคลือบผิว

Abstract

The purposes of this research were to study the optimization of extraction of pectin from pomelo peel waste growing in Ban Tan District, Chaiyaphum Province, to be used as coating substance for extending shelf life of mango. Three types of raw materials namely fresh, hot-air oven, and sun-dried peels were studied and compared. The optimization of extraction was investigated on 2 factors – the extraction at 50-90°C and at pH 2-6. The experiment showed that both the sun-dried and the hot–air oven leaves non–significantly ($p>0.05$) gave high quantity of pectin. Therefore, the hot–air oven method was chosen in preparing raw materials for the following experiment because it had a better quality control and a shorter time. For the optimization of extraction, the highest quantity of pectin extracted at 70°C , and at pH 3 were 22.99% and 22.56% in low degree of methoxyl between 6.5 – 6.8% and there is no need to use sugar to form gel. Moreover, the degree of esterification was between 40.0 – 41.5 . Then the pectin, as coating substance, was applied on the mangos' skin to prolong shelf life. The results showed that weight loss was reduced and the infection by microorganism on the mangos' skin extended to 10 days

Keywords : Pomelo peel waste; Pectin; Preservation; Coating

บทนำ

สารประกอบเพกทิน (pectin substances) เป็นสารประกอบในกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ที่พืชสร้างขึ้น และเป็นสับสเตทของเอนไซม์เพคติเนส พบได้ทั่วไปในส่วนผนังบางชั้นกลาง (middle lamella) ของ primary cell wall ในเซลล์พืชที่อายุยังน้อย ทำหน้าที่ยึดเหนี่ยวเซลล์เข้าด้วยกัน โดยเฉพาะบริเวณที่มีเนื้อเยื่ออ่อนนุ่ม เช่น ต้นอ่อน ใบ และผลไม้ และเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเนื้อเยื่อพาเรงคิมา ซึ่งพบมากในเนื้อเยื่อที่มีการขยายขนาดของเซลล์ (Pilnik and Voragan, 1991)

