ปัญหาพิเศษ

การศึกษาปริมาณเพกตินในเปลือกส้ม

(Study on Pectin in Orange Peel)

นางสาวมัชนา แก้วเหลี่ยม

นายขุทธนา ศิวกุล

นางสาวสมนึก ทองเสน

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

Faculty of Agricultural Industry

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang
Bangkok 10520 Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาปริมาณเพกตินในเปลือกส้ม

(Study on Pectin in Orange Peel)

โดย

นางสาวมัชนา แก้วเหลี่ยม รหัสประจำตัว 45045038

นายยุทธนา ศิวกุล รหัสประจำตัว 45045039

นางสาวสมนึก ทองเสน รหัสประจำตัว 45045050

ได้รับพิจารณาเห็นชอบจาก

...../...../..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19766

การศึกษาปริมาณเพกตินในเปลือกส้ม

(Study on Pectin in Orange Peel)

T096613

นางสาวมัชนา แก้วเหลี่ยม
นายยุทธนา ศิวกุล
นางสาวสมนึก ทองเสน

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2546

ปพ.
ม319ก
2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....93613
วันเดือนปี.....

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มัชนา แก้วเหลี่ยม, ยุทธนา ศิวกุล และ สมนึก ทองเสน 2546. การศึกษาปริมาณเพกตินในเปลือกส้ม (Study on Pectin in Orange Peel). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 21 หน้า อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา

บทคัดย่อ

เพกตินถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย ในอุตสาหกรรมหลายประเภท ทั้งทางด้านอุตสาหกรรมอาหาร ด้านการแพทย์ ด้านเภสัชและด้านอื่น ๆ จากการทดลองสกัดเพกตินจากเปลือกส้ม 3 ชนิด คือ เปลือกส้มโอ เปลือกส้มเขียวหวาน เปลือกส้มสายน้ำผึ้ง โดยใช้วิธีการสกัดด้วย 1 N แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) โดยการต้มกับกรดที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส แล้วทำให้ตกตะกอนด้วยแคลเซียมคลอไรด์ เมื่อได้ตะกอนของแคลเซียมเพกเตตแล้วล้างคลอไรด์ด้วยน้ำร้อน หลังจากนั้นนำตะกอนที่ได้ไปอบแห้ง แล้วนำเพกตินมาชั่งน้ำหนักได้ดังนี้คือ เพกตินจากเปลือกส้มสายน้ำผึ้งมีน้ำหนักเท่ากับ 63.98 กรัม จากเปลือกส้มโอมีน้ำหนักเท่ากับ 65.86 กรัม และจากส้มเขียวหวานมีน้ำหนักเท่ากับ 80.16 จากเปลือกส้มชนิดละ 1 กิโลกรัม เมื่อนำน้ำหนักที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธี DMRT พบว่า ปริมาณเพกตินที่สกัดได้จากเปลือกส้มสามชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยที่เปลือกส้มเขียวหวานมีปริมาณเพกตินสูงสุด รองลงมาคือเปลือกส้มโอและส้มเขียวสายผึ้ง ตามลำดับ

มัชนา แก้วเหลี่ยม .....

ยุทธนา ศิวกุล .....

สมนึก ทองเสน .....

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

1 มิถุนายน .....

วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญตาราง	ค
สารบัญรูปภาพ	ง
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	13
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	16
5. สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	17
เอกสารอ้างอิง	18
ภาคผนวก	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีนั้น คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์วุฒิชัย นาครักษา เป็นอย่างสูงที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ จนเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้ ตลอดจนให้คำแนะนำด้านต่าง ๆ ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ สารเคมีต่าง ๆ และให้ความสะดวกในระหว่างการปฏิบัติงาน

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และเพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจ และความช่วยเหลือตลอดมา

คณะผู้จัดทำ

19 มกราคม 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ตารางปริมาณเพกตินในผลไม้ต่าง ๆ	5
2. ตารางปริมาณเพกตินในเนื้อเยื่อพืชต่าง ๆ	6
3. ตารางผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณเพกตินจากเปลือกส้ม 3 ชนิด โดยน้ำหนักแห้ง	16
4. ตารางน้ำหนักเพกตินที่สกัดได้ จากเปลือกส้ม 3 ชนิด ชนิดละ 1000 กรัม จากเปลือกส้มสด	19
5. ตารางเปอร์เซ็นต์ ผลผลิตที่ได้ คิดจาก 1,000 กรัมของเปลือกส้มสด	19
6. ตารางเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกส้ม	19
7. ตาราง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ของเพกตินที่สกัดได้จากเปลือกส้ม 3 ชนิด	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 1 ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของเพกตินที่ถูกเอสเทอร์ริไฟด์ด้วยหมู่เมทธิลไปบางส่วน	3
ภาพที่ 2 โครงสร้างของโปรโตเพกตินในพืช	4
ภาพที่ 3 โครงสร้างของเพกติน	5
ภาพที่ 4 วิธีการสกัดเพกตินจากเปลือกส้ม 3 ชนิดคือ เปลือกส้มเขียวหวาน ส้มสายน้ำผึ้งและส้มโอ	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ชีวิตความเป็นอยู่ของผู้คนในสังคมต่างมีความเร่งรีบ ส่งผลให้มีเวลาในการเลือกรับประทานอาหารน้อย และอาหารที่รับประทานส่วนใหญ่ มักจะเป็นอาหารที่มีกากใยต่ำถึงแม้เส้นใยอาหารจะมิใช่อาหารหลักก็ตาม แต่เส้นใยอาหารจำเป็นต่อระบบการย่อยอาหารเส้นใยอาหารมีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภทคือ ไม่ละลายน้ำ และประเภทที่ละลายในน้ำ เส้นใยที่ละลายในน้ำนี้มักจะปะปนกับส่วนที่เป็นแป้งในพืชได้แก่ เพกติน

การศึกษากากใยอาหารในประชากรกลุ่มใหญ่หลายกลุ่มให้ผลตรงกันว่าคนที่กินอาหารที่มีไฟเบอร์สูงจะลดอัตราเสียงของโรคหัวใจได้ ทั้งนี้อาหารที่มีไฟเบอร์ชนิดที่ละลายน้ำ จะจับตัวกับกรดชนิดหนึ่ง ในทางเดินอาหาร ซึ่งกรดตัวนี้สร้างจาก คลอเรสเตอรอล เมื่อถูกไฟเบอร์จับไว้ร่างกายจะไปดึงคลอเรสเตอรอลในกระแสเลือด ออกมาใช้สร้างกรดนี้ใหม่ ทำให้คลอเรสเตอรอลถูกใช้หมดไปเรื่อย และยังพบว่าคนที่รับประทานอาหารที่มีไฟเบอร์มาก มักจะเกิดความดันโลหิตสูงได้ยากกว่าคนทั่วไป แต่ไฟเบอร์ชนิดที่ละลายน้ำจะช่วยลดคลอเรสเตอรอลได้ดีเป็นพิเศษ เพกตินก็เป็นไฟเบอร์ที่ละลายน้ำที่หาง่ายอีกชนิดหนึ่ง เพกตินมีมากในผักและผลไม้ที่เรารู้จักกันดี เช่น ส้มเขียวหวาน ส้มโอ และส้มสายน้ำผึ้ง (http://www.elib-online.com/dortors/med heart html)

