สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสกัดเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งของผลไม้

(Extraction of pectin from fruits' residues)

นางสาวจุฑามาศ นัยพัฒน์

นางสาวราณี บินซัน

วพ.
ก628ก
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 85441
วัน,เดือน,ปี.....1.1.....ม.ค.....2551

.b.....
.i.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การสกัดเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งของผลไม้

(Extraction of pectin from fruits' residues)

จัดทำโดย

นางสาวจุฑามาศ นัยพัฒน์

นางสาวราณี บินซัน

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 21 / สค / 57 .....

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ดร. กรินัสย์ อารีกุล)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้เรียบเรียง : นางสาวจุฑามาศ นัยพัฒน์ และนางสาวราณี บินซัน. 2550 :
การสกัดเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งของผลไม้ (Extraction of pectin from fruits' waste) .
ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.วริพัสย์ อารีกุล

บทคัดย่อ

การผลิตเพคตินจากวัตถุดิบเหลือทิ้ง4 ชนิดได้แก่ เปลือกและกากส้มสายน้ำผึ้ง กากเนื้อฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง และเปลือกส้มโอ 2 สายพันธุ์ (พันธุ์ขาวใหญ่และพันธุ์ทองดี) โดยการใช้กรดไฮโดรคลอริก 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพคตินอยู่ระหว่าง 0.89 – 2.09 กรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และ 4.70 – 6.97 น้ำหนักแห้ง และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพคตินจากเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีมีค่าสูงสุดทั้งในน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ส่วนเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพคตินต่ำสุด พบในกากเนื้อฝรั่งและเปลือกส้มสายน้ำผึ้งในน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งตามลำดับ การทดสอบสมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด- ด่าง Browning Index ความหนืด และเนื้อสัมผัสของเจลเพคตินที่สกัดได้ เปรียบเทียบกับเพคตินจากห้องปฏิบัติการพบว่า เพคตินจากวัสดุเหลือทิ้งทั้งหมดมีค่าพีเอชต่ำกว่า มีสีเข้มกว่า ความหนืดมากกว่า แต่เนื้อสัมผัสมีความแข็งแรงต่ำกว่า ยกเว้น เพคตินจากส้มโอขาวใหญ่ที่มีสีไม่แตกต่างแต่มีความแข็งแรงของเจลมากกว่า และเจลเพคตินจากเปลือกและกากส้มมีความแข็งแรงไม่แตกต่างกับเพคตินจากห้องปฏิบัติการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฑามาศ นัยพัฒน์
ราณี บินซัน

(ผู้จัดทำ)

(ดร.วริพัสย์ อารีกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การนำเสนอปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่อง การสกัดเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งของผลไม้นี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ดร. วริพัสย์ อารีกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษาและแก้ไขปัญหาพิเศษให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านและพี่ๆนักวิทยาศาสตร์รวมทั้งเจ้าหน้าที่ทุกคนที่คอยแนะนำให้คำปรึกษาและช่วยทำให้การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้เสร็จสิ้นลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนในด้านต่างๆเสมอมา สุดท้ายนี้ต้องขอขอบคุณเพื่อนๆที่เป็นกำลังใจ คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือในทุกๆด้านขอขอบคุณ ณ โอกาสนี้

คณะผู้จัดทำ

นางสาวจุฑามาศ นัยพัฒน์

นางสาวราณี บินซัน

21 มีนาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ..... ก
กิตติกรรมประกาศ..... ข
สารบัญ..... ค
สารบัญภาพ..... ง
สารบัญตาราง..... จ
สารบัญภาพภาคผนวก..... ฉ
สารบัษตารางภาคผนวก..... ช
บทที่
บทที่ 1 บทนำ..... 1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์..... 2
บทที่ 3 วัตถุดิบ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง..... 17
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... 21
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 27
บรรณานุกรม..... 28
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก..... 31
ภาคผนวก ข..... 34
ภาคผนวก ค..... 36
ประวัติผู้เขียน..... 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1 แสดงลักษณะโครงสร้างของเพคติน.....3
2 ส่วนประกอบโครงสร้างของเพคตินที่แบ่งเป็น 3 ส่วน..... 4
3 ลักษณะของโครงสร้างของเพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลต่ำและมีหมู่เอไมด์เป็นองค์ประกอบ.....7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณหมู่เมทธอกซิลในการเกิดพันธะเอสเทอร์ของหมู่คาร์บอกซิลในโครงสร้างของเพคติน....6
2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคตินชนิดต่างๆ....8
3 องค์ประกอบทางเคมีของผลส้มเขียวหวานในส่วนที่รับประทานได้....13
4 แสดงคุณค่าทางอาหารของฝรั่ง....16
5 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งของผลไม้ชนิดต่างๆ....21
6 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพคติน (กรัม/100กรัม, น้ำหนักแห้ง) จากส่วนเหลือทิ้งของผลไม้ชนิดต่างๆ....22
7 แสดงค่าความเป็นกรด – ด่าง ของเพคตินที่สกัดได้เทียบกับเพคตินจากห้องปฏิบัติการ....23
8 ค่าการดูดกลืนแสงของเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งจากผลไม้ชนิดต่างๆ....23
9 ค่าความหนืดของเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งจากผลไม้ชนิดต่างๆ....25
10 ค่าแรงกดจากเครื่อง Texture analyzer ของเพคตินที่สกัดได้เทียบกับเพคตินจากห้องปฏิบัติการ....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพผนวกที่		หน้า
1	แสดงวัตถุดิบ	31
2	แสดงการให้ความร้อนด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ	31
3	แสดงสารละลายเพคติน	31
4	แสดงการระเหยด้วยระบบสุญญากาศ	32
5	แสดงการตกตะกอนเพคติน	32
6	แสดงเพคตินก่อนอบ	32
7	แสดงการอบเพคตินด้วยตู้อบลมร้อน	33
8	แสดงผงเพคตินที่สกัดได้	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	การวิเคราะห์ผลสถิติของเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งของผลไม้ชนิดต่างๆ	36
2	การวิเคราะห์ผลสถิติของเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพคติน(น้ำหนักแห้ง) จากส่วนเหลือทิ้งของผลไม้ชนิดต่างๆ	36
3	การวิเคราะห์ผลสถิติของค่าความเป็นกรด – ด่าง ของเพคตินที่สกัดได้เทียบกับเพคตินจากห้องปฏิบัติการ	37
4	การวิเคราะห์ผลสถิติของค่า browning index ของเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งจากผลไม้ชนิด	37
5	การวิเคราะห์ผลสถิติค่าความหนืดของเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งจากผลไม้ชนิดต่างๆ	38
6	การวิเคราะห์ผลสถิติของค่าแรงกด ของเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งจากผลไม้ชนิดต่างๆ	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

เพคตินถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการเป็นสารให้ความข้นหนืด สารให้ความคงตัว และสารที่ทำให้เกิดเจล ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภท เช่น แยม เยลลี่ น้ำผลไม้ นม เป็นต้น นอกจากนี้เพคตินยังมีประโยชน์ทางโภชนาการ ในการทำหน้าที่เป็นเยื่อป้องกันไม่ให้น้ำตาลถูกดูดซึมเข้ากระแสเลือดได้ง่าย จึงช่วยลดน้ำตาลในเลือดและยังเป็นตัวป้องกันคลอเรสเตอรอลความหนาแน่นต่ำซึ่งตกค้างที่หลอดเลือดหัวใจอีกด้วย ในปัจจุบันเพคตินที่ใช้ในประเทศไทยต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศเนื่องจากยังไม่มีโรงงานผลิตเพคติน และแนวโน้มในการใช้เพคตินก็มีมากขึ้น อีกทั้งในประเทศไทยมีผลไม้หลายชนิดที่มีปริมาณเพคตินเป็นองค์ประกอบและวัตถุดิบก็มีราคาถูก ทำให้สามารถมีความเป็นไปได้ว่าจะมีอุตสาหกรรมการผลิตเพคตินขึ้นในประเทศไทย

เมื่อพิจารณาของเหลือทิ้งจากผลไม้ที่ได้จากการบริโภคโดยตรง และจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้จึงได้มีการเลือก เปลือกและกากส้มสายน้ำผึ้ง เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ เปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี และกากฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง มาใช้ในการทดลองสกัดเพคติน โดยการเลือกใช้วัตถุดิบที่ต่างชนิดก็จะส่งผลให้ปริมาณและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเพคตินที่ผลิตได้แตกต่างกัน ถ้าเราสามารถนำของเหลือทิ้งเหล่านี้มาทำการผลิตเพคตินได้ก็จะเป็นการเพิ่มมูลค่า และยังช่วยลดปริมาณขยะอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปริมาณเพคตินที่สกัดได้จากส่วนเหลือทิ้งของผลไม้ต่างชนิดกัน
2. ศึกษาความแตกต่างทางเคมีกายภาพของเพคตินที่สกัดได้ กับเพคตินทางการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 คำจำกัดความที่เกี่ยวกับเพคติน

เพคตินเป็นสารประกอบโพลิเมอร์ที่พบในพืช จัดเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเช่นเดียวกับแป้งและเซลลูโลส ค้นพบในศตวรรษที่ 18 โดย Hennri Braconnot ในปี ค.ศ. 1825 ซึ่งเป็นผู้ที่ตั้งชื่อและริเริ่มศึกษากรรมวิธีการสกัดเพคติน เพคตินมาจากภาษากรีก(Peckitos) แปลว่าตัวประสานหรือตัวทำให้แข็ง (congeal or solidity) สารประกอบเพคตินทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเซลล์ และเป็นสารที่สำคัญในบริเวณชั้น middle lamella และ primary cell wall ที่ยึดเหนี่ยวเซลล์เข้าด้วยกัน โดยจับกับเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และไกลโคโปรตีนของผนังเซลล์พืช เพคตินพบมากโดยเฉพาะบริเวณที่มีเนื้อเยื่ออ่อนนุ่ม เช่น ต้นอ่อน ใบ และผลไม้ เพคตินแบ่งออกเป็นหลายประเภท (ปรัญชาและมงคล, 2543; นิธิยา, 2549) ดังนี้

