# รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

# ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสกัดเพคตินจากเนื้อตาลสุกด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอช

# Factors affect pectin extraction process from ripen sugar palm meat by water without pH adjusting

นายกิตติชัย บรรจง

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

# ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสกัดเพคตินจากเนื้อตาลสุกด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอช

# Factors affect pectin extraction process from ripen sugar palm meat by water without pH adjusting

นายกิตติชัย บรรจง

RCH
ก673ป
2558

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 143716
วัน.เดือน.ปี 29 ก.ย. 2559

b 12802207
i.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสกัดเพคตินจากเนื้อตาลสุกด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอช
แหล่งเงินรายได้
ประจำปีงบประมาณ2558จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 55,000บาท
ระยะเวลาในการทำวิจัย1 ปี ตุลาคม 2557 – กันยายน 2558
หัวหน้าโครงการนายกิตติชัย บรรจง คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ดำเนินการโดยใช้เนื้อลูกตาลสุกเป็นวัตถุดิบโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการสกัดเพคตินโดยไม่ปรับอุณหภูมิและพีเอชในการสกัด ปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ อัตราส่วนน้ำ พีเอช และอุณหภูมิที่ในการสกัด ซึ่งทำการตรวจสอบผลกระทบต่อผลผลิตเพคตินที่ได้และคุณสมบัติของเพคติน พบว่าอัตราส่วนน้ำที่ใช้ในการสกัดคือ 1:31:51:71:9 และ1:11(เนื้อตาลสุก : น้ำ) ให้ผลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และผลของการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอชให้ผลผลิตเพคตินสูงที่สุด (25.96 ± 1.75 %) ทำการเลือกสภาวะที่ให้ผลผลิตเพคตินสูงที่สุดคือการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอชนำมาศึกษาคุณสมบัติของเพคตินโดยเปรียบเทียบกับการสกัดแบบดั้งเดิมและเพคตินทางการค้า พบว่าคุณสมบัติของเพคตินคือปริมาณความชื้น เถ้า และปริมาณของกรดกาแลคทูโรนิค ให้ผลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P> 0.05$) เมื่อเทียบกับการสกัดแบบดั้งเดิม ส่วนผลการวิเคราะห์ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่เพคตินที่ได้จากลูกตาลสุกทั้ง 2 วิธีนั้นยังจัดอยู่ในกลุ่มเพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถสกัดเพคตินจากเนื้อลูกตาลสุกได้ด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอชที่อุณหภูมิห้อง โดยได้เพคตินที่มีคุณสมบัติไม่แตกต่างกัน

**คำสำคัญ** : เพคติน การสกัด ลูกตาลสุก ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Factors affect pectin extraction process from ripen sugar palm meat by water without pH adjusting
Researcher: Kittichai Banjong
Faculty: Agro-industry

## 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 ($P>0.05$). Results showed that the extraction condition of pH unadjusted at room temperature give highest pectin yield (25.96 ± 1.75 %).The pectin from a condition of pH unadjusted at room temperature (RT) and the pectin from conventional method was 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 was low methoxy pectin even though the result of degree of esterification and methoxyl content showed significant difference ($P\leq0.05$).The results suggested that pectin from ripe Palmyra palm can be extracted successfullyby water at room temperature.

**Keyword** :pectin, extraction, ripen sugar palm, degree of esterification

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังแหล่งเงินทุนรายได้ประจำปี 2558 ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรและนักศึกษาระดับปริญญาตรี และนักศึกษาระดับปริญญาโท คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่เกี่ยวข้อง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้วยดี

นายกิตติชัย บรรจง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... II
กิตติกรรมประกาศ ..... III
สารบัญ ..... IV
สารบัญตาราง ..... VI
สารบัญภาพ ..... VII

บทที่ 1บทนำ ..... 1
1. ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย ..... 1
2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ..... 2
3. ขอบเขตงานวิจัย ..... 2
4. วิธีดำเนินการวิจัย ..... 2
5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 3

บทที่ 2ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 4
2.1. ตาลโตนด ..... 4
2.2. เพคติน ..... 4
2.3. สมบัติทางเคมีของเพคติน ..... 5
2.3.1. การเกิดเจลของเพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลสูง ..... 5
2.3.2. การเกิดเจลของเพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลต่ำ ..... 5
2.4. สมบัติทางกายภาพองเพคติน ..... 6
2.4.1. สมบัติการละลายของเพคติน ..... 6
2.4.2. ความหนืดของเพคติน ..... 6
2.5. การสกัดเพคติน ..... 6
2.6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 7

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย ..... 10
3.1. อุปกรณ์และสารเคมี ..... 10
3.1.1. วัตถุดิบ ..... 10
3.1.2. อุปกรณ์และเครื่องมือ ..... 10
3.1.3. สารเคมี ..... 10
3.2. วิธีการดำเนินงาน ..... 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)


หน้า

3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ 11
3.2.2. ศึกษาอัตราส่วนน้ำที่มีผลต่อผลผลิตเพคติน 11
3.2.3. ศึกษาผลของพีเอชและอุณหภูมิในการสกัดที่มีผลต่อผลผลิตเพคติน 13
3.2.4. เปรียบเทียบกระบวนการสกัดของเพคตินที่มี
ผลต่อคุณสมบัติต่างๆของเพคติน 14
3.2.4.1. การวิเคราะห์คุณสมบัติเพคตินที่สกัดได้ 14
3.2.5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 14

บทที่4ผลการทดลองและวิจารณ์ 15
4.1 ผลของอัตราส่วนน้ำที่มีผลต่อผลิตเพคติน 15
4.2 ผลของพีเอชและอุณหภูมิในการสกัดที่มีผลต่อผลผลิตเพคติน 15
4.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเพกติน 16
4.3.1. ปริมาณความชื้นของเพคติน 16
4.3.2. ปริมาณเถ้าของเพคติน 17
4.3.3. ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่น (Degree of esterification,DE) 17
4.3.4. ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคติน (Galacturonic acid, GA) 18

บทที่ 5สรุปผลการทดลอง 19

บทที่ 6 สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย 20

บรรณานุกรม 21

ภาคผนวก 24

ประวัตินักวิจัย 36


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**

3.1 สรุปกระบวนการที่ทำการทดลองในหัวข้อ 3.2.3 ..... 13

4.1เปรียบเทียบอัตราส่วนน้ำที่ใช้ในการสกัดต่อผลผลิตเพคตินที่ได้ ..... 15

4.2เปรียบเทียบสภาวะที่ใช้ในการสกัดต่อผลผลิตเพคตินที่ได้ ..... 16

4.3คุณสมบัติของเพคตินที่ได้จากกระบวนการสกัดที่ต่างกัน ..... 18

ค1ความสัมพันธ์ระหว่าง Degree of Esterification (DE)
กับปริมาณเมทอกซิลในเพคติน ..... 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

**ภาพที่** **หน้า**

2.1. โครงสร้างของแพคติน 4
3.1. แผนภาพวิธีการสกัดเพคตินด้วยน้ำ 12
ข 1 แผนภาพวิธีการสกัดเพคตินแบบดั้งเดิม 27
ค 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกและค่าดูดกลืนแสงที่ความ ยาวคลื่น 52 นาโนเมตร 32
ง 1 ผงเพคตินจากลูกตาลสุกที่ได้จากกระบวนการสกัด 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

เพคตินเป็นสารประกอบโพลิเมอร์ที่พบในพืช จัดเป็นสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรตทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล (Nussinovitch,1997) เพคตินถือได้ว่าเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่มีความซับซ้อน โครงสร้างส่วนใหญ่เชื่อมต่อกัน ด้วยพันธะแอลฟา 1,4 ไกลโคซิดิก ( -1,4 glycosidic ) (Gholamreza et al., 2005) เพคตินมีสมบัติพิเศษคือ เมื่อรวมตัวกับน้ำตาล และกรดในปริมาณ ที่เหมาะสม 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 (กิตติพงษ์, 2536) นอกจากอุตสาหกรรมอาหารแล้วยังมีการนำเพคตินไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆอีกมากทั้งทางเภสัชกรรม การแพทย์ เครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร

ในปัจจุบันมีการนำเข้าเพคตินจากต่างประเทศคิดเป็นมูลค่าจำนวนมาก ทำให้เกิดงานวิจัยเกี่ยวกับการสกัดเพคตินจากแหล่งต่างๆโดยใช้วัตถุดิบหรือเศษเหลือจากผลผลิตทางการเกษตรภายในประเทศไทยมาสกัดเพคติน (ชวนิฏฐ์ และคณะ, 2548, ณรงค์ และเมธินี, 2548, ปาริฉัตรและคณะ, 2550, กนกพร และเจนจิรา, 2552 และ สมฤทัย และอมราวดี, 2552) และได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสกัดเพคตินจากลูกตาลโดยใช้ส่วนต่างๆ (Rungrodnimitchai,2011, สุธิดา,2552, สุธิดา และพูนศิริ, 2555 และศิวะเทพ, 2557) ทุกส่วนของลูกตาลไม่ว่าจะเป็นเปลือก เนื้อ จาว และเมล็ด มีองค์ประกอบของเพคตินชนิดหมู่เมธ็อกซิลต่ำ(Low methoxyl pectin, LMP) และเพคตินดังกล่าวจะมีปริมาณมากที่สุดในเนื้อลูกตาลสุกประมาณร้อยละ 20 เนื้อลูกตาลสุกจึงเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจสำหรับงานวิจัยนี้

การสกัดเพคตินสามารถสกัดได้หลายวิธี เช่น การใช้น้ำ การใช้สารละลายบัฟเฟอร์ การสกัดด้วยกรด การสกัดด้วยด่าง และการสกัดด้วยสารอินทรีย์ที่มีความสามารถในการจับประจุบวก (Chelating agents) (Whister and BeMiller, 1973) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสกัดเพคตินจากเนื้อตาลสุกโดยใช้น้ำกลั่น เนื่องจากเพคตินมีสมบัติในการละลายน้ำได้ (Water Soluble Fiber) อีกทั้งยังเป็นการประหยัดสารเคมี และลดสารเคมีตกค้างในการสกัดโดยมีสมมติฐานว่าเพคตินจากผลลูกตาลสุกส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเพคตินที่ละลายน้ำได้ อีกทั้งการวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นไปยังการสกัดเพคตินจากเนื้อตาลสุกโดยไม่ปรับพีเอช มีงานวิจัยพบว่าเนื้อตาลสุกมีค่าพีเอชประมาณ 3.5 (มนัสนันท์ และคณะ, 2544) เป็นค่าพีเอชที่อยู่ในช่วงกรด จึงได้มีสมมติฐานว่าเนื้อตาลสุกมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะเป็นกรด ปริมาณไฮโดรเจนไอออนที่มีในระบบจึงน่าจะมีสูง ส่งผลให้เกิดการไฮโดรไลซ์ที่มากขึ้น ทำให้เพคตินที่ไม่ละลายอยู่ในรูปที่ละลายได้จึงอาจไม่จำเป็นต้องประพีเอชให้ต่ำลงอีก

**1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย**

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสกัดเพคตินจากเนื้อลูกตาลสุกด้วยน้ำโดยไม่ใช้สารเคมีเช่น กรด หรือสารละลายบัฟเฟอร์
2. เพื่อปรับปรุงหรือพัฒนากระบวนการสกัดเพคตินจากเนื้อลูกตาลสุกด้วยน้ำโดยไม่ใช้สารเคมี
3. เพื่อศึกษาคุณภาพเชิงกายเคมีภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้

**1.3 ขอบเขตงานวิจัย**

การวิจัยนี้มีขอบเขตของการวิจัย คือ ศึกษาขั้นตอนการสกัดและทำการสกัดเพคตินจากเนื้อลูกตาลสุกด้วยวิธีการสกัดด้วยน้ำโดยไม่ใช้สารเคมี เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเพกตินเมทธอกซิลต่ำทางการค้า โดยวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีต่างๆของเพคติน (ปริมาณของเพกตินที่สกัดได้, ปริมาณความชื้น, ความบริสุทธิ์ของเพกติน, ตรวจสอบหาค่าปริมาณเมททอกซิล และเถ้า เป็นต้น) เพื่อพัฒนากระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการสกัดเพคตินจากเนื้อตาลสุกด้วยน้ำโดยพิจารณาทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้