จะเห็นได้ว่าเพกตินมีส่วนสำคัญเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ซึ่งปัญหาพิเศษนี้จะเป็น การสกัดเพกตินที่มีในเปลือกส้ม 3 ชนิดด้วยกันคือ ส้มเขียวหวาน ส้มโอ และส้มสายน้ำผึ้งเพราะว่าเป็นส้มที่หาได้ง่ายในท้องตลาด เพื่อศึกษาปริมาณเพกตินที่มีอยู่ในเปลือกส้มโดยใช้สารละลาย 1 N แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เนื่องจาก Ca^{+2} จะไปจับกับเพคตินสามารถทำให้เห็นเป็นตะกอนจับตัวกันแล้วกรองออกมาเพื่ออบแห้ง

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปริมาณเพกตินในเปลือกส้ม 3 ชนิด คือ เปลือกส้มโอ เปลือกส้มเขียวหวาน เปลือกส้มสายน้ำผึ้ง โดยใช้ วิธีการสกัดด้วย สารละลาย 1 N แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

ส้มเขียวหวาน

ส้มเขียวหวาน ชื่อสามัญว่า Mandarin หรือ Tangerin ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus reticulata* หรือ *C. nobilis* อยู่ในวงศ์ Rutaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศจีนและญี่ปุ่น ส้มเขียวหวานเป็นไม้ผลกึ่งเมืองร้อนไม่ชอบอากาศที่หนาวจัดหรือร้อนจัดเกินไป มีทรงต้นสูงประมาณ 2-8 เมตร ทรงพุ่มแน่นทึบลำต้น ไม่มีหนาม ใบเป็นรูปไข่ค่อนข้างยาว ผลมีรูปร่างกลมแบน ผิวเปลือกมีสีเขียว (เปรมปรี, มปป.)

ส้มโอ

ส้มโอ ชื่อสามัญว่า Pummelo ชื่อวิทยาศาสตร์ *Citrus grandis* มีถิ่นกำเนิดทางเกาะมลายูและหมู่เกาะโปลินีเซีย (พานิชย์, 2545) ส้มโอเป็นไม้ผลยืนต้น ผลมีรูปทรงกลม ขนาดของผลจะขึ้นอยู่กับพันธุ์ เช่น พันธุ์ขาวแป้น พันธุ์ขาวพวง พันธุ์ขาวทองดี พันธุ์ขาวใหญ่ เป็นต้น

ลักษณะประจำพันธุ์

1. <u>พันธุ์ขาวแป้น</u> ผลมีรูปทรงกลม ขนาดโตปานกลาง เส้นผ่านศูนย์กลางตามด้านขวางกลางผล 12-15 เซนติเมตร สูง 10-12 เซนติเมตร ขั้วไม่มีจุกหรือจีบ ผิวเรียบ สีเหลืองอ่อน เปลือกหนาประมาณ 2 เซนติเมตร เยื่อหุ้มกลีบมีสีขาว หนา เนื้อมีสีเหลืองอมขาว รสหวานอมเปรี้ยว เมล็ดฝ่อ

2. <u>พันธุ์ขาวพวง</u> ผลมีรูปทรงกลมสูงเล็กน้อย ผลโตปานกลาง มีจุกทรงสูง ผลมีความสูงประมาณ 14 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 13 เซนติเมตร ปลายผลราบหรือเว้าเล็กน้อย เปลือกหนาประมาณ 1.5 เซนติเมตร มีสีเขียวอมเหลือง เนื้อมีสีขาวอมเหลือง มีน้ำมาก รสชาติหวานอมเปรี้ยว เมล็ดน้อย

3. <u>พันธุ์ขาวทองดี</u> ผลมีทรงกลมแป้น ผลโตปานกลางเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร เส้นรอบวงศ์ของผล 40 เซนติเมตร ผิวผลเรียบ สีเขียว มีผลอ่อนนุ่มขณะที่ผลยังอ่อน เปลือกบางสีชมพูเรื่อๆ หนา 1.2 เซนติเมตร ผนังกลีบมีสีชมพู เนื้อสีชมพูเรื่อๆ ฉ่ำน้ำ รสหวาน เมล็ดขนาดเล็กมีจำนวนมาก

4. <u>พันธุ์ ขาวใหญ่</u> ผลขนาดใหญ่ ทรงกลมสูง เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 13 เซนติเมตร เปลือกหนาปานกลาง มีเมล็ดมาก ผนังหุ้มเปลือกมีสีขาว เนื้อสีค่อนข้างขาว รสหวานปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. <u>พันธุ์ขุนนนท์</u> ผลทรงกลม ไม่มีจุกหรือจีบ ผลเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เซนติเมตร เปลือกหนา ผิวผลสีเหลืองอ่อน ผนังกลีบมีสีขาว เนื้อสีเหลืองอมขาว เมล็ดมาก รสหวานปานกลาง (วิจิตร, 2526)

สารประกอบเพกติน (Pectin substance)

สารประกอบเพกติน เป็นกลุ่มของโพลีแซคคาไรด์ที่พบอยู่ใน middle lamellae ของผนังเซลล์พืชโดยรวมตัวอยู่กับเซลลูโลส ทำหน้าที่ยึดเกาะผนังเซลล์ให้ติดกัน (กิตติพงษ์, ม.ป.ป.) สารประกอบที่ถูกสร้างขึ้นในพืช คือ โปรโตเพกติน (Protopectin) ซึ่งจะพบมากในผักและผลไม้ โดยเฉพาะในผลไม้ดิบ (นิธิยา, 2545)สารเพกติกแบ่งออกได้หลายประเภทดังนี้

1. กาแลคทูโรแนน (galacturonans) ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของกรดกาแลคทูโรนิก

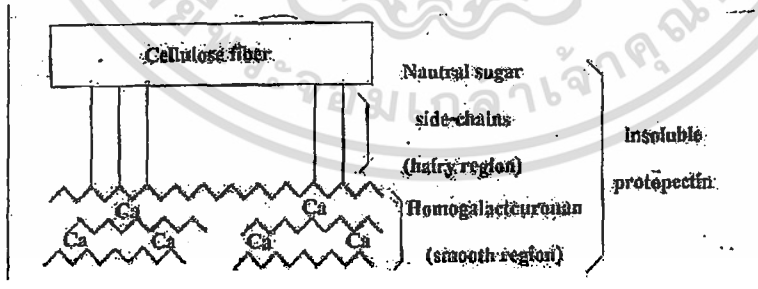
2. แรมโนกาแลคทูโรแนน (rhamnogalacturonans) เป็นโพลิเมอร์ผสมระหว่าง แรมโนส (rhamnose) และกาแลคทูโรนิก (galacturonic)

3. อะราบิแนน (arsbinans) เป็นโพลิเมอร์ของอะราบิโนส (arabinose)

4. กาแลคแทน (galactans) เป็นโพลิเมอร์ของกาแลคโตส (galactose)

5. อะบิโนกาแลคแทน (arabinogalactanns) เป็นโพลิเมอร์ผสมของอะราบิโนสและกาเลคโตส

6. เพกติน (pectin) เป็นสารประกอบโพลิเมอร์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่โครงสร้างประกอบด้วย กรดกาแลคทูโรนิค (galacturonic acid) และเมทิลเอสเทอร์ (methylester) โดยกรดกาแลคทูโรนิค จะถูกเอสเทอร์ริไฟด์ที่หมู่คาร์บอกซิลโดยจะเกิดเป็นเอสเทอร์กับเมทธิลแอลกอฮอล์ในปริมาณต่าง ๆ กัน กรดกาแลคทูโรนิกที่ไม่ได้ถูกแอสเทอร์ริไฟด์ ด้วยหมู่เมทธิล จะเชื่อมต่อกับกาแลคทูโรนิค ที่ถูกเอสเทอร์ริไฟด์ด้วยหมู่เมทธิลด้วยพันธะ $\alpha - 1,4$ ไกลโคซิดิก



