การเปรียบเทียบปริมาณเพกทิน จากซังขนุนหนังจำปากรอบ โดยการสกัดด้วยน้ำร้อนและความดันไอสูง

สุนันท์ วิทิตสิริ*

เพกทินเป็นสารพอลิแซกคาไรด์ที่มีอยู่ในพืชและผลไม้หลายชนิด เช่น กล้วย ขนุน และผักกาดขาว เป็นต้น ในงานวิจัยนี้ได้สกัดเพกทินจากซังขนุนหนังจำปากรอบ โดยใช้วิธีการสกัดเพกทิน 2 วิธี คือ ใช้น้ำร้อนและความดันไอสูง เพื่อเปรียบเทียบปริมาณเพกทินที่สกัดได้ พบว่า วิธีการสกัดด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที สามารถสกัดเพกทินจากซังขนุนหนังได้ 15.69% และวิธีการสกัดเพกทินด้วยความดันไอสูงที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที สามารถสกัดเพกทินจากซังขนุนหนังได้ 24.63% ซึ่งมากพออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยใช้เวลา 60 นาที เมื่อทำการตรวจสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของเพกทินที่สกัดได้ โดยใช้ความดันไอสูงที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณความชื้นเท่ากับ 7.25% มีปริมาณเถ้า 3.85% น้ำหนักสมมูล 738.00 ปริมาณเมทอกซี 7.62% ระดับการเกิดเอสเทอร์ 57.77% ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิค 319.61 มิลลิกรัม หรือ 85.67% ซึ่งมีค่าแตกต่างกับเพกทินทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่าระดับการเกิดเอสเทอร์

คำสำคัญ : เพกทิน ซังขนุนหนังจำปากรอบ การสกัดด้วยน้ำร้อน การสกัดด้วยความดันไอสูง

* 161/99 (หมู่บ้าน The One) ถนนมาตุลี ตำบลปากน้ำโพ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ 60000
อีเมล์ : sunan.sw@gmail.com, sunan_w@yahoo.com โทรศัพท์มือถือ 0850505738

The Comparison of Pectin Quantities from Stringy Pulp of Nanga Jackfruit (Juampa Krop) between Hot Water and High Vapor Pressure Extractions

Sunan Wititsiri*

Abstract

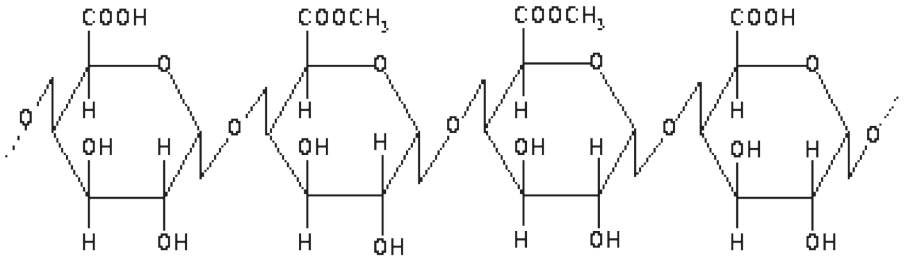
Pectin is found in vegetables and fruits including banana, jackfruit and chinese cabbage. This project studied the pectin extraction from stringy pulp of Nanga jackfruit (Juampa Krop) with the comparison between two extractions: water and high vapor pressure. 15.69% yields were obtained by hot water for 60 minutes at 80°C. 24.63% yields were gained with high vapor pressure for 30 minutes at 121°C. The t test revealed that the extraction with high vapor pressure gives more %yields than hot water. The properties of pectin was extracted by high vapor pressure are : 7.25% moisture, 3.85% ashes, 738.00 equivalent weights, 7.62 high methoxy quantities, 57.77% degree of esterifications and 85.67% D-galacturonic acids. Those quantities are difference with the quantities from a commercial pectin in statistic significantly, exception with the degree of esterifications.

Keywords: Pectin, Stringy pulp of nanga jackfruit (Juampa Krop), Hot water extraction, High vapor pressure extraction

* 161/99 (The One Townhome) Matulee Road, Paknam Pho subdistrict, Muang District, Nakhon Sawan Province, 60000 email : sunan.sw@gmail.com, sunan_w@yahoo.com mobile phone : 0850505738

บทนำ

เพกทินเป็นสารพอลิแซกคาไรด์ (polysaccharide) ของกรดดีกาแลคทูโรนิก (D-galacturonic acid) ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1–4 (α-1,4) (ภาพที่ 1) โดยหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl groups) บางหมู่ถูกทำให้เป็นเอสเทอร์ด้วยหมู่เมทิล (methyl group) ระดับการเกิดเอสเทอร์เป็นเกณฑ์บอกประเภทของเพกทิน เพกทินที่มีระดับการเกิดเอสเทอร์มากกว่า 50% เป็นเพกทินที่มีหมู่เมทอกซีสูง จะเกิดเจลได้เมื่อมีน้ำตาล 60–65% และมีพีเอชต่ำกว่า 3.6 เพกทินที่มีระดับการเกิดเอสเทอร์น้อยกว่า 50% เป็นเพกทินที่มีหมู่เมทอกซีต่ำ ในตารางที่ 1 แสดงระดับการเกิดเอสเทอร์ เปอร์เซ็นต์เมทอกซีและน้ำหนักสมมูลของเพกทิน เพกทินเป็นสารที่พบในเนื้อเยื่อพืช และเป็นเส้นใยอาหารที่ช่วยในการควบคุมโรคเบาหวาน เนื่องจากเพกทินช่วยเพิ่มความหนืดของอาหาร ทำให้ลำไส้ดูดซึมสารอาหารได้ช้าลง จึงทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดไม่สูงแบบเฉียบพลัน เพกทินยังช่วยลดระดับของคอเลสเตอรอล (cholesterol) ในเลือด โดยการดูดซึมน้ำดีจากระบบทางเดินอาหาร ทำให้ตับต้องสร้างน้ำดีทดแทน โดยใช้คอเลสเตอรอลเป็นสารตั้งต้นในการผลิตน้ำดี รวมทั้งมีการนำเพกทินมาทำเป็นยาแก้ท้องร่วง (Sriamornsak, 2001-2002)



