

ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลี  
(*Brassica oleracea* L.var.capitata) ภูทับเบิก อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

The Optimum Condition of Extract Pectin from Cabbage

(*Brassica oleracea* L.var.capitata) of Phu Tub Berk Amphoe Lom Kao Phetchabun Province

ธนาวรรณ สุขเกษม<sup>1</sup> และขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา<sup>2</sup>

Tanawan Sukkasem<sup>1</sup> and Kwanjit Anukulwattana<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

<sup>1,2</sup>Faculty of Science and Technology, Petchabun Rajabhat University

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อทำการศึกษาภาวะการสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลีที่เหมาะสม โดยนำกะหล่ำปลีจากภูทับเบิกมาสกัดด้วยกรด 2 ชนิด ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก และกรดไนตริก ความเข้มข้น 1 นอร์มอล อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 3 ระดับ คือ 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ คือ 30, 60 และ 90 นาที จากนั้นนำเพคตินที่สกัดได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณร้อยละผลผลิตที่ได้, ร้อยละความชื้น, ปริมาณเมธอกซี, น้ำหนักสมมูล, เปอร์เซ็นต์ DE และมิลลิกรัมของกรดกาแลกทูโรนิก (%) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT พบว่าสารสกัดเพคตินที่สกัดได้ดีที่สุด คือ เพคตินที่สกัดด้วยกรดไนตริก (HNO<sub>3</sub>) เข้มข้น 1 นอร์มอล ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที จะมีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวขุ่น ละลายน้ำได้ดี มีปริมาณน้ำหนักแห้ง ร้อยละ 15.8 ซึ่งเมื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติ พบว่าเพคตินที่สกัดได้จะมีความชื้น, ปริมาณเมธอกซี, น้ำหนักสมมูล, เปอร์เซ็นต์ DE และมิลลิกรัมของกรดกาแลกทูโรนิก (%) มีค่าเท่ากับ 20.00±0.95, 7.44±0.02, 900.36±1.87, 53.33±0.07 และ 794.19±0.74 ตามลำดับ และสามารถแบ่งเกรดของเพคตินที่สกัดได้จากกะหล่ำปลีจัดเป็นแบบ High methoxyl pectin (HM) ชนิดเกิดเจลได้ช้ามาก (Extra slow set pectin) โดยดูจากปริมาณเมธอกซี (% methoxyl) มากกว่าร้อยละ 7 ซึ่งมีผลสอดคล้องกับระดับเอสเทอร์ริไฟเคชัน (% DE) ซึ่งต้องมากกว่า 50 %

**คำสำคัญ:** กะหล่ำปลี, เพคติน, การสกัด

### Abstract

This research aims to study the performance of pectin extracted from cabbage of Phu Tun Berk. To used acid for extracted pectin 2 Type are hydrochloric acid and nitric acid concentration of 1 Normal, temperatures used in the extraction of 3 levels 80, 90 and 100 °C and time to extract 30, 60 and 90 minutes then pectin extracted to analyze properties eg. moisture (%), Methoxy content (%), Weight equivalence (mg), DE (%) and galacturonic acid (%mg) and compared using DMRT. The results showed that pectin is the best extracted with nitric acid (HNO<sub>3</sub>) 1 N at 90 °C for 90 minutes, a solid powder. Solubility. So pectin powder have the dry weight of pectin 15.8 % were used to analyse moisture (%), Methoxy content (%), Weight equivalence (mg), DE (%) and galacturonic acid

(%mg) were  $20.00 \pm 0.95$ ,  $7.44 \pm 0.02$ ,  $900.36 \pm 1.87$ ,  $53.33 \pm 0.07$  and  $794.19 \pm 0.74$  respectively. And can be used as a basis for grading of pectin. Pectin extracted from cabbage is a High methoxyl pectin (HMP) type of gel is very slow (Extra slow set pectin), containing the Methoxyl proxy more than 7 percent, as same as the level of DE required with DE more than 50 %.

**Keywords:** cabbage (*Brassica oleracea* L.var.*capitata* L.), pectin, extraction



## บทนำ

กะหล่ำปลี (*Brassica oleracea* L.var.*capitata* L.) เป็นพืชผักเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่ปลูกได้ดีเฉพาะฤดูหนาวทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน โดยเฉพาะนิยมปลูกเป็นปริมาณมากในพื้นที่ภูทับเบิก ตำบลวังตาล อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของชนกลุ่มน้อยซึ่งเป็นชาวไทยภูเขาเผ่าม้ง มีพื้นที่ในการเพาะปลูกกะหล่ำปลีเป็นจำนวนหลายพันไร่บนยอดเขาสูงจนได้รับการขนานนามว่า คอยกะหล่ำปลีโลก นอกจากนี้พื้นที่ดังกล่าวเป็นบริเวณยอดเขาที่สูงที่สุดที่มีการปลูกกะหล่ำปลีเป็นจำนวนมากแล้วยังได้รับการยอมรับในการเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่ระดับความสูง 1,768 จากระดับน้ำทะเลปานกลางในอุณหภูมิที่หนาวเย็นจนกลายเป็น 1 ใน UNSEEN THAILAND กะหล่ำปลีเป็นผักที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 50-120 วัน ปลูกได้ดีในช่วงเดือนตุลาคม-มกราคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีผลผลิตออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมากมีผลทำให้ราคาผลผลิตเกิดภาวะตกต่ำ

สารประกอบเพคติน (Pectin) เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงที่ได้จากธรรมชาติ และมักพบว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในพืช ในระดับอุตสาหกรรมสกัดเพคตินจากผลไม้ชนิดต่าง ๆ เช่น เปลือกส้ม และกากแอปเปิ้ล อีกทั้งประเทศไทยยังคงต้องมีการนำเข้าเพคตินเข้ามาปีหนึ่ง ๆ มีมูลค่าหลายแสนบาทเพื่อนำมาใช้ในทางการแพทย์ และในทางอุตสาหกรรมอาหาร โดยราคาเพคตินระดับ industrial grade ราคาประมาณ 3,800 บาท/กิโลกรัม (ข้อมูลนำเข้าและจัดจำหน่ายเพคติน) และระดับ lab & pharmaceutical grade ราคาตั้งแต่ 6,650-10,161 บาท/กิโลกรัม (ข้อมูลจาก Fluka ประเทศเยอรมัน) เนื่องจากประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตเพคตินได้เอง ซึ่งมีอยู่ในวงจำกัดไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้และแหล่งสำคัญของการ

ผลิตเพคตินเป็นการค้า คือ ของเหลือทิ้งจากพืชตระกูลส้มและแอปเปิ้ล แคนแอปเปิ้ล กากเมล็ดทานตะวัน กากมันฝรั่ง เปลือกถั่วเหลือง ดังนั้นนักวิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงการเพิ่มประโยชน์ให้กับผลผลิตกะหล่ำปลีที่มีมากในตลาดโดยการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบทางการเกษตรในการแปรสภาพให้เป็นสารประกอบในเชิงอุตสาหกรรมที่มีประโยชน์มากขึ้น จึงทำการศึกษายางค์ประกอบของกะหล่ำปลีที่ภูทับเบิก และสารสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลีในสภาวะที่เหมาะสม เพื่อช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีอยู่ในท้องถิ่น และเป็นต้นแบบในการนำไปศึกษาต่อในการผลิตสารประกอบในเชิงการค้าอื่น ๆ และนำมาต่อยอดงานวิจัยเพื่อนำสารสกัดเพคตินไปผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพต่อไป

## วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการสกัดเพคตินที่เหมาะสมจากกะหล่ำปลี
2. เพื่อศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้
3. เพื่อศึกษาจุดคุ้มทุนในกระบวนการผลิตเพคตินจากผลผลิตทางการเกษตร

## แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### ลักษณะทั่วไปของกะหล่ำปลี

กะหล่ำปลีเป็นพืชในวงศ์เดียวกับกะหล่ำดอก บล็อกโคลี และคะน้า พัฒนามาจากพันธุ์ป่าซึ่งมีกำเนิดในแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน และทางตะวันตกเฉียงใต้ของทวีปยุโรป ใบกะหล่ำปลีเจริญซ้อนกันแน่นปกปิดยอดอ่อนจนเห็นเป็นก้อนกลม ๆ กะหล่ำปลีดอก เรียกว่า

sauerkraut (ศศิวิมล แสงพล และคณะ, 2546)

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.

ชื่อวงศ์: BRASSICACEAE (CRUCIFERAE)

ชื่อสามัญ: Cabbage, Common Cabbage, White Cabbage,

Red Cabbage

ชื่อพื้นเมือง: กะหล่ำปลี (ทั่วไป), กะหล่ำใบ

### เพคติน

เพคตินเป็นสารประกอบโพลีแซกคาไรด์ที่พบในพืชจากธรรมชาติ สกัดได้จากเปลือกผลไม้ตระกูลส้ม กากแอปเปิ้ล พบมาในเนื้อเยื่อที่มีการขยายขนาดของเซลล์ การสกัดเพคตินทำได้โดยการสกัดด้วยกรดแล้วตกตะกอนด้วยเอทิลหรือเมทิลแอลกอฮอล์ เพคตินเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเช่นเดียวกับแป้ง ไกลโคเจนและเซลลูโลส จัดเป็น high molecular weight pectin acids มีคุณสมบัติพิเศษ คือ เมื่อละลายน้ำจะพองตัวเป็นเจลทำหน้าที่เป็นสารก่อสภาพเจล (gelling agar) สารเพิ่มความเข้มข้นของเหลว (thickness) และสารให้ความคงตัว (stabilizer) จึงนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้อย่างกว้างขวาง

ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายเพคติน คือ

1. น้ำหนักโมเลกุลของเพคติน เพคตินที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะมีความหนืดสูง

2. Degree of methoxylation เพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลมาก เรียกว่า high-methoxyl pectin จะมี degree of methoxylation มากกว่า 50% ขึ้นไป ซึ่งจะให้สารละลายที่มีความหนืดสูง

3. ความเข้มข้นของอิเล็คโทรไลต์ การเติมแคลเซียมไอออน ( $Ca^{2+}$ ) หรืออะลูมิเนียมไอออน ( $Al^{3+}$ ) จะทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะกับเพคตินชนิด low methoxyl pectin

4. พีเอชพีเอชที่ให้ความหนืดสูงสุดขึ้นอยู่กับ degree of methoxylation

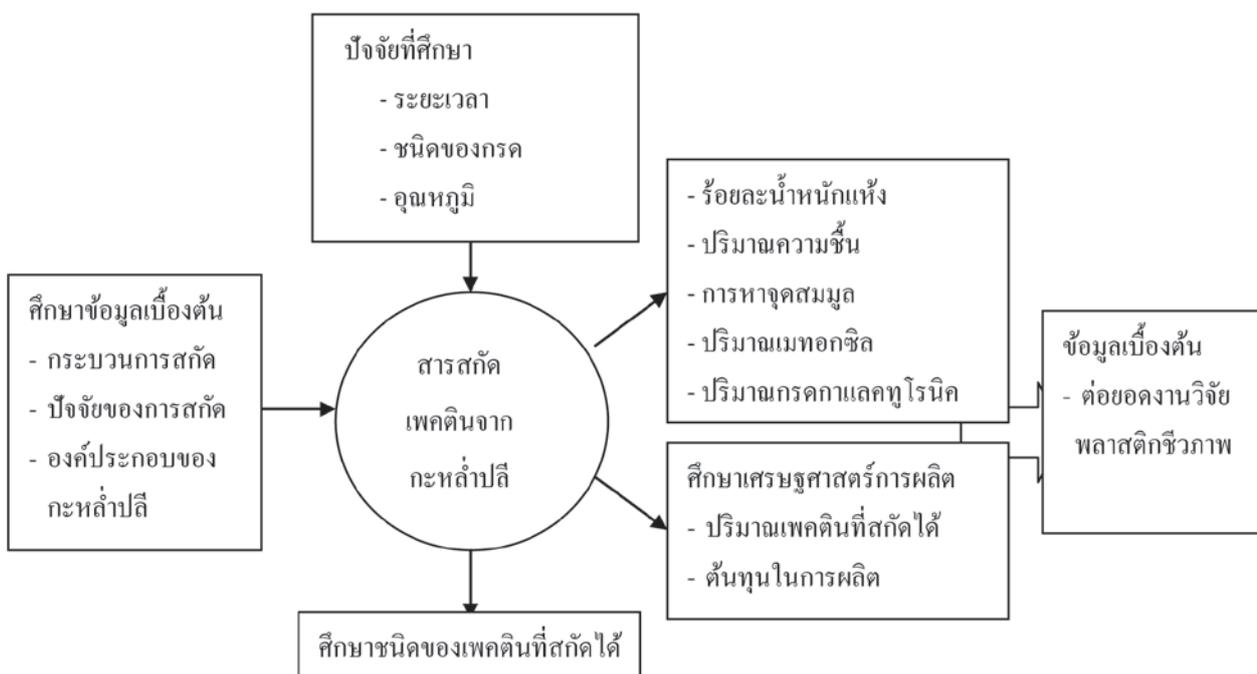
### ชนิดของเพคติน

การแบ่งเกรดเพคตินตามระดับของเอสเทอร์ฟิเคชัน (degree of esterification) ได้ 2 ระดับ คือ

1. เพคตินที่มีเมทอกซิลสูง (High methoxyl pectin, HM) เป็นสารเพคตินที่มีระดับของเมทิลเอสเทอร์ฟิเคชัน (Degree of methyl esterification, %DM) มากกว่า 50 %

2. เพคตินที่มีเมทอกซิลต่ำ (Low methoxyl pectin) เป็นสารเพคตินที่มีระดับของเมทิลเอสเทอร์ฟิเคชัน น้อยกว่า 50 % ในทางการค้าจะมีค่า DE อยู่ในช่วง 20-40% เพคตินชนิดนี้สามารถจะเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ต้องมีของแข็งที่ละลายได้ (soluble solid)

### กรอบแนวคิดการวิจัย



## วิธีดำเนินการวิจัย

### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ทำการศึกษาการสกัดเพคตินจากตัวอย่างกะหล่ำปลีชนิดสีขาวยุคแรกเก็บเกี่ยวแล้ว 120 วัน ที่ปลูกในพื้นที่ภูทับเบิก ตำบลวังบาล อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

### การเตรียมตัวอย่าง

นำผักกะหล่ำปลีจากภูทับเบิกมาล้างด้วยน้ำสะอาด 2 - 3 ครั้ง คัดเลือกเอาส่วนที่มีตำหนิ หั่นเป็นชิ้นเล็กเติมเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % โดยใช้อัตราส่วนระหว่างเศษกะหล่ำปลีต่อเอทิลแอลกอฮอล์ 95% เท่ากับ 1 : 2 โดยปริมาตร โดยตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง นำกากที่ได้ไปแช่ซ้ำอีกครั้งหนึ่ง แล้วเก็บกากที่ได้ไปทำการสกัดเพคตินต่อไป

### การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดเพคติน

#### การทดลองที่ 1 การศึกษากระบวนการสกัดเพคติน

การสกัดเพคตินจะมี 2 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 การสกัด นำกากกะหล่ำปลีจากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบมาเติมกรดซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะใช้กรด 2 ชนิด คือ กรดไฮโดรคลอริกและกรดไนตริกใช้อัตราส่วนกาก : กรด คือ 1 : 2 โดยปริมาตร สกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (90 และ 100 องศาเซลเซียส) และเวลาในการสกัด 30 นาที (60 และ 90 นาที) นำสารละลายที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรอง whatman no.1 ทำซ้ำ 2 รอบแล้วเก็บสารละลายที่กรองได้นำไปตกตะกอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การตกตะกอน นำสารละลายที่สกัดได้มาตกตะกอนด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 95% โดยสารละลายต่อเอทิลแอลกอฮอล์ อัตราส่วน 40 : 45 โดยปริมาตรวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง กรองแยกเอาตะกอนออกด้วยผ้าขาวบาง ล้างตะกอนด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 95% อัตราส่วนเพคตินต่อเอทิลแอลกอฮอล์ 1 : 2 ล้างซ้ำ 2 - 3 ครั้งนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 - 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน

6 ชั่วโมง แล้วนำมาบด ร่อนผ่านตะแกรง แล้วนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีเปรียบเทียบกับเพคตินมาตรฐาน

#### การทดลองที่ 2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

เพคตินที่สกัดได้จากกะหล่ำปลีภายใต้สภาวะที่เหมาะสมนำมาศึกษาสมบัติทางกายภาพ เช่น การหาปริมาณน้ำหนักรีดแห้ง ความสามารถในการละลาย ความสามารถในการตกตะกอน และลักษณะทางกายภาพทั่วไป และคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำหนักรวม และปริมาณเมธอกซิล ตามวิธีของ Rangana, 1977

#### การทดลองที่ 3 การศึกษาเกรดของเพคติน และการศึกษาเศรษฐศาสตร์การผลิต

นำผงเพคตินที่สกัดได้มาศึกษาการแบ่งเกรดเพคตินเพื่อระบุความบริสุทธิ์ของเพคตินโดยดูจากปริมาณเมธอกซิล หรือค่า % DE และนำมาคำนวณหาต้นทุนการสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลี

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผล โดยใช้สถิติทดสอบเปรียบเทียบความแปรปรวนทางเดียว (One Way Anova) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P < 0.05$ )

### ผลการวิจัย

#### 1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

เมื่อทำการสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลีที่สภาวะต่าง ๆ ได้มีการนำเพคตินมาศึกษาความสามารถในการละลาย ความสามารถในการตกตะกอนและคุณลักษณะทั่วไป ซึ่งเป็นคุณสมบัติเบื้องต้นของเพคตินที่สกัดได้เทียบกับเพคติน เกรด 150 ทางการค้า ดังแสดงในตารางที่ 1

**ตาราง 1**

การเปรียบเทียบความสามารถในการละลาย ความสามารถในการตกตะกอน และลักษณะทางกายภาพของเพคตินจากกะหล่ำปลี

สารสกัด	ลักษณะทางกายภาพ	การละลาย	การตกตะกอน
เพคตินที่สกัดด้วย HCl	ของแข็งสีขาวขุ่น ออกเหลือง มีกลิ่นกรด	ละลายน้ำได้ปานกลาง ได้สารละลายหนืดเล็กน้อย	มีความสามารถในการเกิดเจลได้เล็กน้อย เจลมีลักษณะเหลืองขุ่น
เพคตินที่สกัดด้วย HNO <sub>3</sub>	ของแข็งสีขาวขุ่น มีกลิ่นกรดอ่อน	ละลายน้ำได้ดี ได้สารละลายค่อนข้างหนืด	ตกตะกอนได้ดีปานกลาง เกิดเจลที่มีลักษณะอ่อนสีใส
เพคตินทางการค้า	ผงละเอียด ของแข็ง สีน้ำตาลอ่อน	ละลายน้ำได้ดี ได้สารละลายขาวใส มีความหนืดสูง	มีความสามารถในการตกตะกอนวุ้นได้ดี เกิดเจลแข็งใส

**2. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี**

เพคตินที่สกัดจากกะหล่ำปลีที่สภาวะต่างๆ เมื่อนำมาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยกรด HCl สามารถสกัดเพคตินออกมาได้มีปริมาณและคุณภาพดีกว่าการสกัดด้วยด้วย HNO<sub>3</sub> 1 N ปริมาณผลผลิตที่สกัดได้มากที่สุด คือ การสกัดกรด HCl ที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 90 นาที มีค่าเท่ากับ 15.80±0.57 มีความชื้น ร้อยละ 26.33±0.94 และปริมาณ equivalent weight ส่วนเพคตินที่สกัดด้วยกรดไนตริกจะมีปริมาณ methoxyl และมิลลิกรัมของกรดกาแลกทูโรนิก เมื่อสกัดที่อุณหภูมิ 90 °C 90 นาที จะมี 7.44±0.02 % และ 794.19±0.74 % ตามลำดับ สำหรับ

ปริมาณ DE ของเพคตินที่สกัดด้วยกรดทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณใกล้เคียงกันและมีปริมาณมากที่สุดที่ 90 °C เป็นเวลา 90 นาที ร้อยละ 51.99±0.11 (ดังตารางที่ 2 และ 3)

**3. การแบ่งเกรดของเพคติน**

ระดับของเอสเทอริฟิเคชัน (Degree of esterification) ของเพคตินที่สกัดได้จากกะหล่ำปลี นำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งเกรดของเพคติน โดยเพคตินที่สกัดได้จะมีค่า Degree of esterification มากกว่า 50 % หรือมีปริมาณ methoxyl มากกว่า 7 % ซึ่งจัดเพคตินที่สกัดได้จากกะหล่ำปลีเป็นแบบ High Methoxyl Pectih (HMP) ชนิดเกิดเจลได้ช้ามาก (Extra slow set pectin)

**ตาราง 2**

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเพคตินที่สกัดจากกะหล่ำปลีด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่สภาวะต่าง ๆ

acid (1 N)	Temperature (°C)	Time (M)	Yield (%g)	Moisture (%)	methoxy (%)	equivalent weight (mg)	DE (%)	galacturonic acid (%)
HCl	80	30	5.60±0.00 <sup>f</sup>	9.33±0.94 <sup>f</sup>	3.24±0.06 <sup>f</sup>	1065.35±2.62 <sup>c</sup>	52.35±0.21 <sup>d</sup>	364.58±0.56 <sup>i</sup>
		60	6.20±0.57 <sup>f</sup>	10.33±0.94 <sup>f</sup>	5.48±0.05 <sup>cd</sup>	1260.51±3.66 <sup>a</sup>	51.65±0.12 <sup>f</sup>	609.41±1.63 <sup>df</sup>
		90	10.80±0.71 <sup>c</sup>	20.67±1.18 <sup>a</sup>	6.17±1.03 <sup>b</sup>	1138.09±3.00 <sup>b</sup>	59.14±0.09 <sup>a</sup>	702.32±1.12 <sup>b</sup>
	90	30	2.40±0.14 <sup>e</sup>	3.83±0.23 <sup>e</sup>	3.52±0.07 <sup>ef</sup>	998.67±2.30 <sup>c</sup>	52.33±0.20 <sup>d</sup>	389.49±1.48 <sup>h</sup>
		60	11.20±0.57 <sup>bc</sup>	18.67±0.94 <sup>bc</sup>	5.62±0.07 <sup>cd</sup>	1014.89±2.38 <sup>d</sup>	52.34±0.13 <sup>d</sup>	615.62±1.48 <sup>df</sup>
		90	15.80±0.57 <sup>a</sup>	26.33±0.94 <sup>a</sup>	6.44±0.05 <sup>b</sup>	808.19±1.51 <sup>e</sup>	51.99±0.11 <sup>c</sup>	691.97±0.97 <sup>bc</sup>
	100	30	0.60±0.28 <sup>h</sup>	1.00±0.47 <sup>h</sup>	Ns	Ns	Ns	Ns
		60	0.80±0.57 <sup>h</sup>	1.33±0.94 <sup>h</sup>	Ns	Ns	Ns	Ns
		90	1.80±0.28 <sup>gh</sup>	3.00±0.47 <sup>e</sup>	Ns	Ns	Ns	Ns

หมายเหตุ\* <sup>a-h</sup> ตัวอักษรที่กำกับที่แตกต่างกันตามแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P ≤ 0.05)

<sup>ns</sup> ตัวอักษรที่กำกับที่แตกต่างกันตามแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

### ตารางที่ 3

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเพคตินที่สกัดจากกะหล่ำปลีด้วยกรดไนตริก ( $\text{HNO}_3$ ) ที่สภาวะต่าง ๆ

acid (1 N)	Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	Time (M)	Yield (%g)	Moisture (%)	methoxy (%)	equivalent weight (mg)	DE (%)	galacturonic acid (%)
$\text{HNO}_3$	80	30	7.40±0.28 <sup>c</sup>	12.33±0.47 <sup>c</sup>	5.12±0.08 <sup>d</sup>	900.36±1.87 <sup>f</sup>	53.17±0.01 <sup>b</sup>	560.95±1.28 <sup>f</sup>
		60	9.00±0.85 <sup>d</sup>	15.00±1.41 <sup>d</sup>	5.52±0.01 <sup>cd</sup>	585.71±1.05 <sup>h</sup>	52.42±0.00 <sup>d</sup>	602.36±1.12 <sup>df</sup>
		90	10.40±1.13 <sup>c</sup>	17.33±1.89 <sup>c</sup>	5.67±0.12 <sup>cd</sup>	480.16±1.06 <sup>k</sup>	53.01±0.20 <sup>c</sup>	623.06±1.68 <sup>cd</sup>
	90	30	6.60±0.00 <sup>ef</sup>	11.00±0.00 <sup>ef</sup>	4.12±0.02 <sup>c</sup>	581.85±0.78 <sup>i</sup>	53.33±0.07 <sup>b</sup>	463.74±1.48 <sup>e</sup>
		60	10.60±0.42 <sup>c</sup>	17.50±0.71 <sup>c</sup>	6.02±0.02 <sup>b</sup>	555.14±0.71 <sup>j</sup>	52.21±0.04 <sup>d</sup>	650.56±0.56 <sup>bcd</sup>
		90	12.00±0.57 <sup>b</sup>	20.00±0.95 <sup>b</sup>	7.44±0.02 <sup>a</sup>	432.03±0.43 <sup>l</sup>	51.89±0.03 <sup>c</sup>	794.19±0.74 <sup>a</sup>
	100	30	1.20±0.57 <sup>gh</sup>	2.00±0.95 <sup>gh</sup>	Ns	Ns	Ns	Ns
		60	0.80±0.28 <sup>h</sup>	1.33±0.47 <sup>h</sup>	Ns	Ns	ns	ns
		90	0.70±0.14 <sup>h</sup>	1.17±0.23 <sup>h</sup>	Ns	Ns	ns	ns

หมายเหตุ\* <sup>a-l</sup> ตัวอักษรที่กำกับที่แตกต่างกันตามแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> ตัวอักษรที่กำกับที่แตกต่างกันตามแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

#### 4. การคำนวณต้นทุนการสกัดเพคติน

การสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลี 1000 กรัม ด้วยกรดทั้ง 2 ชนิด จะสามารถสกัดเพคตินได้ปริมาณ 120 - 158 กรัม เมื่อนำมาคำนวณหาต้นทุนการสกัดเพคตินจะมีต้นทุนในการสกัด 317.78 - 350.11 บาทต่อกะหล่ำปลี 1 กิโลกรัม และเมื่อเปรียบเทียบราคาเพคตินที่สกัดได้เทียบกับราคาเพคตินเชิงการค้า พบว่าเพคตินที่สกัดได้มีราคาที่ย่อมเยาสูงกว่าราคาเพคตินตามท้องตลาด (ดังตารางที่ 4)

#### ตาราง 4

เปรียบเทียบราคาเพคตินที่สกัดจากกะหล่ำปลีกับเพคตินสำเร็จรูปเชิงทางการค้า

เพคติน	ราคา (บาท/เพคติน 1 กิโลกรัม)
เพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก	2,011.27
เพคตินที่สกัดด้วยกรดไนตริก	2,917.58
เพคตินสำเร็จรูปเชิงการค้าเกรด 150	1,360.00

#### การอภิปรายผล

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลี (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) ให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับเพคตินมาตรฐาน พบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ การสกัดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 90 นาที ด้วยกรดไฮโดรคลอริก 1 N จะให้ผลผลิตเพคตินในปริมาณที่สูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุทางการเกษตร (จินานาญ วิทยาประการ และสมัญญ์ ทวีเกษมสมบัติ, 2554) ลักษณะของเพคตินที่สกัดได้จะมีลักษณะทางกายภาพเป็นของแข็งสีเหลืองอ่อนคล้ายกับเพคตินเชิงการค้าแต่มีกลิ่นกรดที่ใช้ในการสกัดหลงเหลืออยู่บ้าง เพคตินที่สกัดได้มีร้อยละผลผลิต 15.80 ปริมาณความชื้นร้อยละ 26.33 ปริมาณเมธอกซีร้อยละ 6.44 น้ำหนักสมมูล 808.19 มิลลิกรัม ปริมาณ DE ร้อยละ 51.65 และปริมาณของกรดกาแลกทูโรนิกร้อยละ 691.97 ส่วนการสกัดด้วยกรดไนตริกที่อุณหภูมิและเวลาในการสกัดเดียวกันจะได้เพคตินที่มีปริมาณเมธอกซี มากกว่า 7% (มีปริมาณเมธอกซีเท่ากับ 7.44%) และค่า Degree of esterification มากกว่า 50% (มี DE เท่ากับ 51.89%) ซึ่งสามารถจัดเพคตินที่สกัดได้จากกะหล่ำปลีเป็นแบบ High methoxyl pectin (HM) ชนิดเกิดเจล

ได้ช้ามาก (Extra slow set pectin) ซึ่งจะมีปริมาณเมธอกซีมากกว่าร้อยละ 7 ซึ่งสอดคล้องกับระดับของ DE ที่ต้องมี % DE มากกว่า 50 % เรียกว่า rapid set และไม่สามารถเกิดเจลได้ถ้าไม่มีน้ำตาลในปริมาณสูง จึงเหมาะสำหรับทำแยมและเยลลี่ (กุลยา โอตากะ, 2554) ส่วนการบ่งบอกถึงความบริสุทธิ์ของเพคตินค่อนข้างสูงโดยดูได้จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก เนื่องจากโครงสร้างหลักของเพคตินซึ่งเป็นโพลีแซ็กคาไรด์จะมีส่วนประกอบหลักเป็นกรดกาแลคทูโรนิกเป็นหน่วยย่อยๆ กล่าวคือ เพคตินที่นำมาสลายพันธะแล้วพบว่ามีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกในปริมาณที่สูงนั้นบ่งบอกว่าสารนั้นเป็นโครงสร้างของเพคติน อีกทั้งปริมาณและความบริสุทธิ์ของเพคตินที่สกัดได้จะขึ้นอยู่กับชนิดของผัก ความแก่อ่อน พันธุ์ของผลไม้อีกด้วย (นิริยา รัตนานนท์, 2545)

## ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับวิธีการสกัดเพคตินให้มีคุณภาพดีขึ้น เช่น ปรับอัตราส่วนเอทิลแอลกอฮอล์ให้มีอัตราส่วนที่น้อยลง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในขั้นตอนการสกัดและการตกตะกอน
2. ควรศึกษาการประยุกต์ใช้เพคติน และการแปรสภาพเพคตินให้มีหลากหลายวิธีเพื่อนำไปประยุกต์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้
3. ควรศึกษาปริมาณเพคตินจากผักพื้นเมืองของประเทศไทย เพื่อให้เป็นข้อมูลในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรอย่างคุ้มค่า
4. ควรนำไปต่อยอดในการศึกษาการผลิตพลาสติกชีวภาพจากของเหลือทิ้งทางการเกษตรในท้องถิ่น



## References

- Otaka, K. (2002). *Environmental chemistry*. Bangkok: Ramkhumhang University. (in Thai)
- Rattanapanon, N. (2002). *Food Chemistry*. Chiang Mai: Chiang Mai University. (in Thai).
- Sawangpol, S.. et al. (2003). *Green Hypermart*. Bangkok: Mahidol University. (in Thai)
- Vitthayaprapakorn, C. & Taveekasemsomphut, S. (2011). The optimum conditions of extracting pectin from agricultural materials. *Journal of RMUTP Research*, (special Issue), 20-25. (in Thai)

