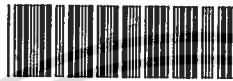


การศึกษาทดลองผลิตเพคตินจากกากฝรั่ง
(Study on Pectin Production from Guava Pomace)



T096713



นางสาวศลิพร กุลตรีรัตนารมย์
นางสาวสุวรรณีย์ สัจจาพิทักษ์

รายนงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2542

เลขหมู่..... 96713
เลขทะเบียน.....
วันเดือนปี..... 4 JUN 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ


เรื่อง

การศึกษาทดลองผลิตเพคตินจากกากฝรั่ง
(Study on Pectin Production from Guava Pomace)

โดย

นางสาวศลิพร กุลตรีรัตนารมย์
นางสาวสุวรรณี สัจจาพิทักษ์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก


.....
(*นางสาวศลิพร กุลตรีรัตนารมย์*)

๒๒ / ๓ / ๕๒

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร


.....

()

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. ๕๒

T 2076

รฟพ.
๕๒๕๗
๒๕๔๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศลิพร กุลตรีรัตนารมย์ และ สุวรรณีย์ สัจจาพิทักษ์ 2542. การศึกษาทดลองผลิตเพคตินจาก
กากฝรั่ง (Study on Pectin Production from Guava Pomace)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง. 65 หน้า

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. บุญเทียม พันธุ์เพ็ง

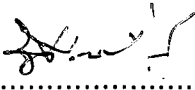
บทคัดย่อ

เพคตินถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมหลายประเภท ทั้งทาง
ด้านอุตสาหกรรมอาหาร ด้านการแพทย์ ด้านเภสัชและด้านอื่นๆ

การทดลองนี้ทำการศึกษาทดลองผลิตเพคตินจากกากฝรั่งที่ได้จากการคั้นน้ำฝรั่ง ทำ
ได้โดยการนำกากฝรั่งมาสกัดเพคตินด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
กรองเอากากออกโดยใช้ผ้าขาวบาง หลังจากนั้นนำน้ำส่วนที่กรองได้ทำการฟอกสีโดยใช้ผง
ถ่านกัมมันต์ จากการศึกษาปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการฟอกสี พบว่าควรรีใช้ในปริมาณ
3 % โดยผสมผงถ่านกัมมันต์กับน้ำที่ได้จากการสกัดเพคตินคนให้เข้ากัน จากนั้นให้ความร้อน
ที่ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที และกรองผ่านชั้นของผงกรอง นำน้ำส่วนที่ผ่านการกรอง
แล้วมาระเหยน้ำออก 90% ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาพสุญญากาศ และทำ
การตกตะกอนเพคตินด้วย 60% เอทานอล นำตะกอนเพคตินที่ได้ไปอบแห้ง บดผ่านตะแกรง
ร่อนจะได้เป็นผงเพคติน

ผลิตเพคตินได้ปริมาณ 3.18% ของน้ำหนักกากฝรั่งแห้ง เพคตินที่ผลิตได้จัดเป็น
เพคตินประเภทที่ไม่มีหมู่เอไมด์ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้ คือ ระดับการเอสเทอร์ฟิเคชัน 58.28%
ปริมาณของกรดกาแลคทูโรนิก 48.9% เพคตินที่ผลิตได้จัดเป็น เพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิล
สูง

ศลิพร กุลตรีรัตนารมย์.
สุวรรณีย์ สัจจาพิทักษ์
.....
ลายมือชื่อนักศึกษา


.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

๒๒/๓/๕๕
.....
วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีนั้น คณะผู้จัดทำขอกราบ
 ขอบพระคุณท่านอาจารย์บุญเทียม พันธุ์เพ็ง เป็นอย่างสูง ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาให้คำ
 แนะนำ และตรวจแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุก
 ท่านที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้ ตลอดจนให้คำแนะนำด้านต่างๆ ขอขอบคุณนักวิทยา
 ศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ สารเคมีต่างๆ และให้
 ความสะดวกในระหว่างการศึกษาปฏิบัติงาน รวมทั้งขอขอบคุณเสรีที่กรุณาเอื้อเฟื้อเฟื่อง และ
 เพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจอย่างดีจนได้รับความสำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่น้องเป็นอย่างสูงที่ให้ความรัก ความ
 อบอุ่นและเป็นกำลังใจเสมอมา

ศลีพร กุลตรีรัตนารมย์
 สุวรรณี สัจจาพิทักษ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญตาราง	ง
สารบัญตารางภาคผนวก	จ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญภาพภาคผนวก	ช
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	31
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	37
5. สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	42
เอกสารอ้างอิง	44
ภาคผนวก	48
ภาคผนวก ก	49
ภาคผนวก ข	54
ภาคผนวก ค	61
ภาคผนวก ง	63
ภาคผนวก จ	64
ประวัติผู้เขียน	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
ก1 ผลของการทรีทเมนต์คาร์บอนกัมมันต์ด้วยวิธีต่าง ๆ กัน ต่อองค์ประกอบของเถ้าและค่าความเป็นกรดต่าง	52
ก2 ความหนาแน่นรวมและขนาดของผงคาร์บอนกัมมันต์ที่ วิเคราะห์โดยใช้ตะแกรงร่อน	53
ข1 แสดงข้อกำหนดมาตรฐานระหว่างประเทศของเพคติน สำหรับใช้ในอาหารและเภสัชกรรม	54
ข2 แสดงตัวอย่างเพคตินที่มีกลุ่มเมทอกซิลสูง	56
ข3 แสดงตัวอย่างเพคตินที่มีกลุ่มเมทอกซิลต่ำและมี กลุ่มอะมิเดคในโมเลกุล	58
ข4 แสดงตัวอย่างเพคตินที่มีกลุ่มเมทอกซิลต่ำและไม่มี กลุ่มอะมิเดคในโมเลกุล	60
จ การวิเคราะห์ปริมาณของเพคตินจากการตกตะกอน 2 วิธี	64

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้าที่
2.1 แผนภาพแสดงเซลล์พืช	6
2.2 ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของเพคตินที่ถูกเอสเทอร์ไฟต์ด้วย หมู่เมทิลแอลกอฮอล์ไปบางส่วน	10
2.3 โครงสร้างของโปรโตเพคตินในพืช	11
2.4 โครงสร้างของเพคติน	11
2.5 โครงสร้างทางเคมีของเพคตินชนิดต่าง ๆ	14
2.6 การแบ่งเพคตินตามระดับเอสเทอร์	17
2.7 กลไกการเกิดเจลของเพคติน	19
2.8 กลไกการเกิดเจลของแคลเซียมเพคเตต	20
4.1 สารละลายเพคตินที่สกัดได้จากกากฝรั่ง	38
4.2 สารละลายเพคตินที่สกัดจากกากฝรั่งหลังการฟอกสีด้วยผงถ่านกัมมันต์ ในปริมาณต่าง ๆ กัน คือ A:0% , B:1%, C:2%, D:3%, E:4%	38
4.3 ผงเพคตินที่ได้จากการตกตะกอนด้วย 60%เอทานอลโดยฟอกสีด้วยผงถ่าน กัมมันต์ในปริมาณต่าง ๆ กัน คือ A:0% , B:1%, C:2%, D:3%, E:4%	40
4.4 ผงแคลเซียมเพคเตตที่ได้จากการตกตะกอนด้วย 1 โมลาร์ แคลเซียมคลอไรด์ โดยฟอกสีด้วยผงถ่านกัมมันต์ในปริมาณต่าง ๆ กัน คือ A ₂ :0% , B ₂ :1%, C ₂ :2%, D ₂ :3%, E ₂ :4%	40

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่	หน้า
ก1 ζ -potential ของ PAC มีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดต่าง ของสารละลาย ผลจากการใช้กรดไฮโดรคลอริกและการใช้ความร้อน	47
ค1 ภาพฝรั่งที่ใช้ในการผลิตเพคติน	58
ค2 สารละลายเพคตินที่ฟอกสีด้วยผงถ่านกัมมันต์ในปริมาณต่าง ๆ กัน คือ $A_2:0\%$, $B_2:1\%$, $C_2:2\%$, $D_2:3\%$, $E_2:4\%$ และผ่านการระเหยน้ำออก 90%	58
ค3 ตะกอนแคลเซียมเพคเตตที่ฟอกสีด้วยผงถ่านกัมมันต์ในปริมาณต่าง ๆ กัน คือ $A_2:0\%$, $B_2:1\%$, $C_2:2\%$, $D_2:3\%$, $E_2:4\%$	59
ค4 เครื่องระเหยสูญญากาศ	59
ง1 กระบวนการผลิตน้ำฝรั่งสด	63

บทที่ 1

บทนำ

เพคตินเป็นสารโพลีแซคคาไรด์ชนิดหนึ่งที่พบในชั้นระหว่างผนังเซลล์ปฐมภูมิ ของเนื้อเยื่อผักผลไม้ชนิดต่างๆ เพคตินถูกนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารอย่างแพร่หลายโดยมีหน้าที่เป็น สารสร้างเจล (gelling agent), สารเพิ่มความข้นหนืด(thickening agent) เป็นต้น โดยเฉพาะอาหารจำพวกแยม เยลลี่ มาร์มาเลต นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์อาหารอีกมากมายที่ใช้เพคตินเป็นส่วนประกอบเช่น โยเกิร์ต (yoghurts) , ครีมแต่งหน้าซूप (dressing soup) และเครื่องดื่ม เป็นต้น คุณสมบัติทางโภชนาการของเพคติน คือ ทำหน้าที่เป็นเยื่อป้องกันไม่ให้น้ำตาลถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดได้ง่าย จึงช่วยลดน้ำตาลในเลือด และเป็นตัวป้องกันมิให้คอเรสเตอรอลความหนาแน่นต่ำ ตกค้างที่หลอดเลือดหัวใจ

เพคตินที่ผลิตขึ้นและขายในรูปเป็นผงนั้นได้จัดไว้เป็นมาตรฐานเกรดต่าง ๆ จำนวนมาก ส่วนการผลิตเพคตินในรูปของเหลวนั้นมีการผลิตในปริมาณน้อย เนื่องจากความสะดวกในการใช้และอายุการเก็บรักษาสั้น เพคตินที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศทั้งสิ้น เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีโรงงานผลิตเพคติน และแนวโน้มการใช้เพคตินก็เพิ่มมากขึ้น ในงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ประเทศไทยมีผลไม้หลายชนิดที่มีเพคตินเป็นองค์ประกอบและวัตถุดิบมีราคาถูก ซึ่งอาจมีความเป็นไปได้ว่าจะมีอุตสาหกรรมการผลิตเพคตินขึ้นในประเทศไทย

แม้ว่าประเทศไทย จะมีผลไม้ค่อนข้างมากที่มีปริมาณเพคตินสูง เหมาะสำหรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรม เช่น เปลือกส้มโอ ชั่งขุ่น เปลือกส้มเขียวหวาน เป็นต้น แต่ผลไม้เหล่านี้มักบริโภคโดยตรงมากกว่าการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แบบอื่น ดังนั้นการที่จะรวบรวมเปลือกผลไม้เหล่านี้ เพื่อจะนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเพคตินจึงทำได้ค่อนข้างยาก แต่สำหรับกากฝรั่ง ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำฝรั่ง สามารถรวบรวมได้ง่ายเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเพคติน ซึ่งฝรั่งก็จัดว่าเป็นผลไม้ที่มีปริมาณเพคตินสูง จึงนับว่าเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

วัตถุประสงค์

1. เป็นการนำกากฝรั่งที่ทำการคั้นน้ำแล้วมาใช้ให้เกิดประโยชน์
2. เพื่อศึกษาวิธีการสกัดเพคตินที่เหมาะสมจากกากฝรั่ง
3. เพื่อศึกษาคุณภาพของเพคตินที่สกัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

ฝรั่ง

ฝรั่ง (Guava) มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Psidium guajava* และจัดอยู่ในวงศ์ Myrtaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในอเมริกาใต้ และอินเดีย ฝรั่งเป็นต้นไม้ที่แผ่กิ่งก้านออกกว้างขวางมาก ปลูกได้ในดินทุกชนิด ชอบที่โล่งแจ้ง มีแสงแดดผ่านได้สะดวก ทนแดดทนฝนได้เป็นอย่างดี ฝรั่งนั้นให้ผลตลอดทั้งปี จะไม่แก่และสุกพร้อมกันแต่จะแก่เป็นรุ่น ส่วนมากคนนิยมรับประทานฝรั่งห้ามมากกว่าฝรั่งสุก

ฝรั่งเป็นแหล่งวิตามินซี ที่อุดมสมบูรณ์ มีวิตามินเอ แคลเซียมและฟอสฟอรัสมากพอสมควร เส้นใยอาหารจากฝรั่งมีปริมาณสูงถึง 57.81 ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ชนิดของเส้นใยที่พบในฝรั่งจะอยู่ในรูปของ เซลลูโลส , เฮมิเซลลูโลส , ลิกนิน และสารประกอบเพคติน ได้แก่ เพคติน , กรดเพคติก และโปรโตเพคติน ซึ่งปริมาณเพคตินทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นเมื่อฝรั่งเจริญถึงขั้นรับประทานได้ จากนั้นจะลดทันทีเมื่อสุกเต็มที่ ฝรั่งจะมีเพคตินน้อยกว่าผลไม้ตระกูลส้ม (citrus fruit) เพคตินของฝรั่งจะมีค่า methoxy index สูงและสามารถเกิดเจลได้ดี เมื่อมีของแข็งที่ละลายได้ (soluble solid) 65% เจลจะมีความเสถียรที่ความเป็นกรดต่าง 2.1-2.4 โดยเพคตินมีผลต่อระดับโคเลสเตอรอลในเลือด รวมทั้งมีคุณสมบัติในการเกิดเจลทั้งในลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ โดยช่วยกำจัดแบคทีเรียออกจากร่างกาย เพื่อการเคลื่อนไหวของลำไส้ใหญ่ และลดระยะเวลาในการกำจัดกากอาหาร อาจช่วยป้องกันโรคท้องผูกได้ นอกจากนี้เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสซึ่งมีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักอุจจาระ ทำให้ไม่เป็นโรคท้องผูก ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคอื่น ๆ เช่น ริดสีดวงทวาร , ลำไส้โป่งพอง และมะเร็งลำไส้ใหญ่ (ประภาศรีและคณะ,2533)

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น ฝรั่งเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กหรือไม้พุ่ม ทรงต้นสูงประมาณ 3-10 เมตร แตกกิ่งก้านสาขาที่บริเวณใกล้โคนต้น เปลือกมีสีน้ำตาลอมแดง หรือสีน้ำตาลอมเขียว เปลือกจะลอกเองเมื่อลำต้นแก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบ เป็นไม้ประเภทใบคู่ ใบอ่อนมีสีเขียวมีลักษณะไม่เรียบ แผ่นใบรูปไข่ปลายมน ขนาดความกว้าง 3-7 เซนติเมตร ยาว 5-15 เซนติเมตร ด้านหลังใบเรียบ ด้านท้องใบมีขนอ่อน อยู่ ฐานใบโค้ง ขอบใบเรียบและโปร่งใส

ผล รูปร่างกลมหรือรูปไข่ป่องตรงปลาย เส้นผ่าศูนย์กลาง 5-9 เซนติเมตร เปลือก ขรุขระเล็กน้อยแต่เป็นมัน เมื่อผลยังอ่อน มีผิวสีเขียวเข้ม เมื่อแก่ผิวจะเป็นสีเขียวอ่อน และเมื่อ สุกผิวจะมีสีเหลืองอ่อน เปลือกชั้นกลางสีขาว ความหนาของเนื้อแตกต่างกันตามชนิดหรือ พันธุ์ เนื้อฉ่ำน้ำ เมื่อสุกมีรสหวาน กลิ่นแรง มักปรากฏเซลล์หิน (stone cell) นิยมรับประทาน เมื่อผลยังไม่สุก เนื่องจากรสชาติดี มีรสเปรี้ยวอมหวานและกรอบ เนื้อชั้นในติดกับเมล็ดมีทั้ง สีขาว เหลือง ชมพู หรือแดง รสหวาน (สร้อยดี ,2532)

2.2 ชนิดพันธุ์

2.2.1. กลุ่มรับประทานสด

- ฝรั่งเศสพันธุ์พื้นเมือง ได้แก่ พันธุ์ซันก ผลมีขนาดเล็กมาก ผิวเรียบ เนื้อสีชมพู รสหวาน อมเปรี้ยวเล็กน้อย
- ฝรั่งเศสพันธุ์จีน ได้แก่ พันธุ์บางเสาะงหรือหลวงทองสี้อ ผลขนาดกลางหรือค่อนข้าง ใหญ่ ผิวขรุขระแต่เป็นมัน สีเขียวจัด เนื้อหนาปานกลาง รสหวานอมเปรี้ยว เมล็ด มาก กลิ่นมาก
- ฝรั่งเศสพันธุ์อินเดีย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ
 - พันธุ์ไม่มีเมล็ด ได้แก่ พันธุ์อิแก้ว ผลกลมขนาดกลางหรือใหญ่ ผิวค่อนข้าง ขรุขระ เนื้อหนามาก รสหวาน เนื้อกรอบ ไม่มีรสเปรี้ยว
 - พันธุ์มีเมล็ด ได้แก่ พันธุ์อาลาฮาบัด , ลัคเนาเบอร์ 1-6 , ผลรูปปลาตี (karela) ,พันธุ์ผลกลม , อินเดียค่อม
- ฝรั่งเศสพันธุ์เวียดนาม ผลมีขนาดใหญ่ ผิวขรุขระ เนื้อหนา กรอบ

2.2.2. กลุ่มฝรั่งประดับ

- พันธุ์จีวใบจีบ ทรงต้นเป็นพุ่มขนาดเล็ก ใบเล็กแคบ เป็นจีบ ผลเล็กมาก กลม ผิวเรียบ เนื้อบาง
- พันธุ์ใบเล็ก ทรงต้นเป็นพุ่มขนาดเล็ก ใบแคบ ดอกสีขาว ผลสีเขียวเข้ม ขนาดใบ เล็กมาก ผิวเรียบ เนื้อบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3. กลุ่มฝรั่งแปรรูป เป็นฝรั่งที่มีลักษณะเหมาะสมที่ใช้ในการแปรรูปต่างๆ เช่น ฝรั่งคั้น พันธุ์ประเภทนี้ได้ถูกนำเข้ามาในประเทศไทยไม่นานมานี้ ได้แก่ พันธุ์ บอมมอท์ (Beaumont) และพันธุ์คาหาคูลา (Kahuakula) มีลักษณะผลไม่ใหญ่ มากนัก ผลกลม ผิวเรียบ เนื้อไม่แน่น ที่สำคัญเนื้อจ้ำม่ำมาก เนื้อสีชมพู กลิ่นหอม (สร้อยดี, 2532)

2.3 โครงสร้างของฝรั่ง

ฝรั่งมีโครงสร้างเช่นเดียวกับผักผลไม้โดยทั่วไป ซึ่งสามารถแบ่งระบบเนื้อเยื่อออกเป็น 4 ชนิด คือ dermal, ground, vascular และ support โครงสร้างของระบบเนื้อเยื่อเหล่านี้เกี่ยวข้องกับหน้าที่ทางสรีรวิทยาและลักษณะเฉพาะในระหว่างการเติบโต และระยะความแก่ของผักและผลไม้

2.3.1 เซลล์ชั้นนอก (dermal tissues) เป็นกลุ่มเนื้อเยื่อที่เรียงตัวอยู่ชั้นนอกทำหน้าที่ป้องกันเซลล์ที่อยู่ภายใน

2.3.1.1 เซลล์อีพิเดอร์มิส (epidermis) เป็นเซลล์ที่มีความหนาเพียงชั้นเดียวเซลล์เหล่านี้เป็นเซลล์ที่ยังมีชีวิตและมีเมตาบอลิซึมอยู่และอาจจะมี คลอโรพลาสต์และเม็ดสีอยู่ภายในเนื้อคิวคิวลัส

