

ผลของค่าความเป็นกรด-ด่างและอัตราส่วนระหว่าง  
ของแข็งต่อสารละลายกรดซิตริกที่ใช้สกัด  
ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ  
Effect of pH and Solid-Liquid Ratio on  
Physicochemical Properties of Pectin  
from Pomelo [*Citrus grandis* (L.) Osbeck] Peels

อุบลวรรณ ศรีมงคลลักษณ์\* และมาริษา ภูภิญญกุล

สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

พัชรี ตั้งตระกูล

ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

Ubolwanna Srimongkoluk\* and Marisa Phupinyokul

Food and Nutrition Program, Department of Home Economics, Faculty of Agriculture,

Kasetsart University, Bangkhen Campus, Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

Patcharee Tungtrakul

Department of Food Chemistry and Physics, Institute of Food Research and Product Development,

Kasetsart University, Bangkhen Campus, Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพันธู์ส้มโอและสภาวะการสกัดต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ โดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลแบบสุ่มสมบูรณ์ จัดสิ่งทดลอง  $2 \times 2 \times 3$  โดยศึกษาปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่ พันธู์ส้มโอ 2 พันธู์ คือ ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายกรดซิตริกที่ใช้สกัด คือ 2 และ 3 และอัตราส่วนระหว่างผงเปลือกส้มโอต่อสารละลายกรดซิตริกเท่ากับ 1:15, 1:20 และ 1:25 (w/v) พบว่าการสกัดเพคตินที่อัตราส่วนผงเปลือกส้มโอต่อสารละลายกรดซิตริกเท่ากับ 1:25 (w/v) มีผลทำให้ร้อยละผลผลิตและความสามารถในการละลายของเพคตินสูง ในขณะที่เพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริก pH 2 มีสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์สูงและมีความคงตัวของระบบอิมัลชันดีกว่าเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริก pH 3 อย่างไรก็ตาม เพคตินที่สกัดด้วยสารละลายกรดซิตริก pH 3 มีค่าการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันสูงกว่าเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริก pH 2 ซึ่งเพคตินที่สกัดได้นี้จัดอยู่ในกลุ่มเมททอกซิลสูง (มากกว่า 50 %) สามารถเกิดเจลได้อย่างรวดเร็วเมื่อมีปริมาณของแข็งละลายน้ำได้มากกว่า 65 %

คำสำคัญ : เพคติน; เปลือกส้มโอ; สมบัติทางเคมีกายภาพ

## Abstract

The objectives of this research were to study the effect of varieties and extraction conditions on physicochemical properties of pectin extracted from pomelo. A 2 x 2 x 3 factorial arrangement in CRD was used as an experimental design. The factors include two varieties of pomelo peels (Thong-D and Khao Narm-Phueang) two pH values (2 and 3) and three solid: liquid ratios (1:15, 1:20 and 1:25 w/v). It was found that under solid-liquid ratio of 1:25 w/v gave the highest pectin yield and solubility. The extracted pectin with citric acid pH 2 was found to have a better emulsifying activity and emulsion stability. However, degree of esterification of extracted pectin with citric acid pH 3 was higher than that from pH 2. The pectin extracted from pomelo peel is high methoxyl type (> 50 %) of pectin and rapid set on total soluble solids at 65 %.

**Keywords:** pectin; pomelo peel; physicochemical property

## 1. คำนำ

เพคตินเป็นสารประกอบจำพวกพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก มีโครงสร้างหลักเป็นกรดกาแลคทูโรนิกต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1-4 ไกลโคซิดิก พบมากที่ผนังเซลล์ของพืชในชั้นเปลือกผลชั้นกลาง (albedo) รวมกับเนื้อเยื่อพืชอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ เช่น โปรโตเพคติน หรืออยู่รวมกับสารอื่น โดยการสกัดเพคตินทั่วไปจะต้องสกัดด้วยสารละลายที่มีความเป็นกรดหรือด่างสูง และใช้อุณหภูมิสูงในการสกัดเพื่อให้ได้เพคตินในปริมาณมาก

เพคตินมีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม อุตสาหกรรมยา และเครื่องสำอางค์เป็นอย่างมาก โดยนำมาใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล สารให้ความข้นหนืด สารให้ความคงตัว สำหรับประเทศไทยยังไม่มี การสกัดเพคตินเพื่อการค้า จึงต้องนำเข้าเพคตินจากต่างประเทศถึงปีละ 335 ล้านบาท (วัชร, 2549) ซึ่งเพคตินที่นำเข้ามีราคาแพงและมีแนวโน้มในการนำเข้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพคตินทางการค้าส่วนใหญ่สกัดได้จากเปลือกผลไม้ตระกูลส้มและกากแอปเปิ้ลที่เป็นของเหลือทิ้งทาง

การเกษตร ซึ่งประเทศไทยเองมีผลผลิตทางการเกษตรปริมาณมากและมีผลผลิตตลอดทั้งปี ปัญหาหนึ่งที่ตามมา คือ ของเหลือทิ้งจากผลผลิตทางการเกษตรทั้งจากพืชผัก และเปลือกผลไม้ไม่มีปริมาณสูง การนำของเหลือทิ้งเหล่านั้นไปใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่นำไปใช้เป็นอาหารสัตว์และปุ๋ยสำหรับทางการเกษตร ซึ่งผลตอบแทนที่ได้มีมูลค่าต่ำ งานวิจัยที่ผ่านมา มีการศึกษาการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ เปลือกแอปเปิ้ล เปลือกส้มโอ เปลือกมะนาว และเปลือกกล้วย พบว่าเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอมีสีที่ใสและร้อยละผลผลิตสูงกว่าพืชชนิดอื่น (ชินานาฏ และสมัชญ์, 2555) ในการสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในสถานะที่มีความเป็นกรดและอุณหภูมิสูงจะให้ร้อยละผลผลิตที่สูงกว่าการสกัดในสถานะกรดและอุณหภูมิต่ำ (ธานุวัฒน์ และคณะ, 2556) นอกจากนั้นปริมาณและคุณภาพของเพคตินที่สกัดได้ยังขึ้นกับชนิดพันธุ์ และอายุของวัตถุดิบอีกด้วย (องอาจ, 2553) จากงานวิจัยการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอที่ผ่าน

มายังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอระหว่างพันธุ์ ซึ่งประเทศไทยมีพันธุ์ส้มโอค่อนข้างหลากหลายมากกว่า 20 พันธุ์ แต่จะมี 2 พันธุ์ ที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคและมีผลผลิตตลอดทั้งปี ได้แก่ พันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง (กิตติ, 2561) การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของพันธุ์ส้มโอและสภาวะการสกัดต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอและการนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า

## 2. อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 ศึกษาคุณภาพวัตถุดิบ

นำเปลือกส้มโอสด จำนวน 2 พันธุ์ (ร้าน อ.ศิริทรัพย์ ตลาดไท อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี) ได้แก่ ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคและมีผลผลิตตลอดทั้งปี ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือกส่วนเขียวออก นำเปลือกส่วนขาว (albedo) หั่นเป็นชิ้นเล็กขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 1 x 3 x 0.5 เซนติเมตร ล้างน้ำสะอาดอีกครั้ง ใส่ตะแกรงอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นบดเป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบดแห้ง ร้อนผ่านตะแกรงขนาด 60 ไมครอน แล้วนำเปลือกส้มโอแห้งอบแห้งมาวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ ได้แก่ ค่าปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) และค่าสี ( $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$ ) ค่าทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต โยอาหาร และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2010) จำนวน 3 ซ้ำ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบทดสอบด้วยวิธี paired sample T-test

### 2.2 ศึกษาวิธีการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอที่เหมาะสม

จัดสิ่งทดลองแบบ 2 x 2 x 3 factorial arrangement in CRD โดยศึกษาปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่ พันธุ์ส้มโอ 2 พันธุ์ คือ ทองดี และขาวน้ำผึ้ง

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายกรดซิตริกที่ใช้สกัด คือ 2 และ 3 เนื่องจากการสกัดเพคตินจะได้ผลดีเมื่อสกัดด้วยตัวทำละลายที่มีความเป็นกรดสูง แต่หากตัวทำละลายมีความเป็นกรดสูงเกินไปจะส่งผลต่อลักษณะด้านสีของเพคตินที่สกัดได้ เปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างผงเปลือกส้มโอต่อสารละลายกรดซิตริกเท่ากับ 1 : 15, 1 : 20 และ 1 : 25 (w/v) โดยเริ่มจากนำผงเปลือกส้มโมาสกัดด้วยสารละลายกรดซิตริกที่มีค่า pH เท่ากับ 2 และ 3 ในอัตราส่วนผงเปลือกส้มโอต่อสารละลายกรดซิตริกเท่ากับ 1 : 15, 1 : 20 และ 1 : 25 (w/v) ตามลำดับ คนส่วนผสมให้เข้ากัน สกัดในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยแช่ภาชนะที่บรรจุตัวอย่างในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Lab Tech รุ่น LWB-122D, Korea) คนตัวอย่างทุก ๆ 15 นาที ระหว่างการสกัด เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำส่วนผสมหมุนเหวี่ยงแยกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centurionscientific รุ่น K241, UK) ความเร็วรอบ 4,000 rpm นาน 20 นาที กรองส่วนใสด้วยผ้าขาวบาง นำส่วนใสตกตะกอนเพคตินด้วย 95 % เอทานอล อัตราส่วน 1 : 1 (w/w) ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง กรองตะกอนเพคตินด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น ล้างตะกอนเพคตินที่ได้ด้วย 70 % เอทานอล จำนวน 2 ครั้ง นำตะกอนเพคตินอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักตะกอนคงที่ จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 ไมครอน นำเพคตินที่ได้วิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ดังนี้

2.2.1 วิเคราะห์ค่าทางกายภาพ ได้แก่ ค่าปริมาณน้ำอิสระ ( $a_w$ ) ค่าสี ปริมาณน้ำที่แยกออกจากเจล (syneresis) (Banerjee and Bhattacharya, 2011) โดยเตรียมเจลเพคตินที่ความเข้มข้น 3 % ชั่งเจล 30 กรัม ลงในหลอดทดลองขนาด 50 มล. แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง นำมาหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5,000 rpm นาน

10 นาที เทส่วนใสที่แยกออกจากเจลออก ซึ่ง น้ำหนักเจลที่เหลือ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย การละลาย (solubility) ละลายเพคติน 0.5 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มล. ตั้งผสมที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,200 rpm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที นำส่วนใสระเหยน้ำออกภายใต้สุญญากาศจนแห้ง นำตะกอนที่เหลืออบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การละลาย สมบัติการเป็นอิมัลชันไฟเออร์ (emulsifying activity, EA) เตรียมเพคติน 0.5 % (w/v) 5 มล. ผสมกับน้ำมันพืช 5 มล. บันผสมด้วยเครื่องโฮโมจิไนซ์ที่ความเร็ว 10,000 rpm นาน 3 นาที หมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3,000 rpm นาน 5 นาที คำนวณสมบัติการเป็นอิมัลชันไฟเออร์จาก (ปริมาตรของอิมัลชัน ÷ ปริมาตรทั้งหมด) x 100 และความคงตัวของอิมัลชัน (emulsion stability, ES) นำส่วนผสมหลังหาสสมบัติการเป็นอิมัลชันไฟเออร์มาให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ลดอุณหภูมิลงโดยแช่ในอ่างน้ำเย็นนาน 15 นาที หมุนเหวี่ยงความเร็วรอบ 3,000 rpm นาน 5 นาที คำนวณสมบัติความคงตัวของอิมัลชันจาก (ปริมาตรของอิมัลชัน ÷ ปริมาตรทั้งหมด) x 100 ตามวิธีของ Yang (Yang *et al.*, 2018)

2.2.2 วิเคราะห์ค่าทางเคมี ได้แก่ ความชื้น และค่าการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน (degree of esterification, DE) ตามวิธีของ Pasandide และคณะ (2017) ละลายสารสกัดเพคติน 0.2 กรัม ในน้ำ 20 มล. เติมน้ำตาลออส 3 มล. ตั้งผสมจนได้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน หยดฟีนอล์ฟทาลีน 2 หยด ไทเทรตด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนได้สารละลายสีชมพู (V<sub>1</sub>) เติมน้ำโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล ปริมาตร 10 มล. ตั้งผสม 15 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำไฮโรคลอริกเข้มข้น 0.1

นอร์มัล ปริมาตร 10 มล. เขย่าจนสีชมพูหายไป ไทเทรตด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนได้สารละลายสีชมพู (V<sub>2</sub>) คำนวณค่าการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันจาก  $[V_2 \div (V_1 + V_2)] \times 100$

2.2.3 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส นำเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ โดยเลือกจากเพคตินที่มีค่าการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้าที่ 76 % พันธุ์ละ 1 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้ามาพัฒนาผลิตภัณฑ์แยม ประเมินคุณภาพโดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส ความยาก-ง่ายในการทานมัม รสชาติ ความชอบรวม และการยอมรับผลิตภัณฑ์

#### 2.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

### 3. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

#### 3.1 ผลการศึกษาคุณภาพวัตถุดิบ

การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีและชาวน้ำผึ้ง พบว่าลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L\*, a\* และ a<sub>w</sub> มีค่าแตกต่างกัน และลักษณะทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต โยอาหาร และเถ้า มีค่าแตกต่างกัน ในขณะที่ปริมาณไขมันในเปลือกส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1) จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเปลือกส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ พบว่าองค์ประกอบของเปลือกส้มโอส่วนใหญ่เป็นประเภทโยอาหารและคาร์โบไฮเดรต

ซึ่งมีปริมาณมากถึง 29.15-33.01 และ 28.32-29.07 % ตามลำดับ องค์ประกอบรองลงมา คือ ไขมัน ความชื้น และโปรตีน ตามลำดับ

**ตารางที่ 1** ค่าทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีในเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีและชวาน้ำผึ้ง

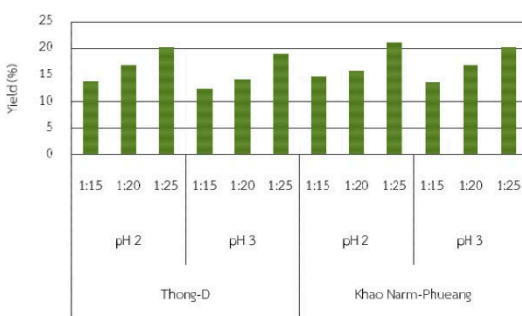
Quality	Thong-D	Khao Narm-Phueang
Physical properties		
color value		
L*	86.93±0.35	88.43±0.33*
a*	7.21±0.25*	5.68±0.11
b*	11.32±0.39	10.81±0.42
water activity (a <sub>w</sub> )	0.55±0.06*	0.44±0.00
Chemical composition (% dry basis)		
Moisture	10.09±0.10*	9.50±0.11
Protein	2.64±0.10	4.31±0.19*
Carbohydrate	28.32±0.56	29.07±0.48
Fat	9.42±0.49	8.94±0.17
Fiber	29.15±0.93	33.01±1.83*
Ash	14.35±0.22*	12.22±0.24

\*Means within the same row are significant difference (p ≤ 0.05)

### 3.2 ผลการศึกษาวิธีการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอที่เหมาะสม

การศึกษากการสกัดเพคตินที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายกรดซิตริก (pH 2 และ 3) และอัตราส่วนผงเปลือกส้มโอต่อสารละลายกรดซิตริกที่ระดับ 1:15, 1:20 และ 1:25 (w/v) พบว่า ร้อยละผลผลิตเพคตินมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอัตราส่วนของสารละลายกรดซิตริกที่เพิ่มขึ้น โดยเพคตินที่สกัดที่อัตราส่วนผงเปลือกส้มโอต่อ

สารละลายกรดซิตริกเท่ากับ 1:25 (w/v) ให้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 21.02 % รองลงมา คือ อัตราส่วน 1:20 และ 1:15 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Liew และคณะ (2018) คือ ร้อยละผลผลิตของสารเพคตินที่สกัดได้จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณตัวทำละลายที่ใช้สกัด ในขณะที่พันธุ์ส้มโอและค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายกรดซิตริกที่ใช้สกัดไม่มีผลต่อปริมาณร้อยละผลผลิตของเพคตินที่สกัดได้ (รูปที่ 1)



**รูปที่ 1** ร้อยละผลผลิตของเพคตินจากเปลือกส้มโอ

เมื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ พบว่าความสามารถในการละลายของเพคตินที่สกัดได้ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายกรดซิตริกและอัตราส่วนของผงเปลือกส้มโอต่อสารละลายกรดซิตริกที่ใช้สกัด โดยความสามารถในการละลายจะมีค่าลดลงตามค่า pH ของสารละลายกรดซิตริกที่เพิ่มขึ้น และการสกัดเพคตินที่อัตราส่วนของสารละลายกรดซิตริกสูงส่งผลให้เพคตินที่ได้มีความสามารถในการละลายสูงเช่นกัน เนื่องการสกัดเพคตินด้วยตัวทำละลายกรดซิตริกที่มีความเข้มข้นสูงทำให้เกิดการตัดสายเพคตินมีขนาดสั้นลง ส่งผลให้สมบัติการละลายดีขึ้น ซึ่งเพคตินที่สกัดด้วยสารละลายกรดซิตริก pH 2 ในอัตราส่วน 1:25 มีความสามารถในการละลายสูงที่สุดเท่ากับ 77.59 % สำหรับพันธุ์ทองดี และ 79.83 % สำหรับพันธุ์ชวาน้ำผึ้ง

น้ำผึ้ง ส่วนสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (EA) ของ เพคตินที่สกัดด้วยสารละลายกรดซิตริก pH 2 จะมี สมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ดีกว่าเพคตินที่สกัด ด้วยสารละลายกรดซิตริก pH 3 ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Raji และคณะ (2017) ซึ่งสมบัติการ

เป็นอิมัลซิไฟเออร์ส่งผลต่อความคงตัวของระบบ อิมัลชัน (ES) ในทางทิศทางเดียวกัน โดยเพคตินที่มี ค่า EA สูง จะส่งผลทำให้ค่า ES สูงด้วย นั่นคือ ความคงตัวของระบบอิมัลชันสูงนั่นเอง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพของเพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มโอที่สภาวะต่าง ๆ

Physical properties	pH of solvents and solid-liquid ratio					
	pH 2			pH 3		
	1 : 15	1 : 20	1 : 25	1 : 15	1 : 20	1 : 25
Thong-D						
Colorvalue						
L*	81.79±1.07 <sup>ab</sup>	82.11±1.41 <sup>ab</sup>	82.31±0.78 <sup>ab</sup>	80.62±0.48 <sup>ab</sup>	82.63±1.81 <sup>a</sup>	80.43±0.09 <sup>b</sup>
a*	7.32±0.11 <sup>c</sup>	10.06±0.47 <sup>a</sup>	7.33±0.15 <sup>c</sup>	7.75±0.09 <sup>bc</sup>	7.52±0.32 <sup>bc</sup>	7.83±0.03 <sup>b</sup>
b*	14.78±0.93 <sup>a</sup>	12.07±1.60 <sup>b</sup>	14.6±0.90 <sup>a</sup>	15.71±0.67 <sup>a</sup>	14.02±1.83 <sup>ab</sup>	16.28±0.36 <sup>a</sup>
a <sub>w</sub>	0.40±0.00 <sup>b</sup>	0.41±0.00 <sup>b</sup>	0.44±0.01 <sup>a</sup>	0.40±0.01 <sup>b</sup>	0.40±0.00 <sup>b</sup>	0.41±0.00 <sup>b</sup>
Syneresis <sup>ns</sup> (%)	0.10±0.03	0.08±0.02	0.08±0.02	0.09±0.02	0.08±0.02	0.07±0.03
Solubility (%)	53.40±1.72 <sup>c</sup>	74.48±0.44 <sup>b</sup>	77.59±1.29 <sup>a</sup>	11.16±0.86 <sup>f</sup>	26.20±1.43 <sup>e</sup>	41.41±1.19 <sup>d</sup>
EA (%)	59.26±3.21 <sup>ab</sup>	64.81±3.21 <sup>a</sup>	64.81±3.21 <sup>a</sup>	55.56±0.00 <sup>b</sup>	57.41±3.21 <sup>b</sup>	62.96±3.21 <sup>a</sup>
ES (%)	42.59±3.21 <sup>c</sup>	53.70±3.21 <sup>a</sup>	51.85±3.21 <sup>ab</sup>	40.74±3.21 <sup>c</sup>	42.59±3.21 <sup>c</sup>	46.30±3.21 <sup>bc</sup>
KhaoNarm-Phueang						
Colorvalue						
L*	83.69±0.49 <sup>b</sup>	86.69±1.37 <sup>a</sup>	78.93±2.05 <sup>c</sup>	85.04±0.86 <sup>ab</sup>	86.69±0.37 <sup>a</sup>	77.09±0.83 <sup>c</sup>
a*	5.99±0.12 <sup>c</sup>	5.71±0.01 <sup>c</sup>	8.11±0.51 <sup>b</sup>	5.89±0.06 <sup>c</sup>	4.95±0.13 <sup>d</sup>	9.03±0.04 <sup>a</sup>
b*	14.37±0.53 <sup>bc</sup>	9.20±0.75 <sup>d</sup>	16.71±1.67 <sup>ab</sup>	13.98±2.60 <sup>c</sup>	11.48±0.22 <sup>d</sup>	17.82±0.51 <sup>a</sup>
a <sub>w</sub>	0.41±0.01 <sup>a</sup>	0.40±0.00 <sup>ab</sup>	0.39±0.00 <sup>b</sup>	0.40±0.00 <sup>ab</sup>	0.40±0.00 <sup>ab</sup>	0.41±0.00 <sup>ab</sup>
Syneresis (%)	0.10±0.00 <sup>a</sup>	0.09±0.02 <sup>ab</sup>	0.07±0.00 <sup>b</sup>	0.08±0.02 <sup>ab</sup>	0.08±0.02 <sup>ab</sup>	0.08±0.02 <sup>ab</sup>
Solubility (%)	36.52±1.07 <sup>d</sup>	56.96±1.15 <sup>b</sup>	79.83±0.86 <sup>a</sup>	11.06±0.60 <sup>f</sup>	23.01±0.90 <sup>e</sup>	44.35±0.57 <sup>c</sup>
EA (%)	55.56±0.00 <sup>c</sup>	62.96±3.21 <sup>ab</sup>	64.81±3.21 <sup>a</sup>	53.70±3.21 <sup>c</sup>	57.41±3.21 <sup>c</sup>	59.26±3.21 <sup>bc</sup>
ES (%)	38.89±0.00 <sup>c</sup>	46.30±3.21 <sup>b</sup>	51.86±3.21 <sup>a</sup>	40.74±3.21 <sup>bc</sup>	40.74±3.21 <sup>bc</sup>	42.59±3.21 <sup>bc</sup>

EA = emulsifying activityand; ES = emulsion stability

<sup>a-b</sup> Means with in a row with different superscripts are significantly different ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> Means within the same row are not significantly different ( $p > 0.05$ )

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีในสาร สกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ (ตารางที่ 3) พบว่า เพคตินที่สกัดได้มีค่าความชื้น 7.62-10.81 % และ

เมื่อพิจารณาค่าการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน (DE) จะเห็นว่าเพคตินที่สกัดด้วยสารละลายกรด ซิตริก pH 3 มีค่า DE สูง คือ 73.15-81.06 % ซึ่งบ่ง

บอกได้ว่าเพคตินนั้น จัดอยู่ในกลุ่มที่มีปริมาณเมททอกซิลสูง คือ เพคตินที่มีระดับของเมทิลเอสเทอร์ฟิเคชันมากกว่า 50 % ซึ่งสามารถเกิดเจลได้อย่างรวดเร็วเมื่อมีปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ 55-65 % (พิมพ์เพ็ญ, 2561) นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทแยมและเยลลี่ (ฉันทนา, 2542) ขณะที่เพคตินที่สกัดด้วยสารละลายกรดซิดริก pH 2 มีค่า DE เท่ากับ 48.27-52.92 % ซึ่งจัดเป็นเพคตินชนิดที่มีเมททอกซิลต่ำ มีระดับของเมทิลเอสเทอร์ฟิเคชันน้อยกว่า 50 % เกิดเจลได้ช้า หรืออาจต้องอาศัยแคลเซียมไอออนในการเกิดเจล ซึ่งเหมาะกับการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่ต้องการใช้น้ำตาลในปริมาณมาก หรืออาจเป็นตัวเลือกสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องบริโภคน้ำตาลต่ำ

เมื่อนำเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอ ทั้ง 2 พันธุ์ มาพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมส้ม เพื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยเลือกเพคตินที่สกัดด้วยสารละลายกรดซิดริก pH 3 อัตราส่วนผงเปลือกส้มโอต่อสารละลายกรดซิดริก 1 : 25 ทั้ง 2 พันธุ์ เปรียบเทียบกับแยมที่ใช้เพคตินทางการค้าเป็นส่วนประกอบ พบว่าแยมส้มที่ใช้เพคตินทางการค้ามีลักษณะเซตตัวดี ไม่มีน้ำซึมออกจากตัวเจล ขณะที่

แยมที่ใช้เพคตินที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีมีลักษณะการเซตตัวที่ดี มีน้ำซึมออกจากเจลเล็กน้อย และแยมที่ใช้เพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง มีการเซตเจลอ่อน เจลที่ได้มีความคงตัวต่ำ มีน้ำซึมออกจากเจลมาก ประเมินคุณภาพโดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส ความยาก-ง่ายในการทาขนมปัง รสชาติ และความชอบรวม ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์แยมทั้ง 3 ตัวอย่าง มีเนื้อสัมผัส ความยาก-ง่ายในการทาขนมปัง และความชอบโดยรวมแตกต่างกัน โดยแยมที่ใช้เพคตินทางการค้าเป็นส่วนประกอบได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ซึ่งไม่ต่างกับแยมที่ใช้เพคตินจากเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี ในขณะที่ลักษณะปรากฏ สี และรสชาติไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4) เมื่อพิจารณาจากการยอมรับผลิตภัณฑ์พบว่าแยมที่ใช้เพคตินจากเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีได้รับการยอมรับถึง 100 % ในขณะที่แยมที่ใช้เพคตินทางการค้าและเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งได้รับการยอมรับ 95 และ 85 % ตามลำดับ

ตารางที่ 3 สมบัติทางเคมีของเพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มโอที่สภาวะต่าง ๆ

Chemical properties	pH of solvents and solid-liquid ratio					
	pH 2			pH 3		
	1 : 15	1 : 20	1 : 25	1 : 15	1 : 20	1 : 25
Thong-D						
Moisture (%)	8.23±0.34 <sup>b</sup>	10.81±1.19 <sup>a</sup>	8.13±0.23 <sup>b</sup>	8.16±0.18 <sup>b</sup>	8.40±0.29 <sup>b</sup>	8.27±0.53 <sup>b</sup>
DE (%)	51.93±0.27 <sup>cd</sup>	50.69±0.30 <sup>d</sup>	52.92±1.89 <sup>c</sup>	81.06±1.21 <sup>a</sup>	74.63±0.32 <sup>b</sup>	73.15±0.49 <sup>b</sup>
Khao Narm-Phueang						
Moisture (%)	7.62±0.43 <sup>b</sup>	8.09±0.41 <sup>ab</sup>	8.10±0.44 <sup>ab</sup>	7.87±0.20 <sup>ab</sup>	8.43±0.20 <sup>a</sup>	8.32±0.34 <sup>a</sup>
DE (%)	49.52±1.43 <sup>b</sup>	48.45±0.29 <sup>b</sup>	48.27±0.75 <sup>b</sup>	78.49±0.87 <sup>a</sup>	76.84±0.67 <sup>a</sup>	76.88±0.90 <sup>a</sup>

<sup>a-b</sup> Means with in a row with different superscripts are significantly different (p ≤ 0.05)

**ตารางที่ 4** ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์แยมที่มีส่วนผสมของเพคตินทางการค้าเปรียบเทียบกับเพคตินที่สกัดได้

Sample	Appearance <sup>ns</sup>	Color <sup>ns</sup>	Texture	Spread	Taste <sup>ns</sup>	Overall	Acceptance
commercial	7.71±1.38	8.23±0.77	8.00±1.26 <sup>a</sup>	7.65±1.06 <sup>a</sup>	7.26±1.46	7.75±1.22 <sup>a</sup>	95 %
Thong-D	8.24±0.92	8.29±0.66	7.62±0.79 <sup>ab</sup>	7.65±0.98 <sup>a</sup>	7.01±1.21	7.36±0.92 <sup>ab</sup>	100 %
Khao Narm-Phueang	7.59±1.24	8.23±0.77	7.01±1.41 <sup>b</sup>	7.01±1.06 <sup>b</sup>	6.88±1.13	6.88±1.20 <sup>b</sup>	85 %

<sup>a-b</sup> Means within a column with different superscripts are significantly different ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> Means within the same column are not significantly different ( $p > 0.05$ )

#### 4. สรุป

การสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ 2 พันธุ์ ที่สภาวะค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายกรดซิตริก และอัตราส่วนระหว่างผงเปลือกส้มโอต่อสารละลายกรดซิตริกต่างกัน มีผลทำให้สมบัติทางเคมีกายภาพของเพคตินแตกต่างกัน โดยเพคตินที่ได้จากการสกัดด้วยกรดซิตริก pH 2 อัตราส่วนผงเปลือกส้มโอต่อสารละลายกรดซิตริก 1:25 (w/v) มีสมบัติการละลายดีที่สุด ในขณะที่เพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริก pH 3 มีผลทำให้ค่า DE สูง ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มเพคตินที่มีเมทอกซิลสูง และสามารถเกิดเจลได้เร็วเมื่อมีของแข็งละลายน้ำได้ 55 % เมื่อนำเพคตินที่สกัดได้มาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าเพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีไม่มีความแตกต่างจากเพคตินทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัยจนสำเร็จ ลุล่วง

#### 6. รายการอ้างอิง

- กิตติ สระแก้ว, ส้มโอ, แหล่งที่มา : [http://www.agri-man.doae.go.th/home/news/Year%202013/010\\_Citrus%20maxima.pdf](http://www.agri-man.doae.go.th/home/news/Year%202013/010_Citrus%20maxima.pdf), 28 พฤษภาคม 2561.
- ฉันทนา กายาเมา, 2542, การหาปริมาณเพคตินในละมุด สับปะรด ส้มโอ ส้มเขียวหวาน และแอปเปิ้ล, โครงการวิจัยปริญญาตรี, สถาบันราชภัฏเชียงใหม่, เชียงใหม่, 48 น.
- ชินานาฏ วิทยาประชากร และสมัชฌ์ ทวีเกษมสมบัติ, 2555, การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุทางการเกษตร, ว.วิชาการและวิจัย มทร. พระนคร 5: 183-189.
- ธานุวัฒน์ ลากตันสุกผล, ปฎิมา ทองขวัญ และศิริลักษณ์ สรงพรมทิพย์, 2556, การสกัดเพคตินจากเปลือกผักและผลไม้, ว.วิทยาศาสตร์เกษตร 44(2): 433-436.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, เพกทิน, แหล่งที่มา : <http://www.foodnetworksolution.com>, 29 พฤษภาคม 2561.
- วัชร เวียงแก้ว, 2549, การสกัดเพคตินด้วยไอน้ำจากเปลือกส้มโอ, รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, นครนายก, 41 น.



- องอาจ เต็ดดวง, 2553, การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพคตินมาตรฐาน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ, 55 น.
- AOAC, 2010, Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th Ed., AOAC International, Gaithersburg, Maryland.
- Banerjee, S. and Bhattacharya, S., 2011, Compressive textural attributes, opacity and syneresis of gels prepared from gellan, agar and their mixtures, Food Eng. 102: 287-292.
- Liew, Q.S., Ngoh, G., Yusoff, R. and Teoh, W., 2018, Acid and deep eutectic solvent (DES) extraction of pectin from pomelo [*Citrus grandis* (L.) Osbeck] peels, Biocat. Biotechnol. 13: 1-11.
- Pasandide, B., Khodaiyan, F., Mousavi, E. and Hosseini, S. . , 2017, Optimization of aqueous pectin extraction from *citrus medica* peel, Carbohydr. Polym. 178: 27-33.
- Yang, J., MU, T. and Ma, M., 2018, Extraction, structure, and emulsifying properties of pectin from potato pulp, Food Chem. 244: 197-205.
- Zarifeh, R., Khodaiyan, F., Rezaei, K. and Kiani, H., 2017, Extraction, optimization and physicochemical properties of pectin from melon peel, Int. J. Biol. Macromol. 98: 709-716.