

การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพคตินมาตรฐาน

สารนิพนธ์
ของ
องอาจ เต็ดดวง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
มิถุนายน 2553

การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพคตินมาตรฐาน

สารนิพนธ์
ของ
องอาจ เต็ดดวง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
มิถุนายน 2553
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพคตินมาตรฐาน

บทคัดย่อ
ของ
องอาจ เต็ดดวง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
มิถุนายน 2553

องอาจ เต็ดดวง. (2553) การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพคตินมาตรฐาน.

สารนิพนธ์ กศ.ม.(เคมี). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. ธาจารย์รัตน์ สุขศิริ

เพคตินเป็นสารประกอบประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ที่อยู่ระหว่างผนังเซลล์ของพืชทั่วไป เช่น ส้ม แอปเปิ้ล และฝรั่ง นิยมใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด หรือทำให้อาหารเกิดรูปทรง เช่น ใช้ผสมในแยม เยลลี่ โยเกิร์ต งานวิจัยนี้ได้สกัดเพคตินโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นสารสกัด ใช้เวลาในการสกัด 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส โดยทำการสกัดเพคตินจากชิ้นส่วนต่างๆ (เปลือก เนื้อ และเนื้อใน) ของฝรั่ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กลมสาละ พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์กิมจู ผลการศึกษาพบว่า เพคตินที่สกัดได้จากชิ้นส่วนต่างๆ ของฝรั่งพันธุ์กิมจูมีปริมาณมากที่สุดคือร้อยละ $15.55 \pm 1.08 - 19.44 \pm 0.83$ เพคตินที่สกัดได้จากฝรั่งพันธุ์กลมสาละมีปริมาณรองลงมา คือร้อยละ $8.56 \pm 0.56 - 11.45 \pm 0.24$ และเพคตินที่สกัดได้จากฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองมีปริมาณน้อยที่สุดคือร้อยละ $8.69 \pm 0.29 - 9.92 \pm 0.24$ และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเพคตินที่สกัดได้จากชิ้นส่วนต่างๆ พบว่า เปลือกฝรั่งมีปริมาณเพคตินมากกว่าส่วนอื่นๆ โดยมีปริมาณเพคตินร้อยละ $11.45 \pm 0.24, 9.92 \pm 0.24$ และ 18.43 ± 0.96 ในเปลือกฝรั่งพันธุ์กลมสาละ พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์กิมจู ตามลำดับ

เพคตินที่สกัดได้จากชิ้นส่วนของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองจัดเป็นชนิด High Methoxyl Pectin (HMP) คือมีปริมาณเมทอกซิลมากกว่าร้อยละ 8.16 โดยพบมากที่สุดในเปลือกฝรั่งคือร้อยละ 10.19 ± 0.16 ซึ่งใกล้เคียงกับเพคตินมาตรฐาน ซึ่งมีปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 10.25 ± 0.00 ส่วนเพคตินที่สกัดได้จากชิ้นส่วนของฝรั่งพันธุ์กลมสาละและพันธุ์กิมจู จัดเป็นเพคตินชนิด Low Methoxyl Pectin (LMP) คือมีปริมาณเมทอกซิลน้อยกว่าร้อยละ 8.16 นอกจากนี้ยังพบว่า ชิ้นส่วนต่างๆ ของฝรั่งทั้ง 3 พันธุ์ ส่วนใหญ่มีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกสูงกว่าหรือใกล้เคียงกับเพคตินมาตรฐานที่นำมาศึกษา

COMPARISON OF EXTRACTED PECTIN FROM THREE KINDS OF
GUAVA (*PSIDIUM GUAJAVA L.*) TO STANDARD PECTIN

AN ABSTRACT
BY
ONG-ARD DEDDUANG

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Chemistry
at Srinakharinwirot University
June 2010

Ong-ard Dedduang. (2010). *Comparison of extracted pectin from three kinds of guava (Psidium guajava L.) to standard pectin*. Master' s Project, M.Ed. (Chemistry).
Bangkok : Graduated School, Srinakharinwirot University.
Project Advisor : Assoc. Prof. Dr. Thararat Supasiri.

Pectin is a structural polysaccharide found in the primary cell walls of terrestrial plants such as orange, apple and guava. It is used as a thickening agent or gel forming in jam, gelly or yokurt. In this study, pectin was extracted from various parts of 3 kinds of guava, namely Klom-sali, Pan-sithong and Kim-ju, by using hydrochloric acid for 1 hr at 98 °C. It was found that Kim-ju contained the highest amount of pectin ($15.55\pm 1.08\%$ - $19.44\pm 0.83\%$), Klom-sali contained lesser amount ($8.56\pm 0.56\%$ - $11.45\pm 0.24\%$) while Pan-sithong contained least among the three ($8.69\pm 0.29\%$ - $9.92\pm 0.24\%$). Upon comparison of pectin content from various parts of guava, outer shell contained the highest amount at $11.45\pm 0.24\%$, $9.92\pm 0.24\%$ and $18.43\pm 0.96\%$ in Klom-sali, Pan-sithong and Kim-ju, respectively.

Pectin extracted from Pan-sithong is classified as High Methoxyl Pectin (HMP) with the methoxyl content more than 8.16%. Pectin from outer shell of guava found to have the highest amount of methoxyl group; $10.19\pm 0.16\%$ which is close to the content of standard pectin at $10.25\pm 0.00\%$. While the pectin from various parts of Klom-sali and Kim-ju were classified as Low Methoxyl Pectin (LMP) as methoxyl content less than 8.16%.

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร และคณะกรรมการการสอบ
ได้พิจารณาสารนิพนธ์เรื่อง การเปรียบเทียบเพศติน สกัต์จากฝรั่งสามชนิดกับเพศตินมาตรฐาน ของ
องอาจ เต็ดดวง ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธารรัตน์ สุภศิริ)

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธารรัตน์ สุภศิริ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธารรัตน์ สุภศิริ)

.....กรรมการสอบสารนิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รัดนา สัมพันธ์ชิต)

.....กรรมการสอบสารนิพนธ์
(ดร.วิณา เสียงเพราะ)

อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร มากตุ่น)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2553

ประกาศคุณูปการ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในการให้ความอนุเคราะห์การใช้เครื่องมือ สารเคมี อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในการทดลอง และห้องวิจัย เพื่อให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธารารัตน์ ศุภศิริ ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในงานวิจัย รวมทั้งท่านยังให้การช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย ท่านเป็นที่ปรึกษาที่เพียบพร้อมด้วยความรู้ และความเสียสละต่องาน ดูแลเอาใจใส่ต่อนิสิตทำให้ท่านเป็นที่รักและยกย่องของนิสิตทุกคน

องอาจ เต็ดดวง

สารบัญ

| บทที่ | | หน้า |
|-------|---|------|
| 1 | บทนำ..... | 1 |
| | ภูมิหลัง..... | 1 |
| | โครงสร้างของเพคติน..... | 3 |
| | Degree of esterification (DE)..... | 7 |
| | ประโยชน์ของเพคติน | 8 |
| | ประโยชน์ของเพคตินด้านเภสัชกรรม..... | 10 |
| | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 11 |
| | เพคติน..... | 11 |
| | การเตรียมวัตถุดิบ..... | 11 |
| | การสกัดเพคติน..... | 12 |
| | การหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก..... | 13 |
| | เพคตินที่สกัดได้จากพืชและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 13 |
| | จุดประสงค์ของการวิจัย..... | 17 |
| | ความสำคัญของการวิจัย..... | 17 |
| | แนวทางในการดำเนินการวิจัย..... | 17 |
| | ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย..... | 18 |
| | สถานที่ทำการทดลอง..... | 18 |
| | ขอบเขตของงานวิจัย..... | 18 |
| | นิยามศัพท์เฉพาะ..... | 19 |
| 2 | วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า..... | 20 |
| | การดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล..... | 20 |
| | สารเคมี วัตถุดิบ วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง..... | 20 |
| | การเตรียมตัวอย่าง..... | 21 |
| | การหาปริมาณเพคติน..... | 22 |
| | การหาปริมาณเมทอกซิลในเพคติน..... | 22 |
| | การหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก..... | 23 |
| 3 | ผลการทดลอง..... | 24 |
| | น้ำหนักแห้งของชิ้นส่วนฝรั่ง..... | 24 |
| | ปริมาณเพคตินที่สกัดได้..... | 25 |

สารบัญ (ต่อ)

| บทที่ | หน้า |
|------------------------------------|------|
| 3 (ต่อ) | |
| ปริมาณเมทอกซิลในเพศติน..... | 27 |
| ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในเพศติน..... | 28 |
| 4 สรุปและอภิปรายผล..... | 32 |
| สรุปผลการทดลอง..... | 32 |
| อภิปรายผลการทดลอง..... | 33 |
| บรรณานุกรม..... | 35 |
| ภาคผนวก..... | 38 |
| ประวัติย่อผู้วิจัย..... | 43 |

บัญชีตาราง

| ตาราง | หน้า |
|--|------|
| 1 แสดงสมบัติมาตรฐานของเพคตินจากสถาบัน วว. และ อย..... | 10 |
| 2 แสดงปริมาณชิ้นส่วนฝรั้งที่ใช้ในการอบแห้ง..... | 24 |
| 3 แสดงร้อยละเพคตินที่สกัดได้จากชิ้นส่วนฝรั้งแต่ละพันธุ์..... | 26 |
| 4 แสดงร้อยละของเมทอกซิลในเพคติน..... | 27 |
| 5 แสดงปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในเพคติน..... | 29 |
| 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Degree of esterification กับปริมาณเมทอกซิล ในเพคติน..... | 39 |
| 7 แสดงค่า DE ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก ปริมาณเพคติน และค่าความชื้น ในพีชชนิดต่างๆ..... | 40 |
| 8 แสดงน้ำหนักของเพคตินที่สกัดได้ (อบแห้ง) จากชิ้นส่วน ฝรั้งแห้ง 10 กรัม..... | 41 |
| 9 แสดงปริมาณของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ได้จากการไทเทรต เพื่อหาค่า DE..... | 41 |
| 10 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของกรดกาแลคทูโรนิกในเพคติน..... | 43 |

บัญชีภาพประกอบ

| ภาพประกอบ | หน้า |
|--|------|
| 1 ฝรั่งพันธุ์กลมสาเล่..... | 1 |
| 2 แสดงโครงสร้างของเพคตินที่มีโมเลกุลซับซ้อน..... | 3 |
| 3 โครงสร้างของเพคตินที่มีกรดกาแลคทูโรนิกเป็นองค์ประกอบหลัก..... | 4 |
| 4 แสดงโครงสร้างของ Extracellular matrix ที่มีเพคตินเป็นองค์ประกอบ..... | 4 |
| 5 โครงสร้างของเพคตินชนิดละลายน้ำได้..... | 5 |
| 6 โครงสร้างของเพคตินที่ไม่สามารถละลายน้ำได้..... | 5 |
| 7 โครงสร้างของเพคตินที่ไม่สามารถเกิดเจลได้..... | 6 |
| 8 แสดงการถูกเอสเทอร์ไฟต์ของหมู่คาร์บอกซิล..... | 7 |
| 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า DE กับปริมาณเมทอกซิล..... | 8 |
| 10 แสดงร้อยละของน้ำหนักแห้งของชิ้นส่วนฝรั่ง..... | 25 |
| 11 แสดงร้อยละเพคตินที่สกัดได้จากชิ้นส่วนฝรั่งแต่ละพันธุ์..... | 26 |
| 12 แสดงร้อยละของเมทอกซิลในเพคติน..... | 28 |
| 13 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของกรดกาแลคทูโรนิก..... | 29 |
| 14 แสดงปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในเพคติน..... | 31 |

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ฝรั่ง มีชื่อภาษาท้องถิ่นว่า มะแกว มะก้วย มะก้วยกา มะมัน มะถา มะจีน ยาหมู ชมพู จุ่มโป มีชื่อภาษาอังกฤษว่า กัวา (Guava) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า ไซเดียม กัวาจา (Psidium guajava L.) จัดอยู่ในวงศ์ ไมร์ทาซีอี (Myrtaceae) ฝรั่งจัดเป็นต้นไม้ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ปัจจุบันมีพัฒนาการไปหลากหลายสายพันธุ์ ทั้งประเภทมีเมล็ดและไม่มีเมล็ด เช่น ฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง พันธุ์กลมสาเล่ ที่มีลักษณะดังภาพประกอบ 1 มีเปลือกสีเขียวและขนาดของผลไม่ใหญ่มากนัก



ภาพประกอบ 1 ฝรั่งพันธุ์กลมสาเล่

ที่มา: ณรงค์ ศิริรัมย์; และ เมธินี เหว่ซึ่งเจริญ. (2548). *การสกัดและสมบัติของเพคตินจากกากฝรั่งพันธุ์กลมสาเล่*.

ฝรั่ง มีคุณค่าทางโภชนาการคือ ในผลดิบของฝรั่งจะประกอบด้วย วิตามินซี ซึ่งมีอยู่ในปริมาณที่สูง มีเส้นใยประมาณ 2.9% นอกจากนี้ยังมี แคลเซียมออกซาเลต เบต้าแคโรทีน โพลีแซคเคอไรด์ สำหรับใยของฝรั่ง จะมีน้ำมันหอมระเหยที่ชื่อยูจินอล และสารจำพวกแทนนินในปริมาณ 8-10% ส่วนที่ใช้ประโยชน์ของฝรั่งคือ ผล ราก และใบ ซึ่งแต่ละส่วนจะให้สรรพคุณแตกต่างกันดังต่อไปนี้

ผลฝรั่ง จัดเป็นแหล่งวิตามินซีราคาถูก ช่วยป้องกันและรักษาโรคเลือดออกตามไรฟัน ไข้แก้โรคท้องร่วง ท้องเสีย ไข้ระงับกลิ่นปากและเป็นยารักษาโรคในช่องปาก วิตามินซีและ เบต้าแคโรทีน เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันอันตรายต่อเซลล์และหลอดเลือดอุดตัน โพลีแซคเคอไรด์ทำให้ความดันและการทำงานของหัวใจเป็นปกติ ใบและผลดิบ ไข้แก้ท้องร่วง ใบแก่สด 10-15 ใบ เคี้ยวให้ละเอียดแล้วกินน้ำตาม หรือตากให้แห้งแล้วบดเป็นผง บรรจุแคปซูล 250 มิลลิกรัม กินครั้งละ 3-5 เม็ด ทุก 6 ชั่วโมง ไข้แก้โรคท้องร่วง ท้องเสียได้ ในปัจจุบันมียาจากใบฝรั่งชื่อ "กว่าว่าแคปซูล" ผลิตโดยองค์การเภสัชกรรม

ใช้แก้ท้องเสีย สำหรับผลฝรั่งดิบหากหั่นให้เป็นแว่นๆ แล้วนำไปตากแห้งบดเป็นผง ใช้รับประทานครั้งละ ครั้งถึง 1 ช้อนชา ชงกับน้ำร้อนดื่ม หรือใช้ใบแก่สด 15-20 ใบมาล้างน้ำให้สะอาด ตำให้แหลกโดยใส่เกลือเล็กน้อย ต้มแล้วรินเอาแต่น้ำมาดื่ม หรือจะใช้ใบแก่สดประมาณ 10-15 ใบ มาบดไฟแล้วชงน้ำดื่ม หรือจะใช้ผลฝรั่งอ่อนๆ คว้านเอาเมล็ดออก ปอกเปลือกทิ้งไปแล้วนำเนื้อฝรั่งที่ได้มาจิ้มเกลือรับประทาน หรือต้มน้ำดื่มก็ได้ จะสามารถใช้แก้อาการท้องเสียได้ สารสกัดจากผลดิบของฝรั่งเมื่อสกัดด้วยเมทานอล สารที่ได้จะสามารถลดอาการอักเสบ แก้วปวด แก้ไข้ได้ ใบฝรั่งช่วยดับกลิ่นได้เป็นอย่างดีโดยใช้ใบสด 10 ใบนำมาชงให้พอช้ำๆ แล้ววางไว้หรืออาจจะใช้ผลฝรั่งสุกวางไว้ในตู้เย็นหรือตู้กับข้าวเป็นต้น

ฝรั่งประกอบด้วย วิตามินเอ วิตามินซี B1 B2 แคลเซียม ฟอสฟอรัส และยังมีสารเพคติน (pectin) และแทนนิน (tannin) จำนวนมากด้วย

สำหรับประโยชน์ทางอาหารของฝรั่ง สรุปได้ดังนี้

1. วิตามินซีและวิตามินเอ ช่วยให้มีภูมิต้านทานต่อโรคหวัดเพิ่มขึ้น บำรุงเหงือกและฟัน ป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน
2. สารเพคติน เป็นยาระบายอ่อนๆ แก้ท้องผูกได้ดี
3. สารแทนนิน มีฤทธิ์เป็นยาฝาดสมาน สามารถบรรเทาอาการท้องร่วงและห้ามเลือดได้ ช่วยสมานแผลและบรรเทาอาการเจ็บคอ นอกจากนี้ยังช่วยรักษาแผลเรื้อรัง เช่น น้ำกัดเท้า และผื่นคันจากผิวหนังที่ถูกใบไม้คันได้ด้วย