ภาพที่ 1 โครงสร้างของเพกทิน

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเกิดเอสเทอร์ เปอร์เซ็นต์เมทอกซีและน้ำหนักสมมูล (equivalent weight) ของเพกทิน

ระดับการเกิดเอสเทอร์ (%)	เปอร์เซ็นต์เมทอกซี (%)	น้ำหนักสมมูล
0	0.0	176
10	1.63	197
20	3.26	224
30	4.90	257
40	6.53	303
50	8.16	366
60	9.79	461
70	11.42	619
80	13.06	936
90	14.69	1886
100	16.32	-

ที่มา : พวงทอง ใจสันติ์ และคณะ (2541)

โดยทั่วไปเพกทินชนิดที่มีหมู่เมทอกซีสูง (high methoxy pectin) สามารถใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ใช้ทำผลิตภัณฑ์แยม (jam) และเยลลี (jelly) ช่วยเพิ่มความข้นกับซอสและผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ ทำให้น้ำผลไม้ไม่แยกชั้น ใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ในการทำไอศกรีมและมายองเนส รวมทั้งช่วยเพิ่มความแข็งและน้ำหนักเนื้อของผลไม้ เพกทินชนิดที่มีหมู่เมทอกซีสูง เมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายที่ข้นหนืดแต่ไม่เกิดเจล จึงต้องเติมน้ำตาลลงไปในปริมาณ 60-65% และลดค่าพีเอชให้ต่ำลง โมเลกุลเพกทินจะยืดหยุ่น เพกทินที่มีหมู่เมทอกซีต่ำสามารถเกิดเจลได้ดี และเร็วกว่าชนิดที่มีหมู่เมทอกซีสูง ประโยชน์ของเพกทินมีมากมายดังได้กล่าวแล้วในข้างต้น ซึ่งประเทศไทยได้สั่งซื้อเพกทินจากต่างประเทศเพิ่มขึ้น เช่น ในปี พ.ศ. 2550 มีการนำเข้าเพกทินจำนวน 1,379,768 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 414,504,668 บาท และแปดเดือนแรกในปี พ.ศ. 2557 ได้ซื้อเพกทินจากต่างประเทศเป็นเงิน 297,461,838 บาท (กรมศุลากร, ไม่ปรากฏปีพิมพ์)

ขนุนเป็นไม้ผลที่มีรสชาติหวาน กรอบ และมีกลิ่นหอม ผลขนุนอ่อนสามารถใช้ทำอาหารได้หลายชนิด (มานพ เหลืองพันธุ์, 2543) ขนุนใช้เป็นยาสมุนไพรได้ เช่น ยาระบาย แก้กระหาย แก้เมาสุรา บำรุงร่างกาย และช่วยในการย่อย เมล็ดขนุนสุกใช้รับประทานเพื่อช่วยขับน้ำหลังคลอดของสตรี ใบขนุนสามารถนำมาพอกแผลได้ ส่วนแก่นและรากนำมาตากให้แห้ง นำมาต้ม น้ำมีรสชาติหวานชุ่มคอ การปลูกขนุนในประเทศไทย จะกระจายทั่วทุกภาคของประเทศ พันธุ์ขนุนในประเทศไทยมีมากมาย ได้แก่ ขนุนพันธุ์ทองสุดใจ ละแม จำปากรอบ ตาบ๊วย อีถ่อ ฟ้าถล่ม

ขุนวิชาญ เหลืองบางเตย ทองประเสริฐ ศรีบรรจง และแม่น้อยทะวาย ซังขนุนเป็นส่วนที่พัฒนามาจากกลีบเลี้ยงของดอกซึ่งทำหน้าที่ห่อหุ้มรังไข่ และส่วนของรังไข่ที่ไม่ได้รับการผสมเกสร (ปิยฉัตร ศรีสัตบุตร, 2542) เพกทินสามารถพบได้ในผลของขนุนซึ่งพบได้ในบริเวณเปลือกขนุน ซังขนุน และแกนของขนุน จะพบเพกทินมากในขนุนสุกมากกว่าขนุนดิบ (นัยทัศน์ ภู่ศรัณย์, 2530)

ผลไม้ไทยหลายชนิดมีเพกทินเป็นส่วนประกอบที่จะนำมาใช้สกัด เอกสารวิจัยส่วนใหญ่รายงานการสกัดเพกทินด้วยน้ำร้อน นัยทัศน์ ภู่ศรัณย์ (2530) ศึกษาการสกัดเพกทินจากขนุนจำปาดะโดยสกัดจากแกน เปลือก และซังขนุนจำปาดะด้วยความร้อน พบว่า มีเพกทิน 8.97% 11.57% และ 12.14% ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ โดยใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการสกัดคือ 60 นาที พบว่า อุณหภูมิและเวลาดังกล่าวเป็นสภาวะที่สามารถสกัดเพกทินจากซังขนุนได้มากที่สุด Martinez-Sanchez (no date) ได้ศึกษาถึงวิธีการสกัดเพกทินจากเปลือกผลไม้แห้งด้วยหม้อนึ่งอัดไอที่มีความดันไอสูง 15 ปอนด์ โดยใช้กรดซิตริก 1% w/w จำนวน 1.8 ลิตร ในการสกัด และใช้ระยะเวลาในการสกัด 30 นาที และใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถสกัดเพกทินได้ปริมาณ 262.5 กรัมต่อกิโลกรัม