2.1.1. โปรโตเพคติน (protopectin) หมายถึงสารประกอบเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ และพบมากในเนื้อเยื่อของพืชที่ยังอ่อนโดยเฉพาะในผลไม้ดิบ ในโมเลกุลของโปรโตเพคตินมีหมู่เมทอกซิลอยู่ประมาณ 9 – 12 เปอร์เซ็นต์ หากเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันอย่างสมบูรณ์ จะมีหมู่เมทอกซิลอยู่ในโมเลกุลของโปรโตเพคตินประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ จัดว่ามี degree of esterification (DE) เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ แต่การที่ degree of esterification จะเป็น 100 เปอร์เซ็นต์นั้นไม่สามารถเกิดขึ้นได้ในธรรมชาติ จะต้องใช้วิธีทางเคมีเข้ามาช่วยในระหว่างการสกัดเพคติน

หมายเหตุ : DE คือ จำนวนกรดกาแลคทูโรนิคที่หมู่คาร์บอกซิลถูกเอสเทอริไฟด์ด้วยหมู่เมทิล

2.1.2. กรดเพคตินิก (pectinic acid) เป็นสารประกอบเพคตินหรือพอลิเมอร์ของกรดกาแล็กทูโรนิกที่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์เหลืออยู่บางส่วน และเป็นสารประกอบเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ กรดเพคตินิกเกิดจากโปรโตเพคตินถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ จะทำให้หมู่เมทิลถูกแยกออกไปบางส่วน

2.1.3. กรดเพคติก (pectic acid) เป็นสารประกอบเพคตินหรือพอลิเมอร์ของกรดกาแล็กทูโร-นิกที่ถูกไฮโดรไลซ์เอาหมู่เมทิลออกหรือไม่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์อยู่ในโมเลกุลเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4. เพคติน (pectin or pectins) หมายถึงกรดเพคตินิกที่มีส่วนประกอบของ methyl ester และ degree of neutralization อยู่ในปริมาณที่สามารถจะทำให้เกิดเจลกับน้ำตาลและกรดได้ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

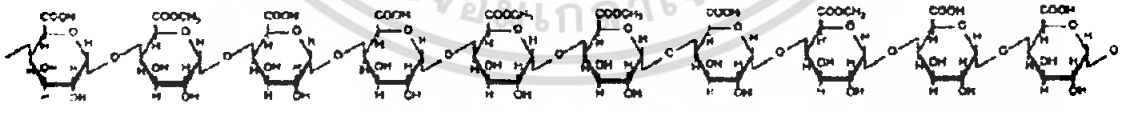
2.1.5. Protopectinase เป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยน protopectic ไปเป็น protopectin บางทีอาจจะเรียก pectinase และ propectinase

2.1.6. Pectinesterase (PE) หรือ pectinmethylesterase เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ไฮโดรไลซ์หมู่เอสเทอร์ ในสารเพคติก เกิดเป็นเมทานอล และกรดเพคติก

2.1.7. Polygalacturonase (PG) หรือ pectin polygalacturonase เป็นเอนไซม์ซึ่งทำหน้าที่ไฮโดรไลซ์หมู่ไกลโคซิดิก (glycosidic bonds) ระหว่าง de – esterifide galacturonide ในสารเพคติน

2.2 โครงสร้างของเพคติน

เพคตินในทางการค้า มีองค์ประกอบหลักเป็นสารโพลิเมอร์ของหมู่กาแลคทูโรนิกที่ต่อกันด้วยพันธะ $\alpha(1\text{-}4)$ ดังรูปที่ 2.2 โดยโมเลกุลของเพคตินประกอบด้วยกรดกาแลคทูโรนิก (galacturonic acid) ที่เชื่อมต่อกันประมาณ 200-1000 หน่วย ส่วนใหญ่เพคตินจะถูกเอสเทอริไฟด์ หรือแทนที่ด้วยหมู่เมธอกซิล โดยใช้สารเอธิลหรือเมธิลแอลกอฮอล์ในการเอสเทอริไฟด์ แต่ในทางธรรมชาติเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ที่มีอยู่ในเซลล์พืช หรือเอนไซม์จากเชื้อยีสต์ และเชื้อรา (http://www.filing.fda.moph.go.th/library/e-learning/CPIC).



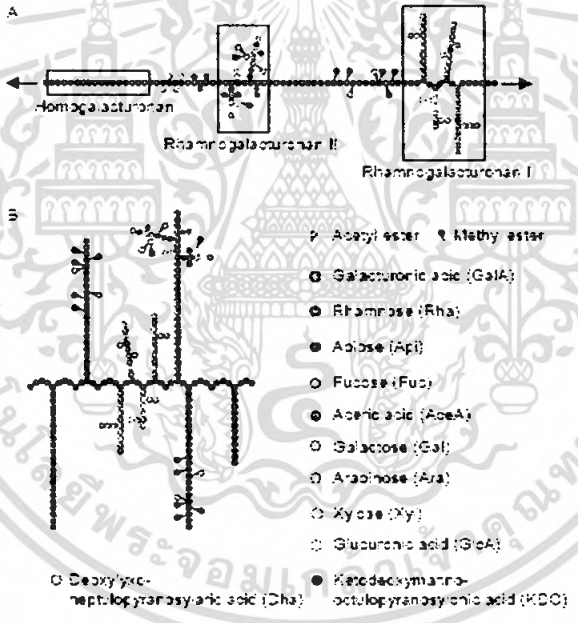
รูปที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างของเพคตินโดยมีหมู่ Homogalacturonan มาเชื่อมต่อกันเป็นสายยาว
ที่มา : http://www.filing.fda.moph.go.th/library/e-learning/CPIC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากกรดกาแลคทูโรนิคแล้ว ยังมีน้ำตาลชนิดต่าง ๆ มาเกาะที่สายโซ่ของเพคตินด้วย คือ น้ำตาลไซโลส กาแล็กโทส อะราบิโนส แรมโนส อะพิโอส และฟูโครส จึงทำให้สามารถแบ่งโครงสร้างของเพคตินได้เป็น 3 ส่วน ดังรูปที่ 2.2 คือ

Homogalacturonan เป็น ส่วนที่หมู่กาแลคทูโรนิคเชื่อมต่อกันเป็นสายยาว ซึ่งส่วนดังกล่าวจะเรียกว่า Smooth region

Rhamnogalacturonan I และ Rhamnogalacturonan II หมายถึงบริเวณที่เป็นแขนงซึ่งมีโมเลกุลของน้ำตาลมาเกาะ โดย Rhamnogalacturonan I และ II จะแตกต่างกันตรงชนิดของน้ำตาลที่มาเกาะ Rhamnogalacturonan II มีชนิดของโมเลกุลน้ำตาลมาเกาะน้อยกว่า Rhamnogalacturonan I



รูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบโครงสร้างของเพคตินที่แบ่งเป็น 3 ส่วน
ที่มา : Willatsa และคณะ (2006)

เพคตินทางการค้าจะมีปริมาณหมู่กาแลคทูโรนิกประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยมีการแทนที่ด้วยหมู่เอสเทอร์ระหว่าง 30-80 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ต้องควบคุมการเกิดเอสเทอริไฟด์ในเพคติน เพื่อให้ได้คุณสมบัติทางกายภาพ และสมบัติในการไหล (รีโอโลจี) ตามที่ต้องการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ปริมาณการถูกเอสเทอริไฟด์ของหมู่กาแลคทูโรนิกในโมเลกุลของเพคตินนั้น เกิดขึ้นได้หลายระดับ ตัวอย่างเช่น เพคตินที่มีค่า DE 50 เปอร์เซ็นต์ หมายถึงเพคตินที่มีหมู่เมธิลในโมเลกุลของกาแลคทูโรนิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เป็นโครงสร้าง 50 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่า เพคตินที่มีค่า DE เท่ากันอาจมีการจัดเรียงตัวแตกต่างกันได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการสกัด วิธีการและเวลาในการเอสเทอริไฟด์ชนิดของพืช และตำแหน่งของเซลล์ที่นำมาสกัดจะทำให้เพคตินที่ได้มีคุณสมบัติต่างกัน

2.3 การจัดประเภทของเพคติน

สมบัติการเกิดเจลของเพคตินที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร จัดเป็นพื้นฐานสำคัญในการจำแนกเพคตินเป็น 2 กลุ่ม ทั้งนี้ขึ้นกันระดับการเอสเทอริฟิเคชั่น หรือค่า DE (ปรัญชาและมงคล, 2543) ซึ่งมีนิยามดังต่อไปนี้

2.3.1. ระดับการเอสเทอริฟิเคชั่น (Degree of esterifiaction , DE) หมายถึง จำนวนของกรดกาแลคทูโรนิก ที่ถูกเอสเทอริไฟด์ต่อ 100 หน่วย ของกรดกาแลคทูโรนิก บนสายโมเลกุลของเพคติน

$$\% \text{ DE} = \frac{\text{จำนวนหมู่เอสเทอร์บนสายโมเลกุล}}{\text{จำนวน galacturonic acid 100 หน่วย}} \times 100$$

ปริมาณพันธะเอสเทอร์ดังกล่าวนี้จะคิดเทียบเป็น100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพบหมู่เมทธอกซิลในกาแล็คทูโรนิกแต่ละหน่วยของโมเลกุล แสดงดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณหมู่เมทธอกซิลในการเกิดพันธะเอสเทอร์ของหมู่คาร์บอกซิลในโครงสร้างของเพคติน

Methoxyl group (%)	Degree of esterification
0.06	0
1.63	10
3.26	20
4.90	30
6.53	40
8.16	50
9.79	60
11.42	70
13.06	80
14.69	90
16.32	100

ที่มา : วุฒิชัย (2548)

