

เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพในการกักเก็บความเย็นของเมทอกซิล  
ในเพกทินที่สกัดจากพืชและการพัฒนาเป็นเจลประคบเย็น  
(Study of methoxyl efficiency from pectin  
in plant extracts on cooling gel properties)

โดย 1. นายอลงกรณ์ บุญบำรุงทรัพย์  
2. นางสาวชุตติกาญจน์ ต่ำแก้ว  
3. นางสาวนภสร จันทร์ตา

โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนประกอบของโครงงานวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย  
ในงานเวทีวิชาการนวัตกรรมสะเต็มศึกษาขั้นพื้นฐานแห่งชาติ ครั้งที่ 1 (ออนไลน์)

The 1st National Basic STEM Innovation E-Forum 2021

วันที่ 18 – 19 กันยายน พ.ศ. 2564

เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพในการกักเก็บความเย็นของเมทอกซิล

ในเพกตินที่สกัดจากพืช และการพัฒนาเป็นเจลประคบเย็น

(Study of methoxyl efficiency from pectin in plant extracts On cooling gel properties)

- โดย
1. นายอลงกรณ์ บุญบำรุงทรัพย์
  2. นางสาวชุตติกาญจน์ คำแก้ว
  3. นางสาวนภสร จันทร์ตา

อาจารย์ที่ปรึกษา      นางสาวแคลิยา สมแพง

ชื่อโครงการ	การศึกษาประสิทธิภาพในการกักเก็บความชื้นของเมทอกซิลในเพกตินที่สกัดจากพืชและการพัฒนาเป็นเจลประคบเย็น
ชื่อนักเรียน	1. นายอลงกรณ์ บุญบำรุงทรัพย์ 2. นางสาวชุตติกาญจน์ คำแก้ว 3. นางสาวนภสร จันทร์ตา
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	นางสาวแคลิยา สมแปง
โรงเรียน	ยุพราชวิทยาลัย
ที่อยู่	238 ถนนพระปกเกล้า ตำบลศรีภูมิ อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200 โทรศัพท์ 053-418673-5 โทรสาร 053-418673-5 ต่อ 111
ระยะเวลาทำโครงการ	ตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน 2563 - 30 มิถุนายน 2564

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตอาหารและเครื่องดื่มบางประเภทมีการใช้ผักและผลไม้เป็นวัตถุดิบ ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบคือมีเศษผักและผลไม้เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต จากการศึกษาพบว่าเปลือกของผักและผลไม้บางชนิดมีเพกติน (Pectin) เป็นสารประกอบ Polysaccharide สะสมอยู่ในปริมาณมาก และเพกตินมีสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืด ในทางอุตสาหกรรมอาหารมีการนำเพกตินมาประยุกต์ใช้เป็นสารก่อเจล ในผลิตภัณฑ์เจลลี่ แยม และน้ำผลไม้ โดยเพกตินที่อยู่ในผลิตภัณฑ์เหล่านี้ส่วนมากถูกนำเข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้ราคาในท้องตลาดสูง (พัทธ์ธีรา ตั้งอรุณสันติ และคณะ, 2562) โครงสร้างของเพกตินจะมี “เมทอกซิล” (Methoxyl) ซึ่งมีสมบัติในการเพิ่มความหนืด สามารถเกิดเป็นเจลได้ในสภาวะที่เหมาะสม ดังนั้นสมบัติการเพิ่มความหนืดของเมทอกซิลจึงเป็นที่สนใจ จึงได้ศึกษาปริมาณเมทอกซิลในเพกตินที่สกัดจากพืชตัวอย่าง ได้แก่ ข้าวโอ๊ต แดงกวาและฟักทอง โดยนำสารสกัดเพกตินจากพืชตัวอย่างมาพัฒนาเป็นเจลประคบเย็น โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน ตอนแรกคือการสกัดเมทอกซิลในเพกตินโดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกและน้ำกลั่น หลังจากนั้นนำเพกตินจากพืชตัวอย่างที่มีปริมาณเมทอกซิลมากที่สุดมาพัฒนาเป็นเจลประคบเย็น

จากการดำเนินโครงการพบว่า เพกตินที่จากสกัดข้าวโอ๊ตมีปริมาณเมทอกซิลมากที่สุด โดยการวิเคราะห์หาปริมาณเมทอกซิลและน้ำหนักสมมูลด้วยวิธีการไทเทรต และจากผลการทดสอบระยะเวลาในการกักเก็บความชื้น โดยวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิใน 1 หน่วยเวลา โดยการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์และแสดงผลในรูปแบบกราฟ พบว่าเจลประคบเย็นที่มีเพกตินจากข้าวโอ๊ตกักเก็บความชื้นได้นานกว่าเจลประคบเย็นที่ไม่มีเพกติน จึงสรุปได้ว่าการศึกษาประสิทธิภาพระยะเวลาในการกักเก็บความชื้นของเมทอกซิลในเพกตินที่สกัดจากพืชตัวอย่างคือ ข้าวโอ๊ต สามารถนำมาพัฒนาเป็นเจลประคบเย็นที่กักเก็บความชื้นได้นานกว่าเจลประคบเย็นที่ไม่มีเพกติน และสามารถนำมาพัฒนาเป็นเจลประคบเย็นได้

### กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์อย่างสูงจาก  
คุณครูแคทลียา สมแปง คุณครูที่ปรึกษาโครงการ ซึ่งได้ให้ข้อเสนอแนะ แนวคิด อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง  
ในการทำโครงการ ตลอดจนช่วยแก้ไขปัญหาและข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงการมา  
โดยตลอด จนโครงการเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และผู้ปกครองที่ให้การปรึกษาในเรื่องต่าง ๆ รวมทั้ง  
การช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านในการทำโครงการ ขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ช่วยให้คำแนะนำ ตลอดจนการเป็น  
กำลังใจที่ดีเสมอมา

คณะผู้จัดทำ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	6
บทที่ 4 ผลการทดลอง	11
บทที่ 5 อภิปรายผลการทดลอง	13
บรรณานุกรม	14
ภาคผนวก	18