ในการวิจัยครั้งนี้ทำการสกัดเพกทินจากซังขนุนหนังจำปากรอบ เนื่องจากขนุนหนังจำปากรอบมีซังหนาและคนนิยมรับประทาน จึงเหลือซังทิ้งเป็นจำนวนมาก ขนุนจำปากรอบมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Artocarpus heterophyllus* Lam. ในการสกัดจะใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการสกัด 60 นาที อีกวิธีหนึ่งจะใช้ไอน้ำร้อนความดันไอสูง ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการสกัด 30 นาที และทำการเปรียบเทียบปริมาณเพกทินที่สกัดได้จาก 2 วิธี รวมทั้งเปรียบเทียบสมบัติกายภาพและเคมีของเพกทินที่สกัดได้ในปริมาณสูงกับเพกทินทางการค้า หลักการของไอน้ำร้อนความดันไอสูงได้ใช้อุปกรณ์ที่ใช้ประโยชน์จากไอน้ำภายใต้ความดันสูง ซึ่งจากการศึกษาเอกสารต่างๆ ยังไม่ปรากฏการวิจัยใดศึกษาในลักษณะนี้มาก่อน การวิจัยครั้งนี้จึงน่าจะเป็นแนวทางให้มีการผลิตเพกทินจากซังขนุนหนังในระดับอุตสาหกรรม อันจะสามารถลดปริมาณการนำเข้าเพกทินจากต่างประเทศได้

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ทำการสกัดเพกทินจากซังขนุนหนังจำปากรอบและหาสมบัติกายภาพและเคมี โดยแต่ละการทดลองทำซ้ำ 5 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย รวมทั้งมีการทดสอบเพกทินที่สกัดได้ วิธีการสกัดเพกทินจากซังขนุนหนังจำปากรอบมี 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 การสกัดเพกทินด้วยน้ำร้อน แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ประกอบด้วยการเตรียมวัตถุดิบ และการสกัดเพกทิน

การเตรียมวัตถุดิบ ขนิษฐา เลิกชัยภูมิ (2545) นำซังขนุนหนังล้างให้สะอาดและหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ต้มด้วยเอทานอล 95% (ใช้เอทานอล 3 เท่าของน้ำหนักซังขนุนสด) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที กรองนำเอทานอลออก และอบซังขนุนหนังให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อน เป็นเวลา 3.5 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น บดด้วยเครื่องบดและร่อนซังขนุนแห้ง ใช้ตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร

การสกัดเพกทิน นัยทัศน์ ภู่ศรัณย์ (2530) นำซังขนุนหนังแห้ง 100 กรัม จากขั้นการเตรียมวัตถุดิบ เติมกรดซิตริก 1% w/w ในอัตราส่วน 1 : 20 โดยปริมาตร (กาก : กรดซิตริก) สกัดเพกทินที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องอังน้ำ ใช้เวลา 60 นาที และกรองขณะร้อน นำกากที่เหลือไปสกัดซ้ำอีกครั้ง นำสารละลายที่กรองได้ทั้งสองครั้งมารวมกัน เติมเอทานอล 95% ให้ตกตะกอน ล้างตะกอนด้วยเอทานอล 80% อบให้แห้ง ด้วยตู้อบลมร้อน บดด้วยเครื่องบดให้เป็นผงละเอียด และชั่งน้ำหนัก ทำซ้ำอีก 4 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย (ตารางที่ 2)

วิธีที่ 2 การสกัดเพกทินด้วยความดันไอสูง โดยใช้หม้อนึ่งอัดไอมีความดันสูง 15 ปอนด์ แบ่งออก เป็น 2 ขั้น ดังนี้

การเตรียมวัตถุดิบ ทำวิธีเดียวกับการสกัดเพกทินด้วยความร้อน นำซังขนุนแห้งที่เตรียมได้จากขั้นการเตรียมวัตถุดิบจำนวน 100 กรัม เติม 1%w/w กรดซิตริกจำนวน 2000 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำเข้าในเครื่องหม้อนึ่งอัดไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 30 นาทีและกรองนำกากไปสกัดซ้ำ รวมสารละลายที่กรองได้ 2 ครั้ง ระเหยน้ำออกบางส่วนด้วยเครื่องระเหยแบบหมุนได้ โดยให้เหลือประมาณ 3 ใน 4 ของสารละลายทั้งหมด เติมเอทานอล 95% ให้ตกตะกอน กรองตะกอน และล้างตะกอนด้วยเอทานอล 70% นำตะกอนที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อนเป็นเวลา 12 ชั่วโมง และบดเป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบด (Banda-Reyes, no date) ทำซ้ำอีก 4 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณเพกทินจากซังขนุนหนังด้วยวิธีการสกัดด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และวิธีการความดันไอสูงที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส

หมายเลขตัวอย่าง	ปริมาณเพกทินที่สกัดได้ (กรัม)		ผลต่างของค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	การสกัดด้วยน้ำร้อน (80 องศาเซลเซียส)	การสกัดด้วยความดันไอสูง (121องศาเซลเซียส)		
1	15.63	24.65	15.688 – 24.634 = - 8.95*	ปริมาณเพกทินที่สกัดได้ด้วยน้ำร้อน = 0.0482 ปริมาณเพกทินที่สกัดได้ด้วยความดันไอสูง = 0.0882
2	15.74	24.72		
3	15.65	24.50		
4	15.73	24.60		
5	15.69	24.70		
ค่าเฉลี่ย	15.688	24.634		

*$p < 0.01$

วิธีการหาสมบัติกายภาพและสมบัติเคมีของเพกทินที่สกัดได้จากซังขนุนหนัง (ขนิษฐา เลิกชัยภูมิ, 2545)