2.3.2. ระดับการเอไมเดชั่น (Degree of amidation , DA) หมายถึง จำนวนของกรดกาแลคทูโรนิกที่ถูกดีเอสเทอริไฟด์ (de – esterified) ด้วยแอมโมเนียต่อ 100 หน่วย ของกรดกาแลคทูโรนิกบนสายโมเลกุลของเพคติน

$$\% \text{ DA} = \frac{\text{จำนวนหมู่เอไมด์บนสายโมเลกุล}}{\text{จำนวน galacturonic acid 100 หน่วย}} \times 100$$

การแบ่งประเภทของเพคตินตามระดับการเอสเทอริฟิเคชั่น สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม (http://www.filing.fda.moph.go.th/library/e-learning/CPIC.) คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

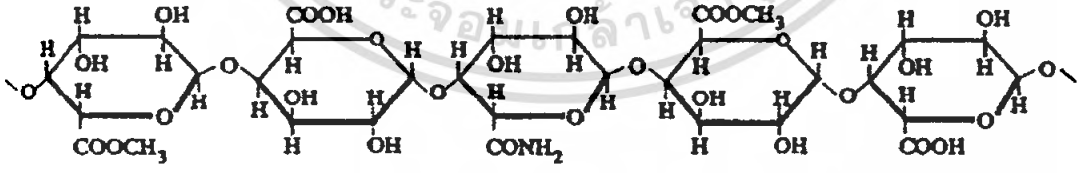
1. เพคตินกลุ่มที่มีเมธอกซิลสูง (High methoxyl pectin) เป็นสารเพคตินที่มีค่า % DE ไม่ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ในทางการค้าจะมีค่า % DE อยู่ในช่วง 55-75

2. เพคตินกลุ่มที่มีเมธอกซิลต่ำ (low methoxyl pectin) เป็นสารเพคตินที่มีค่า DE ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่จะมีค่า DE อยู่ในช่วง 20-50 เปอร์เซ็นต์ ในทางการค้าจะมีค่า DE อยู่ในช่วง 20-40 ในการผลิต

เพคตินกลุ่มนี้จะต้องดีเอสเทอริไฟด์ โดยใช้เอธิลหรือเมธิลแอลกอฮอล์ หรือด่าง ถ้าใช้สารแอมโมเนียมร่วมกับด่างในการดีเอสเทอริไฟด์ เพคตินที่ได้เรียกว่า amidated low methoxyl pectin ดังนั้นจะต้องหาค่า % DE ร่วมกับค่า Degree of amidation (% DA) คือ

2.1 เพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลต่ำและมีหมู่เอไมด์เป็นองค์ประกอบ (Amidate – Low methoxyl pectin) เป็นเพคตินที่บางส่วนของกรดกาแลคทูโรนิกเกิดเอสเทอร์กับหมู่เอไมด์ โดยใช้สารแอมโมเนียมร่วมกับด่างในการดีเอสเทอริไฟด์ ทำให้หมู่เมธอกซิลในกรดกาแลกทูโรนิกบางส่วน ถูกแทนที่ด้วยหมู่เอไมด์ ดังนั้น degree of amidation (DA) คือ ปริมาณของกรดกาแลกทูโรนิกที่มีหมู่เอไมด์มาเกาะแทนหมู่เมธอกซิลในกรดกาแลกทูโรนิก เพคตินชนิดนี้มีค่า DE ต่ำกว่า 45 เปอร์เซ็นต์ และค่า DA ต่ำกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง amidate pectin เกรดสำหรับใช้อาหารต้องมีค่า DA ไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ ตามกฎหมายอาหารบัญญัติไว้ ซึ่งมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.5

2.2 เพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลต่ำ (Non - amidate – Low methoxyl pectin) โดยทั่วไปได้จากการดีเอสเทอริไฟด์โดยใช้เอธิล หรือเมธิลแอลกอฮอล์หรือด่าง ทำให้หมู่ไฮดรอกซีมาแทนที่หมู่เมธอกซิล ได้เพคตินที่มีค่า DE ต่ำกว่า 45 เปอร์เซ็นต์ และค่า DA เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์



LM-pectin (DE=40% and DA=20%)

รูปที่ 2.3 ลักษณะของโครงสร้างของเพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลต่ำและมีหมู่เอไมด์เป็นองค์ประกอบ

ที่มา : http://www.filing.fda.moph.go.th/library/e-learning/CPIC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคตินชนิดต่างๆ

คุณสมบัติ	HM	LM	LMA
ผลที่เกิดจากแรงเฉือน	เจลถูกทำให้แตก ไม่สามารถทำเป็นเนื้อเดียวกันได้	โดยปกติแรงเฉือนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปได้ทุก pH	จะเกิดการเปลี่ยนรูปจากแรงเฉือน เมื่อมี pH 3.5 แต่จะไม่เปลี่ยนรูปถ้า pH ต่ำกว่า 3.5
อุณหภูมิในการเซ็ทตัวของเจล	35 – 90 องศาเซลเซียส	40 – 100 องศาเซลเซียส	30 – 70 องศาเซลเซียส
การเปลี่ยนรูปของเจลเมื่อได้รับความร้อน	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง	เกิดการละลายเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 150 องศาเซลเซียส	เกิดการละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่า 75 องศาเซลเซียส
เนื้อสัมผัสของเจลที่ pH 1 – 3.5	เป็นเจลแข็ง	เป็น preserve – like และสามารถทาได้ จะมีลักษณะแข็งเมื่อ pH ต่ำกว่า 3.4	เป็นเจลคล้าย HM แต่จะเป็นยางมากกว่า
เนื้อสัมผัสของเจลที่ pH 3.5 หรือสูงกว่า	ไม่เป็นเจล มีลักษณะเหนียว	เป็น preserve – like และสามารถทาได้ จะมีลักษณะแข็งเมื่อ pH ต่ำกว่า 3.4	เป็น preserve – like และสามารถทาได้ จะมีลักษณะแข็งเมื่อ pH ต่ำกว่า 3.4

ที่มา : ปรัญญา และมงคล (2543)

หมายเหตุ HM = เพคตินที่มีหมู่เมทธอกซิลสูง LM = เพคตินที่มีหมู่เมทธอกซิลต่ำ

LAM = เพคตินที่มีหมู่เมทธอกซิลต่ำประเภทมีหมู่เอไมด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน (ปรัญชาและมงคล, 2543) ได้แก่

2.4.1. ชนิดของผลไม้ ปริมาณและคุณภาพของเพคตินจะแตกต่างกันตามชนิดของผลไม้ ปริมาณของเพคตินในผลไม้พื้นเมืองของไทยบางชนิด ในรูปของแคลเซียมเพคเตทโดยเทียบน้ำหนักสด พบว่ามะนาวมีเพคติน 2.46 เปอร์เซ็นต์ , มะเฟือง 1.61 เปอร์เซ็นต์ , ตะลิงปลิง 1.14 เปอร์เซ็นต์ , มะดัน 0.22 เปอร์เซ็นต์ , และฝรั่ง 0.17 เปอร์เซ็นต์

2.4.2. ความแก่อ่อนของผลไม้ มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน โดยเพคตินในผลไม้ดิบจะอยู่ในรูปของสารโปรโตเพคติน เมื่อสุกเอนไซม์โปรโตเพคติเนสจะไฮโดรไลซ์โปรโตเพคตินที่ไม่ละลายน้ำเป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้ แต่ถ้าผลไม้สุกมากเกินไป เพคตินจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสได้กรดเพคติก ซึ่งเป็น Colliodal Polygalacturonic Acid ที่ไม่มีเมทธิลเอสเทอร์ในโมเลกุล และกรดเพคติกนี้ไม่สามารถเกิดเจลได้ในทุกสภาวะ

2.4.3. พันธุ์ของผลไม้ ผลไม้ชนิดเดียวกันแต่แตกต่างสายพันธุ์ก็จะมีปริมาณของเพคตินแตกต่างกัน

2.4.4. เพคตินในส่วนต่าง ๆ ของผลไม้จะมีปริมาณไม่เท่ากัน เช่น เปลือกจำปาดะมีเพคติน 11.59 เปอร์เซ็นต์ ส่วนซังของจำปาดะมีเพคติน 12.54 เปอร์เซ็นต์ และส่วนแกนจำปาดะมีเพคติน 8.57 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง

2.4.5. กรรมวิธีการสกัด การตกตะกอน และการทำให้บริสุทธิ์ มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน โดยการตกตะกอนเพคตินด้วยอลูมิเนียมคลอไรด์จะได้เพคตินที่มีคุณสมบัติดีกว่าการตกตะกอนด้วยอลูมิเนียมซัลเฟต หรือการใช้สารส้ม Setty นอกจากนี้ปริมาณเพคตินที่ได้จากการตกตะกอนด้วยแอลกอฮอล์จะสูงกว่าปริมาณเพคตินที่ได้จากการตกตะกอนด้วยอลูมิเนียมคลอไรด์ รวมทั้งเพคตินที่ได้จากการตกตะกอนด้วยอลูมิเนียมคลอไรด์มักจะมีกลุ่มเมทธิลไม่เกิน 78 เปอร์เซ็นต์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สมบัติของเพคติน

สมบัติของเพคติน (ปรัญชาและมงคล, 2543) ได้แก่

2.5.1. สมบัติการละลายของเพคติน

เพคตินสามารถละลายในน้ำเย็น และทำให้เกิดความข้นหนืดได้เช่นเดียวกับกัมส์ชนิดอื่นๆ แต่ผงเพคตินจับกันเป็นก้อนได้ง่าย ทำให้ละลายได้ช้า และยาก เพคตินจะสามารถละลายได้ดีในน้ำอุ่นหรือน้ำที่มีอุณหภูมิมากว่า 60°C แล้วทำการผสมด้วยเครื่องผสมความเร็วจากต่ำไปหาสูงสุด ต้องระวังไม่ให้เพคตินจับกันเป็นก้อนเพราะจะทำให้ละลายได้ยาก อีกวิธีที่ละลายเพคตินได้ดีนั้นจะต้องผสมเพคตินกับน้ำตาล โดยอัตราส่วนของเพคติน 1 ส่วนกับน้ำตาล 5 ส่วน หรือกับสารละลายอื่นๆ เช่น สารละลายน้ำตาล ความเข้มข้น 65 เปอร์เซ็นต์ หรือแอลกอฮอล์เพื่อทำให้เพคตินเปียก ถ้าไม่ได้ผสมด้วยเครื่องผสมความเร็วสูง ให้ต้มประมาณ 1 นาที เพื่อให้มั่นใจได้ว่าเกิดการละลายได้หมด การตรวจดูว่ามีการละลายเกิดขึ้นสมบูรณ์หรือไม่ สามารถทำได้โดยการดูฟิล์มของสารละลายบนไม้พายหรือใบมีดที่สะอาดจะต้องใสไม่มีส่วนคล้ายเม็ดทรายอยู่