เพกทิน (pectin) มาจากภาษากรีกว่า Braconnot หมายถึง ตัวประสานหรือตัวทำให้แข็ง (congeal or solidity) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ซับซ้อนประกอบด้วยหน่วยสารเคมีหลายชนิด เป็นสารประกอบมีขั้วจึงสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายมีขั้ว เช่น น้ำ หรือสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรด-ด่าง แต่ไม่ละลายในสารละลายมีขั้ว เช่น น้ำมัน การใช้อุณหภูมิที่สูงยังมีส่วนช่วยให้การละลายของเพกทินดีขึ้นอีกด้วย (ชินานาฏและสมัชญ์, 2555) เพกทินเป็นสารที่มีคุณสมบัติพิเศษคือเมื่อละลายน้ำจะพองตัวทำให้เกิดเจลที่คงรูปได้ จึงมีการนำมาใช้ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหารอย่างแพร่หลาย ทั้งเป็นสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) สารที่ทำให้เกิดความคงตัว (stabilizer) และสารที่ทำให้เกิดความข้นหนืด (thickener) ในอาหารหลายประเภท เช่น เยลลี่ แยม วุ้น ไอศกรีม เค้กต่างๆ นอกจากจะใช้ปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหารแล้ว เพกทินยังมีคุณสมบัติที่สำคัญในการใช้เคลือบผิวผลไม้ เพื่อลดอัตราการสูญเสียน้ำ ทำให้สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลไม้ให้ยาวนานขึ้นได้ (โสรญา, 2557) วัตถุดิบในการผลิตเพกทินส่วนใหญ่จะมาจากกากของผลแอปเปิ้ลและเปลือกของผลไม้ตระกูลส้ม (พันธุ์เลิศ, 2554) ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยยังต้องนำเข้าเพกทินจากต่างประเทศเป็นมูลค่ามากกว่า 300 ล้านบาทต่อปี (กรมศุลกากร, 2552) โดยเพกทินที่ประเทศไทยนำเข้ามาจากต่างประเทศเป็นเพกทินระดับอุตสาหกรรม ราคาประมาณ 3,800 บาทต่อกิโลกรัม และระดับเภสัชกรรม ราคากิโลกรัมละ 6,650-10,161 บาท (ชวนิฏษ์, 2548) ในประเทศไทยมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกหลายชนิดที่มีเพกทินเป็นองค์ประกอบอยู่ตัวหนึ่งที่สำคัญ คือเปลือกส้มโอ (Citrus maxima Merr., C. grandis Osbeck ; C. decumana L.) มีชื่อภาษาอังกฤษที่ใช้กันทั่วไปคือ pomelo หรือ pummelo เป็นผลไม้ตระกูลส้มที่มีขนาดใหญ่ที่สุดและเป็นต้นตระกูลของเกร็บฟรุต (grapefruit) (สุวรา, 2553) แหล่งปลูกส้มโอที่สำคัญในประเทศไทยแต่เดิมมีสองแหล่งคือ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐมเป็นแหล่งกำเนิดของพันธุ์ขาวแป้นและบางปะกอกในเขตธนบุรีเป็นแหล่งกำเนิดของพันธุ์ขาวพวง ในปัจจุบันส้มโอมีการกระจายตัวในพื้นที่ปลูกแทบทุกภาคของประเทศไทย โดยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่อำเภอบ้านแท่น จังหวัดชัยภูมิ ถือเป็นแหล่งผลิตส้มโอที่สำคัญและมีคุณภาพดีขึ้นชื่ออีกที่หนึ่งในประเทศไทย มีพื้นที่เพาะปลูกส้มโอ จำนวน 420 ไร่ ผลผลิตต่อปีไม่น้อยกว่า 200,000 ลูก ส่วนใหญ่เป็นส้มโอพันธุ์ทองดี เพราะเป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมและเป็นที่ต้องการของตลาด เหมาะสำหรับสภาพพื้นที่ที่จะปลูกในจังหวัดชัยภูมิด้วย ซึ่งช่วงผลผลิตออกสู่ตลาดอยู่ระหว่างเดือนกรกฎาคม-กันยายน ผลผลิตต่อต้นสูงสุด 170-180 ลูก ซึ่งนอกจากคุณประโยชน์ในการนำส้มโอมาบริโภคในรูปของผลไม้สด และการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากเนื้อส้มโอแล้ว ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าส้มโอซึ่งเป็นผลไม้ที่มีเปลือกหนา เมื่อนำมาบริโภคหรือแปรรูปจะต้องมีการปอกเปลือกทิ้งไปเสียก่อน จึงมีแนวคิดจะหาวิธีในการใช้ประโยชน์จากเปลือกส้มโอดังกล่าว จากการค้นคว้าเพิ่มเติมพบว่าส่วนเปลือกของผมไม้ตระกูลส้มจะมีสารประกอบเพ็คตินเป็นองค์ประกอบอยู่สูง (พันธุ์เลิศ, 2554) จากการศึกษาก่อนหน้านี้ของพบว่าเพกทินที่ได้จากเปลือกส้มโอนั้นมีสารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีกรด D-กาแลกทูโรนิก เป็นมอนอเมอร์ต่อกันเป็นโซ่ยาว ซึ่งเป็นสารประกอบเพกทินชนิดเมทอกซิลต่ำ (low methoxyl pectin) ที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยน้ำตาลในการทำให้เกิดเจล (ชวนิฏฐ์, 2548) ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาความเป็นไปได้ของวิธีการสกัดสารประกอบเพกทินจากเปลือกเหลือทิ้งของส้มโอพันธุ์ทองดี ที่มีแหล่งผลิต

อยู่ในอำเภอบ้านแท่น จังหวัดชัยภูมิ และนำไปใช้ในการเคลือบผิวของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สุก เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้ยาวนานขึ้น เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตรของเกษตรกรในจังหวัดชัยภูมิ โดยใช้คุณประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในท้องถิ่น และภายใต้กระบวนการที่เกษตรกรสามารถดำเนินการได้เองภายในครัวเรือน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการสกัดสารประกอบเพกทินจากเปลือกเหลือทิ้งของส้มโอ ที่มีเขตเพาะปลูกในอำเภอบ้านแท่น จังหวัดชัยภูมิ
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้เพกทินจากเปลือกเหลือทิ้งของส้มโอเป็นสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สุก

