รายงานการวิจัย
เรื่อง

ผลของกระบวนการทำแห้งและสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเชิงหน้าที่ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในของส้มโอ

Effect of Drying Process and Storage Conditions on Chemical Physical and Functional Properties of Dietary fiber powders from Pomelo [*citrus grandis* (l.) osbeck] Albedo

ดร. สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี
นางสาวนเรศ บางศิริ

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
(2558)
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

รายงานการวิจัย
เรื่อง

ผลของกระบวนการทำแห้งและสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเชิงหน้าที่ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในของส้มโอ

Effect of Drying Process and Storage Conditions on Chemical Physical and Functional Properties of Dietary fiber powders from Pomelo [*citrus grandis* (l.) osbeck] Albedo

ดร. สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี
(เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร โรงเรียนการเรือน)
นางสาวนเรศ บางศิริ
(โรงเรียนการเรือน)

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดทุนหนุนจากมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีงบประมาณ 2557)

หัวข้อวิจัย ผลของกระบวนการทำแห้งและสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเชิงหน้าที่ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในของส้มโอ

ผู้ดำเนินการวิจัย ดร. สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี
นางสาวนเรศ บางศิริ

หน่วยงาน หลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร โรงเรียนการเรือน
มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ปี พ.ศ. 2558

เปลือกส้มโอชั้นในเป็นแหล่งเส้นใยและสารต้านอนุมูลอิสระสูงจึงเหมาะในการนำมาผลิตเป็นเส้นใยอาหารผงเพื่อนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งจากการเกษตรและนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะแห้งเป็นผงสะดวกต่อการนำไปใช้ น้ำหนักเบา ง่ายต่อการขนส่งและสามารถเก็บได้นาน ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกระบวนการทำแห้ง 2 วิธี (ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งโดยใช้เครื่อง Freeze Dry ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ชั่วโมง และการทำแห้งแบบความร้อนด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dry) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง) ของการผลิตใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและสภาวะการเก็บรักษา 2 อุณหภูมิ (อุณหภูมิ 28-31 องศาเซลเซียส และ 4-5 องศาเซลเซียส ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติเชิงหน้าที่และจุลินทรีย์ เป็นเวลา 6 เดือน พบว่ากระบวนการทำแห้งทั้ง 2 วิธี และเก็บทั้ง 2 อุณหภูมิ สามารถเก็บได้นาน 6 เดือน โดยมีค่าความสว่าง L เท่ากับ 72.50-80.18 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เท่ากับ 0.39-0.52 ค่าความชื้นร้อยละ 6.61-7.58 ค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 4.27-5.47 สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 0.23-0.44 mg gallic acid/g และความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 69.68-81.20 µM ความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมันของเส้นใยอาหารผงมีค่าลดลง ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ ยีสต์และรา พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานชุมชน (มผช 480/2547)

คำสำคัญ : การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dry), การทำแห้งแบบอบลมร้อน (Tray dry), เปลือกชั้นส้มโอ (Albedo), อายุการเก็บรักษา (Shelf life)

Research Title	Effect of Drying Process and Storage Conditions on Chemical Physical and Functional Properties of Dietary fiber powders from Pomelo [*citrus grandis* (l.) osbeck] Albedo
Researcher	Dr. Suwanna Pichaiyongvongdee Naraet Bangsiri
Research Consultants	Assoc. Prof. Dr**.** Ratiporn Haruenkit
Organization	Department of Food Processing and Technology School of Culinary Arts, Suan Dusit University
Year	2015

The pomelo albedo as a source of the dietary fiber and high antioxidant activity was a suitable for application to pomelo albedo dietary fiber for ingredient in food products. Therefore a value-added application is strongly recommended. The product was a dry powder, easy to use, lightweight, easy to transport and long shelf life. Thus, the objectives of this study were effect of drying process (Freeze drying -40 $^{\circ}$C for 14 hr and Tray drying 70 $^{\circ}$C for 2 hr) and storage conditions (28-31 $^{\circ}$C and 4-5 $^{\circ}$C) on chemical physical and functional properties of dietary fiber powders from pomelo [*citrus grandis* (l.) osbeck] Albedo. The result showed that both of drying process and both of storage condition could storage 6 months. The value of L in the range 72.50-80.18, Aw values in the range 0.39-0.52, a moisture content in the range 6.61-7.58, pH range of 4.27-5.47, total Phenolic content 0.23-0.44 mg gallic acid/g and antioxidant activity (DPPH) were 69.68-81.20 µM. The product had slightly changed of functional properties water holding capacity (WHC) and oil holding capacity (OHC). The microbiological quantity analysis of the product is within standard rang of Thai community product standard.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยเรื่องผลของกระบวนการทำแห้งและสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเชิงหน้าที่ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในของส้มโอได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณจากมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณในการสนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้

ทั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ รศ.ดร. ระติพร หาเรือนกิจ ที่ให้เกียรติเป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำและให้ความรู้อันเป็นประโยชน์แก่งานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จ และสมบูรณ์ นอกจากนี้ขอขอบคุณ ผศ. บุญยกฤต รัตนพันธุ์ ที่ช่วยกลั่นกรองคุณภาพงานวิจัย พร้อมทั้งให้คำแนะนำช่วยเหลือปรับปรุงรายงานให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและห้องปฏิบัติการเคมีและเจ้าหน้าที่เกี่ยวข้องทุกท่าน

คณะผู้วิจัย

พ.ศ. 2558

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	2
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
ส้มโอ	4
คุณสมบัติของเปลือกส้มโอชั้นใน	6
การแปรรูปเปลือกส้มโอผง	8
อายุการเก็บรักษา	9
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	11
วัตถุดิบ	11
เครื่องมือและอุปกรณ์	11
สารเคมี	13
สถานที่ดำเนินการ	13
วิธีการดำเนินงาน	14
ขั้นตอนการลดความขมจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	14
การทำแห้งผงเปลือกชั้นในส้มโอทั้งพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	15
ศึกษาอายุการเก็บเปลือกส้มโอผง	15

หน้า

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 17
ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ 17
ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี 20
ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่ 27
ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์ 30

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 34
สรุปผลการวิจัย 34
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ 35
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 35

บรรณานุกรม 36
บรรณานุกรมภาษาไทย 36
บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ 38

ภาคผนวก 40
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ 41
ภาคผนวก ก.1 การวิเคราะห์ค่าสีระบบ Hunter (L, a* ,b*) 42
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี 43
ภาคผนวก ข.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Total Phenolic Compound) 44
ภาคผนวก ข.2 การตรวจสอบคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) 46
ภาคผนวก ข.3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture) 49
ภาคผนวก ข.4 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 50
ภาคผนวก ข.5 การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Water activity, Aw) 51
ภาคผนวก ค คุณสมบัติเชิงหน้าที่ 52
ภาคผนวก ค.1 การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity, WHC) 53
ภาคผนวก ค.2 การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (Oil holding capacity, OHC) 54
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ 55
ภาคผนวก ง.1 การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) 56
ภาคผนวก ง.2 การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold) 57
ประวัติผู้วิจัย 58

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ค่าสี L ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	18
4.2	ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ค่าสี a* ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	19
4.3	ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ค่าสี b* ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	20
4.4	ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) วอเตอร์แอคติวิตี้ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	21
4.5	ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ความชื้น (ร้อยละ) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	22
4.6	ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ความเป็นกรด-เบสของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	24
4.7	ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (mg gallic acid/g dry basis) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	25
4.8	ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (μM) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	26
4.9	ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ (กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	28
4.10	ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ (กรัมน้ำมันต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	29
4.11	ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	31

หน้า

4.12 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ต่อปริมาณยีสต์และรา (CFU/g) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง 32

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ส่วนประกอบและภาพตัดขวางของผลส้มโอ 5

4.1 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ยวอเตอร์แอคติวิตี้ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง 21

4.2 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ยความชื้น (ร้อยละ) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง 22

4.3 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ยสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (mg gallic acid/g dry basis) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง 25

4.4 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ยคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (μM) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง 27

ภาพภาคผนวกที่

ข-1 ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค 45

ข-2 กราฟมาตรฐาน Trolox 48

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ส้มโอเป็นผลไม้ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในผลไม้ตระกูลส้ม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus grandis* (L.) Osbeck หรือ *Citrus grandis* Linn. หรือ *Citrus maxima* Merr. อยู่ในวงค์ Rutaceae และมีชื่อทางสามัญหลายชื่อเช่น Pummelo, Pomelo, Shaddock และ Barbados เป็นต้น (สมคิด เทียมรัศมี, 2548) ส้มโอมีส่วนประกอบคล้ายส้ม มะนาว เกรฟฟรุต เนื่องจากมีส่วนประกอบของผล 3 ส่วนคือ ส่วนแรกคือ เปลือกชั้นนอก (Flavedo) เป็นส่วนของเปลือกที่มีสีเขียว ส่วนที่สองคือเปลือกชั้นใน (Albedo) มีสีขาวหรือชมพูอ่อนประกอบด้วย Spongy tissue ของเซลล์ Parenchyma ขนาดใหญ่ และส่วนในสุดคือส่วนที่รับประทานได้ มีลักษณะเป็นกลีบ ประกอบด้วยเนื้อเยื่อหรือถุงบรรจุน้ำเป็นจำนวนมากพร้อมด้วยเมล็ด (Ting & Rouseff, 1986) ในขณะที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่รับประทานเพียงส่วนของเนื้อ Pichaiyongvongdee, & Haruenkit (2009a) กล่าวว่า ส้มโอ 1 ลูกจะมีเปลือกส้มโออยู่ประมาณร้อยละ 35-50 โดยน้ำหนัก ปริมาณเปลือกชั้นนอกและชั้นในค่อนข้างมากจะถูกทิ้งไป ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้

ทั้งนี้เปลือกส้มโอมีข้อดีหลายอย่างในด้านคุณค่าทางอาหารได้แก่ เปลือกส้มโอยังมีปริมาณนาริงจินซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มของฟลาโวโนนประมาณ 10065.06-28508.01 ppm (DW) (Pichaiyongvongdee & Haruenkit, 2009b) ต่อมา ปี พ.ศ. 2556 สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี ได้ทำศึกษาปริมาณของสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในเปลือกชั้นในของส้มโอมีค่า 1896.15 μg/g, Dw ส่วนด้านใยอาหารพบว่าเปลือกส้มโอชั้นในมีใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 76.14-83.16 โดยน้ำหนักแห้ง (Pichaiyongvongdee & Rattanapun, 2015) ซึ่งปริมาณเส้นใยทั้งหมดของเปลือกในส้มโอมีค่ามากกว่ากากส้มสีทอง กากส้มสายน้ำผึ้งและกากส้มเขียวหวาน (อภิรักษ์ เพียรมงคล, 2549) สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี และบุณยกฤต รัตนพันธุ์ (2557) ได้กล่าวว่าการทำแห้งเปลือกชั้นในส้มโอด้วยวิธีแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ–40 องศาเซลเซียส นาน 14 ชั่วโมง มีคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และเชิงหน้าที่ดีกว่าการทำแห้งเปลือกชั้นในส้มโอด้วยด้วยตู้อบลมร้อน 70 องศาเซลเซียส นาน 2.00 ชั่วโมง เมื่อทำการส่องกล้องด้วยเทคนิคโครงสร้างระดับจุลภาค (Scanning electron microscopy, SEM) ระหว่างเซลลูโลสทางการค้า (Carboxy methyl cellulose) กับ ใยอาหารผงจากเปลือกส้มโอชั้นใน พบว่าเปลือกส้มโอผงมีโครงสร้างที่ดีกว่าเซลลูโลสทางการค้า เนื่องจากมีพื้นที่ผิวที่หยาบกร้าน และ มีรูพรุน ในขณะที่เซลลูโลสทางการค้ามีพื้นที่ผิวเรียบและโครงสร้างจัดเรียงเป็นระเบียบเป็นแท่ง จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ใยอาหารผงจากเปลือกส้มโอเป็นแหล่งวัตถุดิบหรือนำไปเป็นส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่า ดังนั้นเปลือกส้มโอจึงเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพสูงในการนำมาผลิตเป็นเส้นใยอาหารผงเพื่อนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป เช่น หมูยอ ลูกชิ้น เค็ก คุกกี้ มาล์มาเลต แยม เยลลี และเครื่องดื่ม เป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งจากการเกษตรและนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแห้ง

เป็นผง ทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้ น้ำหนักเบา สะดวกต่อการขนส่งและสามารถเก็บได้นาน แต่เนื่องจาก งานวิจัยเรื่องการผลิตใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในที่ผ่านการลดความขมและศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเชิงหน้าที่ ได้เสนอแนะในเรื่องการเก็บรักษาใยอาหารผงเพิ่มเติม ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาถึงอายุการเก็บรักษาซึ่งปัจจัยที่ทำการศึกษามีอยู่ 2 ปัจจัยคือ คือ ปัจจัยที่ 1 คือกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งโดยใช้เครื่อง Freeze Dry และ ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดโดยใช้เครื่อง Tray dry ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปัจจัยที่ 2 คือ อุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิห้อง 28-31 องศาเซลเซียส และ 4-5 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็นแนวทางในการขยายขนาดการผลิตเป็นระดับอุตสาหกรรมต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของกระบวนการทำแห้งของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติเชิงหน้าที่ และจุลินทรีย์ต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์
2. เพื่อศึกษาสภาวะการเก็บรักษาใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติเชิงหน้าที่ และจุลินทรีย์

ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาถึงกระบวนการทำแห้งของเปลือกส้มโอผงพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง 2 วิธี คือ ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งโดยใช้เครื่อง Freeze Dry ที่อุณหภูมิ–40 องศาเซลเซียส นาน 14 ชั่วโมง และทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทั้ง 2 กระบวนการนำมาบรรจุถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยล์ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 2 ระดับคือ อุณหภูมิห้อง (28-31 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L, a,* b* และ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรดด่าง สารประกอบพอลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงหน้าที่ ได้แก่ ความสามารถในการอุ้มน้ำ และความสามารถในการอุ้มน้ำมันตรวจสอบจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราที่เกิดขึ้นตลอดการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

ใยอาหาร (Dietary fiber)
เปลือกชั้นในส้มโอ (Pumelo albedo)
คุณสมบัติเชิงหน้าที่ (Functional properties)
สภาวะการเก็บรักษา (Storage conditions)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงผลของกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติเชิงหน้าที่ และจุลินทรีย์ต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ของใยอาหารจากเปลือกส้มโอผง
2. ได้ทราบถึงผลของสภาวะการเก็บรักษาใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติเชิงหน้าที่ และจุลินทรีย์
3. ช่วยส่งเสริมการใช้เปลือกส้มโอซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งทางธรรมชาตินำมาเป็นแหล่งผลิตเปลือกส้มโอผง เป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร
4. ได้เป็นแนวทางในการขยายขนาดการผลิตเปลือกส้มโอผงในรูปอุตสาหกรรมต่อไปและช่วยนำผลิตภัณฑ์ไปยังผู้ซื้อต่างสถานที่ โดยที่ยังคงรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์
5. ส่งเสริมการใช้เปลือกส้มโอซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งทางธรรมชาติในท้องถิ่นที่มีการเพาะปลูกส้มโอเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตใยอาหารผงจากเปลือกส้มโอ เป็นการพัฒนาและส่งเสริมชุมชนนั้นๆ นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์และเป็นการพัฒนาประเทศในด้านอาหารเรื่องการนำเข้าใยอาหารผงสำเร็จรูปจากต่างประเทศได้
6. ได้องค์ความรู้ให้เกิดการต่อยอดในเชิงพาณิชย์และมีการประยุกต์ในอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศได้

แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

1. สามารถถ่ายทอดสู่แหล่งท้องถิ่นที่มีการเพาะปลูกส้มโอเพื่อนำเปลือกส้มโอที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งมาผลิตเป็นใยอาหารผงได้ เป็นการได้องค์ความรู้ต่อยอดในเชิงพาณิชย์ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป
2. นำผลการวิจัยที่ได้นำเสนอต่อหน่วยงานทั้งภายนอกและภายในมหาวิทยาลัยที่เกี่ยวข้องในรูปแบบของสูตร และสามารถประยุกต์ใช้กับการบริการวิชาการ รวมถึงการนำไปเผยแพร่ในรูปแบบอื่นๆ เช่น การตีพิมพ์ในวารสาร หรือการนำเสนอในงานประชุม หรือการจัดทำโปสเตอร์ เป็นต้น

