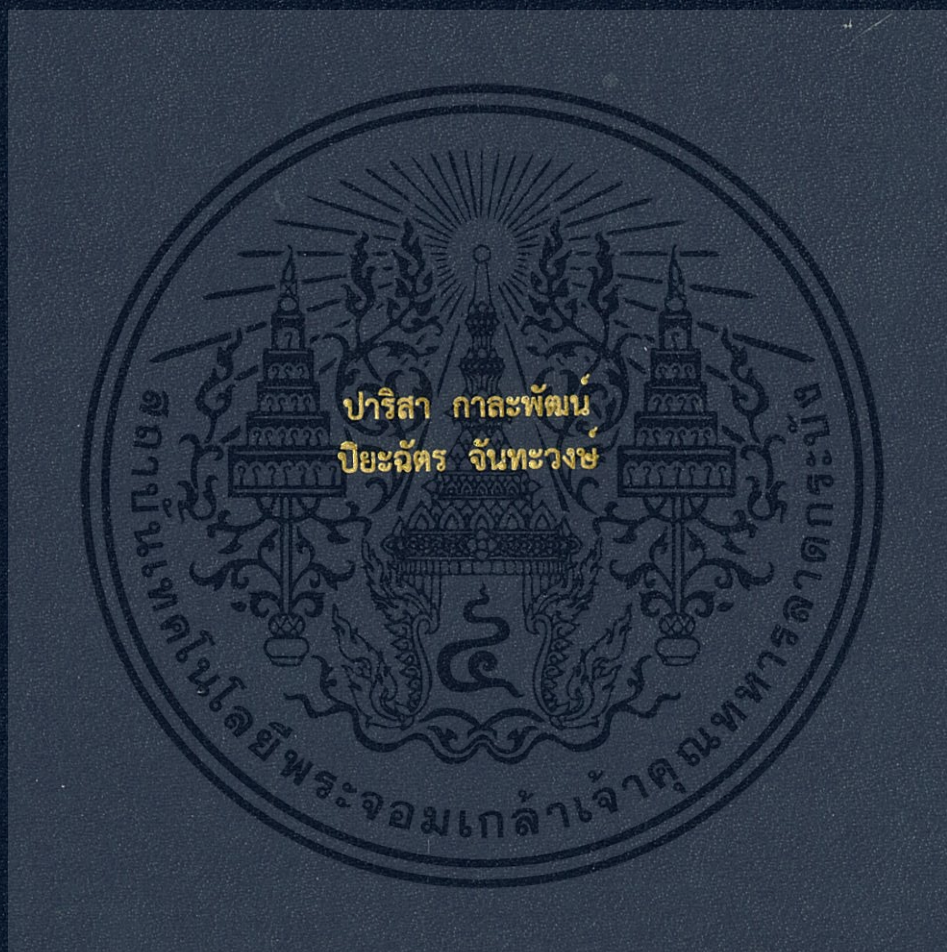


การศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกมะละกอด้วยการดัดแปลง
วิธีการสกัดแบบแยกส่วน

STUDY ON PECTIN EXTRACTION OF PAPAYA PEEL BY MODIFIED
SEQUENTIAL FRACTIONATION METHOD



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกมะละกอด้วยการดัดแปลง
วิธีการสกัดแบบแยกส่วน

STUDY ON PECTIN EXTRACTION OF PAPAYA PEEL BY MODIFIED
SEQUENTIAL FRACTIONATION METHOD



T148838



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 148838
วันเดือนปี 30 11 2560

1287603
.....
.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกมะละกอด้วยการดัดแปลง
วิธีการสกัดแบบแยกส่วน

STUDY ON PECTIN EXTRACTION OF PAPAYA PEEL BY MODIFIED
SEQUENTIAL FRACTIONATION METHOD

จัดทำโดย

ปาริสา กาละพัฒน์ รหัสนักศึกษา 55080173

ปิยะฉัตร จันทะวงษ์ รหัสนักศึกษา 55080174

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

Abdhe m.

16 / 5 / 59

(ดร.กิตติชัย บรรจง)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกมะละกอด้วยการดัดแปลงวิธีการสกัดแบบแยกส่วน	
ชื่อนักศึกษา	ปาริสา กาละพัฒน์	รหัสนักศึกษา 55080173
	ปิยะฉัตร จันทะวงษ์	รหัสนักศึกษา 55080174
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร	
พ.ศ.	2559	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.กิตติชัย บรรจง	

บทคัดย่อ

ปัญหาพิเศษนี้สกัดเพคตินจากเปลือกมะละกอฟันธุ์ดำเนินด้วยการดัดแปลงวิธีการสกัดแบบแยกส่วน ผลการศึกษาพบว่าเพคตินที่สกัดได้จากวิธีดัดแปลงการสกัดแบบแยกส่วน มีปริมาณร้อยละ 13.46 ± 2.35 มากกว่าเพคตินที่สกัดได้จากวิธีปกติ ซึ่งได้ปริมาณเพคตินร้อยละ 9.64 ± 2.27 เพคตินที่สกัดได้จากวิธีดัดแปลงการสกัดแบบแยกส่วน จัดเป็นชนิดเมธอกซิลสูง (High Methoxyl Pectin) คือมีค่าระดับเอสเทอร์ฟิเคชัน (Degree of esterification) ร้อยละ 57.51 ± 2.63 เทียบกับเพคตินเกรดอาหาร ซึ่งมีปริมาณระดับเอสเทอร์ฟิเคชันร้อยละ 66.88 ± 5.89 ส่วนเพคตินที่สกัดได้จากวิธีปกติ จัดเป็นเพคตินชนิดเมธอกซิลต่ำ (Low Methoxyl Pectin) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดทั้ง 2 วิธี มีปริมาณกรดกาแลกทูโรนิกอยู่ในระดับเดียวกัน และใกล้เคียงกับเพคตินเกรดอาหารที่นำมาศึกษา

คำสำคัญ: มะละกอ, เพคติน, กระบวนการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Study on pectin extraction of papaya peel by modified sequential fractionation method	
Student name	Parisa Kalapat	Student ID 55080173
	Piyachat Janthawong	Student ID 55080174
Program	Bachelor of Science in Food Process Engineering	
Year	2016	
Advisor	Dr. Kittichai Banjong	

ABSTRACT

In this study pectin was extracted from papaya peel (Demnoen variety) by conventional and modified sequential fractionation method. It was found that pectin extracted from modified sequential fractionation method contained $13.46 \pm 2.35\%$ (w/w) pectin compared to $9.64 \pm 2.27\%$ (w/w) pectin obtained from conventional method. Pectin extracted from modified sequential fractionation method was classified as high methoxyl pectin with $57.51 \pm 2.63\%$ degree of esterification (DE) while the pectin from conventional method was low methoxyl pectin ($40.62 \pm 3.13\%$). It was also found that both pectin extraction methods yielded similar level of galacturonic acid compare to food grade pectin tested in this study.

Keywords: Papaya, Pectin, Extraction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากภาคอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการให้ความอนุเคราะห์การใช้เครื่องมือ สารเคมี อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในการทดลอง และห้องวิจัย เพื่อให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.กิตติชัย บรรจง ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในงานวิจัย รวมทั้งท่านยังให้การช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย ท่านเป็นที่ปรึกษาที่เพียบพร้อมด้วยความรู้ และความเสียสละต่องาน ดูแลเอาใจใส่ต่อนักศึกษาทำให้ท่านเป็นที่รักและยกย่องของนักศึกษาทุกคน



ปาริสา กาละพัฒน์
ปิยะฉัตร จันทะวงษ์
18 พฤษภาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
2.1 เพคติน.....	2
2.1.1 โครงสร้างของเพคติน.....	2
2.1.2 ชนิดของเพคติน.....	3
2.1.3 Degree of esterification.....	6
2.1.4 คุณสมบัติของเพคติน.....	7
2.1.5 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน.....	7
2.1.6 คุณสมบัติสำคัญของเพคติน.....	8
2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	15
3.1 วัสดุุดิบและสารเคมี.....	15
3.2 อุปกรณ์.....	15
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	16
3.4 แผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ.....	18
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	21
4.1 เปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินจากผงเปลือกมะละกอแห้ง.....	21
4.2 คุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้จากผงเปลือกมะละกอแห้งเมื่อเทียบกับเพคตินเกรดอาหาร.....	22
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	27
บรรณานุกรม.....	30
ภาคผนวก.....	32
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี.....	33
ภาคผนวก 2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

ประวัติผู้เขียน.....

หน้า

39



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงสมบัติมาตรฐานของเพคตินจากสถาบัน วว. และ อย.....	10
4.1 ผลของวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี ที่มีต่อผลผลิตเพคติน.....	20
4.2 ผลของวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี ที่มีต่อคุณสมบัติต่างๆ.....	21



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงโครงสร้างของเพคตินที่มีโมเลกุลซับซ้อน.....	2
2.2 โครงสร้างของเพคตินที่มีกรดกาแลคทูโรนิกเป็นองค์ประกอบหลัก.....	3
2.3 แสดงโครงสร้างของ Extracellular matrix ที่มีเพคตินเป็นองค์ประกอบ.....	3
2.4 โครงสร้างของเพคตินชนิดละลายน้ำได้.....	4
2.5 โครงสร้างของเพคตินที่ไม่สามารถละลายน้ำได้.....	4
2.6 โครงสร้างของเพคตินที่ไม่สามารถกินเจลได้.....	5
2.7 แสดงการถูกเอสเทอร์ไฟต์ของหมู่คาร์บอกซิล.....	6
2.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า DE กับปริมาณเมธอกซิล.....	6
4.1 กราฟแสดงค่าปริมาณผลผลิตเพคตินจากวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี.....	21
4.2 กราฟแสดงค่าปริมาณความชื้นจากวิธีการสกัดเพคตินทั้ง 2 วิธีเทียบกับเพคตินเกรดอาหาร.....	22
4.3 กราฟแสดงค่าปริมาณเถ้าจากวิธีการสกัดเพคตินทั้ง 2 วิธีเปรียบเทียบกับเพคตินเกรดอาหาร.....	22
4.4 กราฟแสดงค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันของเพคตินจากวิธีการสกัดเพคตินทั้ง 2 วิธีเปรียบ เทียบกับเพคตินเกรดอาหาร.....	23
4.5 กราฟแสดงปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคตินจากวิธีการสกัดเพคตินทั้ง 2 วิธีเปรียบเทียบกับเพคติน เกรดอาหาร.....	24

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีของเสียเหลือทิ้งจากแหล่งต่างๆไม่ว่าจะเป็นของเสียที่เหลือทิ้งจากครัวเรือน แหล่งค้าขายหรืออุตสาหกรรมต่างๆ จะถูกทิ้งโดยที่ไม่คำนึงถึงประโยชน์ที่จะสามารถนำไปใช้ต่อได้ โดยเฉพาะของเสียเหลือทิ้งตามธรรมชาติที่ไม่ได้ถูกนำมาใช้ทำประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่น เปลือกของผลไม้หลากหลายชนิด เช่นเปลือกมะละกอ จากการศึกษาพบว่าในเปลือกของผลไม้เหล่านี้จะมีเพคตินสะสมอยู่ในปริมาณมากโดยเพคตินนี้เป็นสารประกอบ polysaccharide ประเภท heteropolysaccharide มีหน่วยย่อยคือ กรดกาแลกทูโรนิก และเมทิลกาแล็กทูโรเนต และน้ำตาลหลายชนิด ซึ่งพบได้ตามธรรมชาติในผนังเซลล์ของพืชชั้นสูง และรอยต่อระหว่างผนังเซลล์โดยรวมตัวอยู่กับเซลลูโลส สามารถผสมกับน้ำและสารประกอบอื่นๆบางอย่าง และทำหน้าที่เป็น thickener , gelling agent , stabilizer , emulsifier และ cation-binding agent เป็นต้น ดังนั้นจึงเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุของเสียเหลือทิ้ง นอกจากนั้นยังพบว่าอุตสาหกรรมของไทยโดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหาร มีการนำเข้าเพคตินจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก เพื่อนำมาเป็นส่วนประกอบในการแปรรูปอาหาร อีกทั้งยังพบว่า เพคตินที่มีการนำเข้านี้มีราคาค่อนข้างสูง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการวิจัยนี้จึงใช้วัตถุดิบหลักคือ เปลือกมะละกอที่เหลือทิ้งที่มีอยู่ตามธรรมชาติจากร้านอาหารทั่วไปในการนำมาสกัดเพคตินโดยอาจเป็นทางเลือกในการลดต้นทุนการนำเข้าเพคตินที่มีราคาสูงจากต่างประเทศ อีกทั้งยังเป็นการลดหรือใช้ของเสียเหลือทิ้งมาทำให้เกิดประโยชน์ (ธนาวรรณ สุขเกษม, 2556)

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อทดลองเปรียบเทียบผลผลิตที่สกัดได้จากวิธีปกติ และการดัดแปลงวิธีการสกัดแบบแยกส่วน

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้ ได้แก่ ปริมาณเพคติน ปริมาณความชื้น การเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน ปริมาณเมธอกซิล และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้ ได้แก่ ปริมาณเพคติน ปริมาณความชื้น การเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน ปริมาณเมธอกซิล และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก

1.3.2 เป็นการเพิ่มมูลค่าจากการใช้ของเสียจากเปลือกมะละกอให้เกิดประโยชน์สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

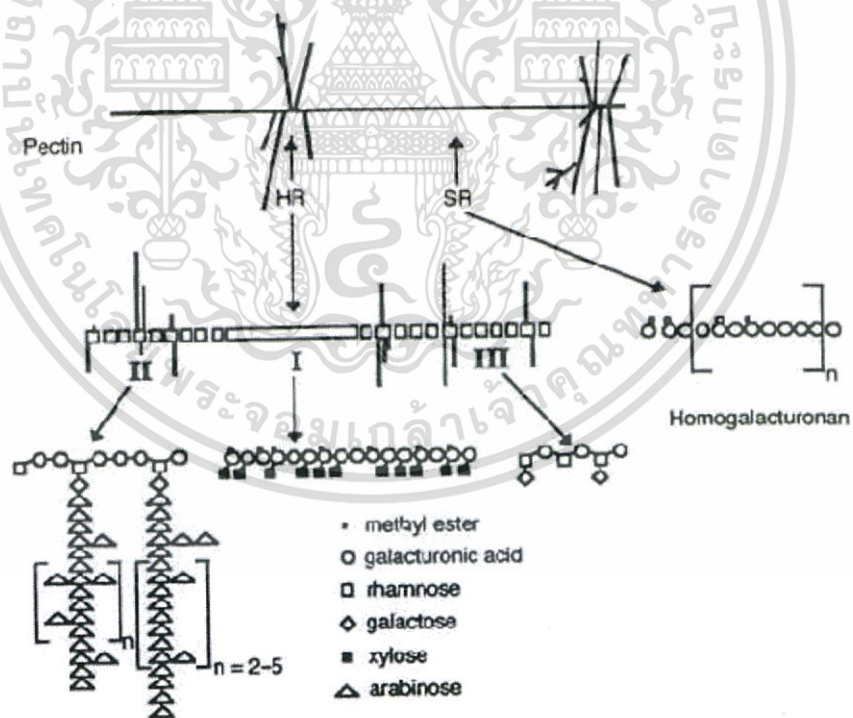
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เพคติน

