

## ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสกัดเพคตินจากลูกตาลสุกด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอช FACTORS AFFECT PECTIN EXTRACTION PROCESS FROM RIPEN SUGAR PALM BY WATER WITHOUT pH ADJUSTING

จรรย์ญา อับดุลสลาม กิตติชัย บรรจง\*

Jarunya Abdulslam, Kittichai Banjong\*

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
Faculty of Agro-industry, King Mongkuts Institute of Technology Ladkrabang.

\*Corresponding author, E-mail: kittichai.ba@kmitl.ac.th

### บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ดำเนินการโดยใช้เนื้อลูกตาลสุกเป็นวัตถุดิบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการสกัดเพคตินโดยไม่ปรับอุณหภูมิและพีเอชในการสกัด ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ อัตราส่วนน้ำ พีเอช และอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ซึ่งทำการตรวจสอบผลกระทบต่อผลผลิตเพคตินที่ได้และคุณสมบัติของเพคติน พบว่าอัตราส่วนน้ำที่ใช้ในการสกัดคือ 1:3 1:5 1:7 1:9 และ 1:11 (เนื้อตาลสุก : น้ำ) ให้ผลผลิตเพคตินที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) และผลของการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอชให้ผลผลิตเพคตินสูงที่สุด ( $25.96 \pm 1.75$  %) ดังนั้นจึงเลือกสภาวะที่ให้ผลผลิตเพคตินสูงที่สุดคือการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช มาศึกษาคุณสมบัติของเพคติน เปรียบเทียบกับการสกัดแบบดั้งเดิม พบว่าคุณสมบัติของเพคตินคือ ปริมาณความชื้น เถ้า และปริมาณของกรดกาแลคทูโรนิกให้ผลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ส่วนผลการวิเคราะห์ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P\leq 0.05$ ) อย่างไรก็ตามเพคตินที่ได้จากลูกตาลสุกทั้ง 2 วิธียังจัดอยู่ในกลุ่มเพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำ ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถสกัดเพคตินจากเนื้อลูกตาลสุกได้ด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอชที่อุณหภูมิห้อง โดยได้เพคตินที่มีคุณสมบัติไม่แตกต่างกัน

**คำสำคัญ:** เพคติน การสกัด ลูกตาลสุก ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน

### Abstract

In this research, pectin was extracted from ripe Palmyra palm pulp which contained low methoxyl pectin. The purposes of this research was to develop pectin extraction method without alteration of the extraction temperature and pH. The effect of water ratio, pH, and temperature on the yield and quality characteristics of pectin were investigated. It was found that the water ratio used in the extraction 1:3, 1:5, 1:7, 1:9 and 1:11 (ripen sugar palm : water) did not significant affect the yield of pectin extracted ( $P>0.05$ ). The results showed that the extraction condition of unadjusted pH at room temperature gave highest pectin yield ( $25.96 \pm 1.75$  %). The pectin from a condition of unadjusted pH at room temperature and the pectin from conventional method were analyzed and then compared. The properties of pectin

including moisture content, ash content and galacturonic acid content was non - significantly different ( $P>0.05$ ). The pectin from both methods was categorized as low methoxy pectin even though the result of degree of esterification and methoxyl content showed significant difference ( $P\leq 0.05$ ). The results suggested that pectin from ripe Palmyra palm can be extracted successfully by water at room temperature.

**Keywords:** Pectin, Extraction, Ripen Sugar Palm, Degree of Esterification

## บทนำ

เพคตินเป็นสารประกอบโพลีเมอร์ที่พบในพืช จัดเป็นสารประกอบพวคาร์โบไฮเดรต ทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล [1] เพคตินถือได้ว่าเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่มีความซับซ้อน โครงสร้างส่วนใหญ่เชื่อมต่อกัน ด้วยพันธะแอลฟา 1,4 ไกลโคซิดิก (-1,4 glycosidic) [2] เพคตินมีสมบัติพิเศษคือ เมื่อรวมตัวกับน้ำตาลและกรดในปริมาณที่เหมาะสม จะเกิดเป็นเจลที่อ่อนนุ่ม ทำให้นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ แยม เยลลี่ เป็นสารที่ทำให้ข้นหนืด (Thickening Agent) เป็น stabilizer ป้องกันการตกตะกอน (Sedimentation) ของนมเปรี้ยว (Acidified Milk) โดยป้องกันการตกตะกอนของโปรตีนเคซีน (Casein) เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ซึ่งทำให้อิมัลชัน (Emulsion) มีความคงตัว โดยลดแรงตึงผิวระหว่างเฟสของน้ำมันและน้ำ และเป็น Prebiotic เป็นอาหารของแบคทีเรียกลุ่ม Probiotic ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ร่างกาย เป็นส่วนผสมของ Functional Food [3] นอกจากนี้อุตสาหกรรมอาหารแล้วยังมีการนำเพคตินไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ อีกมากทั้งทางเภสัชกรรม การแพทย์ เครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร

ในปัจจุบันมีการนำเข้าเพคตินจากต่างประเทศ คิดเป็นมูลค่าจำนวนมาก ทำให้เกิดงานวิจัยเกี่ยวกับการสกัดเพคตินจากแหล่งต่างๆ โดยใช้วัตถุดิบหรือเศษเหลือจากผลผลิตทางการเกษตรภายในประเทศไทยมาสกัดเพคติน [4-8]

และได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสกัดเพคตินจากลูกตาลโดยใช้ส่วนต่างๆ [9-12] ทุกส่วนของลูกตาลไม่ว่าจะเป็นเปลือก เนื้อ จาว และเมล็ด มีองค์ประกอบของเพคตินชนิดหมู่เมธิลเอธิลต่ำ (Low Methoxyl Pectin) และเพคตินดังกล่าวจะมีปริมาณมากที่สุดในเนื้อลูกตาลสุกประมาณร้อยละ 20 เนื้อลูกตาลสุกจึงเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจสำหรับงานวิจัยนี้

การสกัดเพคตินสามารถสกัดได้หลายวิธี เช่น การใช้น้ำ การใช้สารละลายบัฟเฟอร์ การสกัดด้วยกรด การสกัดด้วยด่าง และการสกัดด้วยสารอินทรีย์ที่มีความสามารถในการจับประจุบวก (Chelating Agents) [13] งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสกัดเพคตินจากเนื้อตาลสุกโดยใช้น้ำกลั่น เนื่องจากเพคตินมีสมบัติในการละลายน้ำได้ (Water Soluble Fiber) อีกทั้งยังเป็นการประหยัดสารเคมี และลดสารเคมีตกค้างในการสกัด โดยมีสมมติฐานว่าเพคตินจากผลลูกตาลสุกส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเพคตินที่ละลายน้ำได้ อีกทั้งการวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นไปยังการสกัดเพคตินจากเนื้อตาลสุกโดยไม่ปรับพีเอช มีงานวิจัยพบว่าเนื้อตาลสุกมีค่าพีเอชประมาณ 3.5 [14] เป็นค่าพีเอชที่อยู่ในช่วงกรด จึงได้มีสมมติฐานว่าเนื้อตาลสุกมีสภาวะเป็นกรด ปริมาณไฮโดรเจนไอออนที่มีในระบบจึงน่าจะมีสูง ส่งผลให้เกิดการไฮโดรไลซ์ที่มากขึ้น ทำให้เพคตินที่ไม่ละลายอยู่ในรูปที่ละลายได้จึงอาจไม่จำเป็นต้องปรับพีเอชให้ต่ำลงอีก

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสกัดเพคตินจากเนื้อลูกตาลสุกด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอช และเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการสกัดเพคตินจากเนื้อตาลสุกด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอช

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้คือลูกตาลสุก ลักษณะผลมีสีม่วงแก่เกือบดำหรือดำ ผิวเป็นมันภายในผลมีเมล็ดขนาดใหญ่แข็งประมาณ 3-4 เมล็ดเมื่อลอกเปลือกตาลออกภายในจะเป็นเส้นใยตาลสุกจะมีสีเหลืองสด นำลูกตาลสุกมาล้างทำความสะอาดเปลือกด้านนอก ทำการลอกเปลือกตาลออกและยีตาลกับน้ำ โดยอัตราส่วนตาลต่อน้ำในการยี 1:0.5 นำเนื้อตาลและน้ำที่ยีได้กรองผ่านผ้าขาวบาง เพื่อแยกเอาเส้นใยออก จากนั้นนำตาลที่ยีได้เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาคุณภาพของวัตถุดิบก่อนนำมาสกัดนำเนื้อลูกตาลที่ยีไว้มาหาความชื้น และน้ำหนักแห้งของวัตถุดิบเพื่อใช้ในการดำเนินงานวิจัยขั้นตอนถัดไป

### 3. ศึกษาผลของพีเอชและอุณหภูมิในการสกัดที่มีผลต่อผลผลิตเพคติน

เลือกอัตราส่วนน้ำที่ให้ผลผลิตดีที่สุดจากข้อ 2 นำมาใช้ในการสกัดเพคตินเพื่อศึกษาปัจจัยของพีเอชและอุณหภูมิ ศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่

#### 3.1 พีเอชที่มีผลต่อการสกัด

ทำการศึกษาพีเอช 2 ระดับ คือ ปรับพีเอชด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ให้ได้  $2.0 \pm 0.1$  และไม่ปรับพีเอช