ใบฝรั่งมีฤทธิ์ต่อระบบทางเดินอาหาร ลดการบีบรัดตัวของลำไส้ เพราะสารแทนนินจัดเป็นยาที่รักษาอาการท้องร่วงเฉียบพลันได้ดี ซึ่งนักเภสัชศาสตร์ได้นำยอดอ่อนของฝรั่งบดไฟต้มน้ำดื่ม หรือใช้ใบฝรั่ง 10-15 ใบ บดผสมน้ำ 1 แก้ว กรองแล้วดื่ม 3 นาที เหงาเยาะเกลือต้มแก้ปวดท้อง ใบฝรั่งมีสาร quercetin มีฤทธิ์ยับยั้งการสังเคราะห์สาร prostaglandin ใช้รักษาโรคหิวาตโรค และมีผลต่อประสาท คือมีฤทธิ์คล้ายมอร์ฟิน ป้องกันโรคลึกลับปิดลักเปิด มีวิตามินซีมากต้านเชื้อแบคทีเรียและไวรัส ใบฝรั่งจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ทางยา เช่น แก้ท้องร่วง ล้างแผลสด แก้เหงือกบวม พิษเรื้อรัง ดูดหนองฝี รักษาโรคตามผิวหนัง แก้แพ้ยุ่ง ผสมปรุงรูกลิ่นเครื่องสำอาง และน้ำยาบ้วนปาก

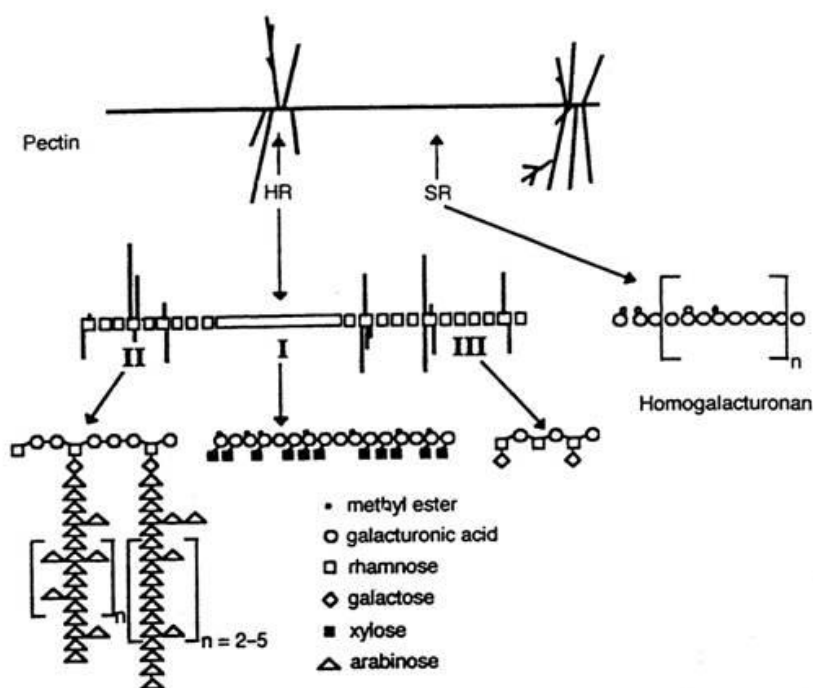
ฝรั่งเป็นผลไม้ที่เต็มไปด้วยวิตามินซี มีมากกว่าส้มถึง 5 เท่า และมีปริมาณแคลเซียมสูง โดยเฉพาะในผลสุก แต่ไม่นิยมรับประทานเพราะมีกลิ่นฉุน ผลสุกจึงถูกนำมาแปรรูปเป็นน้ำผลไม้ผสมด้วยน้ำสมุนไพรสำเร็จรูปหลายชนิด โดยนำฝรั่งสุกมาล้างให้สะอาด บดและเติมน้ำเพื่อสะดวกแก่การคั้นน้ำ ระหว่างบดควรเหยาะเกลือเล็กน้อย เนื่องจากเกลือจะช่วยป้องกันการเกิดยางสีดำจากผลฝรั่ง จากนั้นกรองกากทิ้งจะได้น้ำฝรั่ง ผสมน้ำเชื่อมจะได้น้ำฝรั่งสด เก็บในภาชนะเคลือบหรือภาชนะแก้ว ปิดฝาให้สนิทแช่ในตู้เย็นอยู่ได้นาน 5-7 วัน ไม่ควรใช้ภาชนะเหล็กเพราะเหล็กจะทำปฏิกิริยาทำให้ละลายสารในผลฝรั่ง ได้น้ำสีเขียวจนดำ เป็นอันตรายต่อร่างกาย นอกจากนั้นยังเป็นแหล่งของวิตามินเอและบี

กรดนิโคตินิก ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม เหล็ก โฟเลต และให้ปริมาณกากใยสูง โดยมีไขมันต่ำ และให้พลังงานเพียงผลละ 25 แคลอรีเท่านั้น

จะเห็นว่าฝรั่งมีประโยชน์มากมายและหาซื้อได้ง่าย รวมทั้งยังมีเพคตินเป็นองค์ประกอบที่มีสมบัติเป็นยาระบายและแก้ท้องผูกได้ดี

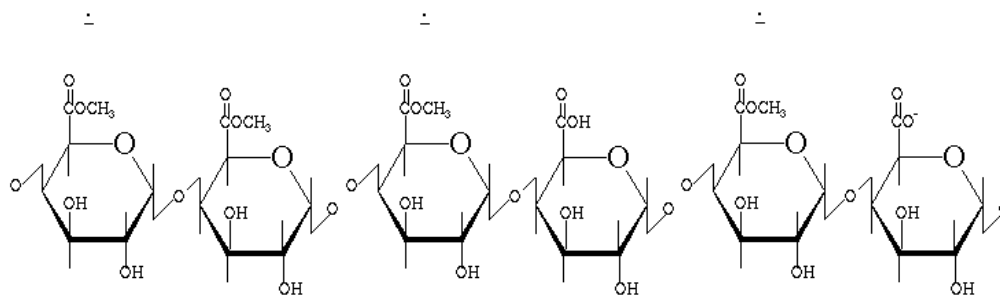
โครงสร้างของเพคติน

เพคตินเป็นสารจำพวกพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากดังภาพประกอบ 2 และมีโครงสร้างหลักที่ประกอบด้วยกรดกาแลคทูโรนิก (D-galacturonic acid) ที่ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1-4 ไกลโคซิดิก (α -1,4 glycosidic) ดังภาพประกอบ 3 สารประกอบเพคตินพบมากบริเวณระหว่างผนังเซลล์ของพืชต่างๆ ไป ในส่วนของ Extracellular matrix ดังภาพประกอบ 4 โดยเฉพาะผลไม้จำพวกตระกูลส้ม เช่น ส้มโอ ส้มเขียวหวาน นอกจากนี้ยังพบในพืชชนิดอื่นๆ อีก เช่น แอปเปิ้ล หัวบีท (sugar beet) มะม่วง ฝรั่ง เป็นต้น อุตสาหกรรมการผลิตเพคติน ส่วนใหญ่สกัดจากเปลือกด้านใน (albedo) ของผลไม้ตระกูลส้ม ซึ่งมีปริมาณเพคตินถึง 25% ต่อน้ำหนักแห้ง และกากแอปเปิ้ลซึ่งมีปริมาณเพคตินประมาณ 15-18% ต่อน้ำหนักแห้ง เพคตินที่สกัดได้จากเนื้อเยื่อพืชเหล่านี้มีสมบัติในการเกิดเจลได้เมื่อเติมกรดและน้ำตาลในปริมาณที่เหมาะสม



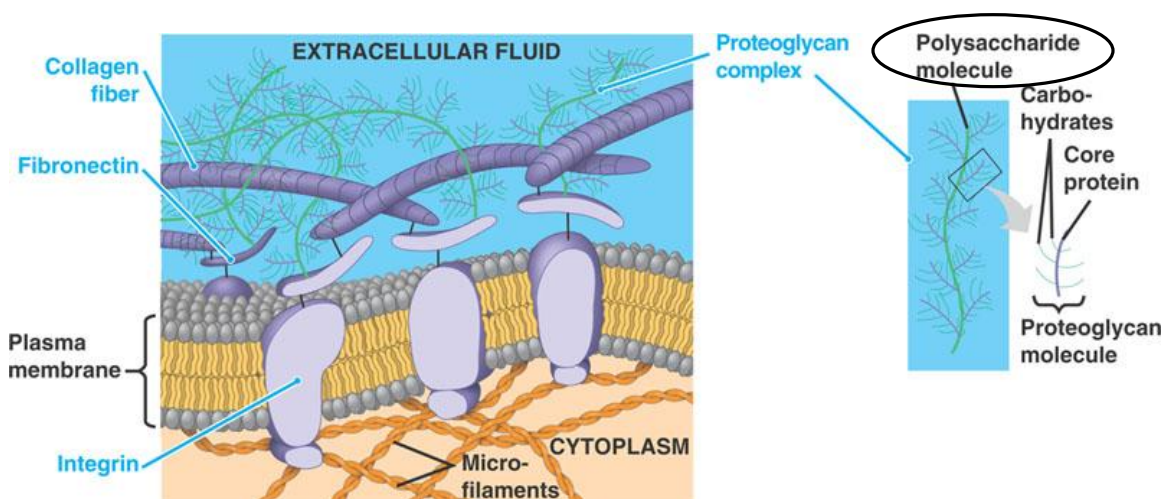
ภาพประกอบ 2 แสดงโครงสร้างของเพคตินที่มีโมเลกุลซับซ้อน

ที่มา: Kertesz. (1951). *The Pectin Substances*.



ภาพประกอบ 3 โครงสร้างของเพคตินที่มีกรดกาแลคทูโรนิกเป็นองค์ประกอบหลัก

ที่มา: Kertesz. (1951). *The Pectin Substances*.

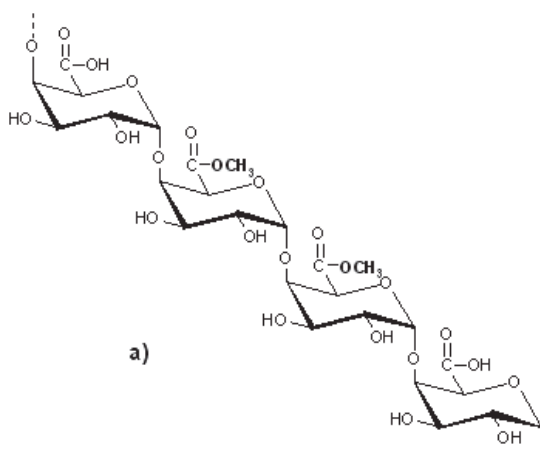


ภาพประกอบ 4 แสดงโครงสร้างของ Extracellular matrix ที่มีเพคตินเป็นองค์ประกอบ

ที่มา: Mariam B. Sticklen. (2008). *Plant genetic engineering for biofuel production*.

สารประกอบเพคตินแบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่

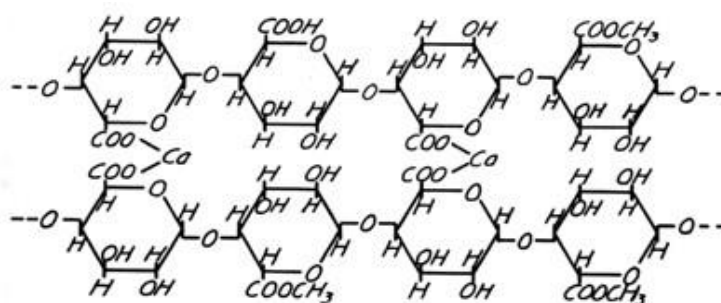
1. เพคตินที่ละลายน้ำได้ จะมีโครงสร้างเป็นกรดกาแลคทูโรนิกที่มีหมู่เมทอกซิลอยู่ในโครงสร้าง (-COOCH₃) ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 โครงสร้างของเพคตินชนิดละลายน้ำได้

ที่มา: Mukhiddinov; et al. (2000). *Isolation and structural characterization of a pectin homo and ramnogalacturonan.*

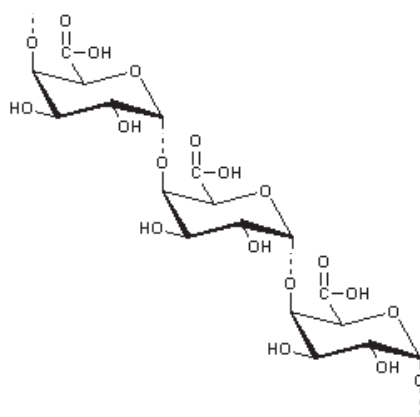
2. เพคตินที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ เป็นเพคตินที่มีหมู่แคลเซียมหรือแมกนีเซียมเชื่อมขวาง
ภาพประกอบ 6 เมื่อนำไปทำปฏิกิริยากับกรด จะสามารถละลายน้ำได้ เนื่องจากไฮโดรเจนจากกรดจะเข้าไปแทนที่แคลเซียมหรือแมกนีเซียม ทำให้เกิดเป็นกรดเพคตินิกที่สามารถละลายน้ำได้ หรือใช้เอนไซม์ทำให้กลายเป็นกรดเพคตินิก เรียกเพคตินชนิดนี้ว่า โปรโตเพคติน



ภาพประกอบ 6 โครงสร้างของเพคตินที่ไม่สามารถละลายน้ำได้

ที่มา: Ridley; et al. (2001). *Pectins structure, biosynthesis, and oligogalacturonide-related signaling.*

3. เพคตินที่มีสูตรโครงสร้างเป็นกรดกาแลคทูโรนิกที่ไม่มีหมู่เมทอกซิลในโครงสร้างดังภาพประกอบ 7 จะประกอบด้วยหน่วยของกรดกาแลคทูโรนิกที่เชื่อมต่อกันอย่างเดี่ยว เพคตินชนิดนี้จะไม่สามารถเกิดเจลได้ทุกสภาวะ



ภาพประกอบ 7 โครงสร้างของเพคตินที่ไม่สามารถเกิดเจลได้

ที่มา: Mukhiddinov; et al. (2000). *Isolation and structural characterization of a pectin homo and rannogalacturonan.*

เพคตินชนิดที่ 1 ยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ตามปริมาณเมทอกซิลที่เป็นองค์ประกอบ

ประเภทที่ 1 High Methoxyl Pectins (HMP) เป็นเพคตินที่มีปริมาณเมทอกซิลตั้งแต่ 8.16% ขึ้นไป เพคตินชนิดนี้สามารถเกิดเจลได้ในสภาวะที่มีน้ำตาลและกรดในปริมาณที่เหมาะสม โดยใช้ น้ำตาลในการเกิดเจลประมาณ 60–65 %

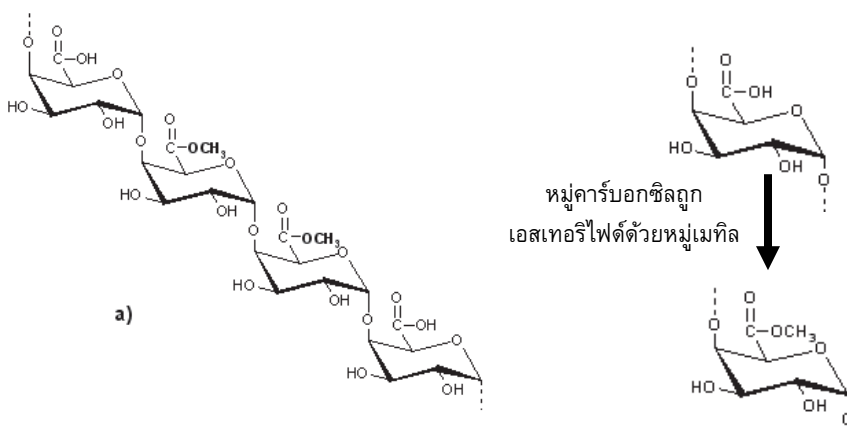
ประเภทที่ 2 Low Methoxyl Pectins (LMP) เป็นเพคตินที่มีปริมาณเมทอกซิลน้อยกว่า 8.16 % เพคตินชนิดนี้เกิดเจลได้เมื่อมีไอออนของโลหะอยู่ด้วย เช่น แคลเซียมไอออน และแมกนีเซียมไอออน