2.1.1 โครงสร้างของเพคติน

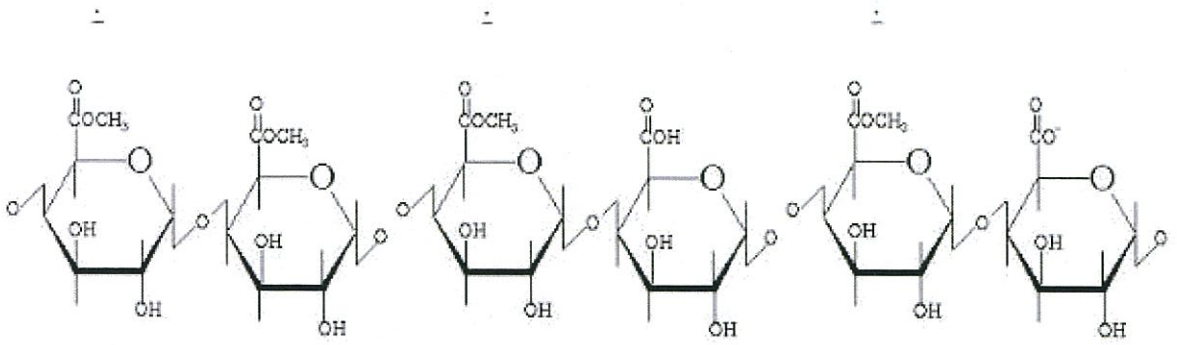
เพคตินเป็นสารจำพวกพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากดังภาพที่ 2.1 และมีโครงสร้างหลักที่ประกอบด้วยกรดกาแลคทูโรนิก (D-galacturonic acid) ที่ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1-4 ไกลโคซิดิก (α -1,4 glycosidic) ดังภาพที่ 2.2 สารประกอบเพคตินพบมากบริเวณระหว่างผนังเซลล์ของพืชทั่วไป ในส่วนของ Extracellular matrix ดังภาพที่ 2.3 โดยเฉพาะผลไม้จำพวกตระกูลส้ม เช่น ส้มโอ ส้มเขียวหวาน นอกจากนี้ยังพบในพืชชนิดอื่นๆ อีก เช่น แอปเปิ้ล หัวบีท (sugar beet) มะม่วง ฝรั่ง เป็นต้น อุตสาหกรรมการผลิตเพคติน ส่วนใหญ่สกัดจากด้านใน (albedo) ของผลไม้ตระกูลส้ม ซึ่งมีปริมาณเพคตินถึง 25% ต่อน้ำหนักแห้ง และกากแอปเปิ้ลซึ่งมีปริมาณเพคตินประมาณ 15-18% ต่อน้ำหนักแห้ง เพคตินที่สกัดได้จากเนื้อเยื่อพืชเหล่านี้มีสมบัติในการเกิดเจลได้เมื่อเติมกรดและในน้ำตาลในปริมาณที่เหมาะสม(องอาจ เต็ดดวง, 2553)



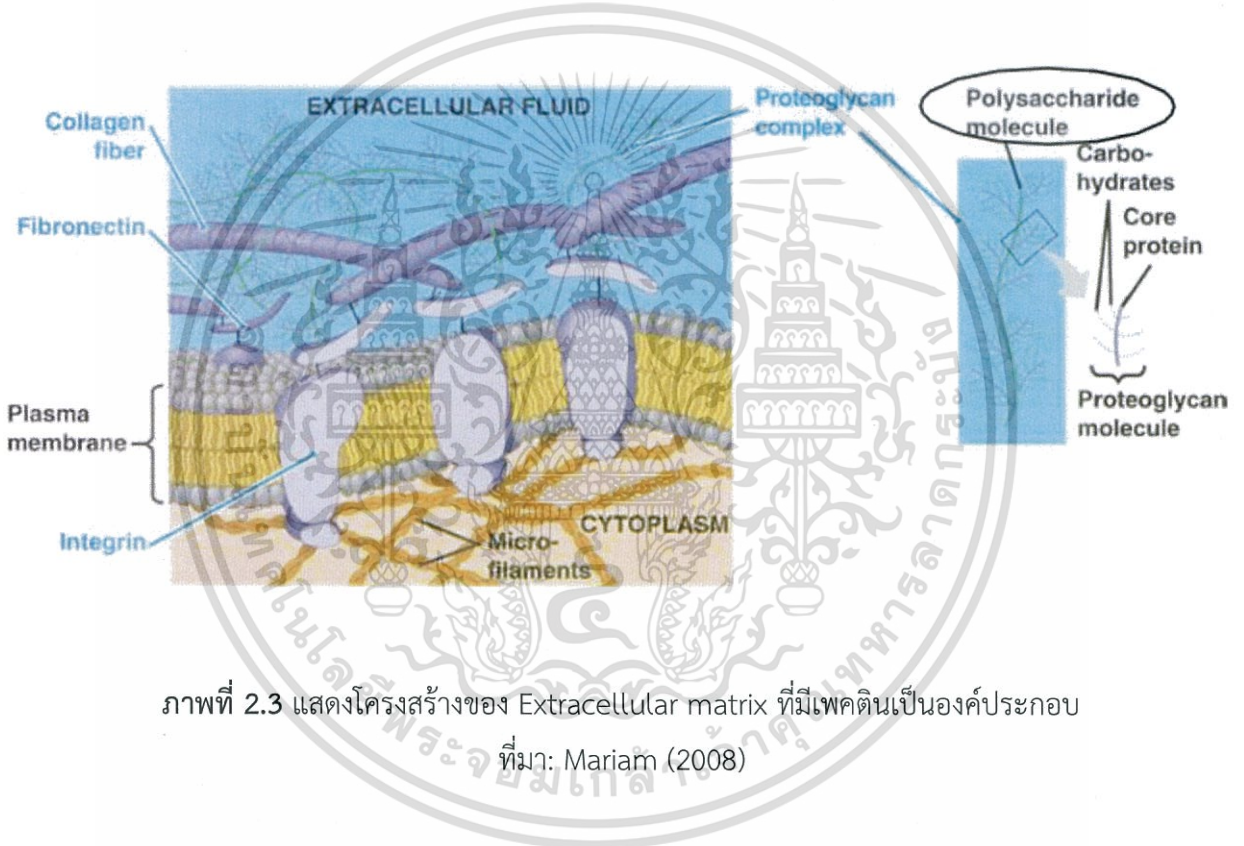
ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของเพคตินที่มีโมเลกุลซับซ้อน

ที่มา: Kertesz (1951)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของเพคตินที่มีกรดกาแลคทูโรนิกเป็นองค์ประกอบหลัก
ที่มา: Kertesz (1951)



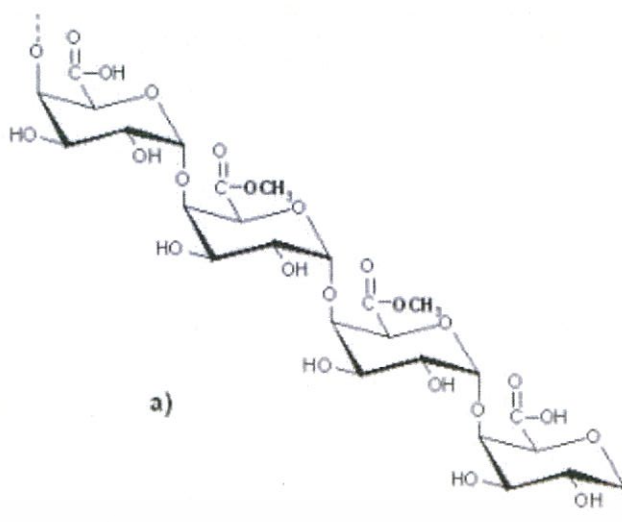
ภาพที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของ Extracellular matrix ที่มีเพคตินเป็นองค์ประกอบ
ที่มา: Mariam (2008)

2.1.2 ชนิดของเพคติน

สารประกอบเพคตินแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. เพคตินที่ละลายน้ำได้ จะมีโครงสร้างเป็นกรดกาแลคทูโรนิกที่มีหมู่เมธอกซิลอยู่ในโครงสร้าง (-COOCH₃)

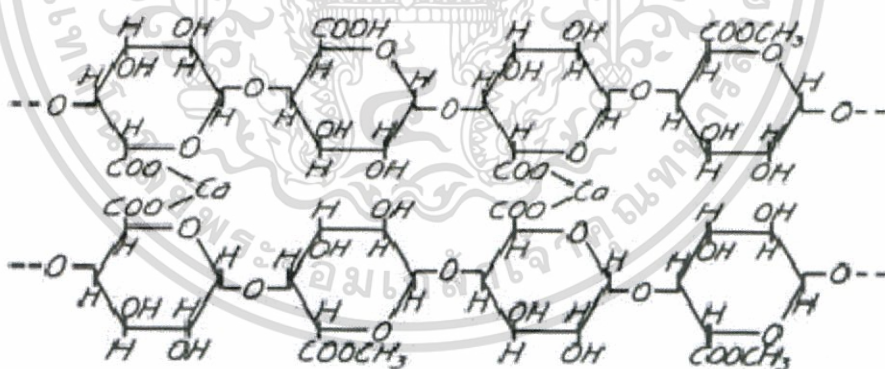
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของเพคตินชนิดละลายน้ำได้

ที่มา: Mukhiddinov และคณะ (2000)

2. เพคตินที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ เป็นเพคตินที่มีหมู่แคลเซียมหรือแมกนีเซียม ดังภาพที่ 2.5 เมื่อนำไปทำปฏิกิริยากับกรดจะสามารถละลายน้ำได้ เนื่องจากไฮโดรเจนจากกรดจะเข้าไปแทนที่แคลเซียมหรือแมกนีเซียม ทำให้เกิดเป็นกรดเพคตินที่สามารถละลายน้ำได้ หรือใช้เอนไซม์ทำให้กลายเป็นกรดเพคติน เรียกว่าเพคตินชนิดนี้ว่า โปรโตเพคติน

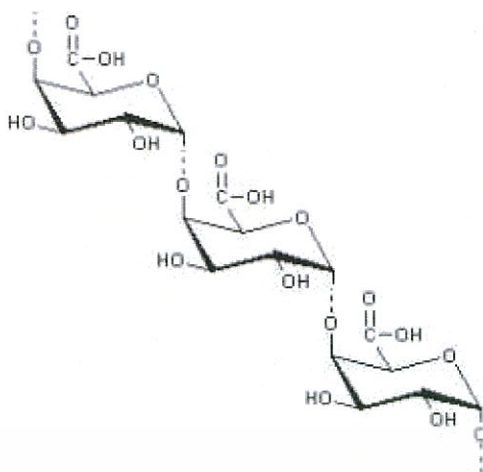


ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของเพคตินที่ไม่สามารถละลายน้ำได้

ที่มา: Ridley และคณะ (2001)

3. เพคตินที่มีสูตรโครงสร้างเป็นกรดกาแลคทูโรนิกที่ไม่มีหมู่เมธอกซิลในโครงสร้างดังภาพที่ 2.6 จะประกอบด้วยหน่วยของกรดกาแลคทูโรนิกที่เชื่อมต่อกันอย่างเดี่ยว เพคตินชนิดนี้จะไม่สามารถเกิดเจลได้ทุกสภาวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของเพคตินที่ไม่สามารถเกิดเจลได้

ที่มา: Mukhiddinov และคณะ (2000)

เพคตินชนิดที่ 1 ยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ตามปริมาณเมธอกซิลที่เป็นองค์ประกอบ

ประเภทที่ 1 High Methoxyl Pectin (HMP) เป็นเพคตินที่มีปริมาณเมธอกซิลตั้งแต่ 8.16% ขึ้นไป เพคตินชนิดนี้สามารถเกิดเจลได้ในสภาวะที่มีน้ำตาลและกรดในปริมาณที่เหมาะสม โดยใช้ น้ำตาลในการเกิดเจลประมาณ 60-65 %

ประเภทที่ 2 Low Methoxyl Pectin (LMP) เป็นเพคตินที่มีปริมาณเมธอกซิล 8.16 % เพคตินชนิดนี้เกิดเจลได้เมื่อมีไอออนของโลหะอยู่ด้วย เช่น แคลเซียมไอออน และแมกนีเซียมไอออน

เพคตินแต่ละชนิดจะมีหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl) ของกรดกาแลคทูโรนิกที่ถูกเอสเทอร์ไฟต์ (esterified) ด้วยหมู่เมทิลได้ต่างกัน อัตราส่วนของหมู่เมทิลที่ถูกเอสเทอร์ไฟต์จะแสดงในรูปของระดับการเกิดเอสเทอร์ไฟต์ (degree of esterification) หรือเรียกย่อๆว่าค่า DE ซึ่งจะเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดกาแลคทูโรนิกที่ถูกเอสเทอร์ไฟต์ต่อจำนวนกรดกาแลคทูโรนิกทั้งหมด ค่า DE เป็นสมบัติเฉพาะของเพคติน มีผลต่อการเกิดเจลและการละลายน้ำของเพคติน

เพคตินพบในบริเวณผนังเซลล์ของพืชชั้นสูง ทำหน้าที่เชื่อมเซลล์ต่างๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งจะทำให้มีความแข็งแรงขึ้นเพียงใดขึ้นกับปริมาณและธรรมชาติของสารประกอบเพคตินในพืช โดยพบมากในชั้นมิดเดิลลามลลา (middle lamella) และผนังเซลล์ชั้นแรก พืชที่ใช้สกัดเพคตินในระดับอุตสาหกรรมมีไม่กี่ชนิด เนื่องจากความสามารถในการเกิดเจลของเพคตินที่มาจากพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดของโมเลกุลและระดับของการเกิดเอสเทอร์ แหล่งของเพคตินที่สำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตเพคติน คือ กากของผลแอปเปิ้ล และเปลือกของพืชตระกูลส้ม ซึ่งเป็นเศษเหลือใช้จากอุตสาหกรรมผลิตน้ำผลไม้ พืชชนิดอื่นๆ ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดเพคติน ได้แก่ หัวบีท และดอกทานตะวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 Degree of esterification (DE)

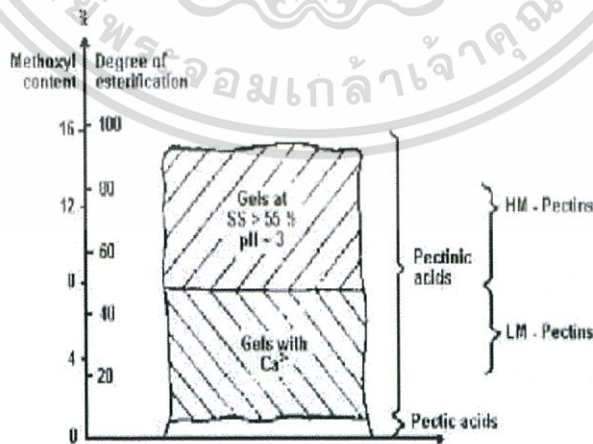
เป็นค่าร้อยละของกรดกาแลกทูโรนิกที่ถูกเอสเทอร์ไฟต์โดยหมู่เมทิล ต่อจำนวนกรดกาแลคทูโรนิกทั้งหมดดังภาพที่ 2.7 เมื่อหมู่คาร์บอกซิลถูกเอสเทอร์ไฟต์โดยหมู่เมทิลจะเกิดหมู่เมธอกซิลในโครงสร้างของเพคติน ค่า DE จึงสัมพันธ์กับปริมาณเมธอกซิลที่มีอยู่ในเพคตินดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.7 แสดงการถูกเอสเทอร์ไฟต์ของหมู่คาร์บอกซิล
ที่มา: Mukhiddinov และคณะ (2000)