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ส้มโอ

ส้มโอ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า [*Citrus grandis* (L.) Osbeck] ชื่อวงศ์ว่า Rutaceae ชื่อสามัญมีหลายชื่อได้แก่ Pomelo, Pummelos และ Shaddock ชื่อพื้นเมืองไทยว่า ส้มโอ (เปรมปรีณ สงขลา, 2527) ประเทศไทยเป็นแหล่งปลูกส้มโอที่สำคัญหลายจังหวัดได้แก่ จังหวัดชุมพร จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย และจังหวัดนครปฐม นอกจากนี้ส้มโอมีหลายพันธุ์ ซึ่งแต่ละพันธุ์จะมีรสชาติและสีแตกต่างกันกันไปตามแหล่งเพาะปลูกแต่มีโครงสร้างที่เหมือนกัน เช่น ส้มโอพันธุ์ทองดี (จังหวัดนครปฐม) ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง (จังหวัดนครปฐม และสมุทรสาคร) ขาวหอม (จังหวัดนครปฐม สมุทรสาคร และราชบุรี) ขาวใหญ่ (จังหวัดนครปฐม สมุทรสาคร และสมุทรสงคราม) ขาวแตงกวา (จังหวัดปัตตานี) ขาวพวง (จังหวัดนครปฐม สมุทรสาคร ราชบุรีและปราจีนบุรี) ขาวแป้น (จังหวัดนครปฐม และราชบุรี) ท่าข่อย (จังหวัดพิจิตร และพิษณุโลก) และหอมหาดใหญ่ (จังหวัดหาดใหญ่) (กรมวิชาการเกษตร, 2545) ส้มโอมีส่วนประกอบคล้ายส้ม ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ เปลือกชั้นนอก (Flavedo) เป็นส่วนของเปลือกที่มีสีเขียวประกอบด้วยเซลล์สารคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ และมีน้ำมันหอมระเหยในบริเวณส่วนนอกของชั้น Epicarp เปลือกชั้นใน (Albedo) มีสีขาวประกอบด้วย Spongy tissue ของเซลล์ parenchyma ขนาดใหญ่ ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยเพคตินและเฮมิเซลลูโลส และ เนื้อเยื่อ (Endocarp) เป็นส่วนที่รับประทานได้ มีลักษณะเป็นกลีบประมาณ 9-13 กลีบต่อผล ภายในกลีบประกอบด้วยเนื้อเยื่อหรือถุงบรรจุน้ำเป็นจำนวนมาก (Ting & Rouseff, 1986) เปลือกชั้นในและเปลือกชั้นนอกเป็นส่วนที่ไม่นิยมรับประทาน ในขณะที่เปลือกส้มโอมีคุณสมบัติและประโยชน์หลายประการ

ส่วนประกอบแต่ละส่วนส้มโอ (Different tissue of Pomelo)

โครงสร้างสำคัญของส้มโอแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ เปลือกชั้นนอก (Flavedo) เปลือกชั้นใน (Albedo) และชั้นในสุดหรือเนื้อเยื่อของผล (Segment menbranes) ซึ่งเป็นส่วนที่นิยมรับประทานและมีถุงน้ำเป็นจำนวนมากหรือที่เรียกว่า Juice sac ดังภาพที่ 2.1 คือ

1. เปลือกชั้นนอกสุด (Exocarp หรือ Flavedo)

เปลือกชั้นนอกสุดมักจะบางกว่าเปลือกชั้นใน สีของเปลือกชั้นนอกมีสีเขียวเหนียว ประกอบด้วยเซลล์ที่มีขนาดเล็กๆ เป็นจำนวนมาก ได้แก่ แคโรทีนอยด์ และ น้ำมันหอมระเหย (Oil gland) อยู่เป็นจำนวนมาก และกระจายอยู่ทั่วไปตามผิวผล ต่อมน้ำมัน เมื่อผลมีขนาดใหญ่ขึ้นจะมีปริมาณต่อมน้ำมันเพิ่มขึ้น เมื่อผลส้มโอสุกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงคือคลอโรพลาสต์มักเปลี่ยนเป็นโครโมพลาสต์ที่เรียกว่าโครมาโตฟอร์ โดยการสร้างสารแคโรทีนอยด์ทำให้สีที่เปลือกชั้นนอกที่มีสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีส้มตามลักษณะสายพันธุ์ต่างๆ

2. เปลือกชั้นกลางหรือเปลือกชั้นใน (Mesocarp หรือ Albedo)

เปลือกชั้นในของส้มโอขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ บางพันธุ์มีสีขาวอมเหลือง บางพันธุ์มีสีชมพู เปลือกชั้นนี้มีทั้งเส้นใยเพคติน สารพวกเมือก วิตามินและเอนไซม์ ความหนาเปลือกชั้นในประมาณ 1-3 เซนติเมตร เมื่อจับหรือกดจะอ่อนนุ่มเหมือนฟองน้ำ ในขณะที่ ส้ม มะนาว เลมอน เปลือกชั้นนอกและชั้นในมีความบางที่ใกล้เคียงกัน

3. เปลือกชั้นในสุดหรือเนื้อเยื่อของผล (Endocarp หรือ Juice sac หรือ segment menbranes)

เนื้อเยื่อของผลถูกเรียงเป็นกลีบของเนื้อส้มโอ มีแกนอยู่ตรงกลางผล หรือไม่มีก็ได้ สีของเนื้อขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ บางสายพันธุ์เนื้อมีสีเหลืองอ่อนสีขาว บางสายพันธุ์เนื้อมีสีชมพูจนถึงสีแดง ใน 1 ผลมีกลีบประมาณ 12-14 กลีบ กลีบแต่ละกลีบจะแยกออกจากกันได้ง่ายโดยไม่ยึดติดกันแน่น เนื้อที่รับประทานมีลักษณะเป็นถุงน้ำที่อัดแน่นเป็นระเบียบ เรียกว่า กุ้ง ภายในกุ้งจะมีน้ำบรรจุอยู่ มีรสหวานเล็กน้อย หรือหวานอมเปรี้ยว ขนาดของเมล็ดส้มโอจะมีขนาดใหญ่กว่าเมล็ดผลไม้ตระกูลส้มอื่นๆ ซึ่งในผลเดียวกันอาจมีเมล็ดหลายขนาด บางสายพันธุ์มีจำนวนเมล็ดมากหรือปานกลาง หรือบางสายพันธุ์ อาจไม่มีเมล็ดเลย สีของเมล็ดมีสีขาวอมเหลือง ผิวเมล็ดมีลักษณะเป็นร่องเล็กๆ โดยจำนวนเมล็ดมักอยู่รวมกันตรงกลางผล ภาพตัดขวางของผลส้มโอ ดังภาพที่ 2.1 (Ting , & Rouseff, 1986; Kale, & Adsule, 1995; Pichaiyongvongdee, & Haruenkit, 2009a)

ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบและภาพตัดขวางของผลส้มโอ
ที่มา: Pichaiyongvongdee, & Haruenkit (2009a)

คุณสมบัติของเปลือกส้มโอชั้นใน

เปลือกส้มโอชั้นใน (Albedo) เป็นเปลือกส้มโอส่วนที่มีสีขาว คือส่วนของเปลือกผลชั้นใน (Mesocarp) มีชื่อเรียกว่า Albedo และส่วนสีเขียวที่อยู่ภายนอกสุด คือ เปลือกผลชั้นนอก มีชื่อเรียกว่า Flavedo

1. ความหนา เนื้อสีขาวหรือสีชมพูที่อยู่ติดกับเปลือกสีเขียวของผลส้มโอ เป็นเนื้อเยื่อของเซลลูโลส มีลักษณะคล้ายฟองน้ำเป็นส่วนที่มีปริมาณเส้นใยสูง ซึ่งความหนาของเปลือกชั้นในกว้างประมาณ 1.45-2.28 เซ็นติเมตร แต่ละพันธุ์มีความกว้างแตกต่างกัน (Pichaiyongvongdee, 2010)

2. ปริมาณน้ำหนัก ใน 1 ผลของส้มโอประกอบด้วย เปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นใน เนื้อเยื่อ เมล็ด และน้ำ ในขณะที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่รับประทานเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งบริเวณเปลือกชั้นในจะมีน้ำหนักประมาณร้อยละ 35-50 โดยน้ำหนักของผลทั้งหมด (Pichaiyongvongdee, & Haruenkit, 2009a) หากทางอุตสาหกรรมอาหารสามารถนำเปลือกส้มโอมาใช้ประโยชน์ในด้านอาหารน่าจะมีประโยชน์มาก

3. ปริมาณความชื้น ชั้นอัลเบโดของผลไม้ตระกูลส้มมีน้ำเป็นองค์ประกอบสูงประมาณร้อยละ 80 ดังนั้น การจะนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารจึงเป็นต้องผ่านกระบวนการทำแห้งหรืออาจทำให้เป็นผง เพื่อให้ปริมาณน้ำคงเหลือประมาณร้อยละ 10 และ Water Activity (Aw) ต่ำกว่า 0.50 ซึ่งเป็นค่าที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Larrauri, 1999)

4. ปริมาณเส้นใยอาหาร ปริมาณเส้นใยอาหารของพืชตระกูลส้มพบมากในส่วนของเปลือกมากกว่าส่วนของเนื้อที่บริโภค (Fernandez-Gines et al., 2004) ซึ่งเส้นใยอาหารในเปลือกส้มโอมีปริมาณถึงร้อยละ 76.14-83.16 โดยน้ำหนักแห้ง (Pichaiyongvongdee, & Rattanapun, 2015) ซึ่งปริมาณเส้นใยทั้งหมดของเปลือกในส้มโอมีค่ามากกว่ากากส้มสีทอง กากส้มสายน้ำผึ้งและกากส้มเขียวหวาน (อภิรักษ์ เพียรมงคล, 2549) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ (Larrauri, 1999) พบว่าเส้นใยอาหารจากพืชตระกูลส้มมีข้อดีกว่าเส้นใยอาหารจากธัญพืช เนื่องจากมีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำ และน้ำมัน และความสามารถในการถูกย่อยในลำไส้สูงกว่า ทั้งยังมีปริมาณกรดไฟติก และแคลอรี่ต่ำอีกด้วย ดังนั้นเปลือกในส้มโอจึงเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพสูงในการนำมาผลิตเป็นเส้นใยอาหารผง

5. รสขม เปลือกชั้นในของส้มโอมีสารที่ให้รสขม คือ นารินจินและลิโมนินเป็นองค์ประกอบ ทำให้เส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้มีรสขม Pichaiyongvongdee, & Haruenkit (2009a) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณลิโมนินบริเวณเปลือกชั้นในมีค่าเท่ากับ 133.58-352.72 ppm และ นาริงจินมีค่าเท่ากับ 10065.06-28508.01 ppm เมื่อเปรียบเทียบความขมเปลือกชั้นในของมะนาวและส้ม พบว่า ผลส้ม Tangerine มีค่าลิโมนิน 39 ppm นาริงจิน 3490 ppm (Kasemsuksakul, 1989) ส่วนมะนาวพันธุ์แป้นมีปริมาณลิโมนิน 15.71 ppm นาริงจิน 470.09 ppm (สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี, 2544)

ดังนั้นการผลิตเส้นใยผงจากเปลือกส้มโอจึงจำเป็นต้องกำจัดหรือลดสารให้รสขมเหล่านี้ให้เหลือน้อยที่สุดก่อนนำไปเสริมในผลิตภัณฑ์อาหาร

การลดความขมเปลือกส้มโอชั้นในและส่วนกากของผลไม้ตระกูลส้ม ได้แก่

1. การใช้โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) หรือเกลือแกง

ศุภวัฒน์ นามคำ (2554) ได้ทำการลดความขมโดยใช้อัตราส่วนเกลือ : เปลือกส้มโอ เท่ากับ 1:0.5 โดยน้ำหนัก นำเปลือกส้มโอที่คั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แช่ในสารละลายเกลือเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดทำการล้างความเค็มของเกลือออก โดยใช้น้ำ 10 ลิตร ล้าง 11 ครั้ง จึงหมดรสเค็มและรสขม

2. สารละลาย pH7

นิธิมา อรรถวานิช และ ปราณี อ่านเปรื่อง (2546) ทำการลดความขมเปลือกส้มเขียวหวานโดยผ่านการลวกไอน้ำเป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นทำแห้งเปลือกส้มเขียวหวานด้วยลมร้อนสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ให้มีความชื้นเหลือน้อยกว่าร้อยละ10 บดให้มีขนาดเล็กกว่า 600 ไมครอน กวนในสารละลาย pH7 เป็นเวลา 30 นาที เป็นวิธีที่สามารถลดความขมในผงเปลือกส้มเขียวหวานได้มากที่สุด

3. สารละลาย pH7 ร่วมกับการใช้เอทานอลร้อยละ 95

บงกชรัตน์ เนาวกูล (2553) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการลดความขมลิโมนินและนารินจินคือ pH7 ด้วย 0.01 N NaOH อุณหภูมิการสกัด 60 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที จากนั้นบดเปียกน้ำที่ความเร็วสูง นาน 1 นาที นำไปต้มน้ำร้อนอุณหภูมิที่ 98 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง หลังครบเวลาบีบน้ำออกและแช่ต่อด้วยสารละลายเอทานอลร้อยละ 95 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำซ้ำ 2 ครั้ง อบแห้งที่ 65 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

4. การใช้แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)

กนกวรรณ โชติเชย และ นภาวรรณ ศรีสุดใจ (2547) นำเปลือกส้มโอมาแช่ในสารละลาย $CaCO_3$ ร้อยละ 3 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ล้างน้ำ ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที (ทำ 2 ซ้ำ) พบว่าสามารถช่วยกำจัดความขมออกจากเปลือกส้มโอได้เนื่องจากความร้อนสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ที่เหนี่ยวนำการเกิดลิโมนินซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดความขมในเปลือกส้มโอ (นิธิมา อรรถวานิช และปราณี อ่านเปรื่อง, 2546)

5. การใช้เอทธีลีน (C_2H_4)

สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี (2544) ได้ทำการลดความขมบริเวณเปลือกส้มโอโดยการบ่มผลส้มโอด้วยเอทธิลีน พบว่าเอทธิลีนที่ความเข้มข้น 200 ppm บ่มผลส้มโอเป็นเวลา 48 ชั่วโมง สามารถลดความขมเปลือกชั้นในถึงร้อยละ 59.16 จากปริมาณลิโมนินเริ่มต้น 423.90 ppm เป็น 173.11 ppm

6. สารต้านอนุมูลอิสระ

พืชตระกูลส้มเป็นพืชที่ประกอบด้วยสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยเฉพาะสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ในเปลือกส้มมีสารฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ช่วยลดการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจตีบและเป็นสารต่อต้านมะเร็งวิตามินซี (Vitamin C) เป็นสาร Antioxidant และกรดแอสคอบิก (Ascorbic acid) ช่วยดูดซับไอออนช่วยในกระบวนการทำงานของกรดอะมิโนและฮอร์โมนซึ่งจะสูญเสียเพียงเล็กน้อย (วันเพ็ญ แสงทองพินิจ, 2551) ต่อมา รุ่งทิวา วงค์ไพศาลฤทธิ์ (2549) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดที่ได้จาก

เปลือกและเมล็ดส้มเขียวหวาน พบว่าสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าสารสกัดจากเมล็ดส้มเขียวหวาน

Bocco et al. (1998) ศึกษาสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดของพืชตระกูลส้มชนิดต่างๆ โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ 2 ชนิดในการสกัด ได้แก่ Methanol และ Acetate พบว่าสารสกัดจากเมล็ดมีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันดีกว่าสารสกัดจากเปลือกนอกจากนี้สายพันธุ์ของพืชตระกูลส้มที่ต่างกันจะให้สารสกัดจากเมล็ดและเปลือกที่มีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันแตกต่างกันด้วย

สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี (2556) ได้ทำการศึกษาถึงปริมาณของสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ในเนื้อเยื่อผลส้มโอ ได้แก่ เปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นใน เนื้อเยื่อ และเมล็ดของส้มโอทั้ง 7 พันธุ์ ที่ปลูกเป็นการค้าใน 5 จังหวัด ได้แก่ พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ทองดี ขาวแป้น ขาวใหญ่ ท่าข่อย ปัตตาวี และขาวแตงกวา พบว่าเปลือกชั้นในมีสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเฉลี่ย 1808.76 μg/g, Dw

การแปรรูปเปลือกส้มโอผง

การแปรรูปเปลือกส้มโอผง คือ การทำให้แห้งหรือการกำจัดน้ำ (Drying) ซึ่งการอบแห้งหมายถึงการใช้ความร้อนหรือความเย็นภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหาร โดยการระเหยน้ำหรือการระเหิดของแข็งในการอบแห้ง วัตถุประสงค์ของการอบแห้ง คือต้องการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารโดยการลดปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (Water activity, Aw) ซึ่งมีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และการทำงานของเอนไซม์โดยทั่วไปอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการอบแห้งจะไม่สูงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ การอบแห้งแบบใช้อุณหภูมิสูงจะมีข้อเสียบางประการ คือ ทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพทางโภชนาการบางประการของอาหารมีข้อดีคือ ค่าใช้จ่ายถูก ซึ่งในผลิตภัณฑ์ส่วนมากจะไม่สามารถลดความชื้นจนมีค่าเท่ากับศูนย์ได้ แต่จะมีความชื้นจำนวนหนึ่งแฝงอยู่ (Hygroscopic materials) (กัญจน์พัชร์ อุปลศิลป์, 2553) ส่วนการแห้งอีกวิธีหนึ่งคือเป็นการทำแห้งแบบใช้อุณหภูมิต่ำคือการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying or lyophilization) เป็นกระบวนการทำแห้งที่ใช้หลักการดึงเอาโมเลกุลของน้ำออกจากอาหาร โดยอาศัยการระเหิดของน้ำจากสภาพของแข็งกลายเป็นไอ อาหารที่ต้องการทำแห้งจะอยู่ในสภาพเยือกแข็ง การระเหิดของน้ำเกิดขึ้นได้เนื่องจากความดันและอุณหภูมิในการทำแห้งที่อยู่ต่ำกว่าจุดวัฏภาคของก๊าซของเหลว และของแข็ง หรือจุด Triple point ของน้ำ หรือสารละลายในอาหาร (Fellows, 2000) ซึ่งการทำแห้งวิธีนี้ สามารถรักษาสี รส และกลิ่นของอาหารเหมือนเดิม คงคุณค่าทางโภชนาการไว้ได้ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ไม่ใช้ความร้อน แต่มีข้อเสียคือค่าใช้จ่ายสูง

ในทางอุตสาหกรรมอาหารการนำเปลือกส้มโอมาผลิตเป็นใยอาหารผงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ดังนั้นการทำให้แห้งหรือการกำจัดน้ำ (Drying) หมายถึง การใช้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหาร โดยการระเหยน้ำหรือการระเหิดของแข็งในการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งและการอบแห้งแบบลมร้อน ทั้ง 2 วิธีมีข้อดีและข้อเสียต่างกันคือการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าแบบอบแห้งแบบลมร้อน แต่อบแห้งแบบลมร้อนใช้ระยะเวลาในการ

ทำแห้งสั้นกว่าแบบแช่เยือกแข็ง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อผลิตภัณฑ์ออกมาในรูปของผง ซึ่งมีข้อดีหลายประการคือ น้ำหนักเบา ขนส่งสะดวก สะดวกในการนำไปใช้ สามารถเก็บได้นาน

อายุการเก็บรักษา

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ผงในที่นี้หมายถึงอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ในภาชนะบรรจุโดยช่วงระยะเวลาของการเก็บรักษาตั้งแต่ผลิตภัณฑ์ผลิตเสร็จ จนกระทั่งผลิตภัณฑ์นั้นอยู่ในสภาพที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ หรือมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางเคมี ทางกายภาพ ทางคุณสมบัติเชิงหน้าที่ และทางจุลินทรีย์ อายุการเก็บรักษาจะมีข้อดีทำให้ทราบเวลาที่เก็บไว้นานเท่าใด ซึ่งมีความสำคัญในทางการค้าและทางกฎหมาย หากคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ตรงกับที่แจ้งไว้ฉลากเมื่อระยะเวลาผ่านไป (อนุวัตร แจ้งชัด, 2533)

ปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาสามารถแบ่งได้เป็น 2 ปัจจัยหลัก ได้แก่

1. ปัจจัยภายใน (Intrinsic factors) ซึ่งเป็นปัจจัยที่แสดงถึงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Water activity, Aw), ค่า pH, ค่า Total acidity, ปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ และแร่ธาตุต่างๆ

2.ปัจจัยภายนอก (Extrinsic **factors)** เช่น การควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษา ลักษณะบรรจุภัณฑ์และการจัดจำหน่าย ปริมาณความชื้นในระหว่างการผลิต การสัมผัสแสงต่างๆในระหว่างการเก็บรักษา เป็นต้น (คงวุฒิ นิรันตสุข, 2549)

คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์

นอกจากนี้ในการเลือกบรรจุภัณฑ์ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ผงให้นานขึ้น ควรคำนึงถึงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารประเภทผง เนื่องจากอาหารผงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความไวต่อความชื้นมาก ควรเลือกบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติดังนี้

1. ความสามารถป้องกันความชื้น ภาชนะบรรจุที่ดีต้องสามารถป้องกันไอน้ำจากสภาวะอากาศรอบๆ ไม่ให้ผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุ เพราะจะทำให้อาหารชื้นเกาะกันเป็นก้อน ซึ่งจะทำให้เกิดรา และทำให้ปฏิกิริยาเคมีภายในอาหารเกิดเร็วขึ้น เช่น การเหม็นหืน การเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เป็นต้น

2. ความสามารถป้องกันอากาศ ภาชนะบรรจุที่ดีจะต้องสามารถป้องกันก๊าซออกซิเจน จากสภาวะอากาศรอบๆ ผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุ ภายในอาหารแห้งปฏิกิริยาเคมียังดำเนินไปช้าๆ ทำให้สี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัสของอาหารเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นถ้าในภาชนะบรรจุมีก๊าซออกซิเจนอยู่ปฏิกิริยาเคมีในอาหารแห้งจะเกิดได้เร็วขึ้นและอายุการเก็บรักษาของอาหารนั้นจะสั้นลง นอกจากนั้นอาหารบางชนิดมีส่วนประกอบของไขมันอยู่จะทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนเกิดการเหม็นหืนได้

3. ความทนทานต่อการกดหรือเสียดสี ภาชนะบรรจุที่ดีต้องทนทานต่อการกดหรือเสียดสีได้ดี ทั้งนี้เนื่องจากเนื้ออาหารแห้งมักแข็ง เปราะ แตกง่าย และมีส่วนแหลมคมสามารถทิ่มแทงภาชนะบรรจุได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วันเพ็ญ มีสมญา และคณะ (2546) ได้ทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ใยอาหารจากถั่วเขียว ข้าวโพด ข้าวกล้อง วุ้นน้ำมะพร้าวสด และสูตรอาหารจากท้องตลาด นำมาบรรจุถุงปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิ 4, 18 และ 30 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิแต่ละอุณหภูมิที่เก็บไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น ลักษณะปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม และสามารเก็บได้เป็นระยะเวลา 6 เดือนโดยที่ยังปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์

ศุภมาศ กลิ่นขจร และคณะ (2550) เปรียบเทียบสภาวะการเก็บทุเรียนผงในถุงที่แตกต่างคือ ถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยด์ และถุงโพลีเอทีลีน พบว่าถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยด์จะสามารถเก็บรักษาสภาพทุเรียนผงที่ดี ไม่จับตัวกันเป็นก้อน และไม่มีกลิ่นหืน ได้นาน 9 เดือน ในขณะที่ทุเรียนผงที่บรรจุในถุงโพลีเอทีลีนสามารถเก็บได้เพียง 6 เดือน

การันย์ ประทีบแก้วและคณะ (2550) ได้ทำการเก็บรักษาเส้นใยอาหารสดจากเปลือกชั้นในที่อุณหภูมิ-20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน พบว่าคุณสมบัติทางด้านการดูดซับน้ำและน้ำมันไม่เปลี่ยนแปลง และยังปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์

วลัย หุตะโกวิท และคณะ (2551) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำพริกแห้งและเครื่องต้มยำกึ่งสำเร็จรูประหว่างการเก็บรักษา บรรจุพริกแกงไว้ในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ชนิดเคลือบด้วยสารที่ทำให้สามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อน มีความหนา 0.15 มิลลิเมตร บรรจุภายใต้สภาพที่เป็นสุญญากาศแล้วผนึกปิดให้สนิทจากนั้นนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิตู้เย็น (8 องศาเซลเซียส) โดยตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุก 2 เดือน ในด้านเคมี และจุลินทรีย์ คือ ความชื้น วอเทอร์แอคติวิตี้ (Aw) ค่า pH ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์ รา พบว่าสามารถเก็บรักษาพริกแกงแห้ง และเครื่องต้มยำสำเร็จรูปได้มากกว่า 8 เดือน โดยคุณภาพยังไม่เปลี่ยนแปลง

กัญจน์พัชร์ อุปลศิลป์ (2553) ได้ทำการบรรจุใบเตยอบแห้งในถุงพลาสติกแบบธรรมดาที่ไม่มีการไล่สุญญากาศออก และเก็บไว้อุณหภูมิห้อง พบว่า ผลิตภัณฑ์สามารถมีอายุการเก็บได้อย่างน้อย 2 เดือนขึ้นไป โดยที่คุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ยังคงเป็นที่ยอมรับ

เศรษฐการ นุชนิยม (2554) ทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาตำลึงผงเป็นระยะเวลานาน 3 เดือน พบว่าตำลึงผงที่เก็บไว้ในถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยด์ มีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.03 และค่า Aw 0.287 น้อยกว่าเมื่อเก็บในถุงโพลีเอทีลีนคือมีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.15 และ Aw 0.339 และจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ

ส้มโอมีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Citrus Grandis* (L.) Osbeck ส้มโอที่ใช้ในการวิจัยคือพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง (แหล่งเพาะปลูกที่นครชัยศรี จ.นครปฐม) อายุการเก็บเกี่ยว 8 เดือน

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิตใยอาหารผง

1. เครื่องบด (Blender, Model A 327 R7; Moulinex; Écully, France)
2. เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer, model LyoPro 3000, Heto-Holten A/S; Allerød, Denmark)
3. ตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer, Memmert รุ่น 400, Gemmany)
4. อ่างน้ำแบบควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, Memmert, Germany)
5. ตะแกรงร่อนอย่างละเอียด (Sieve) ขนาด 100 เมช
6. เครื่องปิดสุญญากาศ (vacuum pack)

เครื่องมือและอุปกรณ์วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

1. เครื่องวัดค่าสี (Handy Colorimeter, Minolta Camera Co.; Osaka, Japan)

เครื่องมือและอุปกรณ์การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

1. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Total Phenolic Compound)

- เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer, model 1601; Shimadzu Corp.; Kyoto, Japan).
- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A- Switzerland)
- ไมโครปิเปตขนาด 20-100 ไมโครลิตร และ 100-1000 ไมโครลิตร (Brand, Germany)
- เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ยี่ห้อ Beckman/American
- หลอดทดลอง (Test tube)
- ขวดปรับปริมาตร 50, 100 มิลลิลิตร (Volumetric Flask)

2. คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity, DPPH)

- เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer, model 1601; Shimadzu Corp.; Kyoto, Japan).

- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A-Switzerland)
- ไมโครปิเปตขนาด 20-100 ไมโครลิตร และ 100-1000 ไมโครลิตร (Brand, Germany)
- เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ยี่ห้อ Beckman/American
- หลอดทดลอง (Test tube)
- ขวดปรับปริมาตร 50, 100 มิลลิลิตร (Volumetric Flask)

3. ปริมาณความชื้น (Moisture)

- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A-Switzerland)
- ถ้วยอลูมิเนียมมีฝาปิด (Moisture can)
- โถดูดความชื้น (Desiccator) ที่มีสารดูดความชื้นอยู่ภายใน
- ตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า (Hot air oven, Memmert:UM100-UM800, Germany)

4. ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

- เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (Digital pH meter, CG 842; Schott GmbH; Mainz, Germany)

5. ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Water activity, A_w)

- เครื่องวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (A_w Sprint Novasina TH-500 ; Novasina AG; Lachen, Switzerland).
- ตลับพลาสติกใส่ตัวอย่างเพื่อหาค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (A_w box)

เครื่องมือและอุปกรณ์วิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่

1. ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity , WHC)

- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A- Switzerland)
- เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ยี่ห้อ Beckman/American
- หลอดเหวี่ยงแยก (Centrifuge tube)

2. ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (Oil holding capacity , OHC)

- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A-Switzerland)
- เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ยี่ห้อ Beckman/American
- หลอดเหวี่ยงแยก (Centrifuge tube)

เครื่องมือและอุปกรณ์วิเคราะห์จุลินทรีย์

- เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (Balance 2decimals: Model TP2KS, OHAUS, U.S.A)
- เครื่องตีป่นอาหาร (Seward stomacher model BA 7021. Lab Blender, England)
- ตู้บ่มเชื้อ (Memmert model 700 D 06063, Germany)
- เครื่องนับจำนวนจุลินทรีย์ (colony counter)
- Petri disc (Pyrex, United States)
- หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Hirayama model HA-300 MII, Japan)
- เครื่องผสมสารละลายในหลอดทดลอง (Votex mixer model Genie II, USA)
- ปิเปตอัตโนมัติ (Autopipette: Gilson, France)
- อุปกรณ์เครื่องแก้วมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ (Standard glassware: PYREX)

สารเคมี

สารเคมีสำหรับลดความขม

- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH)

สารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

1. **ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด** (Total Phenolic Compound)
   - สารละลาย Folin-Ciocalteu ร้อยละ 10 ในน้ำกลั่น
   - สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 5 ในน้ำกลั่น
   - สารละลายมาตรฐาน gallic acid
   - คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity, DPPH)
   - สารละลาย DPPH (2-Diphenyl-1-1-picrylhydrazl, Sigma- Aldrich (St Louis,USA).
   - เอทานอล (Ethanol, Merck, Germany)
   - สารละลายมาตรฐาน Trolox (Sigma- Aldrich (St Louis,USA)

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

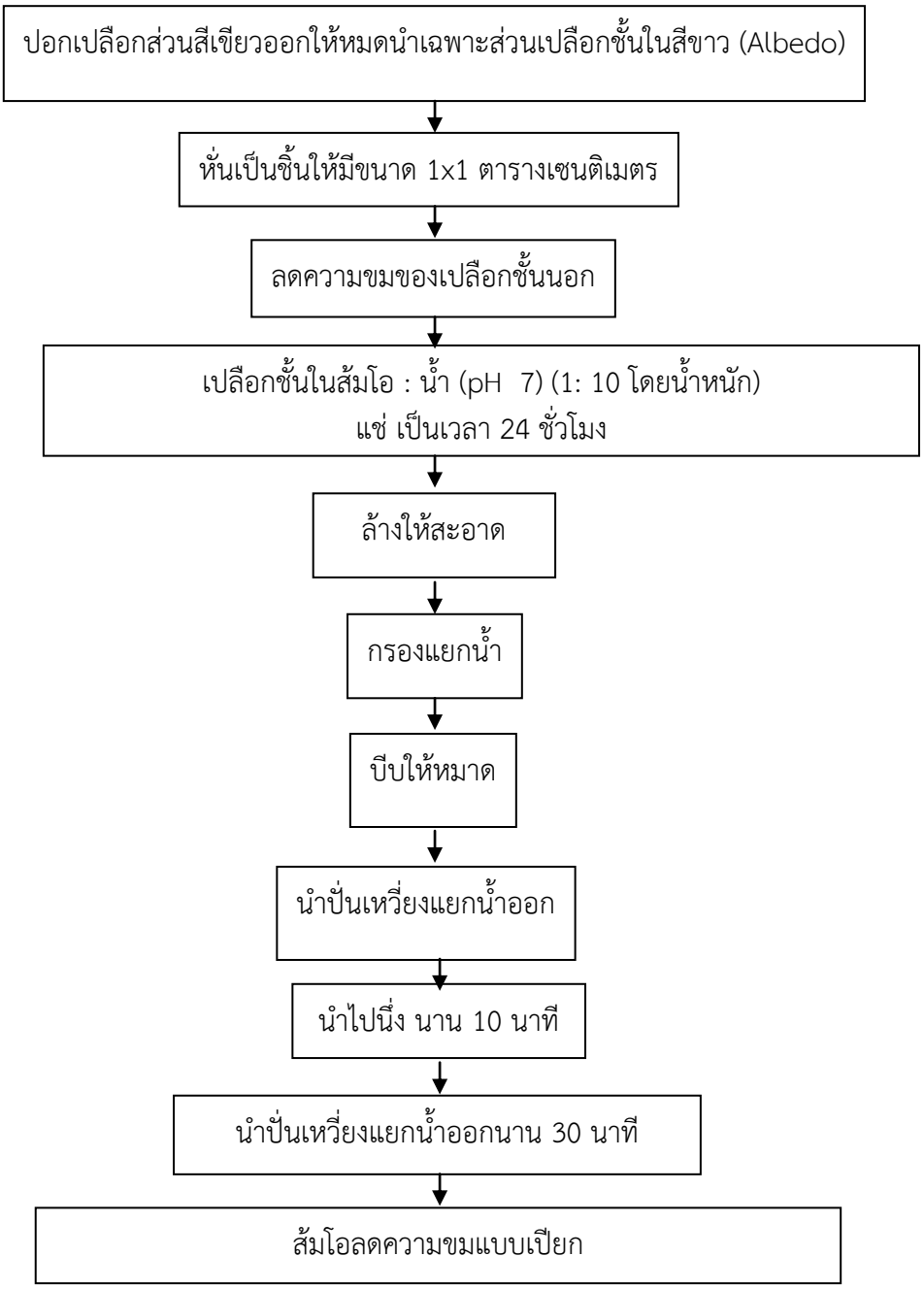
- Plate Count Agar (PCA) (Difco, United States)
- Peptone water (Difco, United States)
- Potato Dextrose Agar (PDA) (Difco, United States)

สถานที่ดำเนินการ

หลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

วิธีการดำเนินงาน

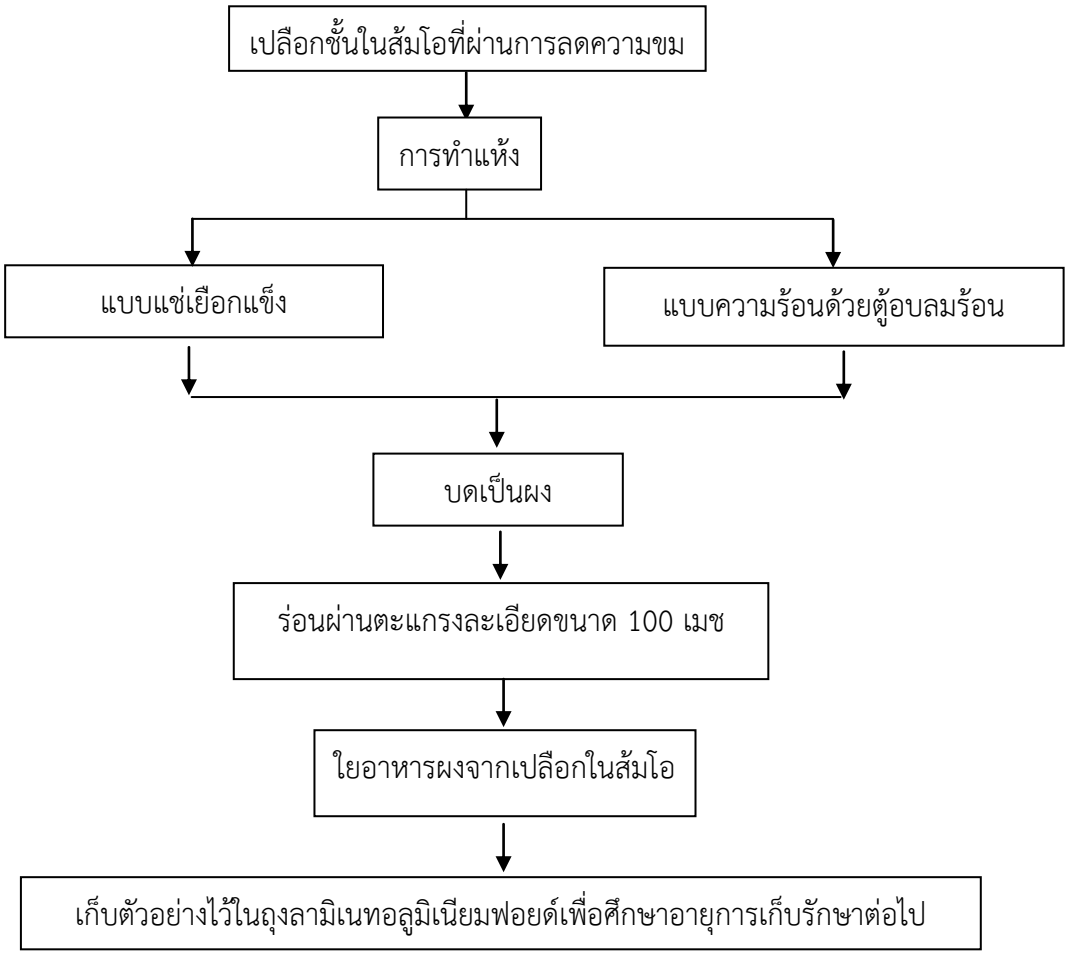
ขั้นตอนการลดความขมจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการลดความขมจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง
ที่มา : สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี และบุณยกฤต รัตนพันธุ์ (2557)

การทำแห้งผงเปลือกชั้นในส้มโอทั้งพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

นำเปลือกชั้นในของส้มโอที่ผ่านการลดความมาทำแห้ง 2 วิธีคือ วิธีที่ 1 ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งโดยใช้เครื่อง Freeze Dry ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ชั่วโมง และวิธีที่ 2 ทำแห้งแบบความร้อนด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการทำแห้งผงเปลือกชั้นในส้มโอทั้งพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง
ที่มา: สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี และ บุณยกฤต รัตนพันธุ์ (2557)

ศึกษาอายุการเก็บเปลือกส้มโอผง

นำส้มโอผงที่ผ่านกระบวนการลดความขม (ภาพที่ 3.1) และการทำแห้งทั้ง 2 วิธี คือวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งโดยใช้เครื่อง Freeze Dry ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ชั่วโมง และวิธีการทำแห้งแบบความร้อนด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็น

เวลา 2 ชั่วโมง (ภาพที่ 3.2) บรรจุในถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยล์ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 2 ระดับคือ อุณหภูมิห้อง (28-31 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส จากนั้นสุ่มตรวจตัวอย่างทั้งด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์เป็นเวลา 6 เดือน โดยมีการจัดสิ่งการทดลองแบบ Factorial in CRD (Factorial in Completely Randomized Design) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

1 คุณสมบัติทางกายภาพ

- ค่าสีในระบบ Hunter (L, a* ,b*) โดยใช้ Handy Colorimeter

2 คุณสมบัติทางเคมี

- ปริมาณความชื้น (AOAC, 2005)
- ค่าวอเตอร์แอคติวิตี ด้วยเครื่อง Novasina, TH-500, Switzerland
- ค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter (CG842;Schott GmbH;Mainz, Germany)
- สารประกอบพอลีฟีนอลทั้งหมด (Singleton et al., 1999)
- การตรวจวัดสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Shyu & Hwang, 2002)

3 คุณสมบัติเชิงหน้าที่

- ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ
  (Water holding capacity; WHC) (ดัดแปลงจาก Ang, 1991a)
- ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน
  (Fat adsorption capacity; FAC) (Ang, 1991b)

4 ปริมาณจุลินทรีย์

- ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM online 2001)
- ปริมาณยีสต์และราทั้งหมด (BAM online 2001)

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทำการศึกษากระบวนการทำแห้งเปลือกส้มโอชั้นใน (Albedo) พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง โดยผ่านการลดความขมจากนั้นนำมาทำแห้งด้วยสภาวะที่ต่างกัน 2 วิธี คือ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งโดยใช้เครื่อง Freeze Dry ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ชั่วโมง และวิธีการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dry) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (ภาพที่ 3.2) หลังจากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดอย่างละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช บรรจุถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยล์ (ALU) เก็บไว้ที่ อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ อุณหภูมิห้อง (28-31 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียล (สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี และบุญยกฤต รัตนพันธุ์, 2557) สุ่มตัวอย่างเป็นเวลา 6 เดือน เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติเชิงหน้าที่ และคุณสมบัติทางจุลินทรีย์ ผลการทดลองดังนี้

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

ค่าสี L

ค่าสี L เป็นค่าแสดงความสว่าง ถ้าค่า L เข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีค่าความสว่างน้อยลงจนเป็นสีคล้ำส่วนถ้าค่า L เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างมีค่าสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีจาง

จากตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาจากสภาวะการทำแห้งพบว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 82.88 มากกว่าการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดซึ่งมีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 74.15 ทั้งนี้เนื่องจากการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดมีการใช้ความร้อน โดยความร้อนที่ใช้ทำให้เส้นใยอาหารผงจากเปลือกส้มโอมีสีคล้ำมากกว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และการใช้ความร้อนสูงทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ คือปฏิกิริยาเมลลาร์ด (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544)

เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลานาน 6 เดือน พบว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส ยังคงค่าความสว่างมากที่สุด (L=80.18) รองลงมาคือ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (L=77.87) การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส (L=73.10) และการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (L=72.50) ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.1 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ค่าสี L ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ระยะเวลา (เดือน)	อบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง		อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด	
	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C
0	$82.88\pm0.04^{a,A}$	$82.88\pm0.04^{a,A}$	$74.15\pm0.07^{a,B}$	$74.15\pm0.07^{a,B}$
3	$82.82\pm0.02^{a,A}$	$82.67\pm0.11^{a,A}$	$74.05\pm0.07^{a,B}$	$73.97\pm0.09^{ab,B}$
4	$79.77\pm0.08^{b,B}$	$81.50\pm0.09^{b,A}$	$73.65\pm0.07^{b,C}$	$73.80\pm0.05^{b,C}$
5	$78.51\pm0.07^{c,B}$	$81.28\pm0.06^{c,A}$	$73.38\pm0.04^{c,C}$	$73.37\pm0.04^{c,C}$
6	$77.87\pm0.06^{d,B}$	$80.18\pm0.10^{d,A}$	$72.50\pm0.14^{d,D}$	$73.10\pm0.10^{d,C}$

หมายเหตุ : a, b, c...ตัวอักษรพิมพ์เล็ก ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

A, B, C...ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

อย่างไรก็ตามแสดงให้เห็นว่าสภาวะการทำแห้งทั้งสองวิธีและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 6 เดือน มีค่าสี L (73.37-80.18) ในขณะที่เส้นใยอาหารทางการค้าที่มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 85.50 (Rosell et al., 2009) อย่างไรก็ตามเส้นใยอาหารผงจากเปลือกส้มโอที่มีคุณภาพดีคือต้องไม่มีสี เส้นใยจากเปลือกส้มโอจึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งจะไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีในผลิตภัณฑ์อาหาร ยกเว้นผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ที่สีของผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจะกลบสีของเส้นใยเปลือกส้มโอ

ค่าสี a*

ค่าสี a* เป็นค่าที่แสดงถึงความเป็นสีแดงและสีเขียว ถ้าค่าสี a เป็นบวกหมายถึง ตัวอย่างเป็นสีแดง ส่วนค่าสี a* เป็นลบ หมายถึง ตัวอย่างเป็นสีเขียว

จากตารางที่ 4.2 เมื่อพิจารณาจากสภาวะการทำแห้งของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอ พบว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีค่าความเป็นสีแดง (a*) เท่ากับ 0.34 ในขณะที่การทำแห้งแบบอบลมร้อน (Tray dryer) มีค่าความเป็นสีแดง (a*) เท่ากับ 1.88 ทั้งนี้เนื่องจากการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนมีการใช้ความร้อนสูง ซึ่งความร้อนที่ใช้ทำให้เส้นใยอาหารผงจากเปลือกส้มโอมีสีคล้ำมากกว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งซึ่งมีความเย็นในการทำแห้ง และเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ คือปฏิกิริยาเมลลาร์ด (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544)

ตารางที่ 4.2 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ค่าสี a* ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ระยะเวลา (เดือน)	อบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง		อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด	
	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C
0	$0.34\pm0.01^{e,B}$	$0.34\pm0.01^{c,B}$	$1.88\pm0.02^{e,A}$	$1.88\pm0.02^{c,A}$
3	$0.47\pm0.01^{d,B}$	$0.43\pm0.04^{b,B}$	$1.97\pm0.12^{d,A}$	$1.96\pm0.10^{c,A}$
4	$0.84\pm0.04^{c,C}$	$0.65\pm0.05^{a,D}$	$2.33\pm0.03^{c,A}$	$2.15\pm0.03^{b,B}$
5	$0.99\pm0.01^{b,C}$	$0.67\pm0.01^{a,D}$	$2.45\pm0.01^{b,A}$	$2.26\pm0.04^{ab,B}$
6	$1.12\pm0.01^{a,C}$	$0.68\pm0.01^{a,D}$	$2.53\pm0.01^{a,A}$	$2.32\pm0.01^{a,B}$

หมายเหตุ : a, b, c...ตัวอักษรพิมพ์เล็ก ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

A, B, C...ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลานาน 6 เดือน พบว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส ยังคงค่าความเป็นสีแดงน้อยที่สุด (a*=0.68) ในขณะที่การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องมีค่าที่แดงเพิ่มขึ้น (a*=1.12) ตามด้วยการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส (a*=2.32) และการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (a*=2.53) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ค่าสี b*

ค่าสี b* เป็นค่าที่แสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน ถ้าค่าสี b* เป็นบวก หมายถึง ตัวอย่างเป็นสีเหลือง ส่วนค่าสี b* เป็นลบ หมาย ถึงตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน

จากตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาจากสภาวะการทำแห้งพบว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เท่ากับ 3.33 ในขณะที่การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนมีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เท่ากับ 6.70 ทั้งนี้เนื่องจากการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนมีการใช้ความร้อน โดยความร้อนที่ใช้ทำให้เส้นใยอาหารผงจากเปลือกส้มโอมีสีเหลืองมากกว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งซึ่งมีความเย็นในการทำแห้ง และการใช้ความร้อนสูงทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ คือปฏิกิริยาเมลลาร์ด (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544)

ตารางที่ 4.3 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ค่าสี b* ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ระยะเวลา (เดือน)	อบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง		อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด	
	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C
0	$3.33\pm0.03^{d,B}$	$3.33\pm0.03^{b,B}$	6.70 ± 0.14^{cA}	$6.70\pm0.14^{b,A}$
3	$3.53\pm0.02^{c,B}$	$3.32\pm0.01^{b,B}$	6.75 ± 0.04^{cA}	$6.85\pm0.07^{b,A}$
4	$3.56\pm0.01^{c,B}$	$3.46\pm0.01^{a,B}$	$7.05\pm0.07^{ab,A}$	$7.20\pm0.14^{a,A}$
5	$3.76\pm0.03^{b,B}$	$3.44\pm0.01^{a,C}$	$7.25\pm0.21^{a,A}$	$7.25\pm0.07^{a,A}$
6	$3.90\pm0.02^{a,B}$	$3.46\pm0.01^{a,C}$	$7.35\pm0.21^{a,A}$	$7.35\pm0.07^{a,A}$

หมายเหตุ : a, b, c...ตัวอักษรพิมพ์เล็ก ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

A, B, C...ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการเก็บรักษาของการเปลี่ยนแปลงค่าสี b* พบว่า จากเริ่มต้นจนถึงเดือนที่ 3 ค่า b* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง

เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลานาน 6 เดือน พบว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส ยังคงค่าความเป็นสีเหลืองน้อยที่สุด (b*=3.46) ในขณะที่การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น (b*=3.90) การทำแห้งแบบอบลมร้อนเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส (b*=7.35) และการทำแห้งพบว่าการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (b*=7.35) ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และค่าความชื้น

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (water activity, Aw) และค่าความชื้น (Moisture) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณภาพและการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์อาหารเพราะค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหารจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีหรือมีการเจริญของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเน่าเสีย อาหารที่มีค่าวอเตอร์

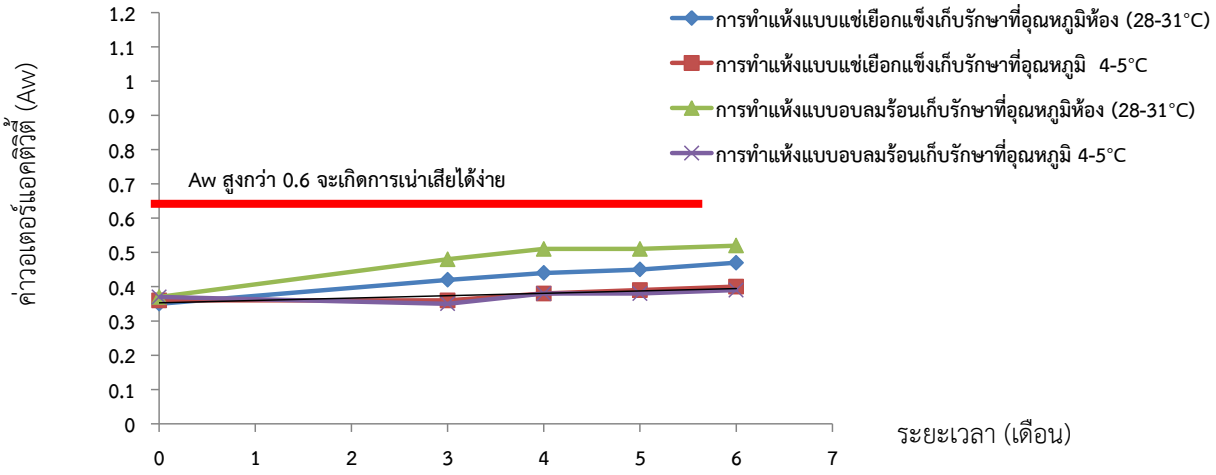
แอคติวิตี้ต่ำกว่า 0.6 จะเกิดการเน่าเสียได้ยาก สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน (ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ และสุดสาย ตรีวานิช, 2552)

ตารางที่ 4.4 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) วอเตอร์แอคติวิตี้ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ระยะเวลา (เดือน)	อบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง		อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด	
	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C
0	$0.35\pm0.00^{d,,A}$	$0.35\pm0.00^{d,A}$	$0.37\pm0.00^{c,B}$	$0.37\pm0.00^{bc,B}$
3	$0.42\pm0.01^{c,B}$	$0.36\pm0.00^{c,C}$	$0.48\pm0.00^{b,A}$	$0.35\pm0.01^{d,C}$
4	$0.44\pm0.00^{b,B}$	$0.38\pm0.01^{bc,C}$	$0.51\pm0.01^{a,A}$	$0.38\pm0.00^{ab,C}$
5	$0.45\pm0.00^{b,B}$	$0.39\pm0.00^{ab,C}$	$0.51\pm0.00^{a,A}$	$0.38\pm0.00^{ab,D}$
6	$0.47\pm0.00^{a,B}$	$0.40\pm0.01^{a,C}$	$0.52\pm0.00^{a,A}$	$0.39\pm0.00^{a,C}$

หมายเหตุ : a, b, c...ตัวอักษรพิมพ์เล็ก ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

A, B, C...ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)



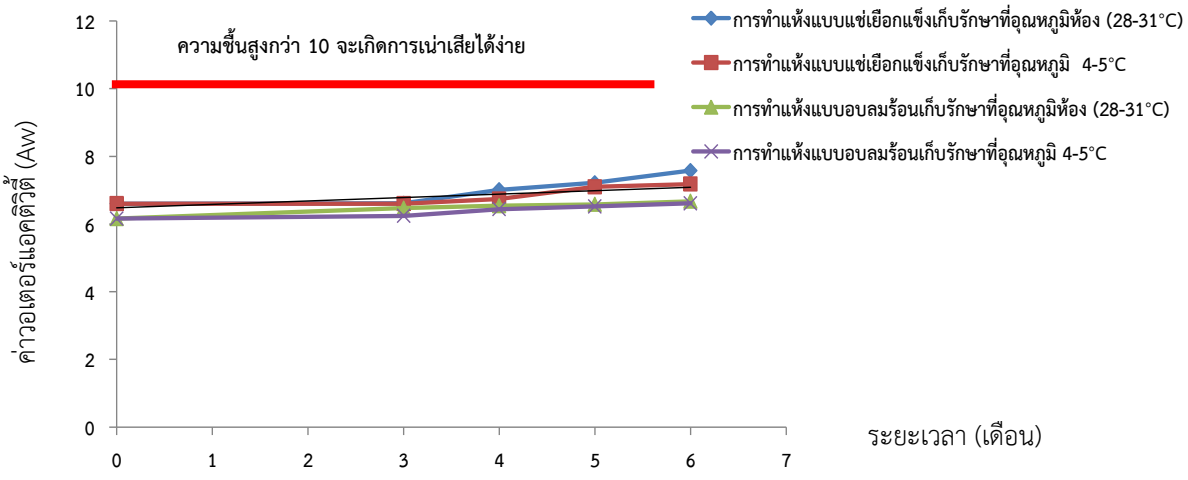
ภาพที่ 4.1 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ยวอเตอร์แอคติวิตี้ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ตารางที่ 4.5 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ความชื้น (ร้อยละ) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ระยะเวลา (เดือน)	อบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง		อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด	
	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C
0	$6.60\pm0.13^{c,A}$	$6.60\pm0.13^{b,A}$	$6.16\pm0.02^{d,B}$	$6.16\pm0.02^{c,B}$
3	$6.61\pm0.01^{c,A}$	$6.60\pm0.00^{b,A}$	$6.47\pm0.08^{c,B}$	$6.24\pm0.03^{c,C}$
4	$7.07\pm0.01^{b,A}$	$6.74\pm0.01^{b,B}$	$6.54\pm0.02^{bc,C}$	$6.44\pm0.03^{b,D}$
5	$7.22\pm0.02^{b,A}$	$7.10\pm0.00^{a,A}$	$6.58\pm0.00^{ab,B}$	$6.52\pm0.02^{ab,B}$
6	$7.58\pm0.00^{a,A}$	$7.18\pm0.08^{a,B}$	$6.67\pm0.01^{a,C}$	$6.61\pm0.10^{a,C}$

หมายเหตุ : a, b, c...ตัวอักษรพิมพ์เล็ก ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

A, B, C...ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)



ภาพที่ 4.2 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ยความชื้น (ร้อยละ) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

จากตารางที่ 4.2-4.3 ภาพที่ 4.1-4.2 เมื่อเก็บรักษาเส้นใยจากเปลือกส้มโอไว้นานถึง 6 เดือน พบว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และค่าความชื้นสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เริ่มต้น ในทุกหน่วยการทดลองมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ไม่เกิน 0.6 การที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีต่ำจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารได้นานขึ้น โดยจุลินทรีย์ทุกชนิดจะหยุดการเจริญเมื่อผลิตภัณฑ์อาหารมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เท่ากับหรือต่ำกว่า 0.6 (Muller, & Heindl, 2006) และ Larrauri (1999) กล่าวว่า ปริมาณความชื้นที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ควรมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10

เมื่อเก็บนานถึง 6 เดือน คือ เส้นใยจากเปลือกส้มผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องมีค่า Aw เท่ากับ 0.47 ความชื้นร้อยละ 8.58 การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส มีค่า Aw เท่ากับ 0.40 ความชื้นร้อยละ 7.18 การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง มีค่า Aw เท่ากับ 0.52 ความชื้นร้อยละ 6.67 และการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสมีค่า Aw เท่ากับ 0.39 ความชื้นร้อยละ 6.61 ตามลำดับ ในทุกหน่วยการทดลองมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ไม่เกิน 0.6 (Muller,& Heindl, 2006) และ Larrauri (1999) กล่าวว่าการที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีต่ำจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารได้นานขึ้น โดยจุลินทรีย์ทุกชนิดจะหยุดการเจริญเมื่อผลิตภัณฑ์อาหารมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เท่ากับหรือต่ำกว่า 0.6 และปริมาณความชื้นที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ควรมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของเศรษฐการ นุชนิยม (2554) ศึกษาอายุการเก็บรักษาตำลึงผงเป็นระยะเวลานาน 3 เดือน พบว่าตำลึงผงที่เก็บไว้ในถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยด์ มีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.032 และ ค่า Aw 0.287 น้อยกว่าเมื่อเก็บในถุงโพลีเอทีลีนคือมีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.15 และ Aw 0.33 และการทดลองของวลัย หุตะโกวิท และคณะ (2551) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำพริกแห้งและเครื่องต้มยำกึ่งสำเร็จรูประหว่างการเก็บรักษาบรรจุพริกแกงไว้ในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ชนิดเคลือบด้วยสารที่ทำให้สามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อน มีความหนา 0.15 มิลลิเมตร บรรจุภายใต้สภาพที่เป็นสุญญากาศแล้วผนึกปิดให้สนิทจากนั้นนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิตู้เย็น (8 องศาเซลเซียส) โดยตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 8 เดือน พบว่าค่าความชื้น วอเทอร์แอคติวิตี้ (Aw) ไม่เปลี่ยนแปลง

ความเป็นกรด-เบส (pH)

ค่า pH เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ทุกชนิดมีค่า pH ในการเจริญเติบโตในอาหารต่าง ๆ ได้แก่ อาหารที่มีสภาพเป็นกรดสูงมีค่า pH น้อยกว่า 4.6 และอาหารที่มีสภาพเป็นกรดต่ำมีค่า pH มากกว่า 4.6 (ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ และ สุดสาย ตรีวานิช, 2552)

จากตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาจากสภาวะการทำแห้งพบว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีค่า pH เท่ากับ 4.20 ต่ำกว่าการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนมีค่า pH เท่ากับ 5.35 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนมีการใช้ความร้อนทำให้ความเป็นกรดสามารถสลายตัวได้ดีกว่าการใช้ความเย็น

ตารางที่ 4.6 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ความเป็นกรด-เบสของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ระยะเวลา (เดือน)	อบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง		อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด	
	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C
0	$4.20\pm0.02^{b,B}$	$4.20\pm0.02^{b,B}$	$5.35\pm0.01^{b,A}$	$5.35\pm0.01^{d,A}$
3	$4.25\pm0.02^{ab,C}$	$4.23\pm0.01^{ab,C}$	$5.39\pm0.01^{c,A}$	$5.37\pm0.02^{b,B}$
4	$4.27\pm0.02^{a,C}$	$4.27\pm0.01^{a,C}$	$5.55\pm0.02^{b,A}$	$5.44\pm0.02^{a,B}$
5	$4.27\pm0.01^{a,C}$	$4.27\pm0.01^{a,C}$	$5.57\pm0.01^{b,A}$	$5.46\pm0.03^{a,B}$
6	$4.27\pm0.02^{a,C}$	$4.28\pm0.02^{a,C}$	$5.67\pm0.01^{a,A}$	$5.47\pm0.01^{a,B}$

หมายเหตุ : a, b, c...ตัวอักษรพิมพ์เล็ก ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

A, B, C...ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลานาน 6 เดือน พบว่าการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส มีค่า pH ใกล้เคียงกันกับการทำแห้งแบบอบลมร้อนเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องคือมีค่า pH เท่ากับ 5.67 และการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส มีค่า pH เท่ากับ 5.47 แต่มีค่า pH ที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ซึ่งค่า pH วัดได้เริ่มเข้าสู่ระยะที่จุลินทรีย์เจริญคือในช่วง 5.5-7.0 (ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ และสุดสาย ตรีวานิช, 2552)

สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

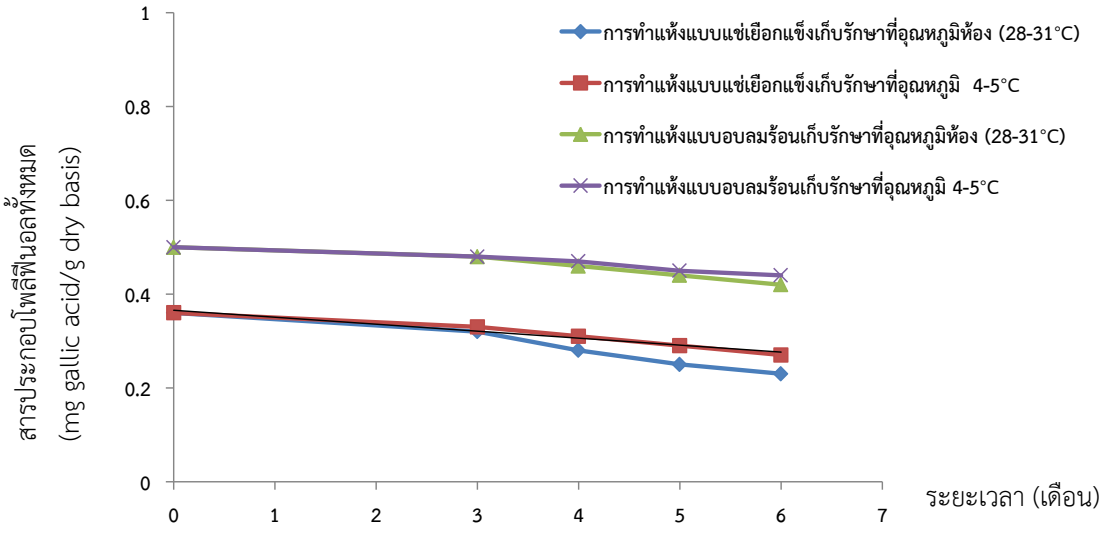
จากผลการทดลองเมื่อนำเปลือกชั้นในส้มโอที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนเพื่อนำมาวัดสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดพบว่าเปลือกชั้นในส้มโอที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนมีสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (0.50 µg/ml) สูงกว่าเปลือกชั้นในส้มโอที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (0.36 µg/ml) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ดังตารางที่ 4.7 ทั้งนี้เนื่องจากสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดจะประกอบด้วยสารฟลาโวนอยด์และสารลิโมนอยด์ที่มีอยู่ในผลไม้ตระกูลส้มซึ่งสารลิโมนอยด์โดยเฉพาะลิโมโนเอริงโตส เมื่อโดนความร้อนจะมีการเปลี่ยนโครงสร้างและมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ความเย็นในการทำแห้งจะไม่ได้กระตุ้นในการเพิ่มสารดังกล่าว

ตารางที่ 4.7 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (mg gallic acid/g dry basis) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ระยะเวลา (เดือน)	อบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง		อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด	
	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C
0	$0.36\pm0.01^{a,B}$	$0.36\pm0.01^{a,B}$	$0.50\pm0.01^{a,.A}$	$0.50\pm0.01^{a,.A}$
3	$0.32\pm0.00^{b,B}$	$0.33\pm0.01^{ab.B}$	$0.48\pm0.01^{b,,A}$	$0.48\pm0.00^{b,A}$
4	$0.28\pm0.01^{c,C}$	$0.31\pm0.01^{bc,B}$	$0.46\pm0.01^{c,A}$	$0.47\pm0.01^{bc,A}$
5	$0.25\pm0.00^{d,C}$	$0.29\pm0.01^{cd,B}$	$0.44\pm0.00^{d,A}$	$0.45\pm0.00^{c,A}$
6	$0.23\pm0.00^{d,C}$	$0.27\pm0.00^{d,B}$	$0.42\pm0.00^{e,A}$	$0.44\pm0.00^{d,A}$

หมายเหตุ : a, b, c...ตัวอักษรพิมพ์เล็ก ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

A, B, C...ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)



ภาพที่ 4.3 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ยสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (mg gallic acid/g dry basis) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

เมื่อทำการเก็บใยอาหารผงเป็นระยะเวลานาน 6 เดือนเปรียบเทียบทั้ง 2 อุณหภูมิ คือ อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส พบว่าสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสยังคงมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมากที่สุดคือ 0.44 mg gallic acid/g dry รองลงมาคือการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (0.42 mg gallic acid/g dry) การทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส (0.27 mg gallic acid/g dry) และ การทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (0.23 mg gallic acid/g dry)

ความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH

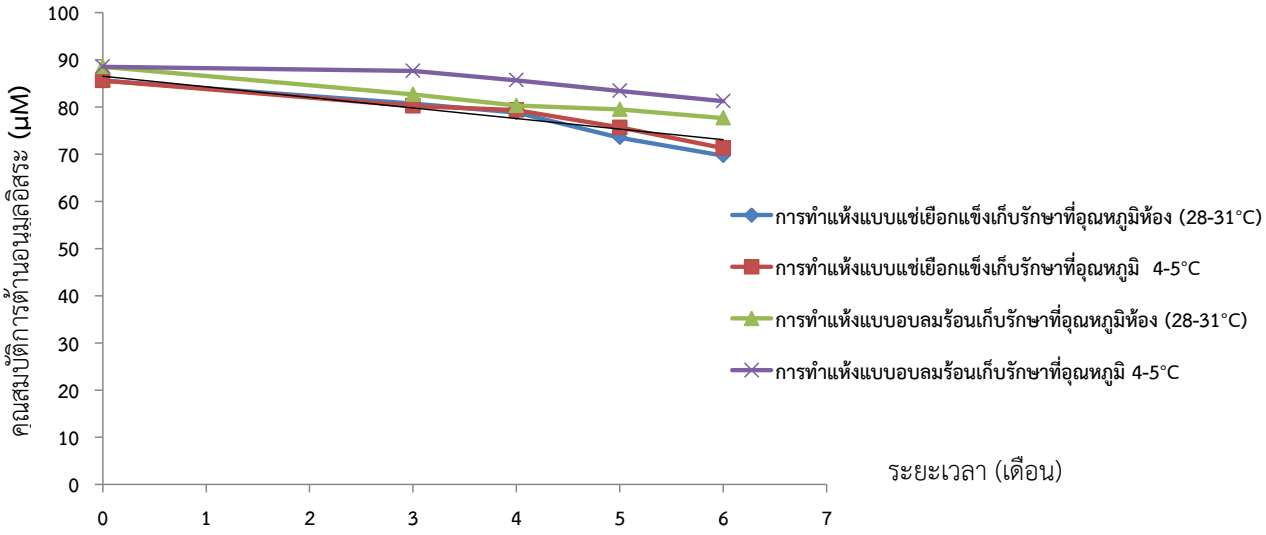
สารต้านอนุมูลอิสระ คือสารที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของอนุมูลอิสระได้สารเหล่านี้จะมีกลไกในการต้านอนุมูลอิสระหลายแบบ บทบาทสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระ คือ การป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นใน ร่างกาย ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันที่เป็น สาเหตุหลักของการเสื่อมคุณภาพในอาหาร

ตารางที่ 4.8 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (μM) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ระยะเวลา (เดือน)	อบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง		อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด	
	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C
0	$85.59 \pm 0.27^{a,B}$	$85.59 \pm 0.27^{a,B}$	$88.52 \pm 0.31^{a,A}$	$88.52 \pm 0.31^{a,A}$
3	$80.73 \pm 0.09^{b,C}$	$80.22 \pm 0.15^{b,C}$	$82.66 \pm 0.80^{b,B}$	$87.62 \pm 0.35^{b,A}$
4	$78.80 \pm 0.16^{c,C}$	$79.34 \pm 0.34^{c,C}$	$80.30 \pm 0.34^{c,B}$	$85.64 \pm 0.15^{c,A}$
5	$73.50 \pm 0.42^{d,D}$	$75.68 \pm 0.22^{d,C}$	$79.47 \pm 0.40^{d,B}$	$83.40 \pm 0.27^{d,A}$
6	$69.68 \pm 0.02^{e,D}$	$71.28 \pm 0.36^{e,C}$	$77.64 \pm 0.32^{e,B}$	$81.20 \pm 0.13^{e,A}$

หมายเหตุ : a, b, c...ตัวอักษรพิมพ์เล็ก ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

A, B, C...ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.4 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ยคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (µM) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

จากภาพที่ 4.4 พบว่ากระบวนการทำแห้งทั้ง 2 วิธีมีผลต่อความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยกระบวนการการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมงจะมีความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH 88.49 µM ในขณะที่ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH 85.59 µM

สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมีปริมาณสูง ความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระก็จะสูงหากสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมีปริมาณน้อย ความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระก็น้อยลงเช่นกัน

เมื่อทำการเก็บใยอาหารผงเป็นระยะเวลานาน 6 เดือนเปรียบเทียบทั้ง 2 อุณหภูมิ คืออุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส พบว่าความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งการทำแห้งใยอาหารผงแบบตู้อบลมร้อนแบบถาดเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสยังคงความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH มากที่สุดคือ 77.64 µM รองลงมาคือการทำแห้งใยอาหารผงแบบตู้อบลมร้อนแบบถาดเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (77.64 µM) การทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส (71.28 µM) และ การทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (69.68 µM) ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่

การผลิตใยอาหารจากเปลือกส้มโอชั้นในสามารถนำมาเติมในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร แต่เมื่อนำมาเติมควรคำนึงถึงคุณสมบัติเชิงหน้าที่ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่เติมลงไปคุณสมบัติที่ต้องพิจารณาได้แก่

ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ

ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity, WHC) คือปริมาณน้ำที่ถูกตรึงไว้ในอาหารโดยไม่มีแรงกระทำภายนอก ซึ่งปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับไว้ตามรูพรุนของเส้นใยเปลือกส้มโอผงด้วยแรงผ่านช่องแคบ สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างน้ำที่ถูกตรึงไว้ต่อน้ำหนักแห้งของตัวอย่างเริ่มต้น

ตารางที่ 4.9 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ (กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ระยะเวลา (เดือน)	อบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง		อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด	
	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C
0	$20.63\pm0.00^{a,A}$	$20.63\pm0.00^{a,A}$	$16.77\pm0.01^{a,B}$	$16.77\pm0.01^{a,B}$
3	$20.47\pm0.01^{b,A}$	$20.62\pm0.00^{a,B}$	$16.55\pm0.01^{a,C}$	$16.74\pm0.01^{a,D}$
4	$17.73\pm0.02^{c,B}$	$19.96\pm0.02^{b,A}$	$15.64\pm0.08^{b,C}$	$15.22\pm0.11^{b,D}$
5	$17.18\pm0.01^{d,B}$	$19.77\pm0.06^{c,A}$	$15.24\pm0.01^{b,C}$	$15.21\pm0.00^{b,C}$
6	$16.11\pm0.04^{e,B}$	$19.10\pm0.13^{d,A}$	$15.11\pm0.04^{b,B}$	$15.09\pm0.08^{b,B}$

หมายเหตุ : a, b, c...ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

A, B, C...ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ผลของระยะเวลาในการเก็บต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอจากตารางที่ 4.9 พบว่า เมื่อเก็บนาน 6 เดือน ความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงมีค่าลดลง ในขณะทีการทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส ยังคงมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากที่สุด (19.10 กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) รองลงมาการทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (16.11 กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (15.11 กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) และ การทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็งเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส (15.09 กรัมน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ การันย์ ประทีบแก้วและคณะ (2550) ได้ทำการเก็บรักษาเส้นใยอาหารสดจากเปลือกชั้นในที่อุณหภูมิ-20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน พบว่าคุณสมบัติทางด้านการดูดซับน้ำและน้ำมันไม่เปลี่ยนแปลง และยังปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์

อย่างไรก็ตามค่าความสามารถในการอุ้มน้ำจากการทดลองยังมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยอาหารผงที่ผลิตจากเปลือกส้มเขียวหวาน กากส้มเขียวหวาน แครอท แกนสับปะรด มะพร้าว และแอปเปิ้ล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.96, 13.36, 13.46, 12.16, 7.11 และ 8.39 กรัมต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ (นิธิมา อรรถวานิช และปราณี อ่านเปรื่อง, 2546; อภิรักษ์ เพียรมงคล, 2549; นพรัตน์ ราชจินดา และสุทธินีย์ อิรนพไพบูลย์, 2551) เส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่า ดังนั้นเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอ จึงมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นอิมัลชั่น (Emulsion) เพื่อลดการแยกตัวของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ และช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร

ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน

คุณสมบัติเชิงหน้าที่อีกประการหนึ่งคือความสามารถในการอุ้มน้ำมันหรือดูดซับน้ำมัน (oil holding capacity, OHC) คือปริมาณน้ำมันที่ถูกตรึงไว้ในอาหารโดยไม่มีแรงกระทำภายนอก ซึ่งปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับไว้ตามรูพรุนของเส้นใยเปลือกส้มโอผงด้วยแรงผ่านช่องแคบสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างน้ำมันที่ถูกตรึงไว้ต่อน้ำหนักแห้งของตัวอย่างเริ่มต้น

ตารางที่ 4.10 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ (กรัมน้ำมันต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ระยะเวลา (เดือน)	อบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง		อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด	
	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C
0	$7.03\pm0.05^{a,A}$	$7.03\pm0.05^{a,A}$	$4.05\pm0.01^{a,B}$	$4.05\pm0.01^{a,B}$
3	$6.77\pm0.00^{a,B}$	$6.85\pm0.00^{b,A}$	$3.84\pm0.02^{b,C}$	$3.85\pm0.03^{b,C}$
4	$6.17\pm0.03^{b,A}$	$6.24\pm0.03^{c,A}$	$3.72\pm0.09^{bc,B}$	$3.47\pm0.08^{c,C}$
5	$5.35\pm0.25^{c,B}$	$6.16\pm0.00^{d,A}$	$3.67\pm0.02^{c,C}$	$3.40\pm0.01^{cd,D}$
6	$5.25\pm0.01^{c,,B}$	$6.11\pm0.01^{d,A}$	$3.50\pm0.10^{d,C}$	$3.35\pm0.02^{d,C}$

หมายเหตุ : a, b, c...ตัวอักษรพิมพ์เล็ก ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

A, B, C...ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ผลของระยะเวลาในการเก็บต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอจากตาราง 4.10 พบว่าเมื่อเก็บนาน 6 เดือน ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเส้นใยอาหารผงมีค่าลดลง ในขณะที่การทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสยังคงมีความสามารถในการอุ้มน้ำมันมากที่สุด (6.11 กรัมน้ำมันต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) รองลงมาการทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (5.25 กรัมน้ำมันต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (3.50 กรัมน้ำมันต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) และ การทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส (3.35 กรัมน้ำมันต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันจากการทดลองยังมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยอาหารผงที่ผลิตจากเปลือกส้มเขียวหวาน กากส้มเขียวหวาน กากส้มสายน้ำผึ้ง กากส้มสีทองมะม่วง และแครอท ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.67, 2.01, 1.77, 1.80, 2.02 และ 1.92 กรัมต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ (นิธิมา อรรถวานิช, 2546; อภิรักษ์ เพียรมงคล, 2549; Chau et al., 2007) ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยอาหารผลจากเปลือกส้มโอที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีความเป็นผงละเอียดมากกว่าเส้นใยอาหารผงที่ได้จากการทำแห้งแบบอบลมร้อน ทำให้ได้เส้นใยอาหารที่มีขนาดอนุภาคเล็ก มีพื้นที่ผิวและปริมาณรูพรุนเพิ่มขึ้น ทั้งยังเกิดการจัดเรียงตัวที่ดีของอนุภาคของเส้นใยอาหาร ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเส้นใยอาหารที่ได้เพิ่มขึ้น (พัชราภรณ์ วชิรศิริ, 2550; Larrauri, 1999)

ดังนั้นเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอ จึงมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นอิมัลชั่น (Emulsion) เพื่อลดการแยกตัวของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ และช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

จากตารางที่ 4.11 เมื่อเก็บเส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนบรรจุในถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยด์และเก็บที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 เดือนเพื่อตรวจปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นเส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีค่า <100 CFU/g ในขณะที่เส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบถาดลมร้อนมีค่า 1.03×10^2 CFU/g เนื่องจากความร้อนในการอบแห้งมีระดับต่ำคือ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จึงทำให้จุลินทรีย์หลงเหลือ ในขณะที่การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งใช้ความเย็นที่อุณหภูมิต่ำ-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ชั่วโมง ความเย็นจะทำลายเซลล์ของจุลินทรีย์และยิ่งใช้เวลานานในการทำแห้ง

ตารางที่ 4.11 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ระยะเวลา (เดือน)	อบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง		อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด	
	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C
0	<100	<100	$1.03x10^2$	$1.03x10^2$
3	$3.52x10^2$	$1.19x10^2$	$3.95x10^2$	$2.05x10^2$
4	$4.15x10^2$	$1.56x10^2$	$5.71x10^2$	$2.25x10^2$
5	$6.06x10^2$	$1.87x10^2$	$7.59x10^2$	$2.78x10^2$
6	$7.22x10^2$	$2.02x10^2$	$9.53x10^2$	$3.58x10^2$

หมายเหตุ : a, b, c...ตัวอักษรพิมพ์เล็ก ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

A, B, C...ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อเก็บเส้นใยเปลือกส้มโอผงที่อุณหภูมิต่างกันที่ คือ เก็บที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือนพบว่าเส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $7.22x10^2$ CFU/g เส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $2.02x10^2$ CFU/g เส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนเก็บที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $9.53x10^2$ CFU/g และเส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดร้อนเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $3.58x10^2$ CFU/g แสดงให้เห็นว่าการเก็บเส้นใยเปลือกส้มโอผงที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มน้อยกว่าเมื่อเก็บจุลินทรีย์ทั้งหมดห้องเนื่องจากอุณหภูมิต่ำสามารถยับยั้งการเกิดจุลินทรีย์ได้ดีกว่า และมีค่า Aw และความชื้น ต่ำกว่า (ตารางที่ 4.2) อย่างไรก็ตามปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นยังไม่เกิน $5.0x10^5$ CFU/g ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานชุมชนสมุนไพรแห้ง (มผช 480/2547) วันเพ็ญ มีสมญา และคณะ (2546) ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ใยอาหารจากถั่วเขียว ข้าวโพด ข้าวกล้อง วุ้นน้ำมะพร้าวสด และสูตรอาหารจากท้องตลาด นำมาบรรจุถุงปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิ 4, 18 และ 30 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิแต่ละอุณหภูมิที่เก็บสามารเก็บได้เป็นระยะเวลา 6 เดือนโดยที่ยังปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ การันย์ ประทีบแก้วและคณะ (2550) ทำการเก็บรักษาเส้นใยอาหารสดจากเปลือกชั้นในที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน พบว่าปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ วลัย หุตะโกวิท และคณะ (2551) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำพริกแห้งและเครื่องต้มยำกึ่งสำเร็จรูประหว่างการเก็บรักษา บรรจุพริกแกงไว้ในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ชนิดเคลือบด้วยสารที่ทำให้สามารถปิด

ผนึกได้ด้วยความร้อน มีความหนา 0.15 มิลลิเมตร บรรจุภายใต้สภาพที่เป็นสุญญากาศแล้วผนึกปิดให้สนิทจากนั้นนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) และอุณหภูมิตู้เย็น (8°C) พบว่าสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน 8 เดือน และเศรษฐการ นุชนิยม (2554) ศึกษาอายุการเก็บรักษาตำลึงผงเป็นระยะเวลานาน 3 เดือน พบว่าตำลึงผงที่เก็บไว้ในถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยด์ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

ปริมาณยีสต์และรา

ตารางที่ 4.12 ผลของกระบวนการอบแห้งและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ต่อปริมาณยีสต์และรา (CFU/g) ของใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ระยะเวลา (เดือน)	อบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง		อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด	
	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-31°C)	เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5°C
0	1.04x10	1.04x10	2.01x10	2.01x10
3	3.34x10	1.12x10	3.89x10	3.54x10
4	4.25x10	1.74x10	4.87x10	3.85x10
5	4.75x10	2.17x10	5.26x10	4.25x10
6	5.90x10	3.06x10	6.21x10	5.12x10

หมายเหตุ : a, b, c...ตัวอักษรพิมพ์เล็ก ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

A, B, C...ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.12 เมื่อเก็บเส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและการทำแห้งแบบถาดบรรจุในถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยด์และเก็บที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 เดือนเพื่อตรวจปริมาณจำนวนยีสต์และรา พบว่าปริมาณจำนวนยีสต์และราเริ่มต้นของเส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีค่า 1.04x10 CFU/g ในขณะที่เส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งตู้อบลมร้อนแบบถาดลมร้อนมีค่า 2.01x10 CFU/g เนื่องจากความร้อนในการอบแห้งมีระดับต่ำคือ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จึงทำให้จำนวนยีสต์และรา หลงเหลืออยู่บ้าง ในขณะที่การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งใช้ความเย็นที่อุณหภูมิต่ำ -40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ชั่วโมง ความเย็นจะทำลายเซลล์ของจุลินทรีย์และยิ่งใช้เวลานานในการทำแห้ง เมื่อเก็บเส้นใยเปลือกส้มโอผงที่อุณหภูมิต่างกันที่ คือ เก็บที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือนพบว่าเส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บที่

อุณหภูมิห้อง มีปริมาณยีสต์และรา 5.90x10 CFU/g เส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสมีปริมาณยีสต์และรา 3.06x10 CFU/g เส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบถาดเก็บที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณยีสต์และรา 6.21x10 CFU/g และเส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบถาดเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสมีปริมาณยีสต์และรา 5.12x10 CFU/g แสดงให้เห็นว่าการเก็บเส้นใยเปลือกส้มโอผงที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสมีปริมาณยีสต์และราที่เพิ่มน้อยกว่าเมื่อเก็บจุลินทรีย์ทั้งหมดห้องเนื่องจากอุณหภูมิต่ำสามารถยับยั้งการเกิดจุลินทรีย์ได้ดีกว่า อย่างไรก็ตามปริมาณยีสต์และราที่เพิ่มขึ้นยังไม่เกิน 100 CFU/g ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานชุมชนสมุนไพรแห้ง (มผช 480/2547)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. สภาวะการทำแห้งพบว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer) มีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 82.88 ค่าสีแดง (a*) เท่ากับ 0.34 และค่าสีเหลือง (b*) เท่ากับ 3.33 ในขณะที่การทำแห้งแบบอบลมร้อน (Tray dryer) มีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 74.15 ค่าสีแดง (a*) เท่ากับ 1.88 และค่าสีเหลือง (b*) เท่ากับ 6.70 เมื่อเก็บเป็นผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลานาน 6 เดือน การทำแห้งพบว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส ยังคงค่าความสว่างมากที่สุด (80.18) ค่าสีแดง (a*) เท่ากับ 0.68 และค่าสีเหลือง (b*) เท่ากับ 3.46

2. เมื่อทำการเก็บเส้นใยอาหารผงจากเปลือกส้มชั้นในทุกหน่วยการทดลองมีปริมาณค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และค่าความชื้นมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ไม่เกิน 0.6 และความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 การที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีและความชื้นต่ำช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารได้นานขึ้น

3. เมื่อทำการเก็บใยอาหารผงเป็นระยะเวลานาน 6 เดือนเปรียบเทียบทั้ง 2 อุณหภูมิ คืออุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส พบว่าสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งการทำแห้งใยอาหารผงแบบถาดลมร้อนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสยังคงมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมากที่สุดคือ 0.44 mg gallic acid/g dry รองลงมาคือ การทำแห้งใยอาหารผงแบบถาดลมร้อนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (0.42 mg gallic acid/g dry) การทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส (0.27 mg gallic acid/g dry) และการทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (0.23 mg gallic acid/g dry) ในขณะที่ความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งการทำแห้งใยอาหารผงแบบถาดลมร้อนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสยังคงความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH มากที่สุดคือ 77.64 µM รองลงมาคือการทำแห้งใยอาหารผงแบบถาดลมร้อนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (77.64 µM) การทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส (71.28 µM) และการทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (69.68 µM) ตามลำดับ

4. ผลของระยะเวลาในการเก็บต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอจากตาราง 4.9 พบว่า เมื่อเก็บนาน 6 เดือน ความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารผงมีค่าลดลง ในขณะที่การทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส ยังคงมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากที่สุด (19.10) รองลงมาการทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (16.11) การทำแห้งใยอาหารผงแบบถาดลมร้อนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (15.11) และ การทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส (15.09) ตามลำดับ ในขณะที่ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเส้นใยอาหารผงมีค่าลดลง ในขณะที่การทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสยังคงมีความสามารถในการอุ้มน้ำมันมากที่สุด (6.11) รองลงมาการทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือก

แข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (5.25) การทำแห้งใยอาหารผงแบบถาดลมร้อนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (3.50) และ การทำแห้งใยอาหารผงแบบแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส (3.35) ตามลำดับ

5. เส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $7.22x10^2$ CFU/g เส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $2.02x10^2$ CFU/g เส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบถาดเก็บที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $9.53x10^2$ CFU/g และเส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบถาดเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $3.58x10^2$ CFU/ อย่างไรก็ตามปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นยังไม่เกิน $5.0x10^5$ CFU/g ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานชุมชนสมุนไพรแห้ง (มผช 480/2547) ในขณะที่ เส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บที่อุณหภูมิห้อง มีปริมาณยีสต์และรา 5.90x10 CFU/g เส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสมีปริมาณยีสต์และรา 3.06x10 CFU/g เส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบถาดเก็บที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณยีสต์และรา 6.21x10 CFU/g และเส้นใยเปลือกส้มโอผงที่ผ่านการทำแห้งแบบถาดเก็บที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียสมีปริมาณยีสต์และรา 5.12x10 CFU/g อย่างไรก็ตามปริมาณยีสต์และราที่เพิ่มขึ้นยังไม่เกิน 100 CFU/g ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานชุมชนสมุนไพรแห้ง (มผช 480/2547)

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. สามารถนำมาใช้ในการต่อยอดในการทำงานวิจัยในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารหรือสาขาที่เกี่ยวข้อง

2. อาจารย์และเจ้าหน้าที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการผลิตเบเกอรี่ สามารถนำไปใช้ในการต่อยอดและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารเพิ่มมากขึ้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. วิจัยครั้งต่อไปควรมีการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ ต่อไป เช่น นำไปทดแทนหรือเสริมในผลิตภัณฑ์เบอร์เกอรี่ คุกกี้ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์นมและไอศกรีมและผลิตภัณฑ์อื่นๆ

2. แนะนำผู้ประกอบการในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆ เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เครื่องดื่ม ลูกอม

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

กนกวรรณ โชติเชย และนภาวรรณ ศรีสุดใจ. (2547). *การใช้อัลบิโดผงจากเปลือกส้มโอเป็นแหล่งใยอาหารในผลิตภัณฑ์เค็กและคุกกี้*. โครงงานพิเศษภาควิชาชีวประยุกต์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

กัญจน์พัชร์ อุปลศิลป์. (2553). *การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ใบเตยอบแห้ง*. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, คณะเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

กรมวิชาการเกษตร. (2545). *เกษตรที่ดีเหมาะสมสำหรับส้มโอ.* กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด,

การันย์ ประทีบแก้ว, นรพงษ์ พิมวัง และ สีรชัย ถือตรง. (2550). *การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเส้นใยสดจากเปลือกชั้นกลาง.* วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ

คงวุฒิ นิรันตสุข. (2549). *การศึกษาการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มะม่วงทอดสุญญากาศ.* วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยศิลปากร กรุงเทพฯ

นิธิมา อรรถวานิช และปราณี อ่านเปรื่อง. (2546). ใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวานและการประยุกต์. *วารสารอาหาร*, 33(1), 45-55.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2544). *หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

นพรัตน์ ราชจินดา และสุทธินีย์ อิรนพไพบูรณ์. (2551). *ผลของชนิดของเส้นใยอาหารผงที่มีต่อคุณภาพของไอศกรีมนมสดเสริมเส้นใยอาหารผง*. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

บงกชรัตน์ เนาวกุล. (2553). *การผลิตเส้นใยอาหารจากเปลือกในส้มโอที่ผ่านการลดความขมและการใช้ประโยชน์ในไอศกรีมนม*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ปรีชา วิบุลย์เศรษฐ์ และสุดสาย ตรีวานิช. (2549). จุลินทรีย์ในอาหาร. หน้า 48-74 ในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เปรมปรี ณ สงขลา. (2527). *ทำสวนส้ม.* กรุงเทพฯ: บริษัทมอนซานโต้ไทยแลนด์ จำกัด.

พัชราภรณ์ วชิรศิริ. (2550). *การสกัดใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้า.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

รุ่งทิวา วงค์ไพศาลฤทธิ์. (2549). *สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดส้มเขียวหวาน.* ปริญญานิพนธ์ โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

วลัย หุตะโกวิท, วาสนา ขวยเขิน, เกศรินทร์ เพ็ชรรัตน์, น้อมจิตต์ สุธีบุตร, เจตนิพัทธ์ บุณยสวัสดิ์ และนพพร สกุลยืนยงสุข. (2551). *การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์พริกแกงแห้ง*

และเครื่องต้มยำกึ่งสำเร็จรูป. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพฯ.

วันเพ็ญ มีสมญา, ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์, เยาวดี คุปตะพันธ์, สร้อยทอง สายหยุดทอง, กรุณา วงษ์กระจ่าง, ธีระ ทองเผือก, สมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม และเพลินใจ ตังคณะกุล. (2546). *ประชุมทางวิชาการเรื่องการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ใยอาหารสูงเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์จากท้องตลาด.* ครั้งที่ 41 วันที่ 3-7 ก.พ. 2546 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ: 388-397.

วันเพ็ญ แสงทองพินิจ. (2551). *การผลิตและคุณสมบัติของใยอาหารจากเปลือกส้มโอเพื่อนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร.* 23-24 ตุลาคม 2553 The 1 St NPRU Academic Conference.

เศรษฐการ นุชนิยม. (2554). การผลิตน้ำตำลึงผงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 19(2), 51-63.

ศุภมาศ กลิ่นขจร, ชุติมา อัศวเสถียร, จิตติมา วรรณแก้ว และภคินี อัครเวสสะพงศ์. (2550). *การวิจัยและพัฒนาการแปรรูปทุเรียนผง ใน รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็ม ปี 2550.* กรุงเทพฯ, 337-347.

ศุภวัฒน์ นามคำ. (2544). *การผลิตและการใช้เส้นใยผงจากเปลือกส้มโอในการทำผลิตภัณฑ์ซ่อม่วงใยอาหารสูงพร้อมบริโภคแช่เยือกแข็ง*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ศิลปศาสตร์มหาบัณฑิต คหกรรมศาสตร์เพื่อพัฒนาชุมชน, มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพฯ.

สมคิด เทียมรัศมี. (2548). *การปลูกส้มโอ.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อักษรสยามการพิมพ์.

สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี. (2544). *การศึกษาปริมาณสารให้ความขมในมะนาวและผลของเอทธิลีนต่อระดับความขม*. ปริญญานิพนธ์ โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี. (2556). *การศึกษาการกระจายตัวของการต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากส่วนต่างๆของส้มโอ 7 สายพันธุ์ [*Citrus maxima *Merr.].* รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ หลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต. กรุงเทพฯ.

สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี และ บุณยกฤต รัตนพันธุ์. (2557). *การผลิตใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในของส้มโอที่ผ่านการลดความขม และศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเชิงหน้าที่.*รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ หลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต. กรุงเทพฯ.

อนุวัตร แจ้งชัด (2533). *การพัฒนาการผลิตอาหารเสริมสำหรับเด็กวัยก่อนเรียนในระดับนำร่องและการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค*. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, กรุงเทพฯ.

อภิรักษ์ เพียรมงคล. (2549). *การศึกษาความเป็นได้ในการผลิตเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน กากส้มสายน้ำผึ้ง กากส้มสีทองและเปลือกในส้มโอ*. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

Ang, J.F. (1991a). Solka-Floc Powdered cellulose–the creative food ingredient. New Hampshire : Jame River Corporation.

Ang, J.F. (1991b). Water retention capacity and viscosity effect of powdered cellulose. *Journal of Food Science*, 56(6), 1682-1684.

AOAC International. (2005). *Official Methods of Analysis*. 18th ed. Gaithersburg, MD, USA.

Bocco, A., Cuvelier, M.E., Richard, H. & Berset, C. (1998). Antioxidant activity and phenilic composition of citrus peel and seed extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(9), 2123-2127.

Fellows, P. (2000). *Food Processing Technology*. Principles and Practice 2nd ed, Woodhead, Cambridge)

Fernandez-Ginés, J.M., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., Sendra, E., & Pérez-Alvarez, J.A. (2004). Lemon albedo as a new source of dietary fiber: Application to bologna sausages. *Meat Science*, 67, 7-13.

Kale, P.N., & Adsule, P.G. 1995. *Citrus.* pp. 3-65. *In* D.K. Salunkhe, & S.S. Kadam. Fruit Science and Technology. New York**:** Marcel Avenue.

Kasemsuksakul, N. (1989). *Effect of fruit Maturity, storage and qualitiy of Tangerine Juice*. M.Sc. thesis. Asia Institute of Tecnology, Bangkok, Thailand.

Larrauri, J.A. (1999). New Approaches in the Preparation of Hjgh Dietary Fiber Powders from Fruit By-products. *Trends in Food Science and Technology*, 10, 3-8.

Muller, J. & Heindl A. (2006). Drying of medicinal plants. *Medicinal and aromatic plants,* 237-252.

Pichaiyongvongdee, S., & Haruenkit, R. (2009a). Comparative Studies of Limonin & Naringin Distribution in Different Parts of Pummelo [Citrus grandis (L.) Osbeck] Cultivars Grown in Thailand. *Kasetsart Journal: Natural journal*, 43 (1), 28–36.

Pichaiyongvongdee, S. & Haruenkit, R. (2009b). Investigation of Limonoids, Flavanones, Total Polyphenol Content & Antioxidant Activity in Seven Thai Pummelo Cultivars. *Kasetsart Journal: Natural journal*, 43(3), 458-466.

Pichaiyongvongdee, S. (2010). *Characterizations of limonoids, Flavanones and Antioxidant Capacity of Pummelo and Effect of Ethylene Treatment on Limonin reduction.* Ph.D. Research of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok. Thailand.

Pichaiyongvongdee, S. & Rattanapun. B**.** (2015). Effect of Chemical Treatments to Reduce the Bitterness and Drying on Chemical Physical and Functional

Properties of Dietary Fiber Pomelo Powder from C*itrus grandis* (L.) Osbeck Albedo. *Kasetsart Journal: Natural journal*, 49(1), 122-132.

Rosell, C.M., Santos, C., & Collar, C. (2009). Physicochemical properties of commercial fibres from different sources: A comparative approach. *Food Research International*, 42, 176–184.

Shyu, Y.S., & Hwang, L.S. (2002). Antioxidant activity of the crude extract of crude extract of lignan glycosides fromunroasted Burma black sesame meal. *Food Research International*, 35, 357–365.

Singleton, V.L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299: 152.

Ting, S.V., & Rouseff, R. L. (1986). Morphology and physiology. *In*: *Citrus fruits and their products* : analysis and technology. pp 1-6. New York: Marcel Dekker.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

ภาคผนวก ก.1

การวิเคราะห์ค่าสีระบบ Hunter (L, a* ,b*)

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องวัดค่าสี Handy Colorimeter (Minolta Camera Co., Osaka, Japan)

วิธีการวัดสี

1. เปิดเครื่องวัดสี Handy Colorimeter
2. ใส่ตัวอย่างเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอในภาชนะให้มีความสูง 1 เซนติเมตรเกลี่ยผิวหน้าตัวอย่างให้เรียบ
3. ใช้หัววัดสีวางทาบลงบนตัวอย่างในแนวตั้งฉากและอ่านค่า แสดงผลการวัดในระบบ L, a ,b

หมายเหตุ

-ค่าสี L หมายถึง ค่าความสว่าง ซึ่งมีค่า 0 ถึง 100

ค่า L มาก แสดงว่าความสว่างมาก

ค่า L น้อย แสดงความสว่างน้อยหรือมีสีคล้ำ

-ค่าสี a หมายถึง ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดงที่อยู่ในตัวอย่าง

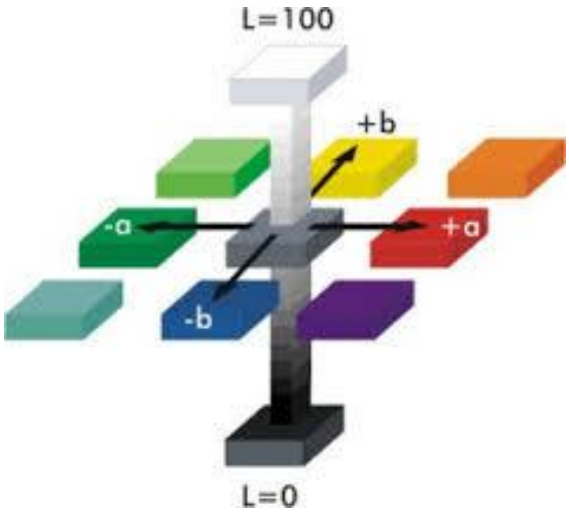
ค่า a เป็น+ หมายถึง ตัวอย่างแสดงความเป็นสีแดง

ค่า a เป็น- หมายถึง ตัวอย่างแสดงความเป็นสีเขียว

-ค่าสี b หมายถึง ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีน้ำเงินและสีเหลืองที่อยู่ในตัวอย่าง

ค่า b เป็น+ หมายถึง ตัวอย่างแสดงความเป็นสีเหลือง

ค่า b เป็น- หมายถึง ตัวอย่างแสดงความเป็นสีน้ำเงิน



ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

ภาคผนวก ข.1
การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Total Phenolic Compound)
โดยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric method
(Shen, et al. (2009)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectophotometer, Model UV-1601 Shimadzu, Japan)
2. เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A- Switzerland)
3. ไมโครปิเปตขนาด 20-100 ไมโครลิตร และ 100-1000 ไมโครลิตร (Brand, Germany)
4. เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ยี่ห้อ Beckman/American
5. หลอดทดลอง (Tube)
6. ขวดปรับปริมาตร 50, 100 มิลลิลิตร (Volumetric Flask)

สารเคมี

1. สารละลาย Folin-Ciocalteu 10 % ในน้ำกลั่น (เก็บไว้ใช้ได้)
2. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 5% ในน้ำกลั่น (เก็บไว้ใช้ได้)
3. สารละลายมาตรฐาน gallic acid

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

1.1 เตรียมสารละลาย gallic acid ความเข้มข้น 100 microgram/ml ปริมาตร 50 ml (ชั่ง gallic acid 0.0050 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ได้ 50 ml)

1.2 เจือจางที่ระดับความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, และ 80 microgram /ml ปริมาตร 5 ml (ใช้น้ำกลั่นที่ความเข้มข้น 0 และ gallic acid (100 microgram /ml) 1.0, 2.0, 3.0 และ 4.0, ml. ตามลำดับ)

1.3 ปรับปริมาตรของสารละลายมาตรฐานด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 5 ml

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด

2.1 สารละลายมาตรฐาน (0-100 microgram/ml) หรือตัวอย่างปริมาตร 0.4 ml

2.2 เติม Folin-Ciocalteu 2 ml. ทิ้งไว้ 4 นาที

2.3 เติมสารละลาย Na_2CO_3 1.6 ml. เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที (สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ความเข้มของสีตามความเข้มข้นของ gallic acid)

2.4 นำสารละลายส่วนใสวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 nm.(ใช้น้ำกลั่นเป็น blank)

2.5 พลอตกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของ gallic acid

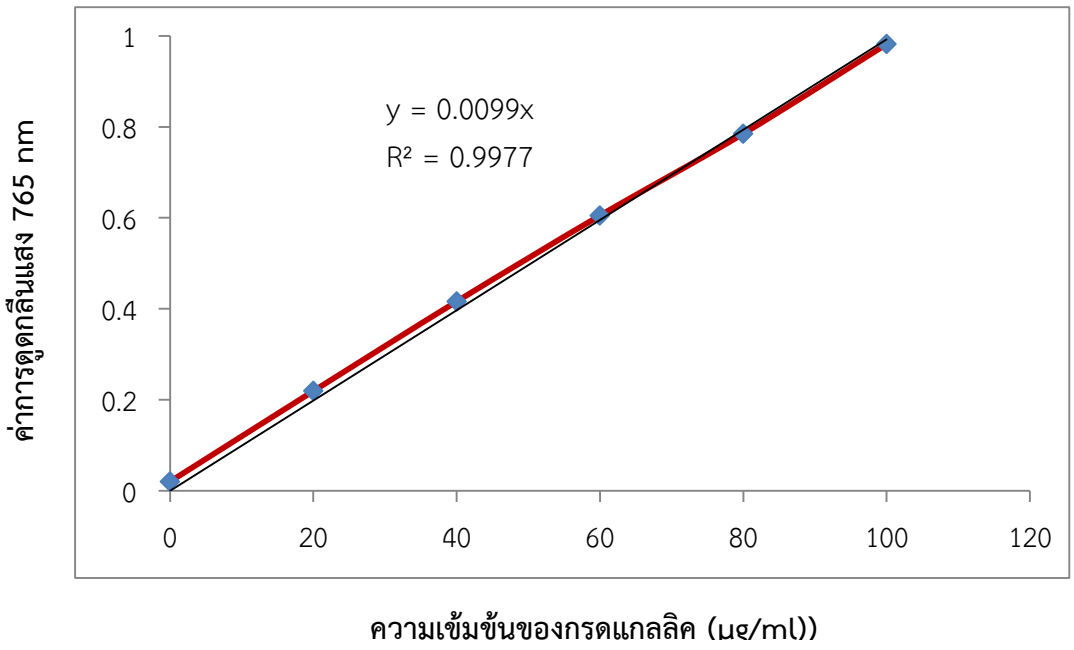
(microgram/ml)

2.6 คำนวณปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่าง

หมายเหตุ: ตัวอย่างที่ใช้วัดค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ค่าการดูดกลืนแสงควรอยู่ในช่วงของสารละลายมาตรฐาน และไม่ควรเกิน 1 จึงจำเป็นต้องเจือจางตัวอย่างให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา

ตารางภาคผนวก ข-1 ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค

ความเข้มข้นของกรดแกลลิค (µg/ml)	ค่าการดูดกลืนแสง 765 nm			ค่าเฉลี่ย±SD
	1	2	3	
0	0.020	0.019	0.020	0.020±0.001
20	0.219	0.220	0.219	0.219±0.001
40	0.416	0.417	0.414	0.416±0.002
60	0.609	0.603	0.602	0.605±0.004
80	0.786	0.804	0.765	0.785±0.020
100	0.980	0.984	0.983	0.982±0.002



ภาพภาคผนวก ข. 1 ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค

ภาคผนวก ข.2

การตรวจสอบคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) โดยวิธี Trolox Equivalent Antioxidant capacity Assay: TEAC โดยใช้ 2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Zigoneanu et al., 2007)

หลักการ การเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Trolox ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และนำมาพลอตกราฟเพื่อศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเทียบกับ Trolox

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectophotometer, Model UV-1601 Shimadzu, Japan)
2. เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A- Switzerland)
3. ไมโครปิเปตขนาด 20-100 ไมโครลิตร และ 100-1000 ไมโครลิตร (Brand, Germany)
4. เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ยี่ห้อ Beckman/American
5. หลอดทดลอง (Tube)
6. ขวดปรับปริมาตร 50, 100 มิลลิลิตร (Volumetric Flask)

สารเคมี

1. สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 200 micromole (µM) (DPPH, MW 394.33 g/mol)

   1 mM=0.394.33 g/1000 ml

   1 mM=0.039433 g/ 100 ml =1000 micromole (µM)

   ต้องการเตรียมความเข้มข้น 200 micromole (µM) ปริมาตร 100 ml น้ำหนัก DPPH ที่ใช้คือ =0.03944/5=0.0079 g

2. เตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 200 micromole (µM) ใน 50% ethanol ปริมาตร 100 ml ดังนี้

   2.1 ชั่ง DPPH 0.0079 g

   2.2 เติม Ethanol 50 ml กวนผสมโดยใช้ Magnetic bar 15 นาที

   2.3 เติมน้ำกลั่น 50 ml กวนโดยใช้ Magnetic bar ต่ออีก 10 นาที

   2.4 สารละลาย DPPH สำหรับการวิเคราะห์ (ควรเตรียมทุกวันก่อนการวิเคราะห์ และเก็บในที่มืด)

3. สารละลายมาตรฐาน Trolox (Trolox, MW=250.29 g/mol)

   1 mM=0.25029 g/1000 ml

   1 mM=0.025029 g/ 100 ml=1000 micromole (µM)

ต้องการเตรียมความเข้มข้น 200 micromole (μM) ปริมาตร 100 ml น้ำหนัก DPPH ที่ใช้

คือ = 0.025029 /5 = 0.0050 g

4. การเตรียมสารละลาย Trolox ความเข้มข้น 200 micromole (μM) ปริมาตร 100 ml ดังนี้

4.1 ชั่ง Trolox 0.0050 g

4.2 เติม 80% methanol และปรับปริมาตรให้ได้ 100 ml

4.3 เจือจางด้วย 80% methanol ที่ความเข้มข้น 0, 10, 20, 30, 40, และ 50 micromole (μM) ปริมาตร 5 ml (ใช้ 80% methanol ที่ความเข้มข้น 0 และ Trolox (200 micromole (μM)) 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, และ1.25 ตามลำดับ)

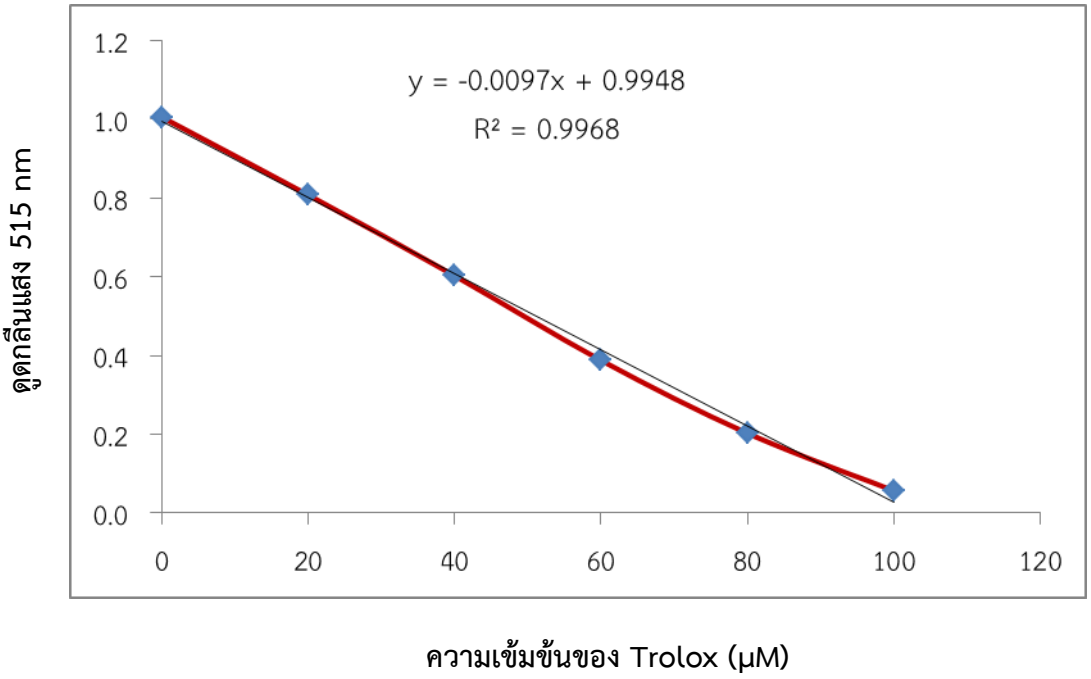
4.4 ปรับปริมาตรของสารละลายมาตรฐานด้วย 80% methanol ให้ได้ปริมาตร 5 ml (4.75, 4.50, 4.25, 4.0 และ 3.75 ตามลำดับ)

การวิเคราะห์

1. สารละลายมาตรฐาน (0-50 micromole (μM)) หรือตัวอย่างปริมาตร 2.0 ml (ทำ3 ซ้ำ)
2. เติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 200 micromole (μM) 2.0 ml เขย่าให้เข้ากัน
3. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที (สารละลายจะมีสีซีดม่วงจางลงตามความเข้มข้นของสารละลาย Trolox)
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 nm.(ใช้น้ำกลั่นเป็น blank)
5. พลอตกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของ Trolox
6. คำนวณความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Trolox

ตารางภาคผนวกที่ ข-2 ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารละลายมาตรฐาน Trolox

ความเข้มข้นของ Trolox (µM)	ค่าการดูดกลืนแสง 515 nm			ค่าเฉลี่ย±SD
	1	2	3	
0	1.011	0.999	1.008	1.006±0.006
20	0.803	0.801	0.819	0.808±0.009
40	0.603	0.605	0.600	0.603±0.002
60	0.390	0.393	0.382	0.388±0.005
80	0.203	0.202	0.204	0.203±0.001
100	0.053	0.058	0.053	0.057±0.003



ภาพภาคผนวก ข.2 กราฟมาตรฐาน Trolox

ภาคผนวก ข.3
การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture)
(AOAC, 2005)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A-Switzerland)
2. ถ้วยอลูมิเนียมมีฝาปิด (Moisture can)
3. โถดูดความชื้น (Desiccator) ที่มีสารดูดความชื้นอยู่ภายใน
4. ตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า (Hot air oven, Memmert:UM100-UM800, Germany)

วิธีวิเคราะห์

1. อบ Moisture can พร้อมฝาปิดในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 180±2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W1)
2. ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักแน่นอน 5 กรัม ใส่ใน Moisture can ที่ผ่านการอบและทราบน้ำหนักแน่นอน (W2)
3. นำ Moisture can ที่ใส่ตัวอย่างแล้วไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส โดยเอาฝาออก อบเป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง
4. นำออกจากตู้อบโดยเปิดฝาทันทีและทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักไว้
5. นำไปอบซ้ำหลายๆครั้งจนได้น้ำหนักคงที่ (W3) ± 0.02-0.05
6. คำนวณปริมาณความชื้นจากสูตร

ปริมาณความชื้นร้อยละโดยน้ำหนัก = $\frac{(W2-W3)}{(W2-W1)}$ x 100

กำหนดให้

W1=น้ำหนักของ Moisture can (กรัม)
W2=น้ำหนักของ Moisture can และตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)
W3=น้ำหนักของ Moisture can และตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

ภาคผนวก ข.4
การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (Digital pH meter, CG 842 Schott, Germany)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง กรณีตัวอย่างสดให้ชั่ง 5 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร กรณีตัวอย่างแห้งให้ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร
2. คนผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที
3. นำไปวัดค่าความเป็นกรดด่างโดยเครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง ซึ่งมีการสอบเทียบกับสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานแล้ว วัดโดยใช้ Glass electrode จุ่มลงในสารตัวอย่าง แช่ไว้ประมาณ 5 วินาที อ่านค่าและบันทึกผล

ภาคผนวก ข.5
การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Water activity, A_w)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. วิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w Sprint Novasina TH-500, Switzerland)
2. ตลับพลาสติกใส่ตัวอย่างเพื่อหาค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w box)

วิธีวิเคราะห์

1. เปิดเครื่องวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี โดยเปิดเครื่องทิ้งไว้ 30 นาทีก่อนการใช้งาน
2. ใส่ตัวอย่างที่บดละเอียดไม่เกินครึ่งหนึ่งของตลับพลาสติกและต้องครอบคลุมพื้นที่ของก้นตลับพลาสติก
3. ทำความสะอาดขอบริมและด้านนอกของตลับพลาสติกให้สะอาด
4. ใส่ตลับพลาสติกลงในช่องใส่ตัวอย่าง ปิดฝาช่องใส่ตัวอย่าง
5. กดปุ่ม สตาร์ทค้างไว้ แล้วรอจนกระทั่งไฟสีเหลืองที่กระพริบ เปลี่ยนมาขึ้นที่คำว่า OK

ภาคผนวก ค
คุณสมบัติเชิงหน้าที่

ภาคผนวก ค.1
การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ
(Water holding capacity , WHC)
(Ang, 1991)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A- Switzerland)
2. เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ยี่ห้อ Beckman/American
3. หลอดเหวี่ยงแยก (Centrifuge tube)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1 กรัม (W1) ใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยง
2. เติมน้ำกลั่นลงไป 20 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที
3. นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงแยก ที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที
4. รินของเหลวออกแล้วชั่งน้ำหนักตะกอนที่เหลือ (W2)
5. คำนวณค่าความสามารในการอุ้มน้ำ จากสูตร

$$\text{ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ} = \frac{W2-W1}{W1}$$

กำหนดให้ W1 = น้ำหนักของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอ (กรัม)
W2 = น้ำหนักตะกอนหลังปั่นเหวี่ยง (กรัม)

ภาคผนวก ค.2
การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน
(Oil holding capacity, OHC)
(Ang, 1991b)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (4 digits electronic analytical balance, Precisa 240-A- Switzerland)
2. เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ยี่ห้อ Beckman/American
3. หลอดเหวี่ยงแยก (Centrifuge tube)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1 กรัม (W1) ใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยง
2. เติมน้ำมันปาล์มลงไป 15 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที
3. นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงแยก ที่ความเร็ว 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที
4. รินของเหลวออกแล้วชั่งน้ำหนักตะกอนที่เหลือ (W2)
5. คำนวณค่าความสามารในการอุ้มน้ำมัน จากสูตร

$$\text{ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน} = \frac{W2-W1}{W1}$$

กำหนดให้

W1 = น้ำหนักของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกในส้มโอ (กรัม)
W2 = น้ำหนักตะกอนหลังปั่นเหวี่ยง (กรัม)

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

ภาคผนวก ง.1
การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count)
(BAM online, 2001)

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ปริมาณ 23.5 กรัมละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1000 มิลลิลิตรนำไปต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายจนหมดจากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

การเตรียมสารละลายสำหรับเจือจาง

ชั่ง Peptone water ปริมาณ 1 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ใช้ในการเจือจางตัวอย่าง

1 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM online 2001)

1.1 ชั่งเปลือกส้มโอมา 10 กรัม เติมสารละลาย 0.1 % Peptone water ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ลงไปเพื่อให้ได้สารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1:10 ตีป่นอาหารโดยใช้ stomacher เป็นเวลา 1 นาที ทำการเจือจางตัวอย่างจนถึง 10^{-4}

1.2 ดูดตัวอย่างที่แต่ละความเข้มข้นปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar ที่ฆ่าเชื้อแล้วความเข้มข้นละ 2 จาน

1.3 ทำการ spread plate จนตัวอย่างซึมลงอาหารเลี้ยงเชื้อ แล้วทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

1.4 นับจำนวนโคโลนีบนจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 25-250 โคโลนี จดบันทึกโคโลนีที่นับได้ทั้งหมด และระดับความเจือจางที่นับได้ คำนวณ และรายงานผลเป็นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่อตัวอย่าง 1 กรัม (CFU/g)

ภาคผนวก ง.2
วิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold)
(BAM online, 2001)

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ปริมาณ 39.0 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1000 มิลลิลิตร นำไปต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายจนหมดจากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ปรับความเป็นกรด-ด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อให้เท่ากับ 3.5 โดยเติมสารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้นร้อยละ10 ลงไป (อาหารเลี้ยงเชื้อ 100 มิลลิลิตรใช้สารละลายทาร์ทาริก 1 มิลลิลิตร)

การเตรียมสารละลายทาร์ทาริก (tartaric acid 10%)

ชั่ง tartaric acid ปริมาณ 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันแล้วนำไปฆ่าเชื้อใน autoclave อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

การตรวจวิเคราะห์ยีสต์และรา (BAM online 2001)

1. ชั่งตัวอย่างมา 10 กรัม เติมสารละลาย 0.1 % Peptone water ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ลงไปเพื่อให้ได้สารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1:10 ตีป่นอาหารโดยใช้ stomacher เป็นเวลา 1 นาที ทำการเจือจางตัวอย่างให้ได้ 1:100 และ 1:1000
2. ดูดตัวอย่างที่แต่ละความเข้มข้นปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้วความเข้มข้นละ 2 จาน
3. ทำการ Pour plate ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar ที่มีการปรับพีเอชด้วย 10 เปอร์เซ็นต์กรดทาร์ทาริก แล้วทิ้งไว้ให้อาหารแข็ง และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 วัน
4. นับจำนวนโคโลนีบนจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 15-150 โคโลนี จดบันทึกโคโลนีที่นับได้ทั้งหมด และระดับความเจือจางที่นับได้ คำนวณและรายงานผลเป็นจำนวนยีสต์และราต่อตัวอย่าง 1 กรัม (CFU/g)

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ-นามสกุล นางสาว สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี

ประวัติการศึกษา Ph.D. (Food Science; Internation Program) Faculty of Agro-Industry King Mongkut's Institute of Technology Ladkabang

วท.ม. (วิทยาศาสตร์การอาหาร) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดบังกระบัง

วทบ (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

ประสบการณ์การทำงาน อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต (2546-2555)

อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร มหาวิทยาลัยสวนดุสิต (2555-ปัจจุบัน)

ผลงานทางวิชาการ

1. **สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี.** (2556). การศึกษาการกระจายตัวของการต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากส่วนต่างๆของส้มโอ 7 สายพันธุ์ [*Citrus maxima* Merr.] รายงานการวิจัยสาขาเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต. กรุงเทพฯ. 51 หน้า.
2. **สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี** และ บุณยกฤต รัตนพันธุ์. (2557). การผลิตใยอาหารผงจากเปลือกชั้นในของส้มโอที่ผ่านการลดความขม และศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเชิงหน้าที่. รายงานการวิจัยสาขาเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต. กรุงเทพฯ. 147 หน้า.
3. พรทวี ธนสัมบัณณ์ และ **สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี.** (2558). พัฒนาน้ำลูกเดือยพร้อมดื่มผสมใบย่านางเข้มข้น. โรงเรียนการเรือน, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต. กรุงเทพฯ.
4. ธีรนุช ฉายศิริโชติ และ **สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี.** (2558). การพัฒนาเต้าหู้นมสดเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอผง. โรงเรียนการเรือน, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต. กรุงเทพฯ. 77 หน้า
5. **Pichaiyongvongdee**, **S.,** & Haruenkit, R. (2009). Comparative Studies of Limonin & Naringin Distribution in Different Parts of Pummelo [Citrus grandis (L.) Osbeck] Cultivars Grown in Thailand. *J. Kasetsart (Nat. Sci.)* 43 (1): 28–36.
6. **Pichaiyongvongdee**, **S.,** & Haruenkit, R. (2009). Investigation of Limonoids, Flavanones, Total Polyphenol