

หัวข้อวิจัย	การผลิตโยอาหารผงจากเปลือกชั้นในของส้มโอที่ผ่านการลดความชื้นและศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเชิงหน้าที่
ผู้ดำเนินการวิจัย	ดร. สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ ผศ. บุญยกุล ต.รัตนพันธุ์
ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ
หน่วยงาน	หลักสูตร เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ปี พ.ศ.	2557

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ทำการศึกษาถึงการผลิตโยอาหารผงจากเปลือกชั้นในของส้มโอที่ผ่านการลดความชื้นและศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเชิงหน้าที่จากเปลือกชั้นในของส้มต่างสายพันธุ์ ได้แก่ ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวใหญ่ พบว่าเปลือกชั้นในของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมในการเตรียมโยอาหารผงเนื่องจากมีปริมาณโยอาหารสูง มีปริมาณลิโมนินและนารินจินน้อยกว่าพันธุ์ทองดีและขาวใหญ่ และสีของเปลือกชั้นในมีสีขาวอมเหลือง สารให้ความขมลิโมนินและนารินจินเป็นสารประกอบหลักที่ให้ความขมที่มีอยู่ในทุกส่วนของผลส้มโอ ซึ่งมีความจำเป็นที่ต้องหาวิธีลดความชื้นเนื่องจากความชื้นเป็นที่ไม่ต้องการของอุตสาหกรรมอาหาร ดังนั้นจึงนำเปลือกส้มโอชั้นในมาลดความชื้นด้วยสารเคมีและนำมาผ่านกระบวนการทำแห้ง

สารเคมีที่ใช้ในการลดความชื้น ได้แก่ NaCl (1%, 3%, 5%), CaCO_3 (1%, 3%, 5%) และปรับ pH 7, 8 และ 9 ด้วย สารละลาย 0.1 นอร์มอล NaOH พบว่า สารเคมีทุกตัวสามารถลดความชื้นได้ ($P \leq 0.05$) แต่การใช้สารละลาย pH เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าได้รับการยอมรับในด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และความขม มากที่สุด หลังจากนั้นนำไปทำแห้ง 2 แบบคือ ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส นาน 14 ชั่วโมง และการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Tray drying) 3 ระดับอุณหภูมิ คือ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 5.30 ชั่วโมง, 60 องศาเซลเซียส นาน 4.30 ชั่วโมง และ 70 องศาเซลเซียส นาน 2.00 ชั่วโมง พบว่าการทำแห้งเปลือกชั้นในส้มโอด้วยวิธีแช่เยือกแข็งมีคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีและเชิงหน้าที่ดีกว่าการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ($P \leq 0.05$) ส่วนการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน 70 องศาเซลเซียส นาน 2.00 ชั่วโมงมีค่าความสว่าง $L=78.08$ หรือมีสีขาวอมเหลืองมากกว่าอุณหภูมิๆ เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงหน้าที่ ด้านความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน และความสามารถในการพองตัวด้วยการส่องกล้องด้วยเทคนิคโครงสร้างระดับจุลภาค (Scanning electron microscopy, SEM) ระหว่างเซลลูโลสทางการค้า (Carboxy methyl cellulose) กับ โยอาหารผงจากเปลือกส้มโอชั้นใน (ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และ ตู้อบลมร้อน 70 องศาเซลเซียส นาน 2.00 ชั่วโมง) พบว่าเปลือกส้มโอผงจากการทดลองทั้ง 2 วิธีนี้มีโครงสร้างที่ดีกว่าเซลลูโลสทางการค้าเนื่องจากมีพื้นที่ผิวที่หยาบกร้าน และมีรูพรุน ในขณะที่เซลลูโลสทางการค้ามีพื้นที่ผิวเรียบและโครงสร้างจัดเรียงเป็นระเบียบเป็นแท่ง จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น โยอาหารผงจากเปลือกส้มโอเป็นแหล่งวัตถุดิบหรือนำไปเป็นส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่า และ

ประโยชน์อีกประการหนึ่งคือเปลือกชั้นส้มโอเป็นแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระ (93.35-94.67 μM (as DPPH)) และใยอาหาร (74.05-77.25% (นน.แห้ง)) สูง

เมื่อนำไปศึกษาอายุการเก็บรักษาใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี และ คุณสมบัติเชิงหน้าที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานชุมชน (มผช.๑๔๐๒/๒๕๕๐)

Research Title	Dietary fiber powder prepared from Pomelo [<i>Citrus grandis</i> (L.) Osbeck] albedo which to reduce the bitterness and study on physical and functional properties
Researcher	Dr. Suwanna Pichaiyongvongdee Assist. Prof. Boonyakrit Rattanapun
Research Consultants	Assoc. Prof. Dr. Ratiporn Haruenkit
Organization	Department of Food Processing and Technology School of Culinary Arts, Suan Dusit Rajabhat University
Year	2014

The objectives of this study were dietary fiber powder prepared from pomelo [*Citrus grandis* (L.) Osbeck] albedo which to reduce the bitterness and study on physical and functional properties from different cultivar of pomelo albedo. The selected cultivars are Kao Nampung (KNP), Thongdee (TD) and Kao Yai (KY). The KNP was a suitable cultivar for preparing dietary fiber powder because high crude fiber, the limonin and naringin content was lower than TD and KY and its color was white pomelo fruit which need to be reduced. Because they diminish the industrial use. The pomelo albedo was treated with chemicals to reduce the bitter compound and then was made into dietary fiber powder by drying methods.

Three chemicals used for reduce the bitterness of pomelo albedo were NaCl (1%, 3%, 5%), CaCO₃ (1%, 3%, 5%) and 0.1 N NaOH to adjust pH to 7, 8 and 9. The result showed that chemicals treatment could reduce the bitterness ($p \leq 0.05$) but in term of organoleptic quality pH adjustment was better. Two drying methods were studied, freeze drying was conducted at -40 °C 14 hrs and three conditions for tray drying were 50 °C 5.30 hrs, 60 °C 4.30 hrs and 70 °C 2.00 hrs. The pomelo albedo by freeze dry had better physical, chemical and functional properties than those by tray dry ($p \leq 0.05$). For tray drying the suitable condition was 70 °C 2.00 hrs. At this temperature the color lightness ($L^* = 78.08$) or white yellowish color was better than another temperature. The comparison of functional properties water holding capacity (WHC), oil holding capacity (OHC), water retention capacity (WRC) and swelling capacity (SWC) and Bulk density was made between commercial cellulose (Carboxy methyl cellulose) and dietary fiber pomelo albedo powder (by freeze drying and tray drying 70 °C 2.00 hrs.) It was found that the pomelo albedo dietary fiber powder had better functional properties than the commercial cellulose because it had the rough and porous surface area whereas commercial cellulose had the smooth surface area was smooth and structures arranged as rods this is evidential by scanning electron

microscopy (SEM). Based on these results describing on the characteristic of dietary fiber powder from pomelo albedo, it can be used as a source of functional ingredient or applications in food products to industrial application and can be value added. In addition to that pomelo albedo are good source of antioxidant and high crude fiber content which were 93.35-94.67 μM (as DPPH) and 74.05-77.25% (dry basis), respectively.

The shelf life of the pomelo albedo dietary fiber powder was least 3 months at 4-5 $^{\circ}\text{C}$. The product had slightly changed of physical chemical and functional properties. The microbiological quantity analysis of the product is within standard range of Thai community product standard (MH.๑๔๐๒/๒๕๕๐).

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การผลิตโยอาหารผงจากเปลือกชั้นในของส้มโอที่ผ่านการลดความขมและศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเชิงหน้าที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, วช) และมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณในการสนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้

ทั้งนี้ทั้งนั้น คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ รศ.ดร. ระติพร หาเรือนกิจ ที่ให้เกียรติเป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำ และให้ความรู้อันเป็นประโยชน์แก่งานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จ และสมบูรณ์ นอกจากนี้ขอขอบคุณ รศ.ดร. วราภรณ์ ธาระวานิช ผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองงานคุณภาพวิจัย ไว้เป็นอย่างสูงที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือเพื่อปรับปรุงรายงานให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรที่อนุเคราะห์เครื่องมือชิ้นสูง และห้องปฏิบัติการเคมี

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร โรงเรียนการเรือนมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและห้องปฏิบัติการเคมีและเจ้าหน้าที่เกี่ยวข้องทุกท่าน

ดร. สุวรรณา พิชัยวงศ์วงศ์ดี

ผศ. บุญยกฤต รัตนพันธุ์

พ.ศ. 2557

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	3
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
ส้มโอ	5
คุณสมบัติของเปลือกส้มโอ	9
การทำแห้งผลิตภัณฑ์เพื่อการแปรรูปเปลือกส้มโอผง	20
อายุการเก็บรักษา	21
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
วัตถุประสงค์	28
เครื่องมือและอุปกรณ์	28
สารเคมี	33
สถานที่ดำเนินการ	35
วิธีการดำเนินงาน	
วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกชั้นในส้มโอ	36
ศึกษาการลดความขมเปลือกชั้นในส้มโอ	37
ศึกษาการทำแห้งเปลือกชั้นในส้มโอ	39

	หน้า
การตรวจสอบคุณสมบัติของใยอาหารผง	42
ศึกษาอายุการเก็บรักษาของใยอาหารผง	44
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	
องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกชั้นในส้มโอ	45
ผลการลดความขมเปลือกชั้นในส้มโอ	49
ผลการทำแห้งเปลือกชั้นในส้มโอ	54
การตรวจสอบคุณสมบัติของใยอาหารผง	65
ผลของอายุการเก็บรักษาของใยอาหารผง	71
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการวิจัย	72
อภิปรายผล	73
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้	77
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	77
บรรณานุกรม	
บรรณานุกรมภาษาไทย	78
บรรณานุกรมภาษาอังกฤษ	80
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ	
ภาคผนวก ก.1 การวิเคราะห์ค่าสีระบบ Hunter (L, a*, b*)	88
ภาคผนวก ก.2 การวิเคราะห์ค่าปริมาณผลผลิตที่ได้ (%Yield)	89
ภาคผนวก ก.3 วิธีการตรวจสอบลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาคของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกส้มโอผง	90
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี	
ภาคผนวก ข.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Compound)	93
ภาคผนวก ข.2 การตรวจสอบคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity)	94
ภาคผนวก ข.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารลิโมนิน (Limonin)	98

	หน้า
ภาคผนวก ข.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารนารินจิน (Naringin)	108
ภาคผนวก ข.5 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture)	120
ภาคผนวก ข.6 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Protein)	121
ภาคผนวก ข.7 การวิเคราะห์ปริมาณไขมันโดยวิธีซอล์เลต (Fat)	123
ภาคผนวก ข.8 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (Crude fiber)	124
ภาคผนวก ข.9 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber)	126
ภาคผนวก ข.10 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (Soluble dietary fiber)	129
ภาคผนวก ข.11 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Ash)	130
ภาคผนวก ข.12 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)	131
ภาคผนวก ข.13 การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Water activity, a_w)	132
ภาคผนวก ค คุณสมบัติเชิงหน้าที่	
ภาคผนวก ค.1 การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity, WHC)	134
ภาคผนวก ค.2 การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (Oil holding capacity, OHC)	135
ภาคผนวก ค.3 การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำ (Water retention capacity, WRC)	136
ภาคผนวก ค.4 การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการพองตัว (Swelling capacity (SWC)	137
ภาคผนวก ค.5 การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นจำเพาะ (Bulk density)	138
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์	
ภาคผนวก ง.1 การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count)	140
ภาคผนวก ง.2 การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold)	142
ประวัติผู้วิจัย	144

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ลักษณะของสีของเปลือกชั้นในและสีของเนื้อเยื่อส้มโอในแต่ละสายพันธุ์	7
2.2 ลักษณะเปลือกชั้นในพันธุ์ทองดี พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และ พันธุ์ขาวใหญ่	8
2.3 ปริมาณการผลิตส้มโอทั้งประเทศปี พ.ศ. 2550-2552	8
2.4 ปริมาณการค้าส้มโอทั้งประเทศปี พ.ศ. 2550-2552	9
2.5 น้ำหนักของเปลือกชั้นใน (ร้อยละ) ของส้มโอต่างสายพันธุ์	9
2.6 ความหนาของเปลือกชั้นใน (เซ็นติเมตร) ของส้มโอต่างสายพันธุ์	10
2.7 เปรียบเทียบปริมาณเส้นใย (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) เส้นใยอาหารจากเส้นใยอาหารจากพืชชนิดอื่นๆ และผลไม้ตระกูลส้ม	12
2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณลิโมนินกับระดับความขมในผลไม้ตระกูลส้ม	16
2.9 ผลรวมปริมาณลิโมนินและนอมลิน (mg/g,DW) ในเนื้อเยื่อที่แตกต่างกัน	17
2.10 ปริมาณลิโมนิน (ppm) บริเวณเปลือกชั้นในของส้มโอพันธุ์ต่างๆ	17
2.11 ปริมาณนารินจิน (ppm) บริเวณเปลือกชั้นในของส้มโอพันธุ์ต่างๆ	18
4.1 คุณสมบัติทางเคมีของเปลือกชั้นในจากส้มโอพันธุ์ทองดี (สดและแห้ง)	45
4.2 คุณสมบัติทางเคมีของเปลือกชั้นในจากส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง(สดและแห้ง)	46
4.3 คุณสมบัติทางเคมีของเปลือกชั้นในจากส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ (สดและแห้ง)	46
4.4 ผลของกระบวนการลดความขมด้วยสารเคมีต่อปริมาณลิโมนิน (ppm, Dw) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	49
4.5 ผลของกระบวนการลดความขมด้วยสารเคมีต่อปริมาณนารินจิน (ppm, Dw) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	51
4.6 ผลของกระบวนการลดความขมด้วยสารเคมีต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	53
4.7 ปริมาณร้อยละผลผลิตที่ได้จากการผลิตเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอ	55
4.8 ผลของการทำแห้งที่มีต่อค่าสีของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	55
4.9 ผลของการทำแห้งที่มีต่อค่าวอเตอร์แอคติวิตี ความชื้น และค่าความเป็นกรด-ด่างของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	59
4.10 ผลของการทำแห้งที่มีต่อปริมาณลิโมนิน (ppm, Dw) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	60
4.11 ผลของการทำแห้งที่มีต่อปริมาณนารินจิน (ppm, Dw) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	61

ตารางที่	หน้า
4.12 ผลของการทำแห้งที่มีต่อปริมาณใยอาหารของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นใน ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	62
4.13 ผลของการทำแห้งที่มีต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ อุ้มน้ำมัน และการพองตัวของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	63
4.14 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีระหว่างใยอาหารผงแบบแช่ เยือกแข็งและตู้อบลมร้อน 70 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง	65
4.15 เปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงหน้าที่ระหว่างใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็งและ ตู้อบลมร้อน 70 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง กับเซลล์ลูโลสทางการค้า	67
4.16 ผลของอายุการเก็บรักษาของใยอาหารผง	71
ตารางภาคผนวกที่	
ข.1 ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก	94
ข.2 ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารละลายมาตรฐาน Trolox	96
ข.3 ความเข้มข้นต่อพื้นที่ใต้กราฟของสารลิโมนิน	107
ข.4 ความเข้มข้นต่อพื้นที่ใต้กราฟของสารนารินจิน	119

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบและภาพตัดขวางของผลส้มโอ	6
2.2 โครงสร้างทางเคมีของลิโมนิน (Limonin)	16
2.3 โครงสร้างทางเคมีของนารินจิน (Naringin)	18
3.1 การเตรียมเปลือกชั้นใน	36
3.2 ขั้นตอนกระบวนการลดความชื้นจากเปลือกชั้นในส้มโอ	38
3.3 ขั้นตอนกระบวนการทำแห้งและผลิตใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอ	40
3.4 กระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying)	41
3.5 กระบวนการทำแห้งแบบตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray drying)	41
3.6 เครื่องบด	42
3.7 ตะแกรงร่อนอย่างละเอียด (Sieve) ขนาด 100 เมช	42
4.1 ใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง -40 องศาเซลเซียส นาน 14 ชั่วโมง	56
4.2 ใยอาหารจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 5.30 ชั่วโมง	57
4.3 ใยอาหารจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 4.30 ชั่วโมง	57
4.4 ใยอาหารจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 2.00 ชั่วโมง	58
4.5 เซลลูโลสทางการค้า (Carboxy methyl cellulose: CMC)	58
4.6 โครงสร้างของเซลลูโลสทางการค้า ตรวจสอบด้วยเทคนิค SEM	68
4.7 โครงสร้างของใยอาหารจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งผ่านการลดความชื้นด้วยสารละลาย pH 7 และทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ตรวจสอบด้วยเทคนิค SEM	69
4.8 โครงสร้างของใยอาหารจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งผ่านการลดความชื้นด้วยสารละลาย pH 7 และทำแห้งด้วยลมร้อน 70 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง ตรวจสอบด้วยเทคนิค SEM	70
ภาพภาคผนวกที่	
ก.1 เครื่องมือจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	90
ข.1 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก	94
ข.2 กราฟมาตรฐาน Trolox	97
ข.3 เครื่องไฮเพอร์ฟอร์แมนลิควิดโครมาโตกราฟี	98

ภาพภาคผนวกที่	หน้า
ข.4 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานลิโมนีน 15 ppm	100
ข.5 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานลิโมนีน 20 ppm	101
ข.6 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานลิโมนีน 40 ppm	102
ข.7 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานลิโมนีน 60 ppm	103
ข.8 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานลิโมนีน 80 ppm	104
ข.9 โครมาโตแกรมของ Overlay สารมาตรฐานลิโมนีนที่มีระดับความเข้มข้น 15, 20, 40, 60 และ 80 ppm	105
ข.10 ตัวอย่างโครมาโตแกรมของของลิโมนีนที่คงเหลือในเปลือกส้มโอที่ผ่านการลดความขมด้วยสภาวะ pH 7 แช่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำแห้งด้วยแช่เยือกแข็ง	106
ข.11 กราฟมาตรฐานลิโมนีน	107
ข.12 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานนาริงจิน 2 ppm	109
ข.13 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานนาริงจิน 5 ppm	110
ข.14 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานนาริงจิน 10 ppm	111
ข.15 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานนาริงจิน 20 ppm	112
ข.16 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานนาริงจิน 50 ppm	113
ข.17 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานนาริงจิน 100 ppm	114
ข.18 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานนาริงจิน 200 ppm	115
ข.19 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานนาริงจิน 300 ppm	116
ข.20 โครมาโตแกรมของ Overlay สารมาตรฐานลิโมนีนที่มีระดับความเข้มข้น 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 และ 300 ppm	117
ข.21 ตัวอย่างโครมาโตแกรมของของนารินจินที่คงเหลือในเปลือกส้มโอที่ผ่านการลดความ ด้วยสภาวะ pH 7 แช่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำแห้งด้วยแช่เยือกแข็ง	118
ข.22 กราฟมาตรฐานนารินจิน	119