2.5.2 ความหนืดของเพคติน

ความหนืดของเพคตินนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเพคติน ปริมาณแคลเซียม ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง ชนิดของเพคติน และขนาดของมวลโมเลกุล

2.5.2.1. สมบัติการไหล (รีโอโลจี) สารละลายเพคตินเจือจางจะให้การไหลของของเหลวแบบนิวโตเนียน (Newtonian) และความเข้มข้นของสารละลายเพคตินมากกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ จะมีคุณสมบัติการไหลเป็นแบบ Pseudoplastic solution

2.5.2.2. ความเป็นกรด-ด่าง ความหนืดของสารละลายเพคตินจะเพิ่มขึ้นถ้าความเป็นกรดด่างลดลงเป็น 2.5 - 5.5 สารละลายเพคตินจะอยู่ในรูปของ Thixotropic solution สารละลายที่มีประจุ +1 จะลดความหนืดของสารละลายเพคติน เพราะลดแรงดึงดูดระหว่างประจุ

2.5.2.3. มวลโมเลกุล เพคตินที่มีมวลโมเลกุลสูงจะทำให้สารละลายมีความหนืดสูงขึ้นด้วย การหาน้ำหนักโมเลกุลของเพคตินสามารถทำนายได้โดยการหาค่า intrinsic viscosity ในทางตรงกันข้ามเมื่อเจือจางสารละลาย และไม่มีแคลเซียม สารละลายจะมีความหนืดลดลง การเตรียมสารละลายเพคตินให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกันนั้น สามารถทำได้โดยผสมเพคตินชนิดต่างๆ หรือผสมเพคตินให้มีความเข้มข้นแตกต่างกัน

2.5.2.4. ปริมาณของแคลเซียมอิออน (Ca^{2+}) เพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลสูงไม่ต้องการแคลเซียมในการเกิดเจล แต่เพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลต่ำต้องการแคลเซียมในการเกิดเจล ทำให้สามารถแบ่ง เพคติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกตามความไวต่อแคลเซียมอิออน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เกิดเจลได้ช้า เนื่องจากความไวต่อแคลเซียมต่ำ และกลุ่มที่เกิดเจลได้เร็ว มีความไวต่อแคลเซียมสูง กลุ่มหลังนี้หากเพิ่มปริมาณแคลเซียมความหนืดของสารละลายเพคตินก็จะสูงขึ้นด้วย

2.5.3. การเกิดเจล

การเกิดเจลของพันธะเพคติน จัดเป็นสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น2ประเภท คือ การเกิดเจลของเพคตินที่มีหมู่เมทธอกซิลสูง และการเกิดเจลของเพคตินที่มีหมู่เมทธอกซิลต่ำ

2. 6 การนำเพคตินไปใช้ประโยชน์ (พนิดา, 2549 ; สาธิตา, 2547)

2.6.1 การใช้เพคตินในผลิตภัณฑ์แยม จุดมุ่งหมายโดยทั่วไปของการใช้เพคตินนั้นเพื่อใช้ในการเตรียมแยม เยลลี่ และเจลอื่นๆ โดยในระยะแรกการผลิตแยมจะใช้เพคตินที่มีหมู่เอสเทอร์สูง ต่อมาได้มีการใช้เพคตินที่มีหมู่เอสเทอร์ต่ำ เพราะเจลที่ได้มีการกระจายตัวที่ดี มีความยืดหยุ่นสูงกว่า หากผลิตภัณฑ์แยมมีเนื้อผลไม้อยู่ด้วยจะต้องใช้อุณหภูมิในการทำให้เกิดเจล ค่อนข้างสูง และจะแข็งตัวทันทีหลังจากเทลงในภาชนะบรรจุ จึงทำให้ชิ้นผลไม้ไม่ลอยอยู่ที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ หากภาชนะที่ใช้ในการบรรจุใหญ่เกินไปจะพบว่าหากบรรจุผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำเกินไป ปริมาณกลิ่นและสีจะถูกทำลายโดยเฉพาะบริเวณกึ่งกลางของภาชนะบรรจุ เนื่องจากเป็นจุดที่มีการถ่ายเทความร้อนออกมาได้ช้าที่สุด

2.6.2 การใช้เพคตินในผลิตภัณฑ์นม ในผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวที่มีความเป็น pH 3.5-4.2 สามารถใช้เพคตินที่มีหมู่เอสเทอร์สูง โดยมีค่าเอสเทอริฟิเคชันประมาณ 70 การทำให้นมมีรสเปรี้ยวสามารถทำได้โดยใช้กระบวนการหมักหรือการเติมน้ำผลไม้ หากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณเคซีนไม่คงตัวทำให้เกิดเป็นลิ่มๆ จึงต้องมีการเติมเพคตินก่อนทำการโฮโมจีไนซ์ (Homogenization) แล้วเพคตินจะจับกับเคซีนที่มีประจุเป็นบวกในผลิตภัณฑ์นม ในช่วงแรกที่ทำการเติมเพคตินลงไปในปริมาณที่น้อยๆทำให้ประจุรวมของผลิตภัณฑ์นมเป็นกลาง จึงทำให้ระบบเกิดการยุบตัวลง ทำให้ลดแรงของประจุบวก เมื่อเติมเพคตินลงไปเรื่อยๆ จะทำให้เกิดแรงผลักขึ้นมาใหม่ ทำให้ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวมีความคงตัว นอกจากนี้เพคตินที่มีหมู่เมทธอกซิลต่ำถูกนำมาใช้ในการเตรียมผลไม้ที่จะ ใช้ในการทำโยเกิร์ตเพื่อป้องกันการลอยตัวและกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอของเนื้อผลไม้ใน stir yoghurt ทำให้เนื้อผลไม้และชั้นของโยเกิร์ตผสมรวมตัวกันได้ดีขึ้น

2.6.3 การใช้เพคตินในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม โดยทั่วไปเครื่องดื่มจะมีปริมาณน้ำตาลประมาณ 10-15 % ซึ่งน้ำตาลเหล่านั้น นอกจากจะเป็นสารให้ความหวานแล้วยังให้ความรู้สึกบางอย่างในปาก ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็คือความหนืด ในการผลิตเครื่องดื่มพลังงานต่ำต้องมีการลดปริมาณน้ำตาลลงและเติมเพคตินที่มีหมู่เมทธอกซิลสูง ประมาณ 0.05-0.1 % ลงไปแทน

2.6.4 การใช้เพคตินในผลิตภัณฑ์ลูกกวาด เพคตินที่มีหมู่เอสเทอร์สูงและเกิดเจลช้าถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตลูกกวาด เพื่อใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัส ช่วยในการเก็บรักษากลิ่น สามารถใช้ได้กับกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง มีการใช้เพคตินที่มีหมู่เอสเทอร์สูง ในการป้องกันไม่ให้ไขมันในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดแยกตัวออกมา

2.6.5 การใช้เพคตินในผลิตภัณฑ์อื่นๆ การใช้เพคตินที่มีหมู่เอสเทอร์ต่ำเป็นสารที่ทำให้เกิดเจลและเป็นสารเพิ่มลักษณะทางเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น ไข่ปลาคาร์เวียเทียม ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม และของหวานต่างๆ การใช้เพคตินร่วมกับอัลจิเนตมีผลต่อคุณสมบัติการเกิดเจล มีการใช้เพคตินร่วมกับแซนแทนกัมเพื่อเพิ่มความคงตัวของผลิตภัณฑ์น้ำสลัด เพื่อป้องกันการรวมตัวกันของก้อนน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์ที่เป็นเกล็ดน้ำแข็งหรือเชอร์เบต นอกจากนี้ยังมีการใช้เพคตินร่วมกับกาแลคทูโรแนนเพื่อเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ทำให้เกิดความคงตัวของอิมัลชั่นของโปรตีนนม พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความคงตัว ได้มีการใช้ประโยชน์เพคตินในด้านอื่นๆอีก เช่น ผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่แข็ง การใช้เพคตินจับกับกลิ่นชาเพื่อทำผลิตภัณฑ์ชาผงละลายได้ทันที และผลิตภัณฑ์อื่นๆ อีกมากมาย

2.7 พืชตระกูลส้ม

เป็นไม้พุ่มหรือไม้ต้นขนาดเล็กหลายชนิดในสกุล *Citrus* วงศ์ Rutaceae มีนับร้อยชนิด พบเติบโตกระจายอยู่ทั่วโลก โดยมากพืชตระกูลนี้จะมีน้ำมันหอมระเหยในใบ ดอก และผลและมีกลิ่นฉุน หากส่องใบกับแสงแดด จะเห็นจุดเล็กๆจำนวนมากที่เป็นแหล่งน้ำมัน ผลส้มหลายชนิดรับประทานได้ ผลมีรสเปรี้ยวหรือหวาน ในประเทศไทยมีการจำแนกเป็นตระกูลย่อย โดยตระกูลย่อยที่สำคัญที่สุด คือ ตระกูลย่อยของส้ม ซึ่งประกอบด้วยส้มชนิดต่าง ๆ มะขวิด มะตูม และส้มสามใบ อย่างไรก็ดี พืชตระกูลย่อยนี้ สามารถแบ่งได้ 4 กลุ่ม (http://th.wikipedia.org) ได้แก่