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์หาน้ำหนักสมมูลที่สกัดจากพืชตัวอย่าง	11
ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณเมทอกซิลในเพกทินที่สกัดจากพืชตัวอย่าง	11
ตารางที่ 4.3 การทดสอบค่า DM (Degree of Methyl esterification)	11

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตอาหารและเครื่องดื่มบางประเภทมีการใช้ผักและผลไม้เป็นวัตถุดิบ ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบคือมีเศษผักและผลไม้เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต จากการศึกษาพบว่าเปลือกของผักและผลไม้บางชนิดมีเพกทิน (Pectin) เป็นสารประกอบ Polysaccharide สะสมอยู่ในปริมาณมาก และเพกทินมีสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืด ในทางอุตสาหกรรมอาหารมีการนำเพกทินมาประยุกต์ใช้เป็นสารก่อเจล ในผลิตภัณฑ์เจลลี่ แยม และน้ำผลไม้ โดยเพกทินที่อยู่ในผลิตภัณฑ์เหล่านี้ส่วนมากถูกนำเข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้ราคาในท้องตลาดสูง (พัทธ์ธีรา ตั้งอรุณสันติ และคณะ, 2562) โครงสร้างของเพกทินจะมี “เมทอกซิล” (Methoxyl) ซึ่งมีสมบัติในการเพิ่มความหนืด สามารถเกิดเป็นเจลได้ในสภาวะที่เหมาะสม โดยเพกทินสามารถสกัดได้จากพืชหลายชนิด และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์

ผู้จัดทำมีความสนใจเกี่ยวกับสมบัติการสกัดเพกทินจากพืชตัวอย่าง ประกอบด้วย ข้าวโอ๊ต แดงกวาและฟักทอง เพื่อศึกษาว่าพืชชนิดใดมีปริมาณเพกทินมากที่สุด และนำเพกทินที่ได้มาศึกษาและพัฒนาเป็นเจลประคบเย็น โดยใช้สมบัติการเพิ่มความหนืดของเมทอกซิลในเพกทินในการช่วยยืดระยะเวลาในการกักเก็บความเย็นความชื้นของเจลประคบเย็น

#### 2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อเปรียบเทียบปริมาณเมทอกซิลในเพกทินที่สกัดได้จากพืชตัวอย่าง ได้แก่ ข้าวโอ๊ต แดงกวา ฟักทอง โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและน้ำกลั่น
- 2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเมทอกซิลในเพกทินที่สกัดได้ในการเพิ่มความหนืดและยืดระยะเวลาในการกักเก็บความเย็นของเจลประคบเย็นที่มีเพกทินกับเจลประคบเย็นที่ไม่มีเพกทิน
- 2.3 เพื่อพัฒนาเจลประคบเย็นให้มีระยะเวลาในการกักเก็บความเย็นได้นานขึ้น

#### 3. สมมติฐาน

- 3.1 ปริมาณเพกทินที่สกัดได้จากพืชตัวอย่าง โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและน้ำกลั่น มีความแตกต่างกัน
- 3.2 ปริมาณเมทอกซิลที่สกัดจากเพกทินที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณเมทอกซิล ด้วยวิธีการไทเทรต โดยใช้อินดิเคเตอร์ คือ phenol red มีความแตกต่างกัน
- 3.3 ประสิทธิภาพของเมทอกซิลในการสกัดเพกทินที่สกัดได้ มีสมบัติในการเพิ่มความหนืดและการช่วยยืดระยะเวลาในการกักเก็บความเย็นของเจลประคบเย็นได้ดีกว่าเจลประคบเย็นทั่วไป

#### 4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 4.1 ทราบปริมาณและประสิทธิภาพของสารประกอบเมทอกซิลในเพกตินที่สกัดจากพืชตัวอย่าง ได้แก่ ข้าวโอ๊ต แดงกวา พักทอง
- 4.2 ทราบว่าปริมาณสารประกอบเมทอกซิลแปรผันตรงต่อความหนืดและแปรผันตรงกับการกักเก็บความชื้น
- 4.3 ทราบอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิใน 1 หน่วยเวลา และการกักเก็บความชื้นที่แตกต่างกันของเจลประคบเย็นที่ผสมสารสกัดเพกตินที่สกัดจากพืชและเจลประคบเย็นทั่วไป
- 4.4 สามารถนำเพกตินที่สกัดได้มาพัฒนาเป็นเจลประคบเย็นที่สามารถกักเก็บความชื้นได้นานขึ้น

#### 5. ตัวแปรของการศึกษาค้นคว้า

**ตอนที่ 1 การสกัดเมทอกซิลในเพกตินจากพืชตัวอย่างโดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก และน้ำกลั่น**

ตัวแปรต้น : ปริมาณของพืชตัวอย่าง ได้แก่ ข้าวโอ๊ต แดงกวา พักทอง

ตัวแปรตาม : ปริมาณเมทอกซิลในสารสกัดเพกติน

ตัวแปรควบคุม : ปริมาณกรดไฮโดรคลอริก, น้ำกลั่น, อุณหภูมิ, เวลา

**ตอนที่ 2 การพัฒนาเจลประคบเย็น โดยทดลองทำเจลประคบเย็น 2 ชนิด**

ตัวแปรต้น : เจลประคบเย็นที่มีสารสกัดเพกติน, เจลประคบเย็นที่ไม่มีสารสกัดเพกติน

ตัวแปรตาม : อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปของเจลประคบเย็นที่มีสารสกัดเพกติน และเจลประคบเย็นที่ไม่มีสารสกัดเพกติน

ตัวแปรควบคุม : อุณหภูมิเริ่มต้นของเจลประคบเย็นก่อนวัดอุณหภูมิ, ระยะเวลาในการวัดอุณหภูมิ



## บทที่ 2

### เอกสารที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาประสิทธิภาพในการกักเก็บความชื้นของเมทอกซิลในเพกตินที่สกัดจากพืชและการพัฒนาเป็นเจลประคบเย็น ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

