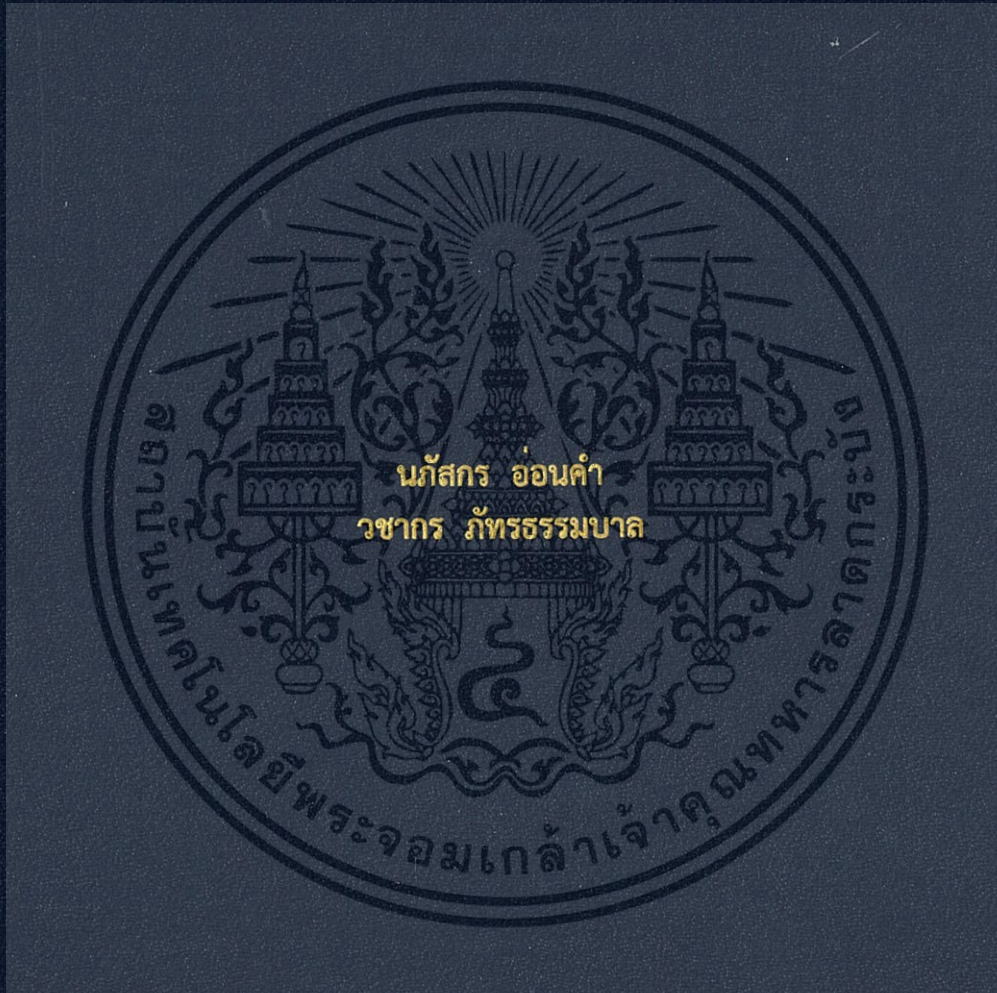


การเปรียบเทียบผลผลิตเพคตินจากองุ่น สกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิก
และความร้อนสูง

COMPARISONS OF GRAPES POMACE PECTIN YIELD EXTRACTED
USING ULTRASONIC AND HIGH TEMPERATURE EXTRACTION



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

การเปรียบเทียบผลผลิตเพคตินจากองุ่น สกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิก
และความร้อนสูง

COMPARISONS OF GRAPES POMACE PECTIN YIELD EXTRACTED
USING ULTRASONIC AND HIGH TEMPERATURE EXTRACTION



T148841

นภัสกร อ่อนคำ

วชากร ภัทรธรรมบาล

เลขพญ. 148841
ลงทะเบียน
ในเดือนปี 30 1119 2559

18 876173

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การเปรียบเทียบผลผลิตเพคตินจากองุ่น สกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิกและความร้อนสูง
Comparisons of grapes pomace pectin yield extracted using ultrasonic and
high temperature extraction

จัดทำโดย

นภัสกร อ่อนคำ รหัสนักศึกษา 55080165

วชากร ภัทรธรรมบาล รหัสนักศึกษา 55080188

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก



(ดร.กิตติชัย บรรจง)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

31 / 5 / 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|------------------|---|-----------------------|
| หัวข้อปัญหาพิเศษ | การเปรียบเทียบผลผลิตเพคตินจากกากองุ่น สกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิกและความร้อนสูง | |
| ชื่อนักศึกษา | นภัสกร อ่อนคำ | รหัสนักศึกษา 55080165 |
| | วชากร ภัทรธรรมบาล | รหัสนักศึกษา 55080188 |
| หลักสูตร | วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร | |
| พ.ศ. | 2559 | |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ดร.กิตติชัย บรรจง | |

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินจากกากองุ่น 3 วิธี ได้แก่ วิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 55 และ 75 องศาเซลเซียส วิธีการสกัดด้วยอัลตราโซนิก ที่อุณหภูมิ 55 และ 75 องศาเซลเซียส และวิธีการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดัน ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส โดยใช้กรดซิตริก (pH 2.0) เวลาในการสกัด 60 90 และ 120 นาที ซึ่งวิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณเพคตินร้อยละ 10.68 5.87 และ 4.90 ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณเพคตินร้อยละ 9.31 10.98 และ 15.56 ตามลำดับ วิธีการสกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิก ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณเพคตินร้อยละ 8.82 5.36 และ 5.26 ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 75 ได้ปริมาณเพคตินร้อยละ 10.73 8.96 และ 9.10 การสกัดด้วยวิธีหม้อนึ่งความดัน ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณเพคตินร้อยละ 14.52 และ 16.64 ตามลำดับตามลำดับ โดยวิธีการสกัดเพคตินจากกากองุ่นทั้ง 3 วิธี ให้ผลผลิตเพคตินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้มีการวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคติน ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน และปริมาณกรดกาแลกทูโรนิก

คำสำคัญ: เพคติน การสกัด กากองุ่น

| | | |
|-----------------------|--|---------------------|
| Special problem title | Comparisons of grapes pomace pectin yield extracted using ultrasonic and high temperature extraction | |
| Student name | Naphassakorn Aonkam | Student ID 55080165 |
| | Wachakorn Phattharathumbarn | Student ID 55080188 |
| Program | Bachelor of Science in Food Process Engineering | |
| Year | 2016 | |
| Advisor | Dr.Kittichai Banjong | |

ABSTRACT

The pectin extraction methods from grape pomace including 1.) Water Bath extraction method at temperature 55 and 75 degrees Celsius 2.) Ultrasonic extraction method at temperature 55 and 75 degree Celsius and 3.) High Temperature extraction method at temperature 120 degree Celsius was compared at 60, 90 and 120 mintues extraction time. The pectin yield of water bath extraction method at 55 °C was 10.68, 5.87 and 4.90% respectively. The pectin yield of water bath extraction method at 75°C was 9.31, 10.98 and 15.56% respectively. The pectin yield of ultrasonic method at 55°C was 8.82, 5.36 and 5.26% respectively. The pectin yield of ultrasonic method at 75°C was 10.73, 8.96 and 9.10% respectively. The pectin yield of high temperature extraction method at 120°C was 14.52 and 16.64% respectively. The pectin yield extracted with different method was significantly different ($P \leq 0.05$). In addition, pectin properties including moisture content, ash content, degree of esterification and galacturonic acid content were also analyzed.

Keywords: Pectin, Extraction and Grape pomace

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การนำเสนอปัญหาพิเศษเรื่องการเปรียบเทียบผลผลิตจากการสกัดเพคตินจากองุ่นด้วยกรดซิตริก โดยวิธีอัลตราโซนิกและความร้อนสูง สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ดร.กิตติชัย บรรจง ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนข้อเสนอแนะในการดำเนินงาน รวมทั้งช่วยปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่องให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น เพื่อให้การทำปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านในคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความรู้ คำแนะนำต่างๆ ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ที่คอยเอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการและเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งพี่ๆและเพื่อนๆที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือ และขอขอบพระคุณบิดามารดาที่รักยิ่งที่คอยให้กำลังใจมาโดยตลอด



นั้สกร อ่อนคำ

วชากร ภัทรธรรมบาล

11 กรกฎาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | II |
| กิตติกรรมประกาศ..... | III |
| สารบัญ..... | IV |
| สารบัญตาราง..... | V |
| สารบัญรูปภาพ..... | VI |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... | 1 |
| 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 1 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 2 |
| 2.1 กากองุ่น..... | 2 |
| 2.2 เพคติน..... | 2 |
| 2.3 วิธีการสกัดเพคติน..... | 10 |
| 2.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 11 |
| บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... | 13 |
| 3.1 วัสดุดิบและสารเคมี..... | 13 |
| 3.2 อุปกรณ์..... | 13 |
| 3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง..... | 14 |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... | 17 |
| 4.1 เปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินจากกากองุ่น..... | 17 |
| 4.2 คุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้จากกากองุ่น..... | 18 |
| บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... | 23 |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง..... | 23 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ..... | 24 |
| บรรณานุกรม..... | 25 |
| ภาคผนวก..... | 28 |
| ภาคผนวก ก วิธีเตรียมวัสดุดิบ..... | 28 |
| ภาคผนวก ข วิธีการสกัด..... | 29 |
| ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคติน..... | 32 |
| ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง..... | 37 |
| ประวัติผู้เขียน..... | 41 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|--|------|
| 2.1 | ปริมาณเพคตินในเนื้อเยื่อพืชบางชนิด..... | 4 |
| 2.2 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Degree of esterification ปริมาณเมทอกซี และน้ำหนัก สมมูลของ ความบริสุทธิ์ของกรดเพคตินิก..... | 5 |
| 2.3 | แสดงค่า Degree of methyl esterification (DM) ของเพคติน..... | 6 |
| 4.1 | ผลของวิธีการสกัดที่มีผลต่อผลผลิตเพคติน..... | 17 |
| 4.2 | ผลของวิธีการสกัดที่มีผลต่อปริมาณความชื้น (Moisture content)..... | 18 |
| 4.3 | ผลของวิธีการสกัดที่มีผลต่อปริมาณเถ้า (Ash content)..... | 18 |
| 4.4 | ผลของวิธีการสกัดที่มีผลต่อค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (Degree of esterification)..... | 19 |
| 4.5 | ผลของวิธีการสกัดที่มีผลต่อปริมาณกรดกาแลกทูโรนิก (Galacturonic acid content)..... | 19 |
| ค1 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Degree of Esterification (DE) กับปริมาณเมทอกซีในเพ คติน..... | 34 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 2.1 | แสดงโครงสร้างเพคตินในเซลล์พืช..... | 2 |
| 2.2 | โครงสร้างโมเลกุลของเพคติน..... | 3 |
| 2.3 | ชนิดและสมบัติของเพคติน..... | 7 |
| 4.1 | กราฟแสดงค่าปริมาณผลผลิตเพคติน..... | 18 |
| 4.2 | กราฟแสดงค่าปริมาณความชื้นจากวิธีการสกัดเพคติน..... | 20 |
| 4.3 | กราฟแสดงค่าปริมาณเถ้าจากวิธีการสกัดเพคติน..... | 21 |
| 4.4 | กราฟแสดงค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันจากวิธีการสกัดเพคติน..... | 21 |
| 4.5 | ภาพแสดงค่าปริมาณกรดกาแลกทูโรนิกจากวิธีการสกัดเพคติน..... | 22 |
| ก1 | แผนภาพการเตรียมกากองุ่น..... | 28 |
| ข1 | แผนภาพวิธีการสกัดเพคตินด้วยกรดซิตริกโดยวิธีอ่างควบคุมอุณหภูมิ..... | 29 |
| ข2 | แผนภาพวิธีการสกัดเพคตินด้วยกรดซิตริกโดยวิธีอัลตราโซนิก..... | 30 |
| ข3 | แผนภาพวิธีการสกัดเพคตินด้วยกรดซิตริกโดยวิธีหม้อนึ่งความดัน..... | 31 |
| ค1 | ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดกาแลกทูโรนิกและค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร..... | 35 |
| ง1 | เครื่องมือที่ใช้ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55 และ 75°C..... | 37 |
| ง2 | เครื่องมือที่ใช้ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55 และ 75°C..... | 37 |
| ง3 | เครื่องมือที่ใช้ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120°C..... | 38 |
| ง4 | เครื่องมือที่ใช้ให้ความร้อนให้กับหม้อนึ่งความดัน..... | 38 |
| ง5 | เครื่องมือที่ใช้อบเพคตินและหาความชื้น..... | 39 |
| ง6 | เครื่องมือที่ใช้วัดค่า pH..... | 39 |
| ง7 | เครื่องมือที่ใช้วัดค่าดูดกลืนแสงในการหาปริมาณกรดกาแลกทูโรนิก..... | 40 |
| ง8 | เครื่องมือที่ใช้เผาตัวอย่างในการหาปริมาณเถ้า..... | 40 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เพคติน (Pectin) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์และเส้นใยอาหารเป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ของพืชชั้นสูงเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเซลล์และเป็นสารที่สำคัญในบริเวณชั้นผนังเชื่อมยึดระหว่างเซลล์หรือมิดเดิลลามลลา (middle lamella) ที่ยึดเหนี่ยวเซลล์เข้าด้วยกัน โดยจับกับเซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และไกลโคโปรตีน (glycoprotein) ของผนังเซลล์พืช เพคตินช่วยเสริมผนังเซลล์ให้หนา แข็งแรง และยืดหยุ่นได้เล็กน้อย โดยเฉพาะบริเวณที่มีเนื้อเยื่ออ่อนนุ่ม เช่น ต้นอ่อน ใบ และผลไม้ จัดเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเช่นเดียวกับแป้งและเซลลูโลส ทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดเจลนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อเพิ่มความเหนียว เป็นเนื้อเดียวกัน เช่น ใช้ผสมในไอศกรีม เยลลี่ วุ้น และลูกอม เป็นต้น รวมทั้งยังมีการใช้ในเครื่องสำอางค์