ภาพที่1 ลักษณะ โครงสร้างทางเคมีของเพกตินที่ถูกเอสเทอร์ริไฟด์ ด้วยหมู่เมทธิล ไปบางส่วน
ที่มา : Doesburg , 1960

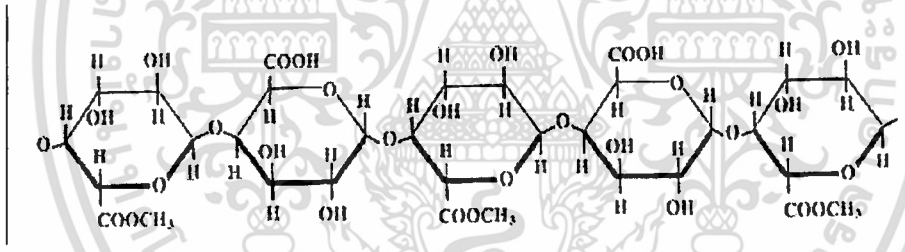
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปเนื้อเยื่อพืชจะประกอบด้วยกลุ่มสารเพกตินต่อไปนี้

1. โปรโตเพกติน (protopectin) เป็นสารตั้งต้นของเพกตินที่ไม่ละลายน้ำ มักพบรวมอยู่กับเซลลูโลส ส่วนใหญ่อยู่ในผลไม้ดิบ จะเปลี่ยนเป็นเพกตินโดยเอนไซม์ โปรโตเพกติเนส ซึ่งย่อยสลายเพกตินจากสารที่ไม่ละลายน้ำ กลายเป็นเพกตินซึ่งเป็นสารที่ละลายน้ำได้

2. กรดเพกตินิก (pectinic acid) เป็นเพกตินที่ละลายน้ำได้ ภายในโมเลกุลประกอบด้วยกรดโพลีกาแลคทูโรนิก ที่มีกลุ่มคาร์บอกซิลที่ถูกเอสเทอริไฟด์ด้วยกลุ่มเมทธิลไปบางส่วน เกิดเป็นเมทธิลเอสเทอร์

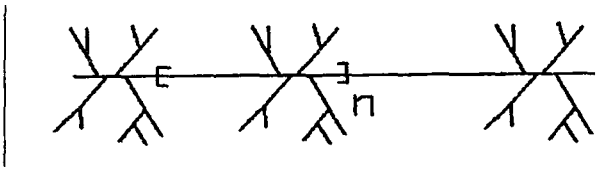
3. เพกติน (pectin) หรืออาจเรียกว่า กรดเพกตินิก (pectinic) เนื่องจากเพกติน ก็คือกรดเพกตินิกที่ละลายน้ำได้ โดยมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนเมทธิลเอสเทอร์ โดยมีกลุ่มคาร์บอกซิล (carboxyl group) ประมาณ 75 % ถูกเอสเทอร์ริไฟด์ด้วยเมทานอลเมื่อทำให้เป็นกลางในโมเลกุลจะมีปริมาณเอสเทอร์ต่าง ๆ กันขึ้นกับแหล่งที่เกิด และวิธีการสกัดเพกตินสามารถเกิดเจลกับน้ำตาลและกรดภายใต้สภาวะที่เหมาะสม พบมากในช่วงที่ผลไม้กำลังจะสุกงอม เกิดจากเอนไซม์โปรโตเพกติเนส เปลี่ยนโปรโตเพกตินไปเป็นเพคติน แล้วถ้าต้มผลไม้ในสารละลายกรด โปรโตเพกตินจะเปลี่ยนเพกตินได้เช่นกัน



ภาพที่ 2 โครงสร้างของโปรโตเพกตินในพืช
ที่มา : Nadamura , 1995

จากภาพจะเป็นโครงสร้างของโปรโตเพกตินในพืช ซึ่งส่วนที่ทำการยึดเกาะระหว่างผนังเซลล์พืช คือ โซ่แขนงของน้ำตาลต่าง ๆ ได้แก่ อะราบิโนส แรมโนส หรือเรียกว่า hary region โปรโตเพกตินจะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ดังนั้นในการสกัดเพกติน จะต้องทำการไฮโดรไลท์ส่วนของ hairy region โดยการใช้กรด ความร้อน หรือเอนไซม์ โปรโตเพกติเนส ให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 โครงสร้างของเพกติน

ที่มา : Nadamura , 1995

จากภาพแสดงถึงโครงสร้างของเพกติน ที่มีสายโพลิเมอร์ของน้ำตาลแรมโนสและกรดกาแลคทูโรนิก เป็นสายหลัก ซึ่งโครงสร้างจะเป็นเส้นตรง และมีสายโซ่แขนงเป็นน้ำตาลต่าง ๆ (neutral sugar side chain) ซึ่งในผลไม้แต่ละชนิดจะมีปริมาณเพกตินแตกต่างกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณเพกตินในผลไม้ต่าง ๆ

ผลไม้	เปอร์เซ็นต์เพกติน (น.น/น.น.)
แอปเปิ้ล	0.5 - 1.6
กากแอปเปิ้ล	1.5 - 2.5
กล้วย	0.7 - 1.2
หัวบีท	1
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
สัปปะรด	0.04 - 0.13
สตรอเบอรี่	0.6 - 0.7
มะขาม	1.71
มะเขือเทศ	0.2 - 0.6

ที่ มา: ปิยะนุช, 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ปริมาณเพกตินในเนื้อเยื่อพืชต่าง ๆ

ชนิดของพืช	เปอร์เซ็นต์เพกติน
มันฝรั่ง	2.3
มะเขือเทศ	3.0
แอปเปิ้ล	5.0 - 7.0
แครอท	7.0 - 10.0
กากแอปเปิ้ล	15 - 18
Sugar beet pulp	25 - 30
เปลือกส้ม	30.0 - 40.0
เลมอน	30.0 - 35.0
เกรฟฟรุต	1.6 - 4.5

ที่มา: นิธิยา , 2545

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพกติน (ประสิทธิ์, 2527)

1. ชนิดของผลไม้ ผลไม้ต่างชนิดกันจะมีปริมาณและคุณภาพของเพกตินที่ต่างกัน จากการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณเพกตินในผลไม้พื้นเมืองของไทยบางชนิดในรูปของแคลเซียมเพคเตท โดยเทียบน้ำหนักสด พบว่ามะนาวมีเพกติน 2.46 %, มะเฟือง 1.61 %, ตะลิงปลิง 1.14 %, มะดัน 0.22 %, ส่วนฝรั่งมีเพกติน 0.17 %