2.3.1.2 ชั้นของคิวติคูลาร์ สารประกอบเชิงซ้อนพวกไขมันที่เรียกว่า คิวติน มักพบเป็นตาข่ายระหว่างภายในผนังเซลล์ด้านนอกและบนผิวด้านนอกของเซลล์อีพิเดอร์มิส

2.3.1.3 สโตมาตา (stomata) เกิดร่วมกับอีพิเดอร์มิสซึ่งทำหน้าที่เป็นวาล์วเล็ก ๆ สำหรับการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างเนื้อเยื่อกับสิ่งแวดล้อมภายนอก

2.3.1.4 เลนติเคิล (lenticles) มักพบในลำต้น รากและผลไม้ แต่ไม่พบในผักใบ เลนติเคิลเป็นส่วนที่เปิดอย่างต่อเนื่องเพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างเซลล์ที่อยู่ถัดจากอีพิเดอร์มิส และสิ่งแวดล้อมภายนอก

2.3.1.5 ไตรโคม (trichomes) เป็นส่วนของอีพิเดอร์มิสที่เพิ่มขึ้นมา

2.3.2 ground tissues

เซลพาเรนไคมา (parenchyma) มีโปรโตพลาสท์เป็นองค์ประกอบ ผนังเซลล์ของพาเรนไคมา โดยทั่วไปจะบาง และภายในแวคคิวโอล์ของเซลล์ จะใช้เป็นที่เก็บสารต่าง ๆ เช่น กรด น้ำตาล แอนโทไซยานิน แทนนิน อีออนบางชนิด รวมทั้งสารต่างๆ ที่ละลายน้ำ ไขมันและโปรตีน จะอยู่ในของเหลวในเซลล์ (cytoplasm) ซึ่งอยู่ระหว่างผนังเซลล์และแวคคิวโอล์ โพลีแซคคาไรด์อื่น ๆ นอกจากสตาร์ช (starch) คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพคติน จะรวมอยู่ในผนังเซลล์ ระหว่างเซลล์แต่ละเซลล์จะเชื่อมติดกันด้วยชั้นบาง ๆ เรียกว่า Middle lamella ในส่วนนี้ไม่มีเซลลูโลสแต่จะประกอบด้วยสารเพคตินที่มีโครงสร้างคล้ายเจล ส่วนของ Middle lamella นี้ จะมีผลต่อความแข็งแกร่งการยึดเกาะระหว่างเซลล์จึงมีผลต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผักผลไม้ สารเพคตินนี้สามารถเกิดพันธะกับอีออนของโลหะที่มีประจุบวกสอง โดยเฉพาะแคลเซียมและแมกนีเซียม ทำให้การละลายน้ำลดลง

2.3.3 เนื้อเยื่อค้ำจุน (support tissues)

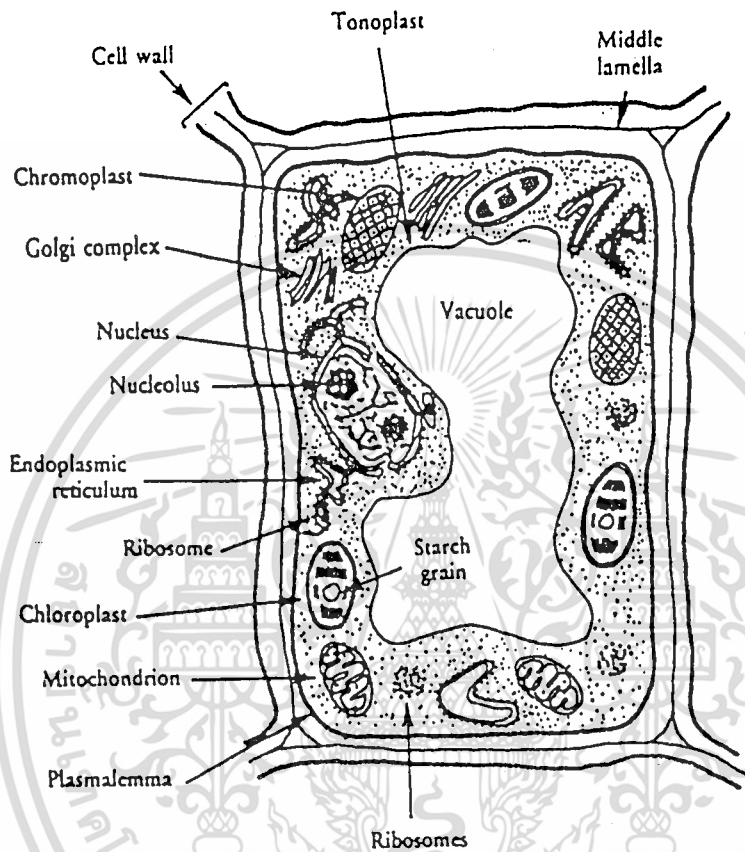
- 2.3.3.1 เซลคอลลินไคมา (collenchyma) เซลล์จะมีผนังเซลล์ที่หนาและเป็นส่วนที่ให้โครงสร้างสำหรับพืช มีผนังเซลล์ที่หนาไม่สม่ำเสมอ ซึ่งมีเพคตินและน้ำอยู่จำนวนมาก ผนังเซลล์มีลักษณะที่ยืดหยุ่น ดังนั้นจึงทำหน้าที่ค้ำจุนส่วนของพืชที่ยังอ่อนและกำลังเติบโต การจัดเรียงตัวตามแนวยาวของสายเซลลูโลสมีผลต่อความยืดหยุ่น และความแข็งแรงของเซลล์ด้วย
- 2.3.3.2 สเคอเรนไคมา (sclerenchyma) เซลล์ชนิดนี้มีผนังหนาและเท่ากันตลอด ผนังเซลล์ประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

2.3.4 เนื้อเยื่อลำเลียง (vascular system)

เนื้อเยื่อลำเลียงประกอบด้วยเนื้อเยื่อหลัก 2 ชนิด คือ ไชเลม และโฟลเอ็ม โดยไชเลมทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและสารอาหาร เกือบแรมที่ละลายน้ำได้ ขณะที่โฟลเอ็มลำเลียงอาหารที่สังเคราะห์ในใบ เนื้อเยื่อลำเลียงทำหน้าที่เป็นตัวให้ความค้ำจุน เนื่องจากมีผนังเซลล์หนา โดยเฉพาะไชเลม

2.4 องค์ประกอบของเซลล์

เซลล์ของผักผลไม้เป็นหน่วยโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตซึ่งรวมกันเป็นเนื้อเยื่อต่างๆ ดังภาพที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบหลักของเซลล์พืช



ภาพที่ 2.1 แผนภาพแสดงเซลล์พืช

ที่มา : Will และคณะ ,1989

2.4.1 ผนังของเซลล์ (cell wall and cell membrane)

2.4.1.1 ผนังเซลล์ (cell wall)

เป็นส่วนที่ไม่มีชีวิตสร้างขึ้นมาเพื่อห่อหุ้มส่วนต่างๆ ของเซลล์เป็นส่วนที่แข็งแรงที่สุดของเซลล์ ผนังเซลล์พืชแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

- 2.4.1.1.1 middle lamella เป็นส่วนที่ประกอบด้วยสารแคลเซียมและแมกนีเซียมเพคเตต มีความยืดหยุ่น ทำหน้าที่เชื่อมระหว่างผนังเซลล์ปฐมภูมิของเซลล์ข้างเคียงให้ติดต่อกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.1.2 ผนัง (wall) เป็นส่วนที่อยู่ชั้นนอกของเซลล์ แบ่งตามโครงสร้าง และการเจริญออกเป็น 2 ชั้น คือ

- (1) ผนังปฐมภูมิ (primary wall) ประกอบด้วยเส้นใยของเซลลูโลส ซึ่งเรียกว่า microfibril เรียงตัวพันกันไปมาไม่เป็นระเบียบ ผนังชนิดนี้จะเกิดขึ้นแรกสุดในระยะเริ่มเจริญเติบโต นอกจากเซลลูโลสแล้วยังประกอบด้วยสารเฮมิเซลลูโลส และเพคติน
- (2) ผนังทุติยภูมิ (secondary wall) ประกอบด้วยเซลลูโลส แต่ microfibril เรียงตัวเป็นระเบียบในแนวขนานกัน นอกจากนี้ยังประกอบด้วย เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และคิวติน ผนังชนิดนี้มักเกิดขึ้นในเซลล์บางชนิดที่ต้องการความแข็งแรง และเกิดที่ด้านในของผนังปฐมภูมิ

2.4.1.2 เยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane)

เป็นผนังหรือเยื่อบาง ๆ ที่ห่อหุ้มโปรโตพลาสซึมไว้ เป็นเนื้อเยื่อที่มีชีวิต มีความยืดหยุ่น ประกอบด้วยโมเลกุลของสารพวกโปรตีน และไขมัน เรียกเนื้อเยื่อนี้ว่า differentially permeable membrane

2.4.2 โปรโตพลาสซึม (Protoplasm)

เป็นสารประกอบเชิงซ้อนซึ่งอยู่ภายในเซลล์ มีลักษณะเป็นของเหลวที่มีความข้นและเหนียวเป็นเมือกใส โปร่งแสง ไม่มีสี และยืดหยุ่นได้ โปรโตพลาสซึมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

2.4.2.1 ไซโทพลาสซึม (cytoplasm)

ไซโทพลาสซึม คือส่วนของ โปรโตพลาสซึม ซึ่งอยู่รอบนอกของนิวเคลียส ภายในไซโทพลาสซึมประกอบด้วย ออแกเนลล์ (organelle) และสารประกอบต่าง ๆ (inclusion)

2.4.2.1.1 ออแกเนลล์ เป็นสารประกอบหรือโครงสร้างที่มีชีวิตที่อยู่ภายใน ไซโทพลาสซึม และมีเยื่อบาง ๆ (membrane) หุ้มอยู่

2.4.2.1.2 สารประกอบต่างๆเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิตทั้งหลายที่อยู่ในไซโทพลาสซึมประกอบด้วยผลิตภัณฑ์จากเมตาบอลิซึม ได้แก่ อาหารที่สะสมไว้ ของเสียต่าง ๆ

2.5 องค์ประกอบทางเคมี

ผักผลไม้ชนิดเดียวกันก็สามารถมีองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกัน เนื่องจากผักผลไม้มีการเกิดเมตาโบลิซึมอยู่ตลอดเวลา ทำให้องค์ประกอบเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของฝรั่ง แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของฝรั่ง

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ	
ความชื้น	80.7	เปอร์เซ็นต์
ไขมัน	0.1	เปอร์เซ็นต์
เส้นใย	6.0	เปอร์เซ็นต์
โปรตีน	0.9	เปอร์เซ็นต์
คาร์โบไฮเดรต	11.6	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียม	13.0	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
เหล็ก	0.5	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
ฟอสฟอรัส	25.0	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
วิตามินบีหนึ่ง	0.06	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
วิตามินบีสอง	0.13	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
วิตามินซี	160.0	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
วิตามินเอ	89.0	IU ต่อ 100 กรัม
ค่าพลังงานความร้อน	51.0	กิโลแคลอรี ต่อ 100 กรัม

ที่มา : เอกสารเผยแพร่ของกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและการพลังงาน

2.6 สารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์

พืชชั้นสูงมีโพลีแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) เป็นองค์ประกอบอยู่หลายชนิด ได้แก่ แป้ง (starch) เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เพคตินกลัยโคโปรตีน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(pectic substances) และโพลีแซคคาไรด์อื่น ๆ นอกจากนี้ยังมีไกลโคโปรตีน (glycoprotein) ที่มีโครงสร้างประกอบด้วย แมนโนส (mannose) ไชโลส (xylose) ฟูโคส (fucose) และ N-acetylglucosamine ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 โพลีแซคคาไรด์ของผนังเซลล์พืชชั้นสูง

General category	Structural classification
Cellulose	β -D-Glucan(4-linked)
Pectic substances	Galacturonans and rhamnogalacturonans Arabinans Galactans and arabinogalactans I
Hemicelluloses	Xylans [including arabinowylans and (4-O-methyl) glucuronoxylans] Galactomannans and glucomannans β -D-Glucans(3 -and4-linked) β -D-Glucans-callose (3-linked) Xyloglucans (4-linked β - D-glucans with Attached side chains)
Other polysaccharides	Arabinogalactans II Glucuronomannans

ที่มา : Whitaker,1984

เพคติกสับสแตนซ์ (pectic substances)

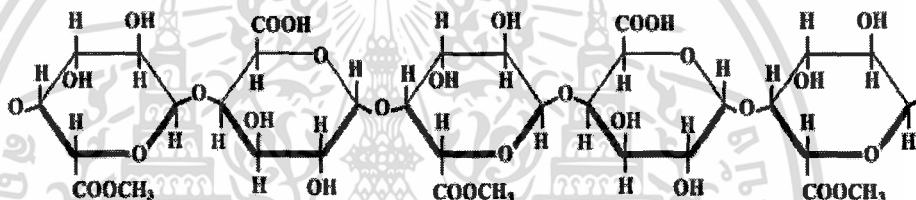
เพคติกสับสแตนซ์แบ่งออกได้หลายประเภท ดังนี้

1. กาแลคทูโรแนน (galacturonans) ซึ่งเป็นโพลีเมอร์ของกรดกาแลคทูโรนิก
2. แรมโนกาแลคทูโรแนน (rhamnogalacturonans) เป็นโพลีเมอร์ผสมระหว่างแรมโนส (rhamnose) และกรดกาแลคทูโรนิก (galacturonic acid)
3. อะราบินแนน (arabinans) เป็นโพลีเมอร์ของอะราบินโนส (arabinose)
4. กาแลคแทน (galactans) เป็นโพลีเมอร์ของกาแลคโตส (galactose)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นชอบโดยประธานกรรมการ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. อะราบินอกาแลคแทน (arabinogalactans) เป็นโพลีเมอร์ผสมของ อะราบินโนสและกาแลคโตส

6. เพคติน (pectin) เป็นสารประกอบโพลีเมอร์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ โครงสร้างประกอบด้วย กรดกาแลคทูโรนิก (galacturonic acid) และ เมทิลเอสเทอร์ (methylester) โดยกรดกาแลคทูโรนิกจะถูกเอสเทอร์ไฟต์ที่ หมู่คาร์บอกซิล โดยจะเกิดเป็นเอสเทอร์กับเมทิลแอลกอฮอล์ในปริมาณ ต่างๆ กัน กรดกาแลคทูโรนิกที่ไม่ได้ถูกเอสเทอร์ไฟต์ด้วยหมู่เมทิล จะเชื่อม ต่อกับกรดกาแลคทูโรนิกที่ถูกเอสเทอร์ไฟต์ด้วยหมู่เมทิลด้วยพันธะ α -1,4 ไกลโคซิดิก



ภาพที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของเพคตินที่ถูกเอสเทอร์ไฟต์ด้วย หมู่เมทิลแอลกอฮอล์ไปบางส่วน

ที่มา : Doesburg, 1960

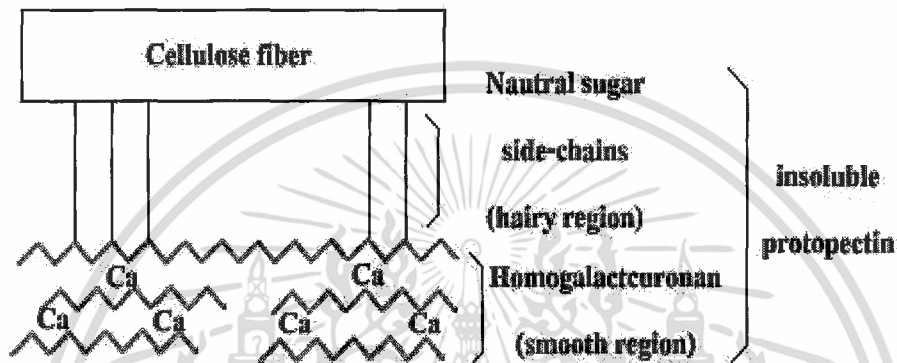
โดยทั่วไปเนื้อเยื่อพืชจะประกอบด้วยกลุ่มสารเพคตินต่อไปนี้

1. โปรโตเพคติน (protopectin) เป็นสารตั้งต้นของเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ มัก พบรวมอยู่กับเซลลูโลส ส่วนใหญ่จะอยู่ในผลไม้ดิบ จะเปลี่ยนไปเป็นเพคตินโดยเอนไซม์ โปรโตเพคตินเนส ซึ่งย่อยสลายโปรโตเพคตินจากสารที่ไม่ละลายน้ำ กลายเป็นเพคตินซึ่งเป็น สารที่ละลายน้ำได้

2. กรดเพคตินิก (pectinic acid) เป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้ ภายในโมเลกุล ประกอบด้วยกรดโพลีกาแลคทูโรนิกที่มีกลุ่มคาร์บอกซิลที่ถูกเอสเทอร์ไฟต์ด้วยกลุ่มเมทิลไป บางส่วน เกิดเป็นเมทิลเอสเทอร์

3. เพคติน (Pectin) หรืออาจเรียกว่ากรดเพคตินิก (Pectinic acid) เนื่องจาก เพคตินก็คือกรดเพคตินิกที่ละลายน้ำได้ โดยมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนเมทิลเอสเทอร์โดยมี

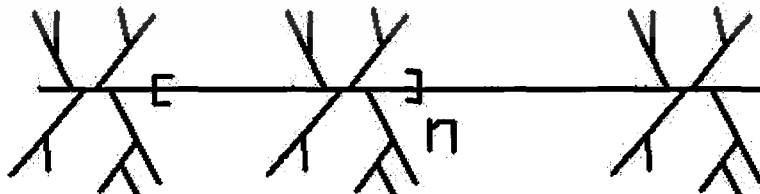
กลุ่มคาร์บอกซิล (carboxyl group) ประมาณ 75% ถูกเอสเทอร์ไฟต์ ด้วยเมทานอล (MeOH) เมื่อทำให้เป็นกลาง (neutralize) ในโมเลกุลจะจะมีปริมาณเอสเทอร์ต่าง ๆ กัน ขึ้นกับแหล่งที่เกิด และวิธีการสกัดเพคตินสามารถเกิดเจลกับน้ำตาล และกรดภายใต้สภาวะที่เหมาะสม พบมากในช่วงที่ผลไม้กำลังจะสุกงอม เกิดจากเอนไซม์โปรโตเพคตินเนสเปลี่ยนโปรโตเพคตินไปเป็นเพคติน แล้วถ้าต้มผลไม้ในสารละลายกรด โปรโตเพคตินจะเปลี่ยนเพคตินได้เช่นกัน



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของโปรโตเพคตินในพืช

ที่มา :Nadamura ,1995

จากภาพจะเป็นโครงสร้างของโปรโตเพคตินในพืช ซึ่งส่วนที่ทำการยึดเกาะระหว่างผนังเซลล์พืช คือ โซ่แขนงของน้ำตาลต่าง ได้แก่ อะราบิโนส แรมโนส หรือเรียกว่า hairy region โปรโตเพคตินจะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ดังนั้นในการสกัดเพคตินจะต้องทำการไฮโดรไลสท์ ส่วนของ hairy region โดยการใช้ กรด ความร้อน หรือเอนไซม์โปรโตเพคตินเนส ให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของเพคติน

ที่มา : Nadamura ,1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพจะแสดงถึงโครงสร้างของเพคติน ที่มีสายโพลีเมอร์ของน้ำตาลแรมโนส และกรดกาแลคทูโรนิกเป็นสายหลัก ซึ่งโครงจะเป็นเส้นตรง และมีสายโซ่แขนงเป็นน้ำตาลต่าง ๆ (neutral sugar side chain) .ซึ่งในผลไม้แต่ละชนิดจะมีปริมาณเพคตินแตกต่างกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ปริมาณเพคตินในผลไม้ชนิดต่างๆ