ค่า DE ตั้งแต่ 50% ขึ้นไปหรือมีปริมาณเมธอกซิลตั้งแต่ 8.16% จัดเป็นเพคตินชนิด HMP ส่วนค่า DE ต่ำกว่า 50% หรือมีปริมาณเมธอกซิลต่ำกว่า 8.16% จัดเป็นเพคตินชนิด LMP ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการของ (Beda และ Yapo, 2008)

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



ภาพที่ 2.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า DE กับปริมาณเมธอกซิล
ที่มา: Mukhiddinov และคณะ (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพคตินชนิด LMP จะมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มกว่า จึงสามารถทำให้อาหารมีลักษณะเนื้อผิวที่ดีขึ้นใช้เติมลงในโยเกิร์ต นมรสช็อกโกแลต ส่วนเพคตินชนิด HMP จะมีความคงตัว ความหนืดสูง ทำให้เกิดรูปทรง จึงเติมในอาหารจำพวกแยม เยลลี่ ผลไม้กวน

2.1.4 คุณสมบัติของเพคติน

คุณสมบัติของเพคตินมีดังนี้ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2552)

1.ทำให้เกิดเจล (Gelling agent) เพคตินมีสมบัติพิเศษคือ เมื่อรวมตัวกับน้ำตาล และกรดในปริมาณที่เหมาะสม เกิดเป็นเจลที่อ่อนนุ่ม ทำให้นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ แยม เยลลี่

2.เป็นสารที่ทำให้ข้นหนืด (Thickening agent)

3.เป็น Stabilizer ป้องกันการตกตะกอน (Sedimentation) ของนมเปรี้ยว (Acidified milk) โดยป้องกันการตกตะกอนโปรตีนเคซีน (Casein)

4.เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ทำให้อิมัลชัน (Emulsion) คงตัวโดยลด แรงตึงผิวระหว่างเฟสของน้ำมันและน้ำ

5.เป็น Prebiotic เป็นอาหารของแบคทีเรียกลุ่ม Probiotic ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ร่างกายเป็นส่วนผสมของ Functional food

2.1.5 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน ได้แก่ ชนิดของผลไม้ ความแก่อ่อนของผลไม้ พันธุ์ของผลไม้ เพคตินในส่วนต่างๆของผลไม้ และกรรมวิธีการสกัด การตกตะกอน การทำให้บริสุทธิ์ (ปริญชา วิจารณ์การกุล และมงคล ตั้งศรีตระกูล, 2543)

2.1.5.1 ชนิดของผลไม้

ปริมาณและคุณภาพของเพคตินจะแตกต่างกันตามชนิดของผลไม้ ผลไม้ที่มีปริมาณเพคตินสูงและคุณภาพดี ได้แก่ ผลไม้ตระกูลส้ม แอปเปิ้ล เป็นต้น

2.1.5.2 ความแก่อ่อนของผลไม้

มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน โดยเพคตินในผลไม้ดิบจะอยู่ในรูปของ สารโปรโตเพคติน เมื่อสุกเอนไซม์โปรเพคตินเนสจะไฮโดรไลซ์โปรโตเพคตินที่ไม่ละลายน้ำเป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้ แต่ถ้าผลไม้สุกมากเกินไปเพคตินจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสได้กรดเพคติก ซึ่งเป็น Colloidal polygalacturonic acid ที่ไม่มีเมทิลเอสเทอร์ในโมเลกุล และกรดเพคติกนี้ไม่สามารถเกิดเจลได้ทุกสภาวะ

2.1.5.3 พันธุ์ของผลไม้

ผลไม้ชนิดเดียวกันแต่แตกต่างกันสายพันธุ์ก็จะมีปริมาณของเพคตินแตกต่างกัน

2.1.5.4 เพคตินในส่วนต่างๆของผลไม้

ส่วนต่างๆของผลไม้จะมีปริมาณเพคตินไม่เท่ากัน เช่น เปลือกจำปาจะมีเพคติน 11.59 เปอร์เซ็นต์ ส่วนซังของจำปาดะมีเพคติน 12.54 เปอร์เซ็นต์ และส่วนแกนจำปาดะมีเพคติน 8.57 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง

2.1.5.5 กรรมวิธีการสกัด การตกตะกอน และการทำให้บริสุทธิ์

กรรมวิธีการสกัด การตกตะกอน และการทำให้บริสุทธิ์ มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน โดยการตกตะกอนด้วยอลูมิเนียมคลอไรด์จะได้เพคตินที่ดีกว่าการตกตะกอนด้วยอลูมิเนียมซัลเฟต หรือการใช้สารส้ม นอกจากนี้ปริมาณเพคตินที่ได้จากการตกตะกอนด้วยแอลกอฮอล์จะสูงกว่าปริมาณการตกตะกอนด้วยอลูมิเนียมคลอไรด์ มักจะมีกลุ่มเมทิลไม่เกิน 78 เปอร์เซ็นต์ด้วย

2.1.6 คุณสมบัติสำคัญของเพคติน

2.1.6.1 ปริมาณผลผลิตของเพคติน (Yield)

ปริมาณผลผลิตเพคตินจะได้จากขั้นตอนในการสกัดเพคติน ซึ่งจะมีค่ามากหรือน้อย จะขึ้นอยู่กับกระบวนการสกัด เวลาที่ใช้ในการสกัด อุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัด และตัวทำละลายในการสกัด (Yeoh และคณะ, 2008)

2.1.6.2 ปริมาณความชื้น (Moisture content)

ความชื้น (Moisture content) เป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเพคตินเป็นสมบัติที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง เนื่องจากความชื้นมีผลต่อการเสื่อมเสียของเพคตินโดยเฉพาะการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ ซึ่งกระทบต่ออายุการเก็บรักษาเพคตินที่มีความชื้นหรือปริมาณน้ำสูงจะเป็นเพคตินที่เสื่อมเสียง่าย เนื่องจากมีสภาวะเหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เพคตินเสื่อมเสีย (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2552)

เพคตินที่มีความชื้นต่ำจะมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าเพคตินที่มีความชื้นสูง เนื่องจากเพคตินที่มีความชื้นสูงจะมีสภาวะที่เหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์มากกว่า (Ismail, 2012)

2.1.6.3 ปริมาณเถ้า (Ash content)

ปริมาณเถ้าสามารถทำให้ลดลงได้โดยการตกตะกอนด้วยเอทานอลซ้ำหลายๆครั้งหรือเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร่วมกับการใช้เอทานอลในขั้นตอนการตกตะกอนเพื่อให้ได้ตะกอนเพคติน เนื่องจากมีการวิจัยพบว่า การใช้เอทานอลเพียงอย่างเดียวในการตกตะกอน จะได้สารที่ไม่ใช่เพคตินตกตะกอนมาด้วย เช่น เฮมิเซลลูโลส รวมทั้งมีเถ้าปนมามาก อย่างไรก็ตาม เพคตินที่ตกตะกอนด้วยเอทานอลซ้ำหลายๆ ครั้งจะมีความบริสุทธิ์มากขึ้นและการตกตะกอนเพคตินด้วยเอทานอลที่มีกรดไฮโดรคลอริกอยู่ด้วยสามารถลดปริมาณเถ้าที่ปนออกมาในตะกอนเพคตินได้ (องอาจ เต็ดดวง, 2553)

ปริมาณเถ้าต่ำจะมีความสามารถในการเกิดเจลได้ดีกว่าปริมาณเถ้ามาก โดยเพคตินจะเกิดเจลได้ดีเมื่อมีปริมาณเถ้าไม่เกิน 10% (Ismail, 2012)

2.1.6.4 ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (DE)

ค่า DE ตั้งแต่ 50% ขึ้นไป จะมีปริมาณเมธอกซิลตั้งแต่ 8.16% ขึ้นไป จัดเป็นเพคตินชนิด High - methoxy pectin เพคตินชนิดนี้สามารถเกิดเจลได้ในสภาวะที่มีน้ำตาล และกรดในปริมาณที่เหมาะสม โดยใช้น้ำตาลในการเกิดเจลประมาณ 60 – 65% ส่วนค่า DE ที่ต่ำกว่า 50% หรือมีปริมาณเมทอกซิลต่ำกว่า 8.16% จัดเป็นเพคตินชนิด Low - methoxy pectin เป็นเพคตินที่เกิดเจลได้เมื่อมีไอออนของโลหะอยู่ด้วย เช่น แคลเซียมไอออน และแมกนีเซียมไอออน

เพคตินชนิด Low - methoxy pectin จะมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่า จึงสามารถทำให้อาหารมีลักษณะเนื้อผิวที่ดีขึ้น ใช้ในการเติมลงในโยเกิร์ต นมช็อคโกแลต ส่วนเพคตินชนิด High - methoxy pectin จะมีความคงตัว ความหนืดสูง ทำให้เกิดรูปทรง นิยมเติมในอาหารจำพวก เยลลี่ แยม ผลไม้กวน (องอาจ เต็ดดวง, 2553)

2.1.6.5 ความหนืด (Viscosity)

ความเข้มข้นของเพคตินนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเพคติน ปริมาณแคลเซียม ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง ชนิดของเพคติน และขนาดของมวลโมเลกุล

ความเป็นกรด-ด่างถ้าเพิ่มความเป็นกรดต่างพบว่าความหนืดของสารละลายเพคตินจะเพิ่มขึ้นด้วย ถ้าความเป็นกรดต่างลดลงเป็น 2.5 - 5.5 สารละลายเพคตินจะอยู่ในรูปของ Thixotropic solution สารละลายที่มีประจุ +1 จะลดความหนืดของสารละลายเพคติน เพราะลดแรงดึงดูดระหว่างประจุ

มวลโมเลกุล เพคตินที่มีมวลโมเลกุลสูง จะทำให้สารละลายมีความหนืดสูงขึ้นด้วยการหาค่า Intrinsic viscosity ในทางตรงกันข้ามเมื่อเจือจางสารละลาย และไม่มีแคลเซียม สารละลายจะมีความหนืดลดลง การเตรียมสารละลายเพคตินให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกันนั้น สามารถทำได้โดยผสมเพคตินชนิดต่างๆ หรือผสมเพคตินให้มีความเข้มข้นแตกต่างกัน (Michel และคณะ, 1982)

ปริมาณของ Ca^{2+} เพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลสูงไม่ต้องการแคลเซียมในการเกิดเจล แต่เพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลต่ำต้องการแคลเซียมในการเกิดเจล แต่สามารถแบ่งเพคติน ออกตามความไวต่อ Ca^{2+} ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เกิดเจลได้ช้า เนื่องจากความไวต่อแคลเซียมต่ำและกลุ่มที่เกิดเจลได้เร็ว มีความไวต่อแคลเซียมสูง กลุ่มหลังนี้หากเพิ่มปริมาณแคลเซียมความหนืดของสารละลายเพคตินก็จะสูงขึ้นด้วย

2.1.6.6 สมบัติการละลายของเพคติน

เพคตินสามารถละลายในน้ำเย็น และทำให้เกิดความข้นหนืดได้เช่นเดียวกับกัมชนิดอื่นๆ แต่ผงเพคตินจับกันเป็นก้อนได้ง่ายมีผลทำให้ละลายได้ช้าและยาก เพคตินจะสามารถละลายได้ดีในน้ำอุ่นหรือน้ำที่มีอุณหภูมิมากกว่า 60 องศาเซลเซียส แล้วทำการผสมด้วยเครื่องผสมความเร็วจากต่ำไปหาสูงสุด ต้องระวังไม่ให้เพคตินจับกันเป็นก้อนเพราะจะทำให้ละลายได้ยาก อีกวิธีที่ละลายเพคตินได้ดีนั้นจะต้อง ผสมเพคตินกับน้ำตาลโดยอัตราส่วนของเพคติน 1 ส่วน กับน้ำตาล 5 ส่วน หรือกับสารละลายอื่นๆ เช่น สารละลายน้ำตาล ความเข้มข้น 65% หรือแอลกอฮอล์เพื่อทำให้เพคตินเปียก ถ้าไม่ได้ผสมด้วยเครื่องผสมความเร็วสูง ให้ต้มประมาณ 1 นาที เพื่อให้มั่นใจได้ว่าการละลายได้หมด การตรวจดูว่ามีการละลายเกิดขึ้นสมบูรณ์ หรือไม่สามารถทำได้โดยการดูฟิล์มของสารละลายบนไม้พาย หรือใบมีดที่สะอาดจะต้องใสไม่มีส่วนคล้ายเม็ดทรายอยู่ (May, 1997)

2.1.6.7 สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การล้างตะกอนเพคตินด้วย 95% เอทานอล สลับกับ อะซีโตน 3 - 5 ครั้ง เป็นการช่วยลดสีที่มีในเพคตินที่สกัดได้ แต่อะซีโตนเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ (Organic solvent) ที่มีกลิ่นและไอระเหยรุนแรง ซึ่งเป็นอันตรายต่อเยื่อต่างๆในร่างกาย จึงควรที่จะต้องมีการป้องกันและมีความระมัดระวังในการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดนี้ (ชวณิชู สิริพิฑิตกรัตน และคณะ, 2548)

ตารางที่ 2.1 แสดงสมบัติมาตรฐานของเพคตินจากสถาบัน วว. และ อย.