2. ความแก่อ่อนของผลไม้ ความแก่อ่อนของผลไม้มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพกติน พบเพกตินในผลไม้ดิบจะมีอยู่ในรูปของสารโปรโตเพกติน เมื่อสุกแล้วจะมีเอนไซม์โปรโตเพกติเนส ซึ่งสามารถไฮโดรไลท์โปรโตเพกตินจากสารไม่ละลายน้ำ กลายเป็นเพกตินซึ่งสามารถละลายน้ำได้ แต่ถ้าผลไม้สุกเพกตินจะถูกไฮโดรไลท์ด้วยเอนไซม์เพกตินเอสเทอเรสได้กรดเพกติน ซึ่งเป็น Colloidal Polygalacturonic Acid ที่ไม่มีเมทธิลเอสเทอร์ในโมเลกุลและกรดเพกตินนี้ไม่สามารถเกิดเจลได้ในทุกสภาวะ

3. พันธุ์ของผลไม้ จากการศึกษา พบว่า ผลไม้ชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กัน ปริมาณของเพกตินที่มีอยู่จะต่างกันด้วย (Eitnary, 1975)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เพกติน ในส่วนต่าง ๆ ของผลไม้มีไม่เท่ากัน เช่น เปลือกจำปาดะ มี ปริมาณเพกติน 11.59 % ส่วนซังของจำปาดะมีเพกติน 12.54 % และส่วนแกนของจำปาดะมีเพกติน 8.57 % โดยน้ำหนักแห้ง (วาสนา, 2534)

5. กรรมวิธีการสกัด การตกตะกอนและทำให้บริสุทธิ์ มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพกติน พบว่า ในการตกตะกอนเพกตินด้วยเกลืออลูมิเนียมเพคติเนต ถ้าใช้อลูมิเนียมคลอไรด์ในการตกตะกอนแล้ว เพคตินที่ได้จะมีคุณสมบัติดีกว่าการตกตะกอนเพกตินด้วยอลูมิเนียมซัลเฟต หรือการใช้สารส้ม Setty พบว่า ปริมาณเพกตินที่ได้จากการตกตะกอนด้วยแอลกอฮอล์จะสูงกว่าปริมาณเพกตินที่ได้จากการตกตะกอนด้วยอลูมิเนียมคลอไรด์ นอกจากนี้เพกตินที่ได้จากการ ตกตะกอนด้วยอลูมิเนียมคลอไรด์ มักจะมีกลุ่มเมทธิลไม่เกิน 78 % ด้วย (วาสนา, 2534)

ประโยชน์ของเพกตินในอุตสาหกรรมอาหาร

1. แยมและเยลลี่ เพกตินที่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ ส่วนใหญ่จะเป็นเพกตินที่มีหมู่เมทธอกซิลสูงมากกว่า เพกตินที่มีหมู่เมทธอกซิลต่ำ โดยใช้ เพกตินที่มีหมู่เมทธอกซิลสูง เป็นส่วนประกอบประมาณ 0.3-0.5 % โดยที่ระบบต้องมีปริมาณของแข็งละลายอยู่ประมาณ 65 % มีพีเอชเท่ากับ 2.9-3.2 ลักษณะของแยมที่มีส่วนประกอบของเนื้อผลไม้ผสมอยู่ คือ เนื้อผลไม้เหล่านั้นจะต้องกระจายตัวอยู่อย่างสม่ำเสมอ ไม่แขวนลอยอยู่ด้านบนหรือตกตะกอนนอนก้นอยู่ด้านล่าง ซึ่งการเกิดเจลต้องเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยการใช้เพกตินที่มีค่าระดับเอสเทอริฟิเคชั่นตั้งแต่ 75 % ขึ้นไป

2. การผลิตโยเกิร์ต เพกตินที่มีหมู่เมทธอกซิลต่ำถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมของการเตรียมผลไม้ที่จะใช้ในการทำโยเกิร์ต เพื่อป้องกันการลอยตัวและการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอของเนื้อผลไม้ใน stir yoghurt ทำให้เนื้อผลไม้และชั้นของโยเกิร์ตผสมกันได้ดีขึ้น

3. เครื่องดื่ม โดยทั่วไปจะมีปริมาณน้ำตาลอยู่ประมาณ 10-15 % ซึ่งน้ำตาลเหล่านั้นนอกจากเป็นสารให้ความหวานแล้วยังให้ความรู้สึกบางอย่างในปาก สิ่งที่ทำให้เกิดความรู้สึกดังกล่าวนั้นคือความหนืด ในการผลิตเครื่องดื่มพลังงานต่ำต้องมีการลดปริมาณน้ำตาลลงและใส่สารเพกตินที่มีหมู่เมทธอกซิลสูง ประมาณ 0.05-0.1 % เติมลงไป

4. การถนอมอาหาร ใช้สำหรับอาหารที่ไม่มีการเติมน้ำตาลเพื่อให้ความหวานนอกจากน้ำผลไม้ ซึ่งเป็นผลทำให้อาหารนั้นมีปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่น้อย ซึ่งมีผลต่อ Aw ในอาหารนั้น ถ้ามีของแข็งแขวนลอยอยู่น้อยจะทำให้อาหารนั้นมีค่า Aw มากขึ้น โอกาสที่จุลินทรีย์จะเจริญก็มีมาก ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาอาหารให้ได้นานขึ้น จะอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 55-62 % การเติมเพกตินที่มีหมู่เมทธอกซิลต่ำ ลงไปจะเป็นการเพิ่มปริมาณของแข็งแขวนลอยให้กับอาหารนั้น

กรรมวิธีการผลิตทางการค้า

อาจผลิตได้จากส้ม มะนาว แอปเปิ้ล หรือผลไม้อื่น ๆ โดยสกัดจากส่วนเปลือก แกน หรือเนื้อเยื่อ ผลไม้ดิบมีปริมาณเพกติน สูงกว่าผลไม้สุก อาจสกัดออกมาในรูปของ เพกตินผง หรือสารละลายเพกติน วิธีการสกัดเพกตินมีดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ ประกอบด้วยการล้างเอาสิ่งสกปรกหรือยาฆ่าแมลงออก กลั่นเอาน้ำมันหอมระเหยออกในกรณีของเปลือกส้ม หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ถ้าไม่สกัดทันทีต้องทำการอบแห้งให้มีความชื้นราว 6 – 8 % เพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ จากนั้นสกัดสารที่ไม่ต้องการออก เช่น น้ำตาล กรด สี และของแข็งที่ละลายอื่น ๆ อาจทำได้ด้วยการชะด้วยน้ำเย็นแอลกอฮอล์เจือจาง กรดเจือจาง เป็นต้น

2. การทำให้เพกตินอยู่ในรูปที่ละลายน้ำ ส่วนใหญ่ของเพกตินในผลไม้อยู่ในรูปของโปรโตเพกตินที่ไม่ละลาย จึงอาจใช้กรดอินทรีย์ทำให้เพกตินอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ เช่น ใช้กรดกำมะถัน กรดเกลือ กรดซัลฟูริก กรดฟอสฟอริก กรดซิตริก กรดแลคติค กรดทาร์ทาร์ลิค เป็นต้น โดยใช้สารละลายต้มสกัด ที่อุณหภูมิสูงหลายครั้ง ๆ

นอกจากนี้ยังมีการใช้สารที่มีคุณสมบัติในการจับอิออนโลหะพวกแคลเซียม หรือแมกนีเซียมร่วมในขั้นตอนการสกัดด้วย เช่น แอมโมเนียมออกซาเลต (Ammonium Oxalate) โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Cabonate) โซเดียมฟอสเฟส (Sodium Phosphate) โซเดียมอีดีทีเอ (Sodium – EDTA) โซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟต (Sodium hexa – meta – phosphat) โซเดียมเตตระฟอสเฟต (Sodium tetra – phosphate) พบว่าจะช่วยให้การสกัดเพกตินได้มากขึ้น และสามารถลดเวลาที่ใช้ในการสกัด โดยสารเหล่านี้ป้องกันไม่ให้อิออนของแคลเซียม และ แมกนีเซียมที่อยู่ในน้ำที่ใช้สกัด รวมตัวกับสารเพกตินในเซลล์พืช และเกิดเป็นเกลือเพกเตต ที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งไม่สามารถทำให้สกัดออกมาได้