ผลไม้	เปอร์เซ็นต์เพคติน(น.น./น.น.)
แอปเปิ้ล	0.5-1.6
กากแอปเปิ้ล	1.5-2.5
กล้วย	0.7-1.2
หัวบีท	1.0
แครอท	0.2-0.5
ฝรั่ง	0.77-0.99
มะนาว	2.5-4.0
ลิ้นจี่	0.42
ส้ม	3.5-5.5
มะละกอ	0.66-1.0
เสาวรส	0.5
พีช	0.1-0.5
สัปปะรด	0.04-0.13
สตอเบอรี่	0.6-0.7
มะขาม	1.71
มะเขือเทศ	0.2-0.6

ที่มา : ปิยะนุช,2541

2.7 การจัดประเภทของเพคติน

สมบัติการเกิดเจลของเพคตินที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร จัดเป็นพื้นฐานสำคัญในการจำแนกเพคตินเป็นสองกลุ่ม ทั้งนี้ขึ้นกับระดับการเอสเทอริฟิเคชัน หรือค่า DE ซึ่งมีนิยามดังต่อไปนี้

2.7.1 ระดับการเอสเทอริฟิเคชัน (DE) หมายถึง จำนวนของ gallacturonic acid ที่ถูกเอสเทอริไฟด์ต่อ 100 หน่วย ของ galacturonic acid บนสายโมเลกุลของเพคติน

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

2.7.2 ระดับการเอไมด์ชัน (Degree of amidation, DA) หมายถึง จำนวนของกรดกาแลคทูโรนิกที่ถูกดีเอสเทอริไฟด์ (de-esterified) ด้วยแอมโมเนียต่อ 100 หน่วย ของกรดกาแลคทูโรนิกบนสายโมเลกุลของเพคติน

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

การแบ่งเพคตินตามระดับการเอสเทอริฟิเคชัน สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1 เพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลมาก (High methoxyl-pectin) มีค่า DE > 50% ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของเพคตินที่มีระดับการเอสเทอริฟิเคชัน 75% (DE=75%)

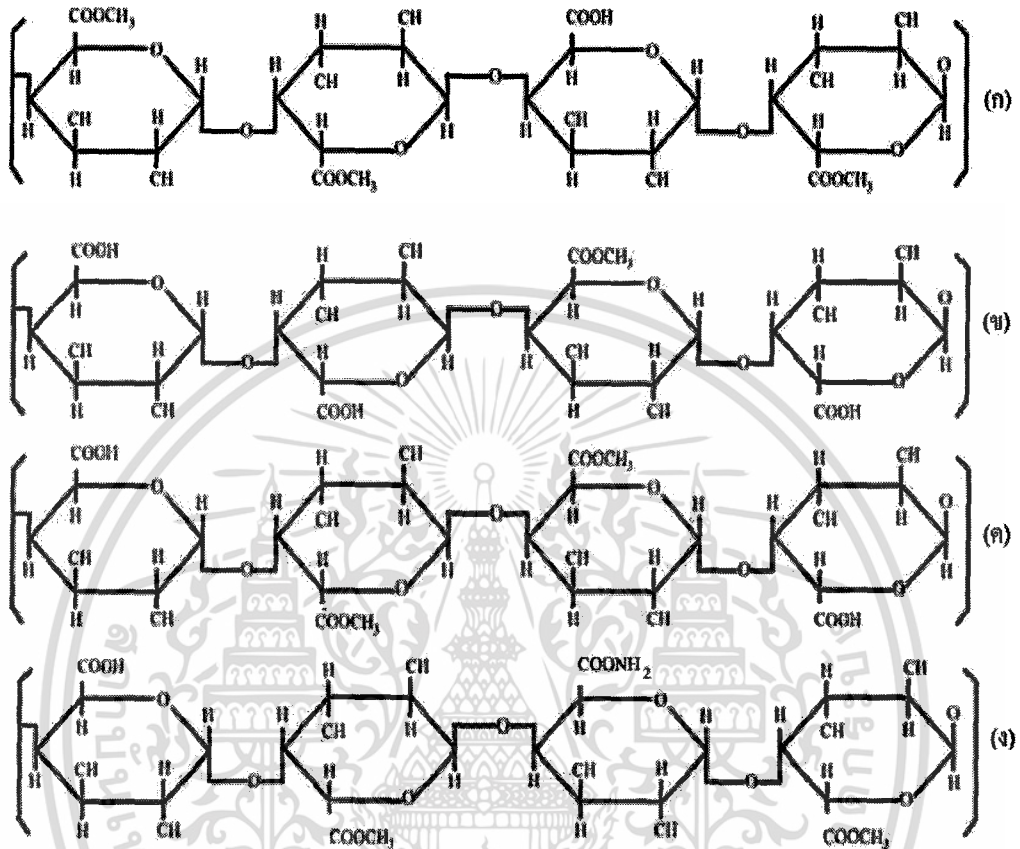
2. เพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลน้อย (Low methoxyl-pectin) มีค่า DE < 50% ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของเพคตินที่มีระดับการเอสเทอริฟิเคชัน 25% (DE=25%)

สำหรับเพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลน้อย ที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรมยังสามารถแบ่งเป็น 2 ลักษณะ กล่าวคือ

Non-amidated-Low methoxyl pectin เพคตินชนิดนี้มีค่า DE < 45% และ DA = 0

Amidated- Low methoxyl pectin : เพคตินชนิดนี้มีค่า DE < 45% และ DA < 25% ซึ่ง amidated pectin เกรดสำหรับใช้ในอาหารต้องมีค่า DA ไม่เกิน 25% ตามที่กฎหมายอาหารบัญญัติไว้ ซึ่งเพคตินแต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน จะกล่าวไว้ในตารางที่

2.4



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างทางเคมีของเพคตินชนิดต่าง ๆ

(ก) เพคตินที่มีค่า DE=75%

(ข) เพคตินที่มีค่า DE=25%

(ค) เพคตินชนิด LM-pectin ที่มีค่า DE = 40%

(ง) เพคตินชนิด LM-pectin ที่มีค่า DE=33% และ DA=17%

ที่มา:Doseburg,1960

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของพืดดินชนิดต่าง ๆ

คุณสมบัติ	HM	LM	LMA
ผลที่เกิดจากแรงเฉือน	เจดถูกทำให้แตก ไม่สามารถทำเป็นเนื้อเดียวกันได้	โดยปกติแรงเฉือน จะทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปได้ทุกพีเอช	จะเกิดการเปลี่ยนรูปจากแรงเฉือน เมื่อมีพีเอช 3.5 แต่จะไม่เปลี่ยนรูปถ้าพีเอชต่ำกว่า 3.5
อุณหภูมิในการเซ็ทตัวของเจด	35-90 องศาเซลเซียส	40-100 องศาเซลเซียส	30-70 องศาเซลเซียส
การเปลี่ยนรูปของเจดเมื่อได้รับความร้อน	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง	เกิดการละลายเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 150 องศาเซลเซียส	เกิดการละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่า 75 องศาเซลเซียส
เนื้อสัมผัสของเจดที่พีเอช 1-3.5	เป็นเจดแข็ง	เป็น preserve-like และสามารถทำได้ จะมีลักษณะแข็งเมื่อพีเอชต่ำกว่า 3.4	เป็นเจดคล้าย HM แต่จะคล้ายมากกว่า
เนื้อสัมผัสของเจดที่พีเอช 3.5 หรือสูงกว่า	ไม่เป็นเจด มีลักษณะเหนียว	เป็น preserve-like และสามารถทำได้ จะมีลักษณะแข็งเมื่อพีเอชต่ำกว่า 3.4	เป็น preserve-like และสามารถทำได้ จะมีลักษณะแข็งเมื่อพีเอชต่ำกว่า 3.4

ที่มา :Hoefler,1998

หมายเหตุ

HM = พืดดินที่มีหมู่เมทริกซิลสูง

LM = พืดดินที่มีหมู่เมทริกซิลต่ำ

LMA = พืดดินที่มีหมู่เมทริกซิลต่ำประเภทที่มีหมู่เอไมด์

2.8 ชนิดของพืดดิน

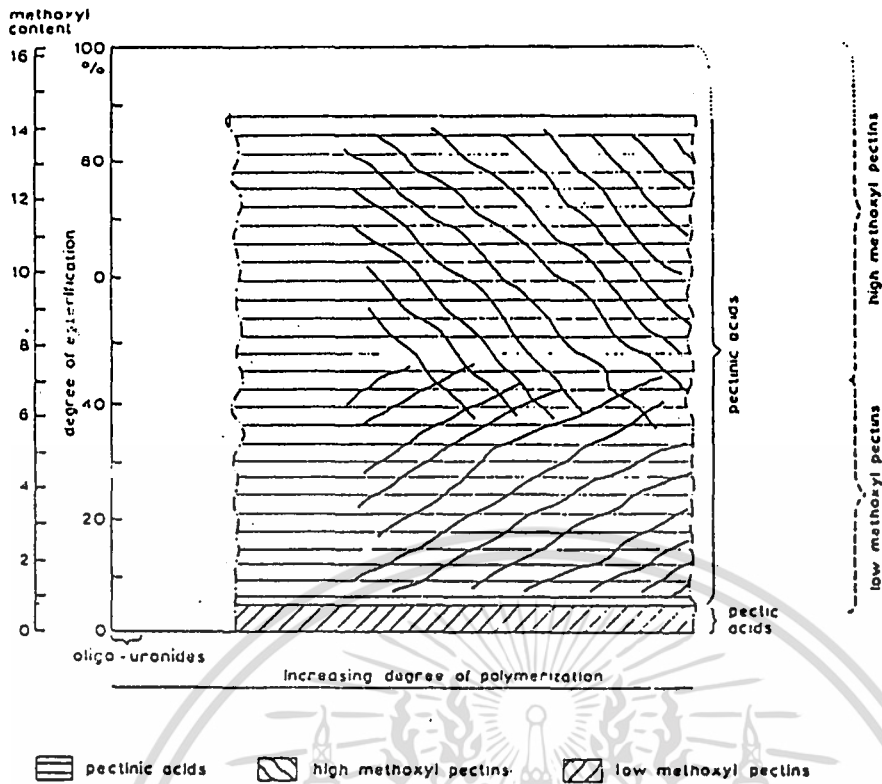
พืดดินมีคุณสมบัติละลายน้ำ และเมื่อนำมาตกตะกอนด้วยแอลกอฮอล์หรือเกลือของโลหะ แล้วนำไปละลายใหม่จะไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ พืดดินสามารถเกิดเป็นเจดได้ในสภาวะที่มีปริมาณน้ำตาลและกรดที่เหมาะสม ปริมาณพืดดินที่ใช้ขึ้นอยู่กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดและคุณภาพของพืดดินด้วย ในทางการค้าจะแบ่งพืดดินตามคุณสมบัติออกเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้

2.8.1 ความสามารถในการเกิดเจล (Gelling Power) แบ่งพืดดินตามความสามารถในการเกิดเจลเป็นเกรดต่างๆ โดยกำหนดในรูปสัดส่วนปริมาณน้ำตาลต่อปริมาณพืดดิน และเปรียบเทียบผลของเยลลี่ที่ทำมาจากพืดดินที่สกัดได้กับพืดดินมาตรฐาน โดยสังเกตลักษณะความหนืด ความโปร่งแสงและความแข็งของเจล (Gel Strength) ซึ่งวัดโดยใช้เครื่องพีเนโตมิเตอร์ (Penetrometer) ถ้าลักษณะของเยลลี่ทั้งสองนี้มีลักษณะใกล้เคียงกันมากที่สุด ก็สามารถเทียบเกรดของพืดดินได้ พืดดินมีตั้งแต่เกรด 100 ถึง 500 พวกที่มีเกรดสูงคือ พวกที่สามารถเกิดเจลได้ดีโดยใช้พืดดินน้อย ความสามารถในการเกิดเจลขึ้นอยู่กับน้ำหนักโมเลกุลและระดับเอสเทอร์ โดยเฉพาะน้ำหนักโมเลกุลมีความสำคัญมากต่อความสามารถในการเกิดเจล ถ้าพืดดินมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เส้นใยร่างแหที่เกิดขึ้นมักไม่ต่อเนื่อง ทำให้ได้เจลที่อ่อน พืดดินที่เกิดเจลได้ดีควรมีน้ำหนักโมเลกุลที่สูง

2.8.2 ระดับเอสเทอร์ (Degree of esterification) ปกติกลุ่มคาร์บอกซิลของพืดดินบางส่วนจะเกิดเป็นเอสเทอร์กับเมทิลแอลกอฮอล์ การวัดการเกิดเอสเทอร์ของพืดดินจะวัดในรูปปริมาณร้อยละของกลุ่มคาร์บอกซิลที่ถูกเอสเทอร์ไฟต์ เทียบกับปริมาณกาแลคทูโรนิกทั้งหมด ถ้ากลุ่มคาร์บอกซิลทั้งหมดถูกเอสเทอร์ไฟต์ จะถือว่าพืดดินนั้นมีระดับเอสเทอร์ 100% ซึ่งจะมีปริมาณเมทอกซิล (Methoxyl Content) 16.32% ของน้ำหนักโมเลกุลของพืดดิน พืดดินชนิดนี้จะไม่พบในธรรมชาติ ในธรรมชาติจะพบพืดดินที่มีกลุ่มเมทอกซิล 9.5-11.0% เท่านั้น แต่อาจเตรียมพืดดินที่มีหมู่เมทอกซิลต่างๆ ตามต้องการโดยใช้กรด ต่าง หรือเอนไซม์เอสเทอเรสสลายเอสเทอร์บอนด์ ระดับเอสเทอร์ในโมเลกุลของพืดดินมีผลต่ออัตราเร็วและอุณหภูมิในการเซ็ทตัวของเจล สามารถแบ่งพืดดินตามระดับเอสเทอร์ได้เป็น 2 ชนิด ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 การแบ่งเพคตินตามระดับเอสเทอร์

ที่มา :Doesburg ,1960

1. เพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลสูง เป็นเพคตินที่มีระดับเอสเทอร์สูงกว่า 50% ขึ้นไป จะเกิดเจลได้ดีที่ระดับเอสเทอร์ 60-75% เมื่อมีปริมาณน้ำตาล 55% หรือสูงกว่า (55-85%) และที่พีเอช 3.5 หรือต่ำกว่า (1-3.5) ไม่จำเป็นต้องใช้แคลเซียมช่วยในการเกิดเจล
2. เพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำ เป็นเพคตินที่มีระดับเอสเทอร์น้อยกว่า 50% จะเกิดเจลได้ดีเมื่อมีอิออนของแคลเซียมหรืออิออนอื่นๆ แม้ว่าไม่มีน้ำตาลเลยก็ได้ และที่พีเอช 1-7 หรือสูงกว่า ปริมาณเพคตินที่ต้องการในการเกิดเจลลดลงตามระดับเอสเทอร์

2.8.3 อัตราเร็วในการเซ็ทตัว (Rate of set) หลังการเติมส่วนผสมต่างๆ ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แยม และเยลลี่เข้าด้วยกัน เจลจะเกิดการเซ็ทตัวช้าเร็วต่างกัน ประกติกเพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลสูงหรือต่ำจะเซ็ทตัวได้เร็ว ส่วนพวกที่มีหมู่เมทอกซิลปานกลางจะเซ็ทตัวได้ช้า ถ้าปริมาณกลุ่มเมทอกซิลเท่ากัน เพคตินที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าจะเซ็ทตัวได้เร็วกว่า อาจแบ่งเพคตินตามอัตราเร็วในการเซ็ทตัว ได้ดังนี้

ก. เพคตินที่เซ็ทตัวเร็ว (Rapid-Set Pectin) เป็นเพคตินที่มีระดับเอสเทอร์ในโมเลกุล 70% ขึ้นไป เจลจะเริ่มเซ็ทตัวที่อุณหภูมิ 77-88 องศาเซลเซียส พีเอชที่

เหมาะสมในการเกิดเจลอยู่ระหว่าง 3.0-3.4 ความแข็งของเจลขึ้นกับน้ำหนักโมเลกุลของเพคตินมากกว่าเอสเทอร์ในโมเลกุล น้ำหนักโมเลกุลยิ่งสูงจะยิ่งให้เจลที่แข็ง

ข. เพคตินที่เซ็ทตัวช้า (Slow-Set Pectin) เป็นเพคตินที่มีระดับเอสเทอร์ 50-70% เจลจะเริ่มเซ็ทตัวที่อุณหภูมิระหว่าง 54-65 องศาเซลเซียส พีเอชที่เหมาะสมในการเกิดเจลอยู่ระหว่าง 2.8-3.2 ตารางที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเอสเทอร์และอัตราเร็วในการเซ็ทตัวของเพคตินจากกากแอปเปิ้ล

ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับเอสเทอร์และอัตราเร็วในการเซ็ทตัวของเพคตินจากกากแอปเปิ้ล

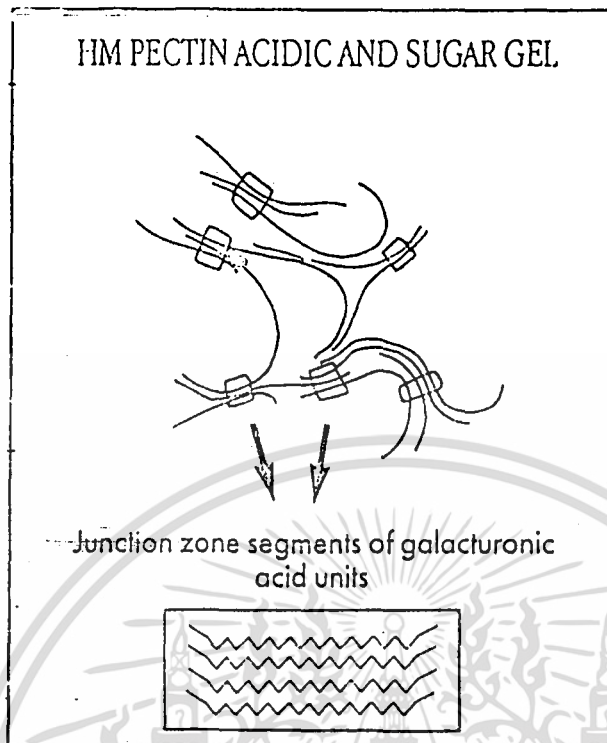
ระดับการเอสเทอร์พีเคชั่น	ชนิดของเพคติน
80-82 %	เซ็ทตัวเร็วมากที่สุด
74-76 % or 45-55 % (ให้แคลเซียม)	เซ็ทตัวเร็ว
68-72 %	เซ็ทตัวเร็วปานกลาง
60-65 %	เซ็ทตัวช้า

ที่มา : Doseburg, 1960.