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการสกัดเพกทินจากเปลือกเหลือทิ้งของส้มโอ (Citrus maxima Merr.) จากอำเภอบ้านแท่นจังหวัดชัยภูมิ เพื่อประยุกต์ใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สุก ได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

1. การศึกษากระบวนการสกัดสารประกอบเพกทินจากเปลือกเหลือทิ้งของส้มโอ (Citrus maxima Merr.) จากอำเภอบ้านแท่นจังหวัดชัยภูมิ ดังนี้

1.1 การเตรียมเปลือกส้มโอเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดเพกทิน นำเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีที่ได้จากพื้นที่ในเขตอำเภอบ้านแท่น จังหวัดชัยภูมิ มาผ่านการคัดเลือกเอาเฉพาะเปลือกที่ยังสด ไม่เน่าเละ และไม่พบการเข้าทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ที่ผิวด้วยตาเปล่า ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ สะเด็ดน้ำให้แห้ง แบ่งเป็นสิ่งทดลองต่างๆ ได้แก่เปลือกส้มโอสด เปลือกส้มโอตากแดดเป็นเวลา 3 วัน และเปลือกส้มโออบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยทุกตัวอย่างจะถูกนำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า เก็บไว้ในถุงพลาสติกหรือภาชนะที่ปิดสนิทแล้วเก็บในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

1.2 การสกัดเพกทินจากเปลือกส้มโอในระดับห้องปฏิบัติการ นำเปลือกส้มโอที่ผ่านกระบวนการในข้อ 1 มาวิเคราะห์หาปริมาณเพกทิน โดยการดัดแปลงวิธีการสกัดของ พันธุ์เลิศ และคณะ (2554) โดยเติมน้ำที่ผ่านการปรับ pH เป็น 3 โดยกรดไฮโดรคลอริค (HCl) 0.1 นอร์มอล ในอัตราส่วนเปลือกส้มโอต่อน้ำเท่ากับ 1:50 นำไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นกรองผ่านกระดาษกรอง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วตกตะกอนเพกทินด้วยเอธานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 พร้อมทั้งกวนสารละลายแรงๆ ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง กรองตะกอนเพกทินด้วยผ้ากรอง แล้วล้างด้วยเอธานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 จำนวน 3 ครั้ง สลับกับอะซีโทน 3 ครั้ง เพื่อทำการล้างสีออก นำไปอบแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำตะกอนเพกทินแห้งที่ได้ไปบดด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง เก็บใส่ภาชนะที่

ปิดมิดชิด เปรียบเทียบปริมาณของเพกทินที่ได้จากวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด และเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมไปใช้ทำการทดลองต่อไป

1.3 การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดเพกทินจากเปลือกส้มโอ นำวัตถุดิบตามผลการทดลองในข้อ 2 มาสกัดเพกทินโดยใช้สภาวะการสกัดเช่นเดียวกัน แต่เปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกัน ได้แก่ 50, 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส

1.4 การหาพีเอชที่เหมาะสมในการสกัดเพกทินจากเปลือกส้มโอ นำวัตถุดิบตามผลการทดลองในข้อ 2 มาสกัดเพกทินโดยใช้สภาวะการสกัดเช่นเดียวกัน แต่เลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมมาใช้ในการสกัดตามผลการทดลองที่ได้จากข้อ 3 และเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกัน ได้แก่พีเอช 2, 3, 4, 5 และ 6

2. การศึกษาผลของการใช้เพกทินจากเปลือกเหลือทิ้งของส้มโอเป็นสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สุก นำเพกทินที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอมาละลายลงในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วน 3% (w/v) ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปเคลือบผิวมะม่วงสุกโดยการจุ่ม (dipping method) เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำขึ้นมาผึ่งลมให้ผิวแห้งสนิท แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทำการคำนวณค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) เทียบกับชุดควบคุมทุก 2 วัน (ดัดแปลงจากวิธีของ Menezes and Athmaselvi, 2016)

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษากระบวนการสกัดสารประกอบเพกทินจากเปลือกเหลือทิ้งของส้มโอ ที่มีเขตเพาะปลูกในอำเภอบ้านแท่น จังหวัดชัยภูมิ