เพคตินแต่ละชนิดจะมีหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl) ของกรดกาแลคทูโรนิกที่ถูกเอสเทอร์ไฟต์ (esterified) ด้วยหมู่เมทิลได้ต่างกัน อัตราส่วนของหมู่เมทิลที่ถูกเอสเทอร์ไฟต์จะแสดงในรูปของระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (degree of esterification) หรือเรียกย่อๆ ว่า ค่า DE ซึ่งจะเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดกาแลคทูโรนิกที่ถูกเอสเทอร์ไฟต์ต่อจำนวนกรดกาแลคทูโรนิกทั้งหมด ค่า DE เป็นสมบัติเฉพาะของเพคติน มีผลต่อการเกิดเจลและการละลายน้ำของเพคติน

เพคตินพบในบริเวณผนังเซลล์ของพืชชั้นสูง ทำหน้าที่เชื่อมเซลล์ต่างๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งจะทำให้มีความแข็งแรงขึ้นเพียงใดขึ้นกับปริมาณและธรรมชาติของสารประกอบเพคตินในพืช โดยพบมากในชั้นมิดเดิลลามেলা (middle lamella) และผนังเซลล์ชั้นแรก พืชที่ใช้สกัดเพคตินในระดับอุตสาหกรรมมีไม่กี่ชนิด เนื่องจากความสามารถในการเกิดเจลของเพคตินที่มาจากพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดของโมเลกุลและระดับของการเกิดเอสเทอร์ แหล่งของเพคตินที่สำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตเพคตินคือ กากของผลแอปเปิ้ล และเปลือกของพืชตระกูลส้ม ซึ่งเป็นเศษเหลือใช้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้ พืชชนิดอื่นๆ ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดเพคติน ได้แก่ หัวบีท และดอกทานตะวัน

Degree of esterification (DE)

เป็นค่าร้อยละของกรดกาแลคทูโรนิกที่ถูกเอสเทอร์ไฟต์โดยหมู่เมทิล ต่อจำนวนกรดกาแลคทูโรนิกทั้งหมดดังภาพประกอบ 8 เมื่อหมู่คาร์บอกซิลถูกเอสเทอร์ไฟต์โดยหมู่เมทิลจะเกิดหมู่เมทอกซิลในโครงสร้างของเพคติน ค่า DE จึงสัมพันธ์กับปริมาณเมทอกซิลที่มีอยู่ในเพคตินดังภาพประกอบ 9

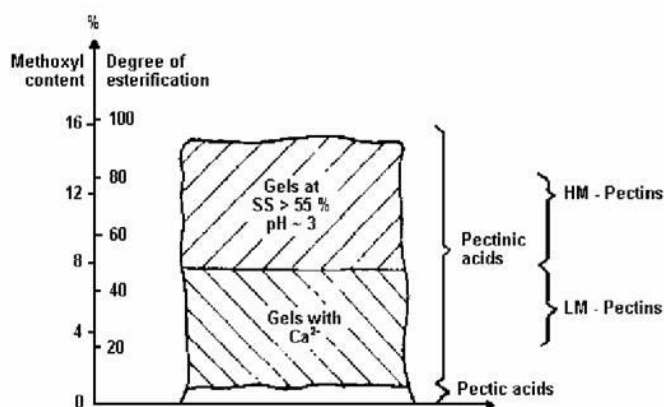


ภาพประกอบ 8 แสดงการถูกเอสเทอร์ไฟต์ของหมู่คาร์บอกซิล

ที่มา: Mukhiddinov; et al. (2000). *Isolation and structural characterization of a pectin homo and ramnogalacturonan*.

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

$$\text{Methoxyl content (g/100g)} = (\text{DEX31} \times (\text{anhydrogalacturonic acid content g/100g})) / (176 \times 100)$$



ภาพประกอบ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า DE กับปริมาณเมทอกซิล

ที่มา: Mukhiddinov; et al. (2000). *Isolation and structural characterization of a pectin homo and ramnogalacturonan*.

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

ประโยชน์ของเพคติน

เพคตินเป็นสารธรรมชาติที่มีการนำมาใช้ในอาหารอย่างแพร่หลาย และได้รับอนุญาตให้ใช้ทั่วโลก คณะกรรมการ Joint FAO / WHO Expert Committee on Food Additive (JFECFA) ได้จัดให้เพคตินเป็นวัตถุเติมแต่งอาหารที่ปลอดภัยและไม่จำกัดปริมาณการได้รับของร่างกายต่อวัน ได้มีการนำเพคตินมาใช้เพื่อทำหน้าที่ต่างๆ ในอาหาร เช่น ใช้เป็นสารก่อให้เกิดลักษณะเจล สารให้ความข้นหนืด สารให้ลักษณะเนื้อสัมผัส สารที่ก่อให้เกิดอิมัลชัน และสารเสริมความคงตัว และยังมีการนำเพคตินมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันและน้ำตาลในอาหารแคลอรีต่ำ การที่เพคตินสามารถใช้ได้หลากหลายหน้าที่ เนื่องจากโมเลกุลของเพคตินมีทั้งส่วนที่มีขั้วและส่วนที่ไม่มีขั้ว ซึ่งเข้าได้กับอาหารที่มีระบบแตกต่างกัน สิ่งที่เป็นตัวบ่งชี้ว่าเพคตินจะใช้ในหน้าที่ใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ระดับการเกิดเอสเทอร์ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของเพคตินในอุตสาหกรรม

การใช้ประโยชน์ของเพคตินอาจพบในรูปของผลิตภัณฑ์ แยม เยลลี่ ซึ่งอุตสาหกรรมแยมถือเป็นอุตสาหกรรมที่มีการนำเพคตินมาใช้เป็นจำนวนมาก โดยจะเติมลงไปเพื่อให้แยมเกิดเจล เนื่องจากผลไม้ที่ใช้ทำแมนั้นมีปริมาณเพคตินไม่เพียงพอ โดยจะเกิดเจลเมื่อผสมน้ำตาลในปริมาณที่

พอเหมาะและมีสภาพเป็นกรดที่เหมาะสม นอกจากนั้นแยมและเยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำตาลสูง จึงสามารถใช้เพคตินเป็นส่วนผสมเพื่อทดแทนน้ำตาลในแยมและเยลลี่เพื่อให้มีปริมาณแคลอรีต่ำได้อีกทั้งยังเป็นส่วนผสมในผลไม้กวน ใช้เคลือบลูกกวาด ใช้ในอาหารแช่แข็งเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ใช้ในการทำให้รูปทรงของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น ใช้ป้องกันการลอยตัวและการกระจายของชิ้นผลไม้ในโยเกิร์ตชนิดที่มีการกวน เป็นต้น

ประเทศไทยต้องสั่งนำเข้าเพคติน จากต่างประเทศคิดเป็นมูลค่ากว่า 200 ล้านบาทต่อปี เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา เพคตินเป็นสารที่สกัดได้จากเปลือกผลไม้ เช่น แอปเปิ้ล พีชตระกูลส้ม และมะนาว จัดเป็นพอลิแซคคาไรด์ชนิดหนึ่ง ซึ่งเอนไซม์ที่ลำไส้เล็กไม่สามารถย่อยสลายได้ เพคตินมีประโยชน์คือเป็นใยอาหาร (Dietary Fiber) ที่มีสมบัติในการละลายน้ำได้ (Water Soluble Fiber)

เพคตินที่สกัดได้จากพีชจะมีปริมาณและคุณภาพแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดของพีช ชนิดของเนื้อเยื่อ พันธุ์ และอายุ พีชที่มีปริมาณเพคตินสูงและมักนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการสกัดเพคติน ได้แก่ แอปเปิ้ล และผลไม้ตระกูลส้ม ซึ่งมีเพคตินในปริมาณมากและมีคุณภาพดี และเนื้อเยื่อที่เป็นองค์ประกอบในส่วนต่างๆ ของพีชชนิดเดียวกันจะมีปริมาณเพคตินที่แตกต่างกันออกไป

มะนาวเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทยที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นเพคติน เนื่องจากในช่วงระหว่างเดือนกรกฎาคม – กันยายนของทุกปี ผลผลิตมะนาวมีมากเกินความต้องการของตลาด ดังนั้นสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว) จึงตระหนักถึงความสำคัญของการใช้ประโยชน์จากเปลือกมะนาวซึ่งเป็นของเหลือทิ้ง จึงนำมาสกัดเป็น “เพคติน วว.” ที่มีสมบัติตามมาตรฐานที่องค์การอาหารและยากำหนดดังตาราง 1

จากผลการทดสอบทางด้านเภสัชวิทยาพบว่า เพคติน วว. สามารถลดโคเลสเตอรอลในเลือดของสัตว์ทดลองหนูขาวได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งได้ผ่านการประเมินความปลอดภัยตามวิธีทดสอบหมายเลข 401 ของ OECD Guideline for Testing of Chemicals โดยใช้หนูขาวและหนูถีบจักรพบว่า เพคตินมีค่า LD₅₀ มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัว

ตาราง 1 แสดงสมบัติมาตรฐานของเพคตินจากสถาบัน วว. และ อย.

| การตรวจวิเคราะห์ | เพคติน วว. | มาตรฐานเพคตินของ อย. |
|-------------------------|------------|-----------------------------|
| เถ้า | 0.77 | ไม่มากกว่าร้อยละ 10 |
| การเสียน้ำหนักเมื่อแห้ง | 5.43 | ไม่มากกว่าร้อยละ 12 |
| ตะกั่ว | 0.16 | ไม่มากกว่าร้อยละ 1 |
| อาร์เซนิก | < 0.01 | ไม่มากกว่า 10 มก .ต่อ 1 กก. |
| ระดับของเอสเทอร์ฟิเคชัน | 57.36 | ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 |
| กรดกาแลคทูโรนิก | 57.31 | ไม่น้อยกว่าร้อยละ 35 |

ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2548). ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากเพคติน วว. ลดโคเลสเตอรอล. *จดหมายข่าว วว.* 8(5): 10.

จากความสำเร็จดังกล่าว วว. จึงได้นำ เพคติน วว. มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ในรูปแบบของเพคตินฟรุตสลัด จากสมบัติดังกล่าวทำให้ทราบว่า เพคตินในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารอาจจะเป็นตัวช่วยไม่ให้ไขมันในลำไส้เล็กรวมตัวเข้ากับน้ำดี และรบกวนการดูดซึมไขมันที่ผนังลำไส้เล็ก จึงสามารถช่วยลดโคเลสเตอรอล อันเป็นสาเหตุของการเกิดอาการอุดตันของหลอดเลือดหัวใจเนื่องจากไขมันได้ นอกจากนี้ด้วยสมบัติของเพคตินที่เป็นใยอาหารที่ไม่สามารถถูกย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์หรือน้ำย่อยในลำไส้เล็กและมีสมบัติอุ้มน้ำได้ดี จึงช่วยเพิ่มน้ำหนักกากอาหารในลำไส้ใหญ่ ทำให้ร่างกายขับถ่ายได้ดี ลดการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้

ประโยชน์ของเพคตินด้านเภสัชกรรม

ปัจจุบันระบบนำส่งยาแบบยัดติดเยื่อเมือกทางเดินอาหารถือเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้ร่างกายดูดซึมยาเข้าสู่กระแสเลือดได้ดีขึ้น โดยมีสารยัดติดเยื่อเมือกหลายชนิด เช่น คาร์โบเมอร์ และโคโตซาน แต่ก็ไม่ใช่ว่าสารยัดติดทุกชนิดจะให้ผลดีเหมือนกันหมด เพราะแต่ละชนิดจะมีสมบัติในการยัดติดต่างกัน บางชนิดติดได้ดีบริเวณกระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก หรือแม้แต่ลำไส้ใหญ่ เภสัชกรจึงต้องพัฒนาสารยัดติดชนิดอื่นๆ เพื่อที่จะนำไปใช้กับยาแต่ละชนิดได้หลากหลาย เพคตินที่สกัดจากพืชและผลไม้ เช่น กากแอปเปิ้ล เปลือกส้มและมะนาว ใช้เป็นสารยัดติดได้ดี อีกทั้งยังย่อยสลายได้ในร่างกายจึงไม่เป็นพิษ มีความปลอดภัยสูง และได้ทดสอบกับยาฮอริโมนเพื่อรักษาหนูทดลองที่ป่วยเป็นโรคกระดูกพรุน ซึ่งยาฮอริโมนชนิดนี้มีสมบัติเป็นยาที่ออกฤทธิ์ได้ดีที่ลำไส้ แต่สลายตัวเร็วมาก จึงถือเป็นแบบทดสอบสำหรับการใช้เพคตินเป็นสารยัดติดได้เป็นอย่างดี ผลการวิจัยพบว่า เพคตินสามารถทำให้ยาฮอริโมนอยู่ใน

ระบบทางเดินอาหารของหนูได้นานขึ้น และออกฤทธิ์ดีขึ้นกว่าเดิมถึง 2.5 เท่า ยิ่งกว่านั้นจะได้ผลดีขึ้นอีกหากใช้คู่กับ “ไลโปโซม” ซึ่งเป็นไขมันฟิล์มบางกึ่งอนุภาคขนาดเล็ก ที่เก็บกักตัวยาวไว้ภายใน ซึ่งจะทำให้ระบบนำส่งยานี้มีประสิทธิภาพดีกว่าเดิมถึง 5 เท่า และยังคงลองใช้เพศดินกับเยื่อกระดูกงูแก่ โดยนำเม็ดเพศดินไปติดไว้ที่เนื้อเยื่อกระดูกงูแก่ของหนู พบว่าเพศดินยึดติดได้ดีเช่นกัน จึงเป็นไปได้สูงที่จะนำเพศดินไปพัฒนารักษาแผลในปาก ยาฆ่าเชื้อราในช่องปาก หรือใส่ยาที่ต้องการให้ดูดซึมเข้ากระแสเลือดผ่านทางช่องปากให้ออกฤทธิ์ทันที เช่น ยารักษาโรคหัวใจ และยานิโคตินสำหรับคนที่ต้องการเลิกบุหรี่ เป็นต้น

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพศดิน

การสกัดเพศดินจากเนื้อเยื่อพืชอาศัยหลักการทำให้เพศดินละลายออกมา โดยทั่วไปเพศดินในเนื้อเยื่อพืชจะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ เช่น โปรโตเพศดิน และอยู่ร่วมกับสารอื่น เช่น อยู่ร่วมกับเซลล์ลูโลส แคลเซียม และอิมูนอื่น ๆ ซึ่งสามารถทำให้เพศดินเหล่านี้ละลายออกมาได้โดยการสกัดด้วยสารละลายกรดหรือด่างที่ร้อน และอาจมีการใช้ chelating agent ร่วมด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดซึ่งจะเข้าไปจับอิมูนที่เกาะกับโมเลกุลเพศดินทำให้เพศดินละลายออกมาได้ chelating agent ที่นำมาใช้ได้แก่ สารประกอบประเภทพอลิฟอสเฟต

ในการผลิตเพศดินในเชิงปริมาณและคุณภาพ วัตถุดิบที่นำมาใช้จะต้องมีคุณภาพที่ดี เนื่องจากวัตถุดิบอาจมีการเจริญของเชื้อราซึ่งจะผลิตเอนไซม์หลายชนิดที่สามารถย่อยเพศดินได้ และในวัตถุดิบยังมีเอนไซม์ที่จะย่อยเพศดินได้เองตามธรรมชาติ เป็นผลให้ปริมาณเพศดินลดลงและมีคุณภาพต่ำลงด้วย ดังนั้นในการสกัดเพศดินจึงต้องทำการสกัดทันทีหลังจากที่วัตถุดิบได้ผ่านการคั้นเอาน้ำผลไม้ ออกแล้วจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้ หรืออาจนำวัตถุดิบนั้นมาทำแห้งก่อนหากยังไม่ทำการสกัด กระบวนการทำแห้งวัตถุดิบที่ไม่เหมาะสม อาจทำให้คุณภาพของเพศดินบางส่วนที่ไม่คงทนต่อความร้อนถูกทำลายไปได้ อย่างไรก็ตามหากวัตถุดิบที่นำมาสกัดเพศดินได้ผ่านการล้างอย่างดีก่อนนำมาทำแห้ง และการทำแห้งกระทำภายใต้สภาวะที่สามารถทำลายเอนไซม์และเชื้อราที่เป็นตัวย่อยสลายเพศดินได้ ก็จะได้วัตถุดิบที่มีคุณภาพเหมาะในการสกัดเพศดิน

การเตรียมวัตถุดิบ

ในการสกัดเพศดินควรทำการเตรียมวัตถุดิบในการสกัดให้เหมาะสม เพื่อให้ได้เพศดินที่มีคุณภาพดีและมีปริมาณสูง โดยการนำวัตถุดิบไปบดและทำการสกัดสารแปลกปลอมต่างๆ เช่น สี สารให้รสขม กรด น้ำตาล ตลอดจนสารอื่นๆ ออก ซึ่งการกำจัดสารเหล่านี้ทำได้ 2 วิธีคือ การใช้น้ำเย็นล้าง และการใช้แอลกอฮอล์ล้าง ในการใช้น้ำล้างอาจมีเพศดินบางส่วนละลายไปกับน้ำ การล้างด้วยน้ำควร