2.9 กลไกการเกิดเจลของเพคติน (วาสนา, 2534)

กลไกการเกิดเจลของเพคติน แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

2.9.1 เจลของเพคติน (Pectin Gel) เป็นเจลที่เกิดจากเพคตินที่มีกลุ่มเมทอกซิลสูง เพคตินมีคุณสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic) เมื่อละลายน้ำจะเกิดพันธะระหว่างเพคตินกับน้ำได้สารชั้นหนืด เพคตินที่มีกลุ่มคาร์บอกซิลส่วนใหญ่เกิดเป็นเอสเทอร์ ($-\text{COOCH}_3$) และส่วนน้อยจะเกิดเป็นคาร์บอกซิลอิสระ ($-\text{COOH}$) จะมีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อน และจะแตกตัวมากขึ้นกับพีเอช ที่พีเอชสูงจะแตกตัวได้มากขึ้นให้ประจุที่ผลักรันเอง ทำให้โมเลกุลเรียงกันเป็นเส้นตรง ของเหลวจะหนืดแต่ไม่เกิดเจลขึ้น เจลจะเกิดได้เมื่อเพคตินมาเชื่อมเข้าด้วยกันตรงบริเวณที่เรียกว่า Junction Zone เกิดเป็นโครงสร้างร่างแหสามมิติขึ้น ดังภาพที่ 2.7



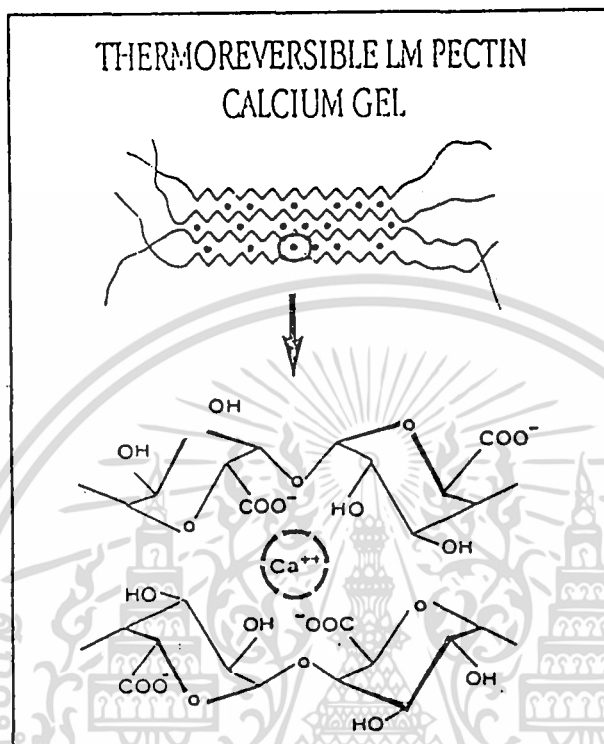
ภาพที่ 2.7 กลไกการเกิดเจลของเพคติน

ที่มา : Sanofi ,1994

กรณีนี้จะเกิดได้เมื่อมีการเติมน้ำตาลลงไปเพื่อดึงน้ำออก และเติมกรดเพื่อลดพีเอชให้อยู่ในช่วง 2.9-3.4 ทำให้กลุ่มคาร์บอกซิลลดการแตกตัว โมเลกุลของเพคตินจะเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งที่มีความยืดหยุ่น กลุ่มโพลาร์ (Polar Groups) ของโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ใกล้กัน จะเชื่อมต่อเข้าด้วยกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (H-bonds) เกิดเป็นร่างแหสามมิติที่กักของเหลวไว้ภายใน ความแข็งของเจลขึ้นกับความแข็งแรงและความต่อเนื่องของร่างแหของเพคติน

2.9.2 เจลของแคลเซียมเพคเตต (Calcium Pectate Gel) เจลชนิดนี้เกิดกับเพคตินที่มีกลุ่มเมทอกซิลต่ำจะเกิดที่พีเอชสูงกว่าพวกแรก คือในช่วง 3.4-6.0 โดยร่างแหสามมิติเกิดขึ้นจากการที่ไอออนของแคลเซียม (Ca^{2+}) หรือ แมกนีเซียม (Mg^{2+}) เป็นตัวเชื่อมกลุ่มคาร์บอกซิลที่แตกตัวของโมเลกุลเพคตินที่อยู่ใกล้กัน เกิดการฟอร์มตัวของ Junction Zones ด้วยไอออนของแคลเซียมเพื่อเชื่อมสายโมเลกุลและมีการจัดรูปร่างใหม่ที่เรียกว่า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"Egg-Box Model" ดังภาพที่ 2.8 เจลชนิดนี้สามารถเกิดได้ แม้ว่าไม่มีน้ำตาลเลยก็ตาม โดยทั่วไปเจลชนิดนี้จะมีความแข็งแรงน้อยกว่าเจลของเพคติน



ภาพที่ 2.8 กลไกการเกิดเจลของแคลเซียมเพคเตด

ที่มา : Sanofi ,1994

2.10 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดเจลของเพคติน (ประสิทธิ์,2527)

ปัจจัยสำคัญในการเกิดเจลของเพคตินในผลิตภัณฑ์แยม เยลลี่ คือ

2.10.1 ปริมาณและคุณภาพของเพคติน เพคตินสามารถเกิดเจลได้ในที่มีน้ำตาลและกรดในปริมาณที่เหมาะสม ปรกติในการทำแยมจะใช้เพคตินเพียง 1% ก็เพียงพอในการเกิดเจล แต่ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดและคุณภาพของเพคตินด้วย

2.10.2 ปริมาณน้ำตาล การเพิ่มความเข้มข้นน้ำตาลในแยมและเยลลี่จะลดการละลายของเพคตินทำให้เพคตินเกิดเป็นร่างแห เจลที่ได้จะมีความแข็งแรงขึ้น ปรกติต้องการปริมาณน้ำตาลราว 60-70% ระดับที่เหมาะสม คือ 67.5% ที่พีเอชที่เหมาะสมค่าหนึ่ง ถ้าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ปริมาณน้ำตาลสูง จะต้องใช้ปริมาณเพคตินสูงขึ้นเพื่อให้เจลมีความแข็งแรงเท่ากัน การใช้ปริมาณน้ำตาลสูง ๆ จะทำให้แยมเกิดการแข็งตัวได้เร็วขึ้น

2.10.3 ผลของกรดหรือพีเอช กรดที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ นอกจากจะทำให้กลิ่นรสดีขึ้นและป้องกันการเสื่อมเสียแล้ว กรดยังมีผลในการลดพีเอช ซึ่งมีผลต่อการแตกตัวของเพคติน อัตราเร็วในการเซ็ทของเจล คุณหมุมิในการเซ็ทตัว และการไหลเยิ้มของน้ำเชื่อม พีเอชที่เหมาะสมในการเกิดเจลราว 3.0 ที่พีเอชต่ำกว่านี้ความแข็งแรงของเจลรวมทั้งอัตราเร็วและคุณหมุมิในการเกิดเจลจะเพิ่มขึ้นด้วย

2.11 กรรมวิธีในการผลิตเพคตินในทางการค้า

อาจผลิตได้จากส้ม มะนาว แอปเปิ้ล หรือผลไม้อื่นๆ โดยสกัดจากส่วนเปลือก แกน หรือเนื้อเยื่อ ผลไม้ดิบมีปริมาณเพคติน สูงกว่าผลไม้สุก อาจสกัดออกมาในรูปของเพคตินผง หรือสารละลายเพคติน วิธีการสกัดเพคตินมีขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ ประกอบด้วยการล้างเอาสิ่งสกปรกหรือยาฆ่าแมลงออก ถูกล้างเอาน้ำมันหอยระเหยออกในกรณีของเปลือกส้ม หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ถ้าไม่สกัดทันทีต้องทำการอบแห้งให้มีความชื้นราว 6-8 % เพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ จากนั้นสกัดสารที่ไม่ต้องการออก เช่น น้ำตาล กรด สี และของแข็งละลายอื่นๆ อาจทำได้ด้วยการชะด้วยน้ำเย็น แอลกอฮอล์เจือจาง กรดเจือจาง เป็นต้น

2. การทำให้เพคตินอยู่ในรูปที่ละลายน้ำ ส่วนใหญ่ของเพคตินในผลไม้อยู่ในรูปของโปรโตเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ จึงอาจใช้กรดอินทรีย์หรือกรดอนินทรีย์ทำให้เพคตินอยู่ในรูปของเพคตินที่ละลายน้ำได้ เช่น ใช้กรดกำมะถัน กรดเกลือ กรดซัลฟูริก กรดฟอสฟอริก กรดซิตริก กรดแลคติก กรดตาร์ทาริก เป็นต้น โดยใช้สารละลายกรดต้มสกัดที่อุณหภูมิสูงหลาย ๆ ครั้ง

นอกจากนี้ยังมีการใช้สารที่มีคุณสมบัติในการจับไอออนโลหะพวกแคลเซียม หรือแมกนีเซียมร่วมในขั้นตอนการสกัดด้วย เช่น แอมโมเนียมออกซาเลต (Ammonium Oxalate) โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate) โซเดียมฟอสเฟต (Sodium Phosphate) โซเดียมอีดีทีเอ (Sodium-EDTA) โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (Sodium hexa-meta-phosphate) โซเดียมเตตระฟอสเฟต (Sodium tetra-phosphate) พบว่าจะช่วยให้การสกัดเพคตินได้มากขึ้น และสามารถลดเวลาที่ใช้ในการสกัด โดยสารเหล่านี้ป้องกันมิให้อิออนของแคลเซียม และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกไปเป็นของตนเองต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

แมกนีเซียมที่อยู่ในน้ำที่ใช้สกัด รวมตัวกับสารเพคตินในเซลพืช และเกิดเป็นเกลือเพคเตทที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งทำให้ไม่สามารถสกัดออกมาได้

3.การทำให้สารละลายเพคตินใสและการฟอกสี โดยผ่านการกรองแล้วฟอกสีด้วยผงถ่านประมาณ 1%

4.การตกตะกอนเพคติน สารละลายเพคตินจะถูกนำมาเคี้ยวในหม้อสุญญากาศให้เข้มข้นราว 30-40 บริกซ์ แล้วทำการตกตะกอนอาจใช้ตัวทำละลาย เช่น แอลกอฮอล์ อะซิโตน (Acetone) หรือตกตะกอนด้วยเกลือโลหะ เช่น อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ (Aluminium Hydroxide) วิธีหลังนี้ทำได้โดยเติมแอมโมเนียลงในสารละลายเพคตินจนมีความเป็นกรดต่างประมาณ 4.0 แล้วเติมอลูมิเนียมซัลเฟต (Aluminium Sulphate) จะได้อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เกิดขึ้น อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์มีประจุบวก จะรวมตัวกับประจุลบของเพคตินแล้วตกตะกอนเพคตินลงมาดังสมการ



5.การทำให้บริสุทธิ์และการทำแห้ง จากนั้นทำการแยกตะกอนบิบน้ำออก แล้วล้างหลายๆครั้งด้วยแอลกอฮอล์ที่ปรับด้วยกรด เพื่อกำจัดสารตกค้างออกไป อบในเตาอบสุญญากาศที่อุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นเหลือ 6-10% บดเป็นผงร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100-200 เมช แล้วจึงทดสอบเกรดของเพคตินต่อไป ซึ่งคุณภาพเพคตินที่ผลิตได้ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ดูได้จากตารางภาคผนวก ค1

การสกัดเพคตินจากกากแอปเปิ้ล (ประสิทธิ์,2527)

นำเนื้อแอปเปิ้ลแห้งมาล้างด้วยน้ำเย็นเพื่อชะเอากกรดและน้ำตาลออก นำเนื้อผลไม้มาต้มในน้ำที่เติมด้วยกรดเจือจาง 0.1% อาจเป็นกรดตาร์ตาริก กรดซิตริก กรดเกลือ หรือ กรดซัลฟูริก เป็นเวลา 30-40 นาที บิบน้ำออกแล้วทิ้งให้เย็นลง อาจเติมเอนไซม์ไดเอสเตส (Diastase) เพื่อย่อยสลายแป้ง เพื่อป้องกันการชุ่นจากแป้งเมื่อนำเพคตินไปทำเยลลี่ นำสารละลายที่ได้มากรอง แล้วนำมาตกตะกอนด้วยเอทิลหรือโพรพิลแอลกอฮอล์ หรือนำมาระเหยจนได้สารละลายเพคตินที่มีความเข้มข้นสูง บรรจุในภาชนะและทำการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วเก็บไว้ใช้ต่อไป

การสกัดเพคตินจากเปลือกส้มหรือมะนาว (ประสิทธิ์,2527)

หลังจากสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มแล้ว นำเปลือกส้มมาผสมกับน้ำเติมกรดซัลฟูริกให้มีความเป็นกรดต่าง 1.8-2.7 แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45 นาที กรองแยกเอาเปลือกส้มขณะร้อน นำเปลือกส้มไปสกัดอีกครั้ง รวมสารละลายทั้งหมดเข้าด้วยกัน แล้วนำไปกรองด้วยเครื่องกรองที่มีการผสมของสารช่วยกรอง (Filter Aid) จากนั้นทำให้สารละลายเย็นลงถึง 30 องศาเซลเซียส แล้วสูบลูบต่อไปยังถังตกตะกอน มีการเติมอลูมิเนียมคลอไรด์ และปรับพีเอชของสารละลายด้วยโซเดียมคาร์บอเนตให้ได้ค่าพีเอช 3.8-4.2 อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์จะเริ่มตกตะกอน นำไปแยกตะกอนด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกของเหลวทิ้งไป แล้วนำตกตะกอนมาบีบน้ำออก นำไปผสมกับ โปรบิลแอลกอฮอล์ที่เติมด้วยกรดเกลือเพื่อล้างตกตะกอน ล้างตะกอนที่แยกออกมาอีกครั้งด้วยสารละลายที่ประกอบด้วยแอลกอฮอล์:กรดเกลือ:น้ำ เท่ากับ 55:6.5:38.5 ซึ่งมีพีเอช เท่ากับ 1 (กรดที่เตรียมลงไปจะชะเอาเกลืออลูมิเนียมและโซเดียมออกไป แอลกอฮอล์จะป้องกันการละลายของเพคติน) แล้วจึงกรองเอาตะกอนเพคตินมา ในการผลิตเพคตินชนิดที่เซทตัวช้า จะนำตะกอนไปต้มด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ที่เติมด้วยกรดที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-20 ชั่วโมง

ถ้าผลิตเพคตินที่เซทตัวเร็ว ก็จะใช้ล้างตะกอนด้วยแอลกอฮอล์ 60% ต่อด้วยการล้างด้วยแอลกอฮอล์ 70% และกรดเกลือเข้มข้น 9% พีเอช 0.5-0.6 ตามลำดับ เพคตินทั้งสองชนิดจะนำมาผ่านขั้นตอนต่อไปที่เหมือนกัน คือ การล้างด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ 75% ที่เติมด้วยแอมโมเนียที่มากพอที่จะสะเทินกับกรดเกลือที่หลงเหลืออยู่ ปรับพีเอชให้อยู่ในช่วง 3.6-4.2 ซึ่งเป็นพีเอชที่เพคตินมีความคงตัวที่สุด แยกเอาตะกอนมาล้างด้วยแอลกอฮอล์อีกครั้งเพื่อกำจัดแอมโมเนียมคลอไรด์ออกจนหมด เพคตินที่ได้จะมีความชื้นราว 60% นำไปอบแห้งให้ความชื้นเหลือ 7-10% นำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช

2.12 การปรับปรุงคุณภาพของเพคติน

เพคตินที่สกัดได้ในครั้งแรกมักมีระดับการเอสเทอริฟิเคชัน ค่อนข้างสูงประมาณ 70-75% ซึ่งเป็นเพคตินชนิดที่เหมาะสมสำหรับการทำแยมแบบดั้งเดิม เนื่องจากสามารถเกิดเจลได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เนื้อผลไม้กระจายตัวในแยมได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม การใช้เพคตินในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทอื่นๆ จำเป็นต้องใช้เพคตินที่มีลักษณะการเกิดเจลต่างๆกันไป โดยพิจารณาว่าสมควรใช้ เพคตินชนิดที่เกิดเจลได้อย่างรวดเร็ว ปานกลาง หรือเกิดเจลค่อนข้างช้า เมื่อเป็นเช่นนี้จึงมีการปรับปรุงคุณภาพของเพคติน โดยกระบวนการ de-esterification ซึ่งนิยมใช้วิธีการไฮโดรไลซิสด้วยกรดหรือด่าง ทำให้เพคตินมีระดับการเอสเทอริฟิเคชันลดลง การ de-esterification สามารถทำได้ในหลาย ๆ ขั้นตอนของการแปรรูป อาจจะเริ่มตั้งแต่วัตถุดิบ ขั้นตอนการสกัด ส่วนสกัดที่ผ่านการทำให้เข้มข้น หรือตะกอนเปียกของเพคติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(wet precipitated pectin) ในปัจจุบันนิยมใช้ภาวะอุณหภูมิต่ำในการ de-esterification หรือมีการใช้เอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสบริสุทธิ์ (purified pectinesterase) และ แอมโมเนีย เมื่อเพคตินมีค่าระดับการเอสเทอริฟิเคชันลดลงเป็น 60% จัดเป็นเพคตินชนิดเกิดเจลได้ช้า (slow-set type) ในภาวะที่มีปริมาณน้ำตาลสูง ซึ่งเกิดเจลได้ช้ากว่าหรือที่อุณหภูมิต่ำกว่าการเกิดเจลของ เพคตินชนิดเกิดเจลได้เร็ว และถ้าเพคตินมีค่า DE น้อยกว่า 50% ก็จัดเป็นเพคตินชนิดที่หม่เมทริกซ์ต่ำ การเกิดเจลจำเป็นต้องใช้ Ca^{2+} ช่วยแต่ใช้น้ำตาลในปริมาณที่ต่ำกว่า

2.12 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน

1 ชนิดของผลไม้ ผลไม้ต่างชนิดกันจะมีปริมาณและคุณภาพของเพคตินที่ต่างกัน จากการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณของเพคตินในผลไม้พื้นเมืองของไทยบางชนิดในรูปของ แคลเซียมเพคเตดโดยเทียบน้ำหนักสด พบว่ามะนาวมีเพคติน 2.46% , มะเฟือง 1.61%, ตะลิงปลิง 1.14% , มะดัน 0.22% , ส่วนฝรั่งมีเพคติน 0.17%

2. ความแก่อ่อนของผลไม้ ความแก่อ่อนของผลไม้มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน พบว่า เพคตินในผลไม้ดิบจะอยู่ในรูปของสารโปรโตเพคติน เมื่อสุกแล้วจะมีเอนไซม์โปรโตเพคตินเอส ซึ่งสามารถไฮโดรไลซ์โปรโตเพคตินจากสารไม่ละลายน้ำ กลายเป็นเพคตินซึ่งสามารถละลายน้ำได้ แต่ถ้าผลไม้สุกจัดเพคตินจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส ได้กรดเพคติก ซึ่งเป็น Colloidal Polygalacturonic Acid ที่ไม่มีเมทิลเอสเทอร์ในโมเลกุล และกรดเพคติกนี้ไม่สามารถเกิดเจลได้ในทุกสภาวะ

3. พันธุ์ของผลไม้ จากการศึกษาพบว่าผลไม้ชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กัน ปริมาณของเพคตินที่มีอยู่จะต่างกันด้วย (Eitinary, 1975)

4. เพคตินในส่วนต่าง ๆ ของผลไม้ไม่เท่ากัน เช่น เปลือกจำปาจะมีเพคติน 11.59% ส่วนซังของจำปาดะมีเพคติน 12.54% และส่วนแกนจำปาดะมีเพคติน 8.57% โดยน้ำหนักแห้ง(วาสนา,2534)

5. กรรมวิธีการสกัด การตกตะกอนและการทำให้บริสุทธิ์ มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน พบว่า ในการตกตะกอนเพคตินด้วย เกลืออลูมิเนียมเพคตินเนต ถ้าใช้อลูมิเนียมคลอไรด์ในการตกตะกอนแล้ว เพคตินที่ได้จะมีคุณสมบัติดีกว่าการตกตะกอนเพคติน ด้วยอลูมิเนียมซัลเฟต หรือการใช้สารส้ม Setty พบว่า ปริมาณเพคตินที่ได้จากการตกตะกอนด้วยแอลกอฮอล์จะสูงกว่าปริมาณเพคตินที่ได้จากการตกตะกอนด้วยอลูมิเนียม

คลอไรด์ นอกจากนี้เพคตินที่ได้จากการตกตะกอนด้วยอลูมิเนียมคลอไรด์ มักจะมีกลุ่มเมทิลไม่เกิน 78% ด้วย (วาสนา, 2534)

การสกัด

การสกัด เป็นกระบวนการที่ใช้ในการแยกสารที่ต้องการออกจากของผสม หรือสารละลาย โดยใช้ตัวทำละลายและวิธีการที่เหมาะสม การสกัดเพคตินจากผลกระเจียบมอญเป็นการสกัดของแข็งด้วยของเหลว

ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการสกัด (Schwartzberg, 1973)

1.ขนาดอนุภาค (Particle Size) ถ้าอนุภาคที่นำมาสกัดมีขนาดเล็กจะทำให้มีพื้นที่ในการถ่ายเทมวลมากขึ้น และทำให้ระยะทางที่ตัวถูกละลาย (Solute) ที่อยู่ภายในของแข็งแพร่กระจายออกสู่ตัวทำละลายสั้นลง จึงแพร่กระจายได้เร็วขึ้น