1.1 ผลการคัดเลือกวัตถุดิบเพื่อใช้ในการสกัดเพกทิน การคัดเลือกวัตถุดิบเพื่อนำมาใช้ในการสกัดเพกทินในการศึกษาครั้งนี้ พิจารณาจากปริมาณเพกทินสูงสุดที่สกัดได้จากวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด โดยพบว่าเปลือกส้มโอสด เปลือกส้มโอตากแดด และเปลือกส้มโออบแห้งได้ผลผลิตเพกทินดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของปริมาณเพกทินจากเปลือกเหลือทิ้งของส้มโอที่มีวิธีการเตรียมแตกต่างกัน

วิธีการเตรียมเปลือกส้มโอ	ค่าเฉลี่ยปริมาณของเพกทินที่ได้ (% yield)
เปลือกส้มโอสด	5.43 ± (0.59)[a]
เปลือกส้มโอที่ตากแดด	20.05 ± (0.73)[b]
เปลือกส้มโออบแห้ง	20.38 ± (1.04)[b]

[a-b] Means within the same column followed by different letters were significantly different ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 1 พบว่าเปลือกส้มโอที่ทำแห้งโดยการตากแดดเป็นเวลา 3 วัน และเปลือกส้มโอที่ทำแห้งด้วยวิธีอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้ผลผลิตเพกทินสูง

ร้อยละ 20.05 และ 20.38 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แต่เนื่องจากการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนสามารถความคุมคุณภาพของวัตถุดิบได้ดีกว่า และใช้เวลาในการเตรียมสั้นกว่า จึงเลือกวิธีการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาเป็นกระบวนการในการเตรียมวัตถุดิบก่อนการสกัด โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ พันธุ์เลิศ และคณะ (2554) และ Singthong และคณะ (2005) ที่พบว่าวัตถุดิบที่ตากแดดหรืออบแห้งแล้วให้ผลผลิตเพกทินสูงกว่าวัตถุดิบสด ส่วนลักษณะปรากฏของเพกทินที่สกัดได้จากวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่ายังคงให้สีน้ำตาล แม้จะผ่านกระบวนการล้างสีด้วยเอธานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 และอะซีโทน อย่างละ 3 ครั้ง ซึ่งอาจเป็นเพราะวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นส่วนเปลือกนอกของผลส้มโอที่มีรงควัตถุตามธรรมชาติอยู่เป็นปริมาณมาก

1.2 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัดเพกทินจากเปลือกส้มโอ ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3 พบว่าที่อุณหภูมิในการสกัด 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส ให้ค่าปริมาณเพกทินที่สกัดได้เป็นร้อยละ 22.99 , 22.55 และ 22.75 ซึ่งสูงที่สุดโดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพันธุ์เลิศ และคณะ (2554) ที่พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดเพกทินอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่สูง (70-85 องศาเซลเซียส) และพบว่าคุณสมบัติของเพกทินที่สกัดได้เป็นประเภทเมทอกซิลต่ำทุกสิ่งทดลอง (%DE<50) ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดเพกทินในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากประหยัดพลังงานมากกว่า

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของปริมาณเพกทิน ค่าเฉลี่ย % DE และปริมาณเมท็อกซิลที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอที่อุณหภูมิการสกัดแตกต่างกัน

อุณหภูมิในการสกัด (องศาเซลเซียส)	ค่าเฉลี่ย % Yield ของเพกทินที่ได้	ค่าเฉลี่ย % DE	ปริมาณเมทอกซิล (%)
50	13.35 ± (1.03)[a]	40.72 ± (0.43)	6.65
60	19.91 ± (0.84)[b]	40.40 ± (0.57)	6.60
70	22.99 ± (0.67)[c]	39.97 ± (0.34)	6.53
80	22.55 ± (0.44)[c]	40.35 ± (0.61)	6.59
90	22.75 ± (0.55)[c]	40.53 ± (0.35)	6.62

[a-c] Means within the same column followed by different letters were significantly different (p≤0.05)