เปลี่ยนน้ำล้างหลายๆ ครั้ง พร้อมทั้งทำการคนไปด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการล้าง การล้างน้ำมีความสำคัญมากเนื่องจากเพคตินที่สกัดออกมาจะมีคุณภาพดีหรือเลวขึ้นกับการล้างเป็นสำคัญ กล่าวคือ ถ้าหากกำจัดน้ำตาลในเปลือกผลไม่หมด จะทำให้สารละลายเพคตินที่ได้จากการสกัดเกิดลักษณะเจลหรือถ้าเป็นเพคตินผงก็จะพบว่าเพคตินที่ได้จะดูดความชื้นและจับเป็นก้อน ดังนั้นการล้างที่ดีจึงไม่ควรให้มีของแข็งที่ละลายน้ำได้เหลืออยู่ในน้ำล้างครั้งสุดท้าย เมื่อล้างด้วยน้ำเสร็จแล้วนำมาล้างต่อในแอลกอฮอล์ 95% เพื่อกำจัดสารที่ละลายได้ในแอลกอฮอล์ออก โดยมีการให้ความร้อนร่วมด้วยเป็นเวลา 12-18 นาที ความร้อนจะสามารถทำลายเอนไซม์ที่ย่อยสลายเพคตินได้

การสกัดเพคติน

เมื่อได้วัตถุดิบหรือเนื้อเยื่อพืชที่กำจัดสารประกอบต่างๆ ออกบ้างแล้ว จึงนำมาสกัดเพคตินโดยวิธีไฮโดรไลซ์ด้วยสารละลายกรดหรือด่าง การใช้สารละลายด่างจะทำให้เกิดปฏิกิริยา deesterification สูงกว่าการใช้สารละลายกรด และนอกจากนี้การสกัดที่สภาวะเป็นด่างจะทำให้เกิดปฏิกิริยา β -elimination ซึ่งจะทำให้โมเลกุลเพคตินถูกทำลาย โดยจะทำให้สายโมเลกุลเพคตินสั้นลง ดังนั้นจึงนิยมใช้สารละลายกรดเป็นตัวสกัดเพคติน และกรดที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการสกัดคือกรดไฮโดรคลอริก บางครั้งในเนื้อเยื่อพืชอาจมีเพคตินที่อยู่ในรูปของ calcium pectate ซึ่งไม่สามารถถูกไฮโดรไลซ์ด้วยสารละลายกรด จึงมีการใช้สารพวก chelating agent เติมลงไปในการสกัดเพคตินเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด โดยจะมีผลทำให้ calcium pectate สามารถแปรสภาพอยู่ในรูปเพคตินที่ละลายได้มากขึ้น สารที่นิยมใช้เพิ่มประสิทธิภาพได้แก่สารพวก polyphosphate และ oxalate

หลังจากผ่านการไฮโดรไลซ์ด้วยสารละลายกรดและนำมากรองแยกส่วนกากออกจากสารละลายเพคติน และตกตะกอนเพคตินโดยใช้เอทานอล พบว่าถ้าใช้เอทานอลเพียงอย่างเดียวในการตกตะกอน จะได้สารที่ไม่ใช่สารเพคตินตกตะกอนออกมาด้วย เช่น เฮมิเซลลูโลส รวมทั้งมีถ้าปนมามาก อย่างไรก็ตามเพคตินที่ผ่านการตกตะกอนด้วยเอทานอลซ้ำหลายๆ ครั้งจะมีความบริสุทธิ์มากขึ้น คือมีร้อยละของกรดกาแลคทูโรนิกมากขึ้น และในการตกตะกอนสารละลายเพคตินด้วยเอทานอลที่มีกรดไฮโดรคลอริกอยู่ด้วยสามารถลดปริมาณถ้าที่ปนออกมาในตะกอนเพคตินได้ ดังนั้นในการตกตะกอนสารละลายเพคตินด้วยเอทานอล จึงต้องมีการเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นพร้อมกับการคนอย่างแรง จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เกิดการตกตะกอนแล้วกรองแยกตะกอน และทำการตกตะกอนด้วยเอทานอลซ้ำอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้เพคตินมีความบริสุทธิ์มากขึ้น และงานวิจัยของ U. Kalapathy and A. Proctor. (2000). ได้ทดลองหา %yield ของการตกตะกอน โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นต่างกันในการสกัด และใช้ 2-propanol ความเข้มข้นร้อยละ 70 ที่ pH 3.5 ในการตกตะกอน พบว่า ถ้าใช้ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก 0.05 โมลาร์ ในการสกัดจะได้ปริมาณเพคตินจากการตกตะกอนมากที่สุด โดยความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกมากกว่า 0.05 จะได้ปริมาณเพคตินจากการตกตะกอนน้อยลง

การหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก

เพคตินที่สกัดได้จะมีความบริสุทธิ์ขึ้นอยู่กับปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก ซึ่งหาได้จากการนำเพคตินไปทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกเพื่อให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) เข้าแทนที่หมู่เมทิลกับไอออนของโลหะ ทำให้ได้กรดกาแลคทูโรนิกที่มีแต่หมู่คาร์บอกซิลเป็นองค์ประกอบทั้งหมด แล้วไปทำปฏิกิริยากับสารละลายคาร์บาซอลจะได้สารละลายสีม่วง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงเพื่อหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในเพคติน ซึ่งเป็นวิธีที่ Kim; et al. (2000). ใช้ในการหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในงานวิจัย

เพคตินที่สกัดได้จากพืชและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการสกัดเพคตินต้องคำนึงถึงสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ระยะเวลาในการสกัด และค่า pH ของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ได้กล่าวถึงในแต่ละงานวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด

การสกัดเพคตินจากพืชใช้อุณหภูมิในการสกัดที่แตกต่างกัน ได้แก่ งานวิจัยของ กนกพร สังข์รักษ์; และเจนจิรา โตะแบ. (2552). ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดเพคตินจากเศษผักกาดขาวที่เหลือทิ้ง พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 100 องศาเซลเซียส จะได้เพคตินปริมาณมากที่สุดคือ ร้อยละ 3.460 ± 0.002 ซึ่งอยู่ในช่วงมาตรฐานเพคตินตามที่ JFECFA ได้กำหนด และมีอีกหลายงานวิจัยที่สนับสนุนการสกัดเพคตินที่สภาวะอุณหภูมิสูง ได้แก่

- ณรงค์ ศิขิรัมย์; และเมธินี เห่วซึ่งเจริญ. (2548). ได้สกัดเพคตินจากฝรั่ง ที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เพคตินที่ได้จะมีหมู่เมทอกซิลสูง
- Chang; et al. (1994). สกัดเพคตินจากดอกทานตะวันที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส
- Levisne; et al. (2002). สกัดเพคตินจากหัวบีทด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส
- ฉัตรชัย สังข์ผุด; จีราภรณ์ สังข์ผุด; และ นพรัตน์ ผาสุข. (2548). ศึกษาสมบัติเฉพาะทางเคมีและกายภาพของเพคตินจากเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของผลส้มโอโดยสกัดเพคตินที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้าเกรด 150 พบว่าสมบัติด้านความบริสุทธิ์มีกรดกาแลคทูโรนิก 47-57% ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน 88.89-90.61% ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน 118-127.87% และเจลลี่เกรด 250-280
- พิเชษฐ เทบารุง. (2546). ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณเพคติน ปริมาณเมทอกซิล และกรดกาแลคทูโรนิกจากใบหมาน้อย โดยสกัดเพคตินที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

- Pagan, Ibarz. (1999). ศึกษาผลของอุณหภูมิ เวลา และ pH ที่ใช้ในการสกัดเพคตินต่อ ปริมาณเพคตินที่สกัดจากกากแอปเปิ้ล โดยสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

- น้ำทิพย์ นาเชียงใต้; และยุวภา ทศบุตร. (2550). สกัดเพคตินจากพีชที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

จึงสรุปได้ว่า ช่วงของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเพคตินอยู่ที่ 80-100 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ เพคตินปริมาณมาก

2. ช่วงเวลาที่ใช้ในการสกัด

จากงานวิจัยที่เกี่ยวกับการสกัดเพคตินพบว่าเวลาที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกัน และถ้าใช้เวลา ในการสกัดนานจะได้ปริมาณเพคตินมากกว่า ณรงค์ ศิขิรัมย์; และเมธินี เห่วซึ่งเจริญ. (2546). สมฤทัย จิตภักดีบดินทร์; และอมราวดี จางวาง. (2552). พิเชษฐ เทบ่ารุง. (2546). และ C Mollea; et al. (2007). ได้ใช้เวลาในการสกัด 1 ชั่วโมง งานวิจัยที่ศึกษาการสกัดเพคตินโดยใช้ช่วงเวลาในการสกัด มากกว่า 1 ชั่วโมง ได้แก่ งานวิจัยของ ชนิษฐา เลิศชัยภูมิ. (2545). ใช้เวลาในการสกัดเพคตินจาก ส้มมะงั่ว 105 นาที กนกพร สังขรักษ์; และเจนจิรา โตะแบ. (2552). ใช้เวลาในการสกัดเพคตินจากเศษ ผักกาดขาวที่เหลือทิ้ง 90 นาที

ยังมีงานวิจัยที่สนับสนุนช่วงเวลาในการสกัดเพคตินที่ใช้เวลาในการสกัดนาน และได้เพคติน ปริมาณมาก ได้แก่ งานวิจัยของ Pagan, Ibarz. (1999). Pagan; et al. (2001). และ Levigne; et al. (2002). ในขณะที่งานวิจัยที่ใช้เวลาในการสกัดเพคตินน้อย อาจทำให้ได้ปริมาณเพคตินน้อยกว่าที่ควร เช่น งานวิจัยของ ฉัตรชัย สังข์ผุด; จีราภรณ์ สังข์ผุด; และ นพรัตน์ ผาสุข. (2548). ใช้เวลาสกัด 30 นาที และ Chang; et al. (1994). ใช้เวลาในการสกัด 20 นาที

3. ค่า pH ของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด

pH ของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดเพคติน ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงของความเป็นกรด (pH 1.5-2.0) เช่น ณรงค์ ศิขิรัมย์; และเมธินี เห่วซึ่งเจริญ. (2546). ฉัตรชัย สังข์ผุด; จีราภรณ์ สังข์ผุด; และ นพรัตน์ ผาสุข. (2548). สมฤทัย จิตภักดีบดินทร์; และอมราวดี จางวาง. (2552). น้ำทิพย์ นาเชียงใต้; และยุวภา ทศบุตร. (2550). พิเชษฐ เทบ่ารุง. (2546). ชนิษฐา เลิศชัยภูมิ. (2545). Pagan, Ibarz. (1999). Pagan; et al. (2001). และ Levigne; et al. (2002).

งานวิจัยที่สกัดเพคตินในสภาวะ pH มากกว่า 2 ได้แก่ C Mollea; et al. (2007). ศึกษาการ สกัดเพคตินจากเปลือกโกโก้ที่เหลือจากกระบวนการผลิต สกัดที่ pH 2.5 กนกพร สังขรักษ์; และ เจนจิรา โตะแบ. (2552). ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดเพคตินจากเศษผักกาดขาวที่เหลือทิ้ง สกัดที่ pH 3.0 Attri, Maini. (1996). ศึกษาการสกัดเพคตินจาก Galgal สกัดที่ pH 3 และ Chang; et al. (1994). ศึกษาปริมาณและคุณภาพของเพคตินจากดอกทานตะวัน พบว่า สภาวะที่เหมาะสมคือ pH 5

4. ชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัดเพคติน

ฉัตรชัย สังข์ผุด; จีราภรณ์ สังข์ผุด; และ นพรัตน์ ผาสุข. (2548). ศึกษาสมบัติเฉพาะทางเคมีและกายภาพของเพคตินจากเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของผลส้มโอโดยใช้กรดซิตริก 3% เปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้าเกรด 150 พบว่าคุณสมบัติด้านความบริสุทธิ์มีกรดกาแลคทูโรนิก 47-57% ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน 88.89-90.61% ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน 118-127.87% และเจลลี่เกรด 250-280

Osamu Kurita; et al. (2008). ศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโดยใช้กรดซิตริก พบว่าภายใต้สภาวะความเป็นกรดของกรดซิตริกจะช่วยเพิ่มความหนืดของเพคติน การสกัดเพคตินด้วยกรดซิตริกที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ความหนืดของเพคตินลดลง แต่ยังคงมีความหนืดมากกว่าการไม่ใช้กรดซิตริกในการสกัด และเพคตินที่ได้เป็นแบบ Low Methoxyl Pectin และมีมวลโมเลกุลมากกว่าเพคตินที่ไม่ได้สกัดด้วยกรดซิตริก ส่วนประกอบทางเคมีของเพคตินที่สกัดได้จะมีโปรตีนและกรดกาแลคทูโรนิกต่ำ แต่มีปริมาณน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูง

งานวิจัยดังกล่าวเลือกใช้กรดซิตริกในการสกัดเพื่อพิจารณาสมบัติของเพคตินที่ได้ว่ามีสมบัติเป็นอย่างไร โดยไม่ได้เปรียบเทียบกับตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดชนิดอื่น จึงบอกไม่ได้ว่าตัวทำละลายชนิดใดดีกว่ากัน

Kratchanova. (1995). ศึกษาผลของกรดชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการสกัดเพคตินจากต้นยาสูบต่อคุณภาพและปริมาณเพคตินที่สกัดได้ โดยชนิดของกรดที่ทำการศึกษาคือ กรดไนตริก กรดฟอสฟอริก และกรดซิตริก พบว่าการสกัดโดยใช้กรดไนตริกและกรดฟอสฟอริกให้ปริมาณเพคตินสูงกว่าการใช้กรดซิตริก ปริมาณน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว โปรตีน และกรดอะมิโนมีปริมาณสูงเมื่อทำการสกัดด้วยกรดไนตริก เนื่องจากความสามารถในการไฮโดรไลส์ของกรดไนตริกสูงกว่ากรดฟอสฟอริกและกรดซิตริก

งานวิจัยที่ได้มีการเปรียบเทียบผลของการสกัดของตัวทำละลายพบว่ากรดไนตริกดีกว่ากรดซิตริก โดยมีงานวิจัยที่สนับสนุนการใช้กรดไนตริกเป็นตัวทำละลายในการสกัดคือ

Pagan, Ibarz. (1999). ศึกษาผลของอุณหภูมิ เวลา และ pH ที่ใช้ในการสกัดเพคตินต่อปริมาณเพคตินที่สกัดจากกากแอปเปิ้ลโดยใช้กรดไนตริก พบว่าสภาวะที่ให้ปริมาณเพคตินสูงสุดคือที่ pH 1.2 และอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

สำหรับงานวิจัยที่มีการเปรียบเทียบตัวทำละลายในการสกัดได้แก่

พิเชษฐ เทบารุง. (2546). ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณเพคติน ปริมาณเมทอกซิล และกรดกาแลคทูโรนิกจากใบหมานน้อยที่สกัดแบบร้อนด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกัน ได้แก่ น้ำกลั่น สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.05 นอร์มอล และสารละลายโซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟตเข้มข้น 0.1% พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดเพคตินคือ ใช้สารละลายโซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟตเข้มข้น 0.1% จะได้ปริมาณเพคตินมากที่สุด

จากงานวิจัยได้ข้อมูลว่าสารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตใช้เป็นตัวทำละลายในการสกัดได้ดีกว่าสารละลายกรดไฮโดรคลอริก และงานวิจัยอื่นที่ศึกษาการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต ได้แก่

Baker; และ Woodmansce. (1994). ได้ศึกษาการสกัดเพคตินจากส้มโดยใช้สารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต ซึ่งพบว่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงขึ้นถึง 25% ของน้ำหนักส้ม และช่วยลดเวลาในการสกัดได้ถึง 50 % และได้เพคตินที่มีคุณภาพดี เนื่องจากสารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตช่วยลดการแตกตัวของเพคตินที่ความร้อนสูงได้

กนกพร สังข์รักษ์; และเจนจิรา โตะแบ. (2552). ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดเพคตินจากเศษผักกาดขาวที่เหลือทิ้ง พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินและให้ปริมาณเพคตินสูงสุด คือ การใช้เศษผักกาดขาวสดสกัดกับกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 โมลาร์ (pH 3.0) ร่วมกับโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต 8% (น้ำหนักต่อปริมาตร) ได้เพคตินร้อยละ 3.460 ± 0.002 เมื่อตรวจสอบสมบัติของเพคตินที่ได้พบว่าอยู่ในช่วงมาตรฐานเพคตินตามที่ JFECFA ได้กำหนด

งานวิจัยที่เปรียบเทียบผลของการสกัดโดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกกับสารละลายกรดชนิดอื่นได้แก่