การตรวจวิเคราะห์	สมบัติเพคติน วว.	มาตรฐานเพคตินของ อย.
เถ้า	0.77	ไม่มากกว่าร้อยละ 10
การเสียน้ำหนักเมื่อแห้ง	5.43	ไม่มากกว่าร้อยละ 12
อาร์เซนิก	<0.01	ไม่มากกว่า 10 มก. ต่อ 1 กก.
ระดับของเอสเทอร์ฟิเคชัน	57.36	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50
กรดกาแลคทูโรนิก	57.31	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 35

ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2548)

2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชวณิชู สิริพิฑิตกรัตน และคณะ (2548) ศึกษาถึงวิธีการสกัดเพคตินจากเปลือกและกากผลส้มเหลืองทิ้ง โดยพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต เพคตินด้วยการหาสภาวะต่างๆ ที่เหมาะสมในการสกัด ได้แก่ อุณหภูมิ pH ชนิดของกรด ปริมาณโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (SHMP) เวลาที่ใช้ในการสกัด และได้ทดลองปรับปรุงสีของเพคตินอีกด้วย พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด เพคติน ได้แก่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส pH 3.0 โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก (HCl) และปริมาณโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (SHMP) 6% ของน้ำหนักเปลือกและกากผลส้ม เป็นเวลา 90 นาที จากนั้นตกตะกอนเพคตินด้วย 95% เอทานอล และล้างตะกอนเพคตินด้วย 95% เอทานอล สลับกับ อะซีโตน 3 - 5 ครั้ง จะได้เพคตินที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ และเมื่อตรวจสอบคุณสมบัติของเพคติน พบว่าเพคตินที่สกัดได้มีผลผลิต (Yield) 18.48% ปริมาณความชื้น (Moisture) 7.79% ปริมาณเถ้า (Ash) 5.42% ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก (Galacturonic acid) 66.25% และปริมาณ เมธอกซิล (Methoxyl) 4.12% ซึ่งใกล้เคียงกับเพคตินระดับ Industrial grade และมีค่าต่างๆ ยกเว้นปริมาณเถ้า อยู่ในช่วงของมาตรฐานเพคตินตามที่ The Joint / WHO Expert Committee on Food Additive (JECFA) ได้กำหนด

ชินานาฏ วิทยาประภากร และ สมัชญ์ ทวีเกษมสมบัติ (2555) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากผักและผลไม้ที่ คือ แอปเปิ้ล ส้มโอ มะนาว และกล้วยพบว่าเมื่อเปรียบเทียบลักษณะของเพคตินที่ได้จากเปลือกส้มโอมีลักษณะทางกายภาพที่ดี สีขาว และมีร้อยละผลผลิตที่ค่อนข้างสูง พบว่าปริมาณเพคตินที่สกัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด และมีปริมาณผลผลิตของเพคตินสูงสุดเมื่อ อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเท่ากับ 80 และ 90 องศาเซลเซียส

ได้ผลที่ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาชนิดของกรดที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกัน
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการวิจัยเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นนำไปเผยแพร่ขึ้นต้นการตีพิมพ์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนี้ คือ กรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริก และกรดอะซิติก เข้มข้น 1.0 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัด 24 ชั่วโมง (1,440 นาที) พบว่า ปริมาณเพคตินที่สกัดได้มีค่าสูงสุดเมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริกปรับสภาวะความเป็นกรดในการสกัด ขั้นสุดท้ายได้ทำการศึกษาเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกัน ดังนี้ คือ 30 60 90 120 และ 1,440 นาที โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 1.0 โมลาร์ ที่อุณหภูมิในการสกัด 80 องศาเซลเซียส โดยพบว่าปริมาณเพคตินที่สกัดได้มีค่าสูงสุดเมื่อใช้เวลาในการสกัดเท่ากับ 90 นาที เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดมากขึ้น พบว่าไม่มีผลต่อปริมาณเพคตินที่สกัดได้

Boonrod และคณะ (2006) การศึกษาการเตรียมเพคตินจากเปลือกมะละกอสุด พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัด คือ ใช้กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.06 นอร์มอล สกัด 3 ครั้ง โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก:เปลือกมะละกอสุด ในอัตราส่วน 2 : 1 , 1.5 : 1 และ 1.5 : 1 โดยปริมาตร ตามลำดับ สภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนคือ ปรับ pH ของสารละลายเพคตินที่สกัดได้เป็น 3.5 ตกตะกอนด้วยสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1.2% pH 4.0 ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ล้างตะกอนด้วย 70% เอทานอลเพื่อให้ตะกอนบริสุทธิ์ขึ้น การเตรียมเพคตินภายใต้สภาวะดังกล่าวได้ผลผลิต 1.38% ของน้ำหนักเปลือกมะละกอสุด สมบัติของเพคตินที่เตรียมได้ คือ มีปริมาณเถ้า 22.19% ความชื้น 14.86% มีปริมาณ D - galacturonic acid 86.93% เมื่อเตรียมสารละลายเพคตินที่ pH ต่างๆ (1.0 -7.0) แล้วนำไปวัดความหนืด พบว่า มีความหนืดสูงสุด ที่ pH 1.0 (14 mPas ที่ความเข้มข้น 1%) และเมื่อเติม calcium chloride ในสารละลายเพคติน พบว่า ความหนืดไม่เพิ่มขึ้น ดังนั้น เพคตินที่เตรียมได้ ไม่มีสมบัติของ calcium sensitivity

ธนาวรรณ สุขเกษม (2556) การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อทำการศึกษาสภาวะการสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลีจากภูทับเบิก โดยทำการสกัดเพคตินด้วยกรด 2 ชนิด ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก และกรดไนตริกความเข้มข้น 1 นอร์มอล อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 3 ระดับ คือ 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการสกัด 3 ระยะ คือ 30 60 และ 100 องศาเซลเซียส พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่ อุณหภูมิ 90 เป็นเวลา 90 นาที พบว่าจะมีปริมาณน้ำหนักแห้งของเพคตินสูงที่สุดเท่ากับ 0.79 กรัม ต่อกะหล่ำปลี 5 กรัม หรือประมาณร้อยละ 15.8 จากนั้นนำเพคตินที่สกัดได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี พบว่าสารสกัด เพคตินที่สกัดได้ดีที่สุด คือ เพคตินที่สกัดด้วยกรดไนตริก (HNO₃) เข้มข้น 1 นอร์มอล ที่ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที จะมีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวขุ่น ละลายน้ำได้ดี และเกิดเจลได้เมื่อนำไปละลายน้ำ และจะมีปริมาณร้อยละผลผลิตที่ได้ , ร้อยละ ความชื้น, ปริมาณเมธอกซิล , น้ำหนักสมมูล , เปอร์เซ็นต์ DE และมิลลิกรัมของกรดกาแลกทูโรนิก (%) 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 จากปริมาณเมธอกซิล (% methoxyl) หรือระดับเอสเทอร์ริฟิเคชัน (% DE) สามารถนำมาใช้ เป็นเกณฑ์ในการแบ่งเกรดของเพคตินเพคตินที่สกัดได้จากกะหล่ำปลีจัดเป็นแบบ High methoxyl pectih (HM) ชนิดเกิดเจลได้ช้ามาก (Extra slow set pectin) ซึ่งจะมีปริมาณ เมธอกซิลมากกว่า ร้อยละ 7 ซึ่งสอดคล้องกับระดับของ DE ที่ต้องมี % DE มากกว่า 50 % นอกจากนี้ได้นำเพคตินที่สกัดได้ไปคำนวณหาต้นทุนในกระบวนการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพศดินพบว่า การสกัดเพศดินมีต้นทุนที่ค่อนข้างสูงส่งผลให้เพศดินที่สกัดได้มีราคาที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับราคาเพศดินมาตรฐานซึ่งไม่คุ้มทุนในการผลิตเพศดินในระดับการค้า

พันธุ์เลิศ พรหมสาขา ณ สกลนคร และคณะ (2554) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการและหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพศดินจากใบเครือหมาน้อย ที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบ 3 ชนิด ได้แก่ ใบสด ใบที่อบแห้งโดยการตากแดดและใบที่อบแห้งโดยใช้ตู้อบลม ร้อน และได้ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด โดยปัจจัยที่ทำการศึกษามี 3 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ (30-90°C) เวลา (30-90 นาที) และ pH (2-8) จากการทดลองพบว่า การตากแดด และการใช้ตู้อบลมร้อน ให้ผลผลิตเพศดินที่สกัดได้ สูงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกกระบวนการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน เนื่องจากใช้เวลาสั้นในการเตรียมวัตถุดิบ ส่วนการหาสภาวะที่เหมาะสมพิจารณาจากปริมาณและคุณภาพของเพศดินที่สกัดได้สภาวะที่ได้ คือ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 68-75 องศาเซลเซียส และ pH อยู่ในช่วง 2.0-2.8 ที่เวลา 42 นาที ได้ผลผลิตเพศดิน ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก (GalA) ปริมาณเมธอกซิล (MeO) และระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิ เคชั่น (DE) ร้อยละ 35.32-42.21, 67.04-76.83, 2.62-3.28, 28.00-29.97 ตามลำดับ

สุธิดา ทองคำ และ พูนศิริ ทิพย์เนตร (2555) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพศดินจากจาวตาลและสมบัติของเพศดินที่สกัดได้ จากการศึกษาพบว่าสามารถสกัดเพศดินได้มากที่สุดร้อยละ 14.25 โดยน้ำหนัก ที่ค่า pH 2 อัตราส่วน ระหว่างจาวตาลและน้ำ 1 : 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลา ที่ใช้ในการสกัด 40 นาที และที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เมื่อนำเพศดินที่สกัดไปวิเคราะห์สมบัติ ทางกายภาพและทางเคมีพบว่า มีความชื้นและเถ้าร้อยละ 12.13 และ 1.31 โดยน้ำหนักตามลำดับ น้ำหนักสมมูล 845.11 ปริมาณหมู่เมธอกซิลร้อยละ 1.74 ปริมาณกรด พอลิกลาแลคทูโรนิก ร้อยละ 10.87 และระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชั่นร้อยละ 27.90

สุนันท์ วิทิตสิริ (2557) เพศดินเป็นสารพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีอยู่ในพืชและผลไม้หลายชนิด เช่น กล้วย ขนุน และผักกาดขาว เป็นต้น ในงานวิจัยนี้ได้สกัดเพศดินจากซังขนุนหนึ่งจำปากรอบ โดยใช้วิธีการสกัดเพศดิน 2 วิธี คือ ใช้น้ำร้อนและความดันไอสุง เพื่อเปรียบเทียบปริมาณเพศดินที่สกัดได้พบว่า วิธีการสกัดด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที สามารถสกัดเพศดินจากซังขนุนหนึ่งได้ 15.69% และวิธีการสกัดเพศดินด้วยความดันไอสุงที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที สามารถสกัดเพศดินจากซังขนุนหนึ่งได้ 24.63% ซึ่งมากพอ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยใช้เวลา 60 นาที เมื่อทำการตรวจสอบสมบัติทางเคมี และกายภาพของเพศดินที่สกัดได้ โดยใช้ความดันไอสุงที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณความชื้นเท่ากับ 7.25% มีปริมาณเถ้า 3.85% น้ำหนักสมมูล 738.00 ปริมาณเมธอกซิล 7.62% ระดับการเกิดเอสเทอร์ 57.77% ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก 319.61 มิลลิกรัม หรือ 85.67% ซึ่งมีค่าแตกต่างกับเพศดินทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่าระดับการเกิดเอสเทอร์

สรารัตน์ เพิ่มจิตร และ สสิพร คงเจริญนวัตติ (2557) เพศดินเป็นสารจากพอลิแซ็กคาไรด์ สารประกอบเพศดินพบมากบริเวณระหว่างผนังเซลล์ของพืชทั่วไปในส่วนของเอ็กแทรกเซลล์ลูลามะทริกซ์ โดยเฉพาะผลไม้จากพวกตระกูลส้มเช่นส้มโอ ส้มเขียวหวาน หัวมันแกวมมีการสะสมของคาร์โบไฮเดรตที่สูง เป็นแหล่งของไบโอโพลีเมอร์ ได้แก่ แป้งเพศดิน เซลลูโลส และ เฮมิเซลลูโลสจึง

ได้ทำการสกัดเพคตินจากมันแกว โดยใช้แอมโมเนียมออกซาลेटในการสกัด ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ซึ่งได้ใช้ความเข้มข้นของ แอมโมเนียมออกซาลेटที่ 0.25% 0.50% 1.00% และ 2.00% เมื่อได้ผงของเพคตินแล้วได้นำไปทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและการเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า ได้ผลดังนี้คือ ความเข้มข้นของ แอมโมเนียม ออกซาลेट ที่ 0.25% ที่ใช้ในการสกัดเพคตินมีปริมาณผลผลิต ปริมาณเถ้า ปริมาณความชื้น และความหนืด ที่ได้มีค่าที่ใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้ามากที่สุด ส่วนค่าการอุ้มน้ำความเข้มข้นของ แอมโมเนียมออกซาลेटที่ 0.25% มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงที่สุด สำหรับค่าระดับการเกิด เอสเทอร์ฟิเคชันที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียมออกซาลेट 1.00% และ 2.00% มีค่าที่ใกล้เคียงเพคตินทางการค้ามากที่สุด เนื่องจากเป็นเพคตินชนิดที่มีเมทอกซิลต่ำ (Low methoxyl pectin) คือเพคตินที่มีระดับของเมทิลเอสเทอร์ฟิเคชันน้อยกว่าร้อยละ 50 เพคตินที่สกัดด้วยแอมโมเนียมออกซาลेट 2.00% มีค่าความสว่างที่ใกล้เคียงกับการค้า แต่เพคตินที่สกัดด้วยแอมโมเนียมออกซาลेट 0.25% และ 0.5% มีค่าสีที่ใกล้เคียงกับการค้า

ศิวะเทพ เรืองพรหม และกิตติชัย บรรจง (2557) ในงานวิจัยนี้เป็นการใช้เอซิล-แอลกอฮอล์นำกลับมาใช้ใหม่โดยการกลั่น เพื่อทดแทนการใช้เอซิลแอลกอฮอล์ 95% ในขั้นตอนการตกตะกอนและขั้นตอนการล้างเพคตินในกระบวนการสกัดเพคตินจากเปลือกชั้นนอกและชั้นในของตาลดิบ โดยการเปรียบเทียบคุณลักษณะและผลผลิตของเพคตินจากการใช้เอซิลแอลกอฮอล์นำกลับมาใช้ใหม่ทดแทนในขั้นตอนการตกตะกอน (P), การใช้เอซิลแอลกอฮอล์นำกลับมาใช้ใหม่ทดแทนในขั้นตอนการตกตะกอนและการล้าง (PW) และการใช้เอซิลแอลกอฮอล์ 95% โดยไม่ใช้แอลกอฮอล์นำกลับมาใช้ใหม่ (C) พบว่าค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ของเพคตินที่ได้จากทั้ง 3 กระบวนการสกัด (P, PW และ C) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) โดยมีค่าระดับ ระดับการเกิดเอสเทอร์เท่ากับ 43.39%, 43.23% และ 43.42% ตามลำดับ แสดงว่าเพคตินที่ได้ทั้ง 3 กระบวนการเป็นเพคตินประเภทเมธอกซิลต่ำ ส่วนปริมาณของกรดกาแลคทูโรนิกพบว่าเพคตินที่ได้จากทั้ง 3 กระบวนการ (P, PW และ C) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกเท่ากับ 75.62%, 64.16% และ 83.36% ตามลำดับ ผลผลิตของเพคตินที่ได้ทั้ง 3 กระบวนการ พบว่าเพคตินจากการใช้เอซิลแอลกอฮอล์นำกลับมาใช้ใหม่ทดแทนในขั้นตอนการตกตะกอน (P) และจากการใช้เอซิลแอลกอฮอล์นำกลับมาใช้ใหม่ทดแทนในขั้นตอน การตกตะกอนและการล้าง (PW) ผลผลิตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบผลผลิต ของเพคตินทั้งสอง (P และ PW) กับผลผลิตเพคตินที่ได้จากการใช้แอลกอฮอล์ 95% (C) พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 9.33%, 9.35% และ 13.65% ตามลำดับ