วิธีการสกัดสารเพกติน

การสกัด เป็นกระบวนการที่ใช้ในการแยกสารที่ต้องการออกจากของผสม หรือสารละลาย โดยใช้ตัวทำละลายและวิธีการที่เหมาะสม การสกัดเพกตินจากผลกระเจี๊ยบมอญ เป็นการสกัดของแข็งด้วยของเหลว

ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

2. ตัวทำละลาย (Solvent) ตัวทำละลายที่ดีควรมี Polality ที่เหมาะสมกับตัวถูกละลาย และมีความหนืดต่ำ เพื่อให้มีการไหลเวียนที่ดี โดยทั่ว ๆ ไปจะใช้ตัวทำละลายที่บริสุทธิ์ในการสกัดตอนเริ่มต้นนั้น ตัวทำละลายที่บริสุทธิ์จะไม่มีตัวถูกละลายอยู่เลย เมื่อเวลาในการสกัดมากขึ้น ความเข้มข้นของตัวถูกละลายในตัวทำละลายจะเพิ่มขึ้นด้วย จนกระทั่งผลต่างของความเข้มข้นของตัวถูกละลายในตัวทำละลายและในอนุภาคของกระเจี๊ยบมอญที่นำมาสกัดน้อยลง ตัวถูกละลายจะถูกสกัดได้น้อยลง ปัจจัยในการเลือกตัวทำละลายเพื่อสกัดเพกตินจากพืช คือ

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

3. อุณหภูมิของตัวทำละลาย (Temperature of Solvent) เมื่ออุณหภูมิสูงมากขึ้น จะทำให้ปริมาณการสกัดสูงขึ้นด้วย เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายจะเพิ่มมากขึ้น แต่ในการสกัดเพกติน จะไม่ใช้อุณหภูมิสูงมากนัก เพราะทำให้เพกตินสลายตัวได้บางส่วน จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้อุณหภูมิสูง ๆ

4. เวลาในการสกัด เวลามีผลในการสกัด ถ้าเวลาในการสกัดน้อย สารที่ต้องการสกัดก็ถูกสกัดออกมาน้อย ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้เวลาในการสกัดให้เหมาะสมเพื่อให้สกัดสารที่ต้องการให้ได้มากที่สุด

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

การสกัดเพกตินจากกากแอปเปิ้ล (ประสิทธิ์, 2527)

นำเนื้อแอปเปิ้ลแห้งมาล้างด้วยน้ำเย็นเพื่อลดกรดและชะเอาน้ำตาลออก นำเนื้อผลไม้มาต้มในน้ำที่เติมด้วยกรดเจือจาง 0. 1 % อาจเป็นกรดทาร์ทาร์ลิก กรดซิตริก กรดเกลือ หรือ กรดซัลฟู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ริก เป็นเวลา 30 – 40 นาที บีบน้ำออกแล้วทิ้งให้เย็นลง อาจเติมเอนไซม์ ไดเอสเตส เพื่อย่อยสลายแป้ง เพื่อป้องกันการขุ่นจากแป้งเมื่อนำเพกตินไปทำเยลลี่ นำสารละลายที่ไม่ได้กรอง แล้วนำมาตกตะกอนด้วยเอทธิลหรือโปรปิลแอลกอฮอล์ หรือนำมาทำให้ระเหยจนได้สารละลายเพกตินที่มีความเข้มข้นสูง บรรจุในภาชนะและทำการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วเก็บไว้ใช้ต่อไป

การสกัดเพกตินจากเปลือกส้มหรือมะนาว

หลังจากสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มแล้ว นำเปลือกส้มมาผสมกับน้ำ เติมกรดซัลฟูริก ให้มีความเป็นกรดด่าง 1.8 – 2.7 แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที กรองแยกเอาเปลือกส้มขณะร้อน นำเปลือกส้มไปสกัดอีกครั้ง รวมสารละลายทั้งหมดเข้าด้วยกัน แล้วนำไปกรองด้วยเครื่องกรองที่มีการผสมของสารช่วยกรอง จากนั้นทำให้สารละลายเย็นลงถึง 30 องศาเซลเซียส แล้วสูบต่อไปยังถังตกตะกอน มีการเติมอลูมิเนียมคลอไรด์ และปรับพีเอชของสารละลายด้วยโซเดียมคาร์บอเนตให้ได้ ค่า พีเอช 3.8 – 4.2 อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์จะเริ่มตกตะกอน นำไปแยกตะกอนด้วยเครื่องเหวี่ยง แยกของเหลวทิ้งไป แล้วนำตะกอนมาบีบน้ำออก นำไปผสมกับโปรปิลแอลกอฮอล์ ที่เติมด้วยกรดเกลือเพื่อล้างตะกอน ล้างตะกอนที่แยกออกมาอีกครั้ง โปรปิลแอลกอฮอล์ที่เติมด้วยกรดเกลือเพื่อล้างตะกอน ล้างตะกอนที่แยกออกมาอีกครั้งด้วยสารละลายที่ประกอบด้วยแอลกอฮอล์ : กรดเกลือ : น้ำ เท่ากับ 55:6.5:38.5 ซึ่งมีพีเอช เท่ากับ 1 (กรดที่เติมลงไปจะชะเอาเกลืออลูมิเนียมและโซเดียมออกไป แอลกอฮอล์จะป้องกันการละลายของเพกติน แล้วจึงกรองเอาตะกอน เพกตินมา ในการผลิตเพกตินชนิดที่เซทตัวช้า จะนำเอาตะกอนไปต้มด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ที่เติมด้วยกรดที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-20 ชั่วโมง

ถ้าผลิตเพกตินที่เซตตัวเร็ว ก็จะล้างตะกอนด้วยแอลกอฮอล์ 60 % ต่อด้วยการล้างด้วยแอลกอฮอล์ 70 % และกรดเกลือเข้มข้น 9% พีเอช 0.5-0.6 ตามลำดับ เพกตินทั้งสองชนิดจะนำมาผ่านขั้นตอนต่อไปที่เหมือนกัน คือ การล้างด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ 75 % ที่เติมด้วยแอมโมเนียที่มากพอที่จะสะเทินกับกรดเกลือที่หลงเหลืออยู่ ปรับพีเอชให้อยู่ในช่วง 3.6 - 4.2 ซึ่งเป็นพีเอชที่เพกตินมีความคงตัวที่สุด แยกเอาตะกอนมาล้างด้วยแอลกอฮอล์อีกครั้งเพื่อกำจัดแอมโมเนียคลอไรด์ออกจนหมด เพกตินที่ได้จะมีความชื้นประมาณ 60 % นำไปอบให้แห้ง ให้มีความชื้นเหลือ 7-10 % นำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช

วิธีการสกัดเพกตินสามารถสกัดได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้

1. การสกัดเพกตินด้วย 60 % เอทานอล (วราภรณ์ , 2538)