สมฤทัย จิตภักดีบดินทร์; และอมราวดี จางวาง. (2552). ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อพฤติกรรมการสกัดเพคตินจากเปลือกด้านในของมะนาวซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้ง ด้วยเครื่องมือการสกัดที่ออกแบบขึ้นเอง โดยใช้ตัวทำละลายในการสกัดได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก กรดซัลฟิวริก และกรดฟอสฟอริก พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดเพคตินคือ ใช้กรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ปรับให้สารละลายที่จะสกัดมี pH 2 และใช้เวลาในการสกัด 60 นาที จะได้สารสกัดเพคตินจากเปลือกด้านในของมะนาวคิดเป็นน้ำหนักแห้งร้อยละ 2.34 ± 0.05

Attri, Maini. (1996). ได้ศึกษาผลของกรดชนิดต่างๆ คือ กรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริก กรดซิตริก และกรดทาร์ทาริก ต่อการสกัดเพคตินจาก Galgal พบว่าการสกัดเพคตินด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จะให้เพคตินปริมาณสูงสุดคือ 15.26% ต่อน้ำหนักแห้ง

จากงานวิจัยสรุปได้ว่าสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมีสมบัติในการสกัดดีกว่า กรดไนตริก และกรดซิตริก เมื่อดูจากปริมาณเพคตินที่สกัดได้ สารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟตจะสกัดเพคตินได้ปริมาณมากกว่าสารละลายกรดไฮโดรคลอริก แต่สารละลายกรดไฮโดรคลอริกจะนิยมใช้ในอุตสาหกรรมสกัดเพคติน และใช้ในงานวิจัยอื่นหลายงานวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้จะศึกษาการสกัดเพคตินจากส่วนต่างๆ ของผลฝรั่ง 3 พันธุ์ได้แก่ พันธุ์กลมสาลี่ พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์กิมจู โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก และวิเคราะห์ปริมาณเพคติน ปริมาณเมทอกซิล และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในเพคตินที่สกัดได้

จุดประสงค์ของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีจุดประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบสมบัติของเพคตินที่สกัดได้จากเปลือก เนื้อ และเนื้อในฝรั่ง ของฝรั่ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กลมสาละ พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์กิมจู โดยดูจากปริมาณเพคตินที่สกัดได้ ปริมาณเมทอกซิล และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก
2. เพื่อเปรียบเทียบ ปริมาณเพคติน ปริมาณเมทอกซิล และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก ของเพคตินที่สกัดได้จากฝรั่งกับเพคตินมาตรฐาน

ความสำคัญของการวิจัย

1. ทราบถึงสมบัติของเพคตินที่สกัดได้จากแต่ละส่วนของฝรั่ง 3 พันธุ์
2. ทราบถึงสมบัติของเพคตินที่สกัดได้จากฝรั่ง ว่าส่วนใดมีสมบัติใกล้เคียงกับเพคตินมาตรฐาน

แนวทางในการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

- 1.1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของเพคติน เช่น แหล่งที่มาของเพคติน ประโยชน์ของเพคติน
- 1.2. ศึกษาวิธีการสกัดเพคตินจากเปลือกผลไม้ เช่น เปลือกส้ม
- 1.3. ศึกษาสมบัติของเพคติน ได้แก่ ปริมาณเพคตินที่สกัดได้ ปริมาณเมทอกซิล และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก

2. วางแผนการดำเนินการวิจัย

- 2.1. วางแผนการเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ ส่วนต่างๆ ของฝรั่งแต่ละพันธุ์
- 2.2. วางแผนการสกัดเพคตินตามขั้นตอนที่ศึกษา
- 2.3. วางแผนการวิเคราะห์สมบัติของเพคตินที่สกัดได้ ได้แก่ ปริมาณเพคตินที่สกัดได้ ปริมาณเมทอกซิล และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก โดยแบ่งเป็น
 - 2.3.1. เพคตินที่สกัดได้จากเปลือก เนื้อ และเนื้อในของฝรั่งพันธุ์กลมสาละ
 - 2.3.2. เพคตินที่สกัดได้จากเปลือก เนื้อ และเนื้อในของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง
 - 2.3.3. เพคตินที่สกัดได้จากเปลือก เนื้อ และเนื้อในของฝรั่งพันธุ์กิมจู
- 2.4. นำมาเปรียบเทียบสมบัติกับเพคตินมาตรฐาน แล้วสรุปผล

3. ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

- 3.1. นำฝรั่ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กลมสาลี พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์กิมจู มาแยกส่วนเป็น เปลือกฝรั่ง เนื้อฝรั่ง และเนื้อในฝรั่ง
- 3.2. นำแต่ละส่วนของฝรั่งทั้ง 3 พันธุ์มาสกัดเพคติน โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก
- 3.3. นำเพคตินที่ได้จากการสกัดมาอบแห้งและบดให้เป็นผงและนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเพคตินที่สกัดได้ ปริมาณเมทอกซิล และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก
- 3.4. นำเพคตินมาตรฐานมาวิเคราะห์หาปริมาณเมทอกซิล และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก
- 3.5. เปรียบเทียบสมบัติของเพคตินที่ได้จากแต่ละส่วนของฝรั่ง ได้แก่ เปลือกฝรั่ง เนื้อฝรั่ง และเนื้อในของฝรั่ง
- 3.6. เปรียบเทียบสมบัติของเพคตินที่ได้จากฝรั่งแต่ละพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กลมสาลี พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์กิมจู
- 3.7. เปรียบเทียบสมบัติของเพคตินที่ได้จากฝรั่งในแต่ละส่วนกับเพคตินมาตรฐาน
- 3.8. สรุปและรายงานผลการวิจัย

ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้เป็นเวลา 8 เดือน เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2552 ถึง วันที่ 30 เมษายน 2553

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการเคมีอาหาร 15 ชั้น 2 ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

1.1. ตัวแปรต้น ได้แก่

- 1.1.1. ส่วนต่างๆ ของฝรั่ง ได้แก่ เปลือกฝรั่ง เนื้อฝรั่ง และเนื้อในฝรั่ง
- 1.1.2. ฝรั่ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กลมสาลี พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์กิมจู

1.2. ตัวแปรตาม ได้แก่

- 1.2.1. ปริมาณเพคติน
- 1.2.2. ปริมาณเมทอกซิล
- 1.2.3. ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก

2. กลุ่มตัวอย่าง

ฝรั่งที่ใช้ในการสกัดเพคติน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กลมสาละ พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์กิมจู ซึ่งมีอายุของผลฝรั่งนับตั้งแต่ออกดอกประมาณ 4-5 เดือน น้ำหนักผลประมาณ 200-500 กรัม และขนาดของผลมีเส้นรอบวงประมาณ 12-20 นิ้ว

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **เพคติน** หมายถึง สารจำพวกพอลิแซ็กคาไรด์ที่เป็นน้ำตาลโมเลกุลใหญ่ เกิดจากน้ำตาลโมเลกุลย่อยชนิดกาแลคทูโรนิกที่เป็นกรดน้ำตาลจำนวนหลายโมเลกุลมาต่อกัน เพคตินจะอยู่บริเวณผนังเซลล์ของพืช ทำหน้าที่เชื่อมเซลล์ต่างๆ เข้าด้วยกัน
2. **กรดเพคติก** หมายถึง เพคตินที่มีหมู่คาร์บอกซิลเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของกรดกาแลคทูโรนิกทั้งหมด
3. **กรดเพคติ尼克** หมายถึง เพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลหรือไอออนบวกของโลหะ เช่น แคลเซียม เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของกรดกาแลคทูโรนิก
4. **ไฮเมทอกซิลเพคติน** หมายถึง เพคตินที่มีปริมาณเมทอกซิลตั้งแต่ 8.16 % ขึ้นไป ซึ่งเกิดเจลได้เมื่อมีปริมาณน้ำตาล 60 – 65 % ที่ค่า pH ต่ำกว่า 3.6
5. **โลว์เมทอกซิลเพคติน** หมายถึง เพคตินที่มีปริมาณเมทอกซิลน้อยกว่า 8.16 % ซึ่งเกิดเจลได้เมื่อมีไอออนของโลหะอยู่ เช่น แคลเซียมไอออน และแมกนีเซียมไอออน
6. **ปริมาณเมทอกซิล** หมายถึง ปริมาณการเกิดเอสเทอร์ไฟต์ที่หมู่คาร์บอกซิล ($-\text{COOH}$) โดยเกิดจากหมู่เมทิล ($-\text{CH}_3$) ในโครงสร้างของเพคติน โดยตำแหน่งของหมู่คาร์บอกซิลที่เกิดเอสเทอร์ไฟต์จะกลายเป็น $-\text{COOCH}_3$
7. **ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก** หมายถึง ค่าที่ใช้บอกความบริสุทธิ์ของเพคติน ถ้ามีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในเพคตินมากก็จะมีค่าความบริสุทธิ์มาก
8. **เปลือกฝรั่ง** หมายถึง ส่วนที่มีสีเขียวของผลฝรั่งที่อยู่ชั้นนอกสุดของผล
9. **เนื้อฝรั่ง** หมายถึง ส่วนที่ถัดจากเปลือกฝรั่งเข้ามามีสีขาวและมีปริมาณมากที่สุดของผล
10. **เนื้อในฝรั่ง** หมายถึง ส่วนที่อยู่ชั้นในสุดของผลโดยรวมอยู่กับเมล็ดของฝรั่ง

บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

การดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. สารเคมี วัสดุ อุปกรณ์การทดลอง

1.1. สารเคมี และวัสดุ

- 1.1.1. ฝรั่งพันธุ์กลมสาละ พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์กิมจู
- 1.1.2. เพคติน เกรด 250 (pectin grade 250), Acros Organics, USA
- 1.1.3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide)
- 1.1.4. คาร์บาซอล (carbazole), Acros Organics, USA
- 1.1.5. กรดซัลฟิวริก (sulfuric acid)
- 1.1.6. กรดกาแลคทูโรนิก (D-galacturonic acid), Fluka, Slovakia
- 1.1.7. กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid)
- 1.1.8. เอทานอล (ethanol) 95%
- 1.1.9. เอทานอลบริสุทธิ์ (absolute ethanol)
- 1.1.10. ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalene)

1.2. วัสดุ อุปกรณ์การทดลอง

- 1.2.1. ตู้อบสารเคมี
- 1.2.2. เครื่องชั่งละเอียด 3 ตำแหน่ง
- 1.2.3. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
- 1.2.4. เครื่องวัดสีแบบ สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Visible Spectrophotometer) รุ่น

Genesys20

- 1.2.5. บิวเรต ขาดัง และขวดรูปชมพู่
- 1.2.6. บีเปตซ์ขนาด 10 มิลลิลิตร พร้อมลูกยาง
- 1.2.7. ขวดวัดปริมาตรขนาด 10 และ 100 มิลลิลิตร
- 1.2.8. เครื่องบดสารเคมี
- 1.2.9. ผ้าขาวบาง

2. การเตรียมตัวอย่าง

2.1. การเตรียมชิ้นส่วนของฝรั่งที่จะใช้ในการสกัดเพคติน (ดัดแปลงจาก ขนิษฐา เลิกชัยภูมิ. (2545: 23))

- 2.1.1. เตรียมฝรั่งน้ำหนัก 6 กิโลกรัม และล้างฝรั่งให้สะอาด
- 2.1.2. แยกส่วนต่างๆ ของฝรั่งออกจากกัน ได้แก่ เปลือก เนื้อ และเนื้อในฝรั่ง
- 2.1.3. บดแต่ละส่วนด้วยเครื่องบดให้ละเอียด แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก
- 2.1.4. นำไปต้มในเอทานอล 95% ในอัตราส่วนเอทานอลต่อชิ้นส่วนฝรั่งเท่ากับ 1 : 1 โดยปริมาตรต่อมวล ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที
- 2.1.5. กรองด้วยผ้าขาวบาง
- 2.1.6. นำไปล้างด้วยน้ำให้สะอาด แล้วบีบเอาน้ำออก โดยทำการล้าง 3 ครั้ง
- 2.1.7. อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส แล้วชั่งน้ำหนัก
- 2.1.8. นำไปบดด้วยเครื่องบดให้ละเอียด แล้วชั่งน้ำหนัก
- 2.1.9. เก็บไว้ในช่องแช่แข็งของตู้เย็น

2.2. การสกัดเพคติน (ดัดแปลงจาก ขนิษฐา เลิกชัยภูมิ. (2545: 26-27))

- 2.2.1. ชั่งน้ำหนักของเปลือกฝรั่งบดที่เตรียมไว้ในข้อ 2.1 ใส่บีกเกอร์ 3 บีกเกอร์ๆ ละ 10 กรัม
- 2.2.2. เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.05 โมลาร์ อัตราส่วนของกรดไฮโดรคลอริก ต่อเปลือกฝรั่งบดเท่ากับ 12 : 1 โดยปริมาตรต่อมวล ในแต่ละบีกเกอร์
- 2.2.3. นำไปสกัดเพคตินในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- 2.2.4. กรองผ่านผ้าขาวบาง แล้วนำเปลือกฝรั่งที่กรองได้ไปเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.05 โมลาร์ อัตราส่วนกรดไฮโดรคลอริกต่อเปลือกฝรั่งบดเท่ากับ 12 : 1 โดยปริมาตรต่อมวล แล้วนำไปสกัดอีกครั้ง
- 2.2.5. กรองผ่านผ้าขาวบางอีกครั้ง แล้วนำสารละลายที่ได้จากการสกัดทั้ง 2 ครั้ง มารวมกัน
- 2.2.6. นำสารละลายไประเหยในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ให้เหลือ 1 ใน 3 ส่วนของปริมาตรเดิม
- 2.2.7. ทำการตกตะกอนเพคติน โดยเติมเอทานอลเข้มข้น 95% ในอัตราส่วน สารละลายต่อเอทานอล 1 : 2 โดยปริมาตร เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง
- 2.2.8. กรองแยกเอาตะกอนเพคติน แล้วล้างตะกอนเพคตินด้วยเอทานอลเข้มข้น 95% จำนวน 3 ครั้ง
- 2.2.9. นำเพคตินมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส แล้วบดให้เป็นผง

2.2.10. นำเพคตินผงไปวิเคราะห์ปริมาณเพคติน ปริมาณเมทอกซิล และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก

2.2.11. ทำการสกัดเพคตินจากส่วนของเนื้อ และเนื้อในฝรั่ง ตามขั้นตอนตั้งแต่ข้อ 2.2.1 – 2.2.10 ให้ครบทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กลมสาละ สี พันธุ์แป้นสีทอง และพันธุ์กิมจู

2.2.12. นำเพคตินที่ได้ในแต่ละส่วน มาเปรียบเทียบสมบัติกับเพคตินมาตรฐาน

3. การหาปริมาณเพคติน

คำนวณปริมาณเพคตินแห้ง (ร้อยละ) ที่ได้จากชิ้นส่วนของฝรั่งแห้ง โดยเทียบกับชิ้นส่วนของฝรั่งแห้ง 10 กรัม ที่นำมาสกัด

4. การหาปริมาณเมทอกซิลในเพคติน

ได้ใช้วิธีของ Jitra Singthong; et al. (2004: 396). ในการหาปริมาณเมทอกซิลในเพคติน ดังนี้

- 4.1. ชั่งน้ำหนักเพคตินผง ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ 3 ขวดๆ ละ 0.5 กรัม
- 4.2. เติมหาทานอลลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 2 มิลลิลิตร
- 4.3. ละลายด้วยน้ำที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ ขวดละ 100 มิลลิลิตร
- 4.4. คนให้เข้ากันแล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีนลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 5 หยด
- 4.5. นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ แล้วบันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 1
- 4.6. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าแรงๆ ทิ้งไว้ 15 นาที
- 4.7. เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าจนสีชมพูหายไป
- 4.8. เติมฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด
- 4.9. นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ จนสีชมพูเริ่มปรากฏ แล้วบันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 2
- 4.10. คำนวณหาค่า degree of esterification (%DE) จากสูตร

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

4.11. นำค่า %DE ที่ได้ไปหาปริมาณเมทอกซิลโดยดูจากตาราง (ภาคผนวก ก) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันกับปริมาณเมทอกซิล

5. การหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก (ดัดแปลงจาก ชนิษฐา เลิกชัยภูมิ. (2545: 75-76).)