2.ตัวทำละลาย (Solvent) ตัวทำละลายที่ดีควรมี Polarity ที่เหมาะสมกับตัวถูกละลาย และมีความหนืดต่ำ เพื่อให้มีการไหลเวียนที่ดี โดยทั่วไปจะใช้ตัวทำละลายที่บริสุทธิ์ในการสกัดตอนเริ่มต้นนั้น ตัวทำละลายบริสุทธิ์จะไม่มีตัวถูกละลายอยู่เลย เมื่อเวลาในการสกัดมากขึ้น ความเข้มข้นของตัวถูกละลายในตัวทำละลายจะเพิ่มขึ้นด้วย จนกระทั่งผลต่างของความเข้มข้นของตัวถูกละลายในตัวทำละลายและในอนุภาคของกระเจียบมอญที่นำมาสกัดน้อยลง ตัวถูกละลายจะถูกสกัดได้น้อยลง ปัจจัยในการเลือกตัวทำละลายเพื่อสกัดเพคตินจากพืช คือ

- ต้องสามารถละลายสารที่ต้องการสกัดได้
- ต้องไม่เป็นอันตรายหรือไม่เป็นพิษ เช่น ไม่ติดไฟ ไม่ระเบิดง่าย
- ราคาถูก
- สะดวกในการกำจัดหรือแยกออกจากผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้ แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้

3.อุณหภูมิของตัวทำละลาย (Temperature of Solvent) เมื่ออุณหภูมิสูงมากขึ้น จะทำให้ปริมาณการสกัดสูงขึ้นด้วย เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายจะเพิ่มมากขึ้น แต่ในการสกัดเพคติน จะไม่ใช้อุณหภูมิสูงมากนัก เพราะทำให้เพคตินสลายตัวได้บางส่วน จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้อุณหภูมิสูงๆ

4.เวลาในการสกัด เวลาที่มีผลในการสกัด ถ้าเวลาในการสกัดน้อย สารที่ต้องการสกัดก็ถูกสกัดออกมาน้อย ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้เวลาในการสกัดให้เหมาะสมเพื่อให้สกัดสารที่ต้องการให้ได้มากที่สุด

5.การกวนของไหล (Agitation of the Fluid) การกวนตัวทำละลายเป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะจะช่วยเพิ่มอัตราการสกัด เนื่องจากการทำให้เกิดการแพร่ในสภาวะปั่นป่วน ทำให้อัตราการแพร่สูงขึ้นจึงทำให้การถ่ายเทมวลสารจากผิวสัมผัสจากอนุภาคไปยังของเหลวภายนอกได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งการกวนจะทำให้อนุภาคลอยตัวผสมกันได้ดีและเกิดการลอยตัวขึ้น จะทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างของแข็งและของเหลวมีมวลมากขึ้น การสกัดก็ดียิ่งขึ้น

2.13 คุณภาพของเพคติน

คุณภาพของเพคตินที่ผลิตได้จะมีความแตกต่างกันไป เช่น องค์ประกอบทางเคมี น้ำหนักโมเลกุลและความบริสุทธิ์ โดยจะขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อเยื่อพืชและภาวะที่ใช้ในการสกัด ซึ่งคุณภาพของเพคตินที่สกัดได้สามารถแสดงในรูปของค่าต่างๆ ดังนี้

1. ระดับเอสเทอร์ฟิเคชัน (Degree of esterification ,DE)

หมายถึง จำนวนกลุ่มคาร์บอกซิลที่ถูกเอสเทอร์ไฟต์ด้วยเมทานอล โดยจะคำนวณเป็นร้อยละของส่วนที่เป็นเอสเทอร์ต่อจำนวนหน่วยของกรดกาแลคทูโรนิกที่มีอยู่ทั้งหมด ถ้ากลุ่มคาร์บอกซิลในกรดโพลีกาแลคทูโรนิกทั้งหมดเป็นเอสเทอร์ พบว่าจะมีปริมาณหมู่เมทอกซิลอยู่ 16.32%ของน้ำหนักโมเลกุลของเพคติน ซึ่งถือว่าระดับเอสเทอร์ฟิเคชันจะเป็น 100%

2. น้ำหนักสมมูลย์ของกรดโพลีกาแลคทูโรนิก (Equivalent weight ,Eq.Wt.)

น้ำหนักของกรดโพลีกาแลคทูโรนิก จะขึ้นอยู่กับระดับเอสเทอร์ฟิเคชัน ดังแสดงในตารางที่ 2.6 ค่าน้ำหนักของกรดโพลีกาแลคทูโรนิก หมายถึง จำนวนกรัมของกรดโพลีกาแลคทูโรนิกบริสุทธิ์ ซึ่งสัมพันธ์กับจำนวนกลุ่มของคาร์บอกซิลอิสระ 1 กรัมโมลที่สมมูลย์กับไฮดรอกไซด์ 1 กรัมโมล

3. ปริมาณหมู่เมทอกซิล (Methoxyl content ,MeO.)

ปริมาณหมู่เมทอกซิล หมายถึง จำนวนของกลุ่มเมทอกซิล ที่อยู่ในโมเลกุลของเพคติน ค่านี้จะมีความหมายคล้ายกับค่าระดับเอสเทอร์ฟิเคชัน ปริมาณหมู่เมทอกซิล เป็นตัวแปรสำคัญในการควบคุมเวลาในการเกิดเจลของเพคตินและความไวในการตอบสนองต่อ polyvalent cation เพคตินที่มีปริมาณหมู่เมทอกซิล = 13.5% ที่พบในธรรมชาติมีน้อยมาก แต่สามารถทำให้ปริมาณเมทอกซิลเพิ่มขึ้นได้ โดยทำปฏิกิริยากับ diazomethene (3) ค่าปริมาณหมู่เมทอกซิล MeO. หาได้โดยการทำ saponification ของเพคติน และไตรเอตริกกลุ่มคาร์บอกซิลอิสระที่เกิดขึ้นด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปริมาณหมู่อะซิติล (Acetyl content)

บางครั้งพืชจากพืชบางชนิด เช่น sugar beet และดอกทานตะวัน อาจมีกลุ่มอะซิติลอยู่ด้วย ซึ่งกลุ่มอะซิติลจะทำให้ประสิทธิภาพการเกิดเจลของเพคตินลดลง Kertess พบว่ากลุ่ม acetyl ส่วนมากจะอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 หรือ 3 โดยมาเกาะแทนที่กลุ่มไฮดรอกซิล ปริมาณอะซิติลในเพคตินที่ได้จากพืชชนิดต่างๆ จะมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกันไป

ตารางที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า ระดับการเอสเทอร์ฟิเคชัน ,ปริมาณหมู่เมทริกซิล และ น้ำหนักสมมูลย์ของกรดโพลีกาแลคทูโรนิก

ระดับการเอสเทอร์ฟิเคชัน (%)	ปริมาณหมู่เมทริกซิล (%)	น้ำหนักสมมูลย์ของกรดโพลีกาแลคทูโรนิก (%)
0	0.00	176
10	1.33	197
20	3.26	224
30	4.90	257
40	6.53	303
50	8.16	366
60	9.76	461
70	11.42	619
80	13.06	936
90	14.69	1886
100	16.32	-

ที่มา Doesburg,1960

5. Anhydrouronic acid (A.U.A)

A.U.A. เป็นค่าที่บอกความบริสุทธิ์ของเพคติน เพราะองค์ประกอบสำคัญของเพคตินคือ esterified polygalacturonic acid และเพคตินยังมีองค์ประกอบอื่นๆ อีกประมาณ 10% เป็นพวก organic matters เช่น arabinose , galactose หรือน้ำตาลตัวอื่นๆ ดังนั้นถ้าเพคติน

มีสารพวก organic matters เหล่านี้อยู่มากเพคตินดังกล่าวก็จะมีควมบริสุทธิ์น้อยและมีค่า A.U.A. ต่ำ

6. Jelly grade

Jelly grade เป็นค่าที่บอกถึงความสามารถของเพคตินในการเกิดเจล ประเมินได้จากการนำเพคตินที่สกัดได้มาเตรียมเป็นเยลลี่ในภาวะมาตรฐานกำหนด โดยใช้เพคตินในปริมาณต่าง ๆ กัน แล้วนำเยลลี่ดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับเยลลี่มาตรฐาน ที่เตรียมได้ในภาวะมาตรฐานกำหนด แล้วประเมินเป็นค่า Jelly grade

2.14 สมบัติและหน้าที่

1. การละลาย

เพคตินละลายได้ในน้ำเย็นและน้ำร้อนให้สารละลายที่มีความขุ่นหนืด แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ ปัญหาที่ควรระวังคือ การจับตัวเป็นก้อนของเพคตินเมื่อนำไปละลายในน้ำ วิธีการแก้ไขโดยทั่วไปนิยมใช้เครื่องผสมความเร็วสูงช่วยในการละลายของเพคติน โดยค่อยๆเติมเพคตินลงในน้ำร้อนอุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งเปิดเครื่องความเร็วสูงเป็นเวลา 5-10 นาที

2. ความหนืด

ความหนืดของเพคตินจะมากหรือน้อยนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่าง เช่น ระดับการเอสเทอร์ฟิเคชันของเพคติน ความเข้มข้น อุณหภูมิ พีเอช และเกลือชนิดต่างๆ ในระบบที่มีการใช้เพคตินและน้ำตาลอย่างเหมาะสมสารละลายที่ได้จะมีความหนืด จนกระทั่งเมื่อ พีเอชของระบบต่ำกว่า 3.6 จะเกิดเป็นเจลทั้งนี้ระดับของพีเอชที่เพิ่มขึ้นกับระดับการเอสเทอร์ฟิเคชันของเพคตินชนิดนั้นๆและเกลือที่ใช้ร่วมด้วย การใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ปริมาณเล็กน้อย (ประมาณ 0.6%) มีผลทำให้ความหนืดของสารละลายเพคตินเพิ่มขึ้นอย่างมาก และถ้าใช้ถึง 0.8% ก็จะทำให้เพคตินที่มีระดับการเอสเทอร์ฟิเคชัน 40% ที่พีเอช 2.9 เกิดเจลได้ ความหนืดของสารละลายเพคตินจะมีค่าลดลงที่ พีเอช 4.4 และที่พีเอชสูงขึ้น (ประมาณพีเอช 6)

3. การเกิดเจล

การเกิดเจลของพันธะเพคติน จัดเป็นสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในงานอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การเกิดเจลของเพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลมาก

การเลือกใช้พีเอชที่เหมาะสมมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลที่ใช้อย่างเช่น การทำแยมโดยทั่วไป การใช้เพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลมากประเภทเจลที่ได้จะรวดเร็วมากเป็นพิเศษ เพคตินชนิดที่เกิดเจลเร็วจะให้ปริมาณน้ำตาลประมาณ 60% ที่พีเอช 3.0-3.2 ในบางกรณีสามารถใช้กลูโคสไซรัปแทนน้ำตาลในการเกิดเจลได้แต่พบว่า เจลมีค่าความแข็งแรงลดลงและอุณหภูมิในการเกิดเจลมีค่าเพิ่มขึ้น

3.2 การเกิดเจลของเพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลน้อย

เพคตินชนิดที่มีหมู่เมทอกซิลน้อย สามารถเกิดเจลได้โดยใช้แคลเซียมอิออน ซึ่งเชื่อว่า มี กลไกการเกิดเจลเป็นแบบกล่องไข่ เช่นเดียวกับการเกิดเจลของโซเดียมอัลจิเนตโดยมี Ca^{2+} ทำหน้าที่ตัวเชื่อมประสานระหว่างสายโมเลกุลของเพคตินบริเวณหมู่ไม่มีเอสเทอร์ (อาจมีหมู่เอไมด์ได้เพียงเล็กน้อย)

2.15 ประโยชน์ของเพคตินในอุตสาหกรรมอาหาร

1. แยมและเยลลี่ เพคตินที่นิยมการนำเพคตินไปใช้ประโยชน์นำมาใช้ส่วนใหญ่จะเป็นเพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลสูงมากกว่า เพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำ โดยใช้เพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลสูง เป็นส่วนประกอบประมาณ 0.3-0.5% โดยที่ระบบต้องมีประมาณของแข็งละลายอยู่ประมาณ 65% มีพีเอชเท่ากับ 2.9-3.2 ลักษณะที่ของแยมที่มีส่วนประกอบของเนื้อผลไม้ผสมอยู่ คือ เนื้อผลไม้เหล่านั้นจะต้องกระจายตัวอยู่อย่างสม่ำเสมอ ไม่แขวนลอยอยู่ด้านบนหรือตกตะกอนนอนกันอยู่ด้านล่าง ซึ่งการเกิดเจลต้องเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยการใช้เพคตินที่มีค่าระดับเอสเทอร์พีเคชั้นตั้งแต่ 75 % ขึ้นไป

2. การผลิตโยเกิร์ต เพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมของการเตรียมผลไม้ที่จะใช้ในการทำโยเกิร์ต เพื่อป้องกันการลอยตัวและการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอของเนื้อผลไม้ใน stir yoghurt ทำให้เนื้อผลไม้และชั้นของโยเกิร์ตผสมกันได้ดีขึ้น

3. เครื่องดื่ม โดยทั่วไปจะมีปริมาณน้ำตาลอยู่ประมาณ 10-15% ซึ่งน้ำตาลเหล่านั้นนอกจากเป็นสารให้ความหวานแล้วยังให้ความรู้สึกบางอย่างในช่องปาก สิ่งที่ทำให้เกิดความรู้สึกดังกล่าวนี้คือความหนืด ในการผลิตเครื่องดื่มพลังงานต่ำต้องมีการลดปริมาณน้ำตาลลงและใส่สารเพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลสูง ประมาณ 0.05-0.1% เดิมลงไป

4. การถนอมอาหาร ใช้สำหรับอาหารที่ไม่มีการเติมน้ำตาลเพื่อให้ความหวานนอกจากน้ำตาลแล้ว ซึ่งเป็นผลทำให้อาหารนั้นมีปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่น้อย ซึ่งมีผลต่อ A_w ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารนั้น ถ้ามีของแข็งแขวนลอยอยู่น้อยจะทำให้อาหารนั้นมีค่า Aw มากขึ้น โอกาสที่จุลินทรีย์จะเจริญก็จะมีมาก ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาอาหารให้ได้นานขึ้น จะอยู่ประมาณ 55-62% การเติมพดดินที่มีหมู่เมทอออกซิลต่ำ ลงไปจะเป็นการเพิ่มปริมาณของแข็งแขวนลอยให้กับอาหารนั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุดิบ

3.1.1 ฝรั่งสด

3.1.2 กากฝรั่งสด

3.2 สารเคมี

3.2.1 alcohol 60%

3.2.2 alcohol 95%

3.2.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์

3.2.4 กรดอะซีติก

3.2.5 แคลเซียมคลอไรด์

3.2.6 ซิลเวอร์ไนเตรท

3.2.7 กีเซลกัวร์

3.2.8 สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 93-98%

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 บีกเกอร์ขนาดต่างๆ

3.3.2 Buchner funnel

3.3.3 Suction flask

3.3.4 กะละมังสเตนเลส

3.3.5 กระจกทรงเบอร์ 4

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์

3.4.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.4.2 ตู้อบ

3.4.3 อ่างควบคุมอุณหภูมิ

3.5 วิธีกรทดสอบ (ในการทดสอบทุกการทดสอบวางแผนการทดสอบแบบ RCBD.)

3.5.1 ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) ของเนื้อฝรั่ง , แขนฝรั่ง , กากฝรั่ง และ น้ำฝรั่ง

ตามวิธีของ AOAC;1995 แล้วจึงนำวัตถุดิบทั้ง 4 ไปทำเป็นสารละลายเพคติน ดังนี้

1. ผลฝรั่งสด
2. น้ำฝรั่งสด
3. แขนฝรั่ง
4. กากฝรั่งที่นำมาจากร้าน

3.5.2 การสกัดเพคติน

1. ชั่งน้ำหนักกากฝรั่ง 100 กรัม. บั่นรวมกับน้ำ 250 มิลลิลิตร ปรับพีเอชให้ได้ 4.5 ด้วย 0.1 โมลาร์ สารละลายกรดซิตริก
2. ให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ
3. กรองขณะร้อนด้วยผ้าขาวบาง พับทบ 2 ครั้ง รวม 2 ผืน วางบนผ้าฝ้ายบนกระชอน จะได้สารละลายเพคตินที่สกัดจากกากฝรั่ง

3.5.3 การฟอกสีโดยใช้ผงถ่านกัมมันต์

1. เติมผงถ่านกัมมันต์ลงในสารละลายเพคตินที่สกัดจากกากฝรั่ง ในปริมาณ 0%, 1%, 2% ,3%และ 4% เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมในการฟอกสี โดยมีสัดส่วนดังนี้ สารละลาย เพคตินที่สกัดจากกากฝรั่ง 160 มิลลิลิตรต่อผงถ่านกัมมันต์ 0 กรัม คิดเป็น0% ผงถ่านกัมมันต์ 1.6 ,3.2 ,4.8 และ 6.4 กรัม คิดเป็น 1%, 2%, 3%และ 4% ตามลำดับ
2. คนให้เข้ากันและให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ
3. กรองผ่านชั้นของผงกรอง (celite pad) จะได้สารละลายที่มีลักษณะใส สีจางลง
4. เปรียบเทียบสีและความใสของสารละลายเพคตินที่สกัดจากกากฝรั่ง

3.5.4 การตกตะกอนเพคตินที่สกัดได้

นำสารละลายเพคตินที่สกัดจากกากฝรั่งและผ่านการฟอกสีแล้ว แบ่งเป็น 2 ส่วน มาตกตะกอนเพคตินโดยมีวิธีตกตะกอนเพคติน 2 วิธี ดังนี้

3.5.4.1 วิธีตกตะกอนเพคตินด้วย 1 M CaCl_2 (มงคลศิริเกียรติ,2538)

1. ปรับพีเอชสารละลายเพคตินที่สกัดจากกากฝรั่งและผ่านการฟอกสีแล้ว ให้เท่ากับ 7 ด้วย 6 โมลาร์ สารละลายไฮโดรอกไซด์
2. เจือจางสารละลายที่ได้ โดยใช้สารละลายเพคตินที่สกัดจากกากฝรั่ง 250 มิลลิลิตร โดยเติม 0.1 โมลาร์ สารละลายไฮโดรอกไซด์ 80 มิลลิลิตร
3. เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องนานประมาณ 18-20 ชั่วโมง.
4. ถ้าสารละลายมีเพคตินจะสังเกตเห็นสารแขวนลอยเล็ก ๆ อยู่ในฟลasks และเติม 1 โมลาร์ สารละลายกรดอะซิติก 40 มิลลิลิตร เขย่าเหยียงเป็นวงกลม 3 รอบ ทิ้งไว้ 5 นาที
5. เติม 1 โมลาร์ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 40 มิลลิลิตร เขย่าเหยียงเป็นวงกลม 2-3 รอบ จะสังเกตเห็นวุ้นอยู่ภายในฟลasks ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำสารละลายไปต้ม 2-3 นาที
6. แยกตะกอนออกมาจากสารละลาย โดยกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1
7. ล้างตะกอนที่ค้างบนกระดาษกรองด้วยน้ำร้อนเดือด ล้างจนหมดแคลอไรด์ โดยตรวจน้ำทิ้งด้วย 0.1 โมลาร์ สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต จะต้องไม่มีตะกอนของซิลเวอร์คลอไรด์
8. ค่อย ๆ ล้างให้ตะกอนรวมตัวกัน

3.5.4.2 วิธีตกตะกอนเพคตินด้วย 60%เอทานอล (พงษ์สามารถ,2532)

1. ปรับพีเอชสารละลายเพคตินที่สกัดจากกากฝรั่งและผ่านการฟอกสีแล้ว ให้เป็น 4.5 ด้วย 0.1 โมลาร์ สารละลายกรดซิตริก