จากการศึกษาผลการสกัดเพกตินด้วย 60 % เอทานอล โดยมีวิธีการสกัดดังนี้ ตรวจ pH น้ำผัก ผลไม้ ปรับ pH 4.5 ด้วย 0.1 N กรดซิตริก เพื่อรักษาสภาพน้ำผลไม้ไม่ให้บูด แต่น้ำผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19766

ส่วนใหญ่นี้ pH 3-4.5 ตวงน้ำผลไม้ 250 มล. ใส่บีกเกอร์ทนความร้อนนำไปอบระเหยไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส น้ำจะระเหยไปวันละ 50 มล. จนเหลือน้ำผลไม้เข้มข้นค่อนข้างเหนียว 25 มล. ตวง 60 % เอทานอล ซึ่งเตรียมจาก 75 % เอทานอล ใส่ลงในบีกเกอร์น้ำผลไม้เข้มข้นในสัดส่วน 1:1 แช่ไว้ 30 นาที จะสังเกตเห็นตะกอนวุ้นหรือตะกอนผง ถ้าเป็นวุ้นเหนียวกรองด้วยผ้าไนลอน ถ้าเป็นวุ้นใสหรือผงกรองด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 4 ล้างด้วย 75 % เอทานอล 2 ครั้ง และ 95 % เอทานอล 1 ครั้ง ตะกอนวุ้นจะแห้งและไม่มีน้ำ นำจานแก้วมาบุกระดาษฟอยล์วางตะกอนลงในจานอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-8 ชั่วโมง เมื่อแห้งดีแล้วบดให้ละเอียด ร่อนด้วยตะแกรงขนาด 80 เมช ได้ผงละเอียดนำไปอบแห้งสนิท ชั่งสารสกัดด้วยตาชั่งแบบละเอียด แล้วเก็บใส่ซองไว้ตรวจคุณสมบัติต่อไป

จากการสกัดด้วย 60 % เอทานอล จะได้ตะกอนเป็นวุ้น ทำให้อธิบายคุณภาพของเพกตินในผลไม้ได้ว่าเป็นเพกตินที่ดี เพราะเพกตินเมื่อรวมตัวกับน้ำจะได้วุ้น

2. การสกัดเพกตินด้วย 1 N แคลเซียมคลอไรด์ (วราภรณ์ , 2538)

วัด pH น้ำผลไม้แต่ละชนิดแล้วปรับ pH ด้วย 6 M โซเดียมไฮดรอกไซด์ เจือจางน้ำผลไม้ให้เป็น 75 % ด้วย 0.1 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้น้ำผลไม้ 250 มล. เติม 0.1 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ 80 มล. เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 18-20 ชม. (1 คืน) ถ้าน้ำผลไม้มีเพกตินจะสังเกตเห็นสารแขวนลอยเล็ก ๆ อยู่ในฟลาสก์ เติม 1 N กรดซิตริก 40 มล. เขย่า เหวี่ยงฟลาสก์เป็นวงกลม 2-3 รอบ เมื่อสารละลายเข้ากันจะสังเกตเห็นสารแขวนลอยขนาดใหญ่ขึ้น ทิ้งไว้ 5 นาที สารละลายนี้มี pH 4.0 เติม 1 N แคลเซียมคลอไรด์ 40 มล. เขย่า เหวี่ยงฟลาสก์เป็นวงกลม 2-3 รอบ จะสังเกตเห็นวุ้นหมุนวนอยู่ภายในฟลาสก์ ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำสารละลายไปต้ม 2-3 นามี สังเกตตะกอนจะแยกชั้นออกจากสารละลาย แล้วนำไปกรองตะกอนออกด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 ล้างตะกอนซึ่งค้างอยู่บนกระดาษกรองด้วยน้ำเดือด ล้างจนหมดคลอไรด์ ซึ่งตรวจน้ำทิ้งด้วย 0.1 N ซิลเวอร์ไนเตรต ใช้น้ำเดือดล้างประมาณ 500 มล. นำตะกอนไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 2-6 ชม. ขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของตะกอน เมื่อตะกอนแห้งสนิทบดละเอียด ร่อนด้วยตะแกรงขนาด 80 เมช ได้ผงละเอียดนำไปอบแห้งสนิท ชั่งสารสกัดด้วยตาชั่งแบบละเอียด แล้วเก็บใส่ซองไว้ตรวจคุณสมบัติต่อไป

3. การสกัดเพกตินด้วยแคลเซียมเพกเตต

การสกัดเพกตินด้วยแคลเซียมเพกเตต มีวิธีการสกัดดังนี้คือ นำตัวอย่างที่ต้องการสกัดเพกตินมาปั่นและให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80-85 ° C รวมกับสารละลาย 0.05 N HCl กรองเอาส่วนที่เป็นสารละลายมาปรับปริมาตรแล้วเติมสารละลาย 1 N NaOH โดยใช้ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ พักไว้เป็นเวลา 12 ชั่วโมงแล้วเติม 1N Acetic acid และ1 N $CaCl_2$ และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

90° Cเป็นเวลา 2-3 นาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้กรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศแล้วนำตะกอนที่ได้อบที่อุณหภูมิ 60 ° Cเป็นเวลา 12 ชั่วโมงหรือจนกว่าตะกอนแห้งสนิทแล้วจึงนำตะกอนมาบดละเอียดเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆต่อไป

จากการศึกษา วิธีการสกัดเพกตินในผักผลไม้จากงานวิจัยของประสิทธิ์ (2527) งานวิจัยของ วราภรณ์ (2538)และRanganna (1997) ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยของทั้ง 3 ท่าน พบว่างานวิจัยของวราภรณ์และ Ranganna (1997) มีวิธีการสกัดใกล้เคียงกันจึงเลือกวิธีการสกัดเพกตินจากวัตถุดิบโดยการใช้แคลเซียมเพกเตตในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มทั้งสามชนิด เนื่องจากวิธีการนี้เมื่อสกัด เพกตินแล้วจะได้เพกตินในรูปของตะกอนผงและวิธีการสกัดไม่ซับซ้อนมากนัก จากการศึกษางานวิจัยของวราภรณ์ (2538) พบว่า วิธีการสกัดเพกตินด้วย 60 % เอทานอลจะได้ตะกอนเป็นวุ้น ทำให้อธิบายคุณภาพของเพกตินในผลไม้ไม่ได้ว่าเป็นเพกตินที่ดีเพราะเพกตินเมื่อรวมตัวกับน้ำจะได้วุ้น ส่วนการสกัดด้วย 1 N แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ได้ตะกอนเป็นผงละเอียดมีสีตามชนิดของวัตถุดิบ และสามารถเก็บตะกอนไว้ได้แต่วิธีการสกัดค่อนข้างซับซ้อนกว่าวิธีการสกัดของ Ranganna (1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวแป้น 1 กิโลกรัม

3.1.2 เปลือกส้มเขียวหวาน 1 กิโลกรัม

3.1.3 เปลือกส้มสายน้ำผึ้ง 1 กิโลกรัม

3.2 สารเคมี

3.2.1 0.05 N กรดไฮโดรคลอริก

3.2.2 1 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ บริษัท CARLO ERBA REAGENIT Code No. 480507

3.2.3 1 N แคลเซียมคลอไรด์ บริษัท MERCK Lot. No. TA 1165382 231

3.2.4 1% ซิลเวอร์ไนเตรท บริษัท CARLO ERBA REAGENIT Code No. 423954

3.2.5 1 N กรดอะซิติก

3.2.6 ฟีนอฟทาลีน

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 เครื่องแก้วสำหรับใช้ในการทดลอง