ปัจจุบันประเทศไทยยังคงนำเข้าเพคตินในราคาที่สูง ซึ่งมีมูลค่ากว่ามากกว่า 300 ล้านบาทต่อปีเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา เพคตินเป็นสารที่สกัดได้จากเปลือกผลไม้และเพคตินที่สกัดได้จากพืชจะมีปริมาณและคุณภาพแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของพืชชนิดของเนื้อเยื่อ พันธุ์ และอายุ พืชที่มีปริมาณเพคตินสูงจะถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการสกัดเพคติน

ในอุตสาหกรรมไวน์มีการใช้ก้อนจำนวนมากและทำให้มีกากเหลือทิ้งจากก้อนมากเช่นกัน ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ทำการทดลองสกัดเพคตินจากกากก้อน โดยใช้วิธีการที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือ อัลตราโซนิก อ่างควบคุมอุณหภูมิ และความร้อนสูง รวมถึงทำการเปรียบเทียบปริมาณและคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้จาก 3 วิธี

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของการสกัดด้วยวิธีอ่างควบคุมอุณหภูมิ อัลตราโซนิก และความร้อนสูงที่มีผลต่อผลผลิตเพคติน

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของเพคตินจากกากก้อนด้วยกรดซิตริก โดยวิธีที่แตกต่างกัน คือ การสกัดวิธีอ่างควบคุมอุณหภูมิ, อัลตราโซนิก และความร้อนสูง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทำให้ทราบถึงวิธีการสกัดและคุณสมบัติของเพคตินที่ได้จากกากก้อน

1.3.2 คุณสมบัติของเพคตินที่ได้จากกากก้อน ทำให้สามารถพิจารณาได้ว่าจะนำกากก้อนมาเป็น

วัตถุดิบในการสกัดเพคตินต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

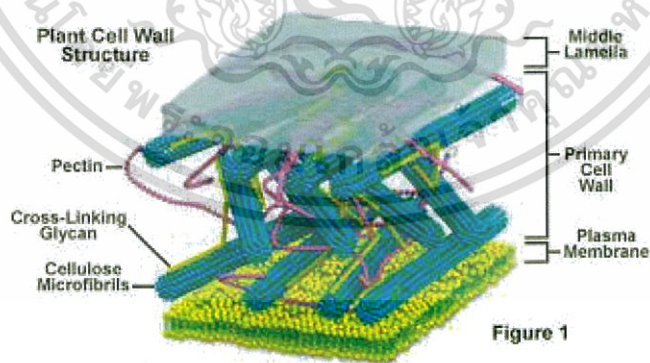
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กากองุ่น

ในอุตสาหกรรมอาหารมีการแปรรูปผลไม้จำนวนมาก องุ่นเป็นหนึ่งในผลไม้ที่มีการแปรรูป ทั่วโลกมีการผลิตองุ่นประมาณ 68 ล้านตัน ในปี 2552 ประมาณ 75-80% ขององุ่นทั้งหมด ถูกนำมาใช้ในการผลิตไวน์และประมาณ 12 ล้านตัน ถูกนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ หลังจากการผลิตผลิตภัณฑ์จากองุ่น กากองุ่นเป็นวัตถุดิบที่ได้รับความสนใจจากอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากในกากองุ่นมีคาร์โบไฮเดรตที่สามารถนำมาเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและเส้นใยอาหารได้ (González-Centeno และคณะ, 2010)

2.2 เพคติน

เพคติน (Pectin) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์และเส้นใยอาหารเป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ของพืชชั้นสูงเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเซลล์และเป็นสารที่สำคัญในบริเวณชั้นผนังเชื่อมยึดระหว่างเซลล์หรือมิตติลลามลลา (middle lamella) ที่ยึดเหนี่ยวเซลล์เข้าด้วยกัน โดยจับกับเซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และไกลโคโปรตีน (glycoprotein) ของผนังเซลล์พืช เพคตินช่วยเสริมผนังเซลล์ให้หนา แข็งแรง และยืดหยุ่นได้เล็กน้อย โดยเฉพาะบริเวณที่มีเนื้อเยื่ออ่อนนุ่ม เช่น ต้นอ่อน ใบ และผลไม้ จัดเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเช่นเดียวกับแป้งและเซลลูโลส ค้นพบในศตวรรษที่ 18 ทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดเจลนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อเพิ่มความเหนียว เป็นเนื้อเดียวกัน เช่น ใช้ผสมในไอศกรีม เยลลี่ วุ้น และลูกอม เป็นต้น รวมทั้งยังมีการใช้ในเครื่องสำอางค์



ภาพ 2.1 แสดงโครงสร้างเพคตินในเซลล์พืช

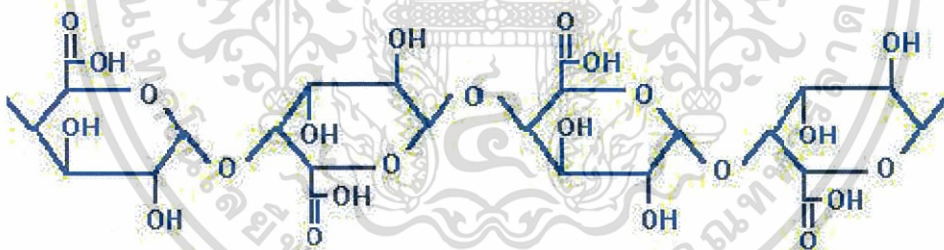
ที่มา : Michael Davidson (2000)

ปัจจุบันประเทศไทยยังคงนำเข้าเพคตินในราคาที่สูง ซึ่งมีมูลค่ากว่ามากกว่า 300 ล้านบาทต่อปี เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา เพคตินเป็นสารที่สกัดได้จากเปลือกผลไม้ เช่น แอปเปิ้ล พืชตระกูลส้ม และมะนาว เพคตินจัดเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดหนึ่งซึ่งเอนไซม์ที่ลำไส้เล็กไม่สามารถย่อยสลายได้เพคตินมีค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์คือเป็นใยอาหาร (Dietary Fiber) ที่มีสมบัติในการละลายน้ำได้ (Water Soluble Fiber) องค์ประกอบในส่วนต่างๆของพืชชนิดเดียวกันจะมีปริมาณเพคตินแตกต่างกันออกไป (องอาจ เต็ดดวง ,2553) เพคตินที่สกัดได้จากพืชจะมีปริมาณและคุณภาพแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของพืชชนิดของเนื้อเยื่อ พันธุ์ และอายุ พืชที่มีปริมาณเพคตินสูงจะถูกมักนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการสกัดเพคติน

2.2.1 โครงสร้างของเพคติน

เพคตินเป็นกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างลักษณะเป็นคอลลอยด์ (Colloid) สารประกอบเพคตินในผลไม้จะอยู่ในรูปของแคลเซียมเพคเตต (Calcium Pectate) และโปรโตเพคติน (Protopectin) ซึ่งไม่ละลายน้ำ เมื่อผลไม้สุกจึงจะเปลี่ยนรูปเป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้ เพคตินทางการค้ามีองค์ประกอบหลักเป็นสารโพลีเมอร์ของกรดกาแลคทูโรนิกเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ $\alpha 1,4$ ประมาณ 200 – 1000 หน่วย ส่วนใหญ่เพคตินจะถูกเอสเทอริไฟด์หรือแทนที่ด้วยหมู่เมธอกซิล โดยใช้สารเอธิลหรือเมธิลแอลกอฮอล์ในการเอสเทอริไฟด์ นอกจากนั้นยังประกอบด้วยน้ำตาลอื่น ๆ ในโมเลกุล เช่น อะราบิโนส (arabinose) ไคโลส(xylose) และกลูโคส (glucose) แต่ในทางธรรมชาติเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ที่มีอยู่ในเซลล์พืช หรือเอนไซม์จากเชื้อยีสต์และเชื้อรา สารประกอบเพคตินที่สกัดได้จากพืชเป็น heteropolysaccharide (ภาพที่2.2) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมากประมาณ 30,000 – 300,000 ดาลตัน (Rombounts and Pilnik, 1972)ประกอบไปด้วยน้ำตาลอะราบิโนส กาแลคโตส และกรดกาแลคทูโรนิก (ปริยา สุขเกษม, 2549)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของเพคติน

ที่มา : พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์ (2556)

ปริมาณการถูกเอสเทอริไฟด์ของหมู่กาแลคทูโรนิกในโมเลกุลของเพคตินนั้นเกิดขึ้นได้หลายระดับ ตัวอย่างเช่น เพคตินที่มีค่า DE 50% คือ เพคตินที่มีหมู่เมธิลในโมเลกุลของกาแลคทูโรนิกที่เป็นโครงสร้าง 50% ของจำนวนทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่าแม้ว่าเพคตินที่มีค่า DE เท่ากันแต่อาจมีการจัดเรียงตัวแตกต่างกันได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการสกัด และเวลาในการเอสเทอริไฟด์ ชนิดของพืช และตำแหน่งของเซลล์ที่นำมาสกัดจะทำให้เพคตินที่ได้มีคุณสมบัติต่างกัน สารประกอบเพคติน (นิธิยา รัตนานนท์, 2545) เป็นกลุ่มของสารประกอบเชิงซ้อน สามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. โปรโตเพคติน เป็นสารประกอบเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ และพบมากในผลไม้ดิบ ในโมเลกุลของโปรโตเพคตินมีหมู่เมทอกซิลอยู่ประมาณ 9 - 12% หากเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันอย่างสมบูรณ์ จะมีหมู่เมทอกซิลอยู่ในโมเลกุลของโปรโตเพคตินประมาณ 16% จัดว่ามี degree of methoxylation เป็น 100 % แต่จะไม่เกิดขึ้นในธรรมชาติระหว่างกระบวนการสุกของผลไม้โปรโตเพคตินจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์หรืออาจใช้ต่างจะทำให้หมู่เมทิลถูกแยกออกไปบางส่วน ได้เป็นหมู่คาร์บอกซิลอิสระเรียกว่า กรดเพคตินิก (pectinic acid) เป็นสารประกอบเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ

2. กรดเพคตินิก เป็นสารประกอบเพคตินหรือพอลิเมอร์ของกรดกาแล็กทูโรนิกที่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์เหลืออยู่บางส่วน และเมื่อถูกไฮโดรไลซ์เอาหมู่เมทิลออกจนหมดจะได้เป็นกรดเพคติก (pectic acid)

3. กรดเพคติก เป็นสารประกอบเพคติกหรือพอลิเมอร์ของกรดกาแล็กทูโรนิกที่ไม่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์อยู่ในโมเลกุลเลย ดังนั้นสารประกอบเพคตินหรือเพคติก จึงเป็นการเรียกชื่อรวม ๆ ของกรดเพคตินิกที่มีเปอร์เซ็นต์ของหมู่เมทอกซิล หรือ degree of methoxylation แตกต่างกัน ปริมาณของเพคตินในเนื้อเยื่อพืชบางชนิด แสดงในตารางที่ 2.1

เพคตินเป็น gelling agent ที่ดี สมบัติในการเกิดเจลของเพคตินขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่าง คือความยาวของสายพอลิเมอร์และ degree of methoxylation และจะเกิดเจลได้ในภาวะที่มีกรดและน้ำตาล การเกิดเจลของเพคตินจะต้องมีสารช่วยดูดน้ำออกจากโมเลกุล (dehydrating agent) เช่น น้ำตาล จะช่วยลดการละลายของเพคตินให้น้อยลง และมีกรดในปริมาณที่เหมาะสม โดยไฮโดรเจนไอออน (H^+) จากกรดจะช่วยลดจำนวนประจุลบของหมู่คาร์บอกซิลให้น้อยลง ทำให้ลดการผลักรั้วกันระหว่างประจุลบที่หมู่คาร์บอกซิล ทำให้สายของเพคตินโมเลกุลเข้ามาใกล้กันได้และเกาะตัวกันเป็นตายข่าย เพคตินที่เกิดเจลดีที่สุดคือ เพคติน ที่มีหมู่เมทอกซิลในโมเลกุลประมาณ 8 % คือ มี degree of methoxylation ประมาณ 50%

ตารางที่ 2.1 ปริมาณเพคตินในเนื้อเยื่อพืชบางชนิด

| ชนิดของเพคติน | เปอร์เซ็นต์เพคติน |
|----------------------------------|-------------------|
| มันฝรั่ง | 2.3 |
| มะเขือเทศ | 3.0 |
| แอปเปิ้ล | 5 - 7 |
| แครอท | 7 - 10 |
| เทอร์นิพ | 10 |
| กากแอปเปิ้ลที่เหลือจากการคั้นน้ำ | 15 - 18 |
| Sugar beet pulp | 25 -30 |
| เปลือกส้ม | 30 - 40 |
| เลมอน | 30 - 35 |
| เกรพฟรุ้ต | 1.6 - 4.5 |

ที่มา : นิธิยา รัตนานนท์ (2545)

ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายเพคติน คือ

1. น้ำหนักโมเลกุลของเพคติน เพคตินที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะมีความหนืดสูง
2. Degree of methoxylation เพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลมาก เรียกว่า high – methoxyl pectin จะมี degree of methoxylation มากกว่า 50% ขึ้นไป ซึ่งจะให้สารละลายที่มีความหนืดสูง
3. ความเข้มข้นของอิเล็คโทรไลต์ การเติมแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) หรืออะลูมิเนียมไอออน (Al^{3+}) จะทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะกับเพคตินชนิด low methoxyl pectin
4. พีเอช พีเอชที่ให้ความหนืดสูงสุดขึ้นอยู่กับกับ degree of methoxylation การเกิดเจลของเพคตินจะได้เป็นเจลที่มีความคงตัวดี จึงนำมาใช้ประโยชน์ในการเติมลงไปเนยแมม เจลลี่ และมาร์มาเลด

การแบ่งเกรดของเพคตินอาจพิจารณาจากปริมาณน้ำตาลที่ใช้ในการทำให้เกิดเจลต่อ 1 ส่วนของเพคติน เช่น high sugar pectin acid gel จะเกิดเจลที่มี pH 3.2 – 3.5 ใช้น้ำตาล 65 – 70 % และใช้เพคติน 0.2 – 1.5 %

High methoxy pectin ไม่สามารถเกิดเจลได้ถ้าไม่มีน้ำตาลในปริมาณสูง และความเป็นกรดไม่เหมาะสม ส่วน Low methoxy pectin ความสามารถในการเกิดเจลเป็นผลมาจากปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก อย่างไรก็ตาม Low methoxy pectin จะเกิดเจลได้ในสภาวะที่มีแคลเซียมโดยไม่มีน้ำตาล แต่ถ้าหากมีการเติมน้ำตาลใน Low methoxy pectin จะทำให้เพิ่ม gel strength ลดการเกิด syneresis และเพิ่มอุณหภูมิการเซตตัว ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ methoxy กับความบริสุทธิ์ของเพคตินได้ดังตารางที่ 2.2 แต่ low sugar gel หรือแคลเซียมเพคตินเจล ใช้ปริมาณน้ำตาลต่ำประมาณ 45 % เหมาะกับเนยแมมหรือเจลลี่ที่ให้พลังงานต่ำ

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Degree of esterification ปริมาณเมทอกซี และน้ำหนักสมมูลของความบริสุทธิ์ของกรดเพคตินิก

| Degree of esterification (%) | Methoxy content (%) | Equivalent weight (%) |
|------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 0 | 0.0 | 176 |
| 10 | 1.63 | 197 |
| 20 | 3.26 | 224 |
| 30 | 4.90 | 257 |
| 40 | 6.53 | 303 |
| 50 | 8.16 | 366 |
| 60 | 9.79 | 461 |
| 70 | 11.42 | 619 |
| 80 | 13.06 | 936 |
| 90 | 14.69 | 1886 |
| 100 | 16.32 | - |

ที่มา: พวงทอง ใจสันต์ และคณะ (2541) งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ชนิดของเพคติน

การแบ่งเกรดเพคติน ตามระดับของเอสเทอร์ฟิเคชัน (degree of esterification) ได้ 2 ระดับ คือ

1. เพคตินที่มีเมทอกซิลสูง (High methoxyl pectin, HM) เป็นสารเพคตินที่มีระดับของเมทิลเอสเทอร์ฟิเคชัน (Degree of methyl esterification, %DM) มากกว่า 50 % ในทางการค้าจะมีค่า %DM 55 – 65% จะเกิดเจลได้เมื่อมีของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solid) มากกว่า 55 % (น้ำหนักต่อปริมาตร) ใช้กับอาหารที่มี pH ต่ำกว่า 3.5 (ประมาณ 2 – 3.5) ซึ่งเป็นสภาวะปกติที่ใช้ในแยมทั่วไป

เพคตินชนิดนี้ยังแบ่งย่อยออกเป็นอีก 6 ชนิด โดยใช้ระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดเจล (gel) เป็นเกณฑ์ในการแบ่ง ได้แก่

| | |
|---|-------------------|
| ก. เกิดเจลได้ช้ามาก (Extra slow set pectin) | มีค่า DE 55 - 59% |
| ข. เกิดเจลได้ช้า (Slow set pectin) | มีค่า DE 60 - 64% |
| ค. เกิดเจลเร็วปานกลาง (Medium rapid set pectin) | มีค่า DE 65 - 69% |
| ง. เกิดเจลเร็ว (Rapid set pectin) | มีค่า DE 72% |
| จ. เกิดเจลเร็วมาก (Extra rapid set pectin) | มีค่า DE 76% |
| ฉ. เกิดเจลรวดเร็วมาก (Ultra rapid set pectin) | มีค่า DE 82% |

ซึ่งระยะเวลาการเกิดเจลจะแตกต่างกันที่ค่า Degree of methyl esterification (DM) การนำเพคตินมาใช้ประโยชน์จึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ ค่า pH ของอาหาร และชนิดของผลิตภัณฑ์อาหาร

ตารางที่ 2.3 แสดงค่า Degree of methyl esterification (DM) ของเพคติน

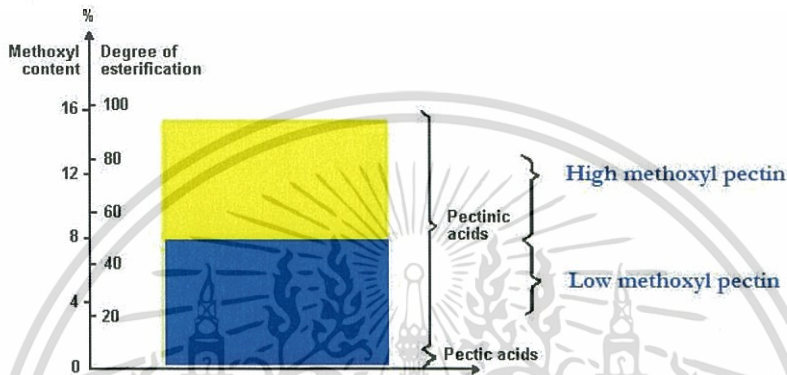
| HM Pectin | Ultra Rapid Set | Rapid Set | Medium Set | Slow Set |
|--------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|-------------------------------|
| DM (%) | 74 - 77 | 71 - 74 | 66 - 69 | 58 - 65 |
| Setting time (min) | 1 - 3 | 3 - 7 | 15 - 25 | 30 - 120 |
| pH | 3.1 - 3.4 | 3.0 - 3.3 | 2.8 - 3.1 | 2.6 - 2.9 |
| Application | Jam with whole fruits | Classical Jams | Acid Jams and jellies | Acid to very acid and jellies |

ที่มา : พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์ (2556)

2. เพคตินที่มีเมทอกซิลต่ำ (Low methoxyl pectin) เป็นสารเพคตินที่มีระดับของเมทิลเอสเทอร์ฟิเคชันน้อยกว่า 50 % ในทางการค้าจะมีค่า DE อยู่ในช่วง 20 – 40% เพคตินชนิดนี้สามารถจะเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ต้องมีของแข็งที่ละลายได้ (soluble solid) แต่ต้องมีไอออนของโลหะบางชนิดช่วยในการเกิดเจล เช่น แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) อยู่ประมาณ 3% มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) ตั้งแต่ 10 - 80% ที่ pH ช่วงกว้างตั้งแต่ 2.9 - 5.5 เจลที่ได้จะเป็นชนิดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

thermoreversible gel เนื้อสัมผัสของเจลจะมีความอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นมากกว่าเจลที่ได้จากเพคตินที่มีเมทอกซิลสูง (HM) หรือ Agar

DM คือ อัตราส่วนของหมู่ methylated galacturonic acid ต่อหมู่ galacturonic acid ทั้งหมดที่มีอยู่ในโมเลกุลของเพคติน จึงทำให้แบ่งประเภทของเพคตินตามค่า DM ได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิด Low methoxyl (LM) ซึ่งจะมีค่า DM น้อยกว่า 50 % และชนิด High methoxyl (HM) ซึ่งมีค่า DM มากกว่า 50 % (ดังภาพที่ 2.3) เพคตินที่สกัดได้จากธรรมชาติจะเป็นชนิด HM ที่มีค่า DM สูงถึง 75 %



ภาพที่ 2.3 ชนิดและสมบัติของเพคติน

ที่มา : พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์ (2556)

นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อควบคุมอุณหภูมิในการเกิดเจลให้เหมาะสม สามารถจำแนกเพคตินได้ตามอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยากับอนุมูลของ Ca^{2+} ออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

ก. กลุ่มที่เกิดเจลได้ช้า เนื่องจากความไวต่อแคลเซียมต่ำ (less calcium reactive) เพคตินกลุ่มนี้ได้จากการดีเอสเทอร์ไฟด์เพคตินที่สกัดได้จาก primary cell wall

ข. กลุ่มที่เกิดเจลได้เร็ว มีความไวต่อแคลเซียมสูง (more calcium reactive) โดยการดีเอสเทอร์ไฟด์ที่สกัดได้จากชั้น middle lamella หรือเพคตินที่มีโครงสร้างของกรดกาแลคทูโรนิกที่ต่อกันแบบบล็อก (blocks of galacturonic acid)

นอกจากการใช้เกณฑ์ %DE ในการแบ่งเกรดของเพคตินแล้ว ยังมีการใช้ปริมาณ methoxyl เป็นเกณฑ์ในการแบ่งชนิดของเพคตินได้ โดยแบ่งเพคตินออกได้เป็น 2 ชนิด

1 ชนิดที่มีเมทอกซิลสูง (High methoxy pectin) ซึ่งจะมีปริมาณเมทอกซิลมากกว่าร้อยละ 7 ซึ่งสอดคล้องกับระดับของ DE ที่ต้องมี %DE มากกว่า 50% เรียกว่า rapid set และไม่สามารถเกิดเจลได้ถ้าไม่มีน้ำตาลในปริมาณสูง จึงเหมาะสำหรับทำแยมและเยลลี่

2 ชนิดที่มีเมทอกซิลต่ำ (Low methoxy pectin) ซึ่งจะมีปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 3 - 7 ซึ่งสอดคล้องกับระดับของ DE ที่ต้องมี %DE น้อยกว่า 50% เรียกว่า slow set ซึ่งจะเกิดเจลได้ต้องมีไอออนของโลหะ คือ แคลเซียมไอออน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ปัจจัยที่บ่งชี้คุณภาพของเพคติน

การหาปริมาณเพคตินที่มีอยู่ในพืชเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะบอกได้ว่าพืชชนิดนั้นสามารถที่จะนำมาใช้เพื่อเป็นแหล่งของเพคตินในระดับอุตสาหกรรมได้ ต้องวิเคราะห์คุณภาพของเพคตินที่สกัดได้ควบคู่กันไปด้วย (Thakur และคณะ, 1997)

1. ระดับการเกิดเอสเทอร์ (Degree of esterification ,DE) เป็นค่าร้อยละของกรดกาแลคทูโรนิกที่ถูกเอสเทอร์ดีโดยหมู่เมทิลต่อจำนวนกรดกาแลคทูโรนิกทั้งหมด เมื่อหมู่คาร์บอกซิลถูกเอสเทอร์ไฟด์โดยหมู่เมทิลจะเกิดหมู่เมทอกซิลในโครงสร้างของเพคติน

ค่า DE จึงสัมพันธ์กับปริมาณเมทอกซิลที่มีอยู่ในเพคตินค่า DE ตั้งแต่ 50% ขึ้นไปหรือมีปริมาณเมทอกซิลตั้งแต่ 8.16% ขึ้นไปจัดเป็นเพคตินชนิด HMP ส่วนค่า DE ต่ำกว่า 50% หรือมีปริมาณเมทอกซิลต่ำกว่า 8.16% จัดเป็นเพคตินชนิด LMP ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการของ Yapo (2008)

$$\text{Methoxyl content (g/100g)} = \frac{\text{DE} \times 31 \times \left(\text{anhydrogalacturonic acid content} \frac{\text{g}}{100\text{g}} \right)}{(176 \times 100)}$$

เพคตินชนิด LMP จะมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มกว่าจึงสามารถทำให้อาหารมีลักษณะเนื้อผิวที่ดีขึ้นใช้เติมลงในโยเกิร์ต นมรสช็อกโกแลต ส่วนเพคตินชนิด HMP จะมีความคงตัว ความหนืดสูง ทำให้เกิดรูปทรงจึงเติมในอาหารจำพวกแยม เยลลี่ ผลไม้กวน

2. การหา Galacturonic acid

เพคตินที่สกัดได้จะมีความบริสุทธิ์ขึ้นอยู่กับปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก ซึ่งหาได้จากการนำเพคตินไปทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกเพื่อให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) เข้าแทนที่หมู่เมทิลกับไอออนของโลหะ ทำให้ได้กรดกาแลคทูโรนิกที่มีแต่หมู่คาร์บอกซิลเป็นองค์ประกอบทั้งหมด แล้วไปทำปฏิกิริยากับสารละลายคาร์บาซอลจะได้สารละลายสีม่วง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงเพื่อหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในเพคติน

3. ปริมาณเมทอกซิล (Methoxyl content , MeO.)

ปริมาณเมทอกซิล หมายถึง จำนวนของกลุ่มเมทอกซิลที่อยู่ในโมเลกุลของเพคติน ปริมาณเมทอกซิลนี้มีความหมายคล้ายกับระดับการเกิดเอสเทอร์ และเป็นตัวแปรสำคัญในการควบคุมเวลาในการเกิดเจลของเพคตินและความว่องไวในการตอบสนองต่อ polyvalent cation หาได้โดยการทำปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน (saponification) ของเพคตินและทำการไตเตรทเพื่อหาปริมาณคาร์บอกซิลอิสระที่เกิดขึ้นด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

2.2.4 สมบัติทางเคมีของเพคติน

1. การเกิดเจลของเพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลสูงในการเกิดเจลของเพคตินได้จะต้องมีปริมาณน้ำตาล และกรดที่เหมาะสมเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากสายเพคตินจะถูกดึงน้ำออก มีผลทำให้เพคตินมีประจุลบ จึงทำให้ลดแรงระหว่างสายโซ่ ความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการเกิดเจลของเพคตินชนิดที่เกิดเจลได้ช้า และเร็ว นั้น คือ 3.2 และ 3.4 ตามลำดับที่ความเป็นกรด-ด่างต่ำ ค่า gel strength จะเพิ่มมากขึ้น และ อุณหภูมิในการเกิดเจลก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย

สภาวะที่เหมาะสมในการเกิดเจลนั้นมีหลายปัจจัยที่ระดับความเข้มข้นของน้ำตาลสูง ๆ พบว่าความเป็นกรด - ด่างจะเพิ่มมากขึ้น โดยน้ำตาลจะมีผลต่ออัตราการเกิดเจล โดยพบว่าหากใช้กลูโคส โซร์ปทแทนน้ำตาลจะมีผลทำให้ gel strength ลดลง แต่ต้องใช้อุณหภูมิในการเกิดเจลเพิ่มมากขึ้น ในการใช้น้ำตาลฟรุกโตสทดแทนน้ำตาล จะมีผลต่อ gel strength น้อย แต่จะมีผลต่อการลดลงของอุณหภูมิในการเกิดเจล

2. การเกิดเจลของเพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลต่ำ

ในการเกิดเจลของเพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลต่ำนั้นขึ้นอยู่กับหลาย ๆ ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณ Ca^{2+} ความเป็นกรด - ด่าง ปริมาณน้ำตาล ปริมาณของเพคติน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเกิดเจล และค่า gel strength ที่ต้องการ ในการเตรียมเจลมาตรฐานต้องประกอบด้วยความเป็นกรด - ด่าง 3.0 ปริมาณน้ำตาล 30% โดยให้มีเพคติน 1% และสารประกอบแคลเซียม โดยเพคตินชนิดนี้จะไม่สามารถเกิดเจลได้หากมีปริมาณแคลเซียมไม่เพียงพอ แต่ถ้าหากเพิ่มปริมาณของแคลเซียม ค่า gel strength ก็จะมีเพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งแล้วจะลดลง อุณหภูมิในการเกิดเจลก็จะเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิปกติ และจุดเดือดจะเพิ่มมากขึ้นตาม gel strength ที่เพิ่มขึ้น

การลดลงของค่า a_w เนื่องจากการละลายของน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นจะสามารถเกิดเจลได้ง่าย แม้ว่าจะมี Ca^{2+} ต่ำ และเป็นเพคตินที่ไม่ไวต่อ Ca^{2+} หากต้องการใช้น้ำตาลเพิ่มขึ้นเป็น 60% ก็จะต้องใช้ Ca^{2+} เพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของน้ำตาลที่เพิ่มมากขึ้น

3. การละลาย

เพคตินเป็นสารที่ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ หรือของเหลวผสมระหว่างน้ำกับตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูง ๆ แต่ละลายในน้ำ โดเมทิลซัลฟอกไซด์ พอร์มาไมด์ และกลีเซอรอลอ่อน การละลายของเพคตินจะลดลงเมื่อ degree of polymerization เพิ่มขึ้น

4. การกระจายตัวในน้ำ

เมื่อผสมเพคตินกับน้ำ เพคตินที่อยู่บริเวณรอบนอกจะดูดซับน้ำ เกิดการพองตัวขึ้นเหนียว คล้ายเจลหุ้มผงเพคตินแห้งบริเวณแกนกลางไว้ ทำให้เพคตินที่อยู่แกนกลางไม่เปียกน้ำ การทำให้เพคตินละลายเป็นสารละลายใสจะต้องปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นผสมความเร็วสูง

5. ประจุ

เนื่องจากโครงสร้างของเพคตินเป็นกรดโพลีคาร์บอกซิลิก ดังนั้นที่พีเอชเป็นกลางประจุของเพคตินจะมีประจุเป็นลบ ส่วนที่พีเอชเป็นกรดประจุจะเป็นศูนย์ การที่เพคตินมีประจุลบจึงทำให้เพคตินสามารถทำปฏิกิริยากับโพลีเมอร์ที่มีประจุบวก เช่น โปรตีนที่สภาวะพีเอชต่ำกว่า

2.3 วิธีการสกัดเพคติน

2.3.1 วิธีที่ใช้ในการสกัด

2.2.1.1 อ่างควบคุมอุณหภูมิ

การสกัดเพคตินด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ ธาตุวัตน์ ลากตันศุภผล และคณะ (2557) ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณเพคตินปลະคุณสมบัติของเพคตินจากเปลือกผลไม้ 8 ชนิด พบว่าเพคตินจากเปลือกมะนาวที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีปริมาณเพคตินสูงสุดคือ 6.54 ± 0.57 กรัมและจากการเปรียบเทียบปริมาณเมทอกซิล เพคตินจากเปลือกมะนาวที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีปริมาณเมทอกซิลคือ $11.38 \pm 0.47\%$ ปัญหาพิเศษนี้จึงได้ใช้วิธีการสกัดเดียวกันนี้ในการสกัดเพคตินจากกากองุ่น และทำการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆของเพคติน โดยทำการสืบค้นรายงานวิจัยเกี่ยวกับการสกัดเพคติน เพื่อเป็นข้อมูลในการทดลองที่ได้มาใช้ในการอ้างอิงการทดลองสำหรับปัญหาพิเศษ

2.2.1.2 อัลตราโซนิก

การสกัดเพคตินด้วยวิธีอัลตราโซนิกโดยใช้กรดซิตริกช่วยในการสกัด Minjares - Fuentes และคณะ (2014) ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณเพคติน น้ำหนักมวลโมเลกุล และปริมาณระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (DE) จากกากองุ่นโดยทำการสกัดที่อุณหภูมิ 35, 55 และ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20, 40 และ 60 นาที pH 1, 1.5 และ 2 พบว่าปริมาณผลผลิตเพคตินสูงสุดเมื่ออุณหภูมิที่ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้สารละลายกรดซิตริก pH2 จากการศึกษาทำให้เห็นว่าการสกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิกสามารถเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับการสกัดเพคตินโดยใช้กรดซิตริกสกัดเพคตินจากกากองุ่น

2.2.1.3 ความร้อนสูง

การศึกษาเรื่องของเพคตินที่สกัดจากวิธีความร้อนสูงยังมีอยู่น้อย แต่มีรายงานวิจัยของสุนันท์ วิทิตสิริ (2557) ที่ทำการสกัดเพคตินด้วยความดันไอสูงที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที สามารถสกัดเพคตินจากซังขนุนหนึ่งได้ 24.63% เมื่อทำการตรวจสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของเพคตินที่สกัดได้ โดยใช้ความดันไอสูงที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณความชื้นเท่ากับ 7.25% มีปริมาณเถ้า 3.85% น้ำหนักสมมูล 738.00 ปริมาณเมทอกซิล 7.62% ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน 57.77% ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก 319.61 มิลลิกรัม หรือ 85.67% ซึ่งมีค่าแตกต่างกับเพคตินทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน ปัญหาพิเศษนี้จึงได้ทดลองใช้วิธีเดียวกันนี้ในการสกัดเพคตินจากกากองุ่น และทำการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆของเพคติน โดยทำการสืบค้นรายงานวิจัยเกี่ยวกับการสกัดเพคติน เพื่อเป็นข้อมูลในการทดลองที่ได้มาใช้ในการอ้างอิงการทดลองสำหรับปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนาวรรณ สุขเกษม (2556) ทำการศึกษาสภาวะการสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลีจากภูทับเบิก โดยทำการสกัดเพคตินด้วยกรด 2 ชนิด ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก และกรดไนตริก ความเข้มข้น 1 นอร์มอล อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 3 ระดับ คือ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการ สกัด 3 ระยะ คือ 30 60 และ 100 องศาเซลเซียส พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิ 90 เป็นเวลา 90 นาที มีปริมาณเพคติน 0.79 กรัม ต่อกะหล่ำปลี 5 กรัม หรือประมาณร้อยละ 15.8 นำเพคตินที่สกัดได้ไป วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี พบว่าสารสกัดเพคตินที่สกัดได้ดีที่สุด คือ เพคตินที่สกัดด้วย กรดไนตริก (HNO₃) เข้มข้น 1 นอร์มอล ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที จะมีลักษณะเป็น ของแข็งสีขาวขุ่น ละลายน้ำได้ดี และเกิดเจลได้เมื่อนำไปละลายน้ำ และจะมีปริมาณร้อยละผลผลิตที่ได้, ร้อยละความชื้น , ปริมาณเมทอกซิล , น้ำหนักสมมูล , เปอร์เซ็นต์ DE และมีลิกกรัมของกรดกาแลกทูโรนิก (%) มีค่าเท่ากับ 0.70 ± 0.14 – 12.00 ± 0.57 , 1.17 ± 0.23 – 20.00 ± 0.95 , 4.12 ± 0.02 – 7.44 ± 0.02 , 432.03 ± 0.43 – 900.36 ± 1.87 , 51.89 ± 0.03 – 53.33 ± 0.07 , 463.74 ± 1.48 – 794.19 ± 0.74 ตามลำดับ

สุธิดา ทองคำ และพูนศิริ ทิพย์เนตร (2555) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากจาว ตาล และสมบัติของเพคตินที่สกัดได้ จากการศึกษาพบว่าสามารถสกัดเพคตินได้มากที่สุดร้อยละ 14.25 โดยน้ำหนัก ที่ค่าพีเอช 2 อัตราส่วนระหว่างจาวตาลและน้ำ 1 : 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาที่ใช้ในการ สกัด 40 นาที และที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เมื่อนำเพคตินที่สกัดไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและ ทางเคมี พบว่ามีความชื้นและเถ้า 12.13 และ 1.31% โดยน้ำหนักตามลำดับน้ำหนักสมมูล 845.11 ปริมาณหมู่เมทอกซิล 1.74% ปริมาณกรดพอลิกลาแลคทูโรนิก 10.87% และระดับการเกิด เอสเทอร์ฟิเคชัน 27.90% และการสกัดด้วยไมโครเวฟให้ปริมาณผลผลิตเพคตินสูงถึง 23%

พันธุ์เลิศ พรหมสาขา (2554) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากใบเครือหมาน้อยที่ นำมาใช้ในการเปรียบเทียบ 3 ชนิด ได้แก่ ใบสด ใบที่อบแห้งโดยการตากแดด และใบที่อบแห้งโดยใช้ตู้อบ ลมร้อน และได้ทำการศึกษหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด โดยปัจจัยที่ทำการศึกษามี 3 ปัจจัยได้แก่ อุณหภูมิ (30-90 องศาเซลเซียส) เวลา (30-90 นาที) และ pH (2-8) สภาวะที่เหมาะสมพิจารณาจาก ปริมาณและคุณภาพของเพคตินที่สกัดได้ สภาวะที่ได้ คือ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 68-75 องศาเซลเซียส และ pH อยู่ในช่วง 2.0-2.8 ที่เวลา 42 นาที ได้ผลผลิตเพคติน ปริมาณกรดกาแลกทูโรนิก ปริมาณเมทอกซิล และ ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (DE) ร้อยละ 35.32-42.21, 67.04-76.83, 2.62-3.28, 28.00-29.97 ตามลำดับ

ณัฐนรี ไยเทศ และพรรษา เศษบุปผา (2558) ศึกษาวิธีการสกัดเพคตินโดยไม่ปรับอุณหภูมิและพี เอชในการสกัด อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ อุณหภูมิห้อง 80, 95 และ 120 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ คุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน และ ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก) ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถสกัดเพคตินจากเนื้อลูกตาลสุกได้ด้วยน้ำ โดยไม่ปรับพีเอชที่อุณหภูมิห้อง โดยได้เพคตินที่มีคุณสมบัติไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชินานาฏ สิทธิดลกรัตน และสมัชญ์ ทวีเกษมสมบัติ (2555) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากผักและผลไม้ คือ แอปเปิ้ล ส้มโอ มะนาว และกล้วย พบว่าเมื่อเปรียบเทียบลักษณะของเพคตินที่ได้จากเปลือกส้มโอมีลักษณะทางกายภาพที่ดี สีขาว และมีร้อยละผลผลิตที่ค่อนข้างสูง พบว่าปริมาณเพคตินที่สกัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด และมีปริมาณผลผลิตของเพคตินสูงสุดเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเท่ากับ 80 และ 90 องศาเซลเซียส ได้ผลที่ใกล้เคียงกัน และได้ทำการศึกษาชนิดของกรดที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกัน ดังนี้ คือ กรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริก และกรดอะซิติก เข้มข้น 1.0 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัด 24 ชั่วโมง พบว่าปริมาณเพคตินที่สกัดได้มีค่าสูงสุดเมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริก

Vriesman และคณะ (2012) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกโกโก้ด้วยกรดซิตริก โดยสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดคือ อุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที และพีเอช 3 มีปริมาณเพคติน 10.1% ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (DE) 40.3% และ DA 15.9% โดยเพคตินมีลักษณะที่เกิดเจลได้ภายใต้พีเอชต่ำเนื่องจากเป็นเพคตินที่มีเมทอกซิลต่ำ (low methoxyl pectin) ซึ่งเป็นเพคตินที่มีระดับของเมทิลเอสเทอร์ฟิเคชันน้อยกว่า 50%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

กากอู่น จากการ

3.1.2 สารเคมี

กรดซิตริก

กรดไฮโดรคลอริก (HCL)

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

เอซิลแอลกอฮอล์ 95%

น้ำกลั่น

ฟีนอล์ฟทาลิน

คาร์บาซอล

กรดกาแลคทูโรนิก

กรดซัลฟิวริก

3.2 อุปกรณ์

อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer

เครื่องวัด pH

เครื่อง Hammer mill

ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

หม้อนึ่งความร้อน

เตาเผา

โถดูดความชื้น (Desiccator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

ถ้วยครุซีเบล

บีกเกอร์ ขนาด 1000 มิลลิลิตร

ขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ปิเปต ขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร

แท่งแก้ว

ผ้าขาวบาง

กระดาษกรอง #1

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

กากองุ่นที่ได้เป็นกากองุ่นที่ผ่านการสกัดมาและอบแห้ง จึงนำมาคัดเอาเมล็ดออกให้เหลือเพียงเปลือกและเนื้อองุ่น และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำกากองุ่นที่อบแห้งแล้วมาบดด้วยเครื่องHammer mill

3.3.2 วิธีการสกัดด้วยวิธีอ่างควบคุมอุณหภูมิ

ซึ่งผงกากองุ่นและเติมกรดซิตริก (pH2) อัตราส่วน 1:5 w/v นำไปสกัดที่อ่างควบคุมอุณหภูมิ 55 และ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 , 90 และ 120 นาที นำมากรองผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น ตามด้วยกระดาษกรอง #1และนำไประเหยให้ปริมาตรลดลง 1 เท่าตัว ทำให้เย็นที่ 4 องศาเซลเซียสและตกตะกอนด้วยเอทานอล 95% อัตราส่วน 1:1 v/v เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน นำมากรองผ่านผ้าขาวบาง 4 ชั้น เพื่อแยกตะกอนเพคตินออก ล้างตะกอนเพคตินที่ได้ด้วยอะซิโตนและเอทานอล 95% นำตะกอนเพคตินที่ได้อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

3.3.3 วิธีการสกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิค

ซึ่งผงกากองุ่นและเติมกรดซิตริก (pH2) อัตราส่วน 1:5 w/v นำไปสกัดที่อ่างอัลตราโซนิค 55 และ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 , 90 และ 120 นาที นำมากรองผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้นตามด้วยกระดาษกรอง #1และนำไประเหยให้ปริมาตรลดลง 1 เท่าตัว ทำให้เย็นที่ 4 องศาเซลเซียสและตกตะกอนด้วยเอทานอล 95% อัตราส่วน 1:1 v/v เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน นำมากรองผ่านผ้าขาวบาง 4 ชั้น เพื่อแยกตะกอนเพคตินออก ล้างตะกอนเพคตินที่ได้ด้วยอะซิโตนและเอทานอล 95% นำตะกอนเพคตินที่ได้อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

3.3.4 วิธีการสกัดด้วยวิธีหม้อนึ่งความดัน

ซึ่งผงกากองุ่นและเติมกรดซิตริก (pH2) อัตราส่วน 1:5 w/v นำไปสกัดที่หม้อนึ่งความดัน 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 , 90 และ 120 นาที นำมากรองผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้นตามด้วยกระดาษกรองเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#1และนำไปประเหยให้ปริมาตรลดลง 1 เท่าตัว ทำให้เย็นที่ 4 องศาเซลเซียสและตกตะกอนด้วยเอธานอล 95% อัตราส่วน 1:1 v/v เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน นำมากรองผ่านผ้าขาวบาง 4 ชั้น เพื่อแยกตะกอนเพคตินออก ล้างตะกอนเพคตินที่ได้ด้วยอะซิโตนและเอธานอล 95% นำตะกอนเพคตินที่ได้อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

3.3.5 การวิเคราะห์หาคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้

3.3.5.1 ปริมาณผลผลิตเพคติน

นำปริมาณของเพคตินที่ได้จากการสกัดทั้ง 3 วิธี ในข้อ 3.3.2 ,3.3.3 และ 3.3.4 มาคำนวณหาปริมาณผลผลิตที่ได้ (%Yield) โดยใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{ปริมาณผลผลิตเพคตินที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักเพคตินจากกากองุ่นที่ผลิตได้}}{\text{น้ำหนักแห้งวัตถุดิบ}} \times 100$$

3.3.5.2 ปริมาณความชื้นของเพคติน

1. นำ Aluminium can อบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$ จนน้ำหนักคง
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัมด้วยตาชั่งละเอียดใส่ใน Aluminium can
3. นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 2 – 3 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่
4. ปิดฝาและทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
5. ชั่งน้ำหนัก
6. คำนวณหาปริมาณความชื้น รายละเอียดดูที่ภาคผนวก ค.1

3.3.5.3 ปริมาณเถ้าของเพคติน

- การหาปริมาณเถ้าของเพคตินใช้วิธีการของ AOAC (2000) โดยมีขั้นตอนดังนี้
1. เผลถ้วยกระเบื้องที่แห้งในเตาเผาที่ 550 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง และทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักและบันทึกน้ำหนัก
 2. ชั่งน้ำหนักที่บดแล้วประมาณ 3 กรัม ลงถ้วยกระเบื้อง
 3. เผลตัวอย่างบน hot plate (ทำในตู้ดูดควัน) จนกระทั่งหมดควัน
 4. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 3-4 ชั่วโมง จนตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาว
 5. นำถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผา ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก
 6. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์เถ้า รายละเอียดดูที่ภาคผนวก ค.2

3.3.5.4 ค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน

วิธีการวัดระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้วิธีของ Rangana (1977) มี

ขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ชั่งผงเพคตินใส่ขวดรูปชมพู่ 3 ขวด ขวดละ 0.5 กรัม
2. เติมน้ำเอทิลแอลกอฮอล์ลงขวดชมพู่ ขวดละ 2 มิลลิลิตร
3. ละลายด้วยน้ำปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ ขวดละ 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เท่ากัน หยดฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด
4. ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ บันทึกปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 1
5. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าทิ้งแรงๆไว้ 15 นาที
6. เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าจนสีชมพูจางหายไป
7. ฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ จนปรากฏสีชมพู บันทึกผลปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 2
8. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของ Degree of Esterification (%DE) รายละเอียดดูที่ภาคผนวก ค.3

3.3.5.5 ปริมาณกรดกาแลกทูโรนิก

การทำปริมาณกรดกาแลกทูโรนิกของเพคตินใช้วิธีการของ Rangana (1997) รายละเอียดดูที่ภาคผนวก ค.4

3.3.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Factorial in RCBD, Randomized complete block design) โดยเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากการสกัด ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน และปริมาณกรดกาแลกทูโรนิก ของเพคตินที่สกัดทั้ง 3 วิธี ใช้โปรแกรม SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

ในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินจากกากองุ่น โดยเปรียบเทียบ 3 วิธี คือ วิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 55 และ 75 องศาเซลเซียส (WB-55,75) วิธีการสกัดด้วยอัลตราโซนิก ที่อุณหภูมิ 55 และ 75 องศาเซลเซียส (ULT-55,75) และวิธีการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดัน ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส (HT) โดยใช้กากองุ่นที่บดเป็นผงผสมกรดซิตริก (pH 2.0) ในอัตราส่วน ผงกากองุ่น 1 กรัม ต่อกรดซิตริก 5 มิลลิลิตร ทำการสกัดเป็นเวลา 60 90 และ 120 นาที และทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคตินที่ได้จากกากองุ่น โดยหาปริมาณผลผลิตเพคตินที่สกัดได้ (Yield) ปริมาณความชื้น (Moisture content) ปริมาณเถ้า (Ash content) ค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (Degree of esterification) เพื่อจำแนกชนิดของเพคติน และปริมาณกรดกาแลกทูโรนิก (Galacturonic acid content) เพื่อบอกถึงความบริสุทธิ์ของเพคติน ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 เปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินจากกากองุ่น

การทดลองเปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินจากกากองุ่นทั้ง 3 วิธี ได้แก่ วิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 55 และ 75 องศาเซลเซียส วิธีการสกัดด้วยอัลตราโซนิก ที่อุณหภูมิ 55 และ 75 องศาเซลเซียส และวิธีหม้อนึ่งความดัน ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 90 และ 120 นาที โดยการสกัดทั้ง 3 วิธี ได้ปริมาณเพคตินอยู่ในช่วงร้อยละ 4.90 – 16.64 (ตารางที่ 4.1) โดยค่าผลผลิตเพคตินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าทั้งอุณหภูมิ เวลา และอิทธิพลร่วมส่งผลต่อค่าผลผลิตเพคตินที่ได้ สำหรับวิธีการสกัดที่ได้ผลผลิตเพคตินมากที่สุด คือ วิธีการสกัดด้วยหม้อนึ่งความดัน ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที ได้ปริมาณเพคตินร้อยละ 16.64

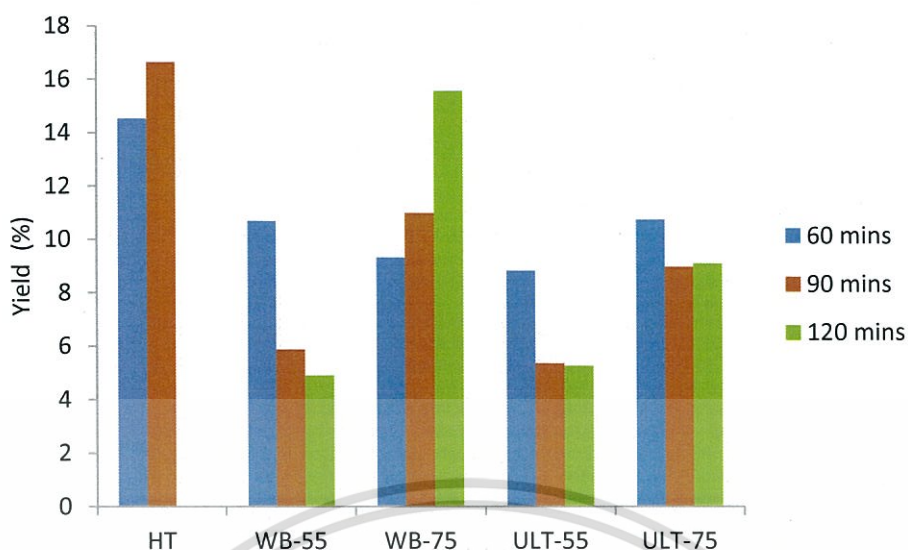
ตารางที่ 4.1 ผลของวิธีการสกัดที่มีผลต่อผลผลิตเพคติน

| Method | Time (minute) | | |
|--------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | 60 | 90 | 120 |
| HT | ^C 14.52±0.76 ^a | ^D 16.64±0.34 ^b | NA |
| WB-55 | ^B 10.68±0.39 ^b | ^A 5.87±0.66 ^a | ^A 4.90±0.39 ^a |
| WB-75 | ^{AB} 9.31±0.72 ^a | ^C 10.98±0.73 ^b | ^C 15.56±1.24 ^c |
| ULT-55 | ^A 8.82±0.80 ^b | ^A 5.36±0.46 ^a | ^A 5.26±1.08 ^a |
| ULT-75 | ^B 10.73±0.29 ^b | ^B 8.96±1.63 ^a | ^B 9.10±0.63 ^a |

หมายเหตุ A – D ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

a – c ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงค่าปริมาณผลผลิตเพคติน

4.2 คุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้จากกากองุ่น

การวิเคราะห์หาคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้จากกากองุ่นทั้ง 3 วิธี ได้ผลการทดลองดังนิตารานที่ 4.2 ผลของวิธีการสกัดที่มีผลต่อปริมาณความชื้น (Moisture content)

| Method | Time (minute) | | |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 60 | 90 | 120 |
| HT ^{NS} | A 0.82±0.11 | A 0.76±0.46 | A 0.73±0.06 |
| WB-55 ^{NS} | A 0.75±0.42 | AB 1.08±0.27 | AB 0.94±0.16 |
| WB-75 ^{NS} | AB 0.98±0.21 | AB 0.99±0.29 | AB 0.96±0.15 |
| ULT-55 | B 1.30±0.07 ^b | B 1.23±0.33 ^{ab} | AB 0.92±0.27 ^a |
| ULT-75 | A 0.92±0.07 ^{ab} | A 0.76±0.08 ^a | B 1.11±0.16 ^b |

หมายเหตุ A – B ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

a – b ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

NS ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลของวิธีการสกัดที่มีผลต่อปริมาณเถ้า (Ash content)

| Method | Time (minute) | | |
|------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | 60 ^{NS} | 90 | 120 |
| HT ^{NS} | 4.64±0.33 | ^A 4.41±0.27 | ^A 4.75±0.01 |
| WB-55 | 4.62±0.10 ^a | ^B 9.56±0.48 ^b | ^B 10.56±0.05 ^b |
| WB-75 | 6.68±0.03 ^{ab} | ^B 9.38±0.06 ^b | ^A 6.47±0.01 ^a |
| ULT-55 | 6.80±0.35 ^a | ^C 15.20±0.12 ^b | ^B 12.64±0.25 ^b |
| ULT-75 | 7.12±0.42 ^a | ^B 10.90±0.23 ^b | ^A 6.88±0.37 ^a |

หมายเหตุ A – C ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

a – b ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

NS ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.4 ผลของวิธีการสกัดที่มีผลต่อค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (Degree of esterification)

| Method | Time (minute) | | |
|--------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | 60 | 90 | 120 |
| HT | ^B 40.96±0.41 ^{ab} | ^{AB} 42.98±0.18 ^b | ^{BC} 35.17±0.35 ^a |
| WB-55 | ^C 53.91±0.43 ^c | ^A 35.04±0.48 ^b | ^A 8.78±0.22 ^a |
| WB-75 | ^B 41.37±0.14 ^a | ^B 56.34±0.38 ^b | ^{BC} 37.10±0.48 ^a |
| ULT-55 | ^{BC} 48.26±0.18 ^b | ^C 69.48±0.11 ^c | ^B 28.19±0.31 ^a |
| ULT-75 | ^A 15.62±0.19 ^a | ^{AB} 47.42±0.13 ^b | ^C 48.08±0.11 ^b |

หมายเหตุ A – C ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

a – c ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

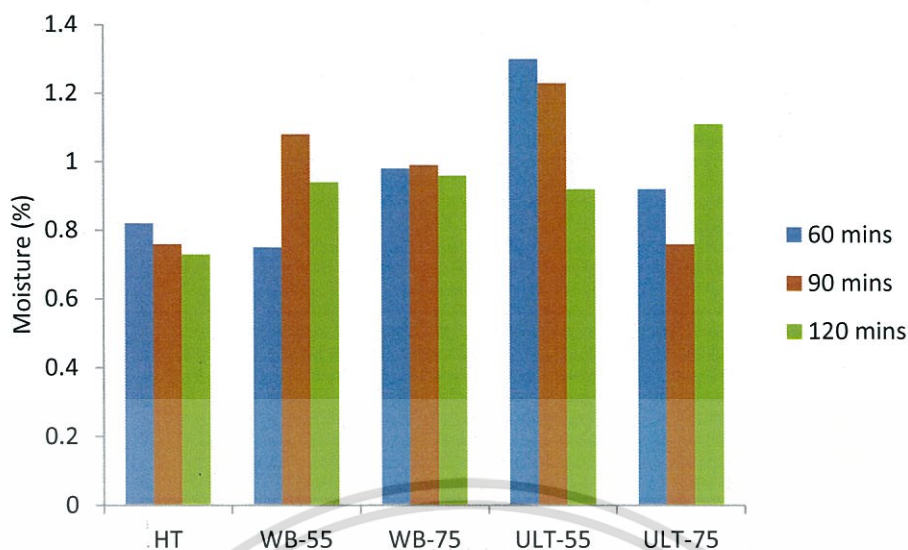
ตารางที่ 4.5 ผลของวิธีการสกัดที่มีผลต่อปริมาณกรดกาแลกทูโรนิก (Galacturonic acid content)

| Method | Time (minute) | | |
|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | 60 | 90 | 120 |
| HT | ^C 40.85±0.23 ^a | ^D 51.88±0.12 ^c | ^C 46.35±0.09 ^b |
| WB-55 | ^D 67.55±0.46 ^c | ^C 35.12±0.21 ^a | ^B 40.74±0.19 ^b |
| WB-75 | ^C 40.82±0.21 ^b | ^C 35.74±0.47 ^a | ^B 40.85±0.26 ^b |
| ULT-55 ^{NS} | ^A 29.66±0.24 | ^B 29.64±0.24 | ^A 29.63±0.15 |
| ULT-75 | ^B 32.44±0.25 ^c | ^A 18.70±0.45 ^a | ^A 29.64±0.37 ^b |

หมายเหตุ A – D ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

a – c ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

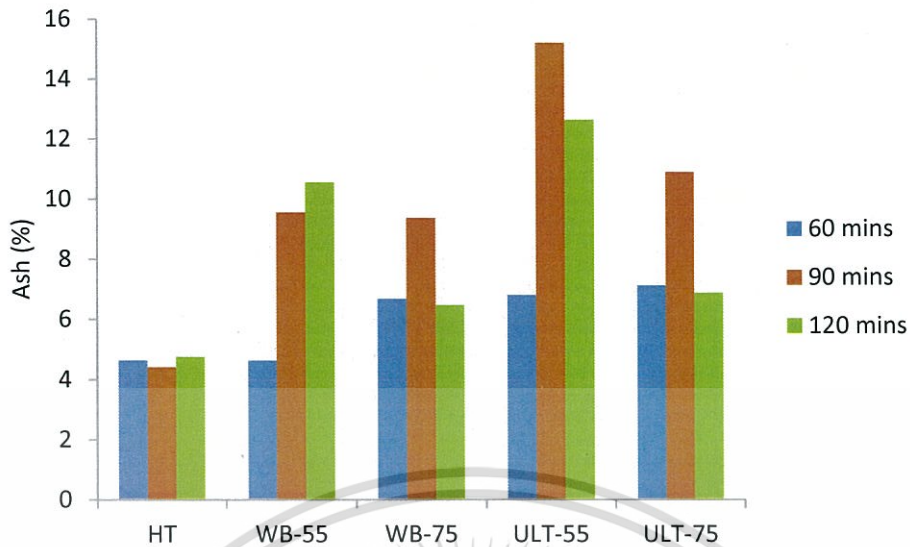
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงค่าปริมาณความชื้นจากวิธีการสกัดเพคติน

จากภาพที่ 4.2 แสดงปริมาณความชื้นจากวิธีการสกัดเพคตินจากกากองุ่นทั้ง 3 วิธี โดยวิธี หม้อนึ่ง ความดันได้ปริมาณความชื้นร้อยละ 0.82 0.76 และ 0.73 ตามลำดับ วิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณความชื้นร้อยละ 0.75 1.08 และ 0.94 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณความชื้นร้อยละ 0.98 0.99 และ 0.96 ตามลำดับ วิธีการสกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิก ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณความชื้นร้อยละ 1.30 1.23 และ 0.92 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณความชื้นร้อยละ 0.92 0.76 และ 1.11 ตามลำดับ ซึ่งจากการนำไปวิเคราะห์ ตาราง ANOVA จะได้ว่าวิธีการสกัดเพคตินจากกากองุ่นทั้ง 3 วิธี ให้ปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

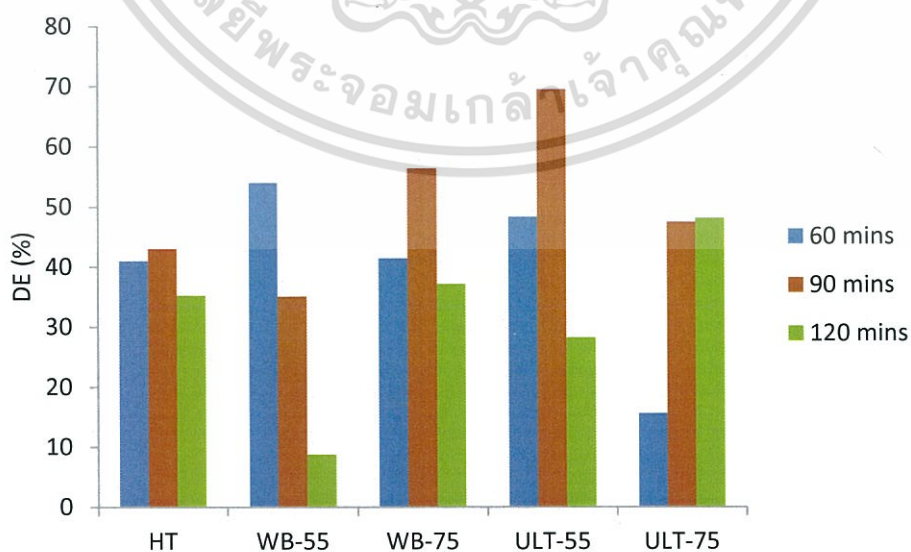
การหาปริมาณความชื้น (Moisture content) การหาปริมาณความชื้นของเพคตินที่สกัดได้มีผลต่อคุณภาพของเพคติน ถ้ามีความชื้นมากจะทำให้เพคตินที่สกัดได้มีคุณภาพลดลง ทำให้มีลักษณะจับตัวเป็นก้อน และก่อให้เกิดเชื้อราและเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ได้ (ชนาวรรณ สุขเกษม, 2557)



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงค่าปริมาณเถ้าจากวิธีการสกัดเพคติน

จากภาพที่ 4.3 แสดงปริมาณเถ้าจากวิธีการสกัดเพคตินจากกากองุ่นทั้ง 3 วิธี โดยวิธี หม้อนึ่งความดันได้ปริมาณเถ้าร้อยละ 4.64 4.41 และ 4.75 ตามลำดับ วิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณเถ้าร้อยละ 4.62 9.56 และ 10.56 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณเถ้าร้อยละ 6.68 9.38 และ 6.47 ตามลำดับ วิธีการสกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิก ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณเถ้าร้อยละ 6.80 15.20 และ 12.64 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณเถ้าร้อยละ 7.12 10.90 และ 6.88 ตามลำดับ ซึ่งจากการนำไปวิเคราะห์ตาราง ANOVA จะได้ว่าวิธีการสกัดเพคตินจากกากองุ่นทั้ง 3 วิธี ให้ปริมาณเถ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ปริมาณเถ้าที่สำนักคณะกรรมการอาหารและยา กำหนดไว้เป็นมาตรฐานต้องไม่มากกว่า 10% และปริมาณเถ้าของเพคตินที่ต่ำกว่า 10% จะให้เกิดเจลและมีคุณภาพเจลที่ดี (ศิวเทพ เรื่องพรม, 2557)

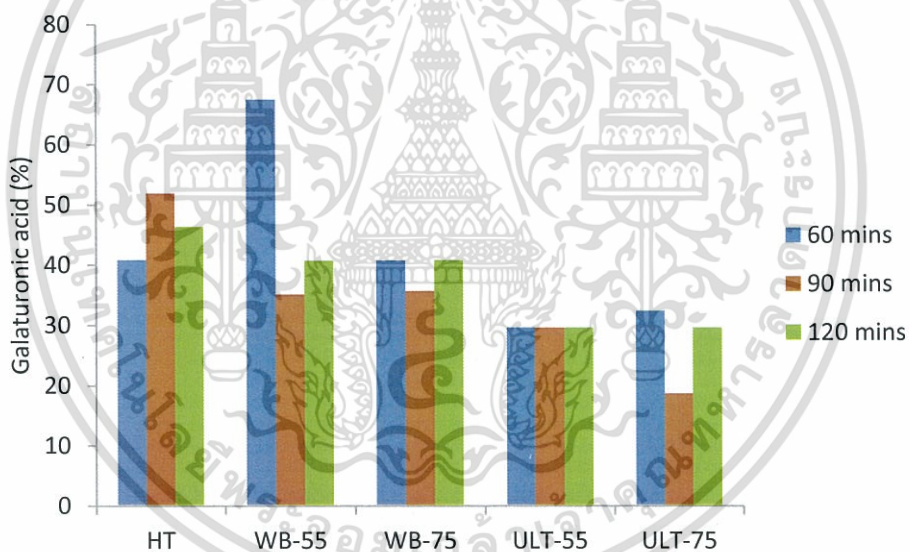


ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันจากวิธีการสกัดเพคติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.4 แสดงค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันจากวิธีการสกัดเพคตินจากกากองุ่นทั้ง 3 วิธี โดยวิธี หม้อนึ่งความดันได้ค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันร้อยละ 40.96 42.98 และ 35.17 ตามลำดับ วิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ได้ค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันร้อยละ 53.91 35.04 และ 8.78 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ได้ค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันร้อยละ 41.37 56.34 และ 37.10 ตามลำดับ วิธีการสกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิก ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ได้ค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันร้อยละ 48.26 69.48 และ 28.19 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ได้ค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันร้อยละ 15.62 47.42 และ 48.08 ตามลำดับ ซึ่งจากการนำไปวิเคราะห์ตาราง ANOVA จะได้ว่าวิธีการสกัดเพคตินจากกากองุ่นทั้ง 3 วิธี ให้ปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ระดับของเอสเทอร์ฟิเคชันมีผลต่อความหนืดของเพคติน เพคตินที่มีเอสเทอร์สูงจะมีความหนืดคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามความเป็นกรด - ด่าง ระดับของเอสเทอร์ฟิเคชันของเพคตินยังมีผลต่อการเกิดเจลด้วย ถ้าเพคตินที่มีระดับของเอสเทอร์ฟิเคชัน ร้อยละ 60 - 70 จะเกิดเจลเร็ว และเกิดวุ้นที่อุณหภูมิสูงเรียกว่า rapid set เพคตินที่มีระดับของเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างร้อยละ 30- 48 เรียกว่า slow set ซึ่งจะเกิดเจลได้ก็ต่อเมื่อมีไอออนของโลหะด้วย เช่น แคลเซียมไอออน (ธนาวรรณ สุขเกษม, 2557)



ภาพที่ 4.5 ภาพแสดงค่าปริมาณกรดกาแลกทูโรนิกจากวิธีการสกัดเพคติน

จากภาพที่ 4.5 แสดงปริมาณกรดกาแลกทูโรนิกจากวิธีการสกัดเพคตินจากกากองุ่นทั้ง 3 วิธี โดยวิธี หม้อนึ่งความดันได้ปริมาณกรดกาแลกทูโรนิกร้อยละ 40.85 51.88 และ 46.35 ตามลำดับ วิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณกรดกาแลกทูโรนิกร้อยละ 67.55 35.12 และ 40.74 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณกรดกาแลกทูโรนิกร้อยละ 40.82 35.74 และ 40.85 ตามลำดับ วิธีการสกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิก ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณกรดกาแลกทูโรนิกร้อยละ 29.66 29.64 และ 29.63 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณกรดกาแลกทูโรนิกร้อยละ 32.44 18.70 และ 29.64 ตามลำดับ ซึ่งจากการนำไปวิเคราะห์ตาราง ANOVA จะได้ว่าวิธีการสกัดเพคตินจากกากองุ่นทั้ง 3 วิธี ให้ปริมาณกรดกาแลกทูโรนิกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองทำการสกัดเพคตินด้วยการใช้กรดซิตริก (pH 2.0) ได้ทดลองเปรียบเทียบวิธีสกัด 3 วิธี คือ วิธีที่หนึ่ง วิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 55 และ 75 องศาเซลเซียส วิธีที่สองใช้เครื่องอัลตราโซนิก ที่อุณหภูมิ 55 และ 75 องศาเซลเซียส และวิธีที่สามใช้หม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส โดยทั้งสามวิธีใช้เวลาในการสกัด 60 90 และ 120 นาที สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 ปริมาณผลผลิตเพคติน (Yield) อยู่ในช่วงร้อยละ 4.90 – 16.64 พบว่าวิธีที่สามใช้หม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นวิธีที่ให้ผลผลิตเพคตินสูงสุด เท่ากับ 16.64 แสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ และ อัลตราโซนิก ได้ปริมาณเพคตินแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ปริมาณผลผลิตของเพคตินจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับวิธีการสกัด เวลาที่ใช้สกัด และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัด (Minjares-Fuentes et al.,2014)

5.1.2 ปริมาณความชื้น (Moisture content) อยู่ในช่วงร้อยละ 0.73 – 1.30 เมื่อพิจารณางานวิจัยอื่นๆพบว่าปริมาณความชื้นสูง ปริมาณความชื้นร้อยละ 7.79 (ชานิกฤษ์ สิทธิติลกรัตน์ และคณะ, 2548) และปริมาณความชื้นร้อยละ 20.00 (ชนาวรรณ สุขเกษม, 2557)

5.1.3 ปริมาณเถ้า (Ash content) อยู่ในช่วงร้อยละ 4.41 – 15.20 ปริมาณเถ้าของเพคตินที่ต่ำกว่า 10% จะให้เกิดเจลและมีคุณภาพเจลที่ดี (คิวเทพ เรื่องพรหม, 2557)

5.1.4 ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (Degree of esterification) อยู่ในช่วงร้อยละ 8.78 – 69.48 ค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันส่วนใหญ่ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ แต่วิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส และ วิธีการสกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิก ที่อุณหภูมิ 55 องศา ใช้เวลาสกัด 90 นาที มีระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

5.1.5 ปริมาณกรดกาแลกทูโรนิก (Galacturonic acid content) อยู่ในช่วงร้อยละ 18.70 – 67.55 ปริมาณกรดกาแลกทูโรนิกบ่งบอกถึงปริมาณสารประกอบเพคตินที่มีอยู่ในตัวอย่างสารสกัดออกมาได้ ซึ่งค่าปริมาณกรดกาแลกทูโรนิกมากแสดงว่าตัวอย่างที่สกัดออกมาได้มีความบริสุทธิ์ (ณัฐนรี โยเทศ และพรรษา เศษบุปผา, 2558)

ดังนั้น การสกัดเพคตินจากกากองุ่นด้วยวิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ และ อัลตราโซนิก ที่อุณหภูมิ 55 และ 75 องศาเซลเซียส เป็นวิธีที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ซึ่งให้ปริมาณผลผลิตเพคติน และคุณสมบัติในด้านปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่วิธีการสกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิก นั้นมีค่าระดับเกิดการเอสเทอร์ฟิเคชันมากกว่า และวิธีการสกัดด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ ให้ปริมาณกรดกาแลกทูโรนิกมากกว่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 กากองุ่นที่เป็นวัตถุดิบนั้นถูกคั้นน้ำออกแล้วจึงอบแห้งพร้อมเมล็ดและก้าน จึงทำให้เนื้อกากองุ่นนั้นมีปริมาณของน้ำมันจากเมล็ดองุ่นที่ซึมออกมาอยู่มาก ส่งผลให้เพคตินนั้นมีปริมาณความชื้นอยู่มาก และใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่าปกติ แม้จะนำเมล็ดออกจากกากทั้งหมดก่อนนำไปสกัดแล้วก็ตาม

5.2.2 การอบแห้งเพคตินที่สกัดได้ต้องใช้เวลานานขึ้น เนื่องจากน้ำมันที่ปนเปื้อนจากวัตถุดิบ และเพื่อลดปริมาณความชื้น ซึ่งส่งผลต่อการเก็บรักษาเพคติน เพคตินที่มีความชื้นต่ำสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเพคตินที่เกิดจากเอนไซม์เพคติเนส (ณัฐนรี ไยเทศ และพรรษา เศษบุปผา, 2558)

5.2.3 การทดลองนี้ไม่ได้วิเคราะห์ค่าสี แต่ผลเพคตินที่สกัดได้ทั้ง 3 วิธี มีสีที่แตกต่างกัน ถ้าต้องการปรับปรุงคุณภาพสี ควรล้างตะกอนเพคตินด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ สลับกับ อะซิโตน 3 – 5 ครั้ง เป็นการช่วยลดสีที่มีในเพคตินที่สกัดได้ แต่อะซิโตนเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีกลิ่น และไอระเหยรุนแรง ซึ่งเป็นอันตรายต่อเยื่อต่างๆในร่างกาย จึงควรที่จะต้องมีการป้องกันและมีความระมัดระวังในการใช้

5.2.4 ค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันสามารถบอกถึงชนิดของเพคตินที่ได้จากการสกัด จากการทดลองพบว่าเพคตินที่สกัดจากกากองุ่นเป็นแบบ Low methoxyl pectin ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Minjares - Fuentes และคณะ (2014) ซึ่งชนิดของเพคตินที่สกัดได้เป็นแบบ High methoxyl pectin เนื่องจากขณะเก็บรักษาเพคตินที่ได้จากการสกัดนั้นมีความชื้นสูง ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของเพคติน

5.2.5 การทดลองนี้ไม่ได้วิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุดิบ จึงไม่สามารถสรุปผลได้ว่า ในวัตถุดิบมีปริมาณคุณสมบัติต่างๆอย่างไร

บรรณานุกรม

- จันจิรา คล้ายแย้ม และสิริรัตน์ สมณาศรี. 2557. การเปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินจากเนื้อลูกตาลสุก สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ชวนิษฐ์ สิทธิดิถีรัตน์ พิลานี ไวถนอมสัณฑ์ จิราพร เชื้อกุล และปรีศนา สิริอาษา. 2548. การผลิตเพคติน จากเปลือกและกากผลส้มเหลืองทิ้ง. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและ อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชินานาฏ สิทธิดิถีรัตน์ และสมัชชัญ ทวีเกษมสมบัติ. 2555. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคติน จากวัสดุทางการเกษตร. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- ณัฐนรี ไยเทศ และพรธชา เศษบุบผา. 2558. การสกัดเพคตินจากเนื้อลูกตาลสุกด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอช. สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ธานูวัฒน์ ลาภตันศุภผล ปฎิมา ทองขวัญ และศิริลักษณ์ สรงพรหมทิพย์. 2556. การสกัดเพคตินจากเปลือก ผัก และผลไม้. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(2)(พิเศษ): 433-436.
- ธนาวรรณ สุขเกษม. 2556. การสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลี (*Brassica oleracea L. var. capitata L.*) ภูทับเบิก ตำบลวังบาล อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์. สาขาวิชาชีววิทยา. คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- นิธिया รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรม เกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปรียา สุขเกษม. 2549. การสกัดและคุณสมบัติของเพคตินจากเปลือกเสาวรส. โครงการวิจัยคณะ อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ปาริฉัตร หยวกแพง นฤมล เผือกขาว และ อรนาถ สุนทรวัฒน์. 2550. การหา degree of methyl esterification ของเพคตินจากเปลือกแก้วมังกร. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 38 ฉบับที่ 5 (พิเศษ) กันยายน - ตุลาคม 2550. ภาควิชาเคมี. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- พันธุ์เลิศ พรหมสาขา ณ สกลนคร. 2554. การพัฒนากระบวนการผลิตเพคตินจากในเครือหมาน้อยและการ ประยุกต์ในผลิตภัณฑ์อาหาร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิเชษฐ เทบ่ารุ่ง. 2546. การหาปริมาณและคุณภาพของเพคตินจากใบเครือหมาน้อย. วิทยานิพนธ์ วท.บ. มหาสารคาม, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานพนธ์. 2556. Pectin / เพกทิน.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก:
<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0430/pectin>. 20 ธันวาคม 2556.
- พวงทอง ใจสันต์ จิตรา กลิ่นหอม และอัจฉรา เทียมภักดี. 2541. การทดสอบการใช้เพกตินที่สกัดได้จากเปลือกเสาวรส. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุธิดา ทองคำ และพูนศิริ ทิพย์เนตร. 2555. การสกัดเพกตินจากจาวตาล. สาขาวิชาเคมี. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.
- สุนันท์ วิทิตสิริ. 2557. การเปรียบเทียบปริมาณเพกตินจากซังขุ่นหนึ่งจำปากรอบโดยการสกัดด้วยน้ำร้อนและความดันไอสูง. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2557.
- สรารัตน์ เพิ่มจิตรและสสิพร คงเจริญวิดี. 2557. การสกัดและคุณสมบัติของเพกตินจากมันแกว. สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ศิวะเทพ เรืองพรหม. 2557. คุณลักษณะและผลผลิตของเพกตินจากเปลือกตาลดิบที่ใช้เอซิลแอลกอฮอล์นำกลับมาใช้. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- องอาจ เด็ดดวง. 2553. การเปรียบเทียบเพกตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพกตินมาตรฐาน. สาขาวิชาเคมี. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17th ed. Association of official Analytical Chemists, Inc., Arlington
- González-Centeno, M. R., Rosselló, C., Simal, S., Garau, M. C., López, F., and Femenia, A. 2010. Physico-chemical properties of cell wall materials obtained from ten grape varieties and their byproducts: Grape pomaces and stems. LWT - Food Science and Technology 43: 1580-1586.
- González-Centeno, M. R., Jourdes M., Femenia, A., Simal, S., Rosselló, C. and Teissedre, P. 2012. Proanthocyanidin composition and antioxidant potential of the stem winemaking byproducts from 10 different grape varieties (*Vitis vinifera L.*). Journal of agricultural and food chemistry 60(48). 11850-11858.
- Kurita, O., Fujiwara, T. and Yamazaki, E. 2008. Characterization of the pectin extracted from citrus peel in the presence of citric acid. Carbohydrate Polymers 74: 725-730.
- Michael, W.D. 2000. Plant cell wall. [Online]. Available :
<http://micro.magnet.fsu.edu/cells/plants/cellwall.html>. 1 October 2000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

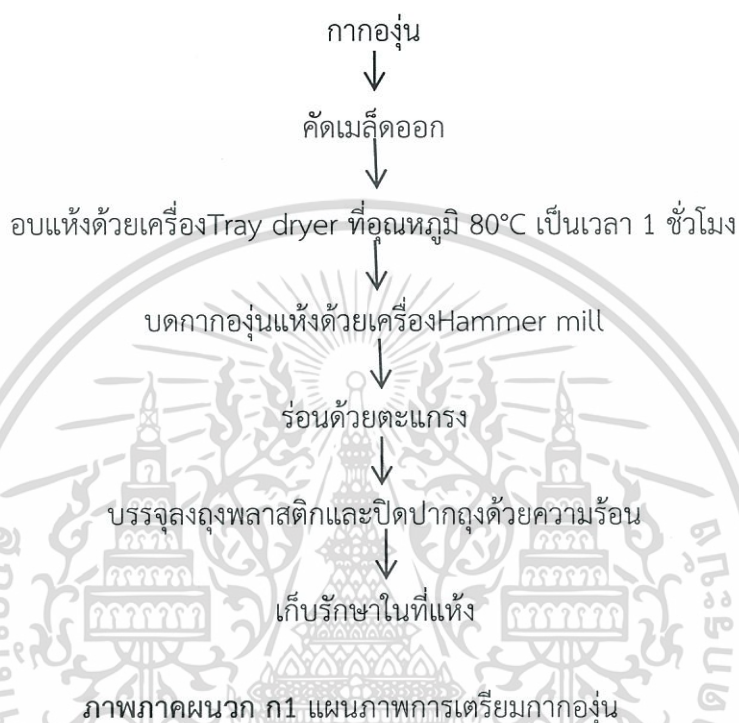
- Minjares-Fuentes, R., Femenia, A., Garau , M.C., Meza-Velázquez, J.A., Simal, S. and Rosselló, C. 2014. Ultrasound-assisted extraction of pectins from grape pomace using citric acid: A response surface methodology approach. *Carbohydrate Polymers* 106: 179-189.
- Rangana, S. 1977. *Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products*. 2nd ed. Newdelhi. Tata McGraw Hill Publish Co.
- Thakur, R., Singh, K. and Handa, K. 1997. Chemistry and Uses of Pectin. *Critical Review in FoodScience and Nutrition*. 37(1). 47-73.
- Vriesmann, L.C., Teófilo, R.F. and Petkowicz, C.L.O. 2012. Extraction and characterization of pectin from cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.) with citric acid. *LWT - Food Science and Technology* 49: 108-116.
- Yapo, B.M. 2008. Pectin quantily composition and physicochemical behavior as influenced by the purification process. *Food Research International*. 42 : 1197-1202.



ภาคผนวก ก

วิธีเตรียมวัตถุดิบ

ก.1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ



ภาคผนวก ข

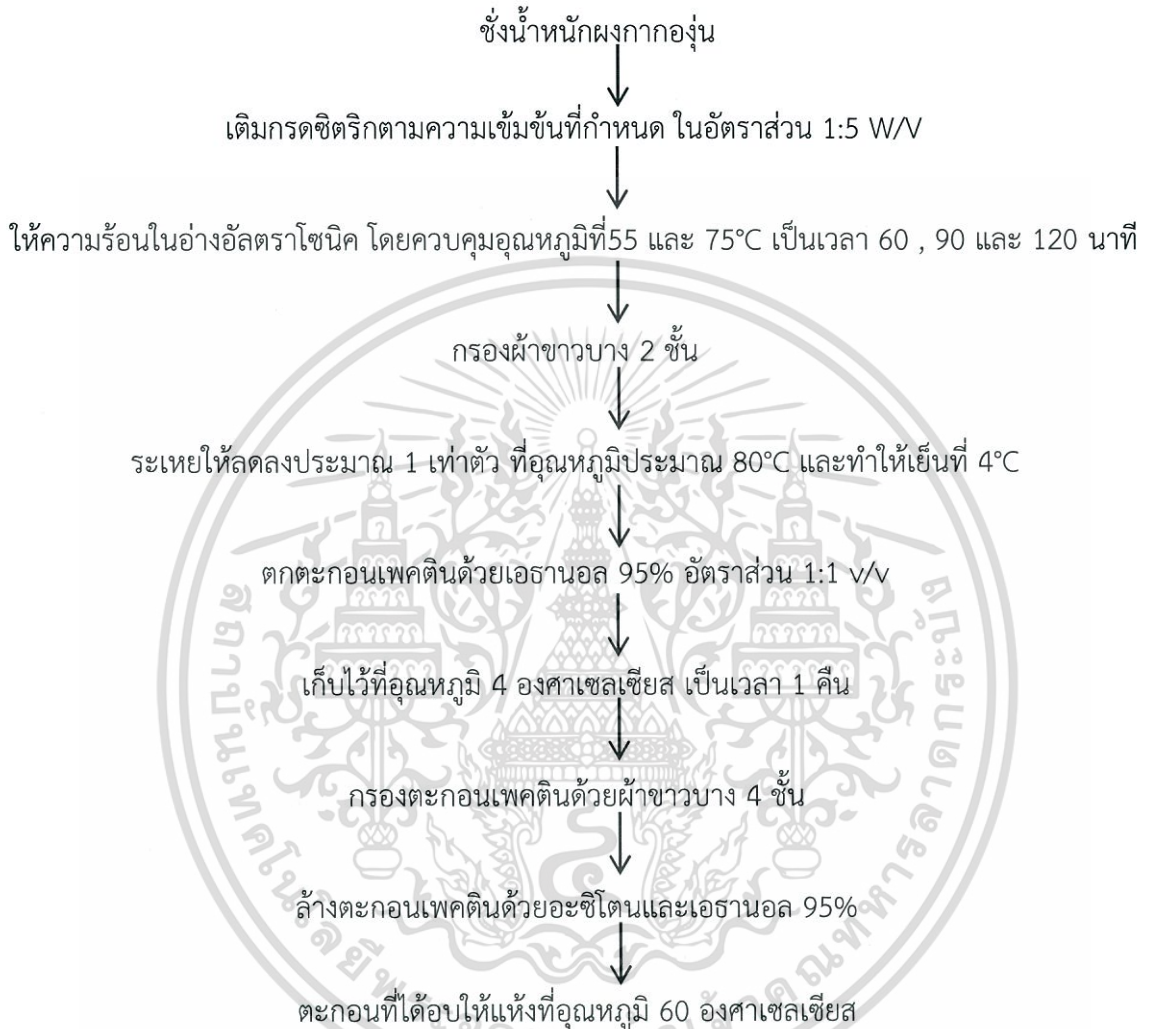
วิธีการสกัด

ข.1 วิธีการสกัดเพคตินด้วยกรดซิตริกโดยวิธีอ่างควบคุมอุณหภูมิ



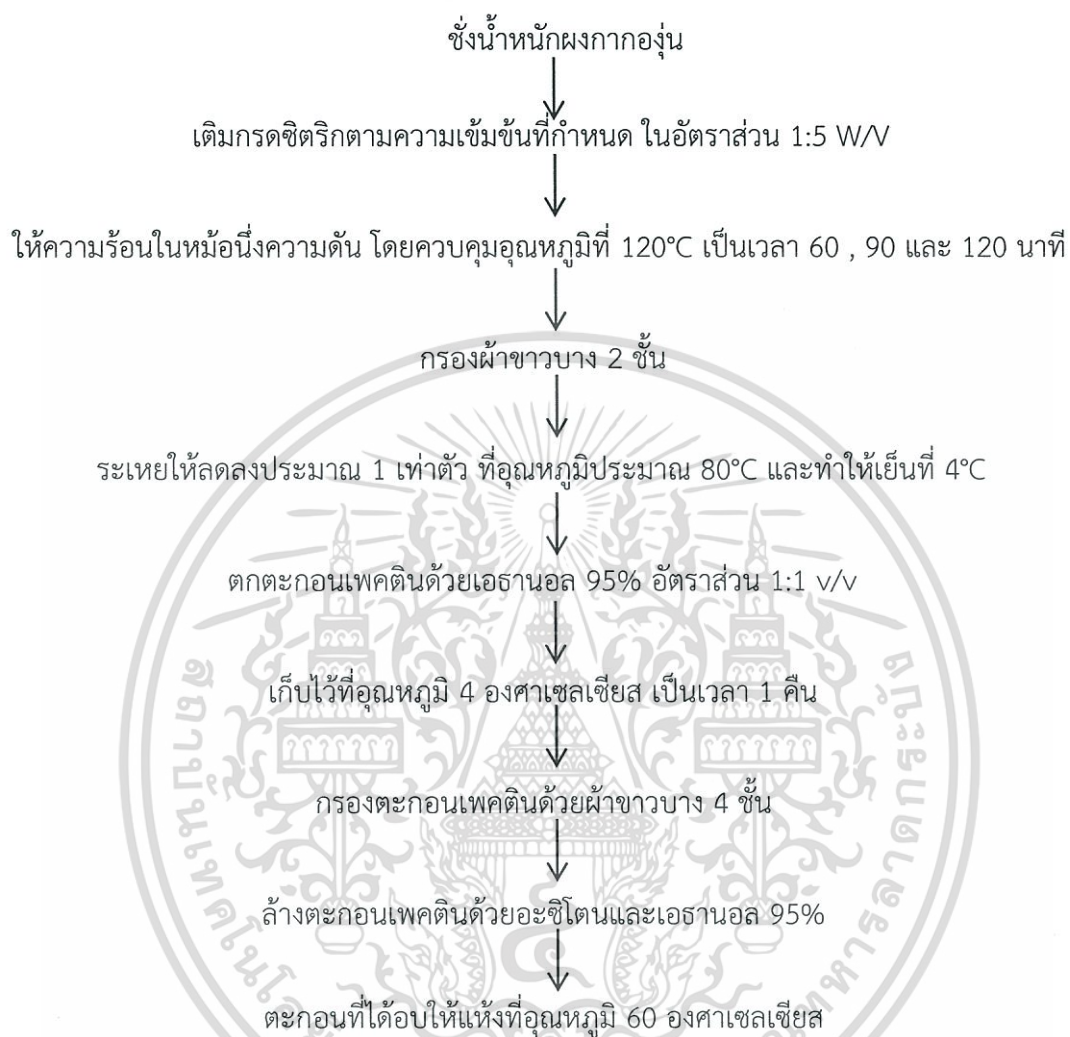
ภาพภาคผนวก ข1 แผนภาพวิธีการสกัดเพคตินด้วยกรดซิตริกโดยวิธีอ่างควบคุมอุณหภูมิ

ข.2 วิธีการสกัดเพคตินด้วยกรดซิตริกโดยวิธีอัลตราโซนิก



ภาพภาคผนวก ข2 แผนภาพวิธีการสกัดเพคตินด้วยกรดซิตริกโดยวิธีอัลตราโซนิก

ข.3 วิธีการสกัดเพคตินด้วยกรดซิตริกโดยวิธีหม้อนึ่งความดัน



ภาพภาคผนวก ข3 แผนภาพวิธีการสกัดเพคตินด้วยกรดซิตริกโดยวิธีหม้อนึ่งความดัน

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคติน

ค.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

วิธีวิเคราะห์

1. นำ Aluminum can ออบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$ จนน้ำหนักคงที่
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ด้วยตาชั่งละเอียดใส่ใน Aluminum can
3. นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่
4. ปิดฝาและทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
5. ชั่งน้ำหนัก
6. คำนวณหาปริมาณความชื้น

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

ค.2 วิเคราะห์ปริมาณเถ้าของเพคติน (AOAC, 2000)

วิธีวิเคราะห์

1. เผาถ้วยกระเบื้องที่แห้งในเตาเผาที่ 550 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง และทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักและบันทึกน้ำหนัก
2. ชั่งน้ำหนักที่บดแล้วประมาณ 3 กรัม ลงถ้วยกระเบื้อง
3. เผาตัวอย่างบน hot plate (ทำในตู้ดูดควัน) จนกระทั่งหมดควัน
4. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน $3-4$ ชั่วโมง จนตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสี

ขาว

5. นำถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผา ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก
6. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์เถ้า

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.3 วิเคราะห์ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน, DE (Rangana, 1997)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งผงเพคตินใส่ขวดรูปชมพู่ 3 ขวด ขวดละ 0.5 กรัม
2. เติมเอธิลแอลกอฮอล์ลงขวดชมพู่ ขวดละ 2 มิลลิลิตร
3. ละลายด้วยน้ำปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ ขวดละ 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เท่ากัน
หยุดฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด
4. ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ บันทึกปริมาตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 1
5. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าทั้ง
แรงๆไว้ 15 นาที
6. เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าจนสี
ชมพูจางหายไป
7. ฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์
จนปรากฏสีชมพู บันทึกผลปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 2
8. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของ Degree of Esterification (%DE)

$$\%DE = \frac{\text{ปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 2}}{\text{โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 1} + \text{โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 2}} \times 100$$

ค.3 การหาปริมาณเมทอกซิล

นำค่า%DEที่ได้ไปหาปริมาณเมทอกซิล โดยใช้ตารางภาคผนวก ค1 ความสัมพันธ์ระหว่างDegree of Esterification (DE) กับปริมาณเมทอกซิลในพศดิน

ตารางภาคผนวก ค1 ความสัมพันธ์ระหว่างDegree of Esterification (DE) กับปริมาณเมทอกซิลในพศดิน

| 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: พวงทองและคณะ 2541

ค.4 วิเคราะห์หาปริมาณกรดกาแลกทูโรนิก (Rangana, 1997)

วิธีวิเคราะห์

5.1 การทำกราฟมาตรฐาน

1. ชั่งน้ำหนักกรดกาแลกทูโรนิก 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. ใส่ลงในหลอดทดลอง 3 หลอดๆ ละ 2 มิลลิลิตร เมื่อปิเปตสารละลายจนครบทุกความเข้มข้นใส่ในหลอดทดลองจะได้ทั้งหมด 18 หลอด

5. เติมสารละลายคาร์บาซอลเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอด เขย่าให้เข้ากัน

6. เติมสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 12 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอด เขย่าให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ 25 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร แล้วสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าดูดกลืนแสง

5.2 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

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

2. ปิเปตสารละลายเพคตินจากข้อ 1. ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

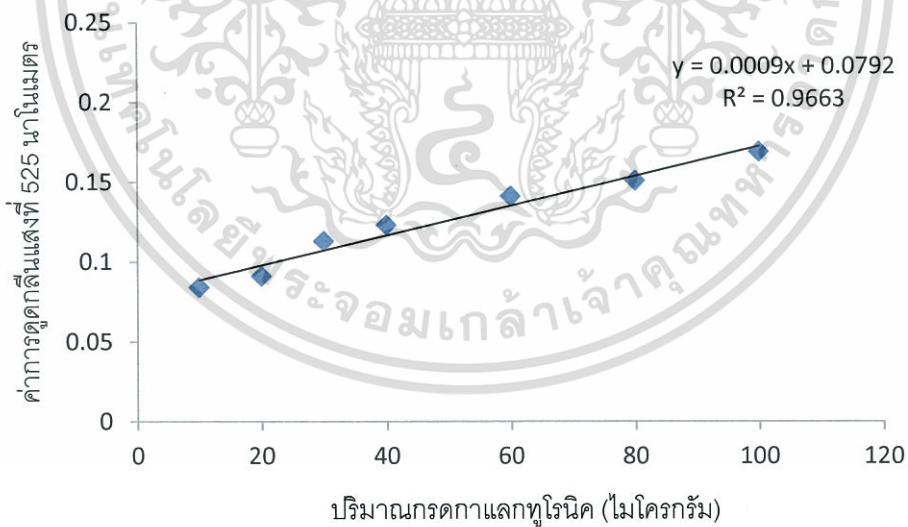
3. ปิเปตสารละลายเจือจางใส่ลงในหลอดทดลอง 3 หลอดๆ ละ 2 มิลลิลิตร

4. เติมสารละลายคาร์บาซอลเข้มข้นร้อยละ 0.1 ลงในหลอดทดลองหลอดละ 1 มิลลิลิตร

5. เติมสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาตร 12 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 25 นาที

6. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร แล้วนำไปหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกจากกราฟมาตรฐาน

7. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในหน่วยไมโครกรัม



ภาพภาคผนวก ค 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกและค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร

การคำนวณ

สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐาน $y = ax + b$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ y คือ ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

a คือ ค่าความชันของเส้นกราฟ

x คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานหลังจากหักลบ Blank

คำนวณค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่างเช่นเดียวกับสารละลายมาตรฐาน ทำให้ได้ค่า x นำไปแทนในสมการข้างต้น เพื่อคำนวณหารปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกที่มีอยู่ในตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ ซึ่งจำเป็นต้องนำมาคำนวณให้อยู่ในหน่วย มิลลิกรัมของตัวอย่างเริ่มต้น

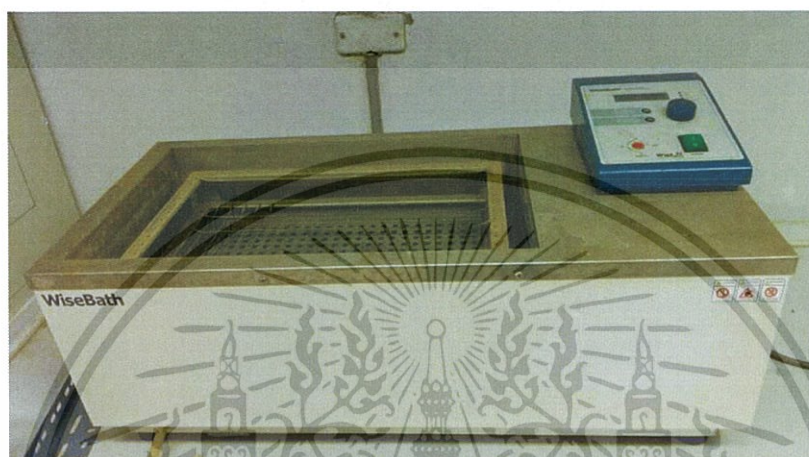


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ง.1 อ่างควบคุมอุณหภูมิ



ภาพภาคผนวก ง1 เครื่องมือที่ใช้ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55และ75°C

ง.2 อัลตราโซนิก



ภาพภาคผนวก ง2 เครื่องมือที่ใช้ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55และ75°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.3 หม้อนึ่งความดัน



ภาพภาคผนวก ง3 เครื่องมือที่ใช้ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120°C

ง.4 หม้อนึ่งความดัน



ภาพภาคผนวก ง4 เครื่องมือที่ใช้ให้ความร้อนให้กับหม้อนึ่งความดัน

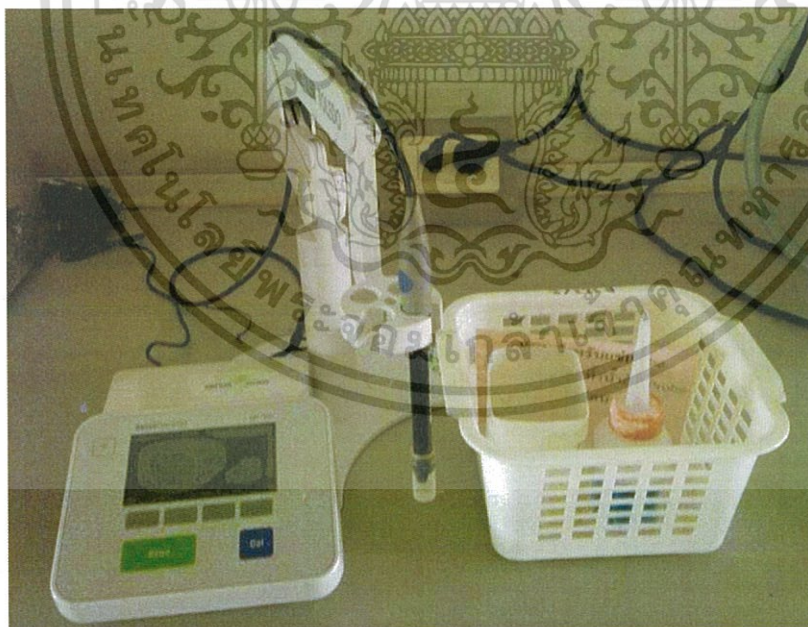
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.5 ตู้อบลมร้อน



ภาพภาคผนวก ง5 เครื่องมือที่ใช้อบเพคตินและหาความชื้น

ง.6 เครื่องวัดพีเอช



ภาพภาคผนวก ง6 เครื่องมือที่ใช้วัดค่า pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.7 เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) (UV-1601, Shimadzu, Japan)



ภาพภาคผนวก ง7 เครื่องมือที่ใช้วัดค่าดูดกลืนแสงในการหาปริมาณกรดกาแลกทูโรนิก

ง.8 เตาเผา



ภาพภาคผนวก ง8 เครื่องมือที่ใช้เผาตัวอย่างในการหาปริมาณเถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

| | |
|------------------|--|
| ชื่อ-นามสกุล | นางสาวนภัสกร อ่อนคำ |
| วัน เดือน ปีเกิด | 9 พฤศจิกายน 2535 |
| ประวัติการศึกษา | - สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษา วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จากโรงเรียนนครนาราชบุรี จังหวัดราชบุรี ปีการศึกษา 2554 - ศึกษาต่อปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

| | |
|------------------|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นายวชากร ภัทรธรรมบาล |
| วัน เดือน ปีเกิด | 13 กุมภาพันธ์ 2537 |
| ประวัติการศึกษา | - สำเร็จการศึกษามัธยมปลาย วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จากโรงเรียนอัสสัมชัญสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ ปีการศึกษา 2554 - ศึกษาต่อปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้