5.1. การทำกราฟมาตรฐาน

- 1) ชั่งน้ำหนักกรดกาแลคทูโรนิก 0.1 กรัม ผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.05 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร
- 2) บีเบตต์สารละลายในข้อ 1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
- 3) บีเบตต์สารละลายจากข้อ 2 มา 1, 2, 4, 5, 6 และ 8 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร อย่างละ 1 ขวด และปรับปริมาตรแต่ละขวดให้เป็น 10 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น
- 4) บีเบตต์สารละลายในแต่ละความเข้มข้นจากข้อ 3 ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดกลาง 3 หลอดๆ ละ 2 มิลลิลิตร เมื่อบีเบตต์สารละลายจนครบทุกความเข้มข้นใส่ในหลอดทดลอง จะได้จำนวนทั้งหมด 18 หลอด
- 5) เติมสารละลายคาร์บาซอลเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอด เขย่าให้เข้ากัน
- 6) เติมสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 12 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอด เขย่าให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ 25 นาที
- 7) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร แล้วสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสง

5.2. การเตรียมสารตัวอย่าง

- 1) ชั่งน้ำหนักเพคติน 0.1 กรัม ผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.05 โมลาร์ ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วทิ้งไว้ 30 นาที
- 2) บีเบตต์สารละลายเพคตินจากข้อ 1 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร
- 3) บีเบตต์สารละลายเจือจางใส่ลงในหลอดทดลองขนาดกลาง 3 หลอดๆ ละ 2 มิลลิลิตร
- 4) เติมสารละลายคาร์บาซอลเข้มข้นร้อยละ 0.1 ลงในหลอดทดลองหลอดละ 1 มิลลิลิตร
- 5) เติมสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 12 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 25 นาที
- 6) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 525 นาโนเมตร แล้วนำไปหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกจากกราฟมาตรฐาน

บทที่ 3

ผลการทดลอง

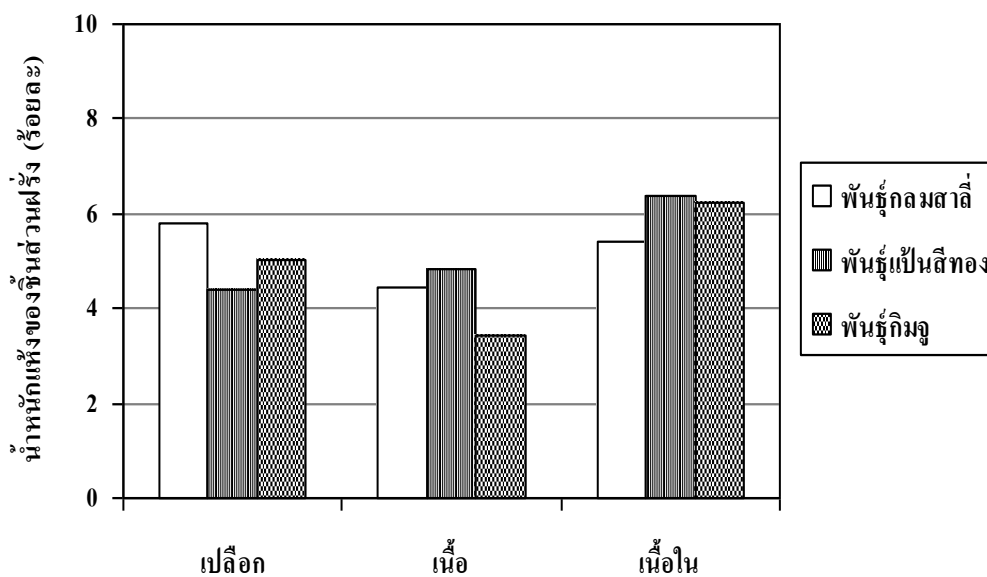
1. น้ำหนักแห้งของชิ้นส่วนฝรั่ง

จากการทดลองหาน้ำหนักแห้งของชิ้นส่วนต่างๆ ของฝรั่ง พบว่า เนื้อฝรั่งเป็นส่วนที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบมากที่สุด ใด้ร้อยละของน้ำหนักแห้งในช่วง 3.43-4.81 (เฉลี่ยร้อยละ 4.23) เนื้อในฝรั่งเป็นส่วนที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบน้อยที่สุด คือใด้น้ำหนักแห้งมากที่สุด คือร้อยละ 5.42-6.40 (เฉลี่ยร้อยละ 6.02) เมื่อเปรียบเทียบกันทางสถิติ พบว่า เนื้อในของฝรั่งแต่ละพันธุ์มีร้อยละของน้ำหนักแห้งมากกว่าเนื้อฝรั่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในขณะที่เปลือกฝรั่ง ใด้น้ำหนักแห้งร้อยละ 4.40-5.81 (เฉลี่ยร้อยละ 5.08) ถ้าพิจารณาร้อยละของน้ำหนักแห้งจากฝรั่งแต่ละพันธุ์ พบว่า ฝรั่งแต่ละพันธุ์มีร้อยละของน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

เพื่อให้ใด้น้ำหนักชิ้นส่วนฝรั่งอบแห้งที่มีปริมาณมากพอแก่การทดลอง จึงใช้ชิ้นส่วนฝรั่งสด น้ำหนัก 800-1,060 กรัม นำไปอบแห้ง ดังแสดงในตาราง 2 และน้ำหนักชิ้นส่วนฝรั่งอบแห้งที่ใด้นำมาเปรียบเทียบกันดังภาพประกอบ 10

ตาราง 2 แสดงปริมาณชิ้นส่วนฝรั่งที่ใช้ในการอบแห้ง

| ชนิดฝรั่ง | น้ำหนักเปลือก | | | น้ำหนักเนื้อ | | | น้ำหนักเนื้อใน | | |
|-----------------|---------------|-------------|----------------------|--------------|-------------|----------------------|----------------|-------------|----------------------|
| | น้ำหนักสด | น้ำหนักแห้ง | น้ำหนักแห้ง (ร้อยละ) | น้ำหนักสด | น้ำหนักแห้ง | น้ำหนักแห้ง (ร้อยละ) | น้ำหนักสด | น้ำหนักแห้ง | น้ำหนักแห้ง (ร้อยละ) |
| | (กรัม) | (กรัม) | | (กรัม) | (กรัม) | | (กรัม) | (กรัม) | |
| พันธุ์กลมสาลี | 800 | 46.490 | 5.81 | 1,050 | 46.774 | 4.45 | 800 | 43.374 | 5.42 |
| พันธุ์แป้นสีทอง | 840 | 36.924 | 4.40 | 800 | 38.498 | 4.81 | 800 | 51.183 | 6.40 |
| พันธุ์กิมจู | 850 | 42.795 | 5.03 | 1,060 | 36.355 | 3.43 | 850 | 53.081 | 6.24 |



ภาพประกอบ 10 แสดงร้อยละของน้ำหนักแห้งของชั้นส่วนฝักรัง

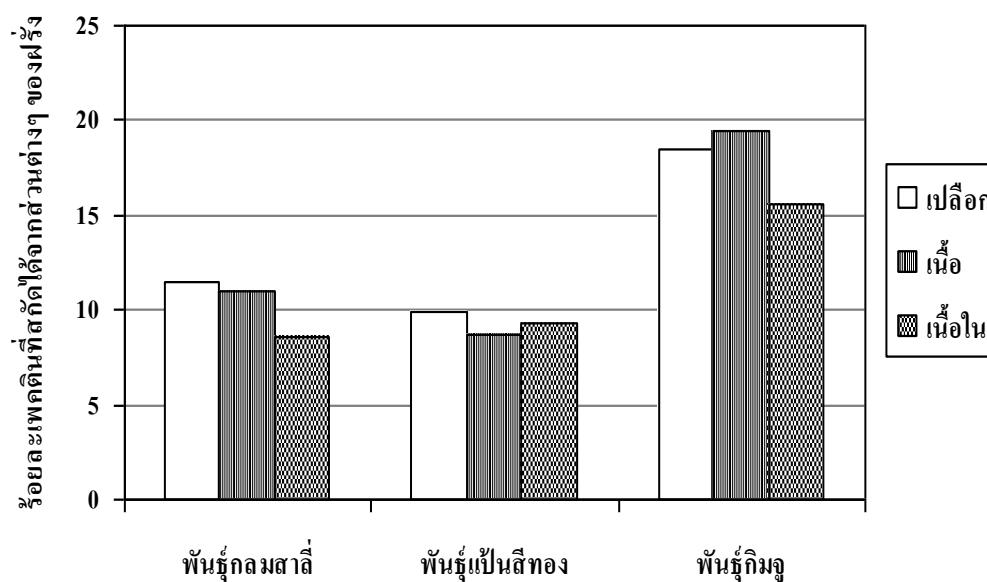
2. ปริมาณเพคตินที่สกัดได้

จากการนำชั้นส่วนฝักรังแห้ง 3 พันธุ์ จำนวน 10 กรัม ไปสกัดเพคติน ได้ปริมาณเพคตินที่อบแห้งคิดเป็นร้อยละของชั้นส่วนฝักรังแห้งดังแสดงในตาราง 3 โดยพบว่าฝักรังพันธุ์กลมสวยและแป้นสีทอง มีปริมาณเพคตินในส่วนของเปลือกฝักรังมากกว่าส่วนอื่นๆ คือร้อยละ 11.45 ± 0.24 และ 9.92 ± 0.24 ตามลำดับ แต่พันธุ์กิมจูมีปริมาณเพคตินในส่วนเนื้อฝักรังมากกว่าส่วนอื่นๆ คือร้อยละ 19.44 ± 0.83 และเมื่อพิจารณาปริมาณเพคตินรวมทุกชั้นส่วนของฝักรังแล้ว พบว่าฝักรังพันธุ์กิมจูมีปริมาณเพคตินมากกว่าฝักรังพันธุ์กลมสวยและแป้นสีทองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีเพคตินร้อยละ 18.43 ± 0.96 , 19.44 ± 0.83 และ 15.55 ± 1.08 ในเปลือก เนื้อ และ เนื้อใน ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์กลมสวยมีปริมาณเพคตินร้อยละ 11.45 ± 0.24 , 10.95 ± 0.10 และ 8.56 ± 0.56 ในเปลือก เนื้อ และเนื้อใน ตามลำดับ และพันธุ์แป้นสีทองมีปริมาณเพคตินร้อยละ 9.92 ± 0.24 , 8.69 ± 0.29 และ 9.34 ± 0.31 ในเปลือก เนื้อ และ เนื้อใน ตามลำดับ โดยนำมาเปรียบเทียบกันได้ดังภาพประกอบ 11

เมื่อพิจารณาร้อยละของเพคตินที่สกัดได้โดยแยกตามส่วนของ เปลือก เนื้อ และเนื้อในของแต่ละพันธุ์ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตาราง 3 แสดงร้อยละเพศดินที่สกัดได้จากชั้นส่วนฝรั่งแต่ละพันธุ์

| ชนิดฝรั่ง | ร้อยละเพศดินที่สกัดได้จากส่วนต่างๆ ของฝรั่ง | | |
|-----------------|---|------------------|------------------|
| | เปลือก | เนื้อ | เนื้อใน |
| พันธุ์กลมสาดี | 11.67 | 10.99 | 8.08 |
| | 11.20 | 11.02 | 9.17 |
| | 11.49 | 10.83 | 8.42 |
| | เฉลี่ย | 11.45 ± 0.24 | 10.95 ± 0.10 |
| พันธุ์แป้นสีทอง | 10.19 | 8.41 | 9.03 |
| | 9.75 | 8.98 | 9.65 |
| | 9.81 | 8.67 | 9.34 |
| | เฉลี่ย | 9.92 ± 0.24 | 8.69 ± 0.29 |
| พันธุ์กิมจู | 18.74 | 18.80 | 14.47 |
| | 17.36 | 20.38 | 15.57 |
| | 19.20 | 19.14 | 16.62 |
| | เฉลี่ย | 18.43 ± 0.96 | 19.44 ± 0.83 |



ภาพประกอบ 11 แสดงร้อยละเพศดินที่สกัดได้จากชั้นส่วนฝรั่งแต่ละพันธุ์

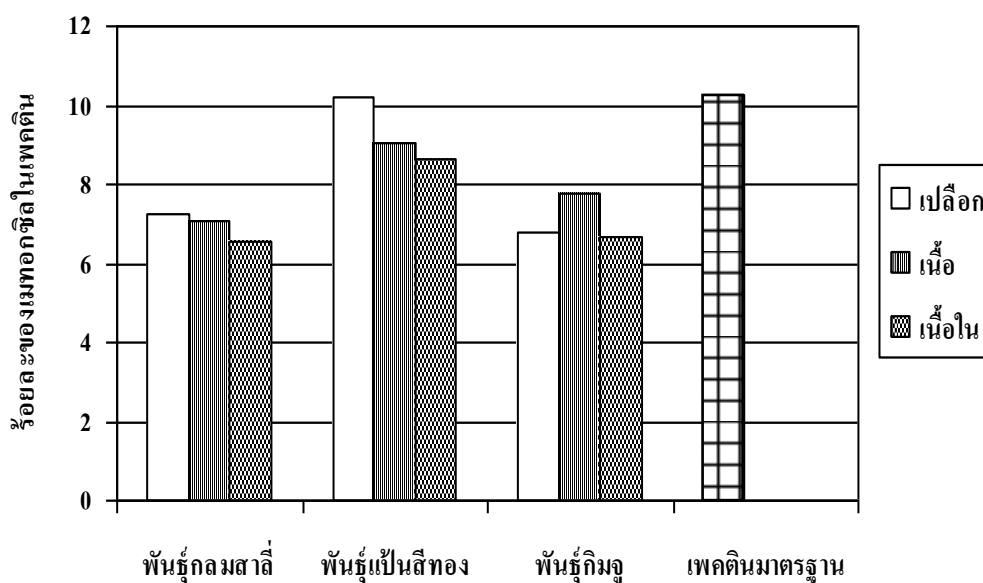
3. ปริมาณเมทอกซิลในเพคติน

นำปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ได้จากการไทเทรตไปคำนวณหาค่า Degree of esterification (DE) และไปเทียบกับตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า DE กับปริมาณเมทอกซิล (ภาคผนวก ก) จะได้ปริมาณเมทอกซิลดังตาราง 4 และภาพประกอบ 12 โดยพบว่า เพคตินมาตรฐานมีปริมาณเมทอกซิลมากที่สุดเมื่อเทียบกับปริมาณเมทอกซิลจากส่วนต่างๆ ของฝรั่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือมีปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 10.25 ± 0.00 ในขณะที่ ส่วนต่างๆ ของฝรั่ง 3 พันธุ์ มีปริมาณเมทอกซิลอยู่ในช่วงร้อยละ $6.56 \pm 0.23 - 10.19 \pm 0.16$

ตาราง 4 แสดงร้อยละของเมทอกซิลในเพคติน

| ชนิดฝรั่ง | ร้อยละของเมทอกซิลในเพคตินจากส่วนต่างๆ ของฝรั่ง และจากเพคตินมาตรฐาน | | |
|-----------------|---|------------------|-----------------|
| | เปลือกฝรั่ง | เนื้อฝรั่ง | เนื้อใน |
| พันธุ์กลมสาละ | 7.30 (44.74) | 7.06 (43.24) | 6.53 (40.00) |
| | 7.06 (43.24) | 7.11 (43.59) | 6.80 (41.67) |
| | 7.30 (44.74) | 7.11 (43.59) | 6.35 (38.89) |
| เฉลี่ย | 7.22 ± 0.14 | 7.09 ± 0.03 | 6.56 ± 0.23 |
| พันธุ์แป้นสีทอง | 10.17 (62.50) | 9.11 (55.88) | 8.44 (51.72) |
| | 10.05 (61.76) | 8.89 (54.54) | 8.69 (53.33) |
| | 10.36 (63.64) | 9.10 (55.88) | 8.69 (53.33) |
| เฉลี่ย | 10.19 ± 0.16 | 9.03 ± 0.12 | 8.61 ± 0.14 |
| พันธุ์กิมจู | 6.62 (40.54) | 7.68 (47.06) | 6.72 (41.18) |
| | 7.00 (42.86) | 7.71 (47.22) | 6.80 (41.67) |
| | 6.80 (41.67) | 7.93 (48.57) | 6.53 (40.00) |
| เฉลี่ย | 6.81 ± 0.19 | 7.77 ± 0.14 | 6.68 ± 0.14 |
| เพคตินมาตรฐาน | | 10.25 (62.96) | |
| | | 10.25 (62.96) | |
| | | 10.25 (62.96) | |
| เฉลี่ย | | 10.25 ± 0.00 | |