**1.4 วิธีดำเนินการวิจัย**

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อวิธีการสกัดเพคตินด้วยน้ำจากเนื้อตาลสุกโดยเปรียบเทียบการสกัดเพคตินจากเนื้อตาลสุกโดยใช้กรดไฮโดรคลอริก ซึ่งเป็นการสกัดเพคตินทั้งหมด ทั้งที่ละลายน้ำไม่ได้ และที่ละลายน้ำได้ เปรียบเทียบกับการใช้น้ำโดยไม่ใช้กรดไฮโดรคลอริก ซึ่งจะสามารถสกัดได้เฉพาะเพคตินที่ละลายน้ำได้ เพื่อให้ทราบปริมาณเพคตินที่ละลายน้ำได้ในลูกตาลสุก โดยทดลองเปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินโดยปรับกรดและไม่ปรับกรด ได้แก่ 1) วิธีใช้กรดไฮโดรคลอริกที่พีเอชต่ำ เช่น 2-3 ที่อุณหภูมิสูงเช่น 80 องศาเซลเซียส 2) วิธีใช้น้ำที่อุณหภูมิสูงเช่น 80 องศาเซลเซียส และ 3) วิธีใช้น้ำที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำเพคตินที่ได้ไปหาปริมาณผลผลิตเทียบกับน้ำหนักแห้งของวัตถุดิบ (Dry matter) และวิเคราะห์สมบัติต่างๆของเพคตินที่ได้ ตัวอย่างเช่น ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่น ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิค เป็นต้น ผลการทดลองที่ได้จะนำไปใช้พัฒนากระบวนการสกัดเพคตินต่อไป เพคตินที่ได้ภายหลังจากการสกัดจะถูกวิเคราะห์ผลการทดลองโดยเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม รวมไปถึงคุณภาพของเพกตินที่สกัดได้จากเปลือกลูกตาลดิบเมื่อเทียบกับเพคตินชนิด low methoxyl ทางการค้าที่นำเข้าจากต่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. เพื่อให้ทราบถึงวิธีการและปัจจัยที่ส่งผลต้อการสกัดเพคติน เพื่อให้ได้ผลผลิตในปริมาณที่สูงขึ้น และมีคุณภาพที่ดี

2. เพื่อพัฒนากระบวนการสกัดเพคตินที่ประหยัดพลังงาน และลดสารเคมีในการสกัด

3. เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติต่างๆของเพคตินจากเนื้อตาลสุก ซึ่งสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

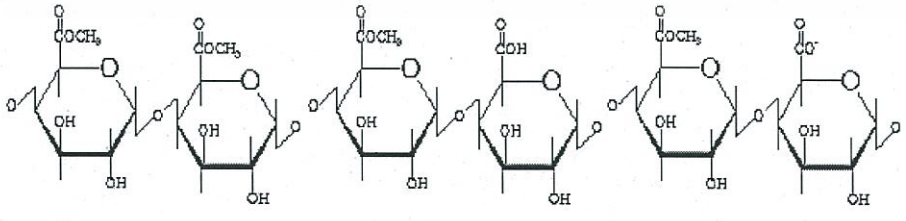
## 2.1ตาลตโหนด

ตาลโตนด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Borassus flabellifer* Linn. มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า Palmyra Palm ตาลโตนดเป็นพืชที่มีดอกแบบไม่สมบูรณ์เพศ มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย ต้นเพศผู้และต้นเพศเมียแยกคนละต้น ผลมีขนาดใหญ่เป็นทะลาย ผลกลมมีขนาด 6-8 นิ้ว ผลอ่อนมีสีเขียวอ่อน ผลแก่มีสีม่วงแก่ผลสุกเต็มที่มีสีม่วงแก่เกือบดำหรือดำ ผิวเป็นมันภายในผลมีเมล็ดขนาดใหญ่แข็งประมาณ 1-4 เมล็ด ส่วนใหญ่มี 3 เมล็ด มีเปลือกหุ้มเป็นเส้นใยละเอียด เมื่อสุกจะมีสีเหลืองสด ประกอบด้วยแป้งและน้ำตาล โดยทั่วไปชาวบ้านมักนำผลตาลสุกมายีกับน้ำเพื่อทำเป็นขนมตาลและขนมวุ้นลูกตาล ซึ่งเป็นขนมพื้นบ้านของไทย และใช้เป็นสีผสมอาหารในขนมต่างๆ

มีงานวิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับการสกัดเพคตินจากตาลโตนดพบว่า เนื้อตาลดิบมีปริมาณเพคตินร้อยละ 13.3 และเนื้อตาลสุกมีปริมาณเพคตินร้อยละ 20.1 โดยน้ำหนัก (Rungrodnimitchai, 2011) จาวตาลมีปริมาณเพคตินอยู่ในช่วงร้อยละ 5.24 – 14.68 โดยน้ำหนัก (สุธิดา และพูนศิริ,2555) และเปลือกตาลดิบมีปริมาณอยู่ในช่วงร้อยละ 9.62 – 13.65 โดยน้ำหนัก (ศิวะเทพ และกิตติชัย, 2557) เพคตินในส่วนต่างๆของตาลโตนดสามารถนำมาสกัดใช้ประโยชน์ได้ พบว่าเพคตินที่สกัดได้จากตาลโตนดนี้เป็นเพคตินชนิดหมู่เมทอกซิลต่ำ (Low methoxyl pectin, LMP)

## 2.2เพคติน

เพคตินเป็นสารจำพวกพอลีแซ็คคาไรด์ (polysaccharide) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก และมีโครงสร้างหลักที่ประกอบด้วยกรดกาแลคทูโรนิก (D-galacturonic acid) ที่ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1-4 ไกลโคซิดิค ( -1,4 glycosidic) (ภาพที่ 1) พบได้ในผลไม้ตระกูลส้ม เช่น ส้มโอ ส้มเขียวหวาน นอกจากนี้ยังพบในพืชชนิดอื่นๆอีกเช่น แอปเปิ้ล หัวบีท มะม่วง ฝรั่ง เป็นต้น เพคตินที่สกัดได้จากเนื้อเยื่อพืชเหล่านี้มีสมบัติในการเกิดเจลได้เมื่อเติมกรดและน้ำตาลในปริมาณที่เหมาะสม (องอาจ, 2553)



**ภาพที่ 2.1** โครงสร้างของเพคตินต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1-4 ไกลโคซิดิค ( -1,4 glycosidic)

**ที่มา:**Kertesz (1951)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบเพคตินแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดตามการละลาย ได้แก่

1. เพคตินที่สามารถละลายน้ำได้ จะมีโครงสร้างเป็นกรดกาแลคทูโรนิกที่มีหมู่เมทอกซิลอยู่ในโครงสร้าง

2. เพคตินที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ เป็นเพคตินที่มีหมู่แคลเซียมหรือแมกนีเซียม เมื่อนำไปทำปฏิกริยากับกรดจะสามารถละลายน้ำได้ เนื่องจากไฮโดรเจนจากกรดจะเข้าไปแทนที่แคลเซียมหรือแมกนีเซียม ทำให้เกิดเป็นกรดเพคตินิกที่สามารถละลายน้ำได้ หรือใช้เอนไซม์เพคตินดังกล่าวกลายเป็นกรดเพคตินิกที่ละลายน้ำได้ เรียกเพคตินชนิดนี้ว่า โปรโตเพคติน

3. เพคตินที่มีสูตรโคร่งสร้างเป็นกรดกาแลคทูโรนิกที่ไม่มีหมู่เมทอกซิลในโครงสร้าง จะประกอบไปด้วยหน่วยของกรดกาแลคทูโรนิกอที่เชื่อมต่อกันอย่างเดียว เพคตินชนิดนี้จะไม่สามรถเกิดเจลได้

เพคตินยังสามารถแบ่งได้ตามปริมาณของการเกิดเมทอกซิลเอสเทอร์ (Methoxyl ester) หรือ degree of esterification (DE) ซึ่งจะมีผลต่อการเกิดเจลของเพคติน การแสดงปริมาณของเอสเทอร์จะอยู่ในรูปของระดับการเกิดเมทอกซิลบเอสเทอร์ (Methoxyl ester) เรียกว่า Degree of methoxylation (DM) โดยแบ่งเพคตินได้เป็น 2ชนิดคือ 1). เพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำ DE <50% (Low methoxyl หรือ LM) DE <50% เพคตินชนิดนี้จะเกิดเจลได้เมื่อมีไอออนของโลหะมาช่วยในการขึ้นรูปเจล เช่น แคลเซียมไอออน แมกนีเซียมไอออน เป็นต้น 2). เพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลสูง (High methoxyl หรือ HM) DE >50% เพคตินชนิดนี้สามารถเกิดเจลได้ในสภาวะที่มีน้ำตาลหรือกรดในปริมาณที่เหมาะสม (Rolin and Vries, 1990 และองอาจ, 2553)

**2.3สมบัติทางเคมีของเพคติน**

2.3.1 การเกิดเจลของเพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลสูง

การเกิดเจลของเพคตินจะต้องมีปริมาณน้ำตาล และกรดที่เหมาะสมเท่านั้น เนื่องจากสายโครงสร้างเพคตินนั้นจะถูกดึงน้ำออก มีผลทำให้เพคตินมีประจุลบ จึงทำให้ลดแรงระหว่างสายโซ่ (chain-chain interaction) ความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมในการเกิดเจลของเพคตินชนิดที่เกิดเจลได้ช้า และเร็วนั้น คือ 3.2 และ 3.4 ตามลำดับ ที่ความเป็นกรด-ด่างต่ำ ค่า gel strength จะเพิ่มมากขึ้น และอุณหภูมิในการเกิดเจลก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย (May, 1997)

2.3.2 การเกิดเจลของเพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลต่ำ

การเกิดเจลของเพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลต่ำนั้นขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัย ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของน้ำตาล ปริมาณของเพคติน ปัจจัยเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเกิดเจล และค่า gel strength ที่ต้องการ ในการเตรียมเจลมาตรฐานต้องประกอบด้วยความเป็นกรด-ด่าง 3.0 ปริมาณน้ำตาล 30% โดยให้มีเพคติน 1% และสารประกอบแคลเซียม โดยเพคตินชนิดนี้จะไม่สามารถเกิดเจลได้หากมีปริมาณแคลเซียมไม่เพียงพอ แต่ถ้าหากเพิ่มปริมาณของแคลเซียม ค่า gel strength ก็จะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งแล้วจะลดลง อุณหภูมิในการเกิดเจลก็จะเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิปกติ และจุดเดือดจะเพิ่มมากขึ้นตาม gel strength ที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.4สมบัติทางกายภาพของเพคติน**

2.4.1 สมบัติการละลายของเพคติน

เพคตินเมื่ออยู่ในลักษณะของผงจะละลายได้ยาก มีการจับกันเป็นก้อนได้ง่ายทำให้ละลายได้ช้า เพคตินจะสามารถละลายได้ดีในน้ำอุ่นหรือน้ำที่มีอุณหภูมิมากว่า 60 องศาเซลเซียส แล้วต้องทำการผสมด้วยเครื่องผสมเพื่อช่วยในการละลาย การเติมน้ำตาลเข้าไปผสมกับเพคตินจะช่วยให้เพคตินนั้นสามารถละลายได้ดีขึ้น โดยผสมในอัตราส่วนเพคติน 1ส่วนต่อน้ำตาล 5 ส่วน หรือผสมกับสารละลายอื่นๆ เช่น แอลกอฮอล์เพื่อทำให้เพคตินเปียก ทำการผสมด้วยเครื่องผสมความเร็วสูง หรือต้มประมาณ 1 นาที เพื่อให้เพคตินละลายได้หมด (Rolin and De Vries, 1990)

2.4.2 ความหนืดของเพคติน

ความหนืดของเพคตินนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยดังนี้

-ความเข้มข้นของเพคติน ถ้าสารละลายเพคตินเจือจางจะให้การไหลแบบนิวโตเนียน (Newtonian) ค่าความหนืดของของไหลประเภทนี้เนียน จะคงที่ไม่ขึ้นกับอัตราเฉือน ถ้าสารละลายเพคตินมีความเข้มข้นมากกว่า 1% สารละลายเพคตินจะมีคุณสมบัติเป็น Pseudoplastic เมื่อเพิ่มอัตราเฉือน จะทำให้ความหนืดของของไหลลดลง

-ความเป็นกรด-ด่าง ถ้าเพิ่มความเป็นกรดหรือด่าง พบว่าความหนืดของสารละลายเพคตินจะเพิ่มขึ้นด้วย สารละลายที่มีประจุ +1 จะลดความหนืดของสารละลายเพคติน เพราะไปลดแรงดึงดูดระหว่างประจุ

-มวลโมเลกุล เพคตินที่มีมวลโมเลกุลสูง จะทำให้สารละลายมีความหนืดสูงขึ้นด้วย ในทางตรงกันข้ามเมื่อเจือจางสารละลาย และไม่มีแคลเซียม สารละลายจะมีความหนืดลดลง การเตรียมสารละลายเพคตินให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกันนั้น สามารถทำได้โดยผสมเพคตินชนิดต่างๆ หรือผสมเพคตินให้มีความเข้มข้นแตกต่างกัน (Michel et al., 1982)

-ปริมาณของแคลเซียม เพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลสูงไม่ต้องการแคลเซียมในการเกิดเจล แต่เพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลต่ำต้องการแคลเซียมในการเกิดเจล เพคตินที่มีความไวต่อแคลเซียมสูง หากเพิ่มปริมาณแคลเซียมความหนืดของสารละลายเพคตินก็จะสูงขึ้นด้วย

**2.5การสกัดเพคติน**

นำวัตถุดิบหรือเนื้อเยื่อพืชที่กำจัดสารประกอบต่างๆออกบ้างแล้ว มาสกัดเพคตินโดยวิธีไฮโดรซ์ด้วยสารละลายกรดหรือด่าง การใช้สารละลายด่างจะทำให้เกิดปฏิกิริยา deesterification สูงกว่าการใช้สารละลายกรด นอกจากนี้จะทำให้เกิดปฏิกิริยา β-elimination ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวจะให้โมเลกุลของเพคตินถูกทำลาย สายโมเลกุลของเพคตินสั้นลง ดังนั้นจึงนิยมใช้สารละลายกรดเป็นตัวสกัด และกรดที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการสกัดคือกรดไฮโดรคลอริก แต่ก็มีเพคตินบางชนิดในเนื้อเยื่อพืชที่อยู่ในรูป calcium pectate ซึ่งไม่สามารถถูกไฮโดรไลซ์ด้วยกรดได้ จึงมีการใช้สารพวก chelating agent เติมลงไปเพื่อช่วยในการสกัดให้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพมากขึ้น โดยสารที่เติมไปนั้นจะไปทำให้ calcium pectate สามารถเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ละลายได้มากขึ้น สารที่นิยมใช้เป็น chelating agent ได้แก่สารพวก polyphosphase และ oxalateหลังจากไฮโดรไลซ์ด้วยกรดแล้วจะนำมาแยกส่วนกากออกจากสารละลายเพคติน และตกตะกอนเพคตินโดยใช้เอทานอล ถ้าใช้เอทานอลเพียงอย่างเดียวในการตะกอน จะได้สารอื่นที่ไม่ใช่เพคตินออกมาด้วย เช่น เฮมิเซลลูโลส แต่เมื่อนำเอทนอลล้างผ่านตะกอนเพคตินซ้ำหลายๆครั้ง จะมีความบริสุทธิ์มากขึ้น คือมีร้อยละของกรดกาแลคทูโรนิกมากขึ้น และในการตะกอนสารละลายเพคตินด้วยเอทานอลที่มีกรดไฮโดรคลอริกอยู่ด้วยสามารถลดปริมาณเถ้าที่ปนออกมาในตะกอนเพคตินได้(องอาจ, 2553)

**2.6งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

Parnpen และคณะ (2008) ได้ศึกษาการสกัดเพคตินจากเนื้อตาล โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาเพคตินที่ผลิตได้ การสกัดสภาวะที่ได้ปริมารเพคตินสูงสุดคือ นำเนื้อตาลแช่ในเอธิลแอลกอฮอล์ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทำการสกัดด้วยน้ำในอัตราส่วน น้ำ : ตาล เท่ากับ 1 : 40 ค่าพีเอช 4-8 ใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง ได้ปริมาณเพคตินมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้งของเนื้อตาล

สุธิดา (2552) ศึกษาการสกัดเพคตินจากจาวตาลและเมล็ดตาลอ่อน โดยใช้วิธีสกัดแตกต่างกัน 3วิธีคือ สกัดด้วยแอลกอฮอล์ สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก และสกัดด้วยน้ำ พบว่าการสกัดเพคตินจากจาวตาลด้วยน้ำให้ปริมาณเพคตินสูงสุด คือร้อยละ 12.6524 ± 3.177 โดยทำการสกัดด้วยน้ำในอัตราวส่วน วัตถุดิบ : น้ำ เท่ากับ 1 : 5 ปรับค่าพีเอชเป็น 4.5 นำไปต้มเดือดอ่อนๆ 20 นาที กรองเอากากออก ทำการสกัดซ้ำ 2 ครั้ง นำสารละลายที่ไดไประเหย นำมาตกตะกอนด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 75 ล้างผ่านตะกอนด้วยเอธิลแอลกอฮอล์จำนวน 3 ครั้งอบแห้งวุ้นเพคตินที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อนำมาวิเคราห์สมบัติของเพคตินพบว่า การสกัดเพคตินด้วยกรดและน้ำให้คุณภาพเพคตินแตกต่างกัน

องอาจ (2553) ได้ศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือก เนื้อ และเนื้อในของฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์กิมจู นำตัวอย่างที่บดเป็นผงแล้ว 10 กรัม เติมกรดไฮโดรคลอริก 0.05 โมลาร์ ในอัตราส่วนกรด : ผงตัวอย่าง เท่ากับ 12 : 1 สกัดในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำการสกัดซ้ำอีก 1 ครั้ง นำสารละลายไประเหยในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ให้เหลือปริมาตร 1 ใน 3 ของปริมาตรเดิม นำมาตกตะกอนด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 12 ชั่วโมง ล้างตะกอนด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็น 3 ครั้ง นำเพคตินไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จากการสกัดพบว่าฝรั่งพันธุ์กิมจูให้ปริมาณเพคตินสูงสุด 15.55 ± 1.08 – 19.44 ± 0.83 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าเพคตินที่ได้จากฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองเป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง มีปริมาณเมทอกซิลมากกว่า 8.16 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่และพันธุ์กิมจูเป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ

Rungrodnimitcahi (2011) ศึกษาการสกัดเพคตินจากเนื้อตาลสุกและเนื้อตาลอ่อนโดยใช้ไมโครเวฟ พบว่าเนื้อตาลสุกให้ปริมารเพคตินสูงถึงร้อยละ 20 ที่สภาวะการสกัด ค่าพีเอช 2 ใช้กรดไฮโดรคลอริก และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการปรับพีเอช สกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ขณะที่เนื้อตาลอ่อนให้ปริมาณเพคตินร้อยละ 8.1 ที่ค่าพีเอช 3 การสกัดดังกล่าวใช้อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิในการให้ความร้อน เมื่อใช้ไมโครเวฟกำลังไฟ 800 วัตน์ ค่าพีเอช 2 เป็นเวลา 3 นาที พบว่าให้ปริมาณเพคตินสูงสุดที่ร้อยละ 23.5

พันธุ์เลิศ และคณะ (2554) ศึกษาและพัฒนากระบวนการและหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากใบเครือหมาน้อย ที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบ 3 ชนิด ได้แก่ ใบสด ใบที่อบแห้งโดยการตากแดดและใบที่อบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน และได้ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด โดยปัจจัยที่ทำการศึกษามี 3 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ (30 – 90 องศาเซลเซียส) เวลา (30 – 90 นาที) และ พีเอช (2 - 8) จากการทดลองพบว่าการตากแดด และการใช้ตู้อบลมร้อนให้ผลผลิตเพคตินที่สกัดได้สูงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)และได้หาสภาวะที่เหมาะสม ในการสกัด โดยพิจารณาจากปริมาณและคุณภาพของเพคตินที่สกัดได้ สภาวะที่ได้ คือ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 68 – 75 องศาเซลเซียสและพีเอช อยู่ในช่วง 2.0 – 2.8 ใช้เวลา 42 นาที ซึ่งจะทำให้ได้ผลผลิตเพคตินร้อยละ 35.32-42.21 กรดกาแลกทูโรนิก 67.04-76.83 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 2.62-3.28 และเพคตินที่สกัดได้จะมีระดับการเกิดเอสเทอรริฟิเคชั่นอยู่ระหว่างร้อยละ 28.00-29.97

สุธิดา และพูนศิริ (2555) ศึกษาสภาวะเหมาะสมในการสกัดเพคตินจากจาวตาลและสมบัติของเพคตินที่สกัดได้ พบว่าสามารถสกัดได้ปริมาณสูงสุดคือร้อยละ 14.25 โดยน้ำหนัก โดยใช้สภาวะ ค่าพีเอช 2 อัตราส่วนระหว่างจาวตาลและน้ำ 1 : 3 ใช้เวลาในการสกัด 40 นาที ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เมื่อนำเพคตินที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ พบว่ามีปริมาณหมู่เมทอกซิลร้อยละ 1.74 จัดเป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ มีปริมาณกรดกาแกทูโรนิกร้อยละ 10.87 และมีระดับการเกิดเอสเทอร์ริฟิเคชั่นร้อยละ 27.90

ชินานาฏ และสมัชญ์ (2555) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากผักและผลไม้ที่ คือ แอปเปิ้ล ส้มโอ มะนาว และกล้วย พบว่าเมื่อเปรียบเทียบลักษณะของเพคตินที่ได้ เปลือกส้มโอมีลักษณะที่ดีที่สุด สีขาว และมีร้อยละผลผลิตที่ค่อนข้างสูง ในการสกัดได้ใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน ดังนี้ อุณหภูมิ 50 60 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกและใช้เวลาในการสกัด 24 ชั่วโมงโดยพบว่าปริมาณเพคตินที่สกัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด และมีปริมาณผลผลิตของเพคตินสูงสุดเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเท่ากับ 80 และ 90 องศาเซลเซียสได้ให้ผลที่ใกล้เคียงกัน และมีการศึกษาชนิดของกรดที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกันคือ กรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริก และกรดอะซิติก เข้มข้น 1.0 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัด 24 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณเพคตินที่สกัดได้มีค่าสูงสุดเมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริกปรับสภาวะความเป็นกรดในการสกัด และยังได้ศึกษาเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกัน ดังนี้ คือ 30 60 90 120 และ 140 นาที โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 1.0 โมลาร์ ที่อุณหภูมิในการสกัด 80 องศาเซลเซียส โดยพบว่าปริมาณเพคตินที่สกัดได้มีค่าสูงสุดเมื่อใช้เวลาในการสกัดเท่ากับ 90 นาที เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดมากขึ้น พบว่าไม่มีผลต่อปริมาณเพคตินที่สกัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัลภา และกิตติชัย (2557) ศึกษาคุณลักษณะด้านความหนืดของดเพคตินจากเปลือกตาลดิบที่ผ่านการตกตะกอนด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ และนำเอธิลแอลกอฮอล์กลับมาใช้ใหม่ โดยชั่งน้ำหนักเปลือกตาล 10 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ปรับค่าพีเอชเป็น 2 นำไปสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ตกตะกอนด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ล้างผ่านตะกอนด้วย เอธิลแอลกอฮอล์ 3 ครั้ง อบแห้งเพคตินที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพคตินที่ได้เป็นชนิดเมทอกซิลต่ำ นำผงเพคตินมาผสมกับโมโนแคลเซียมฟอสเฟตที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่าความหนืดของเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเพคติน และปริมาณแคลเซียม เมื่อเพิ่มความเข้มข้นความหนืดก็เพิ่มขึ้น

ศิวะเทพ และกิตติชัย (2557) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบคุณลักษณะของเพคติน และผลผลิตของเพคตินจากเปลือกตาลดิบที่ใช้แอลกอฮอล์นำกลับมาใช้ใหม่ทดแทนเอธิลแอลกอฮอล์ 95% ในขั้นตอนการตกตะกอนและการล้าง โดยใช้ผงเปลือกตาล 10 กรัม เติมน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ปรับให้ได้พีเอช 2 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.25 โมลาร์ หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.25 โมลาร์ นำมาสกัดด้วยอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรองด้วยผ้าขาวบาง นำสารละลายที่ได้ไประเหยในระบบสุญญากาศให้เหลือสารละลาย 50 มิลลิลิตร ตกตะกอนด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ในอัตราส่วน 1 : 3 กรองด้วยผ้าขาวบาง ล้างด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่นของเพคตินประมาณ 43 เปอร์เซ็นต์ เป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกอยู่ในช่วง 64 – 83 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตเพคตินอยู่ในช่วง 9 – 13 เปอร์เซ็นต์

Assoi และคณะ (2014) สกัดเพคตินจากตาลสุก โดยเอาตาลมาทำความสะอาด แยกเนื้อออกแล้วเอาเยื่อมาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง เก็บในถุงปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง ก่อนใช้นำมาสับแล้วทำให้เป็นผง เติมน้ำในอัตราส่วน ผง : น้ำ เท่ากับ 1 (กรัม) : 25 (มิลลิลิตร) ทำการสกัดโดยไม่ปรับพีเอช (พีเอชทั่วไปประมาณ 5.2 – 5.55) ปรับพีเอช 2.5 หรือ 7 ใช้กรดไนตริก และโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการปรับกรด-ด่าง ใช้อุณหภูมิในการสกัด 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัด 30 – 120 นาที กรองให้ได้สาระละลายแล้วนำไปปรับพีเอชเป็น 4 นำไปปั่นเหวี่ยงในไอโซโพรพานอล เก็บที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส ข้ามคืน นำมาปั่นเหวี่ยงและล้างด้วยไอโซโพรพานอล 3 ครั้ง นำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง แล้วจึงนำมาบด พบการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยไม่ปรับพีเอช (5.2-5.5) ได้ปริมาณเพคตินสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถติ ($p>0.05$)

Muhammad และคณะ (2014) ศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกแก้วมังกรโดยทำการสกัดจากส่วนต่างๆของเปลือกแก้วมังกร พบว่าการสกัดเพคตินจากเปลือกชั้นใน โดยใช้อัตราส่วน เปลือก : กรดซิตริก เท่ากับ 1 : 4 (w/v) สกัดที่อุณหภูมิ 73 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 67 นาที ค่าพีเอช 2.03 ได้ปริมาณเพคตินสูงที่สุดคือ ร้อยละ 26.38 โดยน้ำหนักแห้ง มีระดับการเกิดเอส ฟิเคชั่นร้อยละ 67.74 เป็นเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง

## บทที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การดำเนินงานวิจัย

## 3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

ลูกตาลโตนดสุก (Ripen sugar palm) จากจังหวัดเพชรบุรีทำการเก็บไว้ที่ตู้แช่แข็งจนกว่าจะนำไปใช้การทดลอง

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.2.1ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

3.1.2.2 เตาเผา (Muffle furnace)

3.1.2.3เครื่องชั่งละเอียด2 ตำแหน่ง

3.1.2.4เครื่องชั่งละเอียด4 ตำแหน่ง

3.1.2.5 เครื่องUV-VIS Spectrophotometer

3.1.2.6อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

3.1.2.7เครื่องวัด pH

3.1.2.8 ครูซิเบิล

3.1.2.9โถสำหรับดูดความชื้น(Desiccator)

3.1.2.10Micropipettes และ Tips

3.1.2.11Hot plate stirrer

3.1.2.12 เครื่องแก้ว

3.1.2.13 เครื่องครัว

3.1.2.14 ผ้าขาวบาง

3.1.3 สารเคมี

3.1.3.1กรดไฮโดรคลอริก (HCl)

3.1.3.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

3.1.3.3น้ำกลั่น ($H_2O$)

3.1.3.4น้ำกลั่นปราศจากคาร์บอน

3.1.3.5 เอธิลแอลกอฮอล์ 95 % ($C_2H_5OH$)

3.1.3.6คาร์บาซอล ($C_{12}H_9N$)

3.1.3.7 ฟินอล์ฟทาลีน ($C_{20}H_{14}O_4$)

3.1.3.8 กรดกาแลคทูโนนิค ($C_6H_7O_7.H_2O$)

3.1.3.9 กรดซัลฟิวริก ($H_2SO_4$)

## 3.2 วิธีการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2.1การเตรียมวัตถุดิบ**

วิธีการเตรียมวัตถุดิบ โดยการล้างทำความสะอาดเศษดินที่ติดรอบวัตถุดิบ แล้วปอกเปลือกที่เป็นสีดำออกให้หมด จากนั้นยีลูกตาลสุกกับน้ำ โดยเติมน้ำในอัตราส่วน ลูกตาลสุก 1 ลูก (น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม) กับน้ำประมาณ 500 มิลลิลิตร(อัตราส่วน 1 : 0.5) ยีให้เข้ากัน แล้วกรองเอาเศษกากเส้นใยออกด้วยผ้าขาวบาง เก็บตัวอย่างวัตถุดิบไปหาค่าความชื้น(ร้อยละฐานเปียก) ด้วยตู้อบลมร้อนเพื่อคำนวณหาปริมาณวัตถุแห้งของตัวอย่าง (Dry matter, ร้อยละ) และเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำเพื่อใช้ในการสกัดเพคตินต่อไป

**3.2.2ศึกษาอัตราส่วนน้ำที่มีผลต่อผลผลิตเพคติน**

วิธีการสกัดเพคตินในขั้นตอนนี้ได้ดัดแปลงมาจากงานวิจัยหลายฉบับ(ณัฐนรี และพรรษา (2558),สุธิดา ทองคำ (2552), Assoi et al., (2014) และRungrodnimitchai (2011)) โดยชั่งน้ำหนักเปียกวัตถุดิบมา 150 มิลลิลิตร เพื่อนำมาคำนวณเป็นน้ำหนักแห้งวัตถุดิบ ปรับพีเอชให้ได้ 2.0 ± 0.1ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น0.5โมลาร์

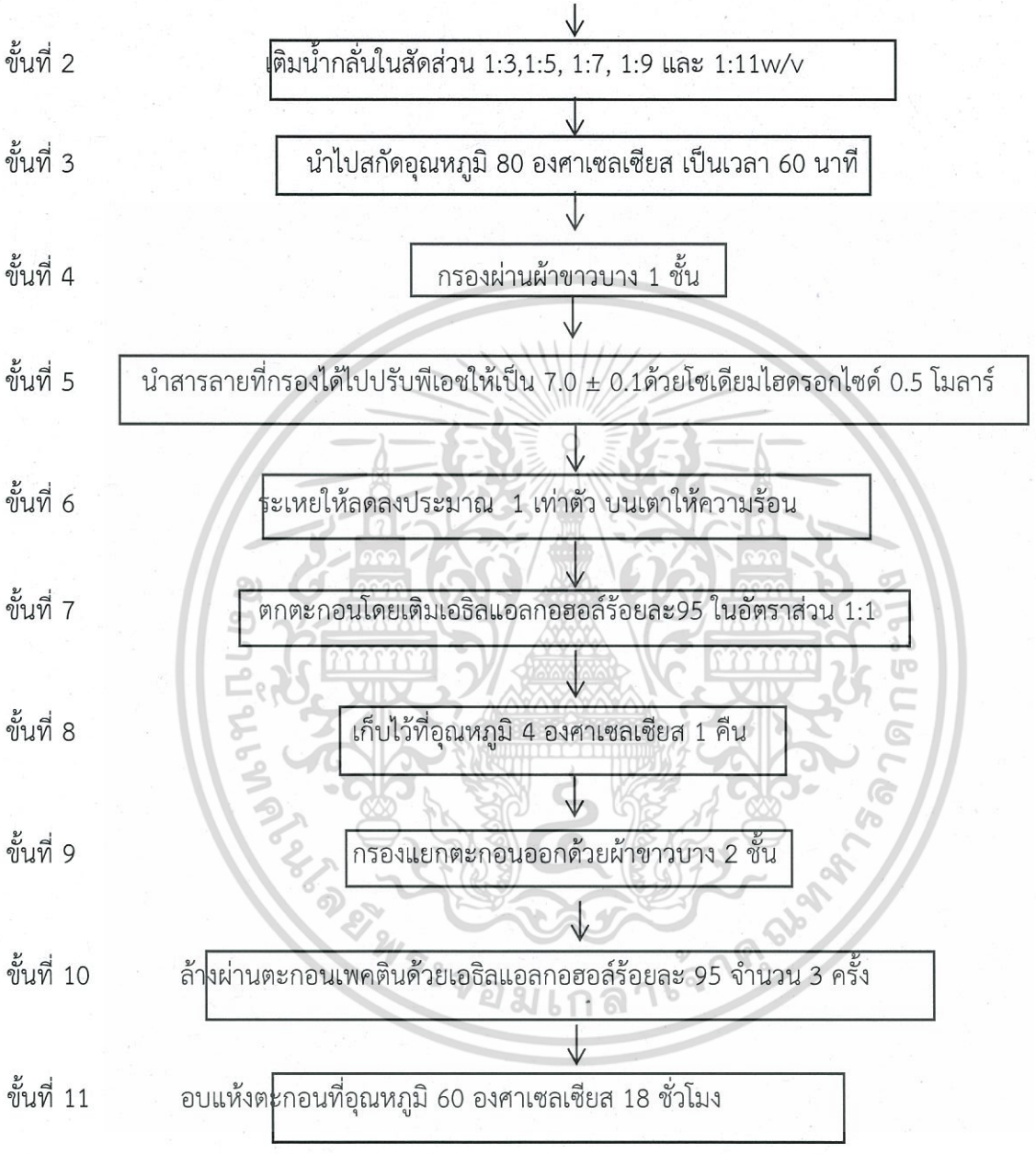
ทำการศึกษาอัตราส่วนน้ำกลั่นที่ใช้ในการสกัด โดยคำนวณจากน้ำหนักแห้งของเนื้อตาล (Dry Matter) ในอัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำ1:3,1:5,1:7, 1:9และ1:11 โดยปริมาตร ตั้งสมมุติฐานว่าอัตราส่วนของน้ำที่มากขึ้นจะมีส่วนช่วยในการละลายของเพคติน นำไปสกัดในสภาวะควบคุมอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที เมื่อครบเวลานำมากรองด้วยผ้าขาวบาง 1 ชั้น นำสารละลายที่กรองได้ไปปรับพีเอชให้ได้ 7.0 ± 0.1 แล้วนำไประเหยบนเตาให้ความร้อนเป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง ให้สารละลายลดเหลือประมาณ 100 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปตกตะกอนโดยเติมเอธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ในอัตราส่วนสารละลายต่อเอธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 1:1 โดยปริมาตร คนผสมให้เข้ากันจากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน เพื่อให้การตกตะกอนสมบูรณ์ กรองแยกเอาตะกอนเพคตินด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น ล้างตะกอนเพคตินที่ได้ด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 จำนวน 3 ครั้ง นำตะกอนเพคตินที่ได้ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักที่ได้เพื่อคำนวณปริมาณผลผลิต (ร้อยละผงเพคติน Dry Matter ของวัตถุดิบ)

นำปริมาณเพคตินที่ได้จากการสกัดด้วยอัตราส่วนน้ำที่แตกต่างกัน มาคำนวณหาปริมาณผลผลิตที่ได้ (Yield) โดยใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{ปริมาณผลผลิตเพคตินที่ได้ (Yield)} = \frac{\text{น้ำหนักเพคตินจากเนื้อตาลสุกที่ผลิตได้}}{\text{น้ำหนักแห้งวัตถุดิบ}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 1 ชั่งน้ำหนักเปียกของวัตถุดิบจากหัวข้อ 3.2.1 ปริมาณ 150 มิลลิลิตรคำนวณน้ำหนักแห้ง ปรับพีเอชให้ได้ 2.0 ± 0.1ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น0.5โมลาร์




ภาพที่ 3.1 แผนภาพวิธีการสกัดเพคตินด้วยน้ำ

**3.2.3ศึกษาผลของพีเอชและอุณหภูมิในการสกัดที่มีผลต่อผลผลิตเพคติน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการสกัดเพคตินในขั้นตอนนี้ได้ดัดแปลงมาจากงานวิจัยหลายฉบับ(ณัฐนรี และพรรษา (2558),สุธิดา ทองคำ (2552), Assoi et al., (2014) และRungrodnimitchai (2011)) โดยชั่งน้ำหนักเปียกวัตถุดิบมา 150 มิลลิลิตร เพื่อนำมาคำนวณเป็นน้ำหนักแห้งวัตถุดิบ ทำการสกัดตามแผนภาพวิธีการสกัดเพคตินด้วยน้ำในหัวข้อ 8.2 โดยใช้อัตราส่วนน้ำที่เลือกได้จากการทดลองในหัวข้อ 8.2 และทำการศึกษาปัจจัยตามแผนภาพสกัดเพคตินด้วยน้ำในขั้นที่ 3

ศึกษาผลของพีเอชและอุณหภูมิในการสกัดเพคติน เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงเพียงพอ โดยศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่

1. พีเอชที่มีผลต่อการสกัด ทำการศึกษา 2 ระดับ คือ ปรับพีเอชให้ได้2.0 ± 0.1ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น0.5โมลาร์ และไม่ปรับพีเอช

2. อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ทำการศึกษา2 ระดับ คืออุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

นำปริมาณเพคตินที่ได้จากการสกัด มาคำนวณหาปริมาณผลผลิตที่ได้ (Yield) โดยใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{ปริมาณผลผลิตเพคตินที่ได้ (Yield)} = \frac{\text{น้ำหนักเพคตินจากเนื้อตาลสุกที่ผลิตได้}}{\text{น้ำหนักแห้งวัตถุดิบ}} \times 100$$

**ตารางที่ 3.1** สรุปกระบวนการที่ทำการทดลองในหัวข้อ 3.2.3

| Temperature (°C) | pH |
|---|---|
| RT | - |
| RT | pH |
| 80 | - |
| 80 | pH |

หมายเหตุ :RTคือ อุณหภูมิห้อง

pHคือ การกสกัดด้วยการปรับพีเอชด้วยกรดโฮโดรคลอริก

### 3.2.4 เปรียบเทียบกระบวนการสกัดของเพคตินที่มีผลต่อคุณสมบัติต่างๆของเพคติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองในหัวข้อ 3.2.3 เลือกวิธีการสกัดที่ให้ผลผลิตเพคตินดีที่สุด มาวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคตินเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิมวิธีการสกัดเพคตินแบบดั้งเดิมละเอียดดูที่ภาคผนวก ข(ดัดแปลงมาจาก ณัฐนรี และพรรษา (2558), สุธิดา ทองคำ (2522),Assoi et al., (2014) และ Rungrodnimitchai (2011)) และเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า

**3.2.4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติเพคตินที่สกัดได้**

- วิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (Moisture content) ตามวิธี (AOAC, 2000)
- วิเคราะห์ปริมาณเถ้าของเพคติน (Ash) ตามวิธี (AOAC, 2000)
- วิเคราะห์ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่น (DE) ตามวิธี (Rangana, 1997)
- หาปริมาณเมทอกซิล (Methoxyl content)
- หาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก ตามวิธี (Rangana, 1997)

**3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ**

หัวข้อ 3.2.2 วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) มี 1 ปัจจัย คืออัตราส่วนน้ำที่ใช้ในการสกัด 5 ระดับ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม SPSS และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย New Duncan's Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

หัวข้อ 3.2.3 วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomized Complete Block Design มี 2 ปัจจัย คืออุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 2 ระดับ และเวลาที่ใช้ในการสกัดเพคติน 2 ระดับ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม SPSS และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย New Duncan's Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

หัวข้อ 3.2.4เปรียบเทียบกระบวนการสกัดของเพคตินที่มีผลต่อคุณสมบัติต่างๆของเพคติน โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคตินจาก 3 กระบวนการผลิตวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomize Design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม SPSS และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย New Duncan's Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการทดลองและวิจารณ์

## 4.1 ผลของอัตราส่วนน้ำที่มีผลต่อผลิตเพคติน

จากการสกัดเพคตินโดยทำการ ปรับพีเอชให้ได้ 2.0 ± 0.1 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ทำการศึกษาอัตราส่วนน้ำกลั่นที่ใช้ในการสกัด โดยคำนวณจากน้ำหนักแห้งของเนื้อตาล (Dry Matter) ในอัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำ 1:3, 1:5, 1:7, 1 9 และ 1:11 โดยปริมาตร แล้วทำการสกัดเพคตินตามแผนภาพวิธีการสกัดเพคตินด้วยน้ำ พบว่าการสกัดเพคตินด้วยน้ำในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 5 อัตราส่วน ได้ปริมาณผลผลิตเพคตินเท่ากับ 17.88, 17.62, 17.99, 17.32 และ 16.30 %W/W ตามลำดับ ให้ผลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังตารางที่ 4.1 ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วน 1:3 เพื่อใช้สกัดในหัวข้อการศึกษาถัดไป เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่ใช้ปริมาณน้ำน้อยที่สุด แต่ให้ผลผลิตไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอัตราส่วนน้ำที่เพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นการประหยัดต้นทุนการผลิตและประหยัดพลังงานในระหว่างการสกัดอีกด้วย

**ตารางที่ 4.1** เปรียบเทียบอัตราส่วนน้ำที่ใช้ในการสกัดต่อผลผลิตเพคตินที่ได้

| Ratio water | Yield (%)$^{ns}$ |
|---|---|
| 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 : ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

## 4.2ผลของพีเอชและอุณหภูมิในการสกัดที่มีผลต่อผลผลิตเพคติน

นำอัตราส่วนน้ำที่เลือกได้จากในหัวข้อ 4.1 มาใช้ในการสกัดเพคตินโดยทำการศึกษาของพีเอชและอุณหภูมิในการสกัดเพคตินได้แก่การสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช (RT) การสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยปรับพีเอชให้ได้ 2.0 ± 0.1 (RT - pH) การสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสโดยไม่ปรับพีเอช (80 °C) และการสกัดที่อุณหภูมิ80 องศาเซลเซียสโดยพีเอชให้ได้ 2.0 ± 0.1 (80 °C - pH) จากการสกัดที่อุณหภูมิห้องพบว่าการสกัดโดยไม่ปรับพีเอชและปรับพีเอชนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ได้ปริมาณผลผลิตเพคตินเท่ากับ25.96 และ 19.57 %W/W เมื่อมีการปรับพีเอชที่อุณหภูมิห้องทำให้ผลผลิตของเพคตินที่ได้นั้นลดลงอาจเกิดได้จากการปรับพีเอชทำให้กรดไปทำลายโมเลกุของเพคตินทำให้ได้ผลผลิตน้อยลงการสกัดเพคตินที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสพบว่าการสกัดโดยไม่ปรับพีเอชและปรับพีเอชให้ผลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบกันในสกัดที่อุณหภูมิต่างกันพบว่า การสกัดที่อุณหภูมิห้องให้ผลผลิตเพคตินที่มากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส การใช้อุณหภูมิสูงจึงอาจมีผลไปทำลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเลกุลของเพคตินทำให้ได้ผลผลิตออกมาต่ำลง ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบสภาวะการสกัดที่มีผลต่อผลผลิตของเพคตินที่ได้ ดังตารางที่ 4.2 จึงเลือกการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช ซึ่งให้หาค่าผลผลิตเพคตินสูงที่สุดเท่ากับ 25.96 %W/W เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดเพคตินจากลูกตาลสุกและทำการศึกษาคุณสมบัติของเพคตินที่ได้หัวข้อต่อไป

**ตารางที่ 4.2** เปรียบเทียบสภาวะที่ใช้ในการสกัดต่อผลผลิตเพคตินที่ได้

| Condition | Yield (%) |
|---|---|
| RT | $25.96^{a} \pm 1.75$ |
| RT - pH | $19.57^{b} \pm 5.71$ |
| 80 °C | $13.14^{c} \pm 2.16$ |
| 80 °C - pH | $16.72^{bc} \pm 3.74$ |

หมายเหตุ $^{a,b,c...}$ หมายถึง ตัวอักษรกำกับต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ$P \leq (0.05)$

RT คือ เพคตินจากการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช

RT – pH คือ เพคตินจากการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยพีเอชให้ได้ 2.0± 0.1 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก

80 °C คือ เพคตินจากการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสโดยไม่ปรับพีเอช

80 °C – pH คือ เพคตินจากการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสโดยพีชเอชให้ได้ 2.0±0.1 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก

**4.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคติน**

จากการทดลองในหัวข้อ 4.2 พบว่าการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช (RT) ให้ผลผลิตเพคตินมากที่สุดดังนั้นจึงเลือกการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช (RT) มาวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคตินเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม(ดัดแปลงมาจาก ณัฐนรีและพรรษา (2558), สุธิดา ทองคำ (2522),Assoi et al., (2014) และ Rungrodnimitchai (2011)) และเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า

**4.3.1 ปริมาณความชื้นของเพคติน**

จากการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช (RT) และการสกัดโดยใช้วิธีการสกัดแบบดั้งเดิม เมื่อเปรียบเทียบกันพบว่า มีปริมาณความชื้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 5.15 และ 4.89 % w/b ตามลำดับ แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเพคตินการค้า พบว่าทั้ง 2 กระบวนการกับเพคตินทางการค้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เพคตินทางการค้ามีปริมาณความชื้นเท่ากับ 8.84 % w/b ดังตารางที่ 4.3 เพคตินที่ได้จากการสกัดทั้ง 2 กระบวน มีค่าปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่าเพค ตินจากการสกัดทั้ง 2กระบวนมีระยะเวลาในการเก็บรักษาก่อนนำมาวิเคราะห์ที่สั้นกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



เพคตินที่มีความชื้นต่ำสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเพคตินที่เกิดจากเอนไซม์เพคติเนส (Muhamadzadeh etal., 2010) ซึ่งปริมาณความชื้นของเพคตินที่ได้จากการสกัดได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุธิดา และพูนศิริ (2555) สกัดเพคตินจากจาวตาลมีปริมาณความชื้น 12.13 % w/b และศิวะเทพ และกิตติชัย (2557) สกัดเพคตินจากเปลือกตาลดิบ พบปริมาณความชื้นเพคตินอยู่ในช่วง 10.39 – 10.49 % w/bเพคติน โดยทั่วไปมีความชื้นประมาณ 10% w/b อย่างไรก็ตามปริมาณความชื้นอาจไม่ขึ้นอยู่กับกระบวนการสกัด โดยตรงแต่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ระยะเวลาในการอบแห้งเพคติน และการเก็บรักษาเป็นสำคัญ

**4.3.2 ปริมาณเถ้าของเพคติน**

จากการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช (RT) และการสกัดโดยใช้วิธีการสกัดแบบดั้งเดิม เมื่อเปรียบเทียบกันพบว่า มีปริมาณเถ้าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณเถ้าเท่ากับ 9.50 และ 9.52 % w/b ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.3 แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเพคตินการค้า พบว่าทั้ง 2 กระบวนการกับเพคตินทางการค้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เพคตินทางการค้ามีปริมาณเถ้าเท่ากับ 3.43 % w/b ซึ่งมีปริมาณเท่าที่น้อยกว่าการสกัดทั้ง 2 กระบวนการ ดังตารางที่ 4.3 ปริมาณเถ้าบ่งบอกถึงแร่ธาตุที่เจือปนอยู่ในเพคติน ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าวเป็นการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าหยาบ ปริมาณเถ้าที่ได้จากเพคตินที่สกัดมีค่าสูงกว่าเพคตินทางการค้า อาจเนื่องมาจากมีการเจือปนของสารอื่นที่ไม่ถูกเผาไหม้หรือเผาไหม้ไม่หมดทำให้ได้ปริมาณเถ้าที่สูง อย่างไรก็ตามเพคตินที่สกัดได้มีปริมาณเถ้าไม่เกินค่ามาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหาร และยาที่กำหนดไว้ มาตรฐานที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยากำหนดไว้ไม่เกิน10% เพคตินส่วนใหญ่ที่สกัดด้วยวิธีทั่วไปมีปริมาณเถ้าไม่เกิน 10% และปริมาณเถ้าที่ต่ำกว่า 10% w/w จะทำให้เกิดเจล และมีคุณสมบัติเจลที่ดี (Mohd et al.,2012)

**4.3.3 ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่น (Degree of esterification,DE)**

การวัดระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่นเป็นขั้นตอนการวิเคราะห์เพคตินโดยทั่วไป ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่นอาจรายงานได้เป็นร้อยละของจำนวนหมู่คาร์บอกซิลที่ถูกเอสเทอร์ริไฟด์ หรือร้อยละของจำนวนหมูเมทอกซิลทั้งหมดของเพคติน (Walter, 1991) โดยเพคตินสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ 1) เพคตินชนิดหมู่เมทอกซิลต่ำ (Low methoxyl, LM) 2) เพคตินชนิดหมู่เมทอกซิลสูง (High methoxyl, HM) เพคตินชนิดหมู่เมทอกซิลต่ำ(LMP) จะมี %DE ต่ำกว่า 50% ส่วนใหญ่จะมี DE 20 – 50 % (May, 1997) เพคตินที่ได้จากการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช (RT)และการสกัดโดยใช้วิธีการสกัดแบบดั้งเดิม เมื่อเปรียบเทียบกันพบว่า ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) มีระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่นเท่ากับ 33.33และ 43.39 % ตามลำดับ และเมื่อเทียบเป็นปริมาณเมทอกซิลพบว่ามีค่าเท่ากับ 5.43 และ 7.70 % ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.3 และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้าพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P\leq0.05$) แต่อย่างไรก็ตามถึงจะมีความแตกต่างกันทางสถิติแต่สามารถบอกได้ว่าเพคตินที่สกัดได้จากเนื้อตาลสุกมีระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่นน้อยกว่า 50% หรือปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมทอกซิลน้อยกว่า 8.16 % จึงจัดอยู่ในกลุ่มของเพคตินหมู่เมทอกซิลต่ำ (Morris et al.,2000) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Rungrodnimitchai (2011)ซึ่งสกัดเพคตินจากเนื้อตาลดิบได้เพคตินชนิดที่มีระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่นอยู่ในช่วง 29.3 – 41.1% สุธิดา และพูนศิริ (2555) สกัดเพคตินจากจาวตาลได้ เพคตินที่มีระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่น27.90% และณัฐนรี และพรรษา (2558) สกัดเพคตินจากเนื้อตาลสุกได้เพคตินที่มีระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่นอยู่ในช่วง 40.04 - 42.13% จัดเป็นเพคตินประเภทที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำเช่นเดียวกัน

**4.3.4 ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคติน (Galacturonic acid, GA)**

เพคตินที่สกัดได้จะมีความบริสุทธิ์ขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดกาแลคทูโรนิก ซึ่งหาได้จากการนำเพคตินไปทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก เพื่อให้ไฮโดรเจนไอออน (H+) เข้าไปแทนที่หมู่เมทิลกับไอออนโลหะ ทำให้ได้กรดกาแลคทูโรนิกที่มีแต่หมู่คาร์บอกซิลเป็นองค์ประกอบทั้งหมด นำไปทำปฏิกิริยากับสารละลายยคาร์บาซอลจะได้สารละลายสีม่วง จากนั้นทำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงเพื่อหาปริมาณของกรดกาแลคทูโรนิกในเพคติน (Kim et al., 2000) เพคตินที่ได้จากการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช (RT)และเพคตินที่สกัดได้จากวิธีสกัดแบบดั้งเดิม พบว่าปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 55.08 และ57.46 % w/w ตามลำดับ และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้าพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($P\leq0.05$) เนื่องจากเพคตินทางการค้าเป็นเพคตินที่มีความบริสุทธิ์กว่า เพคตินที่ได้จากการสกัดอยู่ในข้อกำหนดมาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ที่กำหนดไว้ไม่ต่ำกว่า 35%

**ตารางที่ 4.3** คุณสมบัติของเพคตินที่ได้จากกระบวนการสกัดที่ต่างกัน

| Property of pectin | Condition | | Commercial pectin |
|---|---|---|---|
| | RT | Conventional method | |
| Moisture | $5.15^{a} \pm 0.19$ | $4.89^{a} \pm 0.86$ | $8.84^{b} \pm 0.37$ |
| Ash | $9.50^{a} \pm 0.87$ | $9.52^{b} \pm 0.31$ | $3.43^{c} \pm 0.01$ |
| DE | $33.33^{a} \pm 0.80$ | $43.39^{b} \pm 0.92$ | $29.10^{c} \pm 1.57$ |
| Methoxyl | $5.43^{a} \pm 0.20$ | $7.07^{b} \pm 0.15$ | $4.74^{c} \pm 0.26$ |
| GA | $55.08^{a} \pm 3.03$ | $57.46^{a} \pm 2.15$ | $80.79^{b} \pm 3.34$ |

หมายเหตุ : $^{a,b,c...}$ หมายถึง ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลอง

5.1จากการสกัดเพคตินจากเนื้อตาลสุกด้วยน้ำโดยทำการสกัดด้วยน้ำในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 5 อัตราส่วนได้แก่ 1:3 , 1:5 , 1:7 , 1 9 และ 1:11 โดยปริมาตร (อัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำ) พบว่าอัตราส่วนน้ำไม่มีผลต่อผลผลิตเพคตินที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วนที่ใช้ปริมาณน้ำน้อยที่สุดคือ 1:3 w/v เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนการสกัดและประหยัดพลังงานจากนั้นนำอัตราส่วนน้ำที่เลือกได้มาทำการสกัดในขั้นตอนต่อไปคือการสกัดเพคตินด้วยพีเอชและอุณหภูมิที่แตกต่างกันแบ่งออกได้เป็น 4 สภาวะการสกัดคือการที่สกัดอุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช (RT) การสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยปรับพีชเอชให้ได้ 2.0 ± 0.1 (RT - pH) การสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสโดยไม่ปรับพีเอช (80 °C) และการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสโดยพีชเอชให้ได้ 2.0 ± 0.1 (80 °C - pH) พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกันทั้ง 4 สภาวะการสกัดเพคตินที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช (RT) ให้ผลผลิตเพคตินสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบที่อุณหภูมิการสกัดที่ต่างกันพบว่าการสกัดที่อุณหภูมิห้องให้ผลผลิตเพคตินที่มากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสดังนั้นจึงทำการเลือกการสกัดที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอช (RT) เนื่องจากให้ผลผลิตเพคตินมากที่สุดนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติเพคตินเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิมพบว่ามีปริมาณความชื้นเท่ากับ 5.15 และ 4.89 % w/b ตามลำดับปริมาณเถ้าเท่ากับ 9.50และ 9.52 % w/b ตามลำดับมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก 55.08 และ 57.46 % w/w ตามลำดับซึ่งคุณสมบัติที่กล่าวมาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้ง 2 กระบวนการสกัดมีปริมาณเถ้าและกรดกาแลคทูโรนิกอยู่ในมาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาและระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่น (Degree of esterification, DE) มีค่าเท่ากับ 33.33 และ 43.39 % ตามลำดับค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่ยังจัดอยู่ในกลุ่มของเพคตินหมู่เมทอกซิลต่ำมีระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่นน้อยกว่า 50% (Morriset al., 2000)

5.1.2 จากการวิจัยนี้สรุปได้ว่าสามารถสกัดเพคตินจากเนื้อตาลสุกด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอชในการสกัดที่อุณหภูมิห้องได้ เพราะเมื่อผลไม้สุกเอนไซม์เพคตินเนสจะไฮโดรไลซ์โปรโตรเพคตินที่ไม่ละลายน้ำให้เป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) และอุณหภูมิไม่มีผลต่อผลผลิตเพคตินที่สกัดได้จากเนื้อตาลสุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์แบบดั้งเดิมที่มีการปรับพีเอชให้ได้ 2.0 ± 0.1 ด้วยกรดไอโดรคลอริกและใช้อุณหภูมิในการสกัด 80 องศาเซลเซียสพบว่าคุณสมบัติเพคตินส่วนใหญ่นั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จึงสามารถเลือกใช้การสกัดเพคตินด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ปรับพีเอชเป็นการลดพลังงานสารเคมีและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในกระบวนการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 6
# สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

6.1 การสกัดเพคตินจากลูกตาลสุกด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอชที่อุณหภูมิห้องสามารถสกัดเพคตินออกมาได้ โดยเริ่มจากการยีลูกตาลกับน้ำในอัตราส่วน 1: 0.5 กรองเอากากเส้นใยออกแล้วนำไปหาความชื้น จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักเปียกของตาลที่ยีได้มา 150 มิลลิลิตร แล้วจึงทำการเติมน้ำกลั่นลงไปเพื่อใช้ในการสกัด ใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำ 1:3 โดยคำนวณจากน้ำแห้งของเนื้อตาล นำไปสกัดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที เมื่อครบเวลาทำการกรองผ่านผ้าขาวบาง 1 ชั้น สารละลายที่กรองได้นำไปปรับพีเอชให้ได้ 7.0 ± 0.1 แล้วนำไประเหยบนเตาให้ความร้อนจนปริมาตรลดลงเหลือประมาณ 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปตกตะกอนด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ร้อย 95 เติมแอลกอฮอล์ลงไปในอัตราส่วน 1:1 นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน เพื่อให้การตกตะกอนสมบูรณ์ ทำการกรองแยกเอาตะกอนแพคตินออกด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น แล้วล้างตะกอนด้วย เอธิลแอลกอฮอล์ร้อย 95 จำนวน 3 ครั้ง นำตะกอนที่ไปอบให้แห้ง แล้วนำมาบดให้ละเอียดจะได้ผงเพคติน ตัวอย่างที่ผงเพคตินที่สกัดได้ดูรายละเอียดเพิ่มเติมที่ภาคผนวก ง

การสกัดเพคตินด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอชที่อุณหภูมิห้องให้ผลผลิตที่มากกว่าการสกัดโดยวิธีการใช้กรดในการปรับพีเอช และยังพบว่าเพคตินที่ได้จากกระบวนการสกัดด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอชที่อุณหภูมิห้องให้คุณสมบัติด้านต่างๆของเพคตินไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อเทียบกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิมดูรายละเอียดได้ที่ภาคผนวก ข จึงกล่าวได้ว่าผลการศึกษานี้จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของกระบวนการสกัดที่จะนำไปเป็นแนวทางในการช่วยลดต้นทุน ลดสารเคมี ในการสกัด เนื่องจากไม่ต้องทำการปรับพีเอชด้วยกรดไฮโดรคลอริก ไม่ต้องใช้อุณหภูมิในการสกัดที่สูง สามารถสกัดเพคตินจากลูกตาลสุกได้ด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง โดยเพคตินที่ได้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม

6.2 การผลิตบัณฑิตระดับปริญญาตรี จำนวน 2 คน

1) นางสาว ณัฐนรี ใยเทศ วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมแปรรูปอาหาร) คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2) นางสาว พรรษา เศษบุบผา วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมแปรรูปอาหาร) คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม

กนกพรสังขรักษ์และเจนจิราโตะแบ. 2552. เพคตินจากเศษผักกาดขาวและการประยุกต์ใช้. หน้า 233-234. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณครั้งที่ 19 ประจำปี 2552:การวิจัยและพัฒนาเพื่อความเป็นไทสำหรับสังคมไทย.

กิตติพงษ์ห่วงรักษ์. 2536. ผักและผลไม้. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรคณะวิทยาศาสตร์การอาหารสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชวนิฏฐ์สิทธิดิลกรัตน์พิลาณีไวถนอมสัตย์จิราพรเชื้อกูลและปริศนาสิริอาชา. 2548. การผลิตเพคตินจากเปลือกและกากส้มเหลือทิ้ง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 43:469-480

ชินานาฏสิทธิดลกรัตนและสมัชญ์ทวีเกษมสมบัติ. 2555. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุทางการเกษตร.สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

ณัฐนรีไยเทศ และพรรษาเศษบุบผา. 2558. การสกัดเพคตินจากเนื้อลูกตาลสุกด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอช. สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ณรงค์ศิริรัมย์และเมธินีเห่วซึ่งเจริญ. 2548. การสกัดและสมบัติของเพคตินจากกากฝรั่งพันธ์กลมสาลี่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารคณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ปาริฉัตรหยวกแฟง, นฤมลเผือกขาวและอรนาถสุนทรวัฒน์. 2550. การหา degree of methyl esterification ของเพคตินจากเปลือกแก้วมังกร. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 38:5 (พิเศษ) :55-58

พันธุ์เลิศพรหมสาขาณสกลนครอนุวัตรแจ้งขัดและกมลวรรณแจ้งขัด. 2554. การพัฒนากระบวนการผลิตเพคตินจากใบเครือหมาน้อย. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 49. สาขาอุตสาหกรรมเกษตรกรุงเทพฯ.

มนัสนันท์บุญทราพงษ์, กมลวรรณแจ้งขัดอนุวัตรแจ้งขัดและวิชัยหฤทัยธนาสันติ์. 2544. การศึกษาคุณภาพของเนื้อตาลสุกและขนมตาลที่ผลิตจากเนื้อตาลสุกผ่านกระบวนการพาสเจอไรเซชัน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 39: 425-433

รัชฎาพรราชชุมพลและอธิยารัตนพิทยาภรณ์. 2557. การสกัดและศึกษาคุณสมบัติของเพคตินจากเปลือกทุเรียน. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร, กรุงเทพฯ.

ศิวะเทพเรืองพรหม. 2557. คุณลักษณะและผลผลิตของเพกตินจากเปลือกตาลดิบที่ใช้เอธิลแอลกอฮอล์นำกลับมาใช้ใหม่. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาวิทยาศาสตร์การอาหารคณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมฤทัยจิตภักดีบดินทร์และอมราวดีจางวาง. 2552. เพคตินจากเปลือกมะนาว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรมคณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,ปัตตานี.

สุธิดาทองคำ. 2552. การสกัดเพคตินจากจาวตาลและเมล็ดตาลอ่อน. วารสารวิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. 8(1):45-51.

สุธิดาทองคำและพูนศิริทิพย์เนตร. 2555. การสกัดเพคตินจากจาวตาล. วารสารวิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. 9(1):3-11.

องค์การบริหารส่วนตำบลไร่สะท้อน. แหล่งท่องเที่ยวและสินค้า OTOP [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : ://www.raisathon.com/otop/otop_detail.php?otop_id=00000000004 (วันที่สืบค้น 1 กุมภาพันธ์ 2558)

องอาจเด็ดดวง. 2553. การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพคตินมาตรฐาน. สารนิพนธ์กศ.ม. (เคมี). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists. 17th Volumel. Gaitherburg, MD, USA, Official Method 978.08.

Gholamreza, M., J. Jamaliana.and F. Asgar. 2005. A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. Food Hydrocolloids.19:731–738.

Kharidah Muhammad*, Nur Izalin Mohd. Zahari, Sri Puvanesvari Gannasin. 2014. High methoxyl pectin from dragon fruit (Hylocereus polyrhizus) peel. Food Hydrocolloids. 2014:1-9.

May, C.D. 1997. Pectina In : Thickening and Gelling Agents for Food. Ed. lmeson, A. Chapman&hall, Nex York. 230-261.

Michel, F. Doublier, J.L. and Thibault, J.F. 1982.Investigation on High Methoxyl Pectins Potentiometry and viscometry.Prog.Food Nutr.Sci.,6, 367.

Muhamadzadeh, J., Sadegi-Mahoonak A.R., Yaghbani, M. and Alami, M. 2010.Extraction of pectinfrom Sunflower Head Residues of Selected Iranian Caltivars. Word Applied Science Journal 8: 21-24.

Nussinovitch, A. 1997.Pectins. In: Hydrocolloid Applications. Chapman& Hall, New York. 83-104.

Pornpen Yujaroen, Udomsri Supjaroenkul and Supitcha Rungrodnimitchai. 2008. Extraction of Pectin from Sugar Palm Meat. Thammasat Int. J. Sc. Tech., Vol.13 Special Edition, November 2008 Pathum Thani.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rolin, C. and De.Vries, J.D. 1990.Pectin, in Food Gels.ed. Harris P., Elsevier Applied Science, London. 401-434.

Rungrodnimitchai S. 2011. Novel source of pectin from young sugar palm by microwave assisted extraction. Procedia Food Science (1):1553-1559.

Sylvie Assoi, Koffi Konan, Lloyd T. Walker, Ron Holser, Georges N. Agbo, Hortense Dodo, Louise Wicker. 2014. Functionality and yield of pectin extracted from Palmyra palm (*Borassus aethiopum* Mart) fruit. LWT - Food Science and Technology. 58:214-221.

Whister, R. L., & BeMiller, J. N. 1973. Industrial gums e polysaccharides and their derivatives. New York: Elsevier.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

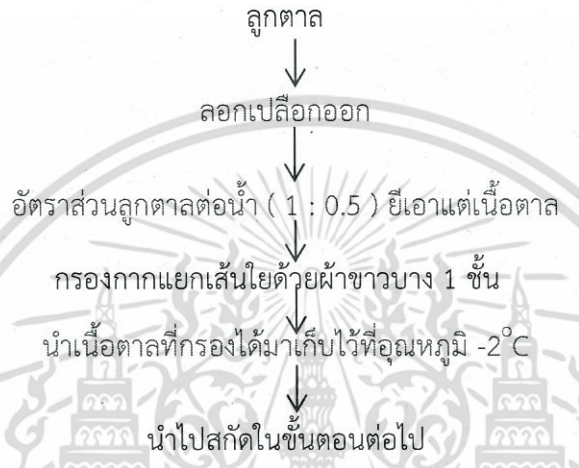
# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

# วิธีเตรียมวัตถุดิบ

**ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ**




**ภาพภาคผนวกก1**แผนภาพการเตรียมเนื้อตาลสุกเพื่อใช้ในการสกัดเพคติน

**การวิเคราะห์วัตถุดิบ**

โดยใช้ตู้อบลมร้อน โดยมีวิธีวิเคราะห์ดังนี้ (AOAC, 2000)

1. อบถ้วยอลูมิเนียม ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นนำไปชั่งน้ำหนัก

2. ชั่งน้ำหนักเปียกของเนื้อตาลสด 5 กรัม ใส่ในถ้วยอลูมิเนียม อบที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 - 3 ชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่

3. นำออกจากตู้อบทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

4. คำนวณหาความชื้น เพื่อหาน้ำหนักแห้งวัตถุดิบ

$$\text{ปริมาณความชื้น } (\%wb) = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

$$\text{น้ำหนักแห้งวัตถุดิบ} = \text{น้ำหนักเปียกวัตถุดิบ} - \frac{\text{ตัวอย่าง } (\%wb)}{100} \times \text{น้ำหนักเปียกวัตถุดิบ}$$

**ตัวอย่างการคำนวณ**

น้ำหนักเปียกวัตถุดิบ = 5.1125 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักวัตถุดิบหลังอบ = 0.3965 กรัม

$$\text{ปริมาณความชื้น } (\%wb) = \frac{5.1125 - 0.3965}{5.1125} \times 100$$

$$= 92\%$$

$$\text{น้ำหนักแห้งวัตถุดิบ} = 5.1125 - \frac{92}{100} \times 5.1125$$

$$= 0.409$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

## วิธีการสกัด

### 1. วิธีการสกัดเพคตินแบบดั้งเดิม

การสกัดเพคตินจากเนื้อลูกตาลสุกนี้ ดัดแปลงจากรายงานวิจัยหลายฉบับ (สุธิดาและพูนศิริ(2555), ธานุวัฒน์ และคณะ(2556)และ Rungrodnimitchai (2011)

ชั่งน้ำหนักเปียกของวัตถุดิบจากหัวข้อ 3.2.1 ปริมาณ 150 มิลลิลิตรคำนวณน้ำหนักแห้ง

↓

ปรับพีเอชให้ได้ 2.0 ± 0.1ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น0.5โมลาร์

↓

เติมน้ำกลั่นในสัดส่วน 1: 3w/v

↓

นำไปสกัดอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

↓

กรองผ่านผ้าขาวบาง 1 ชั้น

↓

นำสารลายที่กรองได้ไปปรับพีเอชให้เป็น 70. ± 0.1ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 โมลาร์

↓

ระเหยให้ลดลงประมาณ1 เท่าตัว ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มความเข้มข้น

↓

ตกตะกอนโดยเติมเอธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ในอัตราส่วน 1:1

↓

เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 1 คืน

↓

กรองแยกตะกอนออกด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น

↓

ล้างผ่านตะกอนเพคตินด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 จำนวน 3 ครั้ง

↓

อบแห้งตะกอนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 18 ชั่วโมง

**ภาพภาคผนวกข 1** แผนภาพวิธีการสกัดเพคตินแบบดั้งเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค

## การวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคติน

### 1. ปริมาณผลผลิตเพคตินที่ได้ (%Yield)

$$\text{ปริมาณผลผลิตเพคตินที่ได้ (\%Yield)} = \frac{\text{น้ำหนักเพคตินจากเนื้อตาลสุกที่ผลิตได้}}{\text{น้ำหนักแห้งวัตถุดิบ}} \times 100$$

ตัวอย่างการคำนวณ

น้ำหนักเพคตินที่สกัดได้ = 0.9224

น้ำหนักแห้งวัตถุดิบ = 12

$$\text{ปริมาณผลผลิตเพคตินที่ได้ (\%Yield)} = \frac{0.9224}{12} \times 100$$

$$= 7.69\ \%$$

### 2. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

วิธีวิเคราะห์

1. นำ Aluminium can อบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130±3°C จนน้ำหนักคงที่
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ด้วยตาชั่งละเอียดใส่ใน Aluminium can
3. นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130±3°C เป็นเวลา 2 – 3 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่
4. ปิดฝาและทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator)
5. ชั่งน้ำหนัก
6. คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นในตัวอย่าง} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

ตัวอย่างการคำนวณ

น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ = 2.2288 กรัม

น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ = 1.9513 กรัม

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นในตัวอย่าง} = \frac{2.2288 - 1.9513}{2.2288} \times 100$$

$$= 12.45\ \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของเพคติน(AOAC, 2000)**

วิเคราะห์

1. เผาถ้วยกระเบื้อง (crucible) ที่แห้งและสะอาดในเตาเผาที่ 550 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งน้ำหนักละเอียด บันทึกน้ำหนัก
2. ชั่งตัวอย่างที่บดแล้วประมาณ 3 กรัม ใส่ลงในถ้วยกระเบื้อง(crucible)
3. เผาตัวอย่างบน hot plate (ทำในตู้ดูดควัน) จนกระทั่งหมดควัน
4. นำไปเผาในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสนาน 3-4 ชั่วโมงจนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาว
5. คีบถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผา ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น(Desiccator) แล้วชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้อง
6. คำนวณเปอร์เซ็นต์เถ้าจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้าในตัวอย่าง} = \frac{\text{น้ำหนักถ้วยกระเบื้องหลังเผาตัวอย่าง} - \text{น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์}} \times 100$$

ตัวอย่างการคำนวณ

น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง = 35.0386 กรัม

น้ำหนักหลังเผาตัวอย่าง = 35.3474 กรัม

น้ำหนักตัวอย่าง = 3.0212 กรัม

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้าในตัวอย่าง} = \frac{35.3474 - 35.0386}{3.0212} \times 100$$

$$= 10.22\ \%$$

**4. การวิเคราะห์ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชัน, DE(Rangana, 1997)**

วิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักเพคตินผงใส่ลงในขวดรูปชมพู่ 3 ขวด ขวดละ 0.5 กรัม
2. เติมเอธิลแอลกอฮอล์ลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 2 มิลลิลิตร
3. ละลายด้วยน้ำที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ ขวดละ 100 มิลลิลิตร
4. คนให้เข้ากัน แล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีนลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 5 หยด
5. นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าแรงๆทิ้งไว้ 15 นาที
7. เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ปริมาตร10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าจนสีชมพูจางหายไป
8. เติมฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์จนสีชมพูเริ่มปรากฏ แล้วบันทึกผลปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 2
9. คำนวณหาร้อยละของDegree of Esterification (%DE) จากสูตรด้านล่างนี้

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

ตัวอย่างการคำนวณ

$$\%DE = \frac{0.4 \times 100}{0.6 + 0.4}$$
$$= 40\%$$

ดังนั้น ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่นของเพคตินเท่ากับ 40

หมายเหตุ : NaOH volume 1 คือ ปริมาตรที่ไทเทรตด้วยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ครั้งที่ 1
NaOH volume 2 คือ ปริมาตรที่ไทเทรตด้วยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5. การหาปริมาณเมทอกซิล**

นำค่า %DE ที่ได้ไปหาปริมาณเมทอกซิลโดยใช้ตารางภาคผนวก ค1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Degree of Esterification (DE) กับปริมาณเมทอกซิลในเพคติน ด้านล่างนี้

**ตารางภาคผนวก ค 1**ความสัมพันธ์ระหว่าง Degree of Esterification (DE) กับปริมาณเมทอกซิลในเพคติน

| DE (%) | Methoxyl (%) |
|---|---|
| 0 | 0.00 |
| 10 | 1.63 |
| 20 | 3.26 |
| 30 | 4.90 |
| 40 | 6.53 |
| 50 | 8.16 |
| 60 | 9.76 |
| 70 | 11.42 |
| 80 | 13.06 |
| 90 | 14.69 |
| 100 | 16.32 |

ที่มา :พวงทอง และคณะ (2541)

**6. วิเคราะห์หาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก (Rangana, 1997)**

วิเคราะห์

5.1 การทำกราฟมาตรฐาน

1. ชั่งน้ำหนักกรดกาแลคทูโรนิก 0.1 กรัม ผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.05 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

2. ปิเปตสารละลายในข้อที่ 1. ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

3. ปิเปตสารละลายจากข้อ 2. มา 1,2,3,4,6,8 และ 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร อย่างละ 1 ขวด และปรับปริมาตรแต่ละขวดให้เป็น 10 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

4. ปิเปตสารละลายในแต่ละความเข้มข้นจากข้อ 3. ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดกลาง 3 หลอดๆ ละ 2 มิลลิลิตร เมื่อปิเปตสารละลายจนครบทุกความเข้มข้นใส่ในหลอดทดลองจะได้ทั้งหมด 18 หลอด

5. เติมสารละลายคาร์บาซอลเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอด เขย่าให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เติมสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 12 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอด เขย่าให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ 25 นาที

7. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร แล้วสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าดูดกลืนแสง

5.2 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

1. ชั่งน้ำหนักเพคติน 0.1 กรัม ผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.05 โมลาร์ ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วทิ้งไว้ 30 นาที

2. ปิเปตสารละลายเพคตินจากข้อ 1. ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

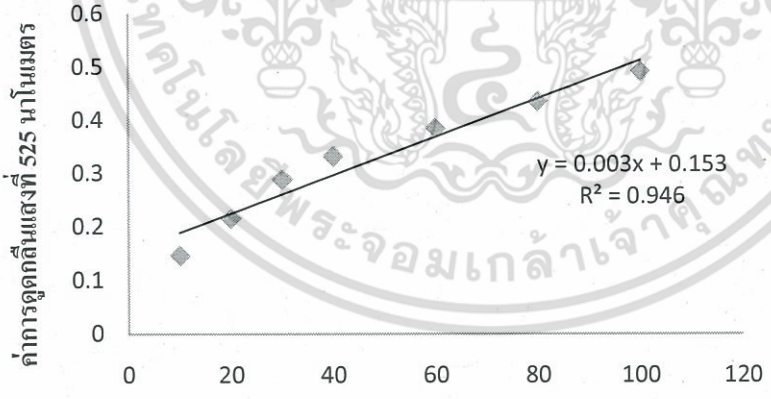
3. ปิเปตสารละลายเจือจางใส่ลงในหลอดทดลองขนาดกลาง 3 หลอดๆ ละ 2 มิลลิลิตร

4. เติมสารละลายคาร์บาซอลเข้มข้นร้อยละ 0.1 ลงในหลอดทดลองหลอดละ 1 มิลลิลิตร

5. เติมสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 12 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 25 นาที

6. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร แล้วนำไปหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกจากกราฟมาตรฐาน

7. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในหน่วยไมโครกรัม




**ภาพภาคผนวก ค 1** ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกและค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 52 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐาน y = ax + b

เมื่อ y คือ ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

aคือ ค่าความชันของเส้นกราฟ

xคือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานหลังจากหักลบ Blank

คำนวณค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่างเช่นเดียวกับสารละลายมาตรฐาน ทำให้ได้ค่า x นำไปแทนในสมการข้างต้น เพื่อคำนวณหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกที่มีอยู่ในตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ ซึ่งจำเป็นต้องนำมาคำนวณให้อยู่ในหน่วย มิลลิกรัมของตัวอย่างเริ่มต้น

ตัวอย่างการคำนวณ

แทนค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารละลายเพคตินในสมการกราฟมาตรฐาน

y = 0.0036x + 0.1532

หมายเหตุ y คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 525 นาโนเมตร

xคือ ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก (ไมโครกรัม)

ตัวอย่างการคำนวณ เมื่อค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง คือตัวอย่าง คือ 0.345

0.345 = y = 0.0036x + 0.1532

x = (0.345 – 0.1532)/ 0.0036

x = 53.28

ดังนั้น เพคตินมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก 53.28 ไมโครกรัม

ตัวอย่างสารละลายเพคตินที่ใช้ 1.0 มิลลิลิตร (1000 ไมโครลิตร) จึงมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก เท่ากับ

กรดกาแลคทูโรนิก = 53.28 µg/1000 µl

= 0.05328 µg/µl

ดังนั้น ตัวอย่างความเข้มข้นของสารละลายเพคติน 0.1 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร จึงมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกเท่ากับ 0.05328 ไมโครกรัม/ไมโครลิตรถ้าความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร มีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้โดย

ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก (เปอร์เซ็นต์) = (100 × 0.05328)/0.1

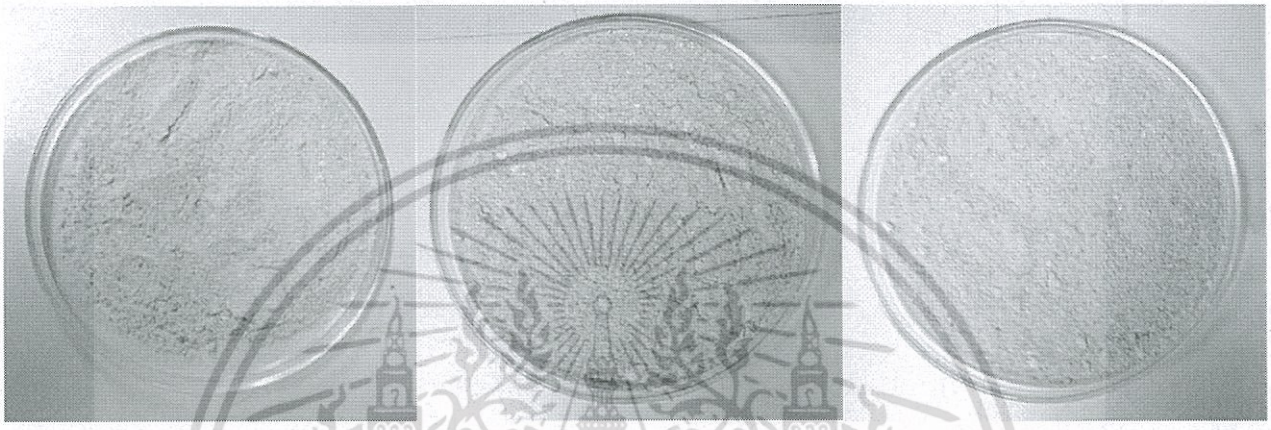
= 53.28

ดังนั้นเพคตินมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก 53.3% w/w

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ง
# รูปภาพผงเพคตินที่สกัดได้

1. ผงเพคตินจากลูกตาลสุกที่ได้จากกระบวนการสกัด



**ภาพภาคผนวก ง1**ผงเพคตินจากลูกตาลสุกที่ได้จากกระบวนการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก จ
# สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย

☐ แหล่งงบประมาณแผนดิน (แบบปกติ) ☑ แหล่งเงินรายได้

**ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)**ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสกัดเพคตินจากเนื้อตาลสุกด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอช

**(ภาษาอังกฤษ)** Factors affect pectin extraction process from ripen sugar palm meat by water without pH adjusting

**ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.)**ดร. กิตติชัย บรรจง

**รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่** 1 ตุลาคม 2557 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2558

**ระยะเวลาดำเนินการ** 1 ปี - เดือนตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2557 ถึงวันที่30 กันยายน 2558

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1 55,000 บาท 100 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน( 6 กุมภาพันธ์ 2558

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

| หมวดค่าใช้จ่าย | งบประมาณรวม ทั้งโครงการ | ค่าใช้จ่าย (บาท) | คงเหลือ (หรือเกิน) |
|---|---|---|---|
| **งบบุคลากร:**ค่าจ้างชั่วคราว | | | |
| **งบดำเนินงาน** | | | |
| ค่าตอบแทน | 10,000 | 10,000 | 0 |
| ค่าใช้สอย | 1,000 | 0 | 1,000 |
| ค่าวัสดุ | 44,000 | 44,996.42 | -996.42 |
| ค่าสาธารณูปโภค | 0 | 0 | 0 |
| **งบลงทุน:** ค่าครุภัณฑ์ | 0 | 0 | 0 |
| **รวม** | 55,000 | 54,996.42 | 3.58 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัตินักวิจัย

**ชื่อ - นามสกุล** นาย กิตติชัย บรรจง
**ตำแหน่งปัจจุบัน** อาจารย์ ระดับ 7
**หน่วยงาน** คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

**ประวัติการศึกษา**

วท.บ. (เกษตรศาสตร์) เกียรตินิยมอันดับ 1มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
M.Sc. (Food Engineering), The Most Outstanding Hizamatsu PrizeAsian Institute of Technology
D.Tech.Sc. (Agricultural and Food Engineering), Asian Institute of Technology

**สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ**FoodProcess Engineering and Physical Properties of FoodMaterials

**การเสนอผลงานวิชาการ**

1. พิศิษฐ์ศักดิ์ วิเศษกุล และ กิตติชัย บรรจง. 2556. การคัดแยกถั่วลิสงเพื่อลดปริมาณอฟลาทอกซินด้วยคุณสมบัติความหนาแน่นของเมล็ด. บทความวิจัยฉบับสมบูรณ์การนำเสนอผลงานวิจัยแบบบรรยายและการจัดนิทรรศการทางวิชาการ ราชภัฏวิชาการเพื่อท้องถิ่น ครั้งที่ 6 ระหว่างวันที่ 14-16 กุมภาพันธ์ 2556 :194-199.

2. ดุษฎี ศรีเจริญ, อพัชชา จินดาประเสริฐ, อดิศร เศวตวิวัฒน์ และ กิตติชัย บรรจง. 2554. การศึกษาแหล่งปนเปื้อนของเชื้อราในขั้นตอนการบรรจุนมพลาสเจอไรซ์. การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยบูรพา 2554 ระหว่าง 6-7 กรกฎาคม 2554, ณ มหาวิทยาลัยบูรพา, จังหวัดชลบุรี : 1-9.

3. มัลลิกา ไชยวุฒิ, กิตติชัย บรรจง, จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และ อดิศร เศวตวิวัฒน์. 2554. ผลของการหมักต่อคุณภาพและการยอมรับของไส้กรอกอีสานจากเนื้อโคพื้นเมืองไทยที่หมักในไส้หมูสดและไส้คอลลาเจน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 29(3 เล่ม 2): 18-27.

4. กิตติชัย บรรจง และ วราภรณ์ มงคลสัมฤทธิ์. 2553. ผลของอุณหภูมิสกัดและความเข้มข้นของเอธานอลที่มีต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเกลือทะเลเสริมสารสกัดกากองุ่น. ในรายงานการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 8 วันที่ 19 มีนาคม 2553, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, จังหวัดปทุมธานี :PFD01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Thiangtham, S. and Banjong, K. 2012. Comparison of ultrasonic and ultrasonic assisted heat extraction for red grape pomace. International conference on food and applied bioscience 6-7 February 2012, Chiangmai, Thailand: P45(150)

6. Thuto, W. and Banjong, K. 2011. A finite element method for study of microwave heat distribution model. The 4th SUT Graduate Conference 2011: 36-46.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้