2. ตวงสารละลายเพคตินที่สกัดจากกากฝรั่ง 250 มิลลิลิตร นำไปประเหยน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องระเหยสูญญากาศ จนเหลือของเหลวชั้น 25 มิลลิลิตร
3. ตวง 60 % เอทานอล ใส่ลงในสารละลายเข้มข้นในสัดส่วน 1:1 แช่ไว้ 30 นาที จะสังเกตเห็นตะกอนวุ้น
4. ถ้าเป็นวุ้นเหนียวกรองด้วยผ้าไนลอน ถ้าเป็นวุ้นใสหรือผงกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1
5. ล้างด้วย 75% เอทานอล 2 ครั้ง และ 95% เอทานอล 1 ครั้ง ตะกอนวุ้นจะแห้ง

3.5.5 การทำแห้งเพคตินที่ตกตะกอนได้

1. นำเพคตินที่ตกตะกอนได้ใส่ถาดอบลมเย็นมฟอยด์ เกลี่ยให้กระจายเท่า ๆ กัน
2. อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้ตู้อบ
3. ชั่งน้ำหนักแห้งของเพคตินที่ตกตะกอนได้
4. บดเพคตินผ่านตะแกรงร่อน ขนาด 80 เมช เก็บในขวดที่มีฝาปิดสนิท

3.4.6 การวิเคราะห์คุณภาพของเพคตินที่สกัดได้ (อำนาจ, 2528)

ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

- ผงเพคตินที่สกัดได้จากการทดลองขั้นต้น
- ผงเพคตินที่ผลิตเป็นค้าการค้า นำมาจากห้องปฏิบัติการ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นำผงเพคตินมาทำการวิเคราะห์คุณภาพซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ชั่งเพคตินมาประมาณ 5 กรัม เติมสารละลายกรดเกลือ-แอลกอฮอล์ (กรดเกลือเข้มข้น 5 มิลลิลิตร และแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 60 จำนวน 100 มิลลิลิตร.) กวน 10 นาที

2. กรองและล้างด้วยกรดเกลือ-แอลกอฮอล์ ครั้งละ 15 มิลลิลิตร รวม 6 ครั้ง
3. ล้างด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ 60% จนตะกอนไม่มีคลอไรด์และล้างด้วยแอลกอฮอล์อีก 20 มิลลิลิตร.
4. อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ½ ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแห้ง
5. ชั่งเพศดินที่เตรียมแล้วจากข้อ 4 มา 1 ใน 10 ของน้ำหนักแห้ง เติมแอลกอฮอล์ 2 มิลลิลิตร. และเติมน้ำเดือดที่เย็นแล้ว 100 มิลลิลิตร. เขย่าจนได้สารละลายที่เป็นเนื้อเดียวกัน ไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลินเป็นอินดิเคเตอร์ (5 หยด) จดปริมาตรของด่างที่ใช้ = V_1 ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น (initial titre)
6. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 นอร์มอล 20 มิลลิลิตร. เขย่าอย่างแรงตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เติมสารละลายกรดเกลือ 0.5 นอร์มอล 20 มิลลิลิตร. เขย่าจนไม่มีสีชมพู เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลิน 3 หยด ไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล จนได้สารละลายสีชมพูอ่อน ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรทจนถึงจุดยุติ = V_2 ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในปฏิกิริยา Saponification (Saponification titre)
7. เทสารละลายจากข้อ 6 ลงในขวดน้ำกลั่นและเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10% จำนวน 20 มิลลิลิตร. นำไปกลั่น เก็บส่วนที่กลั่นได้ในขวดที่บรรจุน้ำกลั่นที่ไม่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 150 มิลลิลิตร. และกรดเกลือเข้มข้น 0.1 นอร์มอล 20 มิลลิลิตร. กลั่นจนได้ปริมาตรเพิ่มขึ้นอีก 80-120 มิลลิลิตร.
8. นำส่วนที่กลั่นได้ ไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล โดยใช้เมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ จดปริมาตรที่ได้ = S มิลลิลิตร
9. ทำ blank โดยไตเตรทสารละลายกรดเกลือ 0.1 นอร์มอล 20 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล ใช้เมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ จดปริมาตรที่ได้ = B มิลลิลิตร

การคำนวณ

1. แบบเพคตินที่ไม่มีเอไมด์ (Non amide pectin)

1.1 ระดับการเอสเทอร์ฟิเคชัน (%ของกลูมคาร์บอกซิลทั้งหมด)

$$= 100 \times [V_2 / (V_1 + V_2)]$$

1.2 มิลลิกรัมของกรดกาแลคทูโรนิก

$$= 19.41(V_1 + V_2)$$

2. แบบเพคตินที่มีเอไมด์ (amide pectin)

2.1 ระดับการเอไมเดชัน (%ของกลูมคาร์บอกซิลทั้งหมด)

$$= 100 \times [V_3 / (V_1 + V_2 + V_3)]$$

2.2 ระดับการเอสเทอร์ฟิเคชัน (%ของกลูมคาร์บอกซิลทั้งหมด)

$$= 100 \times [V_2 / (V_1 + V_2 + V_3)]$$

2.3 มิลลิกรัมของกรดกาแลคทูโรนิก

$$= 19.41(V_1 + V_2 + V_3)$$

กรดกาแลคทูโรนิกร้อยละ = มิลลิกรัมของกรดกาแลคทูโรนิก \times [100/นน.ตัวอย่างที่ล้างและอบแห้ง]

หมายเหตุ

V_1 = ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น (initial titre)

V_2 = ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในปฏิกิริยา Saponification (Saponification titre)

V_3 = ปริมาณของหมู่เอไมด์ (amide titre)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อฝรั่ง แกนฝรั่ง กากฝรั่งและน้ำฝรั่ง

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อฝรั่ง แกนฝรั่ง กากฝรั่งและน้ำฝรั่ง

วัตถุดิบ	ความชื้น (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เส้นใย (%)	เถ้า (%)
เนื้อฝรั่ง	82.10	8.16	0.80	0.08	8.45	0.41
แกนฝรั่ง	79.56	9.94	0.91	0.08	9.81	0.28
กากฝรั่ง	78.63	8.94	0.64	0.06	11.48	0.25
น้ำฝรั่ง	98.50	1.47	0.00	0.00	0.03	0.00

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ โดยวิธีของ AOAC พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเนื้อฝรั่ง จะเท่ากับ 8.61% และปริมาณคาร์โบไฮเดรตในกากฝรั่งเท่ากับ 8.94% จะเห็นได้ว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในกากฝรั่งมีปริมาณสูงกว่าในเนื้อฝรั่ง ดังนั้นในการศึกษาผลิต เพคตินจากกากฝรั่งคาดว่า ปริมาณเพคตินที่ผลิตได้จะมีปริมาณสูงกว่าการผลิตเพคตินจากเนื้อฝรั่ง เนื่องจากเพคตินเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของคาร์โบไฮเดรต

4.2 การสกัดเพคติน

การสกัดเพคตินจากกากฝรั่งจะใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย โดยการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (พีเอช 4.38) ซึ่งสภาวะนี้สามารถทำการสกัดเพคตินจากกากฝรั่งได้ เนื่องจากสารละลายมีความเป็นกรดที่สามารถไฮโดรไลซ์โปรโตเพคตินจากสภาพที่ไม่ละลายน้ำในกากฝรั่ง ให้เป็นเพคตินที่สามารถละลายน้ำได้ น้ำที่สกัดได้มีปริมาตรเท่ากับ 160 มิลลิลิตรต่อ 100 กรัมกากฝรั่ง



ภาพที่ 4.1 สารละลายเพคตินที่สกัดจากกากฝรั่ง

4.3 การหาปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมในการฟอกสีสารละลายที่ได้จากการสกัดเพคตินจากกากฝรั่ง

จากการทดลองหาปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมในการฟอกสี นั้นคือใช้ผงถ่านกัมมันต์ 2% ซึ่งจะทำให้ได้สารละลายเพคตินที่มีความใสเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งแสดงไว้ในภาพที่

4.2



ภาพที่ 4.2 สารละลายเพคตินที่สกัดจากกากฝรั่งหลังการฟอกสีด้วยผงถ่านกัมมันต์ในปริมาณต่าง ๆ กัน คือ A:0% , B:1%, C:2%, D:3%, E:4%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การตกตะกอนเพคตินที่สกัดได้

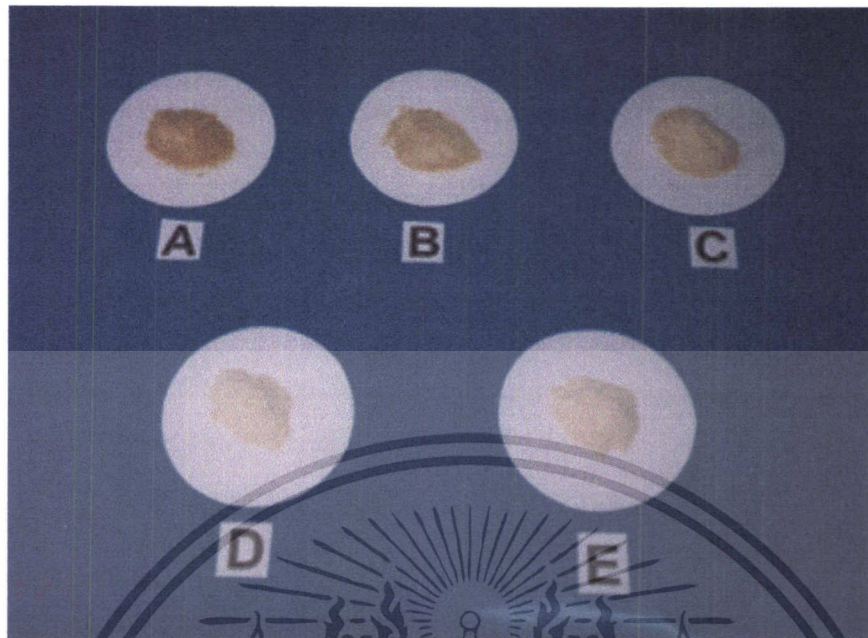
ตารางที่ 4.2 ปริมาณของแคลเซียมเพคเตตและเพคตินที่ตกตะกอนได้จากสารละลายที่สกัดจากกากฝรั่ง

วิธีตกตะกอน	ปริมาณตะกอนที่ได้จากกากฝรั่ง (กรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง)
ตกตะกอนด้วย 1 โมลาร์ แคลเซียมคลอไรด์	2.20 (แคลเซียมเพคเตต)
ตกตะกอนด้วย 60%เอทานอล	3.18 (เพคติน)

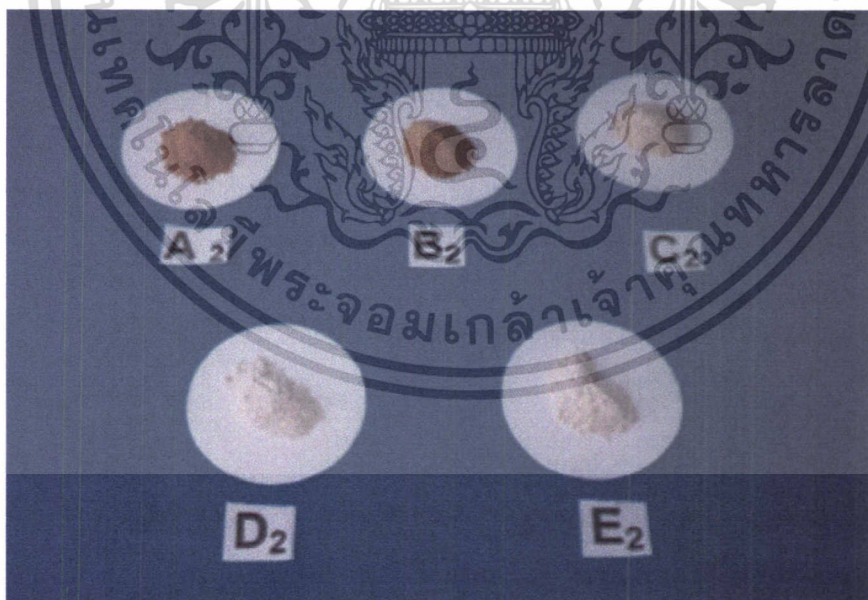
จากการทดลองตกตะกอนเพคตินด้วย 1 โมลาร์แคลเซียมคลอไรด์ ตะกอนที่ได้คือ แคลเซียมเพคเตต ซึ่งจะมีปริมาณเท่ากับ 2.20 กรัม และการตกตะกอนเพคตินด้วย 60% เอทานอล ตะกอนที่ได้คือ เพคติน ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 3.18 กรัม เพคตินที่ได้จากการตกตะกอนทั้ง 2 วิธี เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาคผนวก จ) แต่ตะกอนเพคตินที่ได้จากการตกตะกอนด้วย 60% เอทานอล ละลายน้ำได้ดี แต่ตะกอนแคลเซียมเพคเตตที่ตกตะกอนด้วย 1 โมลาร์ แคลเซียมคลอไรด์ ไม่ละลายน้ำ จึงเลือกใช้การตกตะกอนด้วย 60% เอทานอล

4.5 การทำแห้งเพคตินที่ตกตะกอนได้

ลักษณะของเพคตินที่ตกตะกอนได้ ทั้ง 2 วิธี มีลักษณะคล้ายวุ้นสีเหลืองอ่อน เมื่อนำมาทำแห้ง โดยการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพคตินจะมีสีเหลืองเข้มขึ้น และเมื่อนำไปบดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช จะได้ผงเพคตินที่มีสีเหลืองอ่อน ผงเพคตินที่ได้จากการฟอกสีด้วยผงถ่านกัมมันต์ 2% มีสีเข้มกว่าผงเพคตินที่ฟอกสีด้วยผงถ่านกัมมันต์ 3% ดังนั้นควรใช้ปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่ 3% เพื่อให้ได้ผงเพคตินที่มีความขาว ซึ่งแสดงไว้ในภาพที่ 4.3 และ 4.4



ภาพที่ 4.3 ผงเพคตินที่ได้จากการตกตะกอนด้วย 60%เอทานอลโดยฟอกสีด้วยผงถ่าน
กัมมันต์ในปริมาณต่าง ๆ กัน คือ A:0% , B:1% , C:2% , D:3% , E:4%



ภาพที่ 4.4 ผงแคลเซียมเพคเตต ที่ได้จากการตกตะกอนด้วย 1 โมลาร์ แคลเซียมคลอไรด์
โดยฟอกสีด้วยผงถ่านกัมมันต์ในปริมาณต่าง ๆ กัน คือ A₂:0% , B₂:1% , C₂:2% ,
D₂:3% , E₂:4%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การวิเคราะห์คุณภาพเพคตินที่สกัดได้

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพเพคตินที่สกัดได้

รายการที่วิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์	
	เพคตินของห้องปฏิบัติการ	เพคตินที่ตกตะกอนด้วยเอทานอล
การละลายน้ำ	ละลายได้ดี	ละลายได้ดี
ลักษณะสารละลาย	สีเหลืองอ่อนใส ช้น	สีเหลืองอ่อนใส ช้น
V_1 (initial titre)	6.13	1.00
V_2 (Saponification titre)	1.80	1.90
S (Sample)	15.80	16.47
B (Blank)	16.83	16.83
V_3 (Amide titre)	1.03	0.36
Non amidate pectin		
Degree of esterification	22.70	65.52
Galacturonic acid		
ร้อยละ	59.03	50.63

จากการวิเคราะห์คุณภาพเพคตินที่สกัดได้ เปรียบเทียบกับเพคตินจากห้องปฏิบัติการ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อวิเคราะห์การละลายน้ำพบว่า เพคตินที่ตกตะกอนด้วยเอทานอลสามารถละลายน้ำได้ดี สารละลายมีสีเหลืองอ่อนใส ช้น เหมือนกับเพคตินจากห้องปฏิบัติการ แต่แคลเซียมเพคเตตที่ได้จากการตกตะกอนด้วยแคลเซียมคลอไรด์ไม่สามารถละลายน้ำได้ ผลการวิเคราะห์คุณภาพเพคตินที่ตกตะกอนด้วย 60%เอทานอล เพคตินที่ได้จัดเป็นเพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลสูง มีระดับการเอสเทอร์ฟิเคชัน 65.52% จัดเป็นประเภทเพคตินที่เชื้ทตัวช้า ปริมาณเอไมด์ของเพคตินที่ผลิตได้มีปริมาณน้อยมาก เนื่องจากกรรมวิธีในการผลิตเพคตินจากกากฝรั่งไม่มีขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพ โดยการดี-เอสเทอร์ฟิเคชันด้วยแอมโมเนีย ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคตินที่ผลิตได้ใกล้เคียงกับ เพคตินจากห้องปฏิบัติการ จึงถือได้ว่าเพคตินที่ผลิตได้มีความบริสุทธิ์ใกล้เคียงกับเพคตินที่ผลิตเชิงการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การศึกษาทดลองผลิตพืดินจากกากฝรั่งพบว่า พืดินที่ได้มีปริมาณ 3.18% ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเทียบกับปริมาณพืดินที่ผลิตจากผลฝรั่งมีเพียง 0.77-0.99% ของน้ำหนักผลฝรั่ง การผลิตพืดินจากกากฝรั่งจะทำการฟอกสีโดยใช้ผงถ่านกัมมันต์ที่ 3% ซึ่งเป็นปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่น้อยที่สุดที่ทำให้การฟอกสีมีประสิทธิภาพสูงสุด ปริมาณพืดินที่ได้จากการตกตะกอนทั้ง 2 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การตกตะกอนพืดินด้วย 60% เอทานอล ทำให้ได้พืดินที่มีความบริสุทธิ์ และมีคุณสมบัติการละลายน้ำได้ดี สารละลายมีสีเหลืองอ่อน ใสขึ้น ส่วนแคลเซียมพืดินที่ได้จากการตกตะกอนด้วย 1 โมลาร์ แคลเซียมคลอไรด์ ไม่สามารถละลายน้ำได้ เมื่อทำการวิเคราะห์ผงพืดินที่สกัดได้ พบว่าเป็นพืดินชนิดที่มีหมู่เมทริกซ์สูง ที่มีระดับเอสเทอร์ฟิเคชัน 65.52% และมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก 50.63% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพืดินที่ได้เป็นพืดินชนิดที่เสถียร และมีความบริสุทธิ์ที่สามารถยอมรับได้

ข้อเสนอแนะ

1. ในสกัดผลิตเพคตินจากกากฝรั่ง ควรใช้สารละลายกรดแทนน้ำในการสกัด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด
2. เพคตินที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพเปรียบเทียบกับเพคตินที่สกัดได้ ควรใช้เพคตินที่ระบุวันที่ผลิตและคุณสมบัติ
3. ควรนำเพคตินที่ผลิตได้ทำเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพกับเพคตินที่มีขายตามท้องตลาด
4. ในการวิเคราะห์ Amide titre (V_3) ควรระวังการสูญเสียก๊าซแอมโมเนียที่เกิดขึ้น ภายหลังจากการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10% ซึ่งจะทำให้ผลในการวิเคราะห์ผิดพลาด



เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา นวลมา และ น้ำผึ้ง มะลิวัลย์. 2539. **สกัดเพคตินจากผลไม้**.ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏเพชรบุรี.23 หน้า
- เทพกัญญา ตันตโยทัย และ ปิยะ หาญศิลาวัต. 2541. **การศึกษาวิธีการนำคาร์บอนกัมมันต์กลับมาใช้ใหม่** ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ธานี ตระกูลอินทร์.2533 **ผลของโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตและเอทิลีนไดเอมีนอะซิติกแอซิดต่อการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ**.บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.กรุงเทพฯ.106.หน้า
- นั้สุวรรณ เสธฐภักดี และ ศิริสุข จงจิตร.2541. **เซอร์เบทจากกากฝรั่ง**. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.กรุงเทพฯ.50หน้า
- นัยทัศน์ ภูศรีรัมย์.2521.**การสกัดเพคตินจากผลไม้บางชนิด**.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 7-18.หน้า
- นัยทัศน์ ภูศรีรัมย์.2530. **ศึกษาการสกัดเพคตินจากส่วนเหลือใช้ของจำปาตะ**.วารสารสงขลานครินทร์.ปีที่ 2 .ฉบับที่ 116. 1-23 หน้า.
- ประภาศรี ภูเสถียร และคณะ.2533.**ใยอาหารในอาหารไทย**.โภชนาการสาร.24(2) . 49 หน้า.
- ประสิทธิ์ อติวีรกุล.2527.**เทคโนโลยีผลไม้และผัก**.สงขลา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 147-167 หน้า
- ปิยะนุช เอกฉัตร.2541. **เพคตินและการนำไปใช้ประโยชน์**. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ. 1-17.หน้า.
- พงษ์สามารถ,สุนันท์ และมาร์คแมน,นราณิน. 2532. **การสกัดสารคล้ายเพคตินและการทำให้บริสุทธิ์จากเปลือกไม้ไทย**.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พวงทอง ใจสันติ.2537.**การศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรส**.มหาวิทยาลัย เชียงใหม่.เชียงใหม่.34 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาลินี สุเมตติกุล.2509. การวิเคราะห์ผลไม้พื้นเมืองของไทยชนิดต่าง ๆ โดยวิธีเคมีเพื่อ
ประโยชน์ในการทำเยลลี่.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา
 เทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.98 หน้า.