1.3 ผลการศึกษา pH ที่เหมาะสมต่อการสกัดเพกทินจากเปลือกส้มโอ ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4 พบว่าที่พีเอชในการสกัด 2 และ 3 ให้ค่าปริมาณเพกทินที่สกัดได้เป็นร้อยละ 22.51 และ 22.56 ซึ่งสูงที่สุดโดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชวนิฏฐ์ และคณะ (2548) ที่พบว่าพีเอชที่เหมาะสมในการสกัดเพกทินจากกากส้มอยู่ในช่วงพีเอชที่ต่ำ (pH 3) และพบว่าคุณสมบัติของเพกทินที่สกัดได้เป็นประเภทเมทอกซิลต่ำทุกสิ่ง

ทดลอง (%DE<50) ดังนั้นจึงเลือกพีเอช 3 เป็นค่าพีเอชที่เหมาะสมในการสกัดเพื่อใช้ในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากใช้สารเคมีในการปรับค่าพีเอชน้อยกว่า

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของปริมาณเพกทิน ค่าเฉลี่ย %DE และปริมาณเมท็อกซิลที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอที่ pH การสกัดแตกต่างกัน

pH ในการสกัด	ค่าเฉลี่ย % Yield ของเพกทินที่ได้	ค่าเฉลี่ย % DE	ปริมาณเมทอกซิล (%)
2	22.51 ± (0.39)[a]	40.20 ± (0.35)	6.56
3	22.56 ± (0.24)[a]	40.27 ± (0.25)	6.57
4	19.37 ± (0.35)[b]	40.46 ± (0.73)	6.61
5	17.69 ± (0.43)[c]	41.52 ± (0.16)	6.78
6	15.53 ± (0.46)[d]	41.01 ± (0.14)	6.69

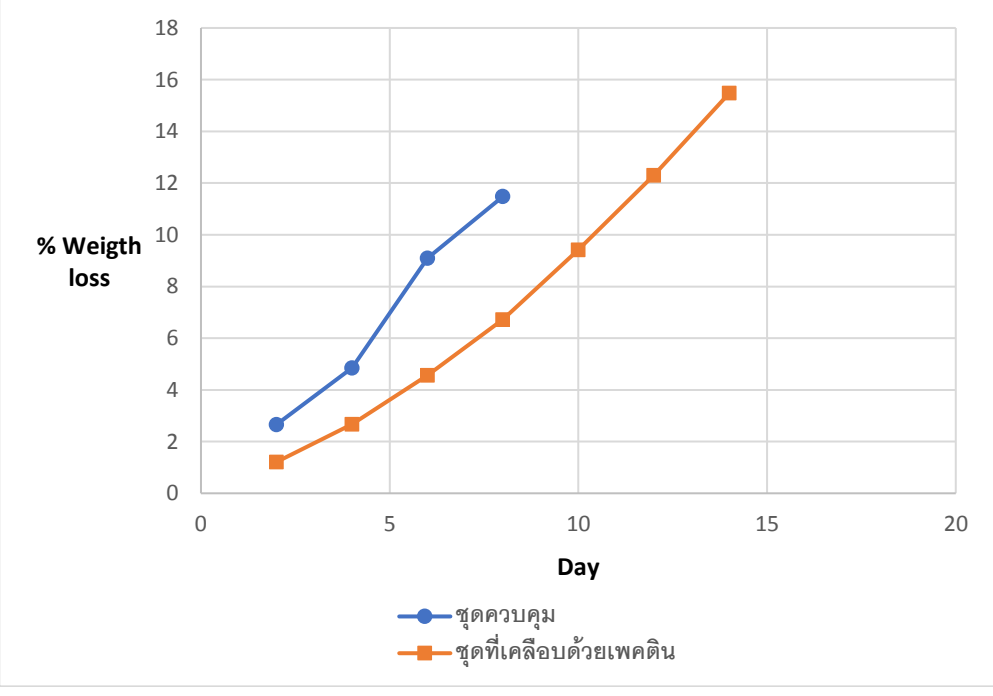
[a-d] Means within the same column followed by different letters were significantly different ($p \leq 0.05$)

2. ผลการศึกษาผลของการใช้เพกทินจากเปลือกเหลือทิ้งของส้มโอเป็นสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สุก

จากการทดลองนำเพกตินที่ได้ไปเคลือบผิวมะม่วงสุกโดยวิธีการจุ่ม (dipping method) เป็นเวลา 1 นาที ผึ่งลมให้ผิวแห้งสนิท แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงสุกในชุดควบคุมจะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.66 ไปถึงร้อยละ 11.48 ในระยะเวลาเพียง 8 วัน แต่มะม่วงที่ถูกเคลือบผิวด้วยเพกทินจากเปลือกส้มโอมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1.21 ไปจนถึงร้อยละ 15.48 ในระยะเวลา 14 วัน ดังแสดงในตารางที่ 5 และภาพที่ 1 เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า พบการเริ่มเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์บริเวณผิวของมะม่วงตั้งแต่วันที่ 6 ในชุดควบคุม และวันที่ 10 ในกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการเคลือบผิวด้วยเพกทิน ดังแสดงในภาพที่ 2 และ 3 แสดงว่าการเคลือบผิวด้วยเพกทินจากเปลือกส้มโอสามารถช่วยลดอัตราการสูญเสียน้ำหนักและยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงสุกได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Menezes and Athmaselvi (2016) ว่าสารเคลือบผิวผลไม้จากเพกทินสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลละมุด (sapota fruit) ได้นานถึง 11 วัน โดยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ เช่นการสูญเสียน้ำ ค่าพีเอช ค่าความแน่นเนื้อ และปริมาณกรดแอสคอร์บิคอีกด้วย

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงสุก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเคลือบผิวและไม่เคลือบผิวด้วยเพกทินที่สกัดจากเปลือกส้มโอ

วันที่	% weight loss	
	ชุดควบคุม	ชุดที่เคลือบด้วยเพกทิน
2	2.66 ± (0.55)	1.21 ± (0.28)
4	4.85 ± (0.61)	2.67 ± (0.35)
6	9.10 ± (0.92)	4.57 ± (0.42)
8	11.48 ± (0.25)	6.72 ± (0.57)
10	-	9.42 ± (0.40)
12	-	12.30 ± (0.65)
14	-	15.48 ± (0.20)
16	-	-



ภาพที่ 1 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงสุก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเคลือบผิวและไม่เคลือบผิวด้วยเพกทินที่สกัดจากเปลือกส้มโอ

ภาพที่ 2
เริ่มพบการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ที่ผิวมะม่วงสุก เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า ในวันที่ 6 ของชุดควบคุม

ภาพที่ 3 เริ่มพบการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ที่ผิวมะม่วง เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าในวันที่ 10 ของผิวมะม่วงที่เคลือบด้วยเพกทินจากเปลือกส้มโอ

อภิปรายผล

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพกทินจากเปลือกส้มโอที่มีเขตเพาะปลูกในอำเภอบ้านแท่น จังหวัดชัยภูมิ พบว่าการเตรียมวัตถุดิบโดยใช้ตู้อบลมร้อน และใช้อุณหภูมิในการสกัด 70 องศาเซลเซียส ค่าพีเอช 3 สามารถสกัดเพกทินจากเปลือกส้มโอได้ในปริมาณมากที่สุด (ร้อยละ 22.99) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชวนิฏฐ์ และคณะ (2548) ที่พบว่าพีเอชที่เหมาะสมในการสกัดเพกทินจากกากส้มอยู่ในช่วงที่มีความเป็นกรดสูง และเพกทินที่สกัดได้มีปริมาณเมทอกซิลต่ำอยู่ในช่วงร้อยละ 6.5-6.8 ซึ่งไม่จำเป็นต้องอาศัยน้ำตาลในการเกิดเจล และมีระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชันอยู่ในช่วง 40.0-41.5 เมื่อนำเพกทินที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการเป็นสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการก็บรักษามะม่วง พบว่าสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ที่ผิวของมะม่วงได้จาก 6 วันเป็น 10 วัน เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Menezes and Athmaselvi (2016) ว่าสารเคลือบผิวผลไม้จากเพกทินสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลละมุด (sapota fruit) ได้

1. เพกทินที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอมีสีที่ค่อนข้างเข้มออกสีน้ำตาลอมแดง แม้ว่าจะมีกระบวนการล้างสีออกด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 และอะซีโทน 3 ครั้งแล้วก็ตาม ซึ่งอาจเป็นเพราะวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นส่วนเปลือกของผลที่มีรงควัตถุตามธรรมชาติอยู่เป็นปริมาณมาก เมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอาจมีผลกระทบต่อสีของผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นควรมีกระบวนการในการกำจัดสีออกจากเพกทินเสียก่อนจึงจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้าได้อย่างแพร่หลาย