องอาจ เต็ดดวง (2553) เพคตินเป็นสารประกอบประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ที่อยู่ระหว่างผนังเซลล์ของพืชทั่วไป เช่น ส้ม แอปเปิ้ล และฝรั่ง นิยมใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด หรือทำให้อาหารเกิดรูปทรง เช่น ใช้ผสมในเยลลี่ โยเกิร์ต งานวิจัยนี้ได้สกัดเพคตินโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นสารสกัด ใช้เวลาในการสกัด 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส โดยทำการสกัดเพคตินจากชิ้นส่วนต่าง (เปลือก เนื้อ และเนื้อใน) ของฝรั่ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กลมสาตี พันธุ์สีทอง และพันธุ์гимจุ ผลการศึกษาพบว่า เพคตินที่สกัดได้จากชิ้นส่วนต่างๆ ของฝรั่งพันธุ์гимจุมีปริมาณมากที่สุดคือร้อยละ $15.55 \pm 1.08 - 19.44 \pm 0.83$ เพคตินที่สกัดได้จากฝรั่งพันธุ์กลมสาตีมีปริมาณรองลงมา คือร้อยละ $8.56 \pm 0.56 - 11.45 \pm 0.24$ และเพคตินที่สกัดได้จากพันธุ์แป้นสีทองมีปริมาณน้อยที่สุดคือร้อยละ

8.69±0.29 – 9.92±0.24 และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเพคตินที่สกัดได้จากชิ้นส่วนต่างๆพบว่า เปลือกฝรั่งมีปริมาณเพคตินมากกว่าส่วนอื่นๆ โดยมีปริมาณ เพคตินร้อยละ 11.45±0.24, 9.92±0.24 และ 18.43±0.96 ในเปลือกฝรั่งพันธุ์กลมสาตี พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์กิมจู ตามลำดับ

เพคตินที่สกัดได้จากชิ้นส่วนของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองจัดเป็นชนิด High Methoxyl Pectin (HMP) คือมีปริมาณเมธอกซิลมากกว่าร้อยละ 8.16 โดยพบมากที่สุดในเปลือกฝรั่งคือร้อยละ 10.19±0.16 ซึ่งใกล้เคียงกับเพคตินมาตรฐาน ซึ่งมีปริมาณเมธอกซิลร้อยละ 10.25±0.00 ส่วนเพคตินที่สกัดได้จากชิ้นส่วนของฝรั่งพันธุ์กลมสาตีและพันธุ์กิมจู จัดเป็นเพคตินชนิด Low Methoxyl Pectin (LMP) คือมีปริมาณเมธอกซิลน้อยกว่าร้อยละ 8.16 นอกจากนี้ยังพบว่า ชิ้นส่วนต่างๆของฝรั่ง ทั้ง 3 พันธุ์ ส่วนใหญ่มีปริมาณกรดกาแลกทูโรนิกสูงกว่าหรือใกล้เคียงกับเพคตินมาตรฐานที่นำมาศึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัสดุดิบ

เปลือกมะละกอพันธุ์ดำเนิน รวบรวมจากร้านอาหารที่ใช้มะละกอเป็นวัสดุดิบ

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 Ethanol	70% , 95%
3.1.2.2 Na ₂ CO ₃	0.05 M
3.1.2.3 NaBH ₄	0.02 M
3.1.2.4 DI Water	(DIONIZED WATER)
3.1.2.5 HCl	0.25 , 0.5 M
3.1.2.6 NaOH	0.05 , 0.5 M
3.1.2.7 Carbazole	0.1%
3.1.2.8 Sulfuric acid conc.	96%
3.1.2.9 Phenolphthalein	

3.2 อุปกรณ์

- 3.2.1 Hot air oven
- 3.2.2 Hot plate stirrer
- 3.2.3 Tray Dry
- 3.2.4 Muffer furnace
- 3.2.5 UV / VIS Spectrometer
- 3.2.6 Crucible
- 3.2.7 Desicator
- 3.2.8 Aluminium can
- 3.2.9 Water Bath
- 3.2.10 desiccator
- 3.2.11 2 Digital Balance & 4 Digital Balance
- 3.2.12 Filter paper What Man No.1 , No.4
- 3.2.13 Thermometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.14 Grind (Powder Maker)

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 วิธีการเตรียมวัตถุดิบ

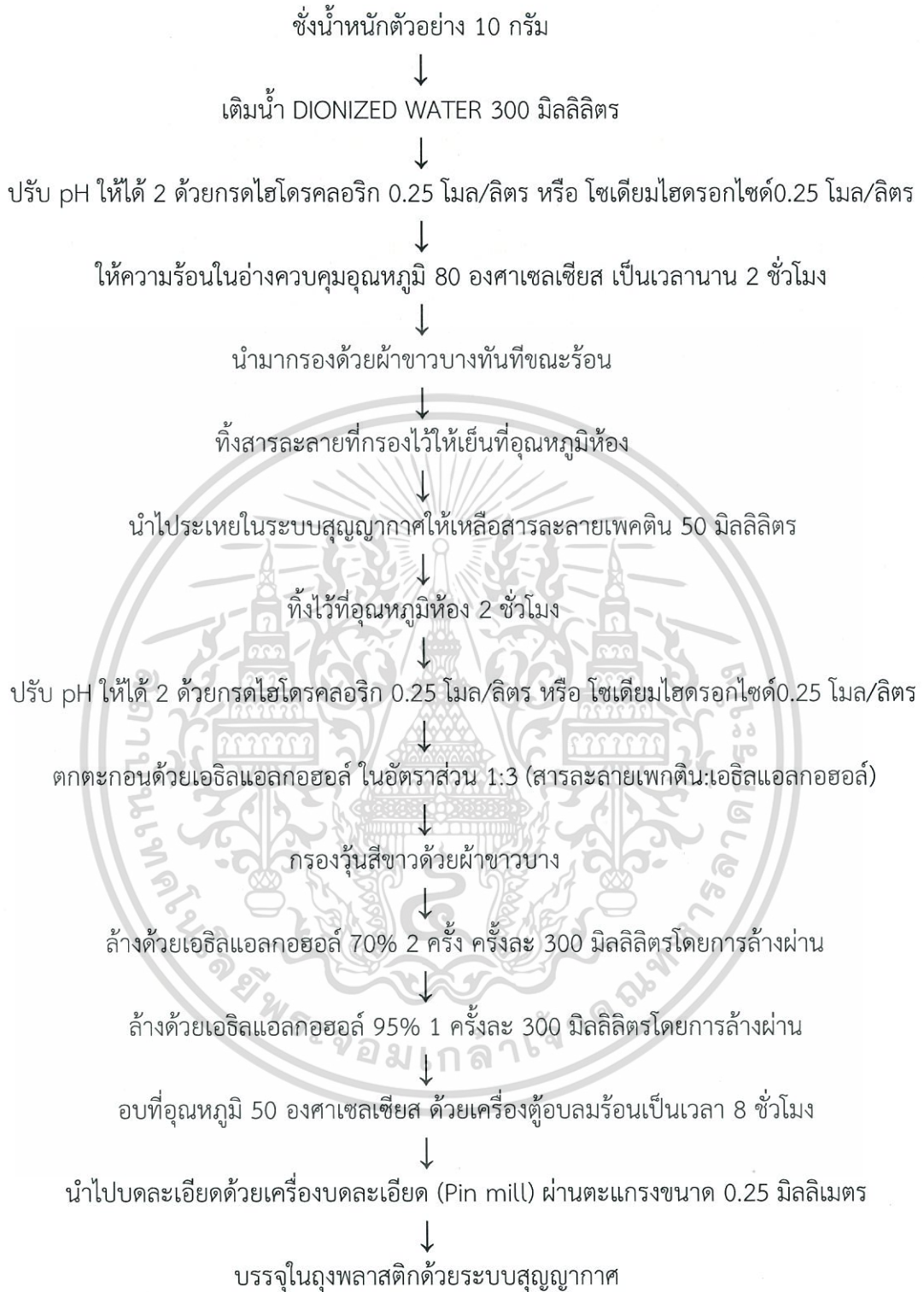
รวบรวมส่วนของเปลือกมะละกอตตามร้านอาหารทั่วไป นำมาล้างด้วยน้ำสะอาด สับให้มีขนาดประมาณ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำมาวางบนถาดตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อเปลือกมะละกอแห้งแล้วนำไปบดด้วย Powder Maker จากนั้นนำไปบรรจุในภาชนะปิดสนิทเก็บรักษาใน desiccators ไว้ใช้ในการสกัดเพคตินต่อไป

3.3.2 วิธีการสกัดเพคตินด้วยวิธีปกติ (conventional Method)

การสกัดเพคตินจากเปลือกมะละกอดิบครั้งนี้ได้ดัดแปลงมาจากวิธีการสกัดเพคตินจากเปลือกตาลดิบของ ศิวะเทพ เรืองพรหม และกิตติชัย บรรจง (2557) ดังภาพที่ 3.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 แผนภาพไหลสำหรับการสกัดเพคตินด้วยวิธีปกติ

3.3.3 วิธีการสกัดเพคตินด้วยการดัดแปลงวิธีการสกัดแบบแยกส่วน

การสกัดเพคตินจากเปลือกมะละกอดิบครั้งนี้ได้ดัดแปลงมาจากวิธีการสกัด เพคตินจากเปลือกมะละกอสุกของ Koubala และคณะ (2014)

3.3.3.1 ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 10 กรัม ที่เตรียมไว้ในข้อ 3.3.1

3.3.3.2 เติมน้ำ DIONIZED WATER ปริมาตร 300 มิลลิลิตร

3.3.3.3 ปรับ pH ให้ได้ 2 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.25 โมล/ลิตร หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.25 โมล/ลิตร

3.3.3.4 ให้ความร้อนด้วย Hot plate stirrer เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นโดยน้ำไหลผ่าน

3.3.3.5 กรองสารละลาย จะได้สารละลาย 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นน้ำและกาก

3.3.3.6 นำสารละลายส่วนที่เป็นน้ำมาตกตะกอนด้วยเอซิลแอลกอฮอล์ ในอัตราส่วน 1:3 (สารละลายเพคติน:เอซิลแอลกอฮอล์)

3.3.3.7 กรองวุ้นสีขาวด้วยผ้าขาวบาง

3.3.3.8 ล้างด้วยเอซิลแอลกอฮอล์ 70% 2 ครั้ง ครั้งละ 300 มิลลิลิตรโดยการล้างผ่าน

3.3.3.9 ล้างด้วยเอซิลแอลกอฮอล์ 95% 1 ครั้งละ 300 มิลลิลิตรโดยการล้างผ่าน จะได้ (Water soluble pectin)

3.3.3.10 นำกากส่วนที่เหลือ จากข้อ 3.3.2.5 มาผสมกับ Na_2CO_3 0.05 M 200 มิลลิลิตร กับ NaBH_4 0.02 M 100 มิลลิลิตร

3.3.3.11 พักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 16 ชั่วโมง แล้วพักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

3.3.3.12 กรองสารละลาย

3.3.3.13 นำสารละลายมาตกตะกอนด้วยเอซิลแอลกอฮอล์ ในอัตราส่วน 1:3 (สารละลายเพคติน:เอซิลแอลกอฮอล์)

3.3.3.14 กรองวุ้นสีขาวด้วยผ้าขาวบาง

3.3.3.15 ล้างด้วยเอซิลแอลกอฮอล์ 70% 2 ครั้ง ครั้งละ 300 มิลลิลิตรโดยการล้างผ่าน

3.3.3.16 ล้างด้วยเอซิลแอลกอฮอล์ 95% 1 ครั้งละ 300 มิลลิลิตรโดยการล้างผ่าน

จะได้ (Sodium - Carbonate soluble pectin)

3.3.3.17 นำเพคตินจากข้อ 3.3.2.9 และข้อ 3.3.2.16 มาอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องตู้อบลมร้อนเป็นเวลา 8 ชั่วโมง

3.3.3.18 นำไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียด (Pin mill) ผ่านตะแกรงขนาด 0.25 มิลลิเมตร

3.3.3.19 บรรจุในถุงพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ

3.3.4 การวิเคราะห์หาคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้

3.3.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้า

วิธีการวิเคราะห์หาความชื้นและเถ้าใช้วิธีของ AOAC (1990) วิธีวิเคราะห์หาเถ้า ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง เพคติน 2 กรัม ใส่ในภาชนะที่อบแห้งแล้ว (น้ำหนักคงที่) นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่นำไปใส่ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่เหลือ นำค่าที่ได้ไปคำนวณปริมาณความชื้น

วิธีการวิเคราะห์หากล้า เผาครูซิเบล ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักครูซิเบล ชั่งตัวอย่างใส่ในครูซิเบล 3 กรัม เผาตัวอย่างจนหมดควันนำกล้าที่ได้มาเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้กล้าสีขาว นำไปทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนักกล้า นำไปคำนวณหาปริมาณกล้า

$$\text{ปริมาณกล้า (\%)} = \frac{W2 - W1}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

โดย W1 คือ น้ำหนักถ้วย

W2 คือ น้ำหนักถ้วย + น้ำหนักตัวอย่างหลังการเผา

3.3.4.2 การวิเคราะห์หาระดับการเกิดเอสเทอร์

การวิเคราะห์หาระดับการเกิดเอสเทอร์ (degree of esterification, DE) ใช้วิธีของ Rangana (1977) ชั่งเพคติน 0.5 กรัม เติมเอทานอล 2 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ 100 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน หยดฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด ไทเทรตด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ บันทึกผลครั้งที่ 1 เติมสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าจนสีชมพูหายไป เติมฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด ไทเทรตด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ จนสีชมพูเริ่มปรากฏ บันทึกผลครั้งที่ 2 นำมาคำนวณหาค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ (DE) จากสูตร

$$\% \text{ DE} = \frac{\text{NaOH volume 2}}{\text{NaOH volume 1} + \text{NaOH volume 2}} \times 100$$

3.3.4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกจะใช้วิธีของ Rangana (1977) ชั่งเพคติน 0.01 กรัม นำมาละลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.05 นอร์มอล(N) ในบีกเกอร์ 100 มิลลิลิตรตั้งทิ้งไว้ 25 นาที ปิเปตสารละลาย 2 มิลลิลิตรเจือจางด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายที่เตรียมไว้ 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองและเติมคาร์บาซอล (carbazole) ความเข้มข้น 0.1% จำนวน 1 มิลลิลิตร หลังจากนั้น เติมกรดกำมะถันเข้มข้น 98% ปริมาตร 12 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 25 นาที นำไปวัด ค่าดูดกลืนแสง โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (UV/VIS spectrometer Shimadzu UV-1601, Japan) ที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร แล้วเปรียบเทียบปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกกับกราฟมาตรฐาน

3.4 แผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

3.4.1 การทดลองเปรียบเทียบผลผลิตเพศดินที่สกัดได้ จากวิธีปกติ และการดัดแปลงวิธีการสกัดแบบแยกส่วน โดยเปรียบเทียบระหว่าง การสกัดแบบปกติ, การสกัดแบบแยกส่วนชั้น WSP, การสกัดแบบแยกส่วนชั้น NSP และการสกัดแบบแยกส่วนรวมทั้งสองชั้น โดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ใช้โปรแกรม SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95% ($P \leq 0.05$)