#### 1. เพกติน

- ชนิดของเพกติน
- สมบัติของเพกติน
- กลไกการเกิดเจล
- ประโยชน์ของเพกติน

#### 2. ข้าวโอ๊ต

#### 3. แดงกวา

#### 4. พักทอง

#### 1. เพกติน

เพกติน (pectin) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ประเภท heteropolysaccharide มีหน่วยย่อย คือกรดกาแล็กทูโรนิก (D-galacturonic acid) ประมาณ 65% โดยน้ำหนัก ประกอบด้วย เมทิลการแล็ก-ทูโรเนต และน้ำตาลหลายชนิด เช่น แรมโนส อาราบิโนส และกาแลคโตส พบตามธรรมชาติในผนังเซลล์ของพืช (plant cell wall) และรอยต่อระหว่างผนังเซลล์ โดยรวมตัวอยู่กับเซลลูโลส (cellulose)

#### ชนิดของเพกติน

เพกตินสามารถแบ่งตามค่า DM (Degree of Methyl esterification) ได้ 2 ชนิด ได้แก่

##### 1. เพกตินที่มีเมทอกซิลสูง (high methoxyl pectin)

จะมีระดับ DM มากกว่า 50% ขึ้นไปหรือมีปริมาณเมทอกซิลตั้งแต่ 8.16 % มีคุณสมบัติทำให้เกิดเจลได้ดี และจับฟองอากาศได้ดี

##### 2. เพกตินที่มีเมทอกซิลต่ำ (low methoxyl pectin)

ระดับ DE ต่ำกว่า 50 % หรือมีปริมาณเมทอกซิลน้อยกว่า 8.16 % และผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะมีค่า DM ในช่วง 25-40% และส่วนมากจะใช้ไม่เกิน 25% มีคุณสมบัติการเกิดเจลได้ดีตั้งแต่ระดับอุณหภูมิห้องช่วยเพิ่มความนุ่ม และเนื้อสัมผัสที่ดีให้แก่อาหาร

## สมบัติของเพกทิน

### 1. การละลาย

เพกทิน เป็นสารมีขี้ว เมื่อสัมผัสน้ำจึงละลายได้ง่าย และ หากมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะช่วยให้ละลายตัวได้ดีขึ้น และเมื่อละลายน้ำแล้วจะสามารถขยายหรือพองตัวเพิ่มปริมาณขึ้น เป็นสารที่รวมตัวกับน้ำได้ปริมาณมาก นอกจากนั้น ยังละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขี้วต่างๆ เช่น เฮกเซน และเอทานอล เป็นต้น หรือสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรดต่าง แต่ไม่ละลายในน้ำมัน

### 2. ความหนืด

เมื่อละลายน้ำหรือละลายในตัวทำละลายแล้วจะเกิดการขยายตัวของพอลิเมอร์ทำให้เกิดความหนืดขึ้น ทั้งนี้ ความหนืดจะมีความแตกต่างกันตามชนิดหรือวัตถุดิบที่ผลิต ความเข้มข้น และปริมาณแคลเซียม รวมถึงความเป็นกรดต่าง

## กลไกในการเกิดเจล

กลไกการเกิดเจลมีผลต่อการนำเพกทินไปใช้ประโยชน์ โดยเพกทินสามารถเกิดเป็นเจลได้เมื่อสายของโมเลกุลเกิดการสร้างพันธะและก่อตัวสร้างโครงข่ายสามมิติที่มีน้ำและตัวถูกละลายอยู่ภายใน (Pereira et al, 2016) ซึ่ง HMP สามารถเกิดเจลได้โดยการสร้างพันธะไฮโดรเจนและแรงไฮโดรโฟบิกระหว่างหมู่เมทอกซิล ส่วน LMP จะเกิดเจลได้เมื่อมีไอออนของโลหะอยู่ด้วย โดยจะเกิดการสร้างพันธะไอออนิกระหว่างไอออนของแคลเซียมและหมู่คาร์บอกซิล (Lofgren and Hermansson, 2007)

## ประโยชน์เพกทิน

มีการใช้เพกทินอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม และยา โดยทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด (thickener) สารทำให้เกิดเจล (gelling agent) สารให้ความคงตัว (stabilizer) และสารเคลือบผิว (coating material)

## 2. ข้าวโอ๊ต

ชื่อสามัญ : Oat ชื่อวิทยาศาสตร์ : Avena Sativa วงศ์ : POACEAE

ข้าวโอ๊ต (*Avena ena sativa*) เป็นพืชล้มลุกและหญ้าธัญพืชในบ้าน (วงศ์ Poaceae) มักสูงถึง 1.5 เมตร (5 ฟุต) ใบยาวมีฝักม่นที่โคนและมีเชื้อลิกลู (รยางค์เล็ก ๆ ที่ใบเชื่อมกับก้าน) มีโครงสร้างการออกดอกและการติดผลหรือช่อดอกของพืชประกอบด้วยกิ่งจำนวนมากที่มีดอกย่อยซึ่งผลิต caryopsis หรือผลเมล็ดเดี่ยว ข้าวโอ๊ตมีการปลูกกันอย่างแพร่หลายในเขตอบอุ่นของโลก มักถูกปลูกเป็นหลักสำหรับเมล็ดแ่งที่กินได้ ข้าวโอ๊ตเป็นรองเพียงข้าวไรที่มีความสามารถในการอยู่รอดในดินที่แ่ แม้ข้าวโอ๊ตจะถูกนำมาใช้เป็นอาหารของปศุสัตว์เป็นส่วนใหญ่ แต่ก็มีบางส่วนแปรรูปเพื่อการบริโภคของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

เป็นอาหารเข้า ฟืชที่เป็นหญ้าแห้งที่ดีและภายใต้สภาวะที่เหมาะสม เป็นหญ้าทะเลที่ดีเยี่ยม และทำหญ้าหมักได้ดี (อาหารก้านที่เก็บถูกรักษาโดยวิธีการหมัก)

ข้าวโอ๊ตมีองค์ประกอบทางโภชนาการที่สมดุล เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนคุณภาพดีที่มีความสมดุลของกรดอะมิโนที่ดี ข้าวโอ๊ตมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูง โดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัว แร่ธาตุ วิตามิน และไฟโตเคมีคอล (Head et al. 2010)

### 3. แดงกวา

ชื่อสามัญ : Cucumber ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Cucumis sativus* L. วงศ์ : Cucurbitaceae

