

สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอด้วยสารละลายกรด

(Optimization of Acid Extraction Pectin from Pummelo Peel)

ฉัตรชัย สังข์ฟูค¹
Chatchai Sungpud¹

จิราภรณ์ สังข์ฟูค²
Jeeraporn Sungpud²

จินตนา แก้วชนะ³
Jintana Kaewchana³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอให้ได้ปริมาณผลผลิตสูงสุดจากการศึกษาใช้สารละลายกรด 4 ชนิดในการสกัด คือ กรดซัลฟูริก กรดไฮโดรคลอริก EDTA และกรดซิตริก พบว่าการสกัดด้วยกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที ได้ปริมาณเพคตินสูงสุดเท่ากับ 29.19±0.93 เปอร์เซ็นต์ แต่เพคตินที่สกัดได้จะมีลักษณะปรากฏเป็นสีดำ ($L^* = 29.88 \pm 0.61$) ส่วนการสกัดด้วยสารละลาย EDTA ได้ปริมาณเท่ากับ 20.28±0.56 เปอร์เซ็นต์ และ เพคตินจะมีค่าความสว่างมากกว่าการใช้สารละลายชนิดอื่นๆ ($L^* = 67.41 \pm 0.16$) เมื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดเพคตินด้วยสารละลาย EDTA โดยแปรระดับความเข้มข้นของ EDTA เป็น 4 ระดับ คือ 0.5 1.0 2.0 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ แปรระดับอุณหภูมิในการสกัดเป็น 5 ระดับ คือ 60 70 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส และแปรระยะเวลาในการสกัดเป็น 4 ระดับ คือ 15 30 60 และ 90 นาที พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดคือ สารละลาย EDTA เข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ต้มสกัดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาที จะได้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 28.06±0.54 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$) การใช้สารละลาย EDTA ความเข้มข้นมากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถสกัดได้เนื่องจากมีผลึกของ EDTA จับตัวรวมอยู่กับเพคติน

Keywords: การสกัด, เพคติน, ส้มโอ
Extraction, Pectin, Pummelo

¹ อาจารย์โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

² นักวิชาการประจำศูนย์วิทยาศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

³ นักศึกษาโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

บทนำ

pektin เป็น โพลีเมอร์สายยาวของกรดกาแลคทูโรนิกเป็นจำนวนมากต่อเป็นสายโพลีเมอร์ด้วยพันธะแอลฟา-1,4-glycosidic (Northcote,1986) สารpektinมักพบมากในส่วนของมีมดิลลาเมลลา (middle lamella) ของผนังเซลล์ (cell wall) ของพืช เนื้อเยื่อที่พบของสารประกอบpektinมาก คือ ส่วนของเปลือก แคน และเนื้อเยื่อสีขาวของเปลือกผลไม้ตระกูลส้ม (citrus fruit) (Brian , 1977) Pektin มีใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เป็นส่วนผสมในการผลิตแยม เยลลี่ มาร์มาเลด ไอศกรีม และน้ำผลไม้บรรจุกระป๋อง เป็นต้น ซึ่งมีการนำมาใช้ประโยชน์โดยเป็นสารเพิ่มความหนืด เป็นสารเพิ่มความคงตัวหลายประเภท ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มที่ละลายน้ำได้ (soluble dietary fiber) ประเภทเดียวกับกัม (gum) สามารถรวมตัวกับน้ำในปริมาณมาก เกิดการกระจายของโครงสร้างที่อัดแน่นและสามารถแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้า โดยมีคุณสมบัติในการลดระดับน้ำตาลและคลอเรสเตอรอลในกระแสเลือดได้ (ดวงจันทร์, 2545) Pektin ที่ใช้ในประเทศไทยยังไม่มีการผลิตเป็นการค้า ส่วนมากนำเข้าจากต่างประเทศ เมื่อปี 2548 มีการนำเข้า Pektin 1,115,266 กิโลกรัม มีมูลค่าถึง 335,043,855 บาท (กรมศุลกากร, 2548) ในขณะที่ประเทศไทยคุมไปด้วยผักและผลไม้เศรษฐกิจมากมายหลายชนิด ที่นำมาใช้ในการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าแล้ว มีวัสดุเหลือทิ้งต่างๆ ที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ ซึ่งสร้างภาระในการกำจัดและเกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม การสกัดpektinจากวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าวเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปผักและผลไม้ในท้องถิ่น

