



ผลของการเตรียมวัตถุดิบต่อคุณภาพของโยอาหารผงที่มีสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกเสาวรสพันธุ์สีม่วง (*Passiflora edulis* Sims)

อนุสรรา พลบุญ และ วิชมนิ ยืนยงพุทธกาล*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0-3810-2222 อีเมล: wich@buu.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2018.01.009

รับเมื่อ 22 พฤศจิกายน 2559 ตอรับเมื่อ 30 มีนาคม 2560 เผยแพร่ออนไลน์ 12 มกราคม 2561

© 2018 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมวัตถุดิบต่อคุณภาพที่เปลี่ยนไปของโยอาหารผงจากเปลือกเสาวรสพันธุ์สีม่วง การเตรียมวัตถุดิบทำได้โดยนำขึ้นเปลือกเสาวรสมาลวกในน้ำร้อน 90 ± 2 องศาเซลเซียส 3 นาที แล้วแช่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ 3 เปอร์เซ็นต์ 10 นาที ก่อนทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 62 องศาเซลเซียส 300 นาที แล้วบดเป็นผง เปรียบเทียบกับผงเปลือกเสาวรสที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิมที่ไม่ผ่านการเตรียมวัตถุดิบ ทำได้โดยนำขึ้นเปลือกเสาวรสมาทิ้งแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส 400 นาที แล้วบดเป็นผง ผลการวิจัยพบว่า โยอาหารผงที่มีสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกเสาวรสมิ ปริมาณโยอาหารทั้งหมด ($82.33 \text{ g}/100\text{g db}$) ปริมาณโยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ($66.00 \text{ g}/100\text{g db}$) และปริมาณแอนโทไซยานิน ($17.09 \text{ mg Cyn-3-Glu}/100\text{g db}$) มากกว่าผงเปลือกเสาวรส แต่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ($65.38 \text{ mg GAE}/100\text{g db}$) สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (87.89%) น้อยกว่า ($p < .05$) และปริมาณโยอาหารที่ละลายน้ำ ($14.56\text{--}16.32 \text{ g}/100\text{g db}$) ไม่แตกต่างกัน ($p \geq .05$) นอกจากนี้พบว่า โยอาหารผงที่มีสารต้านอนุมูลอิสระมีรุกรุนมาก มีความสามารถในการอุ้มน้ำ ($18.51 \text{ g water/g db}$) ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (3.58 g oil/g db) ความสามารถในการพองตัว (23.13 mL/g db) และความสามารถในการชะลอการดูดซึมน้ำตาล ($5.82\text{--}22.72$ เปอร์เซ็นต์) มากกว่าผงเปลือกเสาวรสมิ

คำสำคัญ: โยอาหารผงที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ, เปลือกเสาวรสพันธุ์สีม่วง, คุณภาพทางเคมี, สมบัติเชิงหน้าที่

การอ้างอิงบทความ: อนุสรรา พลบุญ และ วิชมนิ ยืนยงพุทธกาล, "ผลของการเตรียมวัตถุดิบต่อคุณภาพของโยอาหารผงที่มีสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกเสาวรสพันธุ์สีม่วง (*Passiflora edulis* Sims)," วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 28, ฉบับที่ 1, หน้า 191-205, ม.ค.-มี.ค. 2561.

Effect of Raw Material Preparation on Quality of Antioxidant Dietary Fiber Powder Made from Purple Passion Fruit (*Passiflora edulis Sims*) Peel

Anusara Plobju and Wichamaneeyuenyongputtakal*

Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri, Thailand

* Corresponding Author, Tel.0-3810-2222, E-mail: wich@buu.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2018.01.009

Received 22 November 2016; Accepted 30 March 2017; Published online: 12 January 2018

© 2018 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

The objective of this research was to study the effect of raw material preparation on the quality of antioxidant dietary fiber powder processed from purple passion fruit peel. Raw material preparation was carried out. The sliced passion fruit peel were blanched in hot water at $90\pm 2^{\circ}\text{C}$ for 3 minutes, soaked in 3% sodium chloride solution for 10 minutes prior to drying by hot air oven at 62°C for 300 minutes, and then ground into fine powder. Compared with, traditional peel powder produced without raw material preparation by drying sliced passion fruit peel in hot air oven under 60°C for 400 minutes and grounding into powder. The results showed that antioxidant dietary fiber powder from passion fruit peel comprised total dietary fiber content (82.33 g/100g db) insoluble dietary fiber content (66.00 g/100g db) and anthocyanin content (17.09 mg Cyn-3-Glu/100g db) than those in peel powder, but the total phenolic compounds content (65.38 mg GAE/100g db) antioxidant activity (87.89%) were less than peel powder ($p < .05$). There was no significant difference in soluble dietary fiber content (14.56–16.32 g/100g db) ($p \geq .05$) between the products. Moreover, antioxidant dietary fiber powder which has more porosity lead to better water holding capacity (18.51 g water/g db) oil holding capacity (3.58 g oil/g db) swelling capacity (23.13 mL/g db) and glucose retardation index (5.82–22.72%) than traditionally dried passion fruit peel powder.

Keywords: Antioxidant Dietary Fiber Powder, Purple Passion Fruit Peel, Chemical Qualities, Functional Properties

Please cite this article as: A. Plobju and W. Yuenyongputtakal, "Effect of raw material preparation on quality of antioxidant dietary fiber powder made from purple passion fruit (*Passiflora edulis Sims*) peel," *The Journal of KMUTNB*, vol. 28, no. 1, pp. 191–205, Jan.–Mar. 2018 (in Thai).



1. บทนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคมีการใส่ใจดูแลสุขภาพมากขึ้น ความต้องการในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพจึงมีแนวโน้มสูงขึ้น โยอาหารผงเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพชนิดหนึ่งที่ได้รับคามนิยม เนื่องจากการบริโภคโยอาหารมีบทบาทสำคัญในการป้องกันการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคท้องผูก โรคกรดไหลย้อน ภาวะไขมันในเลือดสูง และโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เป็นต้น [1] แหล่งโยอาหารจากผักผลไม้จัดเป็นแหล่งโยอาหารที่มีคุณภาพสูง เนื่องจากมีโยอาหารที่ละลายน้ำและโยอาหารที่ไม่ละลายน้ำปริมาณมาก สามารถดูดซับน้ำและไขมันได้ดี ทย่อยในลำไส้ได้ง่าย และให้พลังงานต่ำ [2] ปัจจุบันจึงได้มีการวิจัยนำวัสดุเศษเหลือผักผลไม้ต่างๆ จากกระบวนการแปรรูปมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตโยอาหารผงซึ่งได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เสาวรสพันธุ์สีม่วง (*Passiflora edulis* Sims) เป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภค โดยในกระบวนการแปรรูปน้ำเสาวรสมักมีส่วนเหลือเป็นเปลือกจำนวนมาก คิดเป็น 50-60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งผล [3] ซึ่งมักจะถูกทิ้ง หรือใช้เป็นอาหารสัตว์และปุ๋ยเท่านั้น ทั้งที่ส่วนเปลือกนี้เป็นแหล่งของโยอาหารและสารพฤกษเคมีที่สำคัญ โดยเฉพาะสารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีม่วงแดง ซึ่งมีองค์ประกอบของสารต่างๆ เช่น cyanidin-3-O-glucoside, cyanidin-3-(6"-malonylglucoside) และ Pelargonidin-3-glucoside เป็นต้น [4] ฟลาโวนอยด์ และกลุ่มของสารประกอบโพลีฟีนอล โดยทั่วไปการผลิตโยอาหารจากวัสดุเศษเหลือผักผลไม้ เริ่มจากการทำความสะอาดและลดขนาดให้เล็กลงโดยการบดหรือหั่นเพื่อให้สะดวกในการทำแห้ง แต่อาจมีการเตรียมวัตถุดิบด้วยการลวกหรือแช่ในสารละลายเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การเตรียมวัตถุดิบโดยใช้ความร้อน มีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่อยับยั้งเอนไซม์ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ช่วยให้เนื้อเยื่ออ่อนนุ่มลง ทำให้มีอัตราการทำแห้งเร็วขึ้น จึงช่วยลดเวลาในการทำแห้ง รวมถึงเป็นการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน [2], [5]-[7] สำหรับการเตรียมวัตถุดิบโดยใช้สารเคมีมีหลายชนิด เช่น โซเดียมคลอไรด์ แคลเซียมคลอไรด์ หรือสารละลายกรด เป็นต้น [8] โดยการแช่วัตถุดิบในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ เป็นรูปแบบหนึ่งที่ยอมรับใช้ เพื่อกำจัดน้ำ

บางส่วนออกจากเนื้อเยื่อ ทำให้มีอัตราการทำแห้งเร็ว จึงช่วยลดเวลาในการทำแห้งลง และสามารถต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของรงควัตถุระหว่างการทำแห้ง นอกจากนี้ยังสามารถช่วยกำจัดสารที่ก่อให้เกิดรสที่ไม่ต้องการในวัตถุดิบ เช่น รสฝาดขมของแทนนิน [8]-[10] อย่างไรก็ตามในขั้นตอนของการเตรียมวัตถุดิบอาจมีผลต่อการสูญเสียปริมาณโยอาหารผง การคงอยู่ของสารพฤกษเคมีที่สำคัญ รวมถึงสมบัติเชิงหน้าที่ [5]-[7] ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาให้ความสำคัญกับการกำจัดส่วนที่ไม่ใช่โยอาหารออกจากวัตถุดิบ โดยไม่ได้คำนึงถึงสารพฤกษเคมีที่เป็นองค์ประกอบด้วย [11] งานวิจัยนี้จึงมีความสนใจผลิตโยอาหารผงที่มีสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกเสาวรสปั่นธุสีม่วง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสนับสนุนว่าโยอาหารผงที่มีสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกเสาวรสที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ สามารถปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์โยอาหารผงที่ได้ให้มีคุณภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดี มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต่อไป งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมวัตถุดิบคือการลวกและการแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อคุณภาพที่เปลี่ยนไปของโยอาหารผงจากเปลือกเสาวรสปั่นธุสีม่วง

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ คือ เปลือกเสาวรสปั่นธุสีม่วงที่เป็นวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการแปรรูปน้ำเสาวรส รับจากบริษัทดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด (ประเทศไทย) ซึ่งใช้เสาวรสสุกอายุ 60-70 วัน มีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยโดยเลือกเปลือกที่มีลักษณะสมบูรณ์ ไม่เน่าเสียหรือมีตำหนิ นำมาล้างด้วยน้ำสะอาด วางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ แล้วสไลด์เป็นชิ้น ขนาดประมาณ 0.5x4x0.2 เซนติเมตร ด้วยเครื่องตัดแต่งผลไม้ Hallde รุ่น RG-850 ประเทศสวีเดน

นำชิ้นเปลือกเสาวรสมาเตรียมวัตถุดิบเพื่อผลิตโยอาหารผงที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant Dietary Fiber Powder; AODFP) จากเปลือกเสาวรส ซึ่งเป็นวิธีเตรียมวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุดที่เลือกได้จากการทดลอง

ก่อนหน้านี้นี้ จากการศึกษาผลของการเตรียมวัตถุดิบโดยใช้ความร้อน 3 วิธี (การลวกด้วยน้ำ การลวกด้วยไอน้ำ และการลวกด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน) พบว่า การลวกด้วยน้ำร้อนสามารถกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ใช่โยอาหารได้มากที่สุด ($p < .05$) นอกจากนี้ศึกษาผลของสภาวะการแช่วัตถุดิบหลังการลวกในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ร่วมด้วย พบว่า การแช่ในสภาวะบรรยากาศเป็นระยะเวลาสั้น (ไม่เกิน 10 นาที) สามารถกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ใช่โยอาหารได้มากขึ้น ($p < .05$) ช่วยลดความฝาดขมและสามารถปรับปรุงสีของโยอาหารผงที่ได้ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาหาสภาวะในการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่เหมาะสมของเปลือกเสาวรสปั่นผ่านการเตรียมวัตถุดิบร่วมด้วย โดยสรุปผลจากการทดลองก่อนหน้านี้นี้ พบว่า วิธีการเตรียมวัตถุดิบที่เหมาะสม ทำได้โดยการนำชิ้นเปลือกเสาวรสมาลวกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และการนำมาแช่ต่อในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 นาที

2.2 การผลิต AODFP จากเปลือกเสาวรสปั่น

นำชิ้นเปลือกเสาวรสมาลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที กำหนดอัตราส่วนเปลือกเสาวรสปั่นต่อน้ำ เท่ากับ 1 : 6 (น้ำหนักต่อปริมาตร) แล้วนำมาแช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที วางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 2 นาที และแยกน้ำออกอีกครั้งด้วยเครื่องสลัดน้ำ Konion รุ่น XPA75-11P ประเทศจีน ที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที นำเปลือกเสาวรสปั่นที่ได้มาแช่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 นาที กำหนดอัตราส่วนเปลือกเสาวรสปั่นต่อสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ เท่ากับ 1 : 4 (น้ำหนักต่อปริมาตร) วางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 2 นาที และแยกน้ำออกอีกครั้งด้วยเครื่องสลัดน้ำ ที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที นำเปลือกเสาวรสปั่นที่ได้เกลี่ยบนถาดสแตนเลส แล้วทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน Memmert รุ่น ULE 500 ประเทศเยอรมนี ที่อุณหภูมิ 62 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 300 นาที (ให้ความชื้นไม่เกิน 7 ± 1 เปอร์เซ็นต์) นำเปลือกเสาวรสปั่น

ที่ได้มาบดให้เป็นผง โดยใช้เครื่องบดอาหารแห้ง ไว่ฮวดหยู รุ่น XS-08B ประเทศไทย ร้อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ และปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บรักษาโดยแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์

2.3 การผลิต PP จากเปลือกเสาวรสปั่น

สำหรับผงเปลือกเสาวรสปั่นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิมที่ไม่ผ่านการเตรียมวัตถุดิบ (Peel Powder; PP) ทำได้โดยนำเปลือกเสาวรสปั่นที่สไลด์เป็นชิ้น เกลี่ยบนถาดสแตนเลส แล้วทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน Memmert รุ่น ULE 500 ประเทศเยอรมนี ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 400 นาที (ให้ความชื้นไม่เกิน 7 ± 1 เปอร์เซ็นต์) นำเปลือกเสาวรสปั่นที่ได้มาบดให้เป็นผงและเก็บรักษาวิธีเดียวกันกับการผลิต AODFP จากเปลือกเสาวรสปั่น

2.4 การวิเคราะห์คุณภาพ

วิเคราะห์ปริมาณโยอาหารทั้งหมด ปริมาณโยอาหารที่ละลายน้ำ และปริมาณโยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ [12] ปริมาณแอนโทไซยานินโดยวิธี pH Differential [13] ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด [14] สมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Radical Scavenging Assay [15] สมบัติเชิงหน้าที่ (ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน ความสามารถในการพองตัว และความสามารถในการชะลอการดูดซับน้ำตาล) รวมถึงวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคโดยใช้ Scanning Electron Microscope (SEM) และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา [16]

2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการทดลอง 5 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี T-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows (Trial Version)

3. ผลการทดลอง

ผลของการเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมี สมบัติเชิงหน้าที่ และโครงสร้างทางจุลภาค รวมถึงปริมาณจุลินทรีย์



ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราของ AODFP และ PP จากเปลือกเสาวรส แสดงดังตารางที่ 1 ถึง 3

3.1 ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (TDF) ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ (SDF) และปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (IDF)

จากตารางที่ 1 พบว่า AODFP มีปริมาณ TDF และ IDF มากกว่า PP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) ในขณะที่มีปริมาณ SDF ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq .05$) แสดงให้เห็นว่า กระบวนการผลิตใยอาหารผงที่ผ่านการเตรียมวัตถุดิบ มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของใยอาหารโดยทำให้ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารทั้งหมดมีปริมาณเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเตรียมขั้นต้นด้วยการลวกเปลือกเสาวรสน้ำร้อน สามารถกำจัดน้ำตาลอิสระ กรดอิสระ โปรตีน ไขมันออกไปจากวัตถุดิบ [17] แสดงให้เห็นว่าใยอาหารผงที่ได้ มีองค์ประกอบที่ไม่ใช่ใยอาหารลดลง อาจกล่าวได้ว่าใยอาหารผงที่ได้มีความบริสุทธิ์มากขึ้นนั่นเอง รวมทั้งการแช่เปลือกเสาวรสน้ำร้อนละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ มีผลให้กระตุ้นการกำจัดน้ำออก จึงช่วยลดเวลาในการทำแห้งลง และลดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเซลล์ระหว่างการทำแห้ง มีผลให้องค์ประกอบของใยอาหารที่ผนังเซลล์มีโอกาสถูกทำลายน้อยลง จึงมีปริมาณใยอาหารที่ยังคงอยู่มาก [8] Garau *et al.* [18] รายงานว่า ในระหว่างการทำแห้งแม้ใช้อุณหภูมิไม่สูงมาก (ตั้งแต่ 30 องศาเซลเซียสขึ้นไป) แต่หากใช้เวลาในการทำแห้งนาน ทำให้วัตถุดิบมีโอกาสสัมผัสกับความชื้นในการทำแห้งนาน ส่งเสริมให้เกิดการสูญเสียสารเพคติก (Pectic Substances) ซึ่งเป็นใยอาหารกลุ่มที่ละลายน้ำได้ จากการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมดของเปลือกเสาวรสดพบว่า มีปริมาณ TDF เท่ากับ 87.11 g/100g db และจากผลการทดลองนี้พบว่า AODFP จากเปลือกเสาวรสน้ำ มีปริมาณ TDF เท่ากับ 82.33 g/100g db แสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีการผลิตที่ใช้สามารถผลิตใยอาหารผงที่มีความบริสุทธิ์สูงได้ นอกจากนี้ AODFP จากเปลือกเสาวรสน้ำที่ผลิตได้จัดว่าเป็นแหล่งของใยอาหารที่ดี โดยมีปริมาณมากกว่าใยอาหารผงจากวัสดุเศษเหลือชนิดอื่น เช่น ใยอาหารผงจากส่วนอัลบิโดของเปลือกเสาวรสน้ำสีเหลือง

มีปริมาณ TDF SDF และ IDF เท่ากับ 71.79 19.45 และ 52.34 g/100g db ตามลำดับ [19] ใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วง มีปริมาณ TDF เท่ากับ 78 g/100g db [20] ใยอาหารผงจากกากมะนาว มีปริมาณ TDF เท่ากับ 70.76 g/100g db [1]

ตารางที่ 1 ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (TDF) ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ (SDF) และปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (IDF) ของ AODFP และ PP จากเปลือกเสาวรสน้ำ

ประเภทของใยอาหาร	ปริมาณเฉลี่ย (g/100g db)	
	AODFP	PP
TDF	82.33 ± 2.53 ^a	73.59 ± 3.59 ^b
SDF ^{ns}	16.32 ± 1.87	14.56 ± 1.95
IDF	66.00 ± 1.94 ^a	59.03 ± 2.32 ^b

^{a,b} ค่าในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

^{ns} ค่าในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq .05$)

สำหรับผลจากการทดลองนี้พบว่า IDF : SDF มีค่าเท่ากับ 4.04 แสดงให้เห็นว่าใยอาหารผงจากเปลือกเสาวรสน้ำส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ Spiller [21] กล่าวว่า ใยอาหารผงที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้เป็นส่วนผสมในอาหารเพื่อสุขภาพ ควรมีสัดส่วนของ IDF : SDF อยู่ในช่วง 1.0–2.3 เนื่องจากใยอาหารผงที่มีส่วนของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง ช่วยให้ลำไส้ทำงานได้ปกติ ป้องกันโรคท้องผูก และใยอาหารที่ละลายน้ำ ช่วยเพิ่มความหนืดของของเหลวภายในระบบย่อยอาหาร ส่งผลให้การดูดซึมคาร์โบไฮเดรตและไขมันลดลง [22] ในขณะที่ Lopez-Vargas *et al.* [19] และ Ku *et al.* [23] กล่าวว่า การที่ใยอาหารผงมีสัดส่วนของ IDF : SDF สูง ยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพในด้านที่เกี่ยวข้องกับการทำให้รู้สึกอิ่มมากกว่า (Increased Satiety) และเพิ่มมวลอุจจาระ ช่วยให้ระบบขับถ่ายดีขึ้นได้ ดังนั้นการนำใยอาหารผงมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสุขภาพต้องคำนึงถึงผลประโยชน์เฉพาะด้านที่ต้องการจากการเสริมใยอาหาร ผงด้วย Figuerola *et al.* [24] รายงานว่าใยอาหารผงจากเปลือกเกรปฟรุต (Grapefruits) มี IDF : SDF สูงเท่ากับ

12.7 สามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการเพิ่มความหนืดได้ โดยมีความสามารถในการกักเก็บน้ำ และพองตัวได้ดี

3.2 ปริมาณแอนโทไซยานิน (AC) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และสมบัตินิการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH)

จากตารางที่ 2 สำหรับปริมาณแอนโทไซยานิน (AC) พบว่า AODFP มีปริมาณ AC (17.09 mg Cyn-3-Glu/100g db) มากกว่า PP (8.30 mg Cyn-3-Glu/100g db) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) แสดงให้เห็นว่า การผลิตโยเกิร์ตที่มีการเตรียมวัตถุดิบก่อนการทำแห้ง สามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานินไว้ได้มากกว่าการผลิตอาหารผงด้วยวิธีทั่วไป ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเตรียมขั้นต้นเปลือกเสาวรส โดยการลวกด้วยน้ำร้อนเป็นเวลาสั้น นอกจากจะช่วยให้เนื้อเยื่อเปลือกเสาวรสอ่อนนุ่มลงแล้ว ยังสามารถทำลายเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการทำลายสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ที่สามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลิกไปเป็นสารอื่น ซึ่งแอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่จัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกที่ไม่เสถียรสลายตัวได้ง่ายจากทั้งความร้อน แสง และออกซิเจน [25], [13] การลวกด้วยน้ำร้อนที่สามารถทำลายเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส จึงช่วยลดโอกาสในเปลี่ยนแปลงแอนโทไซยานินไปเป็นสารอื่น นอกจากนี้การแช่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ สามารถกำจัดน้ำออกจากเนื้อเยื่อบางส่วน ทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น จึงช่วยลดเวลาในการทำแห้ง และช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างแอนโทไซยานินระหว่างการทำแห้งได้ [8] โดยการทำแห้ง AODFP จากเปลือกเสาวรส ใช้อุณหภูมิ 62°C เป็นเวลา 300 นาที ซึ่งเป็นสภาวะที่รุนแรงน้อยกว่าที่ใช้ในการผลิต PP จากเปลือกเสาวรส ที่ใช้อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลาถึง 400 นาที แอนโทไซยานินของ PP จากเปลือกเสาวรสที่ได้จึงมีโอกาสสลายตัวไปได้มากกว่านั่นเอง

การที่ปริมาณแอนโทไซยานินของ AODFP มากกว่า PP นั้น สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Kessy *et al.* [26] ที่ศึกษาผลการเตรียมวัตถุดิบด้วยการลวกด้วยไอน้ำต่อ

คุณภาพของเปลือกสีม่วงแห้ง โดยติดตามปริมาณการเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานินที่เป็นรงควัตถุหลัก พบว่าเปลือกสีม่วงแห้งที่ไม่ผ่านการลวก มีปริมาณแอนโทไซยานินคงเหลือ (6.19 mg CE/100g) ต่ำกว่าเปลือกสีม่วงแห้งที่ผ่านการลวกด้วยไอน้ำก่อนการทำแห้ง (20.32 mg CE/100g) ทั้งนี้เนื่องมาจากเปลือกสีม่วงมีเอนไซม์ต่างๆ เช่น โพลีฟีนอลออกซิเดส เปอร์ออกซิเดส และแอนโทไซยานิน เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันแอนโทไซยานิน (Enzymatic Oxidation) ดังนั้นในระหว่างการทำแห้ง จึงมีโอกาสให้เอนไซม์ที่ยังคงอยู่ในวัตถุดิบทำงานได้ในสภาวะที่มีออกซิเจน ทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงได้ นอกจากนี้การสัมผัสความร้อนเป็นเวลานานยังเพิ่มโอกาสให้แอนโทไซยานินสลายตัวได้มากขึ้น (Thermal Degradation)

ตารางที่ 2 ปริมาณแอนโทไซยานิน (AC) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และสมบัตินิการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) ของ AODFP และ PP จากเปลือกเสาวรส

องค์ประกอบคุณภาพ	AODFP	PP
AC (mg Cyn-3-Glu/100g db)	17.09 ± 1.30 ^a	8.30 ± 0.37 ^b
TPC (mg GAE/100g db)	65.38 ± 0.55 ^b	73.93 ± 1.43 ^a
DPPH (%Inhibition)	87.89 ± 0.14 ^b	89.12 ± 0.60 ^a

^{a,b} ค่าในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

จากข้อมูลข้างต้นจึงเป็นการสนับสนุนผลการทดลองที่พบว่า PP มีโอกาสสูญเสียสารแอนโทไซยานินได้จากทั้ง Enzymatic Oxidation และ Thermal Degradation สำหรับกรณี AODFP ถึงแม้ว่าเปลือกเสาวรสจะผ่านการลวกด้วยน้ำร้อน และมีโอกาสสูญเสียแอนโทไซยานินได้ เนื่องจากมีสมบัตินิการละลายน้ำได้ดี แต่ในขั้นตอนนี้ใช้เวลาในการลวกเป็นเวลาสั้นเพียง 3 นาทีเท่านั้น นอกจากนี้การลวกสามารถยับยั้งเอนไซม์ที่เป็นตัวเร่งในการเปลี่ยนแปลงรงควัตถุแอนโทไซยานินได้ นอกจากนี้เมื่อแช่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ก็มีส่วนช่วยดึงน้ำออกจากวัตถุดิบ เป็นการลด



ปริมาณออกซิเจนในช่องว่างระหว่างเซลล์ [8] อีกทั้งวัตถุดิบที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นยังใช้เวลาในการทำแห้งสั้นลง ทำให้ตัวอย่างสัมผัสกับความร้อนไม่นานนัก จึงลดโอกาสการสลายตัวของแอนโทไซยานินได้ทั้งจาก Enzymatic Oxidation และ Thermal Degradation

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) พบว่ามีแนวโน้มต่างจากผลการวิเคราะห์ AC โดย AODFP มีปริมาณ TPC และ DPPH น้อยกว่า PP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

AODFP มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (65.38 mg GAE/100g db) น้อยกว่า PP (73.93 mg GAE/100g db) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการลวกด้วยน้ำร้อน ในกระบวนการผลิต AODFP แม้จะสามารถยับยั้งเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่ทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลิกได้ แต่ความร้อนและน้ำที่เป็นตัวกลางในการลวก ก็มีโอกาสทำให้สารฟลิกษเคมีกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกซึ่งมีหลายกลุ่มที่สามารถละลายน้ำได้ เช่น กรดฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์มีโอกาสละลายน้ำและสลายตัวจากความร้อนในระหว่างการลวกได้ [27] รวมถึงสารประกอบฟีนอลิกที่ละลายน้ำได้ก็สามารถละลายไปกับน้ำที่ใช้ลวกด้วย

การที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของ AODFP น้อยกว่า PP นั้น สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Nurhuda *et al.* [28] ที่ศึกษาผลของการลวกต่อคุณภาพของเปลือกเงาะ โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิก สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงปริมาณแอนโทไซยานิน พบว่า เปลือกเงาะที่ผ่านการลวกในน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2.5 และ 5 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน ($p \geq .05$) แต่มีแนวโน้มลดลงหลังการลวก 5 นาที ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้เวลาในการลวกที่นานขึ้น อาจมีโอกาให้สารประกอบฟีนอลิกบางชนิดที่ละลายน้ำได้ สูญเสียไปกับน้ำที่ใช้ลวก ในขณะที่ปริมาณแอนโทไซยานินของเปลือกเงาะ หลังการลวก 2.5 นาที พบว่ามีปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเปลือกเงาะที่ไม่ผ่านการลวก นอกจากนี้ Samoticha *et al.* [29] ที่ศึกษาผลของ

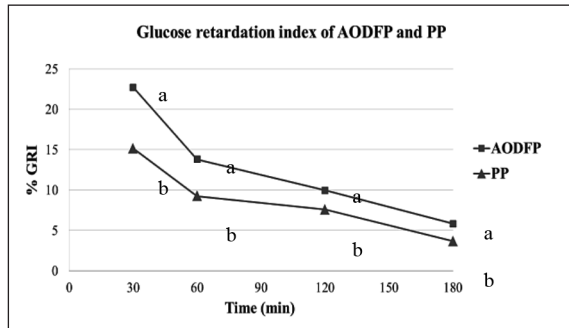
การทำแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกันต่อคุณภาพของ chokeberries (Chokeberries) โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานิน พบว่า chokeberries ที่ผ่านการทำแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก (5,631 mg/100 g dm) มากกว่า chokeberries ที่ผ่านการทำแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส (4,956 mg/100 g dm) ในขณะที่ปริมาณแอนโทไซยานินไม่แตกต่างกัน จากข้อมูลข้างต้นจึงเป็นการสนับสนุนผลการทดลองที่พบว่า AODFP ที่ผ่านการเตรียมวัตถุดิบ มีโอกาสสูญเสียสารประกอบฟีนอลิกบางชนิดที่ไม่เอื้อต่อความร้อนในระหว่างการลวก

อย่างไรก็ตาม AODFP มีปริมาณ TPC น้อยกว่า PP ประมาณ 8.55 mg GAE/100g db เท่านั้น หากเปรียบเทียบกับปริมาณ TPC ของโยอาหารผงจากงานวิจัยอื่นพบว่า AODFP ยังจัดว่ามี TPC คงอยู่ปริมาณมาก เช่น โยอาหารผงจากเปลือกเสาวรสพันธุ์สีเหลืองมีปริมาณ TPC 64-186 mg GAE/100 g db โยอาหารผงจากกากเสาวรสพันธุ์สีเหลืองมีปริมาณ TPC 32 mg GAE/100 g db [19], [30]

สำหรับค่า DPPH พบว่าให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณ TPC เนื่องจากสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระส่วนใหญ่แล้วมาจากสารประกอบฟีนอลิกที่มีโครงสร้างเป็นวงแหวน เช่น *Bioflavonoids* และ *Phenolic Acids* [31] การเตรียมขั้นต้นวัตถุดิบก่อนการทำแห้งด้วยการลวกหรือแช่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ มีโอกาสให้สารประกอบที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูญเสียไปได้ ด้วยความร้อน การถูกชะ และการละลาย ทำให้สมบัติต้านอนุมูลอิสระลดลง แต่อย่างไรก็ตาม %Inhibition ของ AODFP จากเปลือกเสาวรสีวิเคราะห์ได้ยังคงมีค่าสูง (87.89 เปอร์เซ็นต์) แสดงให้เห็นว่าโยอาหารผงที่มีสารต้านอนุมูลอิสระที่ผลิตได้ ยังคงให้สมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่ดี

3.3 สมบัติเชิงหน้าที่

จากการวิเคราะห์สมบัติเชิงหน้าที่ ได้แก่ ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity; WHC) ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (Oil Holding Capacity; OHC) ความสามารถในการพองตัว (Swelling Capacity;



รูปที่ 1 Glucose Retardation Index ของ AODFP และ PP จากเปลือกเสาวรสม ที่เวลา 0–180 นาที

SWC) และความสามารถในการชะลอการดูดซึมน้ำตาล (Glucose Retardation Index; GRI) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3 และรูปที่ 1 พบว่า AODFP มีค่า WHC OHC SWC และ GRI มากกว่า PP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) แสดงให้เห็นว่า กระบวนการผลิตโยอาอาหารผงที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นวัตถุดิบ และการทำแห้งด้วยสภาวะที่เหมาะสม สามารถปรับปรุงสมบัติเชิงหน้าที่ด้านความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน ความสามารถในการพองตัว และความสามารถในการชะลอการดูดซึมน้ำตาลได้ดีขึ้น

ตารางที่ 3 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC) ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (OHC) และความสามารถในการพองตัว (SWC) ของ AODFP และ PP จากเปลือกเสาวรสม

สมบัติเชิงหน้าที่	AODFP	PP
WHC (g water/g db)	18.51 ± 1.29 ^a	17.97 ± 1.51 ^b
OHC (g oil/g db)	3.58 ± 0.12 ^a	2.84 ± 0.20 ^b
SWC (mL/g db)	23.13 ± 0.74 ^a	18.67 ± 1.13 ^b

^{a,b} ค่าในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

ความสามารถในการอุ้มน้ำเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของโยอาอาหารของทั้งโยอาอาหารที่ไม่ละลายน้ำและโยอาอาหารที่ละลายน้ำ เนื่องจากโยอาอาหารทั้งสองชนิดนี้

มีองค์ประกอบของพอลิแซคคาไรด์ซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีหมู่ไฮดรอกซีอิสระเป็นจำนวนมาก จึงสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ [32] AODFP จากเปลือกเสาวรสมมีปริมาณโยอาอาหารที่ละลายน้ำไม่แตกต่างกัน ($p \geq .05$) แต่มีปริมาณโยอาอาหารที่ไม่ละลายน้ำสูงกว่า PP จากเปลือกเสาวรสม ($p < .05$) จึงพบว่า AODFP มีค่า WHC (18.51 g water/g db) มากกว่า PP (17.97 g water/g db) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเตรียมขั้นต้นวัตถุดิบ และการทำแห้งด้วยสภาวะที่เหมาะสม ทำให้ AODFP จากเปลือกเสาวรสมมีโยอาอาหารที่มีความบริสุทธิ์มากขึ้น โดยมีปริมาณโยอาอาหารที่ละลายน้ำไม่แตกต่างกัน ($p \geq .05$) แต่มีปริมาณโยอาอาหารที่ไม่ละลายน้ำมากกว่า PP ($p < .05$) นอกจากนี้ AODFP จากเปลือกเสาวรสมมีค่า WHC มากกว่าโยอาอาหารผงจากวัสดุเหลืออื่น เช่น โยอาอาหารผงจากกากส้ม (7.0 g water/g db) เปลือกเกรปฟรุ้ต (7.0–9.3 g water/g db) และอัลบิโดเสาวรสม (13.00 g water/g db) [33], [34], [19] จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดได้ เช่น ผลิตภัณฑ์อิมัลชันเพื่อลดการแยกตัวของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ รวมถึงผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการความชุ่มชื้น ทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถอุ้มน้ำได้ดีมากขึ้น

สำหรับความสามารถในการอุ้มน้ำมันพบว่า AODFP จากเปลือกเสาวรสมมีค่า OHC (3.58 g oil/g db) มากกว่า PP (2.84 g oil/g db) ทั้งนี้เนื่องจากการเตรียมขั้นต้นก่อนการทำแห้งมีผลในการปรับปรุงสมบัติพื้นผิว (Surface Properties) ของโยอาอาหารผงให้มีผิวสัมผัสมากขึ้น โดยการลอกเปลือกเสาวรสมในน้ำร้อน ทำให้โครงสร้างเซลล์ของเปลือกเสาวรสมมีลักษณะนุ่ม และมีความเป็นรูพรุนมาก จึงเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสให้โยอาอาหารผงสามารถดูดซึมน้ำมันได้มากขึ้น [35]–[37] กล่าวคือ แม้ความสามารถในการดูดซึมน้ำมันของโยอาอาหารจะเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันกับองค์ประกอบของโยอาอาหารก็ตาม แต่สมบัติพื้นผิวด้านความเป็นรูพรุนของโครงสร้างโยอาอาหารมีผลต่อการดูดซึมน้ำมันของโมเลกุลโยอาอาหารมากกว่า นอกจากนี้ Betancur-Ancona *et al.* [38] กล่าวว่าความสามารถในการดูดซึมน้ำมันของโยอาอาหาร เกี่ยวข้องกับการดูดซึมน้ำมันบริเวณพื้นผิวขององค์ประกอบอินทรีย์ (Organic

Compounds) ซึ่งมักมีค่าสอดคล้องกับปริมาณองค์ประกอบอินทรีย์พวกเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ซึ่งเป็นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ หากมีปริมาณมากจะมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันสูง เนื่องจากเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส มีส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) ที่สามารถจับ (Trap) กับหยดน้ำมัน (Oil Droplet) หรือกล่าวได้ว่าหยดน้ำมันสามารถถูกล้อมรอบด้วยอนุภาคของเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสได้มาก จึงแสดงความสามารถในการอุ้มน้ำมันได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่า AODFP จากเปลือกเสาวรสมีปริมาณ IDF มากกว่า PP จึงน่าจะมีส่วนประกอบพวกเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสมากกว่า ทำให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำมันมากกว่านั่นเอง อย่างไรก็ตามพบแนวโน้มว่า AODFP จากเปลือกเสาวรสมีก่า OHC น้อยกว่าใยอาหารผงจากวัสดุเศษเหลืออื่นๆ เช่น กากทับทิม (5.9 g oil/g db) [39] เปลือกกีวี (6.0 g oil/g db) [40]

สำหรับความสามารถในการพองตัว พบว่าให้ผลไปในทิศทางเดียวกับความสามารถในการอุ้มน้ำ และความสามารถในการอุ้มน้ำมัน โดย AODPF จากเปลือกเสาวรสมีก่า SWC (23.13 ml/g db) มากกว่า PP (18.67 ml/g db) ทั้งนี้เนื่องจากการเตรียมขั้นต้นก่อนการทำแห้งทำให้ใยอาหารผงมีความบริสุทธิ์มากขึ้น โดยจากผลการทดลองข้างต้นแสดงให้เห็นว่าสามารถกำจัดองค์ประกอบต่างๆ ที่ไม่ใช่ใยอาหารออกไปได้ ได้แก่ น้ำตาล โปรตีน และไขมัน ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้อาจขัดขวางการดูดซับ เก็บกักน้ำไว้ในโครงสร้างของใยอาหาร การเตรียมวัตถุดิบจึงช่วยปรับปรุงความสามารถในการอุ้มน้ำ และความสามารถในการพองตัวของใยอาหารผงให้ดีขึ้นได้ [1] และในขั้นตอนการลวกขึ้นเปลือกเสาวรสน้ำร้อน มีผลให้โครงสร้างเซลล์ของเปลือกเสาวรสมีก่านุ่มและมีความเป็นรูพรุนมากขึ้น จึงมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้น เป็นการเพิ่มโอกาสให้ใยอาหารผงสามารถละลายน้ำและอุ้มน้ำ รวมถึงมีการพองตัวได้มากขึ้นเช่นกัน [35], [36] นอกจากนี้ความสามารถในการพองตัวของใยอาหารยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของใยอาหารทั้งส่วนที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ โดยองค์ประกอบของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นองค์ประกอบ และสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ และใยอาหารบางประเภท เช่น เซลลูโลส

และเฮมิเซลลูโลส มีสมบัติพองตัวได้ [19], [36] สอดคล้องกับที่ Tanongkankit [32] และ Lertphatcharanon [41] กล่าวว่า ใยอาหารทั้งชนิดที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำมีความสามารถอุ้มน้ำไว้ได้ดี โดยใยอาหารที่ละลายน้ำจะดูดซับน้ำไว้แล้วเพิ่มความหนืด และบางครั้งเกิดเจลได้ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ขณะที่ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำไม่สามารถเกิดเจลแต่จะดูดซับน้ำปริมาณมากไว้ในส่วนที่ชอบน้ำได้ (Hydrophilic) แล้วอาจเกิดการพองตัวได้

ความสามารถในการชะลอการดูดซับน้ำตาล หรือค่า Glucose Retardation Index (GRI) คือค่าที่ใช้ทำนายถึงการดูดซับน้ำตาลของใยอาหารในระบบทางเดินอาหารที่เวลาต่างๆ สำหรับงานวิจัยนี้วิเคราะห์ค่า GRI โดยใช้ถุง Dialysis จำลองสภาวะของระบบทางเดินอาหาร ทำได้โดยการเติมใยอาหารผงผสมกับสารละลายน้ำตาลกลูโคสและบรรจุในถุง Dialysis ที่มีสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน และแช่อยู่ในน้ำอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างสารละลายนอกถุง Dialysis และวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลที่แพร่ออกมา แล้วคำนวณเป็น %GRI หากมีค่ามาก แสดงให้เห็นว่า ใยอาหารสามารถชะลอการดูดซับน้ำตาลได้มาก

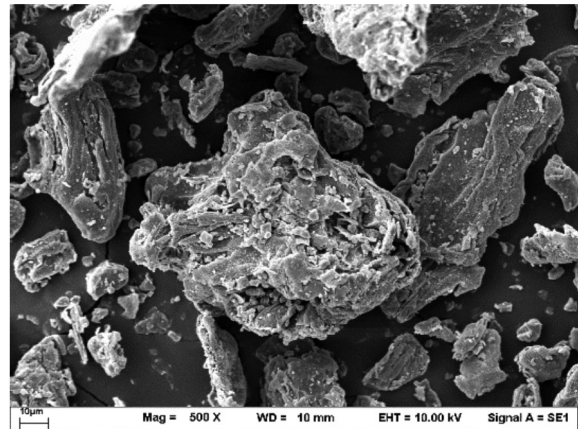
จากรูปที่ 1 พบว่า AODPF จากเปลือกเสาวรสมีก่า GRI (5.82–22.72 เปอร์เซ็นต์) มากกว่า PP (3.67–15.14 เปอร์เซ็นต์) ในทุกช่วงเวลาของการ dialysis (0–180 นาที) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก AODFP มีปริมาณใยอาหารทั้งหมดสูงกว่า PP จึงทำให้ใยอาหารสามารถจับกับน้ำตาลกลูโคสเกิดการพองตัวได้ และมีผลให้สารละลายในถุง Dialysis มีความหนืดมากขึ้น ซึ่งเป็นการชะลอการแพร่ของน้ำตาลกลูโคสออกมานอกถุง Dialysis จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเวลาการ Dialysis เพิ่มขึ้น AODFP และ PP จากเปลือกเสาวรสมีก่า GRI ลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก เมื่อเวลาการ Dialysis นานขึ้น ความหนืดของสารละลายในถุง Dialysis และความอืดตัวของถุงดูดซับน้ำตาลกลูโคสไว้กับใยอาหารผงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทำให้โอกาสที่น้ำตาลแพร่ออกมานอกถุง Dialysis น้อยลง ผลการทดลองที่ได้มีแนวโน้มคล้ายกันกับงานวิจัยของใยอาหารผงจากวัสดุเศษเหลือชนิดอื่น เช่น ใยอาหารผงจากเปลือกส้ม (0.84–26.6 เปอร์เซ็นต์) [42] และใยอาหารผงจากกากมะนาว (10.12–

22.28 เปอร์เซ็นต์) [1] นอกจากนี้กระบวนการผลิตโยอาอาหารผงที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นวัตถุดิบ และการทำแห้งด้วยสภาวะที่เหมาะสม มีผลให้โครงสร้างภายในของโยอาอาหารผงมีลักษณะความเป็นรูพรุนมากยิ่งขึ้น ทำให้สามารถจับน้ำตาลกลูโคสได้มาก ค่า GRI จึงสูงขึ้น ในขณะที่ผงเปลือกเสาวรสปที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นใด ๆ ลักษณะพื้นผิวของผงมีลักษณะเรียบ ความเป็นรูพรุนน้อย จึงทำให้ความสามารถในการกักเก็บกลูโคสไว้ในโยอาอาหารลดลง ค่า GRI จึงต่ำกว่านั่นเอง

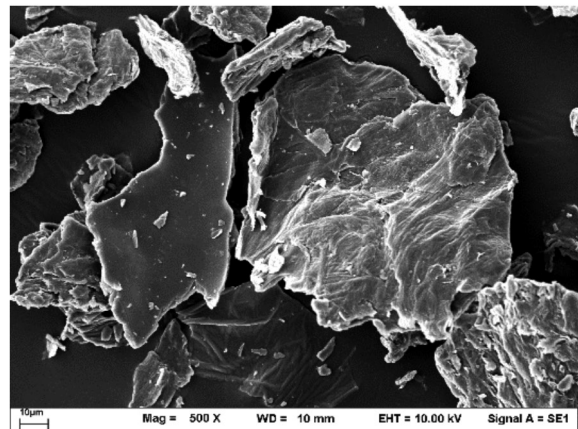
จากภาพรวมผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ของโยอาอาหารผงพบว่า โยอาอาหารผงจากเปลือกเสาวรสปที่ผ่านการเตรียมวัตถุดิบ มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระและมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกน้อยกว่าผงเปลือกเสาวรสป ($p < .05$) แต่มีปริมาณโยอาอาหารทั้งหมด ปริมาณโยอาอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ปริมาณแอนโทไซยานิน และมีสมบัติเชิงหน้าที่ด้านต่างๆ ดีกว่า รวมถึงการเตรียมวัตถุดิบช่วยปรับปรุงสีให้ดีขึ้น ดังนั้นโยอาอาหารผงจากเปลือกเสาวรสปที่ผลิตได้จึงมีศักยภาพที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นส่วนผสมในอาหารเพื่อสุขภาพได้ โดยเฉพาะกลุ่มอาหารที่ต้องการส่วนผสมอาหารที่มีสมบัติเชิงหน้าที่เฉพาะต่างๆ เช่น การอุ้มน้ำ การอุ้มน้ำมัน การพองตัว ที่จะช่วยเสริมคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยการนำไปใช้ในรูปแบบของการทดแทน (Replacement) เช่น การเติมโยอาอาหารผงทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ [43] ไอศกรีม [34] เป็นต้น หรือในรูปแบบของการเพิ่มปริมาณโยอาอาหารโดยตรง (Enrichment) ในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป [44] อาหารประเภทเจล [45] เป็นต้น

3.4 โครงสร้างทางจุลภาค

เมื่อทำการถ่ายภาพ AODFP และ PP จากเปลือกเสาวรสป ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่กำลังขยาย 500 เท่า พบว่า AODFP และ PP ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นก้อน มีรูปร่างและขนาดหลากหลายไม่สม่ำเสมอ แสดงดังรูปที่ 2 โดยสังเกตเห็นได้ว่า AODFP [รูปที่ 2 (ก)] ผงที่ได้ มีอนุภาคขนาดใหญ่ และพองตัวมากกว่า PP [รูปที่ 2 (ข)] ทั้งนี้อาจเกิดจากการเตรียมขั้นต้นวัตถุดิบก่อนการทำแห้ง



(ก)



(ข)

รูปที่ 2 โครงสร้างระดับจุลภาค (กำลังขยาย 500 เท่า) ของ AODFP (ก) และ PP (ข) จากเปลือกเสาวรสป

ในกระบวนการผลิต AODFP ได้ผ่านการลวกด้วยน้ำร้อน การแช่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งส่งผลต่อโครงสร้างของโยอาอาหาร ทำให้โยอาอาหารมีความพองตัวมากขึ้น [35], [36] เมื่อนำไปทำแห้งด้วยสภาวะที่เหมาะสม น้ำที่ระเหยออกไปทำให้โครงสร้างของโยอาอาหารมีรูพรุนมากขึ้น ซึ่งเห็นได้ว่า AODFP มีพื้นผิวที่ขรุขระ และมีโครงสร้างเป็นรูพรุนมากขึ้น ในขณะที่ PP มีลักษณะพื้นผิวเรียบกว่า และโครงสร้างเป็นรูพรุนน้อยกว่า ซึ่งการที่ AODFP จากเปลือกเสาวรสปมีโครงสร้างเป็นรูพรุนมากกว่านั้น จึงเพิ่มความสามารถกักเก็บน้ำไว้ในโมเลกุลได้มากกว่า เป็นสาเหตุหนึ่งที่สนับสนุนให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำ ความ



สามารถในการอุ้มน้ำมัน ความสามารถในการพองตัว และความสามารถในการชะลอการดูดซับมากกว่า PP จากเปลือกเสาวรสนั่นเอง

3.5 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลักษณะผงแห้งมักกำหนดเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยสำหรับการบริโภคด้านคุณภาพทางจุลินทรีย์ไว้ใกล้เคียงกัน ในงานวิจัยนี้เลือกมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของผลิตภัณฑ์ที่มีความใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ ได้แก่ ขมิ้นผง เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำแห้งและบดเป็นผงสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมในอาหารได้ (มผช.676/2547) กำหนดไว้ว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1.0×10^5 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และราต้องไม่พบในตัวอย่าง 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม [46] จากผลการทดลองพบว่า AODFP และ PP จากเปลือกเสาวรสนี้อาจมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 4.5×10^2 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และ 6.0×10^2 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนด และตรวจไม่พบยีสต์และรา แสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตและผงจากเปลือกเสาวรสนี้ที่ใช้สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราที่อาจปนเปื้อนได้ โดยตัวอย่าง AODFP และ PP จากเปลือกเสาวรสนี้ได้รับความร้อนจากการทำแห้ง (อุณหภูมิ 60–62 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 300–400 นาที จนปริมาณความชื้นไม่เกิน 7 ± 1 เปอร์เซ็นต์) เพียงพอ

4. สรุป

โยเกิร์ตที่มีสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกเสาวรสนี้อาจมีคุณภาพที่ดี มีคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าผงเปลือกเสาวรสนี้อย่างมีนัยสำคัญ ($p < .05$) แต่มีปริมาณโยเกิร์ตทั้งหมด ปริมาณโยเกิร์ตที่ไม่ละลายน้ำ และปริมาณแอนโทไซยานินมากกว่าผงเปลือกเสาวรสนี้อย่างมีนัยสำคัญ ($p < .05$) นอกจากนี้โยเกิร์ตที่มีสารต้านอนุมูลอิสระที่ผ่านการเตรียมวัตถุดิบมีสมบัติเชิงหน้าที่ดีขึ้น โดยมีความสามารถในการอุ้มน้ำมัน ความสามารถในการพองตัว และ

ความสามารถในการชะลอการดูดซับน้ำตาล มากกว่าผงเปลือกเสาวรสนี้อย่างมีนัยสำคัญ ($p < .05$) ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคสนับสนุนให้เห็นว่าโยเกิร์ตที่มีสารต้านอนุมูลอิสระมีพื้นผิวที่เป็นรูพรุนมากกว่าผงเปลือกเสาวรสนี้อย่างมีนัยสำคัญ โดยโยเกิร์ตที่มีสารต้านอนุมูลอิสระที่ผลิตได้มีความปลอดภัยสำหรับการบริโภค

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2559 (ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษา สัญญาเลขที่ กบง./2559-ท7.23)

เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Peerajit, N. Chiewchan, and S. Devahastin, "Effects of pretreatment methods on health-related functional properties of high dietary fibre powder from lime residues," *Food Chemistry*, vol. 132, no. 4, pp. 1891–1898, June 2012.
- [2] J. A. Larrauri, "New approaches in the preparation of high dietary fibre powder from fruit by-products," *Trends in Food Science and Technology*, vol. 10, no. 1, pp. 3–8, January 1999.
- [3] B. Hernandez-Santos, M. A. Vivar-Vera, J. Rodriguez-Miranda, E. Herman-Lara, J. G. Torruco-Uco, O. Acevedo-Vendrell, and C. E. Martinez-Sanchez, "Dietary fibre and antioxidant compounds in passion fruit (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) peel and depectinized peel waste," *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 50, no. 1, pp. 268–274, January 2015.
- [4] L. Kidoy, A. M. Nygard, O. M. Andersen, A. T. Pedersen, D. W. Aksnes, and B. T. Kiremire,

- “Anthocyanins in fruits of *Passiflora edulis* and *P. suberosa*,” *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 10, no.1, pp. 49–54, March 1997.
- [5] S. Nilnakara, “Effects of blanching and drying on physicochemical properties of high dietary fiber powder produced from cabbage residues,” M.S. thesis, Food Engineering, Engineering, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, 2006 (in Thai).
- [6] P. Wachirasiri, S. Julakarangka, and S. Wanlapa, “The effects of banana peel preparations on the properties of banana peel dietary fibre concentrate,” *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, vol. 31, no. 6, pp. 605–611, November 2009.
- [7] Y. Tanongkankit, “Production of dietary fiber powder having antioxidants, glucosinolates and sulforaphane from white cabbage outer leaves,” M.S. thesis, Food Engineering, Engineering, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, 2011 (in Thai).
- [8] P. P. Lewicki, “Design of hot air drying for better foods,” *Trends in Food Science and Technology*, vol. 17, no. 4, pp. 153–163, April 2006.
- [9] K. Sartprasit and K. Limroongreungrat, “Utilization of mangosteen rind as a source of dietary fiber in cake-type doughnut,” *Agricultural Science Journal*, vol. 40, no. 3, pp. 97–100, 2009 (in Thai).
- [10] S. Apirattanusorn, “Development of low calorie mangosteen jam supplemented with rind of mangosteen,” *KKU Research Journal*, vol. 16, no. 7, pp. 825–834, 2011 (in Thai).
- [11] V. Oreopoulou and C. Tzia, “Utilization of plant by-products for the recovery of proteins, dietary fibers, antioxidants, and colorants,” in V. Oreopoulou, and W. Russ (Eds.), *Utilization of by-products and treatment of waste in the food industry*, NY: Springer Science, 2007, pp. 209–232.
- [12] AOAC: *Official method of analysis*, 16th ed., Association of Official Analytical Chemists, 1995.
- [13] A. Chaovanalikit and A. Mingmuang, “Anthocyanin and total phenolic content of mangosteen and its juices,” *Srinakharinwirot Science Journal*, vol. 23, no. 1, pp. 68–78, 2007 (in Thai).
- [14] L. Yu, K. Zhou, and J. Party, “Antioxidant properties of cold-pressed black caraway, carrot, cranberry and hemp seed oils,” *Food Chemistry*, vol. 91, no. 4, pp. 723–729, August 2005.
- [15] N. Turkmen, F. Sari, and Y. S. Velioglu, “The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables,” *Food Chemistry*, vol. 93, no. 4, pp. 713–718, December 2005.
- [16] W. H. Andrews and T. S. Hammack. (2003, April). Bacteriological Analytical Manual Chapter 1 Food sampling and preparation of sample homogenate. *U.S. Food and Drug Administration*. [Online]. Available: <https://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm063335.htm>
- [17] M. Wennbeg, J. Ekvall, K. Olsson, and M. Nyman, “Changes in carbohydrate and glucosinolate composition in white cabbage (*Brassica oleracea L. var capitata*) during blanching and treatment with acetic acid,



- Food Chemistry*, vol. 96, pp. 226–236, 2006.
- [18] M. C. Garau, S. Simal, C. Rossello', and A. Femenia, "Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. *Canoneta*) by-products. *Food Chemistry*, vol. 104, no. 3, pp. 1014–1024, 2007.
- [19] J. H. López-Vargas, J. Fernández-López, J. A. Pérez-Álvarez, and M. Viuda-Martos, "Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products," *Food Research International*, vol. 51, no. 2, pp. 756–763, May 2013.
- [20] C. M. Ajila, S. G. Bhat, and U. J. S. Prasada Rao, "Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties," *Food Chemistry*, vol. 102, no. 4, pp. 1006–1011, 2007.
- [21] G. A. Spiller, "Suggestions for a basis on which to determine a desirable intake of dietary fibre," In: G.A. Spiller, (Ed.) *CRC Handbook of Dietary Fibre in Human Nutrition*. Florida: CRC Press, 1986, pp. 281–283.
- [22] S. Ou, K. C. Kwok, Y. Li, and L. Fu, "In vitro study of possible role of dietary fiber in lowering postprandial serum glucose," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 49, no. 2, pp. 1026–1029, February 2001.
- [23] C. S. Ku and S. P. Mun, "Optimization of the extraction of anthocyanin from Bokbunja (*Rubus coreanus* Miq.) marc produced during traditional wine processing and characterization of the extracts," *Bioresource Technology*, vol. 99, no. 7, pp. 8325–8330, November 2008.
- [24] F. Figuerola, M. L. Hurtado, A. M. Estevez, I. Chiffelle, and F. Asenjo, "Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment," *Food Chemistry*, vol. 91, no. 3, pp. 389–582, July 2005.
- [25] Y. Nishiba and I. Suda, "Degradation of vitamin E, vitamin C, and lutein in soybean homogenate: a comparison of normal soybean and lipoxygenase-lacking (triple-null) soybean," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 6, no. 9, pp. 3708–3712, August 1998.
- [26] H. N. E. Kessy, Z. Hu, L. Zhao, and M. Zhou, "Effect of steam blanching and drying on phenolic compounds of litchi pericarp," *Molecules*, vol. 21, no. 6, pp. 729, June 2016.
- [27] I. Amin and Y. M. Lee, "Effect of different blanching times on antioxidant properties in selected cruciferous vegetables," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 85, no. 13, pp. 2314–2320, October 2005.
- [28] H. H. Nurhuda, M. Y. Maskat, S. Mamot, J. Afiq, and A. Aminah, "Effect of blanching on enzyme and antioxidant activities of rambutan (*Nephelium lappaceum*) peel," *International Food Research Journal*, vol. 20, no. 4, pp. 1725–1730, 2013.
- [29] J. Samoticha, A. Wojdyło, and K. Lech, "The influence of different the drying methods on chemical composition and antioxidant activity in chokeberries," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 66, pp. 484–489, March 2016.
- [30] E. M. Konta, M. Ribeiro-Almeida, C. L. Do Amaral, J. D. C. Darin, V. V. De Rosso, A. Z. Mercadante, L. M. G. Antunes, and M. L. P. Bianchi, "Evaluation of the antihypertensive properties of yellow passion fruit pulp (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) in spontaneously

- hypertensive rats,” *Phytotherapy Research*, vol. 28, no. 1, pp. 28–32, February 2013.
- [31] S. Zibadi, R. Farid, S. Moriguchi, Y. Lu, L. Y. Foo, P. M. Tehrani, J. B. Ulrich, and R. R. Watson, “Oral administration of purple passion fruit peel extract attenuates blood pressure in female spontaneously hypertensive rats and humans,” *Nutrition Research*, vol. 27, no. 7, pp. 408–416, July 2007.
- [32] Y. Tanongkankit, “Utilization of vegetable and fruit residues for production of dietary fiber powder,” *Journal of Food Technology, Siam University*, vol. 9, no. 1, pp. 31–38, 2014 (in Thai).
- [33] Y. Lario, E. Sendra, J. García-Pérez, C. Fuentes, E. Sayas-Barberá, J. Fernández-López, and J. A. Pérez-Alvarez, “Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by-products,” *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, vol. 5, no. 1, pp. 113–117, March 2004.
- [34] T. M. Crizel, A. Jablonski, A. de O. Rios, R. Rech, and S. H. Flores, “Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer,” *LWT—Food Science and Technology*, vol. 53, no. 1, pp. 9–14, September 2013.
- [35] P. Wachirasiri, “Dietary fibers extraction from kluai namwa peels,” M.S. thesis, Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 2007 (in Thai).
- [36] S. Rotjanakunnatam and A. Chantaraponpan, “Chemical and physico-chemical properties of antioxidant dietary fiber (AODF) from the Kaew Mango (*Mangifera indica* L.),” in *The 10th Mahasarakham University Research Conference*, 2014, pp. 333–341.
- [37] A. K. Biswas, V. Kumar, S. Bhosle, J. Sahoo, and M.K. Chatli, “Dietary fibers as functional ingredients in meat products and their role in human health,” *International Journal of Livestock Production*, vol. 2, no. 4, pp. 45–54, April 2011.
- [38] D. Betancur-Ancona, G. Peraza-Mercado, Y. Moguel-Ordoñez, and S. Fuertes-Blanco, “Physicochemical characterization of lima bean (*Phaseolus lunatus*) and Jack bean (*Canavalia ensiformis*) fibrous residues,” *Food Chemistry*, vol. 84, no. 2, pp. 287–295, February 2004.
- [39] M. Viuda-Martos, Y. Ruiz-Navajas, A. Martín-Sánchez, E. Sánchez-Zapata, J. Fernández-López, E. Sendra, E. Sayas-Barberá, C. Navarro, and J. A. Pérez-Álvarez, “Chemical, physico-chemical and functional properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) bagasses powder co-product,” *Journal of Food Engineering*, vol. 110, no. 2, pp. 220–224, May 2012.
- [40] A. Femenia, G. Sastre-Serrano, S. Simal, M. C. Garau, V. Eim, and C. Rosselló, “Effects of air-drying temperature on the cell walls of kiwifruit processed at different stages of ripening,” *LWT—Food Science and Technology*, vol. 42, no. 1, pp. 106–112, 2009.
- [41] S. Lertphatcharanon, “The extraction and application of dietary fiber from by-product of fresh ground turmeric (*Curcuma longa* Linn.),” M.S. thesis, Faculty of graduate studies, Mahidol University, 2007 (in Thai).
- [42] C. F. Chau and Y. L. Huang, “Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from



- the peel of *Citrus sinensis* L. Cv. Liucheng,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 51, no. 9, pp. 2615–2618, March 2003.
- [43] S. Martinez-Cervera, A. Salvador, B. Mugerza, L. Moulay, and S. M. Fiszman, “Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins,” *LWT - Food Science and Technology*, vol. 44, no. 3, pp. 729–736, April 2011.
- [44] A. K. Verma, B. D. Sharma, and R. Banerjee, “Effect of sodium chloride replacement and apple pulp inclusion on the physico-chemical, textural and sensory properties of low fat chicken nuggets,” *LWT - Food Science and Technology*, vol. 43, no. 4, pp. 715–719, May 2010.
- [45] E. H. Lee, H. J. Yeom, M. S. Ha, and D. H. Bae, “Development of banana peel jelly and its antioxidant and textural properties,” *Food Science and Biotechnology*, vol. 19, no. 2, pp. 449–455, April 2010.
- [46] *Thai Industrial Standards Institute (TISI)*, TCPS 676: Turmeric powder, 2004.