1. กลุ่มส้มเกลี้ยงและส้มตรา (Orange group) แบ่งเป็นส้มที่มีรสหวาน (Sweet Orange: Citrus sinensis) และส้มที่มีรสเปรี้ยว หรือรสออกขม (Sour or Bitter Orange: Citrus aurantium)

2. กลุ่มส้มจีน ส้มเขียวหวาน (Mandarin group) ได้แก่ ซัทซูมา มานดาริน (Satsuma Mandarin:Citrusunshiu) คิงส์ แมนดาริน (King Manderin: Citrus nobilis) เมดิเตอร์เรเนียน แมนดาริน (Mediterranean Mandarin: Citrus delicoia) คอมมอน แมนดาริน (Common Mandarin: Citrus reticulata)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กลุ่มส้มโอ และเกรฟฟรุท (Pummelo and Grapefruits) ได้แก่ ส้มโอ (Pummelo: Citrus maxima) และเกรฟฟรุท (Grapefruits: Citrus paradise)

4. กลุ่มมะนาว (Common acid member group) ได้แก่ ซิตรอน (Citron: Citrus medica) เลมอน หรือมะนาวฝรั่ง (Citrus lemon)

แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มส้มเขียวหวาน และกลุ่มส้มโอเท่านั้น

1. ส้มสายน้ำผึ้ง หรือส้มโชกุน หรือ ส้มเพชรยะลา เป็นพันธุ์ส้มในกลุ่มส้มเขียวหวานชนิดหนึ่ง ที่ปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมอย่างสูง เพราะผลส้มนี้มีคุณภาพและรสชาติที่ดีกว่าส้มเขียวหวานชนิดอื่นๆ ในหลายๆ ด้าน เนื้อแน่น สีสันสวยงาม ชานมีลักษณะนิ่ม มีน้ำส้มในปริมาณมาก รสชาติหวานแหลม อมเปรี้ยวเล็กน้อย

ตารางที่2.3 องค์ประกอบทางเคมีของผลส้มเขียวหวานในส่วนที่รับประทานได้จำนวน 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ
คาร์โบไฮเดรต	9.9 กรัม
โปรตีน	0.6 กรัม
ไขมัน	0.2 กรัม
แคลเซียม	31 กรัม
เหล็ก	0.8 กรัม
ฟอสฟอรัส	18 กรัม
วิตามิน เอ	4000 หน่วยสากล
วิตามิน บี1	10.04 มิลลิกรัม
วิตามิน บี2	20.05 มิลลิกรัม
วิตามิน ซี	18 มิลลิกรัม
เส้นใย	0.02 กรัม
ความชื้น	88.7 กรัม
แคลอรี่	44 หน่วย

ที่มา : http://th.wikipedia.org

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะประจำพันธุ์ของส้มสายน้ำผึ้ง (http://www.phtnet.org)

ทรงพุ่ม จะมีทรงพุ่มแน่นกว่าส้มเขียวหวาน ลักษณะกิ่งและใบจะตั้งขึ้น (erect form) ในขณะที่ส้มเขียวหวานใบจะตก หรือห้อยลงมา (weeping form and willow leaf)

ใบ ใบของส้มสายน้ำผึ้งเมื่อเทียบกับส้มเขียวหวาน จะมีขนาดเล็กและมีสีเขียวเข้มมากกว่า นอกจากนี้ใบยังมีกลิ่นหอมคล้ายส้มจีน และส้มพองแกน

ผล ส้มสายน้ำผึ้งมีลักษณะผลคล้ายส้มเขียวหวานมาก ขณะที่ผลยังอ่อนจะมีสีคล้ายส้มเขียวหวาน เมื่อแก่จัดผิวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแดง ยกเว้นผลส้มที่ได้จากภาคใต้จะมีสีผิวหมือนกันส้มเขียวหวาน ปอกเปลือกง่าย เปลือกมีกลิ่นหอมคล้ายส้มจีน หรือส้มพองแกน

เพคตินจะพบมากในส่วนเปลือกและแกนของผลส้ม และพบเป็นส่วนน้อยในเนื้อ (Juice sac) (วสาวี และคณะ, 2549)

2. ส้มโอ เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง ผลส้มโอมีเปลือกหนาทำให้สามารถเก็บรักษาได้นาน มีรสหวาน มีวิตามินซีมาก

ลักษณะของส้มโอ (http://www.tungsong.com)

ต้น เป็นไม้พุ่มขนาดกลาง พุ่มสูง 5 -8 เมตร แตกกิ่งก้านสาขาที่เรือนยอดของต้น ลำต้นมีสีน้ำตาล และมีหนามเล็ก ๆ

ใบ เป็นใบประกอบ มีใบย่อย 1 ใบ แผ่นใบเหมือนมะกรูด ใบมี 2 ส่วน ส่วนบนรูปกลม ปลายเว้า ส่วนล่างเป็นก้านใบที่ขยายแผ่ออกมีขนาดเล็กกว่าส่วนแรก

ดอก ออกเป็นช่อสั้น หรือดอกเดี่ยวตามบริเวณง่ามใบ ดอกสีขาวอมเขียว มี 5 กลีบ กลางดอกมีเกสร 20 - 25 อัน มีกลิ่นหอมสดชื่น

ผล มีขนาดใหญ่รูปกลม บางพันธุ์ตรงขั้วมีจุกสูงขึ้นมา ผิวผลเมื่อยังอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่จัดเป็นสีเหลืองอมเขียว ผิวของผลไม่เรียบ ภายในผลเป็นช่อง ๆ มีแผ่นบาง ๆ สีขาว กั้นเนื้อ ให้แยกออกจากกัน เนื้อแต่ละส่วนเรียกว่า กลีบ เนื้อผลสีเหลือง หรือสีชมพู รสหวาน หรือหวานอมเปรี้ยว แล้วแต่พันธุ์ เช่น ขาวน้ำผึ้ง ขาวแป้น ทองดี มีเมล็ดฝังอยู่ระหว่างเนื้อ มากกว่า 1 เมล็ด

ผิวผลนอกสุด มีน้ำมันหอมระเหย

เปลือกผลสีขาว มีสารเพคตินสูง ธาตุฟอสฟอรัส แคลเซียม

เนื้อผล มีกรดอนินทรีย์ วิตามินซี เอ และบี มีธาตุแคลเซียม ธาตุฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัฒนาวดี อินทุสุต (2527) ศึกษาการนำของเหลือใช้จากผลไม้บางชนิดมาสกัดเพคติน โดยเลือกใช้ของเหลือจากผลไม้ในภัตตาคาร ร้านอาหาร และผักผลไม้ราคาถูก 12 ชนิด ได้แก่ เปลือกส้มโอ (ขจัดผิว), เนื้อพุทรา, เปลือกมะกรูด (ไม่ได้ขจัดผิว), กากมะเขือเทศ, เปลือกมะม่วงสุก เปลือกและกากส้มเขียวหวาน, เปลือกและกากส้มเช้ง, เนื้อเยื่อจากสับปะรดที่คั้นน้ำออกแล้ว, เนื้อมะละกอดิบ, เปลือกและกากมะนาว, เปลือกฝรั่งติดเนื้อ และ เปลือกแตงโม (ขจัดผิว) พบว่า ปริมาณเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอมีปริมาณสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 30.20 ของน้ำหนักแห้งของเปลือก และปริมาณเพคตินที่สกัดได้น้อยที่สุดได้จากกากมะเขือเทศ คิดเป็นร้อยละ 4.99 ต่อน้ำหนักแห้งของกาก

2.8 ฝรั่ง

ฝรั่งเป็นพวกไม้ยืนต้นขนาดย่อม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Psidium Guajava* Linn. ในวงศ์ Myrtaceae และมีชื่อสามัญ คือ Guava ฝรั่งมีหลายพันธุ์ เช่น ฝรั่งขี้นก ฝรั่งสาลี่ ฝรั่งแป้นสีทอง ผลฝรั่งรับประทานได้มีหลายขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร จนถึง 10 เซนติเมตร มีทั้งชนิดผลกลมและผลยาวคล้ายลูกแพร์ ผลดิบมีสีเขียวใบไม้ เมื่อสุกจะเป็นสีเขียวอ่อนปนเหลือง เนื้อในเป็นสีขาวมีกลิ่นเฉพาะมีเมล็ดมาก แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาดัดต่อพันธุกรรมได้ฝรั่งชนิดใหม่ที่เรียกว่า ฝรั่งไร้เมล็ด

โดยทั่ว ๆ ไปนิยมรับประทานฝรั่งดิบ ฝรั่งสุกจึงมีราคาถูกเพราะไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์หรือทำเป็นผลิตภัณฑ์แต่อย่างใด นอกจากขายให้แก่ผู้ซื้อไปเป็นอาหารนก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณค่าทางอาหารของฝรั่งจากตารางแสดงคุณค่าอาหารไทย กองโภชนาการ กรม อนามัย 2542

คุณค่าทางอาหาร	ปริมาณ
ความชื้น	80.70%
ไขมัน	0.10%
เส้นใย	6.00%
โปรตีน	0.90%
คาร์โบไฮเดรท	11.60%
ค่าพลังงานความร้อน	51 กิโลแคลอรี่/100 กรัม
แคลเซียม	13 มิลลิกรัม/100 กรัม
เหล็ก	0.5 มิลลิกรัม/100 กรัม
ฟอสฟอรัส	25 มิลลิกรัม/100 กรัม
วิตามินบี 1	0.06
วิตามินบี 2	160
วิตามินเอ	0.13
วิตามินซี	98 หน่วยสากล/100 กรัม

ที่มา: http://kamphaengphet.doae.go.th/

นอกจากนี้ ฝรั่งยังมีเพคตินอยู่เป็นจำนวนมาก มีสรรพคุณในทางยา คือช่วยเคลือบลำไส้ ในที่นี้จะกล่าวถึงฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง มีลักษณะ คือ ผลสวย เนื้อกรอบ มีกลิ่นหอม รสชาติหวานปะแล่ม