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

นำเพกทินที่บดละเอียดแล้ว ชั่งน้ำหนัก 1 กรัม ใส่ในถ้วย อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น ชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาปริมาณความชื้นเป็นร้อยละจากสูตร

$$\text{ร้อยละของความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไปหลังจาการให้ความร้อน (กรัม) X 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า

นำเพกทินที่บดละเอียดแล้วจำนวน 1 กรัม ใส่ในถ้วยเผา (A) เผาจนกระทั่งหมดควัน เผาต่อในเตา เผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น ชั่งน้ำหนัก Crucible รวมกับเถ้า (B) คำนวณปริมาณเถ้าจากสูตร

$$\text{ปริมาณเถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักที่เหลือหลังการเผา (B-A) X 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

การวิเคราะห์หาน้ำหนักสมมูล

ชั่งเพกทินบดละเอียด 0.5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมเอทานอล 95% ปริมาตร 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมโซเดียมคลอไรด์ 1 กรัม เติมน้ำกลั่นปราศจากไอออน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร หยดฟีนอลเรด 6 หยด ละลายเพกทินให้หมดที่อุณหภูมิห้อง ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N จนถึงจุดยุติ และคำนวณน้ำหนักสมมูลจากสูตร

$$\text{น้ำหนักสมมูล} = \frac{1000 \text{ X น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}{\text{ปริมาตรของด่างที่ใช้ไทเทรต X ความเข้มข้นของด่างที่ใช้ไทเทรต}}$$

การวิเคราะห์หาปริมาณเมทอกซี

นำสารละลายที่ได้จากการหาน้ำหนักสมมูลเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.25 N ปริมาตร 25 ลูกบากศ์เซนติเมตร เขย่าทันที สารละลายจะเป็นสีม่วง ปิดจุกขวดรูปชมพู่และวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้เกิดปฏิกิริยานาน 30 นาที เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.25 N ปริมาตร 25 ลูกบากศ์เซนติเมตร เขย่าจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนสีจากสีม่วงเป็นสีเหลือง ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N จนถึงจุดยุติ ได้สีของสารละลายกลับมาเป็นสีม่วง คำนวณหาปริมาณเมทอกซีจากสูตร

$$\text{ปริมาณเมทอกซี} = \frac{(N)\ (V)\ (E) \text{ X } 100}{1000S}$$

เมื่อ N คือจำนวนนอร์มอลิตีของด่างที่ใช้ไทเทรต
V คือปริมาตรของด่างที่ใช้ไทเทรตล
E คือน้ำหนักสมมูลของเมทอกซี
S คือน้ำหนักแห้งของเพกทินที่ใช้

การวิเคราะห์หาระดับการเกิดเอสเทอร์ (degree of esterification, DE) และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิค (ธนูศักดิ์ ยอดดำเนิน, 2543)

ชั่งเพกทิน 5 กรัม เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก-แอลกอฮอล์ (กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 5 มิลลิกรัมและแอลกอฮอล์ 60% ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร) กวน 10 นาที กรองและล้างตะกอนด้วยกรดไฮโดรคลอริก-แอลกอฮอล์ ครั้งละ 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร 6 ครั้ง ล้างด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ 60% จนตะกอนที่เกิดขึ้นเป็นสีขาวและล้างด้วยแอลกอฮอล์อีก 20 ลูกบากศ์เซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 2.30 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแห้ง

บันทึกผล นำมา 1 ใน 10 โดยปริมาตร เติมแอลกอฮอล์ 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำสะอาด 10 ลูกบากศ์เซนติเมตร เขย่าให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N เติมฟีนอล์ฟธาลีน 3 หยด จดปริมาตรของด่างที่ใช้ (V1) เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 N ปริมาตร 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าแรงๆ ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.5 N ปริมาตร 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าจนสีชมพูหายไป เติมฟีนอล์ฟธาลีน 3 หยด ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N จดปริมาตรด่างที่ใช้ (V2) เทสารละลายลงในขวดกลั่นและเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10% ปริมาตร 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปกลั่น เก็บส่วนที่ได้ในขวดที่บรรจุน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน 150 มิลลิลิตร และกรดไฮโดรคลอริก 0.1 N ปริมาตร 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร กลั่นจนได้ปริมาตรเพิ่มอีก 80–120 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำส่วนที่กลั่นได้ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N โดยใช้เมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ จดปริมาตรที่ใช้ (S) ทำ Blank โดยไทเทรตสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 N จำนวน 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N ใช้เมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ จดปริมาตรที่ได้ (B) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร $V_3 = B - S$ และ

$$\text{DE (as\% of total carboxyl group)} = \frac{100 \times V_2}{V_1+V_2+V_3}$$

$$\text{มิลลิกรัมของกรดกาแลคทูโรนิค} = 19.41\ (V_1 + V_2 + V_3)$$

$$\text{ร้อยละกรดกาแลคทูโรนิค} = \frac{\text{กรดกาแลคทูโรนิค (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

การทดสอบลักษณะอื่นๆ ของเพกทิน (จิตโสภิญ กะสงค์, 2543)

การทดสอบการเกิดเจล ทำโดยละลายเพกทิน 1 กรัม ในน้ำกลั่น 9 มิลลิลิตร ทำให้ร้อนจนเกิดสารละลาย และระเหยน้ำออกบางส่วนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ให้เย็น ถ้าเกิดเจลขึ้น แสดงว่าสารที่นำมาทดสอบเป็นเพกทิน

การทดสอบการตกตะกอน ทำโดยละลายเพกทิน 0.5 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แบ่งสารละลายที่ได้มา 10 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดสอบ เติมเอทานอล 95% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ถ้าเกิดการตกตะกอนที่มีลักษณะโปร่งใส แสดงว่า สารสกัดที่ได้นำมาทดสอบนั้นเป็นเพกทิน

ใช้เพกทินบริสุทธิ์ทำการทดสอบการเกิดเจลและการตกตะกอน เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบผล

การนำเพกทินที่สกัดได้จากชังขนุนหนังมาผลิตแยมสับปะรด

ปอกเปลือกสับปะรด 1 กิโลกรัม บดเป็นชิ้นเล็กแล้วเคี่ยวไฟอ่อนๆ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 10 นาที เติมน้ำตาลลงไป 2/3 ของน้ำหนักทั้งหมด แล้วเคี่ยวจนน้ำตาลละลายหมด ผสมผงเพกทินของน้ำหนักสับปะรดกับน้ำตาลส่วนที่เหลือ ให้ครบ 1.2 กิโลกรัม คนแรงๆ เร่งไฟเคี่ยวต่อจนได้อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 50 นาที ปรับพีเอชให้ได้ 3.2 ด้วยกรดซิตริก 10% w/w เคี่ยวต่อจนอุณหภูมิได้ 105 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 20 นาที ตักฟองที่ลอยหน้าทิ้ง บรรจุขวดที่สะอาด

การเปรียบเทียบปริมาณและสมบัติของเพกทินที่สกัดได้ด้วยความร้อนและความดันไอสูง

นำค่าเฉลี่ยของปริมาณเพกทินที่ได้ 5 ครั้ง ทั้งจากการสกัดด้วยน้ำร้อนและความดันไอสูง เปรียบเทียบกันโดยใช้หลักการทางสถิติ (ตารางที่ 2) รวมทั้งเปรียบเทียบสมบัติกายภาพและสมบัติเคมีของเพกทินที่สกัดได้ด้วยวิธีความดันไอสูงกับเพกทินทางการค้า โดยอาศัยค่าเฉลี่ย 5 ครั้งสำหรับสมบัติที่วัดเป็นตัวเลข ดังแสดงในตารางที่ 2-9

ผล

งานวิจัยครั้งนี้ทำการสกัดเพกทินจากชังขนุนหนังจำปากรอบ โดยวิธีน้ำร้อนและความดันไอสูง รวมทั้งมีการทดสอบสมบัติกายภาพและสมบัติเคมีของเพกทินที่สกัดได้

ตารางที่ 2 เป็นผลการเปรียบเทียบปริมาณเพกทินที่สกัดได้จากชังขนุนหนัง โดยวิธีการสกัดด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และวิธีการสกัดเพกทินด้วยความดันไอสูงอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส พบว่า การสกัดเพกทินโดยวิธีการความดันไอสูงที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส สามารถสกัดเพกทินออกมาได้ปริมาณมากกว่าการสกัดด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ($p<0.01$)

ผลของการหาสมบัติกายภาพของเพกทินที่สกัดได้จากชังขนุนหนัง โดยวิธีการความดันไอสูงที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ได้ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นของเพกทินที่สกัดได้จากชังขนุนหนังสูงกว่าค่าความชื้นเฉลี่ยของเพกทินทางการค้า ($p<0.01$) (ตารางที่ 3) รวมทั้งผลการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าของเพกทินทางการค้ามีปริมาณน้อยกว่าเพกทินที่สกัดได้จากชังขนุนหนังด้วยวิธีการความดันไอสูง ($p<0.01$) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 ปริมาณความชื้นของเพกทินที่สกัดได้จากซังขนุนหนัง โดยวิธีการความดันไอสูง เปรียบเทียบกับเพกทินทางการค้า

หมายเลขตัวอย่าง	ปริมาณความชื้น (%)		ผลต่างของค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	เพกทินที่สกัดด้วยความดันไอสูง	เพกทินทางการค้า		
1	7.20	6.10	7.248 - 6.272 = 0.976*	ปริมาณความชื้นของเพกทินที่สกัดได้ด้วยความดันไอสูง = 0.0581 ปริมาณความชื้นของเพกทินทางการค้า = 0.1013
2	7.31	6.30		
3	7.18	6.37		
4	7.25	6.30		
5	7.30	6.29		
ค่าเฉลี่ย	7.248	6.272		

*p<0.01

ตารางที่ 4 ปริมาณเถ้าของเพกทินที่สกัดได้จากซังขนุนหนังด้วยวิธีความดันไอสูงเปรียบเทียบกับเพกทินทางการค้า

หมายเลขตัวอย่าง	ปริมาณเถ้า (%)		ผลต่างของค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	เพกทินที่สกัดด้วยความดันไอสูง	เพกทินทางการค้า		
1	3.87	3.31	3.846 - 3.334 = 0.51*	ปริมาณเถ้าของเพกทินที่สกัดได้ด้วยความดันไอสูง = 0.0230 ปริมาณเถ้าของเพกทินทางการค้า = 0.0152
2	3.81	3.35		
3	3.85	3.33		
4	3.84	3.34		
5	3.86	3.34		
ค่าเฉลี่ย	3.846	3.334		

*p<0.01

ผลการหาสมบัติเคมีของเพกทินที่สกัดได้จากซังขนุนหนัง โดยวิธีการความดันไอสูงที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส พบว่า ผลการวิเคราะห์หาน้ำหนักสมมูลของเพกทินที่สกัดได้จากซังขนุนหนัง โดยเฉลี่ยแล้วต่ำกว่าน้ำหนักสมมูลของเพกทินทางการค้า ($p<0.05$) (ตารางที่ 5) และผลการวิเคราะห์หาปริมาณเมทอกซีของเพกทินที่สกัดได้จากซังขนุนหนัง มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าเพกทินทางการค้า (ตารางที่ 6) และผลการวิเคราะห์หาระดับการเกิดเอสเทอร์ของเพกทินที่สกัดจากซังขนุนหนังกับเพกทินทางการค้ามีค่าไม่ต่างกัน (ตารางที่ 7) รวมทั้งผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิคของเพกทิน ที่สกัดได้ด้วยวิธีการความดันไอสูงโดยเฉลี่ยแล้วน้อยกว่าเพกทินทางการค้า ($p<0.01$) (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 5 น้ำหนักสมมูลของเพกทินที่สกัดได้จากซังขนุนหนังด้วยวิธีความดันไอสูงเปรียบเทียบกับเพกทินทางการค้า

หมายเลขตัวอย่าง	น้ำหนักสมมูล		ผลต่างของค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	เพกทินที่สกัดด้วยความดันไอสูง	เพกทินทางการค้า		
1	735.29	757.50	737.556 – 750.800 = - 13.24*	น้ำหนักสมมูลของเพกทินที่สกัดได้ด้วยความดันไอสูง = 4.8668 น้ำหนักสมมูลของเพกทินทางการค้า = 6.1167
2	746.26	757.50		
3	735.29	746.26		
4	735.40	746.45		
5	735.54	746.29		
ค่าเฉลี่ย	737.556	750.800		

*$p<0.01$

ตารางที่ 6 ปริมาณเมทอกซีของเพกทินที่สกัดได้จากซังขนุนหนังด้วยวิธีความดันไอสูงเปรียบเทียบกับเพกทินทางการค้า

หมายเลขตัวอย่าง	ปริมาณเมทอกซี		ผลต่างของค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	เพกทินที่สกัดด้วยความดันไอสูง	เพกทินทางการค้า		
1	7.68	10.16	7.618-10.224 = - 2.61*	ปริมาณเมทอกซีของเพกทินที่สกัดได้ด้วยความดันไอสูง = 0.0403 ปริมาณเมทอกซีของเพกทินทางการค้า = .0814
2	7.62	10.35		
3	7.56	10.16		
4	7.60	10.26		
5	7.65	10.19		
ค่าเฉลี่ย	7.618	10.224		

*p<0.01

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยของระดับการเกิดเอสเทอร์ของเพกทินที่สกัดได้จากซังขนุนหนังด้วยวิธีความดันไอสูงเปรียบเทียบกับเพกทินทางการค้า

หมายเลขตัวอย่าง	ระดับการเกิดเอสเทอร์ (%)		ผลต่างของค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	เพกทินที่สกัดด้วยความดันไอสูง	เพกทินทางการค้า		
1	58.13	58.37	57.770 - 58.470 = -0.7	ระดับการเกิดเอสเทอร์ของเพกทินที่สกัดได้ด้วยความดันไอสูง = 0.6567 ระดับการเกิดเอสเทอร์ของเพกทินทางการค้า = 0.1697
2	58.47	58.73		
3	57.14	58.29		
4	58.11	58.53		
5	57.00	58.43		
ค่าเฉลี่ย	57.770	58.470		

p = 0.05

ตารางที่ 8 ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิคของเพกทินที่สกัดได้จากซังขนุนหนังด้วยวิธีการความดันไอสูงเปรียบเทียบกับเพกทินทางการค้า

หมายเลขตัวอย่าง	มิลลิกรัมของกรดกาแลคทูโรนิค		ผลต่างของค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	เพกทินที่สกัดด้วยความดันไอสูง	เพกทินทางการค้า		
1	326.08 ร้อยละ 87.42	405.66 ร้อยละ 97.00	318.738 – 404.912 = - 86.17*	กรดกาแลคทูโรนิคของเพกทินที่สกัดได้ด้วยความดันไอสูง = 4.4046 กรดกาแลคทูโรนิคของเพกทินทางการค้า = 4.9031
2	314.44 ร้อยละ 84.30	399.84 ร้อยละ 95.65		
3	318.32 ร้อยละ 85.34	409.55 ร้อยละ 97.97		
4	316.53 ร้อยละ 84.30	399.84 ร้อยละ 95.65		
5	318.32 ร้อยละ 85.34	409.67 ร้อยละ 97.97		
ค่าเฉลี่ย	318.738 ร้อยละ 85.67	404.912 ร้อยละ 96.87		

*p<0.01

ผลการทดสอบลักษณะอื่นของเพกทินพบว่า สารที่สกัดได้จากซังขนุนหนังมีลักษณะของการเกิดเจลเหมือนกับเพกทินทางการค้า แต่ความเร็วของการเกิดเจลช้ากว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับเพกทินทางการค้า และเพกทินที่สกัดได้มีการตกตะกอนเป็นสีใสเหมือนกับเพกทินทางการค้า แต่นิ่มกว่าเพกทินทางการค้า รวมทั้งมีความเป็นกรดต่ำกว่าเพกทินทางการค้าและไม่มีกลิ่นเหมือนกัน (ตารางที่ 9)

ผลการทดสอบการผลิตแยมสับปะรด พบว่า เพกทินที่สกัดได้จากซังขนุนหนังใช้เป็นสารก่อให้เกิดเจลในแยมสับปะรด โดยทำการเปรียบเทียบ สี กลิ่น ลักษณะของเนื้อแยมกับแยมสับปะรดที่ได้จากเพกทินทางการค้า โดยเนื้อแยมอ่อนและร่วนกว่าแยมที่ได้จากเพกทินทางการค้า อีกทั้งแยมมีสีเหลืองและมีกลิ่นสับปะรดเหมือนกับแยมที่ได้จากเพกทินทางการค้า (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 สมบัติการเกิดเจลและการตกตะกอนของเพกทินจากการใช้วิธีความดันไอสูงเปรียบเทียบกับเพกทินทางการค้า

เพกทิน	ลักษณะทั่วไป			
	เพกทิน	การตกตะกอน	พีเอช	กลิ่น
เพกทินจากซังขนุนหนังด้วยวิธีความดันไอสูง	จะเกิดเจลได้ดีแต่จับตัวช้ากว่าเพกทินทางการค้าเล็กน้อย และสีของเจลจะเข้มกว่าเจลที่ได้จากเพกทินทางการค้า	จะตกตะกอนเป็นวุ้นมีสีใส และตะกอนนิ่มกว่าตะกอนจากเพกทินทางการค้า	3.64	ไม่มีกลิ่น
เพกทินทางการค้า	จะเกิดเป็นเจลได้ดีและเจลมีลักษณะหนืดมากกว่าเพกทินที่สกัดได้และได้สีของเจลที่อ่อนกว่า	จะตกตะกอนเป็นวุ้นมีสีใส และวุ้นมีลักษณะแข็งกว่าเพกทินที่สกัดได้จากซังขนุนหนัง	3.04	ไม่มีกลิ่น

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบลักษณะของแยมสับปะรดที่ได้จากเพกทินจากซังขนุนหนังและแยมที่ทำจากเพกทินทางการค้า

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	แยมที่ใช้เพกทินจากซังขนุนหนัง	แยมที่ใช้เพกทินทางการค้า
ดูสี	แยมมีสีเหลือง ซึ่งเหมือนกับแยมที่ทำจากเพกทินทางการค้า	แยมมีสีเหลืองซึ่งเหมือนกับแยมที่ทำจากเพกทินจากซังขนุนหนัง
ดมกลิ่น	แยมมีกลิ่นสับปะรดไม่มีกลิ่นของเพกทิน	แยมมีกลิ่นสับปะรดไม่มีกลิ่นของเพกทิน
สัมผัสด้วยมือและดู	เนื้อแยมมีลักษณะอ่อนกว่าแยมที่ได้จากเพกทินทางการค้า	เนื้อแยมมีลักษณะจับตัวเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่าเพกทินที่ได้จากซังขนุนหนัง

อภิปรายผล

วิธีการสกัดเพกทินด้วยวิธีการความดันไอสูง สามารถสกัดเพกทินได้ปริมาณ 24.63 กรัม ซึ่งมากกว่าวิธีการสกัดด้วยน้ำร้อนซึ่งได้ปริมาณเพกทิน 15.69 กรัม ดังสภาวะและปริมาณที่แสดงในตารางที่ 3 เนื่องจากว่าอุณหภูมิที่สูงกว่าในวิธีความดันไอสูง จะทำให้ประสิทธิภาพในการแพร่กระจายของสารละลายกรดที่ใช้ในการสกัดสูงขึ้น จึงสามารถสกัดเพกทินออกมาได้ปริมาณมากขึ้น นอกจากนี้ จะส่งเสริมให้สารละลายที่ใช้ในการสกัด แพร่กระจายเข้าไปยังอนุภาคของวัตถุดิบที่ใช้ในการสกัดเพิ่มมากขึ้น และสามารถแพร่กระจายเข้าไปยังอนุภาคของวัตถุดิบอย่างสม่ำเสมอ จึงทำให้จำนวนอนุภาคของวัตถุดิบถูกสารละลายที่ใช้ในการสกัดแพร่ผ่านเข้าไปทั่วทุกอนุภาค ทำให้สามารถสกัดเพกทินออกมาได้ปริมาณมากกว่าวิธีการสกัดที่ไม่มีการควบคุมความดัน (Martinez-Sanchez, no date) สมบัติทางเคมีและกายภาพของเพกทินที่สกัดได้ด้วยวิธีความดันไอสูง เมื่อใช้วิธีความดันไอสูง ปริมาณความชื้นของเพกทินที่สกัดได้สูงกว่าเพกทินทางการค้า แต่ความชื้นในระดับนี้ก็ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามที่องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the Uniteds Nations, FAO (Steven *et al*., 1984) กำหนด ซึ่งเป็นความชื้นที่ไม่ทำให้เพกทินจับตัวกันเป็นก้อน ปริมาณเถ้าของเพกทินที่สกัดได้สูงกว่าเพกทินทางการค้า ปริมาณเถ้าสูงมีแร่ธาตุจำนวนมากปนระหว่างกระบวนการตกตะกอนเพกทิน ทำให้เพกทินที่ได้มีความบริสุทธิ์ลดลง อย่างไรก็ดี ปริมาณเถ้าของเพกทินที่สกัดได้ในระดับนี้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามที่ FAO กำหนด เพกทินที่สกัดได้จากซังขนุนหนังมีน้ำหนักสมมูลน้อยกว่าเพกทินทางการค้า ซึ่งเป็นแนวโน้มปกติเพราะคุณภาพของเพกทินขึ้นกับชนิด ความแก่อ่อน พันธุ์ของผลไม้ วิธีการสกัดและวิธีการตกตะกอน (Steven *et al*., 1977) เมื่อพิจารณาจากสูตรการหาน้ำหนักสมมูลกลุ่มคาร์บอกซิลของเพกทินที่สกัดได้จากซังขนุนหนังจะมีจำนวนมากกว่า น่าจะเกิดการละลายน้ำได้มากกว่าเพกทินทางการค้า เพราะเกิดพันธะไฮโดรเจนได้มากขึ้นกับน้ำ เพกทินที่สกัดได้มีปริมาณเมทอกซีมากกว่า 7% ถือว่าเป็นเพกทินที่มีหมู่เมทอกซีสูง (Steven *et al*., 1977) ซึ่งปริมาณเมทอกซีนั้นเป็นตัวแปรสำคัญในการควบคุมเวลาในการเกิดเจลของเพกทิน เพกทินที่สกัดได้มีปริมาณเมทอกซีน้อยกว่าเพกทินทางการค้า โดยเจลจับตัวช้ากว่าเพกทินทางการค้าเล็กน้อยระดับการเกิดเอสเทอร์ของเพกทินทางการค้าและเพกทินที่สกัดได้มีค่าไม่แตกต่างกัน ระดับการเกิดเอสเทอร์ของเพกทินทางการค้าและเพกทินที่สกัดจากซังขนุนหนังอยู่ในช่วง 55–65% จัดว่าเป็นเพกทินชนิดที่มีการแข็งตัวช้า ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น การทำแยมผลไม้ (พวงทอง ใจสันติ์ และคณะ, 2541) ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิคเป็นค่าบอกความบริสุทธิ์ของเพกทิน (ขนิษฐา เลิกชัยภูมิ, 2545) นอกจากนี้โครงสร้างเพกทินอาจมีองค์ประกอบอื่น เช่น น้ำตาลอะราบิโนส น้ำตาลกาแลคโตส หรือน้ำตาลอื่นอยู่ด้วย ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิคของเพกทินที่สกัดได้น้อยกว่าเพกทินทางการค้า เพกทินทางการค้า

จึงมีความบริสุทธิ์สูงกว่าเพกทินที่ได้จากซังขนุนหนังที่สกัดได้ อย่างไรก็ดี ปริมาณของกรดกาแลคทูโรนิคของเพกทินที่สกัดได้จากซังขนุนหนังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ FAO

สำหรับสมบัติการเกิดเจลและการตกตะกอนของเพกทินที่สกัดได้ด้วยวิธีความดันไอสูง พบว่า เพกทินที่สกัดได้จากซังขนุนหนังมีปริมาณเมทอกซีน้อยกว่าเพกทินทางการค้า ความเร็วของการเกิดเจลจึงช้ากว่าเพกทินทางการค้า ลักษณะตะกอนที่นิ่มกว่าเพกทินทางการค้า เนื่องจากมีความบริสุทธิ์คือ ค่าของกรดกาแลคทูโรนิคน้อยกว่าเพกทินทางการค้า ค่าของกรดกาแลคทูโรนิคที่ได้ทำให้มีความเป็นกรดต่ำกว่าเพกทินทางการค้า

และลักษณะของแยมสับปะรดที่ได้จากเพกทินที่สกัดได้จากซังขนุนหนัง จะมีเนื้อแยมอ่อนและร่วนกว่าแยมที่ได้จากเพกทินทางการค้า เนื่องมาจากมีปริมาณเมทอกซีและความบริสุทธิ์น้อยกว่าเพกทินทางการค้า

ดังนั้น เมื่อใช้วิธีการความดันไอสูงสกัดเพกทินจากซังขนุนหนังจำปากรอบ จะได้ปริมาณมากกว่าวิธีการสกัดโดยใช้น้ำร้อน และเพกทินที่สกัดโดยวิธีการความดันไอสูงเป็นเพกทินที่มีหมู่เมทอกซีสูง และมีคุณภาพของเพกทินในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ FAO การวิจัยครั้งต่อไปควรมีการลดอุณหภูมิและเวลาให้น้อยลงเพื่อประหยัดพลังงานและเวลาในการสกัด

เอกสารอ้างอิง

กรมศุลากร. (ไม่ปรากฏปีพิมพ์). Emport/Export Statistics. [ออนไลน์].
ค้นเมื่อ 28 ตุลาคม 2557, จาก : http://internet1.customs.go.th/ext/Statistic/SubStat2550.jsp?hscode=1302&statType= import&productCodeCheck=Y&countryCheck=null&country=&month=8&year=2557(HS-Code1302.2000).

ขนิษฐา เลิกชัยภูมิ. (2545). การสกัดเพกตินจากส้มมะงั่วและการใช้ประโยชน์ในระบบอาหาร. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จิตโสภิญ กะสงค์. (2543). การสกัดเพกทินจากมะขามหวานในจังหวัดเพชรบูรณ์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต. สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์, สาขาวิชาเคมี.

ธนูศักดิ์ ยอดดำเนิน. (2543). การผลิตแยมโดยใช้เพกทินจากเปลือกส้มโอพันธุ์ท่าข่อย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต. สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์, สาขาวิชาเคมี.

นัยทัศน์ ภู่ศรัณย์. (2530). การสกัดเพกทินจากส่วนที่เหลือใช้ของจำปาดะ. วาสารสงขลานครินทร์ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 9, 99 –104.

ปิยฉัตร ศรีสัตบุตร. (2542). การเก็บรักษาขนุนทั้งผลและยวงขนุนสดภายใต้อุณหภูมิต่ำ. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พวงทอง ใจสันติ์, จิตรา กลิ่นหอม และอัจฉรา เทียมภักดี. (2541). การทดสอบการใช้เพกทินที่สกัดได้จากเปลือกเสาวรสในการผลิตแยม. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มานพ เหลืองพันธุ์. (2543). การปลูกขนุน. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : อักษรสยามการพิมพ์.

Banda-Reyes, L. (no date). Pectin extraction from tojocote pulp by autoclave. Retrieved December 20, 2012, from: http://ift.confex.com/ift/2005/techprogram/paper_30862.htm.

Martinez-Sanchez, C. E. (no date). Pectin extraction from passion fruit peel by autoclave. Retrieved December 20, 2012, from: http://ift.confex.com/ift/2005/techprogram/paper_30862.htm.

Sriamornsak, P. (2001-2002). Pectin: The role in health. Silpakorn University Journal, 21-22, 60-77.

Steven, N., Philip, E. S. and Mathew, K. (1977). Citrus Science and Technology. California: University of California.

The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. (1984). Anticaking agent, buffering agent, salt, emulsifiers, enzyme, extracted solvents, flavouring agent and miscellaneous food additive in Compendium of Food Additive Specifications. (no date). Rome: FAO Food and Nutrition.