### 2. ศึกษาอัตราส่วนน้ำที่มีผลต่อผลผลิต

#### เพคติน

ชั่งน้ำหนักเปียกวัตถุดิบมา 150 มิลลิกรัม เพื่อนำมาคำนวณเป็นน้ำหนักแห้งวัตถุดิบปรับพีเอชให้ได้  $2.0 \pm 0.1$  ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ศึกษาอัตราส่วนน้ำกลั่นที่ใช้ในการสกัด ทำการเติมน้ำกลั่นโดยคำนวณจากน้ำหนักแห้งของเนื้อตาล (Dry Matter) ได้ 13.00 กรัม ให้แทนเป็นอัตราส่วนเท่ากับ 1 เติมน้ำกลั่นในอัตราส่วนเนื้อตาลต่อน้ำ 1:3 1:5 1:7 1:9 และ 1:11 (น้ำหนักต่อปริมาตร) สกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 60 นาที เมื่อครบเวลานำมากรองหยาบด้วยผ้าขาวบาง 1 ชั้น และกรองละเอียดด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 สารละลายที่กรองได้ปรับพีเอชให้ได้  $7.0 \pm 0.1$  นำไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้สารละลายลดเหลือประมาณ 100 มิลลิกรัม นำสารละลายไปตกตะกอนโดยเติมเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ในอัตราส่วน 1:1 เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 1 คืน กรองแยกเอาตะกอนเพคตินด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น ล้างตะกอนเพคตินด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 จำนวน 3 ครั้ง นำตะกอนเพคตินที่ได้ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณปริมาณผลผลิต (Yield) โดยใช้สูตรการคำนวณดังสมการที่ (1)

$$\text{ปริมาณผลผลิตเพคตินที่ได้ (yield)} = \frac{\text{น้ำหนักเพคตินจากเนื้อตาลสุกที่ผลิตได้}}{\text{น้ำหนักแห้งวัตถุดิบ}} \times 100 \quad (1)$$

#### 3.2 อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด

ทำการศึกษาอุณหภูมิ 2 ระดับ คือ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง นำปริมาณเพคตินที่ได้จากการสกัด มาคำนวณหาปริมาณผลผลิตที่ได้ (Yield) โดยใช้สูตรการคำนวณดังสมการที่ (1)

#### 4. เปรียบเทียบกระบวนการสกัดของ เพคตินที่มีผลต่อคุณสมบัติต่างๆ ของเพคติน

จากการทดลองในหัวข้อ 3 เลือกวิธีการสกัดที่ให้ผลผลิตเพคตินที่ดีที่สุดที่สุด มาวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคตินเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิมดัดแปลงมาจาก (Rungrodnimitchai [9] สุธิดา ทองคำ [10] ศิวะเทพ เรืองพรหม และกิตติชัย บรรจง [12] และณัฐนรี ไยเทศ และพรรษา เศษบุษผา [15]) การสกัดแบบดั้งเดิมคือการปรับพีเอชด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ให้ได้  $2.0 \pm 0.1$  และใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสในการสกัด

##### 4.1 วิเคราะห์หาปริมาณความชื้น [16]

นำ Aluminium can ที่อบจนน้ำหนักคงที่ แล้วชั่งตัวอย่างใส่ประมาณ 2 กรัม แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่ได้แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณความชื้น

##### 4.2 วิเคราะห์ปริมาณเถ้าของเพคติน [16]

เผาถ้วยกระเบื้องที่ 550 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้อง แล้วชั่งตัวอย่างใส่ลง

##### 4.4 วิเคราะห์หาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก [17]

ชั่งเพคติน 0.1 กรัม ผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.05 โมลาร์ ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทิ้งไว้ 30 นาที ปิเปตสารละลายเพคตินปริมาตร 10 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปิเปตมา 2 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลายคาร์บาซอลเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร

ไปประมาณ 3 กรัม เผาตัวอย่างจนหมดควัน นำไปเผาในเตาเผา 550 องศาเซลเซียส จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาว ทิ้งให้เย็น ชั่งน้ำหนักที่ได้แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณเถ้าในตัวอย่าง

##### 4.3 วิเคราะห์ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (DE) [17]

ชั่งเพคติน 0.5 กรัม เติมเอซิลแอลกอฮอล์ 2 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ 100 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ บันทึกปริมาตรครั้งที่ 1 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าแล้วทิ้งไว้ 15 นาที เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าจนสีชมพูหายไป หยดฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ จนสีชมพูเริ่มปรากฏ บันทึกปริมาตรครั้งที่ 2 คำนวณร้อยละของ Degree of Esterification (DE) โดยใช้สูตรคำนวณดังสมการที่ (2)

$$DE = \left( \frac{\text{NaOH volume 2}}{\text{NaOH volume 1.} + \text{NaOH volume 2.}} \right) \times 100 \quad (2)$$

1 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 12 มิลลิลิตร เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ 25 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร แล้วนำไปหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก จากกราฟมาตรฐาน

#### 5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

หัวข้อ 2 วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ให้ตัวอย่างลูกตาลเป็นบล็อก ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย

New Duncan's Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

หัวข้อ 3 วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomized Complete Block Design ให้ตัวอย่างลูกตาลเป็นบล็อก ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย New Duncan's Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

หัวข้อ 4 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคตินจาก 2 กระบวนการผลิต ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

## ผลการวิจัย

### 1. ผลของอัตราส่วนน้ำที่มีผลต่อผลิตเพคติน

จากการสกัดเพคตินโดยทำการศึกษาอัตราส่วนน้ำกลั่นที่ใช้ในการสกัด โดยคำนวณจากน้ำหนักแห้งของเนื้อตาล (Dry Matter) ในอัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำ 1:3 1:5 1:7 1:9 และ 1:11 โดยปริมาตร พบว่าการสกัดเพคตินด้วยน้ำในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 5 อัตราส่วนได้ปริมาณผลผลิตเพคตินเท่ากับ 17.88 17.62 17.99 17.32 และ 16.30 %W/W ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ดังตารางที่ 1 เนื่องจากเพคตินที่ละลายออกมาในน้ำนั้นมีปริมาณไม่สามารถละลายเพิ่มได้อีก การเพิ่มอัตราส่วนน้ำในการสกัดจึงไม่มีผลต่อการละลายของเพคติน ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วน 1:3 เพื่อใช้สกัดในหัวข้อการศึกษาถัดไป เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่ใช้ปริมาณน้ำน้อยที่สุด ทำให้สามารถลดเวลาและประหยัดพลังงานในระหว่างขั้นตอนการระเหยได้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบอัตราส่วนน้ำที่ใช้ในการสกัดต่อผลผลิตเพคตินที่ได้

Water Ratio	Yield (%) <sup>ns</sup>
1:3	17.88 ± 3.56
1:5	17.62 ± 2.02
1:7	17.99 ± 4.81
1:9	17.32 ± 3.36
1:11	16.03 ± 5.81

หมายเหตุ: <sup>ns</sup> ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

### 2. ผลของพีเอชและอุณหภูมิในการสกัดที่มีผลต่อผลผลิตเพคติน

นำอัตราส่วนน้ำที่เลือกได้จากในหัวข้อที่ 1 มาใช้ในการสกัดเพคติน โดยศึกษาผลของพีเอชและอุณหภูมิในการสกัดเพคติน ได้แก่ การสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช (RT)

การสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยปรับพีเอชให้ได้  $2.0 \pm 0.1$  (RT - pH) การสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสโดยไม่ปรับพีเอช ( $80^\circ\text{C}$ ) และการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสโดยปรับพีเอชให้ได้  $2.0 \pm 0.1$  ( $80^\circ\text{C}$  - pH) จากการสกัดที่อุณหภูมิห้องพบว่า การสกัด

โดยไม่ปรับพีเอชและปรับพีเอชนั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยได้ปริมาณผลผลิตเพคตินเท่ากับ 25.96 % และ 19.57 % ตามลำดับ (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าเนื้อลูกตาลสุกผสมน้ำก่อนปรับพีเอชมีค่าพีเอชอยู่ในช่วงกรด โดยมีค่าเฉลี่ย  $4.35 \pm 0.44$  การปรับพีเอชให้ลดลงในระหว่างกระบวนการสกัดเพคติน ไม่ทำให้ผลผลิตของเพคตินที่ได้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น Kulkarni และคณะ [18] ทำการสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรสโดยใช้พีเอช 1.0 1.5 2.0 และ 2.5 ในการสกัดได้ปริมาณผลผลิตเพคตินเท่ากับ 7.48 10.03 14.80 และ 8.86% ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อพีเอชลดต่ำกว่า 2 ผลผลิตที่ได้ไม่เพิ่มขึ้น โดยอธิบายว่าพีเอชที่ลดลงอาจทำให้เกิดการย่อยสลายเพคตินบางส่วนไป โดยปกติความร้อนร่วมกับฤทธิ์ของกรดจะทำให้ห้องค์ประกอบภายในผนังเซลล์ละลายออกมา ซึ่งเกิดจากการแตกหักของพันธะไอออนิก [19] แต่การใช้พีเอชต่ำลงเกินไปหรือการเพิ่มอุณหภูมิสูงเกินไปทำให้เกิดการแตกหักของพันธะที่แข็งแกร่งกว่า เช่น พันธะโควาเลนต์ ทำให้มีการย่อยสลายที่สูงขึ้น [20] โครงสร้างของเพคตินประกอบด้วยพันธะไกลโคซิดิกซึ่งเป็นพันธะโควาเลนต์ การใช้พีเอชต่ำหรืออุณหภูมิสูงจึงอาจทำลายโครงสร้างของเพคตินได้ ในการสกัดเพคตินโดยทั่วไปนิยมทำแห้งวัตถุดิบก่อนนำมาสกัดจึงต้องใช้พีเอชต่ำในการสกัดเพื่อช่วยให้เพคตินละลายออกมาได้ดีขึ้นที่พีเอชต่ำความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนที่มีปริมาณมากในตัวทำละลาย จะไปกระตุ้นการไฮโดรไลซิสของโปรโทเพคตินซึ่งเป็นเพคตินที่ไม่ละลายน้ำให้ละลายออกมา แต่ในงานวิจัยนี้เป็นการสกัดลูกตาลสุกที่เตรียมตัวอย่างสดซึ่งมีปริมาณความชื้นเฉลี่ยประมาณ 90% ลูกตาลที่ใช้เป็นผลไม้สุก ในระหว่างการสุกเอนไซม์กลุ่มเพคตินเนสจะเปลี่ยนโปรโทเพคติน

ให้เป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้ การใช้พีเอชต่ำในการสกัดในกรณีนี้จึงไม่ช่วยเพิ่มผลผลิตของเพคติน

การสกัดเพคตินที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่าการสกัดโดยไม่ปรับพีเอชและปรับพีเอช ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) และเมื่อเปรียบเทียบการสกัดที่อุณหภูมิต่างกันพบว่า การสกัดที่อุณหภูมิห้องให้ผลผลิตเพคตินมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 2) สภาวะการสกัดที่เหมาะสมเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางกายภาพของพืชว่าจะยอมให้ตัวทำละลายสามารถซึมผ่านได้ดีเพียงใด [21] การใช้อุณหภูมิสูงในการสกัดจะช่วยให้เกิดการแปรตีขึ้น สารสามารถละลายน้ำได้มากขึ้น ในงานวิจัยนี้วัตถุดิบที่ใช้มีปริมาณน้ำมากและเพคตินในวัตถุดิบอยู่ในรูปเพคตินที่ละลายน้ำได้อยู่แล้ว การเพิ่มอุณหภูมิสกัดแม้จะทำให้เกิดการละลายตีขึ้นแต่ความร้อนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการแตกหักของพันธะโควาเลนต์ และอาจเกิดการย่อยสลายโครงสร้างของเพคตินที่มีอยู่แล้วได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Methacanon และคณะ [22] ซึ่งสกัดเพคตินจากส้มโอที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นน้ำหนักโมเลกุลที่ได้ลดลง อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสูงเกินไปอาจส่งเสริมการสลายตัวของเพคติน

ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบสภาวะการสกัดที่มีผลต่อผลผลิตของเพคตินที่ได้ จึงเลือกการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช ซึ่งให้ค่าผลผลิตเพคตินสูงที่สุด เท่ากับ 25.96 %W/W ให้เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดเพคตินจากลูกตาลสุก และใช้ในการศึกษาคุณสมบัติของเพคตินที่ได้หัวข้อต่อไป

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบสภาวะที่ใช้ในการสกัดต่อผลผลิตเพคตินที่ได้

Condition	Yield (%)
RT	25.96 <sup>a</sup> ± 1.75
RT - pH	19.57 <sup>b</sup> ± 5.71
80 °C	13.14 <sup>c</sup> ± 2.16
80 °C - pH	16.72 <sup>bc</sup> ± 3.74

หมายเหตุ : a,b,c... หมายถึง ตัวอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

RT คือ เพคตินจากการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช  
 RT - pH คือ เพคตินจากการสกัดที่อุณหภูมิห้องด้วยกรดไฮโดรคลอริกโดยพีเอชให้ได้ 2.0 ± 0.1  
 80 °C คือ เพคตินจากการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสโดยไม่ปรับพีเอช  
 80 °C - pH คือ เพคตินจากการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสด้วยกรดไฮโดรคลอริกโดยพีเอชให้ได้ 2.0 ± 0.1

### 3. การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคติน

จากการทดลองในหัวข้อที่ 2 พบว่าการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช (RT) ให้ผลผลิตเพคตินมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช (RT) มาวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคตินเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิมและเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า