จิรนาถ บุญคงและคณะ (http://www.scisoc.or.th/) ได้ศึกษาการผลิตเพคตินจากฝรั่ง เมื่อนำเพคตินที่สกัดได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ความหนืด, ปริมาณน้ำอิสระ, พีเอช, ความชื้น, เถ้า, sulphated ash, ไขมัน, เส้นใย, โปรตีน, คาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับ 26 cP, 0.601, 2.75, 12.44%, 2.93%, 4.63%, 3.44%, 12.71% , 0.0086%, 68.39% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 3
วัตถุดิบ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

- เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่
- เปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี
- เปลือกและกากส้มสายน้ำผึ้ง
- กากฝรั่งแป้นสีทอง

3.2 อุปกรณ์

- เครื่องปั่นแยกกาก
- ตู้อบลมร้อน (Tray dry)
- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง (mettler Toledo PL1502-S)
- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius TE2145)
- เตาอบลมร้อน (Memmert, Germany)
- เครื่องหมุนเหวี่ยง (Scientific Industries)
- เครื่อง centrifuge (Hettich zentrifugen EBA 20, Germany)
- UV – Spectrophotometer (Shimadzu UV – Rhiarmaspec)
- เครื่องวัดความหนืด (Brookfield DV III)
- เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (TA-TX2i, England)
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Memmert, Germany)
- เครื่อง Magnetic stirrer
- เครื่องปั๊มสุญญากาศ
- เครื่องระเหยระบบสุญญากาศ
- เครื่องปั่น (Blender Moulinex Optiblend Duo)
- เครื่องวัด pH (Sartorius PB -10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

85441

3.3 สารเคมี

- กรดไฮโดรคลอริก
- 60%, 75% และ95% แอลกอฮอล์

3.4 ขั้นตอนและวิธีการ

3.4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

- เปลือกส้มโอ : เฉือนเปลือกสีเขียวออกให้เหลือแต่ชั้นสีขาว(albedo) และหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ
- เปลือกและกากส้มสายน้ำผึ้ง : หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ
- กากฝรั่งแป้นสีทอง : นำฝรั่งมาผ่านกระบวนการปั่นแยกกาก

3.4.2 การสกัดเพคติน

ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ 100 กรัม

↓

เติมสารละลาย ไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1.5 % 500 มล.

↓

ให้ความร้อนที่ 70°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงในอ่างควบคุมอุณหภูมิ

↓

กรองขณะร้อนด้วยผ้าฝ้าย

↓

นำไประเหยด้วยระบบสุญญากาศให้เหลือปริมาตร 100 มล.

↓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เติม 60 % เอธานอล ในสารละลายที่ได้ในสัดส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง แช่ไว้นาน 30 นาที

↓

ล้างด้วย 75 % เอธานอล 2 ครั้ง และ 95 % เอธานอล 1 ครั้ง

↓

บีบตะกอนวุ้นที่ได้ให้แห้ง

↓

อบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

↓

บดและร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 60 mesh

3.4.3 การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเพคตินที่สกัดได้

นำเพคตินที่สกัดได้จากข้อ 3.4.2 มาทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพกับเพคตินที่ได้จากห้องปฏิบัติการ (Food grade) ดังนี้ (ภาคผนวก ข)

3.4.3.1. วัดค่าความเป็นกรดด่างของเพคตินที่สกัดได้จากข้อ 3.4.2 เปรียบเทียบกับเพคตินที่ได้จากห้องปฏิบัติการ (Food grade) ด้วยเครื่อง pH meter วัดสารละลายเพคตินเข้มข้น 0.5 %

3.4.3.2. ตรวจสอบความหนืด โดยเปรียบเทียบกับเพคตินที่ได้จากห้องปฏิบัติการ (Food grade) วัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield) โดยใช้สารละลายเพคตินเข้มข้น 1% จำนวน 500มล.

3.4.3.3. ตรวจสอบสี ของเพคตินที่สกัดได้เปรียบเทียบกับเพคตินที่ได้จากห้องปฏิบัติการ (Food grade) โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงของแพคตินความเข้มข้น 0.05%ที่ 420 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV Spectrophotometer

3.4.3.4. วิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลเพคติน โดยเครื่อง Texture analyzer โดยการนำ เพคตินมาทำการผสมน้ำและน้ำตาลประมาณ 67.5 เปอร์เซ็นต์ และปรับค่าความเป็นกรด-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด่าง ด้วย HClให้อยู่ระหว่าง 2.9-3.4 เมื่อเกิดลักษณะของเจล จึงนำไปวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer หัวทรงกระบอก P0.5/R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์

4.1 ผลของชนิดวัตถุดิบต่อเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของเพคติน

จากการศึกษาการสกัดเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งของผลไม้ชนิดต่างๆ ได้แก่ เปลือกและกากส้ม(สายน้ำผึ้ง) เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ เปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี และกากฝรั่ง(แป้นสีทอง) โดยการสกัดด้วย 1.5% กรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในการทดลองสกัดตัวอย่างละ 10 ซ้ำ เพื่อทำการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพคตินจากน้ำหนักสดของส่วนเหลือทิ้งของผลไม้ชนิดต่างๆ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งของผลไม้ชนิดต่างๆ

วัตถุดิบ	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพคติน
เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่	1.60 ± 0.05^{c}
เปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี	2.10 ± 0.09^{d}
เปลือกและกากผลส้ม(สายน้ำผึ้ง)	1.13 ± 0.08^{b}
กากฝรั่ง(แป้นสีทอง)	0.90 ± 0.08^{a}

$^{a-d}$ หมายถึง ความแตกต่างทางสถิติของตัวอย่าง ที่ระดับนัยสำคัญ 95% ($P<0.05$)

จากตารางที่ 5 พบว่า เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพคตินจากวัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด ที่สกัดได้อยู่ระหว่าง 0.90 – 2.10 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha < 0.05$) ในทุกๆ ชนิดของวัตถุดิบ โดยเพคตินจากเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีจะมีค่าสูงสุด คือ 2.10 ± 0.09 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด ส่วนกากฝรั่ง(แป้นสีทอง) ให้ปริมาณผลได้น้อยที่สุด คือ 0.90 ± 0.08 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพคติน (น้ำหนักแห้ง) จากส่วนเหลือทิ้งของผลไม้ชนิดต่างๆ

วัตถุดิบ	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพคติน
เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่	5.18±0.15[b]
เปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี	6.97±0.30[c]
เปลือกและกากผลส้ม(สายน้ำผึ้ง)	4.70±0.35[a]
กากฝรั่ง(แป้นสีทอง)	5.26±0.49[b]

[a-c] หมายถึง ความแตกต่างทางสถิติของตัวอย่าง ที่ระดับนัยสำคัญ 95% ($P<0.05$)

เมื่อคำนวณปริมาณเพคตินที่สกัดได้ต่อน้ำหนักแห้งของวัตถุดิบต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 6 จะเห็นว่า เมื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพคตินต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง เพคตินจากเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดียังคงมีปริมาณสูงที่สุด คือ 6.97±0.30 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ส่วนเพคตินจากเปลือกและกากผลส้ม (สายน้ำผึ้ง) มีปริมาณน้อยสุดคือ 4.70±0.35 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าเพคตินจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่และเพคตินจากกากฝรั่ง (แป้นสีทอง) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha < 0.05$)

จากการศึกษาของปรัญชาและมงคล(2543) พบว่า ปริมาณและคุณภาพของเพคตินจะแตกต่างกันตามชนิด ความแก่อ่อน พันธุ์ และส่วนต่าง ๆ ของผลไม้ นอกจากนี้กรรมวิธีการสกัด การตกตะกอน และการทำให้บริสุทธิ์ ก็มีผลต่อปริมาณและคุณภาพขอองเพคตินด้วยเช่นกัน โดยการศึกษาพบว่าในฝรั่งมีปริมาณเพคติน 0.17 เปอร์เซ็นต์

4.2 สมบัติทางเคมีกายภาพของเพคตินที่สกัดได้จากส่วนเหลือทิ้งของผลไม้ชนิดต่างๆ

4.2.1 ความเป็นกรด-ด่าง

เมื่อนำเพคตินที่สกัดได้จากข้อ 4.1 มาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ในการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter เปรียบเทียบกับเพคตินจากห้องปฏิบัติการ โดยใช้สารละลายเพคติน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 แสดงค่าความเป็นกรด – ด่าง ของเพคตินที่สกัดได้เทียบกับเพคตินจากห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่าง (เพคติน)	ค่าพีเอช
เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่	2.72 ± 0.03^{b}
เปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี	2.69 ± 0.01^{a}
เปลือกและกากผลส้ม(สายน้ำผึ้ง)	2.80 ± 0.00^{c}
กากฝรั่ง(แป้นสีทอง)	2.72 ± 0.00^{ab}
เพคตินจากห้องปฏิบัติการ	2.88 ± 0.07^{d}

$^{a-d}$ หมายถึง ความแตกต่างทางสถิติของตัวอย่าง ที่ระดับนัยสำคัญ 95% ($P<0.05$)

จากผลการทดลอง พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของเพคตินที่สกัดได้มีค่าอยู่ในช่วง 2.69-2.80 โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของเพคตินจากเปลือกและกากส้มมีค่าสูงที่สุด คือ 2.80 ส่วนเพคตินจากเปลือกส้มโอขาวใหญ่และทองดี มีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่ต่างจากกากฝรั่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($\alpha < 0.05$) (ตารางที่ 7) เมื่อเปรียบเทียบกับเพคตินจากห้องปฏิบัติการจะพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของเพคตินที่สกัดได้ทุกชนิดมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าเพคตินจากห้องปฏิบัติการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($\alpha < 0.05$)

4.2.2 ค่า Browning Index

เมื่อนำเพคตินที่สกัดได้ มาวิเคราะห์ Browning Index ด้วย เครื่อง UV-spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ของสารละลายเพคติน 0.05% เปรียบเทียบกับเพคตินจากห้องปฏิบัติการ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงค่า browning index ของเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งจากผลไม้ชนิดต่างๆ