3.3.2 Buchner funnel

3.3.3 Sucction flask

3.3.4 กระดาษกรองเบอร์ 4

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและตรวจวิเคราะห์

3.4.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.4.2 ตู้อบลมร้อน

3.4.3 อ่างควบคุมอุณหภูมิ

3.4.4 โถดูดความชื้น

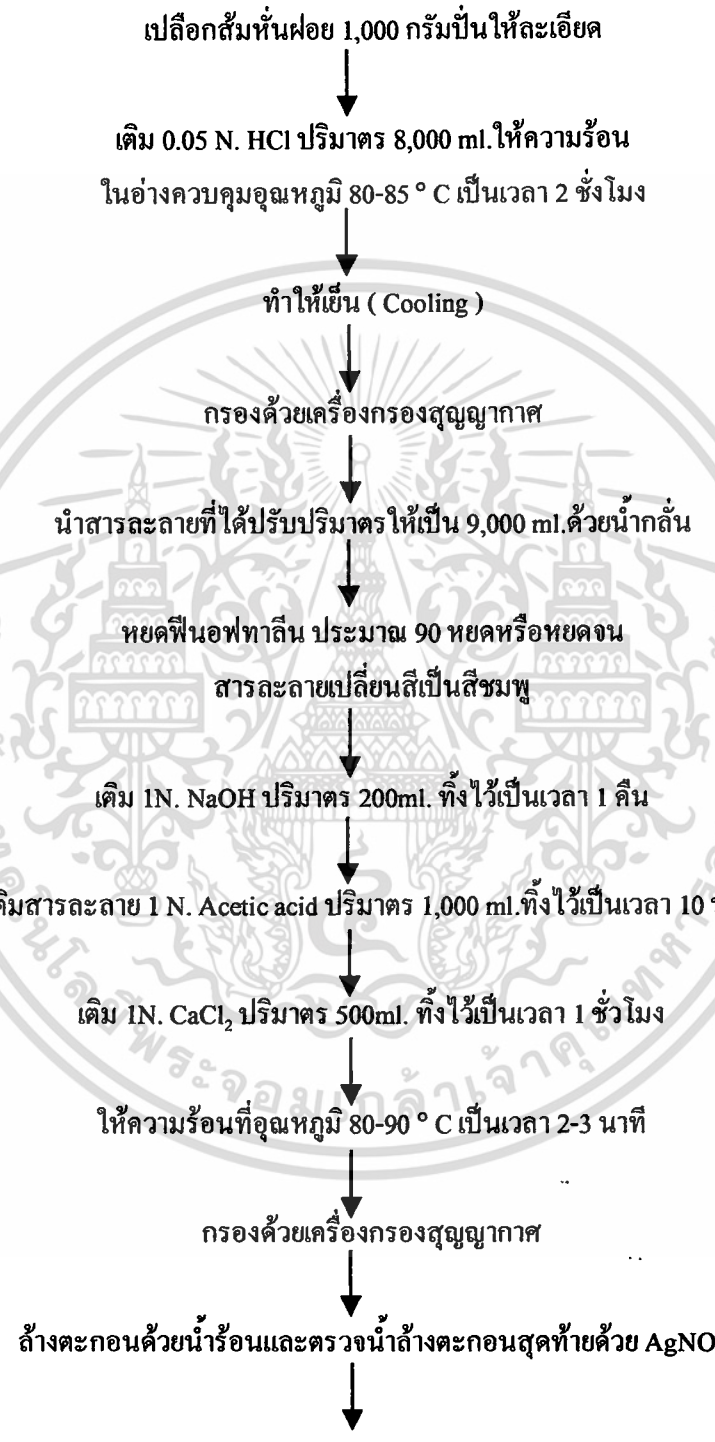
3.4.5 เครื่องปั่นชนิดปั่นน้ำ

3.4.6 pH meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วิธีการสกัดเพกติน

3.5.1 วิธีการสกัดเพกตินจากเปลือกส้มทั้ง 3 ชนิด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำตะกอนที่ได้อบที่อุณหภูมิ 60-65 °C เป็นเวลา 12 –14 ชั่วโมง

นำตะกอนที่อบแห้งแล้วมาบดละเอียด

ภาพที่4 วิธีการสกัดเพกตินจากเปลือกส้ม 3 ชนิดคือ เปลือกส้มเขียวหวาน ส้มสายน้ำผึ้งและส้มโอ
ที่มา : Ranganna, 1997

3.6 วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณเพกตินในวัตถุดิบ

3.6.1 วิเคราะห์หา % yield

3.6.2 วิเคราะห์หาความชื้น

3.6.3 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

โดยนำค่าที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ โดยเปรียบเทียบ Mean ความแตกต่างของปริมาณเพกตินในเปลือกส้ม 3 ชนิด ด้วย DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลอง

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณเพกตินจากเปลือกส้ม 3 ชนิด โดยน้ำหนักแห้ง

ค่าทางสถิติ	ส้มสายน้ำผึ้ง (T1)(%)	ส้มโอ (T2) (%)	ส้มเขียวหวาน (T3)(%)
% เพกติน	29.6a	33.3b	32b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

จากการสกัดเพกตินด้วยสารละลาย 1 N แคลเซียมคลอไรด์ พบว่าปริมาณเพกของส้มโอและส้มเขียวหวานไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะมีความแตกต่างกับส้มสายน้ำผึ้งอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื้อมั่น 95 %

วิจารณ์ผลการทดลอง

จะเห็นได้ว่าส้มโอและส้มเขียวหวานจะมีปริมาณเพกตินไม่แตกต่างกัน ในทางอุตสาหกรรมการสกัดเพกตินควรจะใช้เปลือกส้มโอ เหตุผลเพราะว่ามีปริมาณเปลือกต่อหนึ่งผลมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

36613

เอกสารอ้างอิง

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. มปป. **ผักและผลไม้.** ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยี การเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพ ฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. **เคมีอาหาร.** สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 181 –185.

ประสิทธิ์ อติวีรกุล. 2527. **เทคโนโลยีผักและผลไม้** . มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา. หน้า 147-167 .

ปิยะนุช เอกฉัตร. 2541. **เพคตินและการนำไปใช้ประโยชน์.** ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพ ฯ. หน้า 1-17.

เปรมปรี ณ.สงขลา. มปป. **ทำสวนส้มมืออาชีพ.ส้มเขียวหวาน.** สำนักพิมพ์มติชน. กรุงเทพฯ. หน้า 9 – 11.

พานิชย์ ยศปัญญา. 2545. **ส้มโอไม้ผลอมตะ.** สำนักพิมพ์มติชน. กรุงเทพฯ. 136 น.

วราภรณ์ ชัยโอภาส. 2538. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** ปีที่ 10. ฉบับที่ 2 พ.ค.-ส.ค. 2538. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. พิมพ์ที่ หจก. พรีเมีย เม ออฟเซท หน้า 43 – 45.

วาสนา อ่อนหวาน. 2534. **การศึกษาจลนศาสตร์ในการสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรส.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 149 หน้า.

วิจิตร วังใน.2526.**ชนิดและพันธุ์ไม้ผลเมืองไทย.ส้มโอ**.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. หน้า 27-29.

Doesburg,J.J., 1960. **Pectin Substances In Fresh and Preserve Fruits and Vegetable**. New York. Institute for Research on storage and Processing of Horiticultural 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.