มงคลศิริเกียรติ, โสพิศ.2528.การศึกษาผลงานของเพคตินในผลไม้ไทยต่อระดับคอเรส
เทอรอลในเลือด.มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

รพีพรรณ วัชรโพน และ เขียงรัตน์ นันต์ชนะ.2532. **ผลิตแปรรูปจากฝรั่ง.** ภาควิชา
 อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
 คุณทหารลาดกระบัง.

วาสนา อ่อนหวาน.2534.การศึกษาจลนศาสตร์ในการสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรส.
 วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี สถาบัน
 เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.149 หน้า.

สุมาลี พิทักษ์เสรีกุล.2517.การสกัดเพคตินจากฝรั่ง.ปัญหาพิเศษปริญญา
 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.27 หน้า.

สุทัศน์ วัฒนาวณิชกร.2518.การหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการสกัด
 เพคติน.ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.16 หน้า.

เสาวนีย์ เอี่ยมอังกูร และ สุนิศา ปิ่นสุวรรณคุปต์.2541 **ปัจจัยที่มีผลต่อมาซีเรชั่นในการ**
ผลิตน้ำแครอทโดยเอนไซม์เพคตินเนส. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
 กรุงเทพฯ.69 หน้า.

โสภิตา โคตรวีระ.2537 การศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการสกัดเพคตินจาก
ดอกกระเจี๊ยบมอญ.วิทยานิพนธ์ (วศ.ม.) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
 กรุงเทพฯ .102หน้า.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. THICKENING AND GELLING AGENT FOR FOOD.
 คณะวิทยาศาสตร์.มหาวิทยาลัยหอการค้า.124 หน้า.

อัทพงษ์ ไชวาท.2532.การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของฝรั่งที่
อุณหภูมิต่ำ. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบัน
 เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ. 60 หน้า.

อำนาจ สุขเหมือน.2528.การศึกษาทดลองผลิตเพคตินจากเปลือกส้มโอ.รายงานกิจกรรม
วิทยาศาสตร์บริการ.กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและพลังงาน.กรุงเทพฯ .32
หน้า.

A.O.A.C. ,1970,Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical
Chemists , eleventh edition, Washington,D.C.,Academic Press,pp.58.

Bhata,G.,Krishnamurthy,L.and Cirdharital,K.,1959,"Preparation of Pectin from Raw
Papaya (Earica Papaya)by Aluminium Chloride Precipitation Method", *Journal
of Food Technology*, Vol.56, No.2, pp. 553-556.

Doesburg,J.J.,1960,Pectin Substances In Fresh and Preserve Fruits and
Vegetable,New York,Institute for Research on storage and Processing of
Horicultural Produce Wageningen,pp.73.

Eitinary, E. and Kha Hap,A,1975,"Characterization of Pectin Substances in
Mangoware",*Journal of Food Science*,Vol . 51, No. 7,pp. 205-206.

Hassler,J.W.1974.Purification of Activated Carbon. Chemical publishing CO.,INC.
New York.pp.33.

Hoefler,C.A. 1998.Pectin Chemistry,Funtionality and Appications. Hercules
Incorporated Foodgum Group.Wilmington.
(<http://www.herc.com/foodgums/Ptalk/Ptalk.htm>).

Joslyn, W.,1962, The Chemistry of Protopectin,Advance in Food Researe,New
York,Academic Press, pp. 10.

Lode, M., Ngugen, B. and Mcintyre, S.,1987, "Characterization of a Crude Kiwifruit
Pectin Extract," *Journal of Food Science*,Vol. 58 ,No. 4 pp. 1-20.

Nadamura,T.,Hours,R.A.,and Sakai,T.1995.Enymatic Maceration of vegetable with
Protopectinases.*J.Food Sci.*60(3) ,pp. 463-472.

Neison, R.C., 1948,Patent 455382,New York,Academic Press,pp.160-193

Owens,H.R., McCredy,R.M. and Meclay,W.D.,1949,*The Freezing Preservation of
Food*,third edition,New York,McGraw – Hill, pp.52-78.

Porter , R. W., 1948,*Production and Application of Enzyme Preparations in Food
Manufacture*, Argentina,La Phata,pp.111.

Sanofi Bio – Industries, 1994,*Technical Document* : Paris,pp.1-23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Schwartzberg,H.G.,1982,**Progress and Problems in Solid Liquid Extraction Presented at the First Latin American Congress on Heat and Mass Transfer,Argentina,La Plata,pp. 80-176.**
- Speiser, R.,Copley,M.J. and Nutting,G.C.,1946,"Characterization of Pectin Substances in Mangoware,"**Journal of Food Science**,Vol. 51,No.7, pp.205-206.
- Suzuki,M. 1990. **Adsorption Engineering**. Kodansha Ltd. Japan. 8-14.
- Whitaker,J.R.1984. **Pectic Substance , Pectic Enzyme and Haze Formation in Fruit Juices**.Enzyme Microb.Technol.6,pp 341-349.
- Will,R.B.H.,W.B. Mc Glasson, D. Graham,T.H.Lee and E.G. Hall.1989.**Postharvest : An Introduction to Physiology and Handling of Fruit and vegetables**.BSP Professional Books.Oxford.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ชนิดของคาร์บอนกัมมันต์

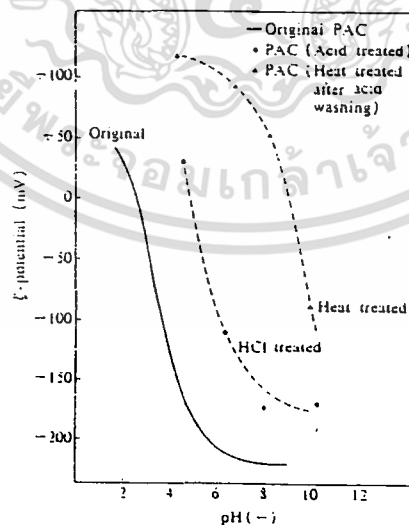
1. Powder activated carbon (PAC)

คาร์บอนกัมมันต์ที่ใช้ในทางการค้าที่สำคัญมี 2 แบบ คือ แบบผงและแบบเม็ด ผงคาร์บอนกัมมันต์ส่วนใหญ่ทำมาจากซีลือย ขนาดของ PAC อยู่ระหว่าง 15-25 ไมโครเมตร และมีการบิดทางเรขาคณิต (geometrical standard deviation) ประมาณ 0.155-0.266

ในอุตสาหกรรมมีการนำไปใช้ฟอกสีอาหาร เช่น น้ำตาลน้ำมัน เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์และโซเดียมกลูตาเมต นอกจากนี้ยังนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำดื่มและบำบัดน้ำเสียอีกด้วย

สำหรับการใช้ในสถานะของเหลว ประจุที่พื้นผิวจะมีความสำคัญ เนื่องจากมีผลต่อการตกตะกอนหรือการกรองคาร์บอนกัมมันต์ออกจากของเหลวภายหลังการใช้งาน ประจุที่ผิวหาได้จากค่า ζ -potential จากการวัดค่า ζ -potential พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า ζ -potential มีความสัมพันธ์กับความเป็นกรดต่างของสารละลาย ความคงตัวของกลุ่มออกไซด์ ผลของการใช้กรดชะล้างเพื่อกำจัดเถ้าที่ละลายได้และการใช้ความร้อนเพื่อกำจัดผิวกรดออกไซด์ ดังแสดงไว้ในภาพผนวกที่ ก1

นอกจากจะใช้ PAC ในการดูดซับแล้ว ประจุที่ผิวยังทำให้คอลลอยด์จับตัวกันเป็นก้อนอีกด้วย



ภาพผนวกที่ ก1 ζ -potential ของ PAC มีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดต่างของสารละลาย ผลจากการใช้กรดไฮโดรคลอริกและการใช้ความร้อน

ที่มา: Suzuki, 1990

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Granular activated carbon (GAC)

GAC คือเม็ดถ่านบดที่บดโดยใช้เครื่องมือ เช่น coal tar pitch ขนาดของ GAC จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับนำไปใช้ประโยชน์ สำหรับการดูดซับเฟสก๊าซ ขนาดของ GAC ที่มัก จะใช้กันอยู่ระหว่าง 4-6 มิลลิเมตร หรือ 4/8-10/20 เมช (mesh) ประโยชน์ของการนำไปใช้ใน เฟสก๊าซได้แก่ การทำให้อากาศบริสุทธิ์ การทำให้ก๊าซบริสุทธิ์ การกำจัดซัลเฟอร์ และการแยก ก๊าซ ในกรณีการดูดซับเฟสของเหลว การแพร่เข้าไปในอนุภาคจะแพร่จากอนุภาคที่เล็กกว่า ตัวอย่างเช่น การฟอกสีน้ำตาล การกำจัดสารอินทรีย์ การปรับปรุงคุณภาพน้ำดื่ม และการ บำบัดน้ำเสีย

3. Carbon molecular sieves (CMS หรือ MSC)

ขนาดของรูพรุนของคาร์บอนกัมมันต์จะถูกกำหนดขึ้นระหว่างการให้ความร้อนสูง และการกระตุ้น จึงต้องมีการเลือกใช้วัตถุดิบ และสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ขนาดของรูพรุน ตามที่ต้องการ เช่น อุณหภูมิในการทำให้เกิดคาร์บอน อุณหภูมิกระตุ้น เวลา และคุณสมบัติ ของเครื่องบด

ประโยชน์ที่สำคัญของ CMS คือ การแยกไนโตรเจนและออกซิเจนในอากาศ และการ ปรับปรุงกลิ่นในผลิตภัณฑ์ไวน์

4. Activated carbon fiber (ACF)

ACF ผลิตจากการนำไฟเบอร์สังเคราะห์ เช่น ฟีนอลิกเรซิน โพลีเอคริลิกเรซิน และแพร เทียมไปเผาด้วยความร้อนสูงภายใต้สภาวะก๊าซเฉื่อยและทำให้กลายเป็นคาร์บอน การ เตรียมโดยการกระตุ้น (Activation) ต้องเตรียมอย่างระมัดระวัง

ACF ส่วนใหญ่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางยาว 7-15 ไมโครเมตร ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า PAC เสียอีก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ ACF สามารถแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว และยังสามารถ ควบคุมอัตราการดูดซับได้ด้วยแผ่น ACF

ประโยชน์ของ ACF คือ การนำมาใช้กรองอากาศและใช้บำบัดน้ำ

คุณสมบัติของคาร์บอนกัมมันต์

1. ความชื้น

คาร์บอนกัมมันต์จะถูกกำหนดราคาได้จากค่าความชื้น โดยทั่วไปคาร์บอนกัมมันต์จะ มีความชื้นในระดับหนึ่ง เช่น 3,8,10 เปอร์เซ็นต์ หากเก็บคาร์บอนกัมมันต์ในที่ที่มีความชื้น คาร์บอนกัมมันต์จะดูดซับความชื้นไว้ได้ 20-25 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นนี้ไม่มีผลต่อการดูดซับ แต่

มีผลต่อน้ำหนัก เมื่อมีการซื้อขายจึงต้องตกลงกันโดยใช้น้ำหนักแห้ง วิธีทำแห้งคือ อบคาร์บอนไว้ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส แล้วเก็บไว้ในเดซิเคเตอร์

2. องค์ประกอบอนินทรีย์ (Inorganic Constituents)

คาร์บอนกัมมันต์แต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบอนินทรีย์แตกต่างกันอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาผลิตและสารที่ใช้ในกระบวนการผลิต ปริมาณสารอนินทรีย์ใช้แบ่งเกรดของคาร์บอนกัมมันต์ได้โดยดูจากธรรมชาติของสารและความเข้มข้นของสารนั้น

2.1. เถ้า

ในการวิเคราะห์ปริมาณเถ้า ทำได้โดยนำผงคาร์บอน (PAC) มา 2 กรัม หรือเม็ดคาร์บอน (GAC) มา 10-20 กรัม ใส่ลงในครุฑิเบิล (crucible) แล้วนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียสจนกระทั่งคาร์บอนถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์

2.2 การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchanger)

คาร์บอนบางชนิดจะจับกับสารอนินทรีย์ที่ละลายได้ด้วยการแลกเปลี่ยนประจุ จากตารางภาคผนวก ก1 เมื่อนำคาร์บอนชนิดเจเจ (JJ) มาล้างด้วยน้ำ แล้วนำไปวิเคราะห์เถ้าพบว่าปริมาณโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) 2.2 กรัมต่อ 100 กรัม-คาร์บอน และเมื่อนำมาล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริก ปริมาณโซเดียมซัลเฟตจะเหลือเพียง 0.9 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าการล้างด้วยกรดจะทำให้ความเป็นกรดต่างของคาร์บอนเจเจลดลงจาก 8.0 เหลือเพียง 1.5 หากเป็นการล้างด้วยน้ำเปล่า ความเป็นกรดจะไม่เปลี่ยนแปลง คาร์บอนถูกปรับให้เป็นกลางได้โดยการใช้ความร้อนเพื่อไล่กรดออกหรือโดยการเติมต่างลงไป การปรับด้วยต่างจะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) แต่คาร์บอนที่ได้จะยังมีโซเดียมซัลเฟตอยู่ การสกัดสารอนินทรีย์จากคาร์บอนเจเจ อาจทำโดยวิธีการแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchanger) โซเดียมจะหลุดออกจากคาร์บอนโดยการแทนที่ด้วยไฮโดรเจนไอออนจากกรดผลที่ได้หลังจากล้างแล้วจะมีกรดซัลฟูริกแทนโซเดียมซัลเฟต

ตารางผนวกที่ ก1 ผลของการที่ทรีทเมนต์คาร์บอนกัมมันต์ด้วยวิธีต่าง ๆ กันต่อองค์ประกอบของเถ้าและค่าความเป็นกรดต่าง

คาร์บอน	ปริมาณโซเดียมซัลเฟตในเถ้า จากคาร์บอน 100 กรัม	ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำ ล้างคาร์บอน
การล้างด้วยน้ำ	2.2	8.0
การล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริก	0.9	1.5
การล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริก จากนั้นปรับให้เป็นกลางด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์	1.9	7.2
การล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริก จากนั้นให้ความร้อน 800 °ซ	1.0	7.6

ที่มา Hassler, 1974

3. ความเป็นกรดต่างของคาร์บอน

การวัดความเป็นกรดต่างของคาร์บอนวัดโดยนำคาร์บอนใส่ลงในน้ำกลั่นแล้ววัดค่าความเป็นกรดต่างจะขึ้นกับสภาวะในการทดลอง เช่น เวลา อุณหภูมิในการสกัดและอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับน้ำ วิธีการที่ใช้วัดค่าความเป็นกรดต่างของคาร์บอนที่นิยมทำได้โดยนำคาร์บอนมา 2 กรัมผสมกับน้ำกลั่น (ความเป็นกรดต่างเท่ากับ 7) 50 มิลลิลิตร จากนั้นให้ความร้อนจนถึง 90 องศาเซลเซียส และทำให้เย็นลงมีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสแล้วจึงวัดค่าความเป็นกรดต่าง

ในทางอุตสาหกรรมสารละลายจะมีผลทำให้ความเป็นกรดต่างของคาร์บอนมีความผันผวนเราอาจจะปรับค่าความเป็นกรดต่างโดยการเติมกรดหรือเบสลงไป ค่าความเป็นกรดต่างที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 6.0-8.0 สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์บางครั้งอาจต้องการให้ค่าความเป็นกรดต่างสูงถึง 10.0 หรือบางกรณีอาจต้องการให้ค่าความเป็นกรดต่างต่ำถึง 3.0 ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ ตัวอย่าง เช่น น้ำตาลข้าวโพดที่ค่าความเป็นกรดต่างต่ำจะทำให้การฟอกสีมีประสิทธิภาพดีกว่า

ค่าความเป็นกรดต่างของคาร์บอนมีความสัมพันธ์กับสารอนินทรีย์ที่อยู่ในคาร์บอน สำหรับคาร์บอนที่ถูกล้างหลังจากการกระตุ้น (activation) จะได้รับการปรับค่าความเป็นกรดต่างในระหว่างกระบวนการล้าง หลังจากนั้นจึงทำให้แห้ง

4. ลักษณะโครงสร้าง (STRUCTURAL CHARACTERISTICS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปร่างของคาร์บอนกัมมันต์สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. symmetrical pellets
2. irregular shaped granules
3. powder
4. specialties

ชนิดแรกจะมีหลายขนาด เช่น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/8 นิ้วและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3/16 นิ้ว ส่วนชนิดที่ 2 มีหลายขนาดตั้งแต่ 4x6 เมช จนถึงขนาดเล็ก 20x50 เมช ขนาดเล็กจะมีอัตราการดูดซับเร็วกว่า ขนาดใหญ่มักใช้กับของเหลวที่มีความหนืด สำหรับชนิดที่ 3 จะ ต้องมีขนาดไม่เล็กจนเกินไป เนื่องจากขนาดผงคาร์บอนกัมมันต์มีผลต่ออัตราการกรอง

ตารางผนวกที่ ก2 ความหนาแน่นรวมและขนาดของผงคาร์บอนกัมมันต์ที่วิเคราะห์โดยการวิเคราะห์ตะแกรงร่อน

Carbon Code	Bulk density		Screen analysis	
	lb/cu ft	on 100 mesh%	through 200 mesh%	
E	31	6	68	
F	28	21	61	
G	23	3	85	
H	15	30	42	
I	18	18	54	
J	32	7	73	
K	20	0	100	

ที่มา :Hassler,1974

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข1 แสดงข้อกำหนดมาตรฐานระหว่างประเทศของเพคตินสำหรับใช้ในอาหารและเภสัชกรรม

Criteria	Expressed As	Food additive			Pharmacopoeia USPXXI/NFXVI
		FAO/WHO	FCC	ECC	
Identification	-	Conforms To Tests A to F	Conforms To Tests A to D	Conforms To Tests A to E	Conforms to Test A to E
Loss on drying	%	12 max	12 max	12 max	10 max
Total ash	%	-	10 max	-	-
Acid insoluble ash	%	1 max	1 max	1 max	-
SO ₂ Content	Ppm	50 max	-	50 max	-
Methylsulphate content	%	-	0 max	-	-
Residual alcohol solvents	%	1 max	-	1 max	-
Nitrogen (N) content :					
Pectin	%	2.5 max	-	0.5 max 2.5 max	-
Amidated-pectin	%				
Sugars and organic acids	%	-	-	-	1.8 max
Methoxyl (OCH ₃) content	%	-	-	-	6.7 mini
Galacturonic acid	%	65 mini	70 mini	65 mini	74 mini
Degree of esterification					
-HM pectins	%	-	50 mini	-	-
-LM pectins	%	-	50 max	-	-

ตารางที่ ๑๑ (ต่อ)