ตัวอย่าง (เพคติน)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร
เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่	0.011 ± 0.001^{a}
เปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี	0.070 ± 0.001^{c}
เปลือกและกากผลส้ม(สายน้ำผึ้ง)	0.213 ± 0.003^{d}
กากฝรั่ง(แป้นสีทอง)	0.069 ± 0.003^{c}
เพคตินจากห้องปฏิบัติการ	0.062 ± 0.002^{b}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[a-d] หมายถึง ความแตกต่างทางสถิติของตัวอย่าง ที่ระดับนัยสำคัญ 95% ($P<0.05$)

ค่า browning index หรือการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตรของสารละลายเพคตินจากเปลือกและกากส้ม(สายน้ำผึ้ง) พบว่ามีค่าสูงที่สุด คือ 0.213 และเพคตินจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่มีค่าต่ำสุด คือ 0.011 ส่วนสารละลายเพคตินจากเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีและกากฝรั่ง (แป้นสีทอง) มีค่าการดูดกลืนแสงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเพคตินจากห้องปฏิบัติการ พบว่า สารละลายเพคตินที่สกัดได้ทั้งหมดมีค่าการดูดกลืนแสงที่สูงกว่าเพคตินจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นสารละลายจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ที่มีค่าต่ำกว่า สารละลายเพคตินที่มีค่าการดูดกลืนแสงใกล้เคียงกับสารละลายเพคตินจากห้องปฏิบัติการมากที่สุด คือ สารละลายเพคตินจากเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีและกากฝรั่ง (แป้นสีทอง) ทั้งนี้เนื่องจาก ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร เป็นการวัดค่า Browning Index ดังนั้น ถ้าค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นนี้มีค่าสูงแสดงว่า ตัวอย่างที่ทดสอบมีสีเข้ม จากผลการทดลองจึงสรุปได้ว่า เพคตินที่สกัดได้มีสีเข้มกว่าเพคตินจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้น เพคตินจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ที่จะมีสีอ่อนกว่า

ในการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร พบว่าค่าที่ได้ต่ำกว่า 0.100 ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายเพคตินที่เตรียมไม่เหมาะสมกับเพคตินแต่ละชนิด ความเข้มข้นของสารละลายเพคตินที่เตรียม(0.05%) มีความเหมาะสมเฉพาะกับเพคตินจากเปลือกและกากส้มเท่านั้น แต่ไม่เหมาะสมกับเพคตินชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะสารละลายเพคตินจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ที่มีค่าการดูดกลืนแสงต่ำมาก นั่นหมายถึง ตัวอย่างมีการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นนี้ต่ำมาก หรือปริมาณแสงที่ส่องผ่านตัวอย่างสามารถผ่านได้เกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้ความแม่นยำในการวัดน้อย ค่าที่ได้จึงอาจมีความผิดผลาดสูง และไม่ใช่ค่าที่แท้จริง ดังนั้นจึงควรเตรียมความเข้มข้นของสารละลายเพคตินให้เหมาะสมกับเพคตินแต่ละชนิด

สรุปได้ว่าเพคตินที่มีค่าการดูดกลืนแสงน้อยจะมีสีอ่อน และสามารถนำไปใช้ได้โดยไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์

4.2.3 ความหนืด

เมื่อนำเพคตินที่สกัดได้ มาวิเคราะห์ความหนืดด้วย เครื่องวัดความหนืด (Brookfield) โดยวัดสารละลายเพคตินเข้มข้น 1% โดยใช้หัวเบอร์ 1 ความเร็วรอบ 250 rpm เพื่อเปรียบเทียบค่าความหนืดของเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งจากผลไม้ชนิดต่างๆกับเพคตินจากห้องปฏิบัติการ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 9

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แสดงค่าความหนืดของเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งจากผลไม้ชนิดต่างๆ

ตัวอย่าง (เพคติน)	ค่าความหนืด (cP)
เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่	18.8 ± 0.31^{d}
เปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี	15.9 ± 0.25^{c}
เปลือกและกากผลส้ม(สายน้ำผึ้ง)	21.1 ± 0.40^{e}
กากฝรั่ง(แป้นสีทอง)	14.7 ± 0.30^{b}
เพคตินจากห้องปฏิบัติการ	12.4 ± 0.47^{a}

$^{a-e}$ หมายถึง ความแตกต่างทางสถิติของตัวอย่าง ที่ระดับนัยสำคัญ 95% ($P<0.05$)

จากผลการทดลองเพคตินที่สกัดได้มีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 14.7-21.1 cP โดยค่าความหนืดของเพคตินจากเปลือกและกากส้มมีค่าสูงที่สุด คือ 21.1 cP และจากกากฝรั่งมีค่าต่ำสุด คือ 14.7 cP ค่าความหนืดของเพคตินทั้งหมดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนืดกับเพคตินจากห้องปฏิบัติการ พบว่า เพคตินที่สกัดจากส่วนเหลือทิ้งจากผลไม้ชนิดต่างๆ มีค่าความหนืดมากกว่าเพคตินจากห้องปฏิบัติการเมื่อใช้เพคตินที่ความเข้มข้นเดียวกัน แสดงว่าเพคตินที่สกัดได้อาจเป็นสารให้ความข้นหนืด (Thickening agent) ที่ดีกว่าเพคตินจากห้องปฏิบัติการ จึงเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการใช้เพคตินเพื่อให้เกิดความข้นหนืด และความคงตัว เช่น ผลิตภัณฑ์แยม เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาสภาวะความคงตัวของเพคตินที่สกัดได้เสียก่อน

4.2.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลเพคติน

เมื่อนำเพคตินที่สกัดได้ มาทำการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลเพคติน เปรียบเทียบกับเจลเพคตินจากห้องปฏิบัติการ ด้วยเครื่อง Texture analyzer ได้ผลแสดงดังตารางที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงค่าแรงกด ของเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งจากผลไม้ชนิดต่างๆ

ตัวอย่าง (เพคติน)	ค่าแรงกด (กรัม/มิลลิเมตร)
เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่	431.06 ± 17.05^{c}
เปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี	317.62 ± 12.82^{a}
เปลือกและกากผลส้ม(สายน้ำผึ้ง)	393.76 ± 25.87^{b}
กากฝรั่ง(แป้นสีทอง)	306.74 ± 16.07^{a}
เพคตินจากห้องปฏิบัติการ	363.58 ± 40.90^{b}

$^{a-c}$ หมายถึง ความแตกต่างทางสถิติของตัวอย่าง ที่ระดับนัยสำคัญ 95% ($P<0.05$)

ค่าแรงกด (กรัม/มิลลิเมตร) เป็นค่าที่แสดงความแข็งแรงของเจล หมายความว่าค่าแรงกดจะแปรผันตามความแข็งแรงของเจล ดังนั้น เจลของเพคตินที่ให้ค่าแรงกดมากจะมีความแข็งแรงแก่เจลสูงกว่าเพคตินที่ให้ค่าแรงกดน้อย จากผลการทดลอง ค่าแรงกดของเพคตินที่สกัดได้มีค่าอยู่ในช่วง 306.74 - 431.06 (กรัม/มิลลิเมตร) โดยค่าแรงกดของเพคตินจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่มีค่าสูงที่สุด คือ 431.06 และเพคตินจากกากฝรั่งแป้นสีทองมีค่าแรงกดน้อยที่สุดคือ 306.74 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 10) และเมื่อเปรียบเทียบกับเพคตินจากห้องปฏิบัติการ พบว่าค่าแรงกดของเพคตินที่ผลิตจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่มีค่าแรงกดมากกว่า แต่เพคตินที่ผลิตจากเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี และกากฝรั่ง (แป้นสีทอง) มีค่าต่ำกว่า ส่วนเพคตินจากเปลือกและกากผลส้ม(สายน้ำผึ้ง) มีค่าแรงกดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($\alpha < 0.05$) กับเพคตินจากห้องปฏิบัติการ แสดงว่าเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกและกากส้มสายน้ำผึ้งมีความสามารถในการเกิดเจลและให้ความคงตัวได้ดีเหมือนกับเจลของเพคตินจากห้องปฏิบัติการ แต่เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่อาจจะเป็นสารที่ทำให้เกิดเจล (Gelling agent) และสารให้ความคงตัว (Stabilizer) ที่ดีกว่าเพคตินจากห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจึงเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการลักษณะของเจลที่มีความแข็งแรง เช่น ลูกกวาดที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

ในการผลิตเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งของผลไม้ ได้แก่ เปลือกและกากส้ม(สายน้ำผึ้ง), เปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี, เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ และกากฝรั่ง(แป้นสีทอง) จะได้ผลผลิตเพคตินจากเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีสูงที่สุด และจากกากฝรั่ง(แป้นสีทอง) ต่ำที่สุด

เมื่อนำเพคตินที่สกัดได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพเปรียบเทียบกับเพคตินจากห้องปฏิบัติการ พบว่า เพคตินที่สกัดได้มีความเป็นกรดสูงกว่า สีเข้มกว่า มีความหนืดมากกว่า แต่มีความแข็งแรงของเจลต่ำกว่า ยกเว้น เพคตินจากส้มโอขาวใหญ่ที่มีสีไม่แตกต่างแต่มีความแข็งแรงของเจลมากกว่า และเจลเพคตินจากเปลือกและกากส้มมีความแข็งแรงไม่แตกต่างกับเพคตินจากห้องปฏิบัติการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

การตรวจสอบปริมาณเพคตินในพืชสดและน้ำหมักชีวภาพ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.filing.fda.moph.go.th/library/e-learning/CPIC. [10 สิงหาคม 2550]

การผลิตเพคตินจากฝรั่ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.scisoc.or.th/ [19 มีนาคม 2551]

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. เคมีอาหาร : คาร์โบไฮเดรต. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์ : 181-185.