แตงกวา (Cucumber) เป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Cucurbitaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cucumis sativus* Linn (อุดม, 2537) แตงกวาเป็นพืชล้มลุกที่มีลำต้นเป็นเถาเลื้อยมีมือเกาะ (tendril) ช่วยพยุงลำต้น ลำต้นเป็นเหลี่ยมมีขนปกคลุมอยู่ทั่วไปลำต้นยาวประมาณ 2 – 3 เมตร มีระบบรากเป็นรากแก้ว ใบเป็นรูปแหลม 3 – 5 แฉก ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันอยู่บนต้นเดียวกัน (monoecious plant) ดอกตัวผู้จะเกิดกลุ่มเป็น 3 – 5 ดอก ดอกตัวเมียจะเกิดเดี่ยว ๆ ดอกจะมีสีเหลือง ดอกตัวเมียจะสังเกตได้ง่าย คือ มีลักษณะคล้ายแตงกวาผลเล็ก ๆ ติดกับกลีบดอก ส่วนดอกตัวผู้จะมีเฉพาะก้านดอกเท่านั้น ซึ่งพอลิแซ็กคาไรด์ของแตงกวาเชื่อมโยกันด้วยพันธะ  $\beta$ -ไกลโคซิดิก ประกอบด้วย d-glucose, d-mannose, d-galactose, l-rhamnose, d-xylose, l-arabinose, d-glucuronic acid และ d-galacturonic acid

### 4. ฟักทอง

ชื่อสามัญ : Pumpkin ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Cucurbita moschata* Decne วงศ์ : Cucurbitaceae

ฟักทองพันธุ์ต่าง ๆ จำนวนมากมีรูปร่าง ขนาดและสีของเนื้อแตกต่างกัน (Hazra et al., 2007) มีเพกทินเป็นพอลิเมอร์อเนกประสงค์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในผนังเซลล์ของพืชที่ไม่ใช่ไม้ทั้งหมด (Ngouemazong et al., 2012). พบในแผ่นชั้นกลางของ higher ที่มีความเข้มข้นสูงกว่าผนังเซลล์ โดยค่อย ๆ ลดลงเมื่อผ่านเข้าไปผนังหลักไปทางเยื่อหุ้มพลาสมา (Lopes da Silva และราว พ.ศ. 2549) Pectic polysaccharides ประกอบด้วยเส้นตรงพอลิเมอร์ที่อุดมไปด้วยกรดกาแลคโตโรนิกซึ่งมีนัยสำคัญปริมาณของแรมโนส อาราบิโนส และกาแลคโตส รวมทั้งโมโนแซ็กคาไรด์อื่น ๆ (Vincken et al., 2003) ความเหมาะสมของเพกทินสำหรับวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันซึ่งถูกกำหนดโดยลักษณะของพวกเขากล่าวคือ ปริมาณกรดแอสไโครโรนิก, ปริมาณเมทอกซิล ระดับเอสเทอร์ฟิเคชัน และค่าอะซิดิล ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่เพกทินสกัดทั้งหมดควรถูกบรรยายอย่างเหมาะสมสำหรับลักษณะทางชีวเคมีของมัน ผลการศึกษาพบว่าฟักทองเป็นแหล่งของเพกทินธรรมชาติและต้นทุนต่ำ (Souza et al., 2012) ซึ่งก่อเจลขึ้นที่ความเข้มข้นต่ำกว่าเพกทินส้มมาก (Ovodov, 2009)

### บทที่ 3

#### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

#### 1. ตอนที่ 1 การศึกษาปริมาณเมทอกซิลในกากพืชตัวอย่าง ประกอบด้วย ข้าวโอ๊ต แตงกวา ฟักทอง

##### 1.1 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือพิเศษ และสารเคมี

##### 1.1.1 วัสดุ อุปกรณ์

- 1) บีกเกอร์ (Beaker)
- 2) กระบอกตวง (Cylinder)
- 3) ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
- 4) กรวยแก้ว (Glass funnel)
- 5) แท่งแก้ว (Stirring rod)
- 6) กระดาษกรอง เบอร์ 102 (Filter paper No.102)
- 7) ถาดสเตนเลส (Stainless tray)
- 8) บิวเรต 50 ml (Burette)
- 9) ที่จับบิวเรตต์ (Burette clamp)
- 10) ขาตั้ง (Ring stand)
- 11) เครื่องปั่น (Blenders)

##### 1.1.2 เครื่องมือพิเศษ

- 1) ตู้อบความร้อนแห้ง (Hot air oven)
- 2) เครื่องชั่งดิจิตอล (Digital balance)

##### 1.1.3 สารเคมี

- 1) กรดไฮโดรคลอริก (HCl 0.05 N , 0.25 N และ 0.5 N )
- 2) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH 0.1 N และ 0.5 N)
- 3) โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)
- 4) เอทานอล (Ethanol 95%)
- 5) อะซิโตน (Acetone 50%)
- 6) น้ำกลั่น (H<sub>2</sub>O)

##### 1.1.4 พืชตัวอย่างที่นำมาศึกษา

- 1) ข้าวโอ๊ต (Oat)
- 2) แตงกวา (Cucumber)
- 3) ฟักทอง (Pumpkin)

## 1.2 ขั้นตอนการทดลองสกัดเพกทินจากพืชตัวอย่าง

### 1.2.1 การทดลองสกัดเพกทินจากพืชตัวอย่าง

1.2.1.1 นำพืชตัวอย่าง ประกอบด้วย ข้าวโอ๊ต แดงกวา และฟักทองที่ล้างด้วยน้ำสะอาดแล้ว นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดให้ละเอียดให้แล้วนำไปชั่งเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

1.2.1.2 การเตรียมของแข็งที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ (AIS; alcohol insoluble solid) โดยนำพืชตัวอย่าง ประกอบด้วย ข้าวโอ๊ต แดงกวา และฟักทองที่บดละเอียดแล้วมาเติมสารละลายเอทานอลเข้มข้น 95 % ใน อัตราส่วน 1: 40 (กรัม/มิลลิลิตร) เพื่อกำจัดสารที่ละลายได้ในแอลกอฮอล์ โดยนำไปต้มที่อุณหภูมิ 90 องศา เป็นระยะเวลา 20 นาที ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 นาที

1.2.1.3 นำพืชตัวอย่างใส่ลงในบีกเกอร์ปริมาตร 40 กรัม มาเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.05 N อัตราส่วน 1:12 (กรัม/มิลลิลิตร) จากนั้นนำไปสกัดในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลาระยะเวลา 60 นาที กรองผ่านผ้าขาวบาง 1 ชั้น

1.2.1.4 นำพืชตัวอย่างที่ผ่านการกรองไปเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.05 N อัตราส่วน 1:12 (กรัม/มิลลิลิตร) จากนั้นนำไปสกัดในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลาระยะเวลา 60 นาทีอีกครั้ง กรองผ่านผ้าขาวบาง 1 ชั้นอีกครั้ง

1.2.1.5 นำสารละลายที่ได้ทั้งสองครั้งมารวมกัน ทำการตกตะกอน โดยเติมสารละลายเอทานอลเข้มข้น 95% ในอัตราส่วน 1:1 (กรัม/มิลลิลิตร) ทำการคนผสมแรง ๆ ให้เข้ากัน จากนั้นตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาระยะ 7 ชั่วโมง กรองเพกทินด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น

1.2.1.6 นำไปกรองด้วยกระดาษกรองพร้อมทั้งล้างตะกอนเพกทินที่ได้ด้วยสารละลายเอทานอล 95 % จำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 5 มิลลิลิตร ล้างตะกอนเพกทินด้วยสารละลายอะซิโตน ความเข้มข้น 50 % จำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 5 มิลลิลิตร นำตะกอนเพกทินที่ผ่านการล้างแล้วมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 นาที

1.2.1.7 นำตะกอนที่สกัดได้ใส่ถาดวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที เพื่อให้อะซิโตนระเหย อบตะกอนเพกทินที่ได้ให้แห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง บดด้วยเครื่องบดแล้วนำเก็บไว้ในถุงฟอยล์แบบทึบ

### 1.2.2 การวิเคราะห์หาน้ำหนักสมมูล

ชั่งเพกทินบดละเอียด 0.5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสารละลายเอทานอลเข้มข้น 95% ปริมาตร 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมโซเดียมคลอไรด์ 1 กรัมและ เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร หยดฟีนอลเรด 6 หยด ละลายเพกทินให้หมดที่อุณหภูมิห้องไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N จนถึงจุด และคำนวณน้ำหนักสมมูลจากสูตร

$$\text{น้ำหนักสมมูล} = \frac{1000 \times \text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}{\text{ปริมาตรของด่างที่ใช้ไทเทรต} \times \text{ความเข้มข้นด่างที่ใช้ไทเทรต}}$$

### 1.2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณเมทอกซิล

นำสารละลายที่ได้จากการหาน้ำหนักสมมูลมาเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.25 N ปริมาตร 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าทันที สารละลายจะเป็นสีม่วง ปิดจุกขวดรูปชมพู่และ วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้เกิดปฏิกิริยานาน 30 นาที เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.25 N ปริมาตร 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนสีจากสีม่วงเป็นสีเหลือง ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 N จนถึงจุดยุติ ได้สีของสารละลาย กลับมาเป็นสีม่วง คำนวณหาปริมาณเมทอกซิลจากสูตร

$$\text{ปริมาณเมทอกซิล} = \frac{(N) (V) (E) \times 100}{1000S}$$

เมื่อ N คือ จำนวนนอร์มอลิตีของด่างที่ใช้ไทเทรต

V คือ ปริมาตรของด่างที่ใช้ไทเทรต

E คือ น้ำหนักสมมูลของเมทอกซิล

S คือ น้ำหนักแห้งของเพกทินที่ใช้

### 1.2.4 ทดสอบจากค่า DM (Degree of Methyl esterification)

ทดสอบจากค่า DM และปริมาณเมทอกซิล ซึ่งน้ำหนักเพกทิน ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ขวดละ 0.5 กรัม เติมสารละลายเอทานอลเข้มข้น 95% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และ น้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน หยดฟีนอล์ฟทาเลอิน 5 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 N บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นปริมาตรที่ 1 (Vol 1) เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 N ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าจนสีชมพูหายไป หยดฟีนอล์ฟทาเลอิน 5 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 N บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 2 (Vol2) คำนวณหาระดับค่า DM และคำนวณหาปริมาณเมทอกซิล โดยหาระดับค่า DM ดังนี้

$$\text{ระดับค่า DM} = \frac{\text{NaOH Vol 1} \times 100}{\text{NaOH Vol 1} + \text{NaOH Vol 2}}$$

## 2. ตอนที่2 การนำเพกทินไปพัฒนาเป็นเจลประคบเย็น เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระยะเวลาในการกักเก็บความเย็น

### 2.1 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือพิเศษ และสารเคมี

#### 2.1.1 วัสดุ อุปกรณ์

- 1) บีกเกอร์ (Beaker)
- 2) เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
- 3) หม้อต้ม (Pot)
- 4) ตะกร้อคน (Whisk)
- 5) ขาตั้ง (Stands)
- 6) ไม้หนีบ (Holder)

#### 2.1.2 เครื่องมือพิเศษ

- 1) เตาให้ความร้อน (Hot plate)
- 2) เครื่องชั่งดิจิตอล (Digital balance)

#### 2.1.3 สารเคมี

- 1) เพกทินที่สกัดจากข้าวโอ๊ต (Oat pectin)

### 2.2 ขั้นตอนการทดลอง

#### 2.2.1 การทำเจลประคบเย็น

##### 2.2.1.1 การทำเจลประคบเย็นทั่วไป

2.2.1.1.1 เติมน้ำกลั่นปริมาตร 750 มิลลิลิตรลงในหม้อ ต้มน้ำโดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาจนน้ำเดือด

2.2.1.1.2 เติมเกลือปริมาตร 135 กรัม ลงไปแล้วคนจนกระทั่งเกลือละลาย

2.2.1.1.3 นำน้ำปริมาตร 180 มิลลิลิตร และแป้งกวนไส้ปริมาตร 75 กรัม ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเติมลงไปนหม้อ

2.2.1.1.4 กวนจนเนื้อเจลจับตัวกันมีลักษณะตั้งยอกแข็ง จากนั้นตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำใส่ลงไปในบีกเกอร์ปริมาตร 600 ml ใส่ลงไปปริมาตร 500 กรัม

2.2.1.2.5 นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

##### 2.2.1.2 การทำเจลประคบเย็นที่มีเพกทินจากข้าวโอ๊ต

2.2.1.2.1 เติมน้ำกลั่นปริมาตร 750 มิลลิลิตรลงในหม้อ ต้มน้ำโดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาจนน้ำเดือด

2.2.1.2.2 เติมเกลือปริมาตร 135 กรัม ลงไปแล้วคนจนเกลือละลายหมด

2.2.1.2.3 นำเพกทินที่สกัดจากข้าวโอ๊ตปริมาณ 20 กรัม เติมลงไปใต้น้ำเดือด จากนั้นคนให้เพกทินละลายจนหมด

2.2.1.2.4 นำน้ำปริมาณ 180 มิลลิลิตร และแป้งกวนไส้ปริมาณ 75 กรัม ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเติมน้ำตาลในหม้อ

2.2.1.2.5 กวนจนเนื้อเจลจับตัวกันมีลักษณะตั้งยอดแข็ง จากนั้นตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปใส่ลงไปในบีกเกอร์ปริมาณ 600 ml ใส่ลงไปปริมาณ 500 กรัม

2.2.1.2.6 นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

## 2.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเจลประคบเย็น

2.2.2.1 การวัดอุณหภูมิของเจลประคบเย็น โดยจุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงไปในบริเวณต่าง ๆ ของเจลประคบเย็นที่ไม่มีเพกทิน และเจลประคบเย็นที่มีเพกทิน ดังนี้

- จุดศูนย์กลาง
- ซ้ายห่างจากจุดศูนย์กลาง 2.5 ซม.
- ขวาห่างจากจุดศูนย์กลาง 2.5 ซม.

โดยควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมือนกันและระยะเวลาเดียวกัน และระยะเวลาที่จุ่มเทอร์โมมิเตอร์เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิใน 1 หน่วยเวลา

### 2.2.2.2 บันทึกผลโดยดูอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

บันทึกผลตั้งแต่จุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงไปจนสารได้เปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิใน 1 หน่วยเวลาโดยนำค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปเขียนกราฟ และเปรียบเทียบอุณหภูมิจากกราฟ



**บทที่ 4**  
**ผลการทดลอง**

**ตอนที่ 1 การสกัดและทดสอบเมทอกซิลในเพกทิน จากข้าวโอ๊ต แดงกวา พักทอง**

**ตารางที่ 1** การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำหนักรวมของน้ำหนักรวมที่สกัดจากพืชตัวอย่าง

ชนิดพืช	น้ำหนักรวมที่สกัดจากพืชตัวอย่าง					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
ข้าวโอ๊ต	16,666.66	12,500.00	6,250.00	8,333.33	8,333.33	10,416.66
แดงกวา	2,941.17	2,272.72	2,500.00	3,125.00	3,333.33	2,834.44
พักทอง	25,000.00	50,000.00	50,000.00	50,000.00	50,000.00	45,000.00

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำหนักรวม พบว่า ข้าวโอ๊ตมีน้ำหนักรวมมากที่สุด รองลงมา คือ พักทอง และแดงกวา เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเมทอกซิลในเพกทินต่อไป

**ตารางที่ 2** การวิเคราะห์หาปริมาณเมทอกซิลในเพกทินที่สกัดจากพืชตัวอย่าง

ชนิดพืช	ปริมาณเมทอกซิลในเพกทินที่สกัดจากพืชตัวอย่าง					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
ข้าวโอ๊ต	1,333.33	2,000.00	1,337.50	2,833.33	1,583.33	1,817.498
แดงกวา	758.82	549.99	510.00	731.25	806.66	671.34
พักทอง	150.00	400.00	200.00	400.00	300.00	290.00

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณเมทอกซิล พบว่า ข้าวโอ๊ตมีปริมาณเมทอกซิลมากที่สุด รองลงมา คือ พักทอง และแดงกวา

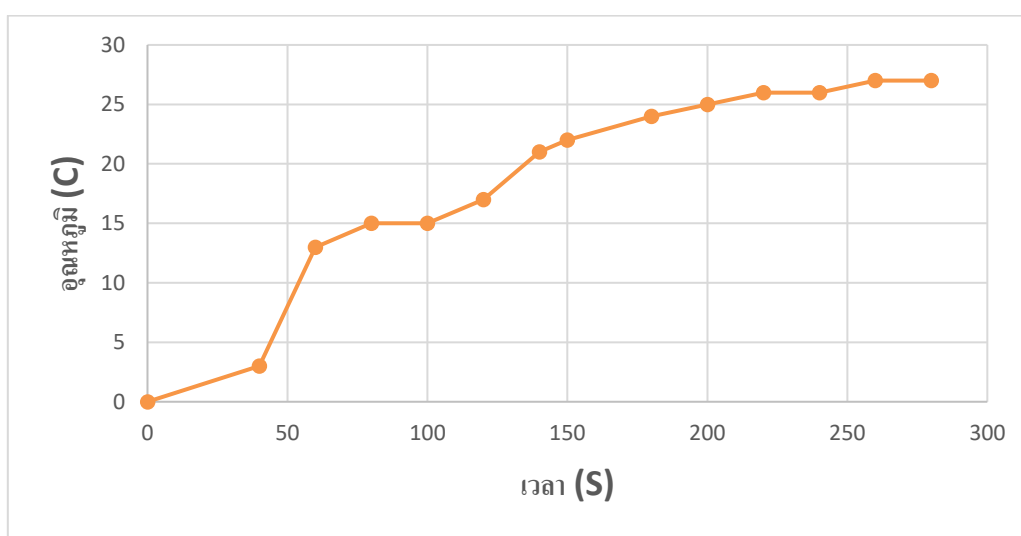
**ตารางที่ 3** การทดสอบค่า DM (Degree of Methyl esterification)

ชนิดพืช	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5		เฉลี่ย%
	Vol 1	Vol 2	Vol 1	Vol 2	Vol 1	Vol 2	Vol 1	Vol 2	Vol 1	Vol 2	
ข้าวโอ๊ต	0.1	0.5	0.2	0.5	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	34.70%
แดงกวา	1	0.3	0.6	0.8	0.6	0.1	0.5	0.3	0.5	0.2	67.88%
พักทอง	0.3	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4	0.3	0.4	0.2	0.5	36.14%

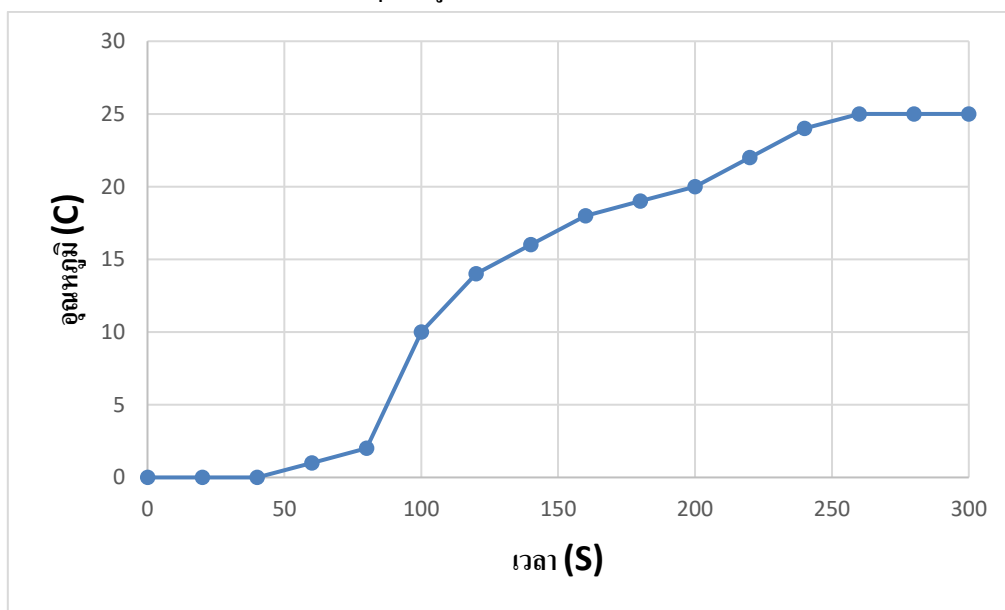
จากผลการทดสอบค่า DM (Degree of Methyl esterification) พบว่าเตงกวามีค่า DM มากที่สุด รองลงมาคือ พักทอง และข้าวโอ๊ต ดังนั้นเตงกวาจัดเป็นเพกทินชนิด high methoxyl และพักทองกับข้าวโอ๊ตจัดเป็นเพกทินชนิด low methoxyl

## ตอนที่ 2 การนำเพกทินไปประยุกต์เป็นเจลประคบเย็น

จากผลการทดลองในตอนที 1 ข้าวโอ๊ตมีค่า DM น้อยที่สุด จัดเป็น low methoxyl pectin ซึ่งหมายความว่าสามารถเกิดเจลได้เร็ว จึงเลือกนำข้าวโอ๊ตมาพัฒนาเป็นเจลประคบเย็นและนำมาเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่เก็บความเย็นกับเจลประคบเย็นทั่วไป



กราฟที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเจลประคบเย็นที่ไม่ผสมเพกทิน ใน 1 หน่วยเวลา



กราฟที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเจลประคบเย็นที่ผสมเพกทิน ใน 1 หน่วยเวลา

## บทที่ 5

### อภิปรายผลการทดลอง

#### 1. อภิปรายผลการทดลอง

จากผลการทดลองตอนที่ 1 การสกัดเพกทินและทดสอบหาปริมาณเมทอกซิลในเพกทินที่สกัดจากข้าวโอ๊ต แดงกวา พักทอง พบว่า ข้าวโอ๊ตมีปริมาณเพกทินมากที่สุด พิจารณาจากตารางทั้ง 3 ตารางโดยการวิเคราะห์หาน้ำหนักสมมูลที่สกัดจากพืชตัวอย่าง จากผลการวิเคราะห์หาน้ำหนักสมมูล พบว่า ข้าวโอ๊ตมีน้ำหนักสมมูลมากที่สุด รองลงมาคือ แดงกวา และ พักทอง ตารางที่ 2 การวิเคราะห์หาปริมาณเมทอกซิลในเพกทินที่สกัดจากพืชตัวอย่าง จากการวิเคราะห์หาปริมาณเมทอกซิล พบว่า ข้าวโอ๊ตมีปริมาณเมทอกซิลมากที่สุด รองลงมา คือ พักทอง และ แดงกวา ตารางที่ 3 การทดสอบค่า DM (Degree of Methyl esterification) จากผลการทดสอบค่า DM (Degree of Methyl esterification) พบว่า แดงกวามีค่า DM 67.88% ซึ่งมากที่สุด รองลงมาคือ พักทองมีค่า DM 36.14% และข้าวโอ๊ตมีค่า DM 34.70% ซึ่งน้อยที่สุด ดังนั้น แดงกวาจัดเป็นเพกทินชนิด high methoxyl และ พักทองกับข้าวโอ๊ตจัดเป็นเพกทินชนิด low methoxyl ซึ่งหมายความว่า ข้าวโอ๊ตสามารถเกิดเจลได้เร็วกว่า แดงกวา กับ พักทอง จากผลการทดลองตอนที่ 2 การนำเพกทินไปพัฒนาไปเป็นเจลประคบเย็นเพื่อประสิทธิภาพในการกักเก็บความเย็น พบว่า เจลประคบเย็นที่มีเพกทินจากข้าวโอ๊ตสามารถกักเก็บความเย็น (รักษาอุณหภูมิ) ได้ดีกว่า เจลประคบเย็นทั่วไปที่ไม่มีเพกทิน พิจารณาจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิใน 1 หน่วยเวลา จะเห็นว่ากราฟที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเจลประคบเย็นที่ไม่ผสมเพกทิน ใน 1 หน่วยเวลา กับ กราฟที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเจลประคบเย็นที่ผสมเพกทิน ใน 1 หน่วยเวลา กราฟที่ 2 มีการอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ช้ากว่ากราฟที่ 1

#### 2. สรุปผลการทดลอง

- 2.1 ปริมาณเมทอกซิลในเพกทินที่สกัดจากพืชตัวอย่าง 3 ชนิด มีปริมาณที่แตกต่างกัน
- 2.2 เมทอกซิลในเพกทินมีผลต่อการเพิ่มความหนืดและยืดระยะเวลาในการกักเก็บความเย็นของเจลประคบเย็น
- 2.3 การพัฒนาเจลประคบเย็นที่มีเพกทินทำให้สามารถกักเก็บความเย็นได้นานขึ้น

#### 3. ข้อเสนอแนะ

- 2.1 ในการทำโครงการ ควรมีการศึกษาข้อมูลให้ละเอียดถี่ถ้วนก่อนที่จะทำการทดลอง
- 2.2 ควรมีการจัดลำดับขั้นตอนวิธีการทำการทดลอง

## ภาคผนวก



ภาพการปั่นเปลือกฟักทองให้ละเอียด



ภาพอุปกรณ์การทดลอง การวิเคราะห์น้ำหนักสมมูล,  
การวิเคราะห์หาปริมาณเมทอกซิล และวิเคราะห์ค่า %DM



ภาพการอบด้วยเครื่อง hot dry oven  
เพื่อกำจัดความชื้นของพืชตัวอย่าง



ภาพการเตรียมของแข็งที่ไม่ละลาย  
ในแอลกอฮอล์(AIS; alcohol insoluble solid)



ภาพการกรองสารละลายจากชั้นตอน AIS



ภาพการล้างตะกอนเพกทินด้วยสารละลายเอทานอลเข้มข้น 95 % และสารละลายอะซิโตนเข้มข้น 50 %



ภาพการตกตะกอน โดยเติมสารละลายเอทานอลเข้มข้น 95%



ภาพการวิเคราะห์หาปริมาณเมทอกซิล  
โดยวิธีการไทเทรตด้วย phenol red



ภาพการวิเคราะห์หาค่า  
ระดับการเกิด %DM



ภาพการวิเคราะห์หาน้ำหนักสมมูล โดยตั้งทิ้งไว้ให้เพกทินละลาย

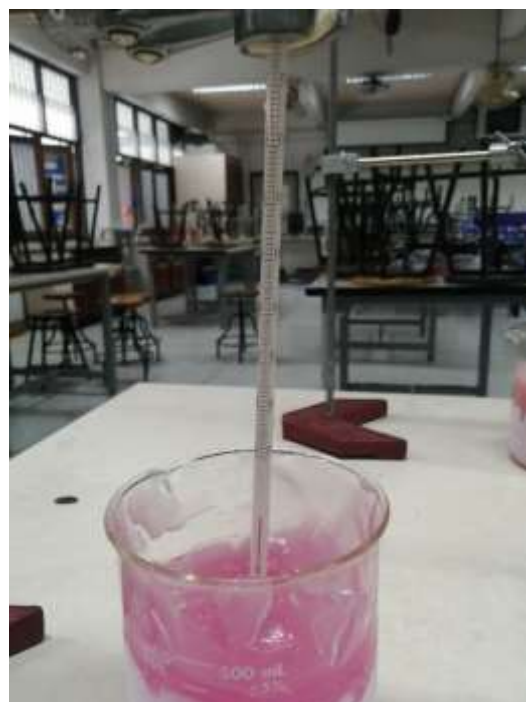




ภาพการตมผงทินให้กับน้ำต้มเดือดให้ละลายเพื่อนำไปทำเจลประคบเย็น



ภาพการวัดอุณหภูมิของเจลประคบเย็น  
ที่มีเพกทินที่สกัดจากข้าวโอ๊ต



ภาพการวัดอุณหภูมิของเจลประคบเย็น  
ที่ไม่มีเพกทิน

### บรรณานุกรม

นวลกมล อำนวยสิน , ญัฐญาภรณ์ เลือชมแสง และเทพปัญญา เจริญรัตน์ “การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพกตินจากเปลือกกล้วยหอมทองด้วยกรดไฮโดรคลอริกและกรดซิตริก” บทความวิจัย , ปีที่7 ฉบับที่5,พ.ศ.2561,หน้า 483-484

หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์ , จิรพร สวัสดิการ และรุ่งทิwa สุวรรณรัตน์ “การสกัดและการประยุกต์ใช้เพกตินจากเปลือกทุเรียน” วารสารวิจัยไร่ไพพรรณี , ปีที่ 13 ฉบับที่ 2, เดือนพฤษภาคม - สิงหาคม 2562 ,หน้า 27-29

สุนันท์ วิทิตสิริ “การเปรียบเทียบปริมาณเพกติน จากช่งขนุนหนึ่งจำ ปากรอบ โดยการสกัดด้วยน้ำร้อนและความดันไอสุง” วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา , ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 , เดือนกรกฎาคม-ธันวาคม 2557, หน้า 97-99

ธานุวัฒน์ ลาภตันสุกผล, ปฎิมา ทองขวัญ และศิริลักษณ์ สรงพรหมทิพย์ “การสกัดเพกตินจากเปลือกผัก และผลไม้” ว.วิทยาศาสตร์เกษตร,ปีที่ 44 ฉบับที่ 2 (พิเศษ),เดือนพฤษภาคม-สิงหาคม2556,หน้า 433-434

The Editors of Encyclopaedia Britannica. Oats. Retrieved July 27,2021,from Oats | grain | Britannica

Songhua, Chen,Hualiang Huang, Gangliang Huang. (2019). Extraction, derivatization and antioxidant activity of cucumber polysaccharide

Anju Kumari Dhiman, Preethi Ramachandran, Surekha Attri. (2017). Extraction of Pectin from Ripe Pumpkin (Cucurbita moschata Duch ex. Poir) Using Eco-Friendly Technique. Department of Food Science and Technology, College of Horticulture Dr Y S Parma, University of Horticulture and Forestry.