ส้มโอมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ Citrus Maxima พันธุ์ที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายและเป็นที่ต้องการของตลาดมี 3 พันธุ์ คือ ขาวพวง ขาวแป้น ขาวทองดี ในปี 2548 มีผลผลิตรวมเพื่อการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก 276,628 ล้านบาท

จะเพิ่มขึ้นอีกในปี 2549 และ ปีต่อ ๆ ไป ส่งผลให้ส้มโอมีราคาถูก ประมาณ ลูกละ 2-10 บาท จากการทดลองขั้นต้นพบว่าเปลือกผลสีขาวของส้มโอมีpektin ประมาณ 20-30 %

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดpektinจากเปลือกส้มโอ โดยศึกษาชนิดของสารละลาย ระดับความเข้มข้น อุณหภูมิ และเวลาในการสกัด โดยมุ่งเน้นให้ได้pektin ที่มีปริมาณของผลผลิตสูง มีลักษณะที่ดีเหมาะสำหรับการใช้งาน และสามารถนำไปเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งให้ประโยชน์ด้านต่างๆ อาทิ การเพิ่มความหนืดในอาหาร การทำให้อิมัลชันคงตัว การเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้แก่ผลิตภัณฑ์ในแง่สุขภาพ รวมทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลไม้ในท้องถิ่น

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุอุปกรณ์

- ส้มโอพันธุ์ทองดี จากบ้านแสงวิมาน อ.ปากพั้ง จ. นครศรีธรรมราช
- กรดซัลฟูริก (Sulfuric Acid; H₂SO₄)
- กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric Acid; HCl)
- กรดซิตริก (Citric Acid; C₆H₈O₇)
- อีดีทีเอ (EDTA; C₁₀H₁₆N₂O₈)
- เอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์

2. เครื่องมือ

- เตาไฟฟ้าชนิดแผ่นให้ความร้อนและกวนสารละลายด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ยี่ห้อ JENWAY รุ่น 1203
- คูบ ยี่ห้อ Memmert รุ่น UM500
- เครื่องบด ยี่ห้อ WARING COMMERCIAL รุ่น 32 BL 79
- ชุดเครื่องกรองพร้อมปั๊ม ยี่ห้อ A.O. Smith รุ่น AC.moter
- ตู้ดูดความชื้น ยี่ห้อ Sanolate corp
- เครื่องร่อนแยกขนาดอนุภาค ยี่ห้อ Sieve Shaker

3. วิธีการทดลอง

ในแต่ละขั้นตอนการศึกษาจะกำหนดจำนวนซ้ำ (Replication) เท่ากับ 3 ซ้ำ

3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อสีขาวของเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี มาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 12-48 ชั่วโมง วัดความชื้นตามวิธี AOAC (2000) ให้มีความชื้นไม่เกิน 6-8 เปอร์เซ็นต์ บดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า ร่อนแยกขนาดอนุภาคด้วยตะแกรงร่อนแยกอนุภาค ให้มีขนาดอนุภาคน้อยกว่า 500 ไมครอน บรรจุใส่ถุงพลาสติกปิดสนิทเก็บไว้ในโถสุญญากาศ

3.2 วิธีการสกัดเพคตินโดยทั่วไป

ซึ่งเปลือกส้มโออบแห้ง 5 กรัม ใส่ในเหยือกสแตนเลสขนาด 500 ml เติมสารละลายกรดต่างๆ ตามแผนการทดลอง 300 ml ต้มสกัดบนเตาไฟฟ้า ชนิดเหนียวให้ความร้อน และกวนสารละลายด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิและระยะเวลาตามกำหนด กรองผ่านผ้าลินินสองชั้น บีบเอาสารละลายออก เก็บสารละลายที่กรองได้ไว้ ส่วนกากที่ผ่านการสกัดครั้งแรกนำไปสกัดซ้ำอีกครั้งด้วยวิธีการเดิม แล้วนำสารละลายที่กรองได้ทั้งสองครั้งมารวมกัน แล้วกรองซ้ำอีกครั้งผ่านผ้าลินินด้วยเครื่อง Buchner funnel โดยใช้ไม้ช่วยในการกรอง นำสารละลายชั้นหนึ่งที่ได้มาตกตะกอนด้วย Alcohol (95% ethanol) ปริมาตร 1 เท่า ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 12 ชั่วโมง แล้วกรองผ่านผ้าลินินด้วยเครื่อง Buchner funnel โดยใช้ไม้ช่วยในการกรอง อบแห้งด้วยตู้อบอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส บดเป็นผงด้วยเครื่องบดไฟฟ้า นำเพคตินที่ได้มาหาลำร้อยละของผลผลิต (%Yield) และวัดค่าสีระบบ CIE ($L^* a^* b^*$)

$$\text{ปริมาณผลผลิต (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเพคตินหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักเปลือกส้มโอเริ่มต้น}}$$

3.3 การศึกษาผลของชนิดของสารละลายที่ใช้สกัด

ซึ่งเนื้อเยื่อสีขาวของเปลือกส้มโออบแห้งมา 5 กรัม เติมสารละลายกรดซัลฟูริกกรดไฮโดร-คลอริก กรดซิตริก และ EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ทำการสกัดตามวิธีการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที

3.4 การศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของสารละลาย

ซึ่งเนื้อเยื่อสีขาวของเปลือกส้มโออบแห้ง 5 กรัม เติมสารละลาย EDTA ทำการสกัดตามวิธีการสกัด โดยแปรระดับความเข้มข้นของสารละลาย EDTA เป็น 4 ระดับคือ 0.5, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ สกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที

3.5 การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัด

ซึ่งเนื้อเยื่อสีขาวของเปลือกส้มโออบแห้ง 5 กรัม เติมสารละลาย EDTA 1% ทำการสกัดตามวิธีการสกัด โดยแปรระดับอุณหภูมิของสารละลายเป็น 60, 70, 80, 90 และ 100 °C เวลา 30 นาที

3.6 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัด

ซึ่งเนื้อเยื่อสีขาวของเปลือกส้มโออบแห้ง 5 กรัม เติมสารละลาย EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ทำการสกัดตามวิธีการสกัดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยแปรระดับเวลาที่ใช้ในการสกัดเป็น 15 30 60 และ 90 นาที

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan, s new Multiple Rang Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SPSS 10.0 for Window

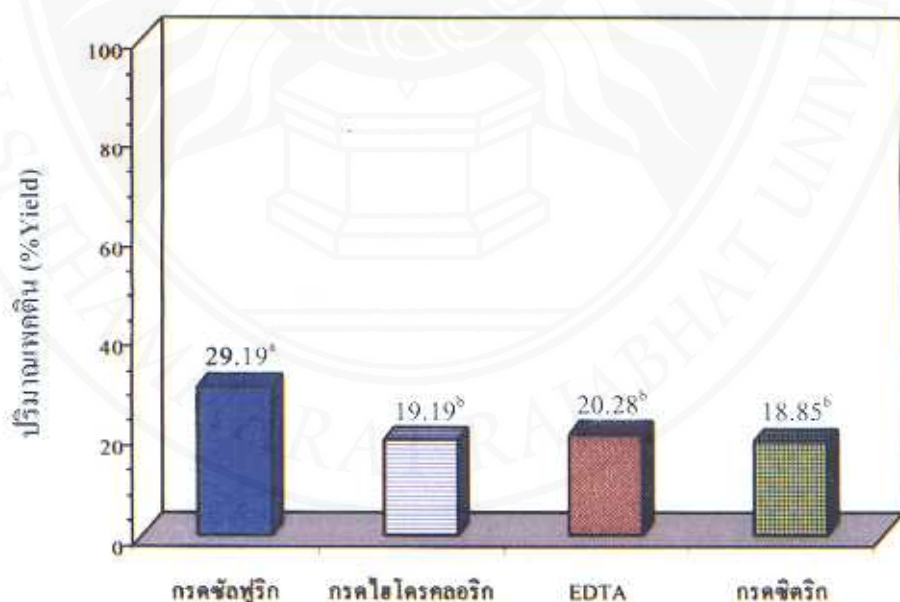
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลของชนิดของสารละลายที่ใช้สกัด

จากการทดลองสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอด้วยสารละลายกรด 4 ชนิด คือ ซัลฟูริก ไฮโดรคลอริก EDTA และซिटริกที่ระดับความเข้มข้นเปอร์เซ็นต์ที่การสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ตกตะกอนด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 95% ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นำมาหาค่าปริมาณผลผลิต (% Yield) และค่าสี ($L^* a^* b^*$) พบว่า ชนิดของสารละลายมีผลต่อปริมาณผลผลิต โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) การสกัดด้วยกรด ซัลฟูริก จะให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 29.19 ± 0.93 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใช้สารละลาย EDTA จะให้ผลผลิตเป็นอันดับสองเท่ากับ 20.28 ± 0.56 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 1) และการใช้สารละลายกรดซिटริกจะให้ผลผลิตต่ำสุด (18.85 ± 1.43 %) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเพคตินที่อยู่ ในเปลือกส้มโอเป็นชนิดโปรโตเพคตินที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ ต้องใช้กรดช่วยในการ ไฮโดรไลส (hydrolyse) เพื่อทำลาย

โครงสร้างของผนังเซลล์ทำให้เพคตินหลุดออกมาได้มากขึ้น (ขนิษฐา, 2544) จะเห็นได้ว่าการใช้กรดซัลฟูริก และกรดไฮโดรคลอริกจะสามารถสกัดเพคตินออกมาได้ มากที่สุด

ดังนั้นการใช้สารละลายต่างชนิดกันในการสกัดทำให้ปริมาณเพคตินที่ได้ต่างกัน เมื่อพิจารณาจากความสว่าง (L^*) ของเพคตินที่สกัดได้ พบว่าชนิดสารละลายที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อค่าสี โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) การใช้กรดซัลฟูริกในการสกัดส่งผลให้ค่าความสว่างต่ำสุดเท่ากับ 29.88 ± 1.61 เพคตินที่ได้มีลักษณะปรากฏเป็นสีดำ (ตารางที่ 1) อาจเนื่องมาจากกรดซัลฟูริกเป็นส่วนประกอบของกำมะถันออกไซด์ เมื่อใช้ความเข้มข้นสูง ๆ จะเกิดการออกซิไดซ์ทำให้ เพคตินที่สกัดได้มีสีดำ และอาจจะมีสารตกค้างซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ส่วนการใช้สารละลาย EDTA จะให้ค่าความสว่างสูงสุดเท่ากับ 67.41 ± 0.16 เพคตินจึงมีลักษณะปรากฏเป็นสีขาวครีม ดังนั้นผู้วิจัยจึงคัดเลือกสารละลาย EDTA มาศึกษาต่อต่อไป



ภาพที่ 1 ปริมาณเพคตินจากเปลือกส้มโอที่สกัดด้วยสารละลาย 4 ชนิด





หมายเหตุ : เครื่องหมาย a และ b แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

2. ผลระดับความเข้มข้นของสารละลาย EDTA

จากการทดลองแปรระดับความเข้มข้นของสารละลาย EDTA เป็น 0.5 1 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์สกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ตกตะกอนด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % ทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นำมาหาค่าปริมาณร้อยละของผลผลิต (% Yield) และค่าสี (L^* a^* b^*) พบว่าระดับความเข้มข้นของสารละลาย EDTA ที่ใช้มีผลต่อปริมาณผลผลิต เพคตินที่สกัดได้ โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) การสกัดด้วยสารละลาย EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ จะได้ปริมาณเพคตินเท่ากับ 12.32 ± 4.2 และ 20.28 ± 5.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ส่วนการใช้สารละลาย EDTA ความเข้มข้นมากกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ (2 และ 3%) สารที่สกัดได้จะมีน้ำหนัก

เพิ่มขึ้น เนื่องจากผลึกของ EDTA เกาะที่ผิวของเพคตินในขั้นตอนการตกตะกอนด้วยแอลกอฮอล์ ทั้งนี้อาจเนื่องจากสารละลาย EDTA มีส่วนประกอบของเกลืออะซิเตต เมื่อทำปฏิกิริยากับเพคตินจะทำให้เกิดเป็นผลึกของเกลืออะซิเตตไปเกาะกับผิวของเพคติน ทำให้เพคตินที่สกัดได้เป็นเพคตินที่ไม่บริสุทธิ์ เมื่อนำเพคตินที่สกัดได้มาวัดค่าสี พบว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารละลาย EDTA เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าความสว่างของเพคตินสูงขึ้น โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) การสกัดด้วยสารละลาย EDTA ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์จะให้ค่าความสว่างสูงสุด (ตารางที่ 3) เนื่องจากมีผลึกของเกลืออะซิเตตอยู่สูง ดังนั้นจึงคัดเลือกสารละลาย EDTA ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มาศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 ค่าสีของเพคตินจากเปลือกส้มโอที่สกัดได้ด้วยสารละลายชนิดต่างๆ

ตัวทำละลาย	ค่าสีระบบ CIE Color System			ภาพเพคติน
	L^*	a^*	b^*	
กรดซัลฟูริก	$29.88^{\pm 1.61}$	$2.50^{\pm 0.20}$	$10.93^{\pm 0.72}$	
กรดไฮโดรคลอริก	$51.18^{\pm 0.19}$	$2.00^{\pm 0.08}$	$15.54^{\pm 0.09}$	
EDTA	$67.41^{\pm 0.16}$	$1.54^{\pm 0.19}$	$12.89^{\pm 0.26}$	
กรดซิตริก	$67.04^{\pm 0.25}$	$1.61^{\pm 0.08}$	$17.20^{\pm 0.02}$	

หมายเหตุ: เครื่องหมาย a b c และ d ในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

¹CIE color value : L^* = ค่าความสว่าง (100= สว่าง, 0= ดำ)





a^* = (+) คือสีแดง, (-) คือ สีเขียว

b^* = (+) คือสีเหลือง, (-) คือสีน้ำเงิน

ตารางที่ 2 ปริมาณเพคตินที่สกัดได้ด้วยสารละลาย EDTA ความเข้มข้นต่าง ๆ

EDTA (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณเพคติน (% Yield)
0.5	12.32
1	20.28
2	73.22 (มีผลึกของ EDTA เกาะที่ผิวเพคติน)
3	84.16 (มีผลึกของ EDTA เกาะที่ผิวเพคติน)

ตารางที่ 3 ค่าสีของเพคตินที่สกัดได้ด้วยสารละลาย EDTA ความเข้มข้นต่าง ๆ

EDTA (เปอร์เซ็นต์)	ค่าสีระบบ CIE Color System			ภาพเพคติน
	L*	a*	b*	
0.5	64.83 ^d ±0.30	1.43 ^a ±0.19	15.91 ^a ±0.36	
1	67.41 ^c ±0.16	1.54 ^a ±0.19	12.90 ^b ±0.26	
2	86.39 ^b ±0.03	-0.87 ^b ±0.08	8.36 ^c ±0.02	
3	90.20 ^a ±0.16	-1.57 ^c ±0.12	4.96 ^d ±0.05	

หมายเหตุ : เครื่องหมาย a b c และ d ในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

¹CIE color value : L* = ค่าความสว่าง (100= สว่าง, 0= ต้ม)

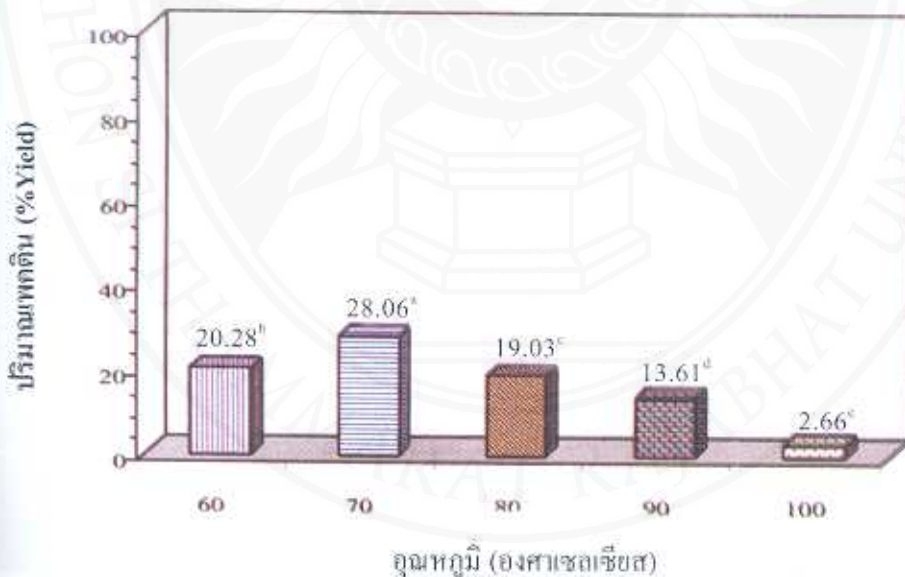
a* = (+) คือสีแดง, (-) คือ สีเขียว

b* = (+) คือสีเหลือง, (-) คือสีน้ำเงิน

3. ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด

อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อปริมาณผลผลิต และค่าสีของเพคติน โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) การสกัดที่อุณหภูมิต่ำ (60°C) จะได้ปริมาณผลผลิตเท่ากับ $20.28 \pm 0.56\%$ (ภาพที่ 2) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้อุณหภูมิต่ำ ($< 70^{\circ}\text{C}$) เพคตินที่อยู่ในรูปโปรโตเพคตินจะออกมาได้น้อยจึงส่งผลให้ได้ปริมาณเพคตินต่ำ การสกัดที่อุณหภูมิ 70°C จะให้ผลผลิตสูงสุด ($28.06 \pm 0.54\%$) เนื่องจากอุณหภูมิระดับนี้สามารถทำลายโครงสร้างของผนังเซลล์ได้อย่างทั่วถึงทำให้เพคตินที่อยู่ในชั้นมีเลคูลาแลลาของผนังเซลล์สายตัวออกมาได้มาก (จิราพร, 2547) แต่เมื่อใช้อุณหภูมิในการสกัดสูงขึ้นเป็น $80-100^{\circ}\text{C}$ ปริมาณเพคตินที่สกัดได้จะลดลงอย่างต่อเนื่อง เพราะการใช้อุณหภูมิสูงส่งผลให้เพคตินที่มีโพลีเมอร์สายยาวของกรดกลูโคนิกถูกรบกวนย่อยสลาย หรือถูกตัดขาดให้อยู่ในรูปโพลีเมอร์สายสั้นทำให้ เพคตินไม่สามารถกลายเป็นเจลได้

(Brian, 1977 อ้างจาก จิราพร, 2549) เมื่อนำมาตกตะกอนด้วยเอธานอลจึงไม่เกิดเป็นเจลทำให้ปริมาณผลผลิตของเพคตินต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ สุวักข์ (2518), จิราพร (2547) และ จิราพร (2549) กล่าวไว้ว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นจะได้ปริมาณเพคตินเพิ่มขึ้นในช่วงแรก ๆ จะสูงขึ้นถึงระดับหนึ่งแล้วปริมาณ เพคตินจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่ออุณหภูมิในการสกัดสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า การสกัดที่อุณหภูมิสูง (100°C) คุณภาพด้านค่าความสว่างของสีลดลงต่ำสุด ($L^* = 63.82 \pm 2.22$) ส่วนการสกัดที่อุณหภูมิ 80°C ค่าความสว่างของสีสูงสุด ($L^* = 74.98 \pm 0.23$) โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วน a^* มีค่าอยู่ในช่วง $0.36-2.55$ ซึ่งมีค่าเป็น (+) และค่า b^* อยู่ในช่วง $9.54-19.43$ แสดงว่าเพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มโออยู่ในกลุ่มสีเหลืองอมส้ม (ตารางที่ 4) ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินผงจากเปลือกส้มโอคือ 70°C



ภาพที่ 2 ปริมาณเพคตินจากเปลือกส้มโอที่สกัดด้วยอุณหภูมิต่าง ๆ






หมายเหตุ : เครื่องหมาย a-e แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4. ผลของเวลาที่ใช้ในการสกัดเพคตินผงจากเปลือกส้มโอ

ระยะเวลาในการสกัดมีผลต่อปริมาณผลผลิตเพคติน การใช้เวลาในการสกัดน้อยจะได้ปริมาณเพคตินต่ำ แต่เมื่อใช้เวลานานขึ้นจะได้ปริมาณเพคตินสูงขึ้นพบว่าเวลา 30 นาที จะได้ปริมาณเพคตินมากที่สุด $28.06 \pm 0.54\%$ (ภาพที่ 3) โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการสกัดยาวนานจะสามารถทำลายโครงสร้างของผนังเซลล์ได้อย่างทั่ว ทำให้เพคตินที่อยู่ในชั้นมิดเดิลลามลลาของผนังเซลล์สลายตัวออกมาได้มาก (จิราพร, 2547) แต่เมื่อใช้เวลานานกว่า 30 นาที ปริมาณเพคตินจะลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากระยะเวลานานจะส่งผลให้เพคตินที่มี

โพลีเมอร์สายยาวของกรดกาแลคทูโรนิคถูกย่อยสลาย หรือถูกตัดขาดให้อยู่ในรูปโพลีเมอร์สายสั้น จึงทำให้เพคตินไม่สามารถอุ้มน้ำให้กลายเป็นเจลได้ (Brian, 1977 อ้างจากจิราพร, 2549) เมื่อนำมาตกตะกอนด้วยเอทานอลจึงไม่เกิดเจลทำให้ปริมาณผลผลิตของเพคตินต่ำ นอกจากนั้นการใช้เวลาในการสกัดนานขึ้นค่าความสว่างของสีเพคตินลดลง เมื่อใช้เวลานานในการสกัดน้อย (15 นาที) เพคตินที่ได้จะมีค่าความสว่างของสีสูงสุด ($L^*73.12 \pm 0.04$) โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 5) ส่วนการสกัดที่เวลานาน (90 นาที) ค่าความสว่างของสีต่ำสุด ($L^* = 60.98 \pm 0.06$) ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ คือ 30 นาที

ตารางที่ 4 ค่าสีของเพคตินที่สกัดด้วยสารละลาย EDTA ที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ

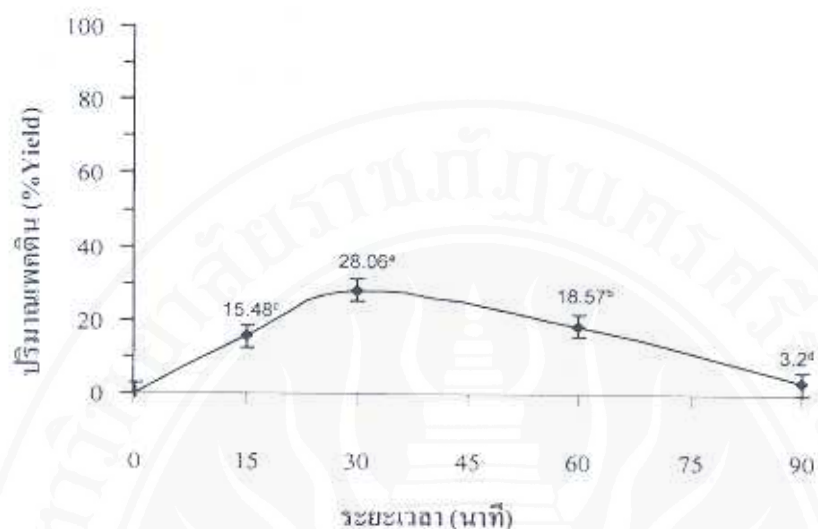
ระดับอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าสีระบบ CIE Color System			ภาพเพคติน
	L*	a*	b*	
60	$67.41^a \pm 0.16$	$1.54^b \pm 0.19$	$12.90^d \pm 0.26$	
70	$72.47^b \pm 0.07$	$2.55^b \pm 0.09$	$19.43^c \pm 0.10$	
80	$74.98^c \pm 0.23$	$1.49^b \pm 0.21$	$17.54^b \pm 0.13$	
90	$71.36^b \pm 1.0$	$0.36^c \pm 0.12$	$13.74^c \pm 0.08$	
100	$63.82^d \pm 2.22$	$0.80^d \pm 0.21$	$9.54^c \pm 0.92$	

หมายเหตุ: เครื่องหมาย a b c และ d ในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

¹CIE color value: L* = ค่าความสว่าง (100= สว่าง, 0= ดำ)

a* = (+) คือสีแดง, (-) คือ สีเขียว

b* = (+) คือสีเหลือง, (-) คือสีน้ำเงิน



ภาพที่ 3 ปริมาณเพคตินที่สกัดด้วยสารละลาย EDTA ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะเวลาต่างกัน

ตารางที่ 5 แสดงค่าสีของเพคตินที่สกัดด้วย EDTA โดยใช้ระยะเวลาต่างกัน

ระยะเวลา (นาที)	ค่าสีระบบ CIE Color System			ภาพเพคติน
	L*	a*	b*	
15	73.12 ^a ± 0.04	1.93 ^c ± 0.08	18.21 ^c ± 0.04	
30	72.47 ^b ± 0.07	2.55 ^b ± 0.10	19.43 ^b ± 0.10	
60	71.35 ^c ± 0.67	3.60 ^a ± 0.12	21.30 ^a ± 0.12	
90	60.98 ^d ± 0.06	0.63 ^d ± 0.10	13.58 ^d ± 0.04	

หมายเหตุ: เครื่องหมาย a b c และ d ในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

¹CIE color value: L* = ค่าความสว่าง (100= สว่าง, 0= ค่ำ)

a* = (+) คือสีแดง, (-) คือ สีเขียว

b* = (+) คือสีเหลือง, (-) คือสีน้ำเงิน

สรุปผลการทดลอง

การสกัดด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก 1 เปอร์เซ็นต์ จะให้ปริมาณเพกตินสูงสุดเท่ากับ 29.19+0.93 เปอร์เซ็นต์ แต่เพกตินที่สกัดได้จะมีลักษณะปรากฏเป็นสีดำ ส่วนการสกัดด้วย EDTA 1 เปอร์เซ็นต์ ได้ปริมาณเพกติน 20.28+0.56 เปอร์เซ็นต์ และค่าความสว่างของสีสูงสุด จึงคัดเลือกสารละลาย EDTA มาใช้ แต่เมื่อนำมาสกัดที่ระดับความเข้มข้นมากกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ เพกตินที่สกัดได้จะมีผลึกของ EDTA เกาะที่ผิว เพกตินที่ก่อให้เกิดเพกตินที่สกัดได้เป็นเพกตินที่ไม่บริสุทธิ์ ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพกตินจากเปลือกส้มโอ คือสกัดด้วยสารละลาย EDTA ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที จะให้ปริมาณเพกตินสูงสุด และเพกตินจะมีลักษณะสีเหลืองอมส้ม

เอกสารอ้างอิง

กรมศุลกากร. 2548. สถิติการนำเข้าเพกตินผง. สืบค้นจาก 13 (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก <http://www.customs.go.th>. 22 มี.ค. 2549.

ชนิมฐา เลิศชัยภูมิ. 2544. ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดเพกตินจากเนื้อเยื่อพืช. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต.ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 97 น.

จิราพร หนูตะพงศ์. 2547. การสกัดเพกตินผงจาก
 กรุงเทพมหานคร. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต.
 ศูนย์พัฒนาวิชาชีพ. 2518. การหาความสัมพันธ์
 ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการสกัดเพกติน
 ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขา
 เทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัย
 เกษตรศาสตร์.16

จิราภรณ์ สังข์มูล. 2549. การผลิตและคุณสมบัติของ
 เพกตินผงที่สกัดจากกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์
 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร
 การอาหารมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.139น.

ดวงจันทร์ เสงส์สวัสดิ์. 2545. โยอาหารเพื่อสุขภาพ.
 วารสารอาหาร, 32(2): 157-159.

AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis**
Association of Official Analytical Chemists.
 17.th Volume I. Gaithersburg, MD, USA ,
 Official Method 973.08.

Brian ,A.F. and Allan , G.C. 1977. **Food Science a**
Chemical Approach. Hodder & Stoughton.
 Norway. pp. 156-157.

Northcote, D.H. 1986. **Control of pectin synthesis**
and deposition during plant cell wall
growth, pp. 134-140. In: Fishman, M.L. and
 Jen, J.J. (eds). **Chemistry and Function of**
Pectins. American Chemical Society,
 Washington, DC.