2. กระบวนการในการชะล้างสีของเพกทินที่สกัดได้จากใบเครือหมาน้อยในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการล้างด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 สลับกับอะซีโทน 3 ครั้ง แต่อะซีโทนเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) ที่มีกลิ่นและไอระเหยรุนแรง เป็นอันตรายต่อเยื่อบุต่างๆ ในร่างกาย จึงควรที่จะต้องมีการป้องกันและมีความระมัดระวังในการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดนี้

3. งานวิจัยนี้ไม่ได้มีการวัดคุณสมบัติและความบริสุทธิ์ของเพกทิน เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการวิจัยไม่ได้มุ่งเน้นการนำเพกทินไปใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อาหาร แต่ใช้ในการศึกษาการเคลือบผิวผลไม้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการวัดและเก็บข้อมูลเพียงปริมาณเพกทินที่สกัดได้ ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชัน และปริมาณเมทอกซิล ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลถึงการเกิดเจลของเพกทินเท่านั้น

องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษา

จากการวิจัยพบว่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรหลายชนิด เช่นเปลือกส้มโอ มีปริมาณเพกทินสูง สามารถนำมาผ่านกระบวนการสกัดเพื่อใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหารได้ และยังสามารถประยุกต์ใช้ในการเคลือบผิวผลไม้เปลือกบาง เช่นมะม่วงสุก เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้นได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

กรมศุลกากร. (2552). *สถิติการนำเข้าและส่งออก.*แหล่งที่มา : http://www.costoms.go.th/Statistic/Statisticindex.jsp. 24 พฤจิกายน 2552.

ก่องกานดา ชยามฤต และ ลีนา ผู้พัฒนพงศ์. (2545). *สมุนไพรไทย ตอนที่ 7*. โรงพิมพ์ประชาชาติจำกัด. กรุงเทพฯ.

ชวนิฏฐ์ สิทธิดิลกรัตน์, พิลาณี ไวถนอมสัตย์, จิราภร เชื้อตระกูล และ ปริศนา สิริอาชา. (2548). *การผลิตเพกทินจากเปลือกและกากส้มเหลือทิ้ง. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43 : สาขาสัตว์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร.* 469-480. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชินานาฏ วิทยาประภากร และ สมัชญ์ ทวีเกษมสมบัติ. (2555). *การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพกทินจากวัสดุทางการเกษตร.* วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5. 183-189. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

พันธุ์เลิศ พรหมสาขา ณ สกลนคร. (2554). *การพัฒนากระบวนการผลิตเพกทินจากใบเครือหมาน้อยและการประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร*. บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิเชษฐ์ เทบำรุง. (2546). *การสกัดเพกทินจากใบกรุงเขมา.* บัณฑิตวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

โสรญา รอดประเสริฐ. (2557). สารเคลือบผิวผลไม้มีประโยชน์อย่างไร. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ, 62 (196), 2557. 41-43.

องอาจ เด็ดดวง. (2553). *การเปรียบเทียบเพกทินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพกทินมาตรฐาน.* บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อรพิน ภูมิผมร. (2523). *คาร์โบไฮเดรตในอาหาร : พอลีแซ็คคาไรด์.* กรุงเทพฯ: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Menezes J. and Athmaselvi K.A. (2016). *Study on effect of pectin based edible coating on the shelf life of sapota fruits*. Biosciences Biotechnology Research Asia. 13(2). 1195-1199.

Pilnik, W. and Voragen, A.G.J. (1991). The significance of endogenous and exogenous pectic enzyme in fruit and vegetable processing. *In* P.F. Fox (ed.). *Food Enzomol*. *1*, Elsevier Science Publisher, Amsterdam. 303-336

Sinthong, J., Cui, S.W., Ningsanond, S. and Goff, H.D. (2004). Structural characterization, degree of esterification and some gelling properties of Krueo Ma Noy (*Cissampelos pareira*) pectin. *Carbohydr. Polym. 58*, 391-400