ตัวเลขในวงเล็บแสดงค่า %DE



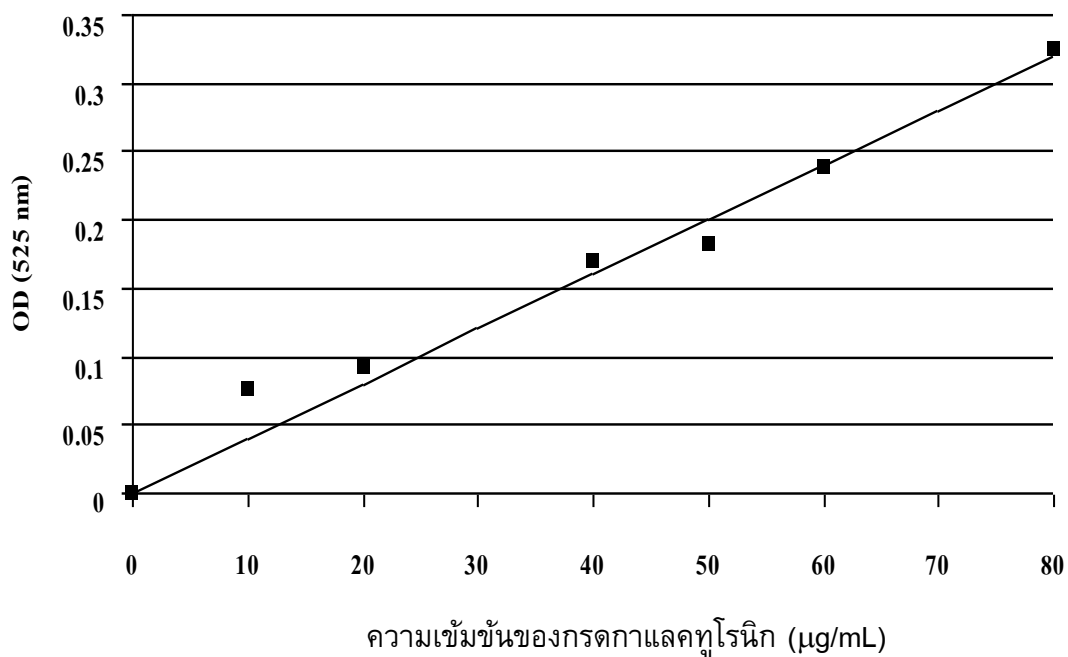
ภาพประกอบ 12 แสดงร้อยละของเมทอกซิลในเพคติน

เมื่อพิจารณาปริมาณเมทอกซิลในเพคตินที่ได้จากทุกชั้นส่วนของฝรั่งแต่ละพันธุ์แล้วพบว่า ปริมาณเมทอกซิลในเพคตินที่ได้จากชั้นส่วนของฝรั่งพันธุ์แป้งสีทองมีมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือมีปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 10.19 ± 0.16 , 9.03 ± 0.12 และ 8.61 ± 0.14 จากเปลือก เนื้อ และเนื้อใน ตามลำดับ รองลงมาเป็นปริมาณเมทอกซิลในเพคตินที่ได้จากชั้นส่วนของฝรั่งพันธุ์กลมสาลีคือร้อยละ 7.22 ± 0.14 , 7.09 ± 0.03 และ 6.56 ± 0.23 จากเปลือก เนื้อ และเนื้อใน ตามลำดับ สำหรับปริมาณเมทอกซิลในเพคตินที่ได้จากชั้นส่วนของฝรั่งพันธุ์กิมจูมีน้อยที่สุดคือร้อยละ 6.81 ± 0.19 , 7.77 ± 0.14 และ 6.68 ± 0.14 จากเปลือก เนื้อ และเนื้อใน ตามลำดับ

ทั้งนี้ เพคตินที่ได้จากเปลือกของฝรั่งพันธุ์แป้งสีทองมีปริมาณเมทอกซิลมากกว่าส่วนอื่นๆ ของฝรั่งทั้ง 3 พันธุ์ คือร้อยละ 10.19 ± 0.16 และเพคตินที่ได้จากเนื้อในฝรั่งพันธุ์กลมสาลีจะมีปริมาณเมทอกซิลน้อยที่สุดคือร้อยละ 6.56 ± 0.23

4. ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในเพคติน

จากการหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในส่วนต่างๆของฝรั่ง และในเพคตินมาตรฐาน โดยนำเพคตินไปทำปฏิกิริยากับสารละลายคาร์บาซอล แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 525 นาโนเมตร.เมื่อได้ค่าการดูดกลืนแสงแล้วนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน (ภาพประกอบ 13) เพื่อหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก พบว่า ฝรั่งพันธุ์กลมสาลีและพันธุ์กิมจูมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในส่วนของเปลือกมากกว่าส่วนอื่นคือร้อยละ 63.50 ± 1.50 และ 57.50 ± 1.25 ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์แป้งสีทองมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในเนื้อฝรั่งมากกว่าส่วนอื่นคือร้อยละ 50.25 ± 0.90 (ตาราง 5)



ภาพประกอบ 13 กราฟมาตรฐานแสดงค่าการดูดกลืนแสงของกรดกาแลคทูโรนิก

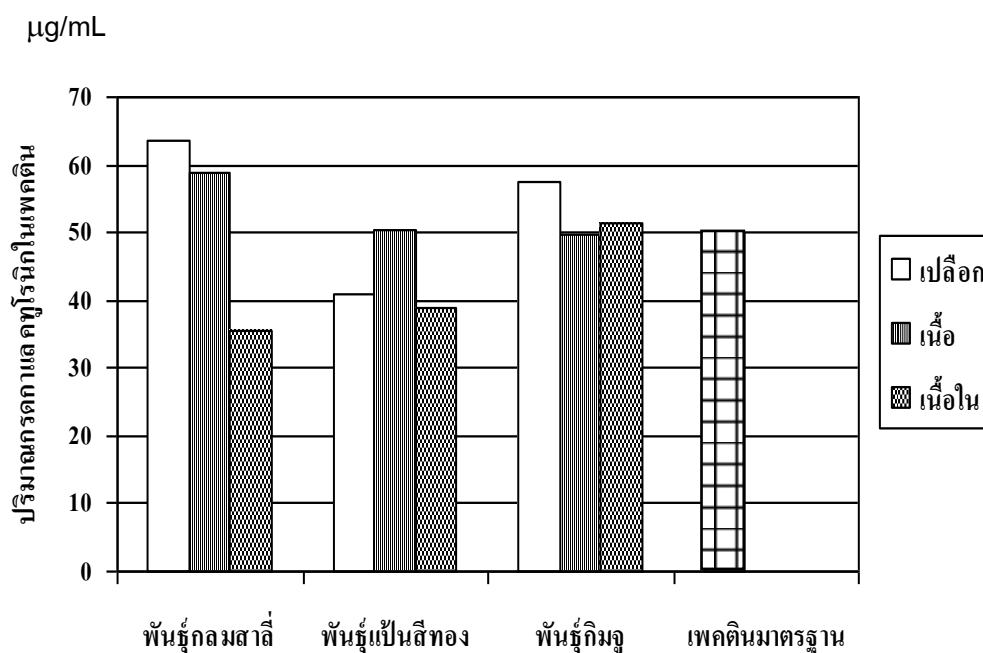
ตาราง 5 แสดงปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในเฟคติน

| ชนิดฝรั่ง | ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก (µg/mL) | | |
|-----------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------|
| | เฟคตินจากเปลือกฝรั่ง | เฟคตินจากเนื้อฝรั่ง | เฟคตินจากเนื้อในฝรั่ง |
| พันธุ์กลมสาสี่ | 62.00 | 60.00 | 35.50 |
| | 63.50 | 58.00 | 36.00 |
| | 65.00 | 59.00 | 35.00 |
| เฉลี่ย | 63.50 ± 1.50 | 59.00 ± 1.00 | 35.50 ± 0.50 |
| พันธุ์แป้นสีทอง | 41.50 | 49.25 | 40.50 |
| | 41.25 | 50.50 | 39.50 |
| | 39.50 | 51.00 | 36.25 |
| เฉลี่ย | 40.75 ± 1.09 | 50.25 ± 0.90 | 38.75 ± 2.22 |

ตาราง 5 (ต่อ)

| ชนิดฝรั่ง | ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก ($\mu\text{g/mL}$) | | |
|----------------|--|----------------------|------------------------|
| | pektin จากเปลือกฝรั่ง | pektin จากเนื้อฝรั่ง | pektin จากเนื้อในฝรั่ง |
| พันธุ์กิมจู | 58.75 | 55.00 | 49.50 |
| | 56.25 | 47.50 | 52.00 |
| | 57.50 | 46.75 | 52.25 |
| เฉลี่ย | 57.50 ± 1.25 | 49.75 ± 4.56 | 51.25 ± 1.52 |
| pektin มาตรฐาน | | 53.50 | |
| | | 49.50 | |
| | | 47.00 | |
| เฉลี่ย | | 50.00 ± 3.28 | |

เมื่อพิจารณาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในpektin ที่ได้จากทุกชิ้นส่วนของฝรั่งแต่ละพันธุ์แล้ว พบว่า ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในpektin ที่ได้จากชิ้นส่วนของฝรั่งพันธุ์กลมสาละมีมากที่สุด คือร้อยละ 63.50 ± 1.50 , 59.00 ± 1.00 และ 35.50 ± 0.50 ในpektin จากเปลือก เนื้อ และเนื้อใน ตามลำดับ รองลงมาเป็นปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในpektin ที่ได้จากชิ้นส่วนของฝรั่งพันธุ์กิมจูคือ ร้อยละ 57.50 ± 1.25 , 49.75 ± 4.56 และ 51.25 ± 1.52 ในpektin จากเปลือก เนื้อ และเนื้อใน ตามลำดับ และพบปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในpektin ที่ได้จากชิ้นส่วนของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองน้อยที่สุด คือร้อยละ 40.75 ± 1.09 , 50.25 ± 0.90 และ 38.75 ± 2.22 ในpektin จากเปลือก เนื้อ และเนื้อใน ตามลำดับ (ภาพประกอบ 14)



ภาพประกอบ 14 แสดงปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในเพคติน

จากการเปรียบเทียบเพคตินมาตรฐานซึ่งมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก ร้อยละ 50.00 ± 3.28 กับชิ้นส่วนต่างๆ ของฝรั่ง พบว่า ชิ้นส่วนของฝรั่งแต่ละพันธุ์ที่มีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกมากกว่า เพคตินมาตรฐาน ได้แก่ เพคตินจากเปลือกและเนื้อของฝรั่งพันธุ์กุลมสาลี ซึ่งมีค่าร้อยละ 63.50 ± 1.50 และ 59.00 ± 1.00 ตามลำดับ เพคตินจากเนื้อของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองมีค่าร้อยละ 50.25 ± 0.90 และเพคตินจากเปลือกและเนื้อในของฝรั่งพันธุ์กิมจูมีค่าร้อยละ 57.50 ± 1.25 และ 51.25 ± 1.25 ตามลำดับ

บทที่ 4

สรุปและอภิปรายผล

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือก เนื้อ และเนื้อในของฝรั่งพันธุ์กลม-สาละ พิษณุภัณฑ์ทอง และพันธุ์กิมจู โดยเปรียบเทียบปริมาณเพคติน ปริมาณเมทอกซิล และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกกับเพคตินมาตรฐาน และนำเสนอผลการศึกษาตามลำดับดังนี้

1. สรุปผลการทดลอง
2. อภิปรายผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

1. เปรียบเทียบปริมาณเพคตินที่สกัดได้จากฝรั่งแต่ละพันธุ์ พบว่า ปริมาณเพคตินที่สกัดได้จากฝรั่งพันธุ์กิมจูมีมากที่สุด (ร้อยละ 15.55 ± 1.08 - 19.44 ± 0.83) เพคตินที่สกัดได้จากฝรั่งพันธุ์กลมสาละมีปริมาณรองลงมา คือร้อยละ 8.56 ± 0.56 - 11.45 ± 0.24 และปริมาณเพคตินที่สกัดได้จากฝรั่งพันธุ์แป้งสีทองมีน้อยที่สุด (ร้อยละ 8.69 ± 0.29 - 9.92 ± 0.24)

2. เปรียบเทียบปริมาณเพคตินจากชิ้นส่วนต่างๆ ของฝรั่ง พบว่าปริมาณเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกฝรั่งมีมากที่สุด โดยเปลือกฝรั่งพันธุ์กลมสาละมีเพคตินร้อยละ 11.45 ± 0.24 เปลือกฝรั่งพันธุ์แป้งสีทองมีเพคตินร้อยละ 9.92 ± 0.24 และเปลือกฝรั่งพันธุ์กิมจูมีเพคตินร้อยละ 18.43 ± 0.96 ส่วนปริมาณเพคตินที่สกัดได้จากเนื้อในฝรั่งมีน้อยที่สุด โดยเนื้อในฝรั่งพันธุ์กลมสาละมีเพคตินร้อยละ 8.56 ± 0.56 เนื้อในฝรั่งพันธุ์แป้งสีทองมีเพคตินร้อยละ 9.34 ± 0.31 และเนื้อในฝรั่งพันธุ์กิมจูมีเพคตินร้อยละ 15.55 ± 1.08

3. สำหรับเพคตินที่มีปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 8.16 ขึ้นไป จัดเป็นเพคตินชนิด HMP พบว่า เพคตินที่สกัดจากฝรั่งพันธุ์แป้งสีทองจัดเป็นชนิด HMP โดยมีปริมาณเมทอกซิลในเพคตินที่สกัดได้จากเปลือก เนื้อ และเนื้อในร้อยละ 10.19 ± 0.16 , 9.03 ± 0.12 และ 8.61 ± 0.14 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับเพคตินมาตรฐาน พบว่า เพคตินจากเปลือกฝรั่งพันธุ์แป้งสีทองมีปริมาณเมทอกซิล (ร้อยละ 10.19 ± 0.16) ใกล้เคียงกับเพคตินมาตรฐาน (ร้อยละ 10.25 ± 0.00) มากที่สุด

4. เพคตินที่สกัดได้จากชิ้นส่วนของฝรั่งพันธุ์กลมสาละและพันธุ์กิมจู จัดเป็นเพคตินชนิด LMP โดยฝรั่งพันธุ์กลมสาละจะมีปริมาณเมทอกซิลในเพคตินจากเปลือก เนื้อ และเนื้อใน ร้อยละ 7.22 ± 0.14 , 7.09 ± 0.03 และ 6.56 ± 0.23 ตามลำดับ สำหรับฝรั่งพันธุ์กิมจูมีปริมาณเมทอกซิลในเพคตินจากเปลือก เนื้อ และเนื้อในร้อยละ 6.81 ± 0.19 , 7.77 ± 0.14 และ 6.68 ± 0.14 ตามลำดับ

5. ชิ้นส่วนของฝรั่งที่มีปริมาณเมทอกซิลน้อยที่สุดคือเนื้อในของฝรั่งแต่ละพันธุ์ โดยเพคตินจากเนื้อในฝรั่งพันธุ์กลมสาละมีปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 6.56 ± 0.23 เพคตินจากเนื้อในฝรั่งพันธุ์กิมจูมีปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 6.68 ± 0.14 และเพคตินจากเนื้อในฝรั่งพันธุ์แป้งสีทองมีปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 8.61 ± 0.14

6. เพศตินจากชั้นส่วนของฝรั่งที่มีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกมากกว่าเพศตินมาตรฐานซึ่งมีกรดกาแลคทูโรนิกร้อยละ 50.00±3.28 ได้แก่ เปลือกและเนื้อฝรั่งพันธุ์กลมสาละ และเปลือกฝรั่งพันธุ์กิมจู ซึ่งมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกร้อยละ 63.50±1.50, 59.00±1.0 และ 57.50±1.25 ตามลำดับ นอกจากนี้ เพศตินจากเนื้อและเนื้อในฝรั่งพันธุ์กิมจู และเนื้อฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกใกล้เคียงกับเพศตินมาตรฐาน คือมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกร้อยละ 49.75±4.56, 51.25±1.52 และ 50.25±0.90 ตามลำดับ สำหรับส่วนอื่นๆ ของฝรั่งทั้ง 3 พันธุ์ มีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกน้อยกว่าเพศตินมาตรฐาน

อภิปรายผลการทดลอง

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าเนื้อฝรั่งพันธุ์กิมจูเป็นส่วนที่มีปริมาณเพศตินมากที่สุด คือมีปริมาณร้อยละ 19.44± 0.83 แม้ว่าเป็นปริมาณที่ไม่มากนัก แต่ก็มีปริมาณมากกว่าเพศตินที่สกัดได้จากพืชชนิดอื่นที่นิยมนำมาสกัด เช่น จากเปลือกส้ม แอปเปิ้ล และมะนาว จากงานวิจัยของ สมฤทัย จิตภักดิ์ดินทร์; และ อมราวดี จางวาง. (2552). ได้ปริมาณเพศตินจากเปลือกด้านในของมะนาว ร้อยละ 2.34 ± 0.05 ในขณะที่ E.C. Nwanekezi; O.C.G. Alawuba; and C.C.M. Mkpolulu. (1992). ได้สกัดเพศตินจากทุกส่วนของมะนาวโดยรวม ได้ร้อยละ 1.0