#### 3.1 ปริมาณความชื้นของเพคติน

จากการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช (RT) และการสกัดโดยใช้วิธีการสกัดแบบดั้งเดิม เปรียบเทียบกันพบว่า มีปริมาณความชื้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) มีปริมาณความชื้นต่ำเท่ากับ 5.15 และ 4.89 % w/b ตามลำดับ ขณะที่เพคตินการค้ามีปริมาณความชื้นเฉลี่ย 8.84 % w/b ดังตารางที่ 3 เพคตินที่มีความชื้นต่ำสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ผลิตเอนไซม์เพคตินเอสซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเพคติน [23] ปริมาณความชื้นของเพคตินที่สกัดได้ในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของสุริดา ทองคำ และพูนศิริ ทิพย์เนตร [11] สกัดเพคตินจากจาวตาลมีปริมาณความชื้น 12.13 % w/b และศิวะเทพ เรืองพรหม และกิตติชัย บรรจง [12]

สกัดเพคตินจากเปลือกตาลดิบ มีปริมาณความชื้นเพคตินอยู่ในช่วง 10.39 - 10.49 % w/b เพคตินโดยทั่วไปมีความชื้นประมาณ 10 % w/b อย่างไรก็ตามปริมาณความชื้นไม่ขึ้นอยู่กับกระบวนการสกัดโดยตรงแต่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิระยะเวลาในการอบแห้งเพคตินและสภาวะการรักษาเป็นสำคัญ

#### 3.2 ปริมาณเถ้าของเพคติน

จากการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช (RT) และการสกัดโดยใช้วิธีการสกัดแบบดั้งเดิมเปรียบเทียบกันพบว่า มีปริมาณเถ้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ขณะที่เพคตินทางการค้ามีปริมาณเถ้าน้อยกว่าการสกัดทั้ง 2 กระบวนการ ดังตารางที่ 3 ปริมาณเถ้าบ่งบอกถึงแร่ธาตุที่เจือปนอยู่ในเพคติน ปริมาณเถ้าที่ได้จากเพคตินที่สกัดมีปริมาณมากกว่าเพคตินทางการค้า อาจเนื่องมาจากการเจือปนของสารอื่นที่ไม่ถูกเผาไหม้ทำให้ได้ปริมาณเถ้าสูง อย่างไรก็ตามเพคตินที่สกัดได้มีปริมาณเถ้าไม่เกินค่ามาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหาร และยาที่กำหนด โดยมาตรฐานกำหนดไว้ไม่เกิน 10% เพคตินส่วนใหญ่ที่สกัดด้วยวิธีทั่วไปมีปริมาณเถ้าไม่เกิน 10% เช่นกัน [4-5, 11-12]

### 3.3 ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (Degree of Esterification, DE)

ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันสามารถแบ่งเพคตินออกได้ 2 ประเภท คือ เพคตินชนิดหมู่เมทอกซิลต่ำ (Low Methoxyl) และเพคตินชนิดหมู่เมทอกซิลสูง (High Methoxyl) เพคตินชนิดหมู่เมทอกซิลต่ำ จะมี DE ต่ำกว่า 50 % โดยส่วนใหญ่มีค่า DE อยู่ระหว่าง 20 - 50 % [24] เพคตินที่ได้จากการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช (RT) และการสกัดโดยใช้วิธีการสกัดแบบดั้งเดิม เปรียบเทียบกันพบว่า ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) มีระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันเท่ากับ 33.33 % และ 43.39 % ตามลำดับดังตารางที่ 3 ขณะที่เพคตินทางการค้ามีระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันเท่ากับ 29.10 % อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าทั้ง 2 กระบวนการจะมีความแตกต่างทางสถิติ แต่เพคตินที่สกัดได้จากเนื้อตาลสุกทั้ง 2 กระบวนการมีระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันน้อยกว่า 50 % จึงจัดอยู่ในกลุ่มของเพคตินหมู่เมทอกซิลต่ำ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Rungrodnimitchai [9] ซึ่งสกัดเพคตินจากเนื้อตาลได้เพคตินชนิดที่มีระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันอยู่ในช่วง 29.30 - 41.10 % สุริดา ทองคำ และพูนศิริ ทิพย์เนตร [11] สกัดเพคตินจากจาวตาลได้เพคตินที่มีระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน 27.90 % และณัฐนรี ไยเทศ และพรรษา เศษบุบผา [15] สกัดเพคตินจากเนื้อตาลสุกได้เพคตินที่มีระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันอยู่ในช่วง 40.04-42.13 % จัดเป็นเพคตินประเภทที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำเช่นเดียวกัน