Ranganna,S.1997.**Manual of Analysis of fruit and vegetable products**.Tata Mc Graw – Hill Publishing Company Limited . New Delhi.21-54.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตารางที่ 4 น้ำหนักเพกตินที่สกัดได้ จากเปลือกส้ม 3 ชนิด ชนิดละ 1000 กรัม จากเปลือกส้มสด

ซ้ำที่	ส้มสายน้ำผึ้ง (T1) (g)	ส้มโอ (T2) (g)	ส้มเขียวหวาน (T3) (g)
1	63.94	66.42	80.27
2	64.1	65.2	79.96
3	63.89	65.97	80.26

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตที่ได้ คิดจาก 1000 กรัมของเปลือกส้มสด

ซ้ำที่	ส้มสายน้ำผึ้ง (T1) (%)	ส้มโอ (T2) (%)	ส้มเขียวหวาน (T3) (%)
1	6.39	6.64	8.03
2	6.41	6.52	8
3	6.39	6.6	8.03

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกส้ม

ซ้ำที่	ส้มสายน้ำผึ้ง (T1) (%)	ส้มโอ (T2) (%)	ส้มเขียวหวาน (T3) (%)
1	71	68.6	68.3
2	69	67.3	67.3
3	71	65.6	68

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ของเพกตินที่สกัดได้จากเปลือกส้ม 3 ชนิด

ซ้ำที่	ส้มสายน้ำผึ้ง (T1) (%)	ส้มโอ (T2) (%)	ส้มเขียวหวาน (T3) (%)
1	29	32	32
2	31	33	32
3	29	35	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการคำณวนเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง

1. ส้มสายน้ำผึ้ง

ซ้ำที่ 1 จากเปลือกส้มสดหนัก 100 กรัม ผลผลิตที่ได้ 6.39 กรัม

ความชื้นเปลือก จาก 100 กรัม ได้ 71 กรัม

จะมีของแห้งเท่ากับ 29 กรัม

ถ้าเปลือกแห้ง 29 กรัม ได้เพกติน 6.39 กรัม

แล้ว 100 กรัม ได้เท่ากับ (6.39 x 100)/29 = 22.03 กรัม ประมาณ 22 กรัม

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง = (6.39 x 100)/22 = 29.04 % ประมาณ 29 เปอร์เซ็นต์

ซ้ำที่ 2 จากเปลือกส้มสดหนัก 100 กรัม ผลผลิตที่ได้ 6.41 กรัม

ความชื้นเปลือก จาก 100 กรัม ได้ 69 กรัม

จะมีของแห้งเท่ากับ 31 กรัม

ถ้าเปลือกแห้ง 31 กรัม ได้เพกติน 6.41 กรัม

แล้ว 100 กรัม ได้เท่ากับ (6.41 x 100)/31 = 20.06 กรัม ประมาณ 21 กรัม

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง = (6.41 x 100)/21 = 30.5 % ประมาณ 31 เปอร์เซ็นต์

ซ้ำที่ 3 จากเปลือกส้มสดหนัก 100 กรัม ผลผลิตที่ได้ 6.39 กรัม

ความชื้นเปลือก จาก 100 กรัม ได้ 71 กรัม

จะมีของแห้งเท่ากับ 29 กรัม

ถ้าเปลือกแห้ง 29 กรัม ได้เพกติน 6.39 กรัม

แล้ว 100 กรัม ได้เท่ากับ (6.39 x 100)/29 = 22.03 กรัม ประมาณ 22 กรัม

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง = (6.39 x 100)/22 = 29.04 % ประมาณ 29 เปอร์เซ็นต์

2. ส้มโอ

ซ้ำที่ 1 จากเปลือกส้มสดหนัก 100 กรัม ผลผลิตที่ได้ 6.64 กรัม

ความชื้นเปลือก จาก 100 กรัม ได้ 68.6 กรัม

จะมีของแห้งเท่ากับ 31.4 กรัม

ถ้าเปลือกแห้ง 31.4 กรัม ได้เพกติน 6.64 กรัม

แล้ว 100 กรัม ได้เท่ากับ (6.64 x 100)/31.4 = 21.14 กรัม ประมาณ 21 กรัม

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง = (6.64 x 100)/21 = 31.6 % ประมาณ 32 เปอร์เซ็นต์

ซ้ำที่ 2 จากเปลือกส้มสดหนัก 100 กรัม ผลผลิตที่ได้ 6.52 กรัม

ความชื้นเปลือก จาก 100 กรัม ได้ 67.3 กรัม

จะมีของแห้งเท่ากับ 32.7 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเปลือกแห้ง 32.7 กรัม ได้เพกติน 6.52 กรัม

แล้ว 100 กรัม ได้เท่ากับ (6.52 x 100)/32.7 = 19.92 กรัม ประมาณ 20 กรัม

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง = (6.52 x 100)/20 = 32.6 % ประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์

ซ้ำที่ 3 จากเปลือกส้มสดหนัก 100 กรัม ผลผลิตที่ได้ 6.60 กรัม

ความชื้นเปลือก จาก 100 กรัม ได้ 65.6 กรัม

จะมีของแห้งเท่ากับ 34.4 กรัม

ถ้าเปลือกแห้ง 34.4 กรัม ได้เพกติน 6.60 กรัม

แล้ว 100 กรัม ได้เท่ากับ (6.60 x 100)/34.4 = 19.18 กรัม ประมาณ 19 กรัม

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง = (6.60 x 100)/19 = 34 % ประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์

3. ส้มเขียวหวาน

ซ้ำที่ 1 จากเปลือกส้มสดหนัก 100 กรัม ผลผลิตที่ได้ 8.03 กรัม

ความชื้นเปลือก จาก 100 กรัม ได้ 68.3 กรัม

จะมีของแห้งเท่ากับ 31.7 กรัม

ถ้าเปลือกแห้ง 31.7 กรัม ได้เพกติน 8.03 กรัม

แล้ว 100 กรัม ได้เท่ากับ (8.03 x 100)/31.7 = 25.3 กรัม ประมาณ 25 กรัม

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง = (8.03 x 100)/25 = 32.1 % ประมาณ 32 เปอร์เซ็นต์

ซ้ำที่ 2 จากเปลือกส้มสดหนัก 100 กรัม ผลผลิตที่ได้ 8.00 กรัม

ความชื้นเปลือก จาก 100 กรัม ได้ 67.3 กรัม

จะมีของแห้งเท่ากับ 32.7 กรัม

ถ้าเปลือกแห้ง 32.7 กรัม ได้เพกติน 8 กรัม

แล้ว 100 กรัม ได้เท่ากับ (8 x 100)/32.7 = 24.5 กรัม ประมาณ 25 กรัม

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง = (8 x 100)/25 = 32 %

ซ้ำที่ 3 จากเปลือกส้มสดหนัก 100 กรัม ผลผลิตที่ได้ 8.03 กรัม

ความชื้นเปลือก จาก 100 กรัม ได้ 68 กรัม

จะมีของแห้งเท่ากับ 32 กรัม

ถ้าเปลือกแห้ง 32 กรัม ได้เพกติน 8.03 กรัม

แล้ว 100 กรัม ได้เท่ากับ (8.03 x 100)/32 = 25.1 กรัม ประมาณ 25 กรัม

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง = (8.03 x 100)/25 = 32.1 % ประมาณ 32 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้