Criteria	Expressed	Food additive			Pharmacopoeia USPXXI/NFXVI
		FAO/WHO	FCC	EEC	
Degree of amidation	%	25 max	40 max	25 max	-
Arsenic (as As)	ppm	3 max	3 max	3 max	3 max
Heavy metals (as Pb):	ppm	-	40 max	-	-
-Lead (as Pb)	ppm	10 max	10 max	10 max	5 max
-Copper (as Cu)	ppm	50 max	-	50 max	-
-Zinc (as Zn)	ppm	25 max	-	25 max	-
Bacteriology					A
- Total germs	gems/g				
- Salmonella	gems/2 g	Not specified	Not specified	Not specified	Not specified
- Yeast and moulds	gems/g				
Packaging and stocking	-	-	Store in closed Packages	-	Keep in well-sealed packages

ตารางที่ ๗๒ แสดงตัวอย่างของเพคตินที่มีกลุ่มเมทริกซ์สูง

Name of product	Characteristics				Gelling power (°SAG IFT)	Relative speed of gelation	Main applications
	DE (%)	DA (%)	pH solution 1%	Retarding Salts			
UNIPECTIN							
URS 150	75-77	0	2.9-3.4	-	150±5	Very rapid	- Jams with whole fruit and DUNDEE type jellies - Liquid pectin for home-made jams.
HM ₁	72-76	0	3.0-3.4	-	Not characteristic	-	- Stabilisation of lactic acid beverages (yogurt, lactoserum...) and acidic soya milks. - Stabilisation of beverages containing pulp.
Brown AL	70-74	0	3.4-4.0	-	Non- standardised	-	- Texture agent(mouth feel) in fruit drinks and dietetic.
RS 150	70-74	0	2.8-3.4	-	150±5	Rapid	- Fruit jams having little acidity in jars. - Bake-stable fillings.
MRS 150	66-69	0	2.8-3.4	-	150±5	Medium rapid	- Jams from acidic fruits vacuum cooked. - Fruit jellies in jars
SS 150	58-65	0	2.8-3.3	-	150±5	Slow	- Jams and jellies from very acidic fruits vacuum cooked - Jams and jellies in " individual serving " jars. - Fillings.
MRS 34	56-62	3-6	3.4-4.0	-	Special method	Slow	- Jams of all fruits having a spreadable texture packed in jars

ตารางที่ 12 (ต่อ)

Name of product	Characteristics				Gelling power (°SAG IFT)	Relative speed of gellation	Main applications
	DE (%)	DA (%)	pH solution 1%	Retarding Salts			
UNIPECTIN ¹							
SS 53/57 150	53-57	0	2.8-3.3	-	150±5	Very slow	- Gelling preparations and gelling sugars for home-made jams and jellies.
Blue 150	47-53	0	3.2-3.6	-	150±5(*)	Very slow	
Yellow ribbon	58-65	0	4.2-4.5	Tartrates	Non specified	Rapid	- Centres for confectionary products - Fruit jellies and fruits gels
Yellow ribbon CS	58-65	0	5.3-5.8	Citrate Phosphate	Non specified	Slow	- Gelled confectionery - Fillings and decofatons for biscuits
Brown NF	68-72	0	2.8-3.47	-	Non standardised	Conforms to USPXXI/NFXVI	All pharmaceutical uses: - Regulation of gastro-instestinal tract - Texture excipient(tavles,gels)
Brown PH AL	70-74	0	3.4-4.0	-			- Sterile bandages - Preparation of pectinates and pectates - Thickening of solutions ,syrebs, - Suspension of insoluble powders

หมายเหตุ

(*) SAG value on 60% solid product

DE = Degree of Esterification

DA = Degree of Amidation

ตารางที่ ๗3 แสดงตัวอย่างของเพคตินที่มีกลุ่มเมทอกซิลต่ำและมีกลุ่มอะมิเตดในโมเลกุล

Name of product	Characteristic				Usual Standardisation	Main application
	DE (%)	DA (%)	PH Solution 1%	Standardisation Salts		
UNIPECTINE [®]						
LM 70 NH	42-48	7-10	3.6-4.2	-	Acid gel	- Marmalades and jams (55-60% SS pH = 3-3.4) - Fruit preparations (45-55% SS pH = 3.4-4)
LM 93 NH	29-42	12-18	3.6-5.0	--	Acid gel	- Fruit preparations (40% SS pH = 3.0-3.5)
3450 NH 95J	28-39	12-18	4.2-5.2	-	Acid gel	- Jams and jellies with a reduced sugar content (48-60% SS and pH 3.1-3.3)
3450 NH M	30-37	14-18	4.2-5	-	Milk gels	- Industrial and home-made dessert creams (18-25% SS and pH=5-5.5)
325 NH 95 H	27-37	14-20	4.2-5.2	-	Acid gel	- Spreadable jams and jellies (60-65% SS and pH = 3.1-3.5)
325 NH 95	26-36	15-21	4.2-5.2	-	Acid gel	- Jam and marmalades lightly gelled (30 a 65% SS and pH=3.2-3.6) - Fruit preparations - Gelling sugars for marmalades and home-made jams
325 NH 95 M	26-32	16-19	4.2-4.2	-	Acid gel Milk gels	- Milk applications: milk gels, dessert greams, etc. - Fruit bases for milk or fruit desserts.

ตารางที่ ข3 (ต่อ)

Name of product	Characteristic				Usual Standardisation	Main application
	DE (%)	DA (%)	PH Solution 1%	Standardisation Salts		
27 NH 95	26-36	16-21	3.5-3.8	-	Acid gel	- Reduced-sugar jams and jellies (30-55% SS pH=3.0-3.8) - Marmalades and fruit desserts
LM 22 NH	26-36	15-21	5.5-6.5	Phosphates	Acid gel	- Centres of cooked sweets - Non-acidic gelled confectionery (72-83% SS and pH = 3.9-4.1) - Decoration for biscuits
Topping NH	26-36	15-21	4.5-5.2	Phosphates	Topping glazing	- Gelled toppings based on fruit puree or fruit juice (SS=60-67% and pH = 3.5-3.7)
290 NH 95	20-28	19-24	4.5-5.0	-	Acid gel	- Fruits desserts (20-35%SS) - Fruit preparations filled and low temperatures (30-50 °c)
Red 3 g	18-30	19-25	4.5-5.2	-	Milk gel	- Milk applications : gelled milk, desserts, puddings... - Stewed fruits for pastry products and fruit desserts(24-32%SS)
X 55	21-30	20-24	4.5-5.2	Phosphates	Topping glazing	- Bakery glazes to be diluted (SS=65-68% and pH=3.5-3.7)
X 58	21-30	19-24	4.5-5.0	Phosphates		- Gelled sauces containing pulp (SS=60-70% pH=3.4-3.7)
X 59	21-30	15-20	5-6	Phosphates		- Cream toppings (SS=66-77% pH=3.4-3.6)

หมายเหตุ

DE = Degree of Esterification

DA = Degree of Amidation

ตารางที่ ๗4 แสดงตัวอย่างของเพคตินที่มีกลุ่มเมทออกซิลต่ำและไม่มีกลุ่มอะมิเดดในโมเลกุล

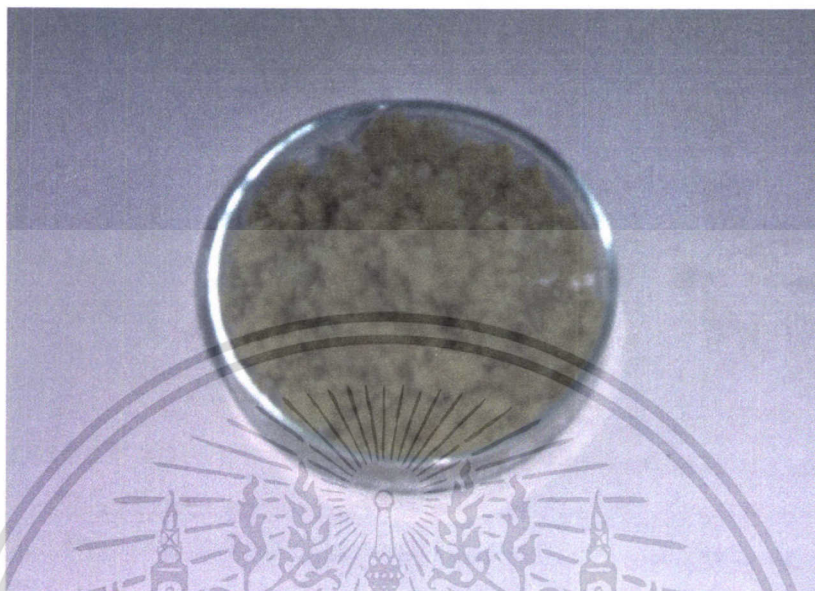
Name of product	Characteristic				Usual Standardisation	Principal applications
	DE (%)	DA (%)	pH Solution 1%	Standardisation Salts		
UNIPECTINE						
X 66	34-40	0	4.5-5.2	-	Acid gel	- Marmalades and fruits desserts - Reduced sugar jams (SS<45%)
X66 B	34-40	0	4.5-5.2	-	Acid gel Stability to Baking	- Bake-stable fillings and decorations for biscuits and pastry products(40-55% SS, pH = 3.4-3.6)
27 NA 95	30-34	0	4.5-5.2	-	Acid gel	- Fruit preparation filled at low temperatures(30-50 °C)
290 NA 95	30-34	0	4.5-5.2	-	Acid gel	- Fruit preparation filled at low temperatures(30-50 °C)
Red NA 3 g	30-34	0	4.5-5.2	-	Milk gel	-Gelled milk dessert. - Marmalades and baby-foods with fruits.

หมายเหตุ DE = Degree of Esterification

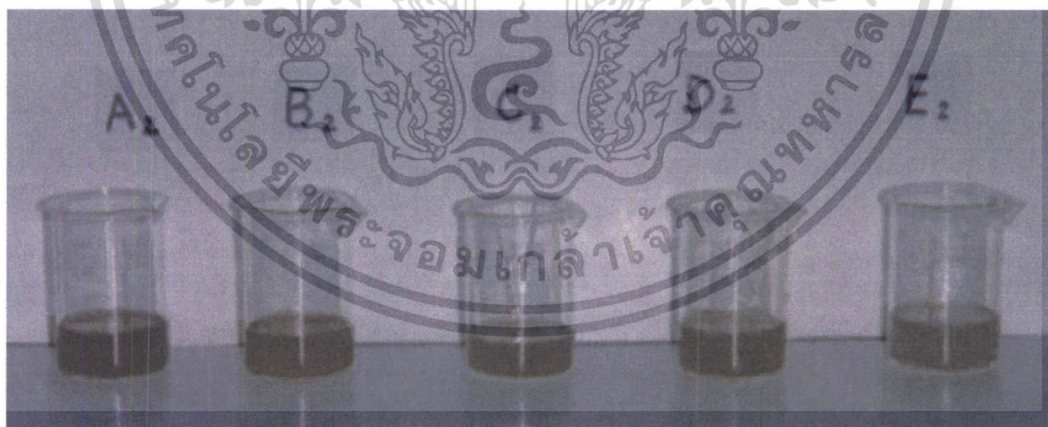
DA = Degree of Amidation

ที่มา : Sanofi Bio-industries,1994

ภาคผนวก ค

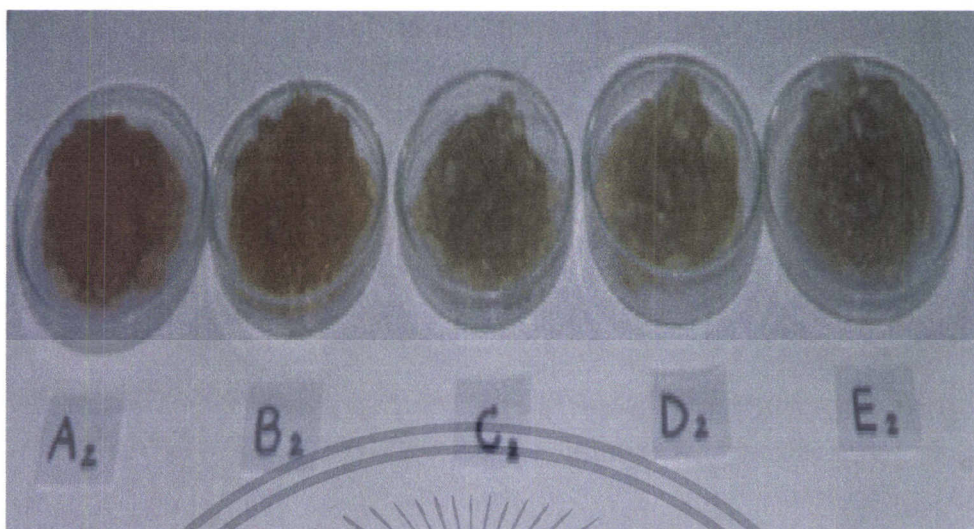


ภาพภาคผนวก ค1 ภาพผงที่ใช้ในการผลิตเพคติน

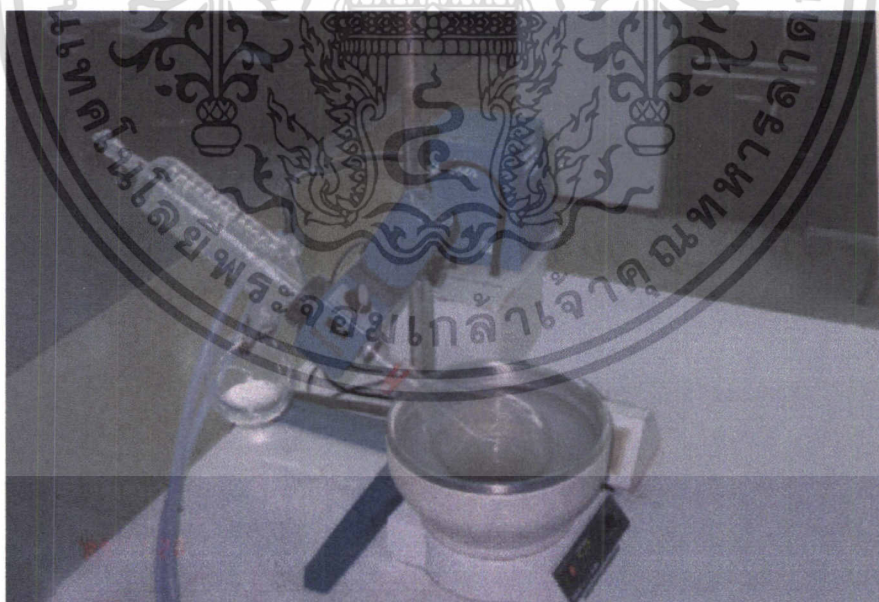


ภาพผนวก ค2 สารละลายเพคตินที่ฟอกสีด้วยผงถ่านกัมมันต์ในปริมาณต่าง ๆ กัน คือ $A_2:0\%$, $B_2:1\%$, $C_2:2\%$, $D_2:3\%$, $E_2:4\%$ และผ่านการระเหยน้ำออก 90%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวก ค3 ตะกอนแคลเซียมเพคเตตที่ฟอกสีด้วยผงถ่านกัมมันต์ในปริมาณต่าง ๆ
คือ A₂:0% , B₂:1% , C₂:2% , D₂:3% , E₂:4%

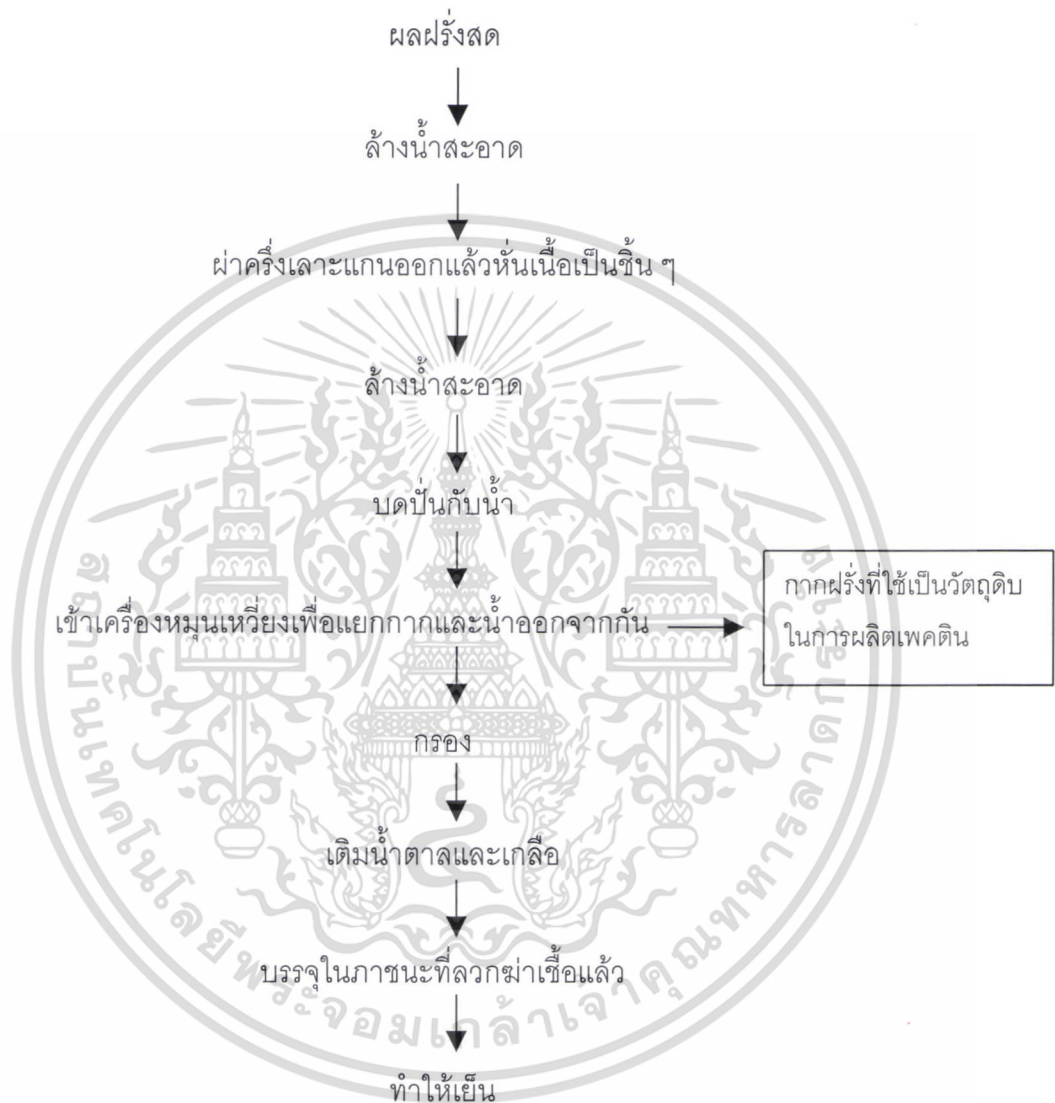


ภาพผนวก ค4 เครื่องระเหยสูญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

กระบวนการผลิตน้ำฝรั่งสด



ภาพผนวก ง กระบวนการผลิตน้ำฝรั่งสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ตารางผนวก จ การวิเคราะห์ปริมาณเพคตินจากการตกตะกอน 2 วิธี ดังนี้

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	1	2.63	2.63	0
Error	8	0	0	
Total	9	2.63		

$$F_{\text{คำนวณ}} = 0$$

$$F_{\text{ตาราง}} = 5.3177$$

จากการวิเคราะห์ปริมาณของเพคตินจากการตกตะกอนด้วย 1 M แคลเซียมคลอไรด์ และ 60%เอทานอล พบว่าปริมาณเพคตินที่ตกตะกอนได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากค่า F ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าค่า F ในตาราง

ประวัติผู้เขียน

นางสาวศลิพร กุลตรีรัตนารมย์ เกิดเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2520 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงจาก สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ เมื่อปีพุทธศักราช 2537 และสำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษาจาก ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปีพุทธศักราช 2542

นางสาวสุวรรณี สัจจาพิทักษ์ เกิดเมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม 2519 ที่จังหวัดนครปฐม สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงจาก สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต ชุมพรเขตอุดมศักดิ์ เมื่อปีพุทธศักราช 2537 และสำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษาจาก ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปีพุทธศักราช 2542



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้