ผลที่ได้จากการทดลอง พบว่าเพศตินจากฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองเป็นชนิด HMP คือมีปริมาณเมทอกซิลมากกว่าร้อยละ 8.16 ส่วนเพศตินที่ได้จากฝรั่งพันธุ์กลมสาละและพันธุ์กิมจูเป็นเพศตินชนิด LMP แสดงว่า ฝรั่งแต่ละพันธุ์จะมีสมบัติเฉพาะของตัวเองซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับยีนควบคุมเอมไซม์ที่ใช้สังเคราะห์เพศติน เนื่องมา เรือนเริงกลื่น; จิรานาต บุญคง; และ รัตนา จินดาพันธ์. (2548). ได้ศึกษาผลิตภัณฑ์จากเพศตินที่ได้จากฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง พบว่า เป็นเพศตินชนิด HMP โดยมีปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 12.65 (%DE = 77.50) และงานวิจัยของ E.C Nwanekezi.; O.C.G. Alawuba; and C.C.M. Mkpolulu. (1992) ได้สกัดเพศตินจากพืชชนิดอื่น เช่น มะละกอ มะม่วง มะนาว พบว่าเป็นเพศตินชนิด HMP มีปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 11.41, 12.42 และ 9.16 ตามลำดับ และยังพบว่า ฝรั่งพันธุ์กลมสาละเป็นเพศตินชนิด LMP โดยมีปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 6.37 (%DE = 40.26) งานวิจัยอื่นได้แก่ Yen, G.C; and Lin, H.T. (1998). ศึกษาสมบัติของน้ำฝรั่งพันธุ์กลมสาละ พบว่า เป็นเพศติน LMP โดยมีปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 6.61 สำหรับพืชชนิดอื่นจากงานวิจัยของ E.C Nwanekezi.; O.C.G. Alawuba; and C.C.M. Mkpolulu. (1992). พบว่าเพศตินที่ได้จากพืชที่เป็นชนิด LMP ได้แก่ แอปเปิ้ล ส้ม กล้วย มะเขือเทศ มีปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 4.23, 5.94, 7.62 และ 7.08 ตามลำดับ (ภาคผนวก ข)

ในการสกัดเพศติน ต้องคำนึงถึงความบริสุทธิ์ของเพศตินที่สกัดได้ สิ่งที่บอกความบริสุทธิ์ของเพศตินคือ ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในเพศติน โดยในการหาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกต้องเปลี่ยนหมู่เมทอกซิลกาแลคทูโรนิตให้เป็นกรดกาแลคทูโรนิกก่อนโดยการทำปฏิกิริยากับสารละลาย

โซเดียมไฮดรอกไซด์จึงจะได้ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกทั้งหมด พบว่า เพศดินมาตรฐานมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกร้อยละ 50 และพบว่าเกือบทุกส่วนของฝรั่งทั้ง 3 พันธุ์ มีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกสูงกว่าเพศดินมาตรฐานโดยเปลือกฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกมากที่สุด มีเพียง 2 ส่วนเท่านั้นที่มีปริมาณต่ำกว่า คือ เพศดินจากเนื้อในฝรั่งพันธุ์กลมสาละและพันธุ์แป้นสีทอง สำหรับเพศดินจากเนื้อฝรั่งพันธุ์กิมจูมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกร้อยละ 49.75 ± 4.56 ซึ่งไม่แตกต่างจากเพศดินมาตรฐาน ดังนั้น หากต้องการสกัดเพศดินจากฝรั่ง เพื่อให้มีความบริสุทธิ์มากที่สุด ควรสกัดจากส่วนเปลือกของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง ซึ่งหากใช้เปลือกที่เป็นส่วนที่เหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรม ก็จะเป็นการลดต้นทุนการผลิตเพศดินด้วย

งานวิจัยของ E.C Nwanekezi.; O.C.G. Alawuba; and C.C.M. Mkpolutu. (1992). พบปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในเพศดินจากฝรั่งร้อยละ 47.36 สำหรับปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในพืชชนิดอื่น เช่น เนื้อเยื่อส้มโอ ของฉัตรชัย สังข์มุต; จีราภรณ์ สังข์มุต; และ นพรัตน์ ผาสุข. (2548). พบว่าปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในเพศดินมีค่าร้อยละ 57

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กนกพร สังข์รักษ์; และเจนจิรา โตะแบ. (2552). เพคตินจากเศษผักกาดขาวและการประยุกต์ใช้. วิทยานิพนธ์ วท.ม. ปัตตานี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ถ่ายเอกสาร.
- ขนิษฐา เลิกชัยภูมิ. (2545). ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดเพคตินจากเนื้อเยื่อพีช. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ฉัตรชัย สังข์ผุด; จีราภรณ์ สังข์ผุด; และ นพรัตน์ ผาสุข. (2548). คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของ เพคตินผงที่สกัดจากผลส้มโอ. วิทยานิพนธ์ วท.ม. เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- ณรงค์ ศิริรัมย์; และ เมธินี เห่วซึ่งเจริญ. (2548). การสกัดและสมบัติของเพคตินจากกากฝรั่งพันธุ์กลมสาละ. กรุงเทพฯ: งานวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.
- เนืองนภา เรือนเรียงกลิ่น; จิรานาด บุญคง; และ รัตนา จินดาพันธ์. (2548). ผลิตภัณฑ์จากเพคตินที่ได้จากฝรั่ง. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม. ถ่ายเอกสาร.
- น้ำทิพย์ นาเชียงไต้; และยุวภา ทศบุตร. (2550). ผลของ pH และอุณหภูมิต่อคุณภาพของเพคตินที่สกัดได้จากใบหมาน้อย. วิทยานิพนธ์ วท.บ. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- พิเชษฐ เทบ่ารุง. (2546). การหาปริมาณและคุณภาพของเพคตินจากใบหมาน้อย. วิทยานิพนธ์ วท.ม. มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วรรณงค์ ทองสมบัติ; อัญชลี ศิริโชติ; และสุกัญญา จันทะชุม. (2550). การผลิตน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเติมใยอาหาร. ว. สงขลานครินทร์. 28 (ฉบับพิเศษ 2): 187-196.
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2548). ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากเพคติน วว. ลดโคเลสเตอรอล. จดหมายข่าว วว. 8(5): 10.
- สมฤทัย จิตภักดีบัณฑิต; และอมราวดี งามวาง. (2552). เพคตินจากเปลือกมะนาว. วิทยานิพนธ์ วท.ม. ปัตตานี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ถ่ายเอกสาร.
- อรพิน ภูมิภมร. (2523). คาร์โบไฮเดรตในอาหาร : พอลิแซ็กคาไรด์. กรุงเทพฯ: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Attri, Maini. (1996). *Pectin from Galgal(Citrus pseudolimon Tan.) Peel*. Bioresource Technology. 55: 89-91.
- Baker; and Woodmansce. (1994). *Polyphosphates in the Extraction of Pectin*. Journal of Food Products. 23(2): 164.
- Beda M. Yapo. (2008). *Pectin quantity, composition and physicochemical behaviour as influenced by the purification process*. Food Research International. 42: 1197–1202.
- C Mollea; et al. (2007). *Extraction and Characterization of Pectins from Cocoa Barks: A Preliminary Study*. Food Chemistry. 107: 1353-1356.

- Chang; et al. (1994). *Sunflower Head Residue Pectin Extraction as Affected by Physical Conditions*. Journal of Food Science. 59(6): 1207-1210.
- E.C Nwanekezi.; O.C.G. Alawuba; and C.C.M. Mkpolulu. (1992). *Characterization of Pectic Substances from Selected Tropical Fruits*. Thesis Master degree. Abia State, Nigeria: Graduated School, Abia State University. Copy.
- Jittra Singthong; et al. (2004). *Structural characterization, degree of esterification and some gelling properties of Krueo Ma Noy (Cissampelos pareira) pectin*. Carbohydrate Polymers. 58(4): 391-400.
- Kertesz. (1951). *The Pectin Substances*. New York: Interscience Publishers.
- Kim, D.H.; et al. (2000). *Physiochemical Characterization of pectin extracted from Cheju Mandarin (Citrus unshiu) Peels with Citric Acids*. Food Science and Biotechnology. 9(2): 95-98.
- Kratchanova. (1995). *Characteristics and Application of Pectin Extracts in Cigarette Production*. Food Hydrocolloides. 9(2): 97-102.
- Levigne; et al. (2002). *Characterization of Pectin Extraction from Fresh Sugar Beet Under Different Conditions Using an Experimental Design*. Carbohydrate Polymers. 49(2): 145-153.
- Mariam B. Sticklen. (2008). *Plant genetic engineering for biofuel production*. Nature Reviews Genetics. 9: 433-443.
- Marcia V. Marcon; et al. (1995). *Pectins from apple pomace*. Thesis Master degree. France: Graduated School, Estadual de Ponta Grossa University. Copy.
- Mukhiddinov, Z.K; et al. (2000). *Isolation and structural characterization of a pectin homo and ramnogalacturonan*. Talanta, 53: 171-176.
- Osamu Kurita; et al. (2008). *Characterization of the Pectin Extracted from Citrus Peel in the Presence of Citric Acid*. Carbohydrate Polymers. 74: 725-730.
- Pagan, Ibarz. (1999). *Extraction and Rheological Properties of Pectin from Fresh Peach Pomace*. Journal of Food Engineering. 39: 193-201.
- Pagan; et al. (2001). *Extraction and Characterization of Pectin from Stored Peach Pomace*. Food Research International. 34(7): 605-612.
- Ridley; et al. (2001). *Pectins: structure, biosynthesis, and oligogalacturonide-related signaling*. Phytochemistry. 57: 929-967.
- U. kalapathy; and A. proctor. (2001). *Effect of acid extraction and alcohol precipitation*. Food chemistry. 73: 393-396.
- Yen, G.C; and Lin, H.T. (1998). *Effects of high pressure and heat treatment on pectic substances and related characteristics in guava juice*. J. Food Sci. 63: 684-687.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตาราง 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Degree of esterification กับ
ปริมาณเมทอกซิลในเพคติน

| DE (%) | Methoxyl (%) |
|--------|--------------|
| 0 | 0.00 |
| 10 | 1.63 |
| 20 | 3.26 |
| 30 | 4.90 |
| 40 | 6.53 |
| 50 | 8.16 |
| 60 | 9.76 |
| 70 | 11.42 |
| 80 | 13.06 |
| 90 | 14.69 |
| 100 | 16.32 |

ที่มา : อรพิน ภูมิภมร. (2523). คาร์โบไฮเดรตในอาหาร.

ภาคผนวก ข

ตาราง 7 แสดงค่า %DE, ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก, ปริมาณเพคติน และค่าความชื้นในพืชชนิดต่างๆ

| Sample | MEO, % of pectin | AGA, % of pectin | Pectin yield, % of the fruit pulp | Moisture content, % of the fruit pulp |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------|--|--|
| Star apple | 8.68 | 9.38 | 0.60 | 75.00 |
| Banana | 46.68 | 51.98 | 1.10 | 88.40 |
| Pawpaw | 69.44 | 79.74 | 1.60 | 87.24 |
| Orange | 36.37 | 44.37 | 1.35 | 90.45 |
| Cashew apple | 25.93 | 36.02 | 1.28 | 92.34 |
| Mango | 76.14 | 81.64 | 1.80 | 87.20 |
| Avocado pear | 46.60 | 51.60 | 0.73 | 83.10 |
| Garden egg | 60.15 | 65.75 | 0.90 | 80.00 |
| Lime | 56.28 | 69.65 | 1.00 | 87.50 |
| Tomato | 43.40 | 45.30 | 0.53 | 78.40 |
| Guava | 40.26 | 47.36 | 1.26 | 84.12 |
| Native Mango | 22.86 | 36.86 | 0.72 | 81.00 |

MEO - Methoxyl ester content, AGA - Anhydrogalacturonic acid content.

ที่มา : E.C Nwanekezi.; O.C.G. Alawuba; and C.C.M. Mkpolulu. (1992).

Characterization of Pectic Substances from Selected Tropical Fruits.

ภาคผนวก ค

ตาราง 8 แสดงน้ำหนักของเพคตินที่สกัดได้ (อบแห้ง) จากชิ้นส่วนฝรั่งแห้ง 10 กรัม

| ชนิดฝรั่ง | น้ำหนักของเพคตินที่สกัดได้ (กรัม) | | |
|-----------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
| | เปลือก | เนื้อ | เนื้อใน |
| พันธุ์กลมสาลี | 1.167 | 1.099 | 0.808 |
| | 1.120 | 1.102 | 0.917 |
| | 1.149 | 1.083 | 0.842 |
| เฉลี่ย | 1.145 ± 0.024 | 1.095 ± 0.010 | 0.856 ± 0.056 |
| พันธุ์แป้นสีทอง | 1.019 | 0.841 | 0.903 |
| | 0.975 | 0.898 | 0.965 |
| | 0.981 | 0.867 | 0.934 |
| เฉลี่ย | 0.992 ± 0.024 | 0.869 ± 0.029 | 0.934 ± 0.031 |
| พันธุ์กิมจู | 1.874 | 1.880 | 1.447 |
| | 1.736 | 2.038 | 1.557 |
| | 1.920 | 1.914 | 1.662 |
| เฉลี่ย | 1.843 ± 0.096 | 1.944 ± 0.083 | 1.555 ± 0.108 |

ตาราง 9 แสดงปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ได้จากการไทเทรตเพื่อหาค่า DE

| ชนิดฝรั่ง | เปลือก | | เนื้อ | | เนื้อใน | |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | V_1 (cm ³) | V_2 (cm ³) | V_1 (cm ³) | V_2 (cm ³) | V_1 (cm ³) | V_2 (cm ³) |
| พันธุ์กลมสาลี | 2.1 | 1.7 | 2.1 | 1.6 | 2.1 | 1.4 |
| | 2.1 | 1.6 | 2.2 | 1.7 | 2.1 | 1.5 |
| | 2.1 | 1.7 | 2.2 | 1.7 | 2.2 | 1.4 |
| พันธุ์แป้นสีทอง | 1.2 | 2.0 | 1.5 | 1.9 | 1.4 | 1.5 |
| | 1.3 | 2.1 | 1.5 | 1.8 | 1.4 | 1.6 |
| | 1.2 | 2.1 | 1.5 | 1.9 | 1.4 | 1.6 |
| พันธุ์กิมจู | 2.2 | 1.5 | 1.8 | 1.6 | 2.0 | 1.4 |
| | 2.0 | 1.5 | 1.9 | 1.7 | 2.1 | 1.5 |
| | 2.1 | 1.5 | 1.8 | 1.6 | 2.1 | 1.4 |
| เพคตินมาตรฐาน | | | 1.0 | 1.7 | | |
| | | | 1.0 | 1.7 | | |
| | | | 1.0 | 1.7 | | |

ตาราง 10 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของกรดกาแลคทูโรนิกในเพคติน

| ชนิดฝรั่ง | ค่าการดูดกลืนแสงที่ 525 nm | | |
|-----------------|----------------------------|---------------------|-----------------------|
| | เพคตินจากเปลือกฝรั่ง | เพคตินจากเนื้อฝรั่ง | เพคตินจากเนื้อในฝรั่ง |
| พันธุ์กลมสาเล่ | 0.248 | 0.240 | 0.142 |
| | 0.254 | 0.232 | 0.144 |
| | 0.260 | 0.236 | 0.140 |
| | เฉลี่ย | 0.254 ± 0.06 | 0.236 ± 0.004 |
| พันธุ์แป้นสีทอง | 0.166 | 0.197 | 0.162 |
| | 0.165 | 0.202 | 0.158 |
| | 0.158 | 0.204 | 0.144 |
| | เฉลี่ย | 0.163 ± 0.004 | 0.201 ± 0.004 |
| พันธุ์กิมจู | 0.235 | 0.220 | 0.198 |
| | 0.225 | 0.190 | 0.208 |
| | 0.229 | 0.187 | 0.210 |
| | เฉลี่ย | 0.230 ± 0.005 | 0.199 ± 0.018 |
| เพคตินมาตรฐาน | | 0.214 | |
| | | 0.198 | |
| | | 0.189 | |
| | เฉลี่ย | | 0.200 ± 0.013 |

ประวัติย่อผู้วิจัย

| | |
|----------------------|---|
| ชื่อ-สกุล | นายองอาจ เต็ดดวง |
| วัน เดือน ปีเกิด | 26 พฤศจิกายน พ.ศ. 2516 |
| สถานที่เกิด | 392 สุขุมวิท 49 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110 |
| ที่อยู่ปัจจุบัน | 392 สุขุมวิท 49 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110 |
| หน้าที่การงาน | ข้าราชการครู สพท.กทม. เขต 1 |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน | โรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย ถนนศรีอยุธยา เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 |

ประวัติการศึกษา

| | |
|-----------|---|
| พ.ศ. 2540 | สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิชาเอกวิศวกรรมเคมี จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| พ.ศ. 2546 | สำเร็จการศึกษา บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการ จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| พ.ศ. 2548 | สำเร็จการศึกษา บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการตลาด จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| พ.ศ. 2553 | สำเร็จการศึกษา การศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกเคมี จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |