



## การศึกษาคุณสมบัติเพคตินจากผลส้มแขก

### The study of pectin from gacinia (*Gacinia atroviris* Giff.)

ปวีณ์นุช ทองรัมย์<sup>1</sup>, สุนิสา บุญเลิศ<sup>1</sup> และปิยศิริ สุนทรนนท์ สินไชย<sup>2\*</sup>

Paweenoot Thongrom<sup>1</sup>, Sunisa Boonlert<sup>1</sup> and Piyasiri Soontornnon Sinchai<sup>2\*</sup>

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยการศึกษาคุณสมบัติเพคตินจากผลส้มแขกในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปริมาณเพคติน และคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเพคตินที่ได้จากส้มแขก พบว่าปริมาณเพคตินที่ได้จากส้มแขกที่สกัดได้มีปริมาณมากที่สุดที่เวลา 75 นาที pH 3.0 เท่ากับ 48.86 กรัม รองลงมาคือ 120 นาที pH 3.0 เท่ากับ 47.45 กรัม และปริมาณน้อยสุดที่เวลา 30 นาที pH 2.5 เท่ากับ 41.63 กรัม ตามลำดับ จากการศึกษาคุณสมบัติเฉพาะพบว่า เพคตินทั้ง 3 เวลา จัดเป็น เพคตินชนิด LMP เนื่องจากมีปริมาณ DE ในเพคตินร้อยละ 20.01 , 30.03 และ 30.02 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $26.68 \pm 5.78$  ในขณะที่เพคตินมาตรฐานให้ปริมาณ %DE เท่ากับ 20.11 , 20.20 และ 20.11 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $20.14 \pm 0.05$

คำสำคัญ : ส้มแขก , เพคติน

#### Abstract

This research study on the properties of pectin extract from *Garcinia Cambogia* was aimed to determine the pectin content and the physicochemical properties of pectin from *Garcinia*. It was found that the highest pectin at 75 minutes, pH 3.0 was 48.86 g. followed at 120 min, pH 3.0 was 47.45 g and 30 minutes, pH 2.5 was 41.63 g respectively. Studies property shown that all three types of pectins were classified as LMP pectin because they contained %DE were 20.01%, 30.03% and 30.02% respectively average to  $26.68 \pm 5.78$  % while the standard pectin were 20.11, 20.20 and 20.11 respectively average to  $20.14 \pm 0.05$

Keywords : *Garcinia atroviridis* , Pectin

<sup>1</sup> นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั่วไป

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั่วไป

\*Corresponding author, E-mail: piyasiri.s@yru.ac.th



## บทนำ

ส้มแขกเป็นไม้ยืนต้นที่พบมากทางภาคใต้ของประเทศไทยโดยเฉพาะจังหวัดสงขลา ยะลา ปัตตานี และนราธิวาส โดยจะออกผลในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม ผลมีลักษณะเป็นทรงกลม เมื่อแก่จัดจะมีสีเหลืองส้ม มีรสเปรี้ยว นิยมนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารเพื่อเพิ่มรสชาติ นอกจากนี้ยังสามารถนำมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า เช่น น้ำส้มแขก ชาส้มแขก ส้มแขกแช่อิ่ม และ ส้มแขกอบแห้ง ส้มแขกมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่น่าสนใจ เช่น การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (ปิยกฤษณ์ทองบุญ, 2556) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Nursakinah, 2012) เป็นต้น นอกจากนี้ส้มแขกยังประกอบด้วยสารสำคัญ คือ กรดไฮดรอกซีซิตรีค [hydroxycitric acid หรือ HCA] ซึ่งมีสมบัติยับยั้งการสังเคราะห์กรดไขมัน ลดความอยากอาหาร และช่วยลดน้ำหนักได้

ส้มแขกมีชื่อสามัญว่า Garcinia, Malabar tamarind, Garcinia cambogia, Gambooge, Brindle berry, Assam fruit ส่วนชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ Garcinia atroviridis เป็นพืชสกุลเดียวกับมังคุด อาจมีชื่อเรียกหลายอย่าง เช่น ส้มมะวน ส้มพะงูน (ปัตตานี) ส้มมะอัน (ใต้) ส้มควาย (ตรัง) ไม้ในวงศ์นี้มีอยู่ประมาณ ๓๒๐ ชนิด มักพบในเขตแถบร้อน เช่น เอเชีย อเมริกา และแอฟริกา ไม้ที่อยู่ในพวกเดียวกัน ได้พะวาหรือกะวา (G.cornia) ชะมวง (G.cowa) มังคุด (G. mangostana) ชะมวงน้ำหรือมะพูดป่า (G.mervosa) มะดัน (G.schomburgkiana) มะพูด (G.vilarsiana)

จากการศึกษาข้อมูลของส้มแขกแล้ว พบว่า ส้มแขกเป็นพืชผลตระกูลเดียวกับส้มและมังคุด ซึ่งจากงานวิจัยหลายๆ ฉบับชี้ให้เห็นว่าส้มและมังคุดสามารถสกัดหาคุณสมบัติและปริมาณของเพคตินได้ ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะศึกษาคุณสมบัติและปริมาณของเพคตินในผลส้มแขกว่ามีคุณสมบัติเช่นเดียวกับส้มและมังคุดหรือไม่

สารประกอบเพคติน (pectin substances) เป็นสารประกอบโพลีแซคคาไรด์และเป็นสับสเตรทของเอนไซม์ เพคตินเนสพบได้ในส่วน middle lamella ของ primary cell wall ในเซลล์ของพืชที่มีอายุยังน้อยและเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเนื้อเยื่อพาราเอนไคมา (parenchyma tissue) โดยจะพบมากในเนื้อเยื่อที่มีการขยายขนาดของเซลล์ (Pilnik and Voragen, 1991) สารประกอบเพคตินที่สกัดได้จากพืชเป็น heteropolysaccharide มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 30,000 ถึง 300,000 ดาลตัน (Rombouts and Pilnik, 1972)

โครงสร้างหลักของเพคตินเกิดจากการต่อกันของ anhydrogalacturonic acid units ที่ต่อกันด้วยพันธะ  $\alpha$ -1,4-glycosidic linkage สารประกอบเพคตินจัดเป็น high-molecular weight pectinic acids เป็นสารผสมอาหารเพื่อสร้างให้เกิดเนื้อสัมผัสตามต้องการ มีคุณสมบัติพิเศษ คือ เมื่อละลายน้ำจะพองตัวเป็นเจล ทำหน้าที่ได้ทั้งการเป็น gelling agent, thickener และ stabilizer ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภท โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม และยา เพื่อทำให้กระบวนการผลิตสะดวกขึ้น และช่วยปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น เช่น ในอุตสาหกรรมทำแยม เยลลี่ ใช้เป็น stabilizer ในผลิตภัณฑ์ขนมและโยเกิร์ต ใช้เป็น thickener ของซอส เครื่องปรุง น้ำเชื่อมเข้มข้น น้ำสลัด เครื่องดื่ม เป็นต้น ในผลิตภัณฑ์เด็กเพคตินช่วยลดการระคายเคือง นอกจากเพคตินจะใช้ในอุตสาหกรรมเป็นสารผสมอาหารโดยตรงแล้วยังนำมาใช้เป็น edible fiber ในรูปของอาหารเสริมสุขภาพ เช่น ช่วยลดคอเลสเตอรอลและระดับน้ำตาลในเลือด ใช้เป็นเส้นใยอาหาร ป้องกันโรกระบบทางเดินอาหาร และ ใช้ในด้านเภสัชกรรมช่วยเพิ่มการทำงานของยา เป็นต้น (Voragen et al., 1995; Koseki et al., 1986)

จังหวัดยะลามีส้มแขกเป็นจำนวนมาก เพื่อลดปริมาณการนำเข้าเพคตินและเพื่อนำทรัพยากรที่มีในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ งานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาคุณสมบัติและหาปริมาณเพคตินที่สกัดได้จากส้มแขก จากการศึกษาพบว่า ในพืชผักผลไม้ทุกชนิดมีเพคตินเป็นองค์ประกอบในปริมาณที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำส้มแขกซึ่งเป็นทรัพยากรในท้องถิ่นมาแปรรูปให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติกายภาพและทางเคมีของสารเพคตินที่สกัดได้จากส้มแขก
2. เพื่อเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเพคตินที่สกัดได้จากส้มแขกกับเพคตินมาตรฐาน



## แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิด

สั้มแซก เป็นไม้ยืนต้นที่พบมากทางภาคใต้ของประเทศไทยโดยเฉพาะจังหวัดสงขลา ยะลา ปัตตานี และนราธิวาส โดยจะออกผลในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม ผลมีลักษณะเป็นทรงกลมเมื่อแก่จัดจะมีสีเหลืองส้ม มีรสเปรี้ยว เพคติน เป็นสารประกอบโพลีแซคคาไรด์และเป็นสับสเตรทของเอนไซม์เพคตินเนส เป็นโพลิเมอร์ของกรดกาแลคทูโรนิก กรดกาแลคทูโรนิก เป็นกรดน้ำตาลรูปแบบออกซิโดไซของ d-galactose เป็นส่วนประกอบหลักของ เพคตินซึ่งมีอยู่ในรูปของ กรดพอลิเมอร์พอลิกลาแลคทูโรนิกในรูปแบบเปิด เพคตินที่สกัดได้จากเซลล์พืช ได้แก่ ผลของพืชตระกูลส้มทุกชนิด แอปเปิ้ล แครอท กัลยและถั่ว เป็นต้น เพคตินที่สกัดได้ส่วนใหญ่เป็นเฮเทอโรพอลิแซคคาไรด์ ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลอะราบิโนส น้ำตาลกาแลคโตส และกรดกาแลคทูโรนิก (องอาจ ดวงดี, 2553) ขั้นตอนการสกัดเพคตินจะเริ่มจากนำวัตถุดิบที่ล้างทำความสะอาด ไม่ว่าจะเป็เปลือกหรือกากผลไม้หรือพืชผักมาสกัดในตัวทำละลายในขั้นตอนเดียวหรือหลายขั้น

### ประโยชน์ของเพคติน

1) เพคตินใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาหารเพื่อให้เนื้ออาหารมีความเหนียวหนืด มีความคงตัว และมีรสสัมผัสตามต้องการ

2) เพคตินใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสำหรับเป็นแหล่งเสริมเส้นใยที่มีผลดีต่อสุขภาพรวมถึงช่วยลดอัตราการย่อยของอาหาร ลดการดูดซึมน้ำตาล มีผลต่อการลดความอ้วน และช่วยให้ดูแลน้ำหนักได้ดี

3) เพคตินใช้เป็นส่วนผสมของยา และเครื่องสำอาง เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆ ได้แก่ ใช้เป็นสารทำให้เกิดเจล (gelling agent), ใช้เป็นสารทำให้หนืดข้น (thickening agent), ใช้เป็นสารก่อเกิดอิมัลชัน(emulsifier), ใช้เป็นสารทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัว (stabilizer) จากการวิจัยของ พรศักดิ์ ศรีอมรศักดิ์ (2544) พบว่า เพคตินช่วยยับยั้งเซลล์มะเร็ง และการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็ง นอกจากนี้เพคตินยังช่วยลดระดับน้ำตาล และคอเลสเตอรอลในกระแสเลือด จากการลดการดูดซึมของน้ำตาลได้อีกด้วย (ดวงจันทร์ เสงส์สวัสดิ์, 2545) ความปลอดภัยของเพคตินเป็นสารที่อนุญาตให้ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งได้รับการรับรองจาก FAO ในปี 1969 แล้วว่า สามารถใช้เป็นส่วนผสมหรือสารเติมแต่งอาหารในปริมาณมากได้อย่างปลอดภัย โดยไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษใดๆ

การสกัด (extraction) หมายถึง กระบวนการแยก (separation) โดยใช้ของเหลวอีกชนิดหนึ่งเป็นตัวทำละลาย ตัวทำละลาย (solvent) ที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ acetone, methanol, ethanol, isopropanol, hexane and ethyl acetate และ supercritical carbon dioxide (supercritical fluid extraction)

การสกัดสารด้วยตัวทำละลาย เป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีประโยชน์มากในเคมีอินทรีย์ สำหรับแยกสารและทำให้สารบริสุทธิ์ เช่น การสกัดสารประกอบผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ การสกัดแยกสารที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต่อกรออกจากของผสมในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ต่างๆ สามารถทำได้ 3 วิธี ดังนี้

### 1) การสกัดสารจากของเหลว Liquid-Liquid Extraction

เกี่ยวข้องกับการกระจายของสารระหว่างตัวทำละลายสองชนิด ซึ่งมีอัตราส่วนคงที่ที่อุณหภูมิหนึ่ง ค่าคงที่นี้เรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย เครื่องมือวิเคราะห์อย่างง่ายที่นิยมใช้สกัดของเหลวจากของเหลวคือ กรวยแยก วิธีการสกัดจะทำได้โดยใส่สารที่ต้องการแยกไปก่อน แล้วเติมตัวทำละลายที่ต้องการตามลงไป ปิดจุกเขย่าเพื่อให้ตัวทำละลายทั้งสองมีพื้นที่ผิวสัมผัสกันให้มากที่สุด เมื่อเขย่าจะมีความดันสูงขึ้นซึ่งเกิดจากตัวทำละลายกลายเป็นไอขึ้นมาทำให้ต้องลดความดันออกบ้างทำได้โดยหงายกรวยแยกขึ้นและเปิดก๊อกที่ปลายออก เมื่อตั้งกรวยในแนวตั้งและเปิดจุก ตัวทำละลายทั้งสองจะแยกชั้นกัน ทำให้แต่ละชั้นออกจากกันได้

### 2) การสกัดสารจากของแข็ง Solid - Liquid Extraction

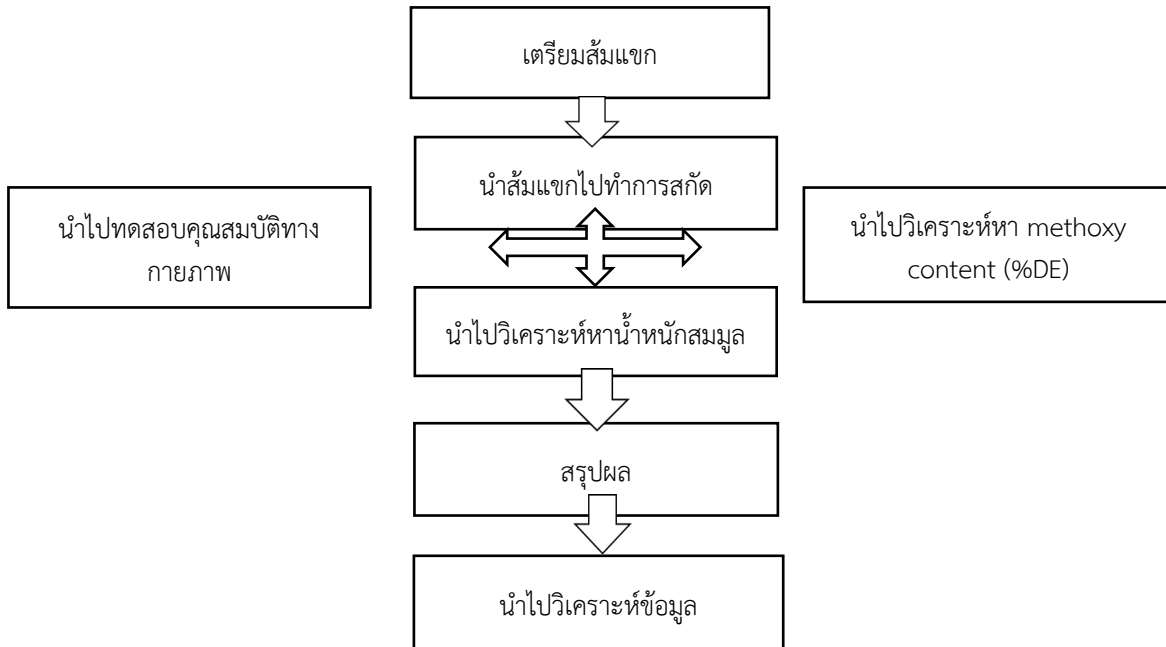
สารผสมที่เป็นของแข็งมีปริมาณมากโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ธรรมชาติทั้งที่เป็นพืชที่เป็นสัตว์ การสกัดโดยทั่วไปจะกำจัดน้ำออกก่อนแล้วจึงบดให้ละเอียด เพื่อทำให้มีพื้นที่ผิวมากซึ่งสกัดออกมาได้มากที่สุด จากนั้นจึงนำไปแช่ในตัวทำละลายที่อุณหภูมิปกติ หรือต้มที่อุณหภูมิของจุดเดือดของตัวทำละลายที่ใช้สกัด เมื่อแช่หรือต้มในระยะหนึ่งจึงกรองเอาของแข็งออกและนำสารละลายที่ได้ไประเหยเอาตัวทำละลายออกจะได้สารสกัดขั้นต้นของแข็งที่เหลืออาจนำไปสกัดต่ออีกในกรณีที่สกัดขั้นแรกด้วยตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วเมื่อสกัดต่อจะต้องใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วสูง วิธีที่นิยมใช้มากคือ การสกัดแบบต่อเนื่อง โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เครื่องสกัดแบบชอกท์เล็ท

### 3) การสกัดสารด้วยกรด - เบส Acid - Base Extraction



การสกัดด้วยกรด-เบส เป็นการใช้ปฏิกิริยาของกรด-เบส เพื่อแยกสารอินทรีย์ที่มีสมบัติเป็นกรดและเป็นเบสออกจากกัน

### กรอบแนวคิด



### วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัด นำสั้มแชกมาล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 1 -2 เซนติเมตร นำสั้มแชกใส่บีกเกอร์จำนวน 200 กรัม เติมน้ำกลั่น 600 มิลลิลิตร แล้ววัดค่า pH เท่ากับ 3 จากนั้นแยกเป็น 3 บีกเกอร์ นำไปต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส โดยแบ่งเวลาดำเป็น 3 ช่วง คือ เวลา 30 นาที 75 นาที และ 120 นาที ทิ้งให้เย็น กรองเอากากสั้มแชกออกด้วยผ้าขาวบาง นำสารละลายที่ได้มาตกตะกอนด้วยเอทานอล 95 % ที่ pH 2.5, 3.0 และ 3.5 กรองเอาเพคติน และซังน้ำหนัก ทำการอบแห้ง และชั่งน้ำหนักหลังการอบ แล้วบันทึกผล

2. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

น้ำหนักกรัมสมมูล หมายถึง หน่วยน้ำหนักของสารที่ 1 กรัมสมมูล มีค่าเท่ากับน้ำหนักสมมูลของสารนั้นคำนวณได้จาก

$$\text{น้ำหนักกรัมสมมูล} = \frac{1000 \times S}{NV} \quad (1)$$

โดย S คือ น้ำหนักแห้งของเพคตินที่ใช้

N คือ จำนวนนอร์มอลิตี้ของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไตเตรต

V คือ ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไตเตรต (มิลลิลิตร)

มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้ ชั่งผงเพคติน 0.1 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นที่ไล่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แล้วลงในขวดรูปชมพู่ 20 มิลลิลิตร คนให้เพคตินละลาย เติมน้ำกลั่น 1 กรัม หยดฟีนอลเรด 3 หยด ละลายให้หมดในอุณหภูมิห้อง ไทเทรตด้วย NaOH 0.1 M จนถึงจุดยุติ นำไปคำนวณหาน้ำหนักสมมูลของเพคตินจากสูตร (ทำควบคู่กับเพคตินมาตรฐาน)



### 3. การทดสอบคุณสมบัติทางเคมี

หาปริมาณ degree of esterification DE หรือ DM คำนวณได้จาก

$$\% DE = \frac{\text{NaOH Volumn 2(ml)}}{\text{NaOH Volumn1+NaOH Volumn2(ml)}} \times 100 \quad (2)$$

โดย Volumn 1 = ปริมาตร ของ NaOH ที่ใช้ไตเตรต ครั้งที่ 1

Volumn 2 = ปริมาตร ของ NaOH ที่ใช้ไตเตรต ครั้งที่ 2

มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้ ชั่งเพศดิน 0.2 กรัม หยดเอทานอลจนขึ้น เติมน้ำ 20 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วย NaOH 0.1 M (ใช้ phenolphthalein เป็นอินดิเคเตอร์) จนถึงจุดยุติ (V<sub>1</sub>) หยดโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล 10 มิลลิลิตร วางในที่มืด 2 ชั่วโมง เติมนีโตรคลอริก 0.1 นอร์มัล เขย่าจนสีชมพูหายไป หยด phenolphthalein 3 หยด ไทเทรตด้วย NaOH 0.1 M จนถึงจุดยุติ (V<sub>2</sub>)

### 4. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

ส่วนหนึ่งของการปรับปรุงวิธีวิเคราะห์ให้มีประสิทธิภาพ คือ การหาว่าเกิดความคลาดเคลื่อนตรงไหนของกระบวนการวิเคราะห์และความคลาดเคลื่อนมีมากน้อยแค่ไหน วิธีหนึ่งที่จะทราบได้คือทำการวิเคราะห์ทั้งกระบวนการใหม่หมดทำการวิเคราะห์ซ้ำๆกัน ถ้าผลที่ได้จากการวิเคราะห์ใกล้เคียงกันแสดงว่า ไม่มีความคลาดเคลื่อนที่รุนแรงเกิดขึ้นในการวิเคราะห์ การทดลองซ้ำๆหลายครั้งเช่นนี้เป็น การแสดงความมั่นใจในทางสถิติ เรียกว่า ลิ้มิตความเชื่อมั่น (confidence limit) ในการหาค่าลิ้มิตความเชื่อมั่น ต้องทราบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน standard deviation ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงผล การวิเคราะห์แต่ละครั้งจะให้ค่าใกล้เคียงกันมากน้อยแค่ไหนความคลาดเคลื่อนแบบควมคุมไม่ได้ เกิดจากการผันแปรของวิธีการวิเคราะห์และมาตรฐานวัดต่างๆอยู่เหนือการควบคุมของผู้วิเคราะห์ สำหรับการวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์ที่ทำซ้ำๆหลายๆ ครั้งจะกระจายระหว่างค่าที่มากและค่าที่น้อย

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_j - \bar{X})^2}{N-1}} \quad (3)$$

เมื่อ  $\sigma$  = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$x_i$  = ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งที่  $i$

$\bar{X}$  = ค่าเฉลี่ย

$N$  = จำนวนครั้งของการวิเคราะห์กับสารตัวอย่างอันเดียวกัน

### ผลการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้ศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนการศึกษาคุณสมบัติสารสกัดเพศดินในส้มแขกโดยศึกษาคุณสมบัติการสกัดเพศดินจากส้มแขก ปรากฏว่าส้มแขกสามารถสกัดหาเพศดินได้ โดยทางผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ช่วงเวลา คือ 30, 75 และ 120 นาที เวลาที่สามารถสกัดเพศดินดีที่สุดดังตาราง

ตารางที่ 1 ปริมาณเพศดินที่ได้แยกตามค่า pH และเวลา

เวลา (นาที)	ปริมาณเพศดิน					
	pH 2.5		pH 3.0		pH 3.5	
	น้ำหนักสด (g)	น้ำหนักแห้ง (g)	น้ำหนักสด (g)	น้ำหนักแห้ง (g)	น้ำหนักสด (g)	น้ำหนักแห้ง (g)
30	46.20	41.69	47.46	43.68	48.31	46.33
75	70.39	45.11	65.62	48.86	64.83	46.70
120	69.88	46.86	72.39	47.45	83.77	45.60



จากตารางพบว่า เวลาที่สามารถสกัดเพคตินดีที่สุด คือ 75 นาที ที่ pH 3.0 ได้เพคติน 48.86 กรัม รองลงมา คือ เวลา 120 นาที ที่ pH 3.0 ได้เพคติน 47.45 กรัม และ เวลา 120 นาที ที่ pH 2.5 ได้เพคติน 46.86 กรัม ตามลำดับ หลังจากนั้นทางผู้วิจัยได้ทำการสกัดเพคตินเพิ่มเติมตามเวลาและ pH ที่ดีที่สุดเพิ่มขึ้น

**การหาน้ำหนักกรัมสมมูลของเพคติน** เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมคุณภาพของเพคตินด้านความหนืด การเกิดเจล และคุณสมบัติของเส้นใย พบว่าเพคตินที่ได้มีการละลายน้ำได้ยาก ไม่ค่อยมีความหนืด มีการเกิดเจลเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับเพคตินมาตรฐาน

ตารางที่ 2 น้ำหนักกรัมสมมูลของเพคตินผลส้มแขกและเพคตินมาตรฐาน

ขวดที่	น้ำหนักสมมูล (g)	
	เพคตินมาตรฐาน	เพคตินผลส้มแขก
1	1428.5	232.5
2	1250.0	227.2
3	1666.6	232.5
ค่าเฉลี่ย	1448.3	230.7

**การหาปริมาณ methoxy content (% DE)**

ปริมาณ methoxy content (% DE) สามารถนำมาใช้บ่งบอกถึงคุณสมบัติในการเกิดเจลของเพคติน ซึ่งการเกิดเจลจะขึ้นอยู่กับระดับของการเอสเทอร์ฟิเคชันตามทฤษฎี ปริมาณเมทอกซิลที่สกัดได้จากเพคตินสามารถบ่งบอกได้ว่าเพคตินนั้นเป็นเพคตินประเภทเมทอกซิลสูง(HighMethoxylPectins; HMP) หรือ ประเภทเมทอกซิลต่ำ (LowMethoxyl Pectins; LMP) การหาปริมาณ methoxy content (% DE) ของเพคตินมาตรฐาน และเพคตินที่ได้จากส้มแขกแสดงดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ปริมาณ Methoxy Content (%DE) ของเพคตินมาตรฐาน

ครั้งที่	ปริมาตร (ml)		(%DE)
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	
1	1.8	0.2	20.11
2	1.9	0.2	20.20
3	1.8	0.2	20.11
ค่าเฉลี่ย	1.83	0.2	20.14±0.05

ตารางที่ 4. ปริมาณ Methoxy Content (%DE) ของเพคตินส้มแขก

ครั้งที่	ปริมาตร (ml)		(%DE)
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	
1	11	0.2	20.01
2	10	0.3	30.03
3	11.2	0.3	30.02
ค่าเฉลี่ย	10.73	0.26	26.68



## สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษา การศึกษาคุณสมบัติของเพคตินจากผลส้มแขก โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของสารเพคตินที่สกัดได้จากส้มแขก เพื่อเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของเพคตินที่สกัดได้จากส้มแขกกับเพคตินมาตรฐาน ผู้วิจัยได้เสนอผลการศึกษา ดังนี้

1) จากการศึกษาหาปริมาณเพคตินในผลของส้มแขกที่ใช้ค่า pH และเวลาที่ดีที่สุด พบว่า ในผลของส้มแขกสามารถหาปริมาณเพคตินได้ปริมาณเพคตินน้ำหนักก่อนอบ เท่ากับ  $91.51 \pm 5.15$  กรัม และปริมาณเพคตินน้ำหนักหลังอบ เท่ากับ  $45.99 \pm 0.60$  กรัม

2) จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของเพคตินส้มแขกและเพคตินมาตรฐาน พบว่า เพคตินที่สกัดได้จากผลของส้มแขกนั้นมีค่าน้ำหนักกรัมสมมูล เท่ากับ  $230.7 \pm 3.05$  กรัม น้ำหนักกรัมสมมูลของเพคตินมาตรฐาน เท่ากับ  $1448.3 \pm 209.0$  กรัม เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่าค่าน้ำหนักกรัมสมมูลต่างกันอย่างมาก สามารถบอกได้ว่าเพคตินที่สกัดได้จากผลของส้มแขกไม่ได้ตามมาตรฐาน

3) จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเพคตินส้มแขกและเพคตินมาตรฐาน พบว่าการหาปริมาณ degree of esterification (% DE) ของเพคตินส้มแขก เท่ากับ  $26.68 \pm 5.78$  กรัม ส่วนปริมาณ degree of esterification (% DE) ของเพคตินมาตรฐาน เท่ากับ  $20.14 \pm 0.05$  กรัม

4) จากการศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เปรียบเทียบความแข็งแรงของเจลเพคตินที่สกัดจากส้มแขกและเพคตินมาตรฐาน พบว่าเจลของเพคตินที่สกัดจากส้มแขกมีค่าแรงกดและค่าการทนต่อการพังอต่ำกว่าเพคตินมาตรฐาน

5) จากการศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ร้อยละของน้ำหนักแห้ง (yield) ปริมาณเมทอกซิล (Methoxy) ของเพคตินที่สกัดจากส้มแขกด้วยกรดไฮโดรคลอริก เป็นเวลา 120 นาที ผลที่ได้มีปริมาณเมทอกซิลของเพคตินที่สกัดจากส้มแขก (V1) เท่ากับ  $10.73 \pm 0.64$  และ (V2) เท่ากับ  $0.26 \pm 0.05$  ซึ่งพบว่าปริมาณเมทอกซิลต่างกันกับเพคตินทางการค้า (V1) มีค่าเท่ากับ  $1.83 \pm 0.05$  และ (V2) มีค่าเท่ากับ  $0.2 \pm 0.2$  ปริมาณ Methoxy Content (%DE) ของเพคตินมาตรฐาน เท่ากับ  $20.14 \pm 0.05$  ซึ่งมีปริมาณที่ค่อนข้างต่ำกว่าเพคตินจากส้มแขก  $26.68 \pm 5.78$  ซึ่งแสดงว่า เพคตินที่สกัดจากส้มแขกมีความบริสุทธิ์ต่างจากเพคตินมาตรฐาน

## อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาหาปริมาณเพคตินในผลของส้มแขกที่แยกค่า pH และเวลาทั้ง 3 ช่วง พบว่า ในผลของส้มแขกสามารถหาปริมาณเพคตินได้ปริมาณเพคตินที่เยอะที่สุดคือค่า pH 3.0 เวลา 75 นาที ซึ่งน้ำหนักหลังอบได้ เท่ากับ 48.86 กรัม และน้ำหนักก่อนอบได้ เท่ากับ 65.62 กรัม ทางผู้วิจัยจึงนำค่า pH และเวลาไปใช้ในการทำการทดลองครั้งที่สอง ได้เพคตินส้มแขกที่อบแห้งแล้วมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ  $45.99 \pm 0.60$  กรัม ส่วนน้ำหนักเพคตินก่อนอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $91.51 \pm 5.15$  กรัม ซึ่งไม่ตรงตามวิจัยของ งามอาจ เต็ดดวง (2553) ซึ่งเปรียบเทียบปริมาณเพคตินที่สกัดได้จากฝรั่งแต่ละพันธุ์พบว่าปริมาณเพคตินที่สกัดได้จากฝรั่งพันธุ์กิมจิมากที่สุด (ร้อยละ 15.55: 10.8-19.44: 0.83) เพคตินที่สกัดได้จากฝรั่งพันธุ์กลมสามสีมีปริมาณรองลงมาคือ ร้อยละ 8.56 + 0.56-11.45 + 0.24 และปริมาณเพคตินที่สกัดได้จากฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองมีน้อยที่สุด (ร้อยละ 8.69% 0.29-9.9240.24)

จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของเพคตินมาตรฐานและเพคตินส้มแขก ผลการหาน้ำหนักกรัมสมมูลของเพคตินมาตรฐาน โดยแบ่งการทำการทดลอง 3 ซ้ำ พบว่า เพคตินมาตรฐานมีน้ำหนักกรัมสมมูลเท่ากับ 1428.5 กรัม/โมล 1250.0 กรัม/โมล และ 1666.6 กรัม/โมล ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ  $1448.3 \pm 209.0$  กรัม/โมล เพคตินที่สกัดได้จากผลส้มแขกมีน้ำหนักกรัมสมมูลเท่ากับ 232.5 กรัม/โมล 227.2 กรัม/โมล และ 232.5 กรัม/โมล ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ  $230.7 \pm 3.05$  กรัม/โมล จะเห็นได้ว่ามีค่าต่างกันกับน้ำหนักกรัมสมมูลของเพคตินมาตรฐาน ซึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน (วิษระ เวียงแก้ว, 2552) ได้ศึกษาการสกัดเพคตินด้วยไอน้ำจากเปลือกส้มโอ พบว่าเพคตินที่สกัดได้มีน้ำหนักกรัมสมมูลเท่ากับ 862.24 กรัม/โมล ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเพคตินที่มีน้ำหนักกรัมสมมูลมากจะมีโครงสร้างของเพคตินที่ใหญ่กว่าเพคตินที่มีน้ำหนักกรัมสมมูลน้อย นอกจากนี้ น้ำหนักกรัมสมมูลมากยังบ่งบอกถึงค่าน้ำหนักโมเลกุลสูงและความสามารถในการเกิดเจลได้ดี

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเพคตินมาตรฐานกับเพคตินจากผลส้มแขก โดยการหาปริมาณเมทอกซิล ซึ่งปริมาณเมทอกซิลที่ สกัดได้จากเพคตินสามารถบ่งบอกได้ว่าเพคตินนั้น เป็นเพคตินประเภทเมทอกซิลสูง (HighMethoxylPectins; HMP) ซึ่งมีปริมาณเมทอกซิลตั้งแต่ร้อยละ 8.16 ขึ้นไป หรือ ประเภทเมทอกซิลต่ำ (LowMethoxyl



Pectins; LMP) ที่มีปริมาณเมทอกซิลต่ำกว่าร้อยละ 8.16 ปริมาณเมทอกซิลที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีปริมาณสูงกว่าเพคตินมาตรฐานแสดงให้เห็นว่า เพคตินที่สกัดได้เป็นเพคตินประเภทเมทอกซิลสูง การหาค่าเอสเทอร์ฟิเคชันของเพคตินมาตรฐาน เพคตินที่สกัดจากส้มแขกมีค่าร้อยละ 20.01 30.03 และ 30.02 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับวิจัยของ ดุลย์จิรา สุขบุญญสถิต , ญัฐกานต์ พรนิคม และณชล นัทยา (2561). ปริมาณเมทอกซิลของเพคตินที่สกัดจากกระเจี๊ยบเขียว เท่ากับ  $12.51+0.94$  ซึ่งพบว่าปริมาณเมทอกซิลใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $10.25+0.01$  ซึ่งเป็นปริมาณเมทอกซิลสูงกว่าร้อยละ 8.16 ซึ่งจัดเป็นกลุ่มไฮเมทอกซิลเพคติน เมื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกพบได้ว่า ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกจากเพคตินทางการค้ามีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ  $50.00+3.28$  ซึ่งปริมาณที่ค่อนข้างสูงกว่าเพคตินจากกระเจี๊ยบเขียว ( $17.48+3.88$ ) มาก ซึ่งแสดงว่าเพคตินที่สกัดจากกระเจี๊ยบเขียวมีความบริสุทธิ์น้อยกว่าเพคตินทางการค้า โดยปริมาณเมทอกซิล และค่าเอสเทอร์ฟิเคชันมีผลต่อการเกิดเจลของเพคติน ซึ่งค่า DE ตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไปจัดเป็นเพคตินชนิด HMP ซึ่ง HMP สามารถเกิดเจลได้โดยการสร้างพันธะไฮโดรเจนและแรงไฮโดรโฟบิกระหว่างหมู่เมทอกซิลในสภาวะที่มีปริมาณน้ำตาลสูง และ pH ต่ำกว่า 3.5 (องอาจ เด็ดดวง ,2553).

จากการทดสอบคุณสมบัติของเพคตินจากผลส้มแขก โดยการทดสอบคุณสมบัติทางเคมี จากการทำการทดลอง 3 ชั่วโมง คำนวณหาน้ำหนักสมมูลจากการไทเทรตด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งให้ผลที่มีค่าต่างจากมาตรฐาน ดังนี้ น้ำหนักสมมูลของเพคตินมาตรฐาน ได้ดังนี้ 1250.0 1428.5 และ 1666.6 กรัม ส่วนน้ำหนักสมมูลของเพคตินส้มแขก ได้ดังนี้ 232.5 227.2 และ 232.5 กรัม ตามลำดับ ส่วนการทดสอบทางกายภาพโดยการหาปริมาณเมทอกซิลของเพคตินที่สกัดได้ พบว่ามีปริมาณเมทอกซิลในเพคตินส้มแขกสูงกว่าเพคตินมาตรฐานอยู่ที่ 20.01 30.03 และ 30.02 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่  $26.68\pm 4.71$  เพราะเมทอกซิลขึ้นอยู่กับพืชผลไม้ที่นำมาสกัดหาปริมาณเพคตินมีปริมาณเมทอกซิลต่างกัน แสดงว่าเพคตินที่สกัดได้จากการสกัดจากผลของส้มแขกมีมาตรฐานต่ำกว่าเพคตินมาตรฐาน

#### ข้อเสนอแนะและการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ในการศึกษาหาปริมาณเพคตินของสารสกัดจากผลส้มแขก ควรมีการเปรียบเทียบระหว่างเพคตินที่ได้จากผลสีเขียวยและผลสีเหลือง
2. การศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยในครั้งนี้ ควรศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมในการสกัดเพคตินจากผลส้มแขกเพื่อให้ได้ตามเพคตินตามค่ามาตรฐาน
3. ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาหาปริมาณเพคติน และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ผู้ที่สนใจต้องการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ควรนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อนำสิ่งที่ได้ศึกษามาใช้ประโยชน์สูงสุด

#### เอกสารอ้างอิง

- จรรย์ญา อับดุลสลาม , กิตติชัย บรรจง (2560). **ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสกัดเพคตินจากลูกตาลสุกด้วยน้ำโดยไม่ปรับพีเอช**. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,ปีที่ 9 ฉบับที่ 18.
- ฉัตรชัย สังข์ผุด, จีราภรณ์ สังข์ผุด และ จินตนา แก้วชนะ. (2554). **สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอด้วยสารละลายกรด**. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- ชวนัญญ์ สิทธิดิถรัตน์ และคณะ. (2548). การผลิตเพคตินจากเปลือกและกากส้มเหลืองทิ้ง. ในรายงานการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43. 469-480.
- ดุลย์จิรา สุขบุญญสถิต , ญัฐกานต์ พรนิคม และณชล นัทยา (2561). **คุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของเพคตินจากกระเจี๊ยบเขียว**. แก่นเกษตร 46 ฉบับพิเศษ 1. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ดวงจันทร์ เสงส์สวัสดิ์. (2545). **ใยอาหารเพื่อสุขภาพ**. วารสารอาหาร. ปีที่ 32 ฉบับที่ 2.
- ธานุวัฒน์ ลากตันคู่ผล และคณะ. (2556). **การสกัดเพคตินจากเปลือกผักและผลไม้**. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 44(2) (พิเศษ): 433-436.
- ปิยกุลย์ ทองบุญ. 2556. **ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดส้มแขกและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ล้างมือ**. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เพคติน (Pectin) **ประโยชน์และสรรพคุณเพคติน**. (ออนไลน์). วันที่สืบค้นข้อมูล : 15 มกราคม 2562. จาก : <https://www.siamchemi.com/> เพคติน/.





- พรรคศักดิ์ ศรีอมรศักดิ์, 2544, เพคติน :บทบาท ในเชิงสุขภาพ, วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร ปีที่ 21-22 ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2544 - 2545).
- มันทนา นวลเจริญ. 2552. สารานุกรมความหลากหลายทางชีวภาพ ตำบลกะเปอร์ อำเภอกะเปอร์ จังหวัดระนอง. กทม. สำนักงานปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- วัชระ เวียงแก้ว.(2549). การสกัดเพคตินด้วยน้ำจากเปลือกส้มโอ. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- แวนูรไอนี้ ตูแวนสาระวี และอาชูรา มะโระ (2560). การศึกษาคุณสมบัติสารสกัดเพคตินจากเปลือกกล้วยน้ำว้าและเปลือกกล้วยหอม. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป. คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- สวรรรยา เม็งเกร็ด (2550). การใช้เจลบุกร่วมกับเพคตินเป็นสารเคลือบจุลินทรีย์โพโรไบโอติกและการประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่ม. วิทยานิพนธ์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง/กรุงเทพฯ.
- สุธิดา ทองคำ และพูนศิริ ทิพย์เนตร. (2555). การสกัดเพคตินจากจาวตาล. วารสารวิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. 1:3-11.
- สุนันท์ วิทิตสิริ.(2556). การเปรียบเทียบปริมาณเพคติน จากซังขนุนหนึ่งจำปากรอบ โดยการสกัดด้วยน้ำร้อนและความดันไอสุง. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา,ปีที่ 9 ฉบับที่ 2.
- ส้มแขก (Garcinia) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์. (2561). (ออนไลน์). (วันที่สืบค้นข้อมูล : 20 มิถุนายน 2563). จาก : <https://clib.psu.ac.th/southerninfo/content/5/3227b444>.
- อดิศักดิ์ สีนโสภา, นิศรา ธรรมวงศ์ และอังคณา จันทรพลพันธ์. (2556). การเปรียบเทียบวิธีการสกัดเพคตินจากเปลือกมะนาวแป้นโดยใช้วิธีการสกัดแบบดั้งเดิม วิธีการสกัดด้วยน้ำกึ่งวิกฤต วิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟและวิธีการสกัดด้วยอัลตราโซนิค. การประชุมวิชาการ. ครั้งที่ 12. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- อภันตรี มีบุญ, ชัยรัตน์ พึ่งเพียร, อัญชลี ศิริโชติ และศุภยงค์ วรวิฑูมิคุณชัย. (2559). ผลของระยะเวลาเจริญของผลและเวลาอบแห้งที่มีต่อสมบัติทางกายภาพ เคมี และการต้านอนุมูลอิสระของส้มควาย (*Garcinia pedunculata* Roxb.). การประชุมวิชาการเสนองานวิจัยบัณฑิตศึกษา ระดับชาติและนานาชาติ ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 15 มกราคม 2559. หน้า420-427.
- องอาจ เต็ดดวง (2553). การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งกับเพคตินมาตรฐาน. สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- Emaga, T.H.,Robert, C., Ronkart, S.N., Wathélet, and B., Paquot, M (2008). **Characterization of pectin extracted from banana peels (Musa AAA) under different conditions using an experimental design.** Food Chemistry. 108: 463- 471.
- Girma, Ermia, Teshome Worku (2016). **Extration and Characterization of Pectin From Selected Fruit Peel Waste.** International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 6, Issue 2.
- Nursakinah, I., Zulkhairi, H.A., Norhafizah, M., Hasnah, B., Zamree, Md. S., Farrah Shafeera, I. Razif, D. and Hamzah Fansuri, H. 2012. **Nutritional content and in vitro antioxidant potential of Garcinia atroviridis (Asam gelugor) leaves and fruits.** Mal. J. Nutr. 18: 363- 371.
- Pilnik, W. and A.G.J. Voragen. 1991. **The Significance of endogenous and exogenous pecticenzyme in fruit and vegetable processing,** In P.F. Fox (ed.). Food Enzymol. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. pp. 303-336.
- Rombouts, F.M. and W.Pilnik. 1972. **Research on pectin depolymerase in the sixties.** A Literature Review. CRC Crit. Rev. Food. Technol.
- Voragen, A.G.J., W. Pilnik, J.F. Thibault, M.A.V. Axelos and C.M.G.C. Renard. 1995. **Pectins, In Food Polysaccharides and Their Application.** A.M. Stephen (ed.). Marcel Dekker, Inc., New york. pp. 287-339.