3.4.2 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบคุณสมบัติของเพศดินที่สกัดได้ โดยเปรียบเทียบระหว่างเพศดินจากวิธีปกติ, เพศดินจากวิธีแยกส่วนชั้น WSP, เพศดินจากวิธีแยกส่วนชั้น NSP และเพศดินเกรดอาหาร โดยวิเคราะห์ค่าต่างๆได้แก่ ปริมาณความชื้น, ปริมาณเถ้า, ปริมาณ เมธอกซิล และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก โดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ใช้โปรแกรม SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95% ($P \leq 0.05$)



บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

ในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินจากผงเปลือกมะละกอดิบพันธุ์ดำเนินแห้ง โดยเปรียบเทียบ 2 วิธี คือ วิธีการสกัดแบบมาตรฐาน ด้วยการตกตะกอนเพคตินครั้งเดียว และวิธีการสกัดแบบแยกส่วนโดยการตกตะกอนเพคตินสองครั้ง โดยใช้ผงเปลือกมะละกอแห้งผสมน้ำที่ปราศจากไอออน ในอัตราส่วน ผงเปลือกมะละกอแห้ง ประมาณ 10 กรัม ต่อน้ำปราศจากไอออน 300 มิลลิลิตร ทำการสกัด และทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้จากผงเปลือกมะละกอแห้ง โดยหาปริมาณผลผลิตเพคตินที่สกัดได้ (Yield) ปริมาณความชื้น (Moisture content) ปริมาณเถ้า (Ash content) ค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (Degree of esterification, DE) เพื่อจำแนกชนิดของเพคติน และค่าปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก (Galacturonic acid ,Gal A) ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการเปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินจากผงเปลือกมะละกอแห้ง

การทดลองเปรียบเทียบผงเปลือกมะละกอดิบพันธุ์ดำเนินแห้ง โดยเปรียบเทียบ 2 วิธี คือ วิธีการสกัดแบบมาตรฐาน ด้วยการตกตะกอนเพคตินครั้งเดียว และวิธีการสกัดแบบแยกส่วนโดยการตกตะกอนเพคตินสองครั้ง ได้ปริมาณเพคตินร้อยละ 9.64 และ 13.46 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) โดยค่าผลผลิต เพคตินมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการสกัดแบบมาตรฐาน ด้วยการตกตะกอนเพคตินครั้งเดียว และวิธีการสกัดแบบแยกส่วนโดยการตกตะกอนเพคติน 2 ครั้ง

ตารางที่ 4.1 ผลของวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี ที่มีต่อผลผลิตเพคติน

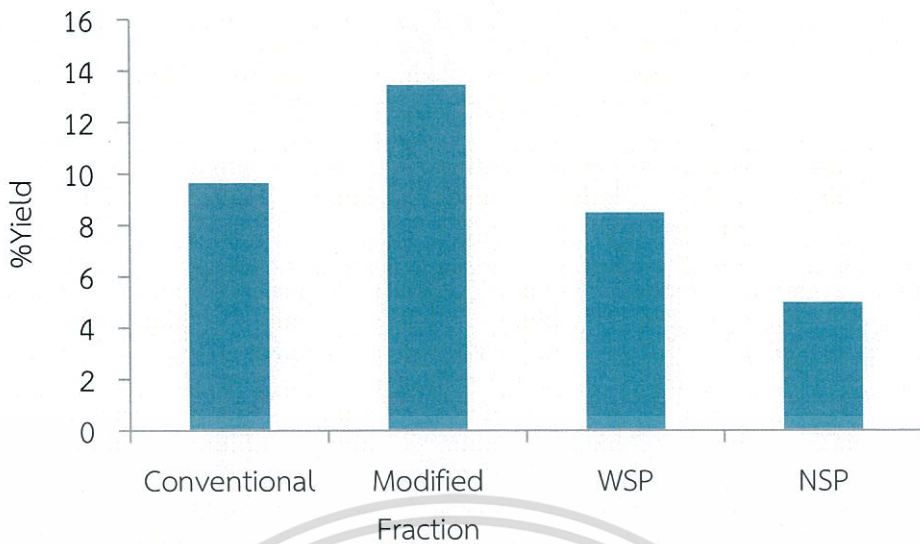
Extraction methods	Yield (%)
Conventional	9.64 ± 2.27 ^b
Modified Fraction	13.46 ± 2.35 ^a
- WSP	8.48 ± 2.11 ^b
- NSP	4.98 ± 0.60 ^c

หมายเหตุ a,b,c ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

WSP ผลของเพคตินที่ได้จากการตกตะกอนขั้นที่1 จากวิธีการสกัดแบบแยกส่วน

NSP ผลของเพคตินที่ได้จากการตกตะกอนขั้นที่2 จากวิธีการสกัดแบบแยกส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงค่าปริมาณผลผลิตเพคตินจากวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี

4.2 คุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้จากผงเปลือกมะละกอแห้งเมื่อเทียบกับเพคตินเกรดอาหาร

การวิเคราะห์หาคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้จากผงเปลือกมะละกอแห้งทั้ง 2 วิธีเมื่อเทียบกับเพคตินเกรดอาหาร ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.2 ผลของวิธีการสกัดทั้ง 2 วิธี ที่มีต่อคุณสมบัติต่างๆ

Property of Pectin (%)	Extraction methods			Food Grade Pectin
	Conventional	Modified Fraction		
	STD	WSP	NSP	
Moist	6.87 ± 0.96 ^b	5.92 ± 0.16 ^b	6.11 ± 0.18 ^b	8.73 ± 0.14 ^a
Ash	6.22 ± 0.17 ^b	6.36 ± 0.06 ^b	9.64 ± 0.29 ^c	1.86 ± 0.01 ^a
DE	40.62 ± 3.13 ^c	57.51 ± 2.63 ^b	ND	66.88 ± 5.89 ^a
Gal A	38.42 ± 1.82 ^b	38.49 ± 9.35 ^b	38.75 ± 5.1 ^b	58.75 ± 3.73 ^a

หมายเหตุ a, b, c ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ND คือ Not-Detect ไม่สามารถตรวจได้

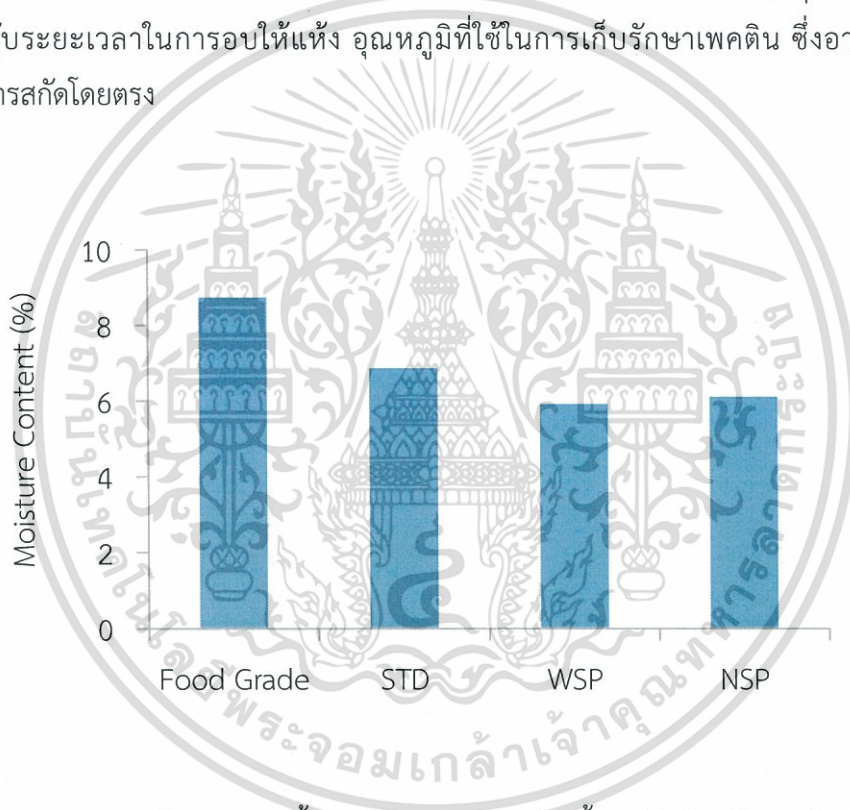
WSP ผลของเพคตินที่ได้จากการตกตะกอนขั้นที่ 1 จากวิธีการสกัดแบบแยกส่วน

NSP ผลของเพคตินที่ได้จากการตกตะกอนขั้นที่ 2 จากวิธีการสกัดแบบแยกส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ปริมาณความชื้นของเพคติน

จากภาพที่ 4.2 แสดงปริมาณความชื้นจากวิธีการสกัดเพคตินจากผงเปลือกมะละกอแห้งที่ได้จากการสกัดโดยวิธีการสกัดแบบมาตรฐานโดยการตกตะกอนครั้งเดียวและวิธีการสกัดแบบแยกส่วนโดยการตกตะกอน 2 ครั้ง เมื่อนำผลไปวิเคราะห์ ตาราง ANOVA จะได้ว่ามีปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งการสกัดวิธีมาตรฐานโดยการตกตะกอนครั้งเดียวมีค่าเท่ากับ 6.87 และวิธีการสกัดแบบแยกส่วนโดยการตกตะกอน 2 ครั้งมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 5.92 (การตกตะกอนในชั้นที่ 1 หรือ WSP) , 6.11 (การตกตะกอนในชั้นที่ 2, NSP) และเมื่อนำเพคตินที่ได้จากกระบวนการสกัดทั้ง 2 วิธีเปรียบเทียบกับเพคตินเกรดอาหาร ที่มีหมู่เมธอกซิลสูง (HMP) ผลที่ได้คือปริมาณความชื้นที่มี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) มีค่าเท่ากับ 8.73 เนื่องจากเพคตินควรมีความชื้นต่ำเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของเพคติน ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการอบให้แห้ง อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาเพคติน ซึ่งอาจไม่ขึ้นอยู่กับกระบวนการวิธีการสกัดโดยตรง

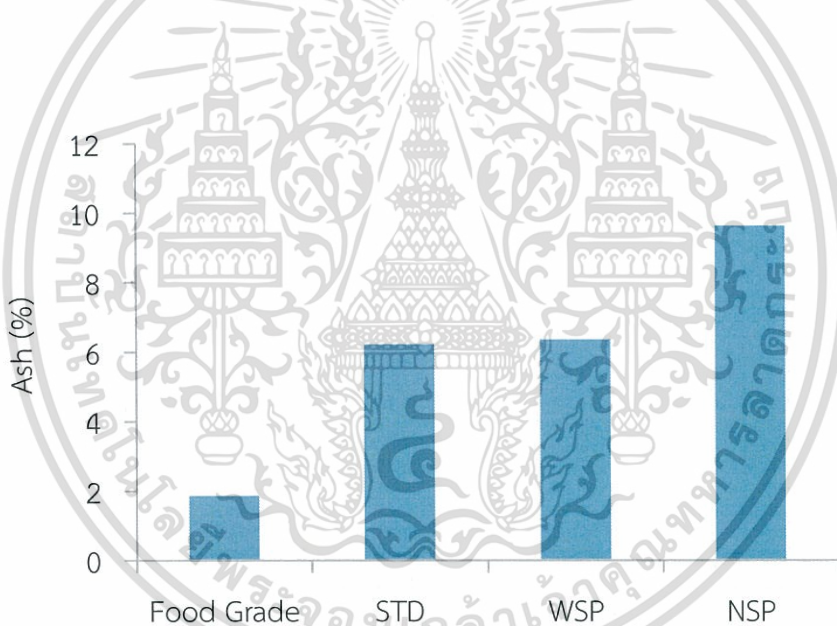


ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงค่าปริมาณความชื้นจากวิธีการสกัดเพคตินทั้ง 2 วิธีเทียบกับเพคตินเกรดอาหาร

4.2.2 ปริมาณเถ้าของเพคติน

จากภาพที่ 4.3 แสดงค่าปริมาณของเถ้าที่มีในเพคตินที่สกัดได้จาก 2 วิธี ซึ่งจะได้เพคตินทั้งหมด 3 ตัว คือเพคตินจากวิธีมาตรฐานโดยการตกตะกอนครั้งเดียว (STD) และวิธีการสกัดแบบแยกส่วนโดยการตกตะกอน 2 ครั้ง การตกตะกอนในขั้นที่ 1 (WSP) และในการตกตะกอนในขั้นที่ 2 (NSP) ได้ปริมาณเถ้ามีค่าเท่ากับ 6.22 , 6.36 และ 9.64 ตามลำดับ เมื่อนำผลไปวิเคราะห์ ตาราง ANOVA จะได้ว่าปริมาณเถ้าของ STD และ WSP มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนค่าเถ้าของ NSP มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) จาก STD และ WSP และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเถ้าของเพคตินที่สกัดได้ทั้ง 3 ตัวกับเพคตินเกรดอาหาร ซึ่งมีค่าเถ้าเท่ากับ 1.86 ผลวิเคราะห์ปรากฏว่า ค่าเถ้าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

ถึงแม้ว่าค่าเถ้าของเพคตินที่สกัดได้จะมีค่ามากกว่าเพคตินเกรดอาหาร อย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่าเถ้าที่ได้ยังอยู่ในมาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาซึ่งสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยากำหนดไว้ว่าค่าเถ้าของเพคตินต้องไม่เกิน 10%



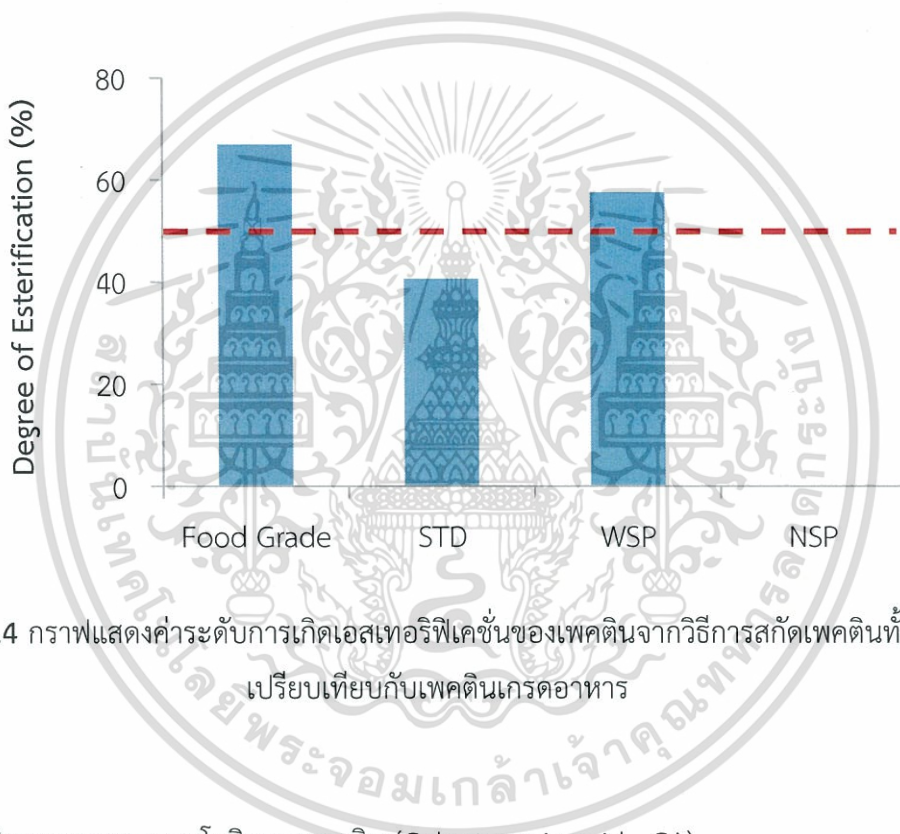
ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงค่าปริมาณเถ้าจากวิธีการสกัดเพคตินทั้ง 2 วิธีเปรียบเทียบกับเพคตินเกรดอาหาร