ปรัญชา โรจนการสกุล และมงคล ตั้งศรีตระการ. 2543. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากกากฝรั่ง. ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : 14-26.

ฝรั่ง.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก http://kamphaengphet.doae.go.th/.[19 มีนาคม 2551]

พนิดา สมบัติสุวรรณ. 2549. การสกัดเพคตินจากเปลือกชั้นนอกและชั้นกลางของเปลือกส้มโดยใช้น้ำ. ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เพคติน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www1.stkc.go.th/ . [19 มีนาคม 2551]

วุฒิชัย นาครักษา. 2548. คาร์โบไฮเดรตในอาหาร. ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : 31-33, 53-54.

สาธิตา รุ่งอรุโณทัย. 2547. การสกัดเพคตินที่ละลายน้ำได้จากเปลือกส้มแมนดารินโดยวิธีการ Crossflow microfiltration. ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

" ส้ม (ผลไม้)" 29 สิงหาคม 2550. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://th.wikipedia.org

May, C.D. 2000. Pectin. *In* handbook of hydrocolloids. (Phillips, G. O. and Williams, P. A. editors). CRC press. Florida USA :169-188.

May, C.D. 1992. Pectin. *In* thickening and gelling agent for food. (Imeson, A. editor). Great Britain at the university press. London USA : 129.

Yapo, B.M., Lerouge, P., Thibault, J. and Ralet, M. (2007). Pectin from citrus peel cell walls contain homogalacturonans homogenous with respect to molar mass, rhamnogalacturonan I, rhamnogalacturonan lI. Carbohydrate polymers 69:426-435

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Willats, W. G. T. , Knox, J. P. and Mikkelsen, J. D. 2006. Pectin : new insights into an old polymer are starting to gel . Trends in Food & Technology 17 : 97-104.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

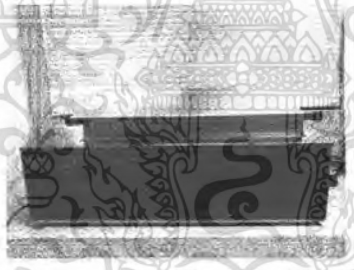
ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการสกัดเพคติน

1. ชั่งตัวอย่าง 100 กรัม ด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

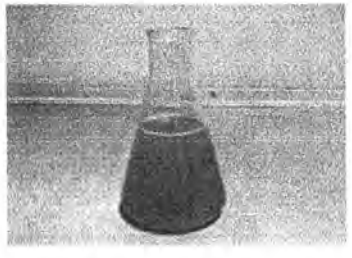
ภาพผนวกที่ 1 แสดงวัตถุดิบ

2. เติม 1.5% กรดไฮโดรคลอริกปริมาตร 500 มิลลิลิตร จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 ^{0}C นาน 2 ชั่วโมง



ภาพผนวกที่ 2 แสดงการให้ความร้อนด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ

3. กรองสารละลายขณะร้อนด้วยผ้าฝ้าย จะได้สารละลายเพคติน



ภาพผนวกที่ 3 แสดงสารละลายเพคติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

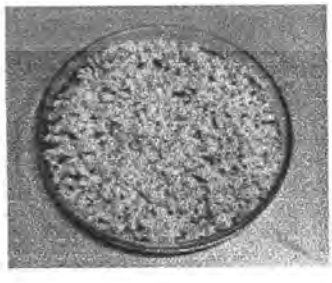
4. ระเหยด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 60°C จนมีปริมาตร 100 มล.

ภาพผนวกที่ 4 แสดงการระเหยด้วยระบบสุญญากาศ

5. ตกตะกอนเพคตินด้วย 60% Ethanol ในสัดส่วน 1:1 แช่นาน 30 นาที จะสังเกตเห็นตะกอนวุ้น

ภาพผนวกที่ 5 แสดงการตกตะกอนเพคติน

6. ล้างตะกอนเพคตินด้วย 75% Ethanol จำนวน 2 ครั้ง และ 95%Ethanol จำนวน 1 ครั้ง บีบตะกอนเพคตินที่ได้ให้แห้ง



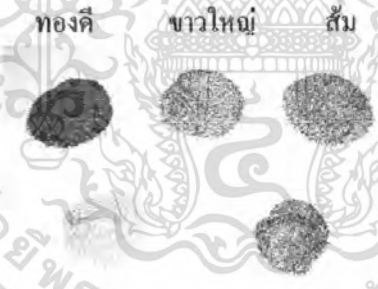
ภาพผนวกที่ 6 แสดงเพคตินก่อนอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

ภาพผนวกที่ 7 แสดงการอบเพคตินด้วยตู้อบลมร้อน

8. บดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh



ภาพผนวกที่ 8 แสดงผงเพคตินที่สกัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเพคติน

1. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

1. อบ Aluminium can พร้อมฝาที่อุณหภูมิ 105 ^{0}C 3 ชั่วโมง แล้วนำไปใส่ใน Desicators ทิ้งให้เย็น ชั่งน้ำหนักพร้อมฝา

2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2-3 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ Aluminium can

3. อบตัวอย่างด้วยตู้อบลมร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

4. นำตัวอย่างที่ได้ใส่โถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น

5. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ได้

การคำนวณ

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} \times \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

2. การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

1. ชั่งเพคติน 0.5 กรัม ละลายน้ำ และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

2. นำสารละลายที่เตรียมได้ตั้งบน Magnatic stirrer

3. กรองสารละลายผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1

4. วัดค่า pH ของสารละลายที่เตรียมได้ด้วยเครื่อง pH meter

3. การวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง

1. ชั่งเพคติน 0.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

2. เจือจางลงอีก 10 เท่า

3.วัดสารละลายด้วยเครื่อง UV-spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ซึ่งเป็น Browning Index

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์ค่าความหนืด

1. ชั่งเพคติน 5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร
2. วัดสารละลายด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield) หัว1 ที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที

5. การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer TA-TX2i

1. การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้หัวทรงกระบอก P0.5/R ภาชนะบรรจุคือ Bloom jar
2. ทำการ Calibrate force ก่อนการวัดทุกครั้ง โดยใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 5 กิโลกรัม
3. ประกอบชุดเครื่องมือ หัววัดทรงกระบอก P0.5/R เข้ากับตัวเครื่อง
4. นำตัวอย่างที่บรรจุในภาชนะวางบนแท่น
5. ทำการวิเคราะห์โดยเครื่องโดยใช้สภาวะดังนี้

TA-TX2i Setting	Mode :	Measure Force in Compression
	Option :	Return to Start
	Pre-Test speed :	1.0 mm/s
	Test speed :	0.5 mm/s
	Post-Test speed :	10.0 mm/s
	Distance :	8 mm
	Trigger Type :	Auto – 10 g
	Data Acquisition Rate :	400 pps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ผลสถิติของเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งของผลไม้ชนิดต่างๆ

yield

	type	N	Subset for alpha = .05		
			1	2	3
Duncan[a]	3.00	10	4.6970		
	1.00	10		5.1750	
	4.00	10		5.2580	
	2.00	10			6.9730
	Sig.		1.000	.591	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ผลสถิติของเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพคติน(น้ำหนักแห้ง)จากส่วนเหลือทิ้งของผลไม้ชนิดต่างๆ

yield

	type	N	Subset for alpha = .05		
			1	2	3
Duncan[a]	3.00	10	4.6970		
	1.00	10		5.1750	
	4.00	10		5.2580	
	2.00	10			6.9730
	Sig.		1.000	.591	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ผลสถิติของค่าความเป็นกรด – ด่าง ของเพคตินที่สกัดได้เทียบกับเพคตินจากห้องปฏิบัติการ

pH

	type	N	Subset for alpha = .05			
			1	2	3	4
Duncan [a]	2.00	3	2.6900			
	4.00	3	2.7200	2.7200		
	1.00	3		2.7233		
	3.00	3			2.8000	
	5.00	3				2.8800
	Sig.		.055	.814	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ผลสถิติของค่า browning index ของเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งจากผลไม้ชนิดต่างๆ

ABS

	type	N	Subset for alpha = .05			
			1	2	3	4
Duncan[a]	1	3	.01133			
	5	3		.06204		
	4	3			.06900	
	2	3			.07033	
	3	3				.21333
	Sig.		1.000	1.000	.463	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ผลสถิติค่าความหนืดของเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งจากผลไม้ชนิดต่างๆของค่าความหนืด

viscosity

	type	N	Subset for alpha = .05				
			1	2	3	4	5
Duncan[a]	5	3	12.36667				
	4	3		14.70000			
	2	3			15.93333		
	1	3				18.83333	
	3	3					21.10000
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ผลสถิติของค่าแรงกด ของเพคตินจากส่วนเหลือทิ้งจากผลไม้ชนิดต่างๆ

texture

	type	N	Subset for alpha = .05		
			1	2	3
Duncan[a]	4.00	5	306.7400		
	2.00	5	317.6200		
	5.00	5		363.5800	
	3.00	5		393.7600	
	1.00	5			431.0600
	Sig.		.495	.068	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

หมายเหตุ : type 1 คือ เพคตินจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่

2 คือ เพคตินจากเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี

3 คือ เพคตินจากเปลือกและกากส้มสายน้ำผึ้ง

4 คือ เพคตินจากกากฝรั่งแป้นสีทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวจุฑามาศ นัยพัฒน์ เกิดเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2528 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสายน้ำผึ้ง ปีการศึกษา 2546 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิตจาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2550 ปัจจุบันอาศัยอยู่ที่ 191/1 ซ.สวัสดี สุขุมวิท 31 แขวง คลองตันเหนือ เขตวัฒนา กทม. 10110

นางสาววราณี บินซัน เกิดเมื่อวันที่ 13 สิงหาคม พ.ศ. 2528 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสตรีเศรษฐบุตรบำเพ็ญ ปีการศึกษา 2546 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิตจาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2550 ปัจจุบันอาศัยอยู่ที่ 4 ซ.พระยาสุเรนทร์ 23 แยก 1 แขวงบางชัน เขตคลองสามวา กทม. 10510

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้