### 3.4 ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคติน (Galacturonic Acid, GA)

เพคตินที่สกัดได้จะมีความบริสุทธิ์ขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดกาแลคทูโรนิกซึ่งหาได้จากการนำเพคตินไปทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก เพื่อให้ไฮโดรเจนไอออน เข้าไป

แทนที่หมู่เมทิลกับไอออนโลหะ ทำให้ได้กรดกาแลคทูโรนิกที่มีแต่หมู่คาร์บอกซิลเป็นองค์ประกอบทั้งหมด นำไปทำปฏิกิริยากับสารละลายคาร์บาซอลจะได้ สารละลายสีม่วง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงเพื่อหาปริมาณของกรดกาแลคทูโรนิกในเพคติน [25] เพคตินที่ได้จากการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช (RT) และเพคตินที่สกัดได้จากวิธีสกัดแบบดั้งเดิมพบว่า ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยมีค่าเท่ากับ 55.08 % และ 57.46 % ตามลำดับ ขณะที่เพคตินทางการค้ามีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก 80.79 % ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเพคตินทางการค้าเป็นเพคตินที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่า เนื่องจากเพคตินทางการค้ามีการผลิตขึ้นมาเพื่อให้สามารถนำมาใช้งานในด้านต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในอุตสาหกรรมอาหาร และด้านอื่นๆ ซึ่งเพคตินที่ได้จากการทดลองนั้นอาจจะต้องทำการศึกษาปรับปรุงสภาวะการสกัดที่เหมาะสมต่อไปในงานวิจัยภายภาคหน้าเพื่อให้ได้เพคตินที่มีความบริสุทธิ์มากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามเพคตินที่ได้จากการสกัดอยู่ในข้อกำหนดมาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาที่กำหนดไว้ไม่ต่ำกว่า 35 %



ตารางที่ 3 คุณสมบัติของเพคตินที่ได้จากกระบวนการสกัดที่ต่างกัน

Property of pectin	Condition		Commercial pectin
	RT	Conventional method	
Moisture <sup>ns</sup>	5.15 ± 0.19	4.89 ± 0.86	8.84
Ash <sup>ns</sup>	9.50 ± 0.87	9.52 ± 0.31	3.43
DE	33.33 <sup>a</sup> ± 0.80	43.39 <sup>b</sup> ± 0.92	29.10
GA <sup>ns</sup>	55.08 ± 3.03	57.46 ± 2.15	80.79

หมายเหตุ : <sup>a,b</sup> หมายถึง ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

### สรุปและอภิปรายผล

การปรับพีเอชในกระบวนการสกัดเพคตินจากลูกตาลสุกไม่ช่วยเพิ่มผลผลิตเพคตินที่ได้ การสกัดเพคตินด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอชที่อุณหภูมิห้องให้ผลผลิตเพคตินมากกว่าการสกัดโดยวิธีการใช้กรดในการปรับพีเอช เพราะลูกตาลสุกมีค่าพีเอชเป็นกรดโดยมีค่าเฉลี่ย  $4.35 \pm 0.44$  นอกจากนี้ยังพบว่าเพคตินที่ได้จากกระบวนการสกัดด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอชที่อุณหภูมิห้องให้คุณสมบัติด้านต่างๆ ของเพคตินไม่แตกต่างกันมากนัก

เมื่อเทียบกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม กล่าวได้ว่า ผลการศึกษานี้จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของกระบวนการสกัดที่จะนำไปเป็นแนวทางในการช่วยลดต้นทุน ลดสารเคมี ในการสกัด เนื่องจากไม่ต้องทำการปรับพีเอชด้วยกรดไฮโดรคลอริก ไม่ต้องใช้อุณหภูมิในการสกัดที่สูง สามารถสกัดเพคตินจากลูกตาลสุกได้ด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องโดยเพคตินที่ได้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม

### เอกสารอ้างอิง

- [1] Nussinovitch, A. (1997). Pectins. In: *Hydrocolloid Applications*. pp. 83-104. New York.
- [2] Thakur, B. R. (1997). Chemistry and uses of pectin. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 37(1): 47-73.
- [3] กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. (2536). *ผักและผลไม้*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [4] ชวนิฐ์ สิทธิติล; กรัตน์พิลาณี ไวกอนอมสัจย์; จิราพร เชื้อกุล; และ ปรีศนา สิริอาชา. (2548). การผลิตเพคตินจากเปลือกและกากส้มเหลืองทิ้ง. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43*. หน้า 469-480. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [5] ณรงค์ ศิริรัมย์; และ เมธิณี เทวซึ่งเจริญ. (2548). *การสกัดและสมบัติของเพคตินจากกากฝรั่งพันธุ์กลมสาเล่*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การอาหาร. เชียงใหม่: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [6] ปาริฉัตร หยวกแพง; นฤมล เผือกขาว; และ อรนาถ สุนทรวัฒน์. (2550). การหา degree of methyl esterification ของเพคตินจากเปลือกแก้วมังกร. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*. 38:5(พิเศษ): 55-58.

- [7] กนกพร สังข์รักษ์; และ เจนจิรา โตะแบ .(2552). เพคตินจากเศษผักกาดขาวและการประยุกต์ใช้. ใน *การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 19 ประจำปี 2552: การวิจัยและพัฒนาเพื่อความเป็นไทสำหรับสังคมไทย*. หน้า 332-432. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [8] สมฤทัย จิตภักดิ์บดินทร์; และ อมราวดี จางวาง. (2552). เพคตินจากเปลือกมะนาว. *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต*. ปัตตานี: ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [9] Rungrodmitchai S. (2011). Novel source of pectin from young sugar palm by microwave assisted extraction. *Procedia Food Science*. (1): 1553-1559.
- [10] สุธิดา ทองคำ. (2552). การสกัดเพคตินจากจาวตาลและเมล็ดตาลอ่อน. *วารสารวิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี*. 8(1): 45-51.
- [11] สุธิดา ทองคำ; และ พูนศิริ ทิพย์เนตร. (2555). การสกัดเพคตินจากจาวตาล. *วารสารวิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี*. 9(1): 3-11.
- [12] ศิวะเทพ เรืองพรหม; และ กิตติชัย บรรจง. (2557). การเปรียบเทียบคุณลักษณะและผลผลิตของเพคตินจากเปลือกตาลดิบที่ใช้แอลกอฮอล์นำกลับมาใช้ใหม่ทดแทนเอธิลแอลกอฮอล์ 95% ในขั้นตอนการตกตะกอนและการล้าง. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*. 32(1): 50-58.
- [13] Whister, R. L.; and BeMiller, J. N. (1973). *Industrial gums: polysaccharides and their derivatives*. New York: Elsevier.
- [14] มนัสนันท์ บุญทราพงษ์; กมลวรรณ แจ่มชัด; อนุวัตร แจ่มชัด; และ วิชัย หฤทัยชนาสน์ดี. (2544). การศึกษาคุณภาพของเนื้อตาลสุกและขนมตาลที่ผลิตจากเนื้อตาลสุกผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรเซชัน. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39*. หน้า 425-433. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [15] ณัฐนรี โยเทศ; และ พรรษา เศษบุบผา. (2558). การสกัดเพคตินจากเนื้อลูกตาลสุกด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอช. สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร. กรุงเทพฯ: คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [16] AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists*. 17th Volume I. USA.
- [17] Ranganna, S. (1997). *Manual of analysis of fruit and vegetable product*. New Delhi: McGraw-Hill.
- [18] Kulkarni, S. G.; and Vijayanand, P. (2010). Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa L.*). *LWT-Food Science and Technology*. 43(7): 1026-1031.
- [19] Massiot, P.; Rouau, X.; and Thibault, J. F. (1988). Isolation and characterisation of the cell-wall fibres of carrot. *Carbohydrate research*. 172(2): 217-227.
- [20] Voragen, A. G. J.; Pilnik, W.; Thibault, J.-F.; Axelos, M. A.; and Renard, C. M. G. C. (1995). Pectins. In A. M. Stephen (Ed.). *Food polysaccharides and their applications*. pp. 287-340. New York: Marcel Dekker.

- [21] Assoi, S.; Konan, K.; Walker, L. T.; Holser, R.; Agbo, G. N.; Dodo, H.; and Wicker, L. (2014). Functionality and yield of pectin extracted from Palmyra palm (*Borassus aethiopum* Mart) fruit. *LWT-Food Science and Technology*. 58(1): 214-221.
- [22] Methacanon, P.; Krongsin, J.; and Gamonpilas, C. (2014). Pomelo (*Citrus maxima*) pectin: Effects of extraction parameters and its properties. *Food Hydrocolloids*. 35: 383-391.
- [23] Muhamadzadeh, J.; Sadegi-Mahoonak A.R.; Yaghbani, M.; and Alami, M. (2010). Extraction of pectin from Sunflower Head Residues of Selected Iranian Cultivars. *Word Applied Science Journal*. 8: 21-24.
- [24] May, C.D. (1997). *Pectina In : Thickening and Gelling Agents for Food*. Ed. New York: Chapman and hall.
- [25] Kim, D. H.; Kim, D. G.; Lee, D. Y.; Kim, K. E.; and Kim, C. W. (2000). Physicochemical characterization of pectin extracted from cheju mandarin (*Citrus unshiu*) peels with citric acid. *Food Science and Biotechnology*. 9(2): 95-98.