4.2.3 ค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันของเพคติน

จากภาพที่ 4.4 แสดงค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันจากสกัดเพคตินทั้ง 2 วิธี โดยที่เพคตินจากวิธีมาตรฐานโดยการตกตะกอนครั้งเดียว (STD) มีค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันเท่ากับ 40.62 จัดเป็นเพคตินประเภท Low Methoxyl Pectin วิธีการสกัดแบบแยกส่วนโดยการตกตะกอน 2 ครั้ง การตกตะกอนในขั้นที่ 1 (WSP) มีค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันเท่ากับ 57.51 จัดเป็นเพคตินประเภท High Methoxyl Pectin และในการตกตะกอนในขั้นที่ 2 (NSP) และเพคตินเกรดอาหารมีค่าเท่ากับ 66.88 จัดเป็นเพคตินประเภท High Methoxyl Pectin อย่างไรก็ตามเถ้าที่มากเกินไปอาจทำให้คุณภาพของเพคตินลดลง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

High Methoxyl Pectin การแบ่งประเภทว่าเป็นเพคตินประเภท Low Methoxyl Pectin หรือ High Methoxyl Pectin แบ่งได้จากค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันหากมีค่ามากกว่า 50 จะจัดว่าเป็นประเภท High Methoxyl Pectin ซึ่งเมื่อนำค่าดังกล่าวไปวิเคราะห์ผล ตาราง ANOVA จะได้ว่า เพคตินที่ได้จากการสกัดจากทั้ง 2 วิธี และเพคตินเกรดอาหารมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เพคตินที่ได้จากวิธีการสกัดแบบแยกส่วน เพคตินจากการตกตะกอนครั้งที่ 2 ในการตรวจไม่ปรากฏผลของค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน ซึ่งผลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับผลการทดลองของ Koubala และคณะ (2014) รายงานผลการหาค่าระดับเอสเทอร์ฟิเคชันของการสกัดของ NSP ว่ามีน้อยมากจนไม่สามารถตรวจพบได้เช่นกัน



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันของเพคตินจากวิธีการสกัดเพคตินทั้ง 2 วิธี เปรียบเทียบกับเพคตินเกรดอาหาร

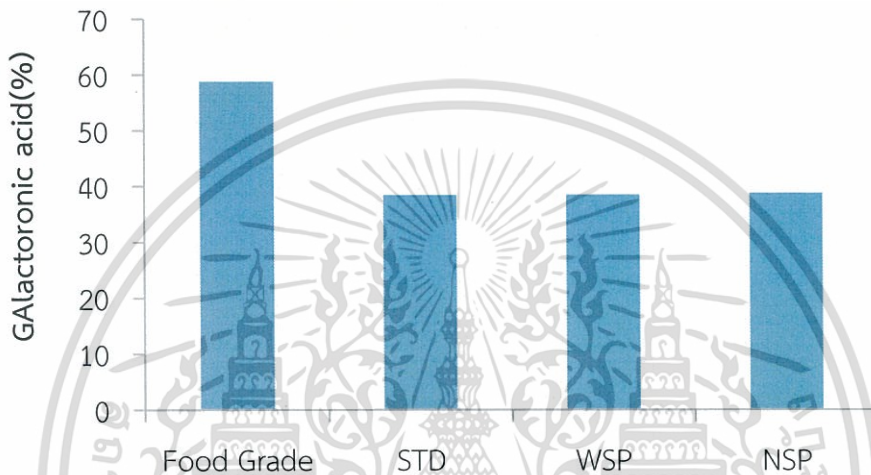
4.2.4 ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคติน (Galacturonic acid , GA)

จากภาพที่ 4.5 แสดงค่าของปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคตินที่สกัดมาได้และเพคตินเกรดอาหาร ซึ่งเพคตินที่ได้จากการสกัดจาก 2 วิธี มีค่าปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกเท่ากับ 38.42 , 38.49 และ 38.75 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ ตาราง ANOVA พบว่าเพคตินที่สกัดได้จากทั้ง 2 วิธีค่าปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเพคตินเกรดอาหาร ที่มีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกเท่ากับ 58.75 ผลทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

เป็นที่น่าแปลกใจคือ เพคตินที่ได้จากการสกัดจากวิธีการสกัดแบบแยกส่วนในการตกตะกอนครั้งที่ 2 (NSP) มีปริมาณของกรดกาแลคทูโรนิกที่ใกล้เคียงกับเพคตินตัวอื่นๆที่สกัดได้ ทั้งๆที่ไม่สามารถตรวจพบค่า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน ซึ่งผลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับผลการทดลองของ Koubala และคณะ (2014) มีการตรวจพบค่าปริมาณของกรดกาแลคทูโรนิกในขั้นตอนการสกัดของ NSP เช่นเดียวกัน

ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคตินที่ได้จากการสกัดอยู่ในข้อกำหนดมาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ที่กำหนดไว้ไม่ต่ำกว่า 35% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิวะเทพ เรืองพรหม และ กิตติชัย บรรจง (2557) การเปรียบเทียบคุณลักษณะของเพคติน และผลผลิตของ เพคตินจากเปลือกตาลดิบที่ใช้แอลกอฮอล์นำกลับมาใช้ใหม่ทดแทนเอธิลแอลกอฮอล์ 95% ในขั้นตอนการตกตะกอน



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคตินจากวิธีการสกัดเพคตินทั้ง 2 วิธี เปรียบเทียบกับเพคตินเกรดอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผล

จากการทดลองครั้งนี้ได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินจากผงเปลือกมะละกอดิบ พันธุ์ดำเนินแห้ง โดยเปรียบเทียบ 2 วิธี คือ วิธีการสกัดแบบมาตรฐานโดยการตกตะกอนเพคตินครั้งเดียว และวิธีการสกัดแบบแยกส่วนโดยการตกตะกอนเพคตินสองครั้ง โดยทำการสกัด และทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้จากผงเปลือกมะละกอ ซึ่งสรุปได้ผลการทดลองดังนี้

5.1.1 ปริมาณผลผลิตของเพคตินทั้ง 2 วิธี พบว่าวิธีที่นำมาใช้สกัดทั้ง 2 วิธีมีผลต่อปริมาณผลเพคตินที่สกัดได้ โดยที่วิธีการสกัดแบบแยกส่วนโดยการตกตะกอนครั้ง 2 ได้ปริมาณผลผลิตของเพคตินมากกว่าวิธีการสกัดแบบมาตรฐานโดยการตกตะกอนครั้งเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยที่วิธีการสกัดแบบแยกส่วนโดยการตกตะกอนครั้ง 2 ซึ่งได้ปริมาณผลผลิตเพคตินร้อยละ 8.48 , 4.98 ซึ่งรวมเป็นปริมาณผลผลิตที่ได้จากการ สกัดด้วยวิธีแยกส่วนโดยการตกตะกอน 2 ครั้งมีค่าเท่ากับ 13.46 ส่วนวิธีการสกัดแบบมาตรฐานโดยการตกตะกอนเพคตินครั้งเดียว ปริมาณผลผลิตที่ได้มีค่าเท่ากับ 9.64 ปริมาณผลผลิตเพคตินจะได้จากขั้นตอนในการสกัดเพคติน ซึ่งจะมีค่ามากหรือน้อย จะขึ้นอยู่กับกระบวนการสกัด เวลาที่ใช้ในการสกัด อุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัด และตัวทำละลายในการสกัด (Yeoh และคณะ, 2008)

5.1.2 ปริมาณความชื้นของเพคตินที่สกัดได้จากทั้ง 2 วิธีมีค่าอยู่ในช่วง 5.92 - 6.87 ซึ่งความชื้นที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ความชื้นมีผลต่อการเสื่อมเสียของเพคตินโดยเฉพาะการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ ซึ่งกระทบต่ออายุการเก็บรักษาเพคตินที่มีความชื้นหรือปริมาณน้ำสูงจะเป็นเพคตินที่ เสื่อมเสียง่าย เนื่องจากมีสภาวะเหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เพคตินเสื่อมเสีย (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2552)

5.1.3 ปริมาณเถ้าที่ของเพคตินทั้ง 2 วิธี อยู่ในช่วง 6.22 - 9.64 ปริมาณเถ้าสามารถทำให้ลดลงได้โดยการตกตะกอนด้วยเอทานอลซ้ำหลายๆครั้งหรือเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร่วมกันกับการใช้เอทานอลในขั้นตอนการตกตะกอนเพื่อให้ได้ตะกอนเพคติน เนื่องจากมีการวิจัยพบว่า การใช้เอทานอลเพียงอย่างเดียวในการตกตะกอน จะได้สารที่ไม่ใช่เพคตินตกตะกอนมาด้วย เช่น เฮมิเซลลูโลส รวมทั้งมีเถ้าปนมามาก อย่างไรก็ตาม เพคตินที่ตกตะกอนด้วย เอทานอลซ้ำหลายๆ ครั้งจะมีความบริสุทธิ์มากขึ้นและการตกตะกอนเพคตินด้วยเอทานอลที่มี กรดไฮโดรคลอริกอยู่ด้วยสามารถลดปริมาณเถ้าที่ปนออกมาในตะกอนเพคตินได้ (องอาจ เต็ดดวง, 2553)

5.1.4 ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน เพคตินที่ได้จากวิธีมาตรฐานโดยการตกตะกอนครั้งเดียว(STD) มีค่าระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันน้อยกว่า 50 จัดเป็นเพคตินประเภท Low Methoxyl Pectin เพคตินที่ได้จากวิธีการสกัดแบบแยกส่วนโดยการตกตะกอน 2 ครั้ง การตกตะกอนในขั้นที่ 1 (WSP) มีค่าระดับการเกิด เอสเทอร์ฟิเคชันสูงกว่า 50 จัดเป็นเพคตินประเภท High Methoxyl Pectin อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเตอรืฟิเคชันมากกว่า 50 จัดเป็นเพคตินประเภท High Methoxyl Pectin และในการตกตะกอนในชั้นที่ 2 (NSP) ไม่สามารถตรวจหาค่าระดับการเกิดเอสเตอรืฟิเคชันได้ และเพคตินเกรดอาหารมีค่าระดับการเกิดเอสเตอรืฟิเคชันมากกว่า 50 จึงจัดเป็นเพคตินประเภท High Methoxyl Pectin ซึ่งการแบ่งประเภทว่าเป็นเพคตินประเภท Low Methoxyl Pectin หรือ High Methoxyl Pectin แบ่งได้จากค่าระดับการเกิด เอสเตอรืฟิเคชันหากมีมีค่ามากกว่า 50 จะจัดว่าเป็นประเภท High Methoxyl Pectin เนื่องจากเพคตินจากการตกตะกอนครั้งที่ 2 ในการตรวจไม่ปรากฏผลของค่าระดับการเกิดเอสเตอรืฟิเคชัน ความสอดคล้องกับผลการทดลองของ Koubala และคณะ (2014) รายงานผลการหาค่าระดับเอสเตอรืฟิเคชันของการสกัดของ NSP ว่ามีน้อยมากจนไม่สามารถตรวจพบได้เช่นกัน

5.1.5 ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกอยู่ในช่วง 38.49 - 38.75 ซึ่งค่าปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกเป็นค่าที่สอดคล้องกับค่าระดับการเกิดเอสเตอรืฟิเคชัน เพคตินจากการสกัดโดยวิธีแยกส่วน ในขั้นของการตกตะกอนครั้งที่ 2 ไม่สามารถตรวจพบระดับการเกิดเอสเตอรืฟิเคชัน แต่กลับมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกใกล้เคียงกับเพคตินตัวอื่นๆ Mukhiddinov และคณะ (2000) เพคตินที่มีสูตรโครงสร้างเป็นกรดกาแลคทูโรนิกที่ไม่มีหมู่เมธอกซิลในโครงสร้าง จะประกอบด้วยหน่วยของกรดกาแลคทูโรนิกที่เชื่อมต่อกันอย่างเดี่ยว เพคตินชนิดนี้จะไม่สามารถเกิดเจลได้ทุกสภาวะ

ดังนั้นวิธีการสกัดแบบแยกส่วนสามารถสกัดผลผลิตเพคตินออกมาได้มากกว่าวิธีมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากสามารถสกัดเพคตินออกมาได้ 2 ส่วน สามารถได้เพคตินที่เป็นประเภท High Methoxyl Pectin (HMP)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 จากการทำการทดลอง การผสมผงเปลือกมะละกอด่อน้ำปราศจากไอออน ในอัตราส่วน 1:30 จะทำให้มีสารละลายก่อนนำมาตกตะกอนเพคตินปริมาณมาก ซึ่งอาจไม่เข้มข้นเท่าที่ควร เมื่อเวลานำมาระเหยต้องเสียเวลาในการระเหยค่อนข้างนาน ทำให้เสียเวลาและพลังงานในการระเหยเป็นอย่างมาก ซึ่งอาจลดสัดส่วนในการทำลงมาเป็น 1:15 เพื่อให้เหลือสารละลายที่เข้มข้นขึ้น

5.2.2 เปลือกมะกอกเป็นพืชที่มีสีผลเป็นสีเขียว เมื่อนำมาสกัดเพคติน จะทำให้ได้สีเพคตินที่มีสีเขียว การทำขั้นตอน AIR isolation (alcohol insoluble residue , AIR) คือขั้นตอนที่กำจัดเม็ดสี น้ำตาล ไขมัน ที่อยู่ในเปลือกให้น้อยลง (Koubala , 2014)

5.2.3 ในขั้นตอนการบดผงเปลือกมะละกอก การบดด้วยเครื่องบด Powder Maker อาจทำให้ขนาดผงเปลือกมีขนาดเล็กมากจนเกินไป จนอาจทำให้เมื่อนำมาสกัดและกรอง อาจมีผงเปลือกหลุดไปปะปนกับสารละลายที่จะนำมาตกตะกอนจนทำให้เพคตินที่ได้มีความบริสุทธิ์น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 ในขั้นตอนการล้างตะกอนเพคตินควรล้างด้วยเอทานอล 70% ก่อนใช้เอทานอล 95% ล้างอีกที เพื่อเป็นการประหยัดเอทานอลที่ใช้

5.2.5 การกรองกากผงเปลือกมะละกอสามารถดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอนโดยใช้ผ้าขาวบางในการกรองกากก่อนในขั้นต้น เพื่อนำกากขนาดใหญ่ ๆ ออกก่อนเพื่อง่ายต่อการกรองกากขนาดเล็กด้วยกระดาษกรอง เพื่อให้สารสกัดที่ได้ไม่มีการปนเปื้อนจากผงเปลือกมะละกอและเป็นการประหยัดกระดาษกรองที่ใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- ชวนิษฐ์ สิทธิดิตรัตน, พิลาณี ไวถนอมสตัย , จิราพร เชื้อกุล และปรีศนา สิริอาช. 2548. การผลิตเพคตินจากเปลือกและกากผลส้มเหลืองทิ้ง. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชินานาฏ วิทยาประการ และสมัชญ์ ทวีเกษมสมบัติ. 2555. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุทางการเกษตร. สาขาวิทยาศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- ธนาวรรณ สุขเกษม. 2556. การสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลี (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) ฤทธิ์ยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus* sp. ในอาหารสัตว์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- ปรัชญา โรจนการกุล และ มงคล ตั้งศรีตระกูล. 2543. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากกากฝรั่ง. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พิเชษฐ เทบารุง. 2546. การหาปริมาณและคุณภาพของเพคตินจากใบหมาน้อย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- พันธุ์เลิศ พรหมสาขา ณ สกลนคร, อนุวัตร แจ่มชัด และ กมลวรรณ แจ่มชัด. 2554. การพัฒนากระบวนการผลิตเพคตินจากใบเครือหมาน้อย. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2548. ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากเพคติน วว. ลดโคเลสเตอรอล. จดหมายข่าว วว. 8(5): 10.
- สุนันท์ วิทิตสิริ. 2557. การเปรียบเทียบปริมาณเพกทิน จากซึ่งขนุนหนึ่งจำปากรอบ โดยการสกัดด้วยน้ำร้อนและความดันไอสูง. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 9:2 (95-112).
- สุธิดา ทองคำ และ พูนศิริ ทิพย์เนตร. 2555. การสกัดเพคตินจากจาวตาลและเมล็ดตาลอ่อน. วารสารวิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. 8:1 (45-51).
- สรารัตน์ เพิ่มจิตร และ สลิสพร คงเจริญนวัต. 2557. การสกัดและคุณสมบัติของเพคตินจากมันแกว. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ศิวะเทพ เรืองพรหม และกิตติชัย บรรจง. 2557. การเปรียบเทียบคุณลักษณะและผลผลิตของเพคตินจากเปลือกตาลดิบที่ใช้แอลกอฮอล์ นำกลับมาใช้ใหม่ทดแทนเอธิลแอลกอฮอล์ 95% ในขั้นตอนการตกตะกอนและการล้าง. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 32:1 (50-58).
- องอาจ เต็ดดวง. 2553. การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดและเพคตินมาตรฐานสารนิพนธ์ กศ.ม. (เคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- AOAC 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17th ed. Association of official Analytical Chemists, Inc., Arlington.
- Koubala, B.B., Christiaens, S., Kansci, G., Van Loey, A.M. and Hendrickx, M.E. 2014. Isolation and structural characterisation of papaya peel pectin. Food Research International. 55: 215–221.
- Boonrod, D., Reanma, K. and Niamsup, H. 2006. Extraction and Physicochemical

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Characteristics of Acid-Soluble Pectin from Raw Papaya (*Caricapapaya*) Peel. *Journal Science*. 33(1) : 129-135.
- Ismail, N.S.M., Ramli, N., Hani, N.M. and Meon, Z. (2012) Extraction and Characterization of Pectin from Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) using Various Extraction Conditions. *Sains Malaysiana* 4: 41-45.
- Houben, K., Jolie, R.P., Van Loey, A.M. and Hendrickx, M.E. 2011. Comparative study of the cell wall composition of broccoli, carrot, and tomato: Structural characterization of the extractable pectins and hemicelluloses. *Carbohydrate Research*. 346: 1105–1111.
- Kertesz, Z.I. 1951. *The Pectin Substances*. New York: Interscience Publishers.
- Mariam, B. 2008. Plant genetic engineering for biofuel production. *Nature Reviews Genetics*. 9: 433-443.
- May, C.D. 1997. Pectina In: *Thickening and Gelling Agents for Food*. Ed. Imeson, A. Chapman & Hall, New York 230-261.
- Michel, F., Doublier, J.L. and Thibault, J. F. 1982. Investigation on High Methoxyl pectins Potentiometry and viscometry. *Progress in Food Nutrition Science* 6: 367.
- Mukhiddinov, Z.K., Khalikov, D.Kh., Abdusamiev, F.T. and Avloev, Ch.Ch. 2000. Isolation and structural characterization of a pectin homo and ramnogalacturonan. *Talanta*. 53: 171-176.
- Ranganna, S. (1977). *Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products*. 2nd ed. Newdelhi. Tata McGraw Hill Publishing Co.
- Ridley, B.L., Oneill, M.A. and Mohnen, D. 2001. Pectins: structure, biosynthesis and oligogalacturonide-related signaling. *Phytochemistry*. 57: 929-967.
- Yeoh, S., Shi, J. and Langrish, T.A.G. (2008). Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels. *Desalination* 218: 229-237.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ก.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

วิธีการวิเคราะห์

1. นำ Aluminium can ออบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 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

$$\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} = 2.0092 \text{ กรัม}$$

$$\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ} = 1.8832 \text{ กรัม}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นในตัวอย่าง} = \frac{2.0092 - 1.8832}{2.0092} \times 100$$

$$= 6.27 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

วิธีการวิเคราะห์

1. เเผาถ้วยกระเบื้อง (crucible) ที่แห้งและสะอาดในเตาเผาที่ 550 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งน้ำหนักละเอียด บันทึกน้ำหนัก
2. ชั่งตัวอย่างที่บดแล้วประมาณ 3.0000 กรัม ใส่ลงในถ้วยกระเบื้อง (crucible)
3. เเผาตัวอย่างบน hot plate (ทำในตู้ดูดควัน) จนกระทั่งหมดควัน
4. นำไปเผาในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 3-4 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาว
5. คีบถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผา ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) แล้วชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้อง
6. คำนวณเปอร์เซ็นต์เถ้าจากสูตร

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

ตัวอย่างการคำนวณ

$$\text{น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง} = 24.0154 \text{ กรัม}$$

$$\text{น้ำหนักหลังเผาตัวอย่าง} = 24.2251 \text{ กรัม}$$

$$\text{น้ำหนักตัวอย่าง} = 3.0079 \text{ กรัม}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นในตัวอย่าง} = \frac{24.2251 - 24.0154}{3.0079} \times 100$$

$$= 6.97 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 การวิเคราะห์ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน, DE (Rangana, 1997)

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักเพคตินผงใส่ลงในขวดรูปชมพู่ 3 ขวด ขวดละ 0.5 กรัม
2. เติมเอซิดแอลกอฮอล์ลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 2 มิลลิลิตร
3. ละลายด้วยน้ำที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ ขวดละ 100 มิลลิลิตร
4. คนให้เข้ากัน แล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีนลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 5 หยด
5. นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 1
6. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าแรงๆทิ้งไว้ 15 นาที
7. เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าจนสีชมพูจางหายไป
8. เติมฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์จนสีชมพูเริ่มปรากฏ แล้วบันทึกผลปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 2
9. คำนวณหาร้อยละของ Degree of Esterification (%DE) จากสูตรด้านล่างนี้

$$\% DE = \frac{\text{NaOH volume 2}}{\text{NaOH volume 1} + \text{NaOH volume 2}} \times 100$$

ตัวอย่างการคำนวณ

$$\begin{aligned} \% DE &= \frac{1.9}{1.7+1.9} \times 100 \\ &= 52.77 \% \end{aligned}$$

หมายเหตุ : NaOH volume 1 คือ ปริมาตรที่ไทเทรตด้วยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ครั้งที่ 1

NaOH volume 2 คือ ปริมาตรที่ไทเทรตด้วยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.4 วิเคราะห์หาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก (Rangana, 1997)

วิธีการวิเคราะห์

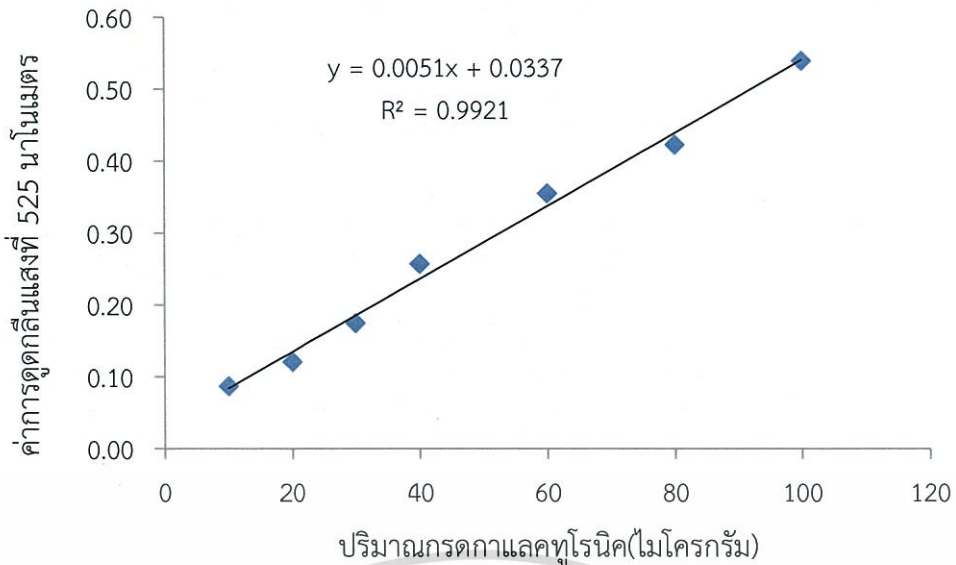
4.1 การทำกราฟมาตรฐาน

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
6. เติมสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 12 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอด เขย่าให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ 25 นาที
7. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร แล้วสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าดูดกลืนแสง

4.2 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. 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวก ก.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกและค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร

การคำนวณ

สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐาน $y = ax + b$

เมื่อ y คือ ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

a คือ ค่าความชันของเส้นกราฟ

x คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานหลังจากหักลบ Blank

คำนวณค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่างเช่นเดียวกับสารละลายมาตรฐาน ทำให้ได้ค่า x นำไปแทนในสมการข้างต้น เพื่อคำนวณหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกที่มีอยู่ในตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ ซึ่งจำเป็นต้องนำมาคำนวณให้อยู่ในหน่วย มิลลิกรัมของตัวอย่างเริ่มต้น

ตัวอย่างการคำนวณ

แทนค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารละลายเพศตินในสมการกราฟมาตรฐาน

$$y = 0.0051x + 0.0337$$

หมายเหตุ y คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 525 นาโนเมตร

x คือ ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก (ไมโครกรัม)

ตัวอย่างการคำนวณ เมื่อค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง คือ 0.3340

$$0.3340 = y = 0.0051x + 0.0337$$

$$x = (0.3340 - 0.0337) / 0.0051$$

$$x = 58.88$$

ดังนั้น เพศตินมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก 58.88 ไมโครกรัม

ตัวอย่างสารละลายเพศตินที่ใช้ 1.0 มิลลิลิตร (1000 ไมโครลิตร) จึงมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก เท่ากับ

$$\text{กรดกาแลคทูโรนิก} = 58.88 \mu\text{g}/1000 \mu\text{l}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ตัวอย่างความเข้มข้นของสารละลายเพคติน 0.1 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร จึงมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกเท่ากับ 0.05888 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร ถ้าความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร มีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้โดย

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก (เปอร์เซ็นต์)} &= (100 \times 0.05888)/0.1 \\ &= 58.88 \end{aligned}$$

ดังนั้น เพคตินมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก 58.88% w/w



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

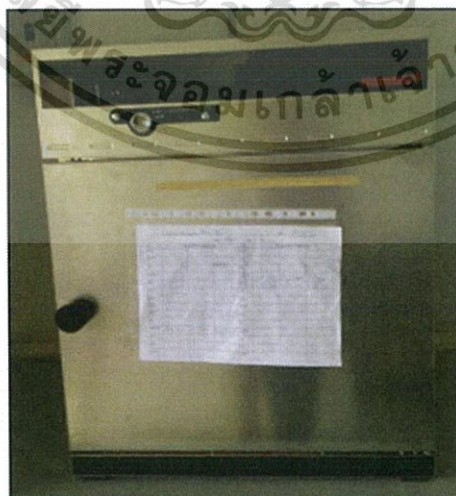
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ข.1 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)



ภาพภาคผนวก ข 1 เครื่องที่ใช้ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 95°C

ข.2 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)



ภาพภาคผนวก ข 2 เครื่องที่ใช้อบหาความชื้น และอบผงเพคติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 Grind (Powder Maker)



ภาพภาคผนวก ข 3 เครื่องใช้บดเปลือกมะละกอแห้ง

ข.4 Hot plate stirrer



ภาพภาคผนวก ข 4 เครื่องใช้ให้ความร้อน และใช้ในการระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.5 เครื่องวัดพีเอช (pH meter)



ภาพภาคผนวก ข 5 ใช้วัดค่า pH

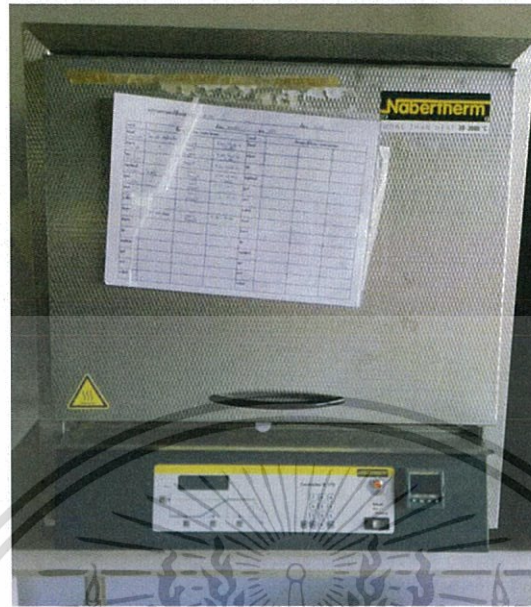
ข.6 เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) (UV-1601, Shimadzu, Japan)



ภาพภาคผนวก ข 6 ใช้วัดค่าการดูดกลืนแสงในการหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.7 เครื่องหาถ้ำ



ภาพภาคผนวก ข 7 ใช้หาปริมาณถ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล ปาริสา กาละพัฒน์

วัน เดือน ปีเกิด 7 กรกฎาคม 2536

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2551 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนรัตนโกสินทร์สมโภชลาดกระบัง
พ.ศ. 2554 - สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาปลาย วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จากโรงเรียน
รัตนโกสินทร์สมโภชลาดกระบัง

พ.ศ. 2555 ศึกษาต่อปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิศวกรรม
แปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล ปิยะฉัตร จันทะวงษ์

วัน เดือน ปีเกิด 5 พฤษภาคม 2536

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2551 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาต้น จากโรงเรียนวัดสุทธิสะอาด

พ.ศ. 2554 - สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาปลาย วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จากโรงเรียน

นวมินทรราชินูทิศ เบญจมราชาลัย

พ.ศ. 2555 ศึกษาต่อปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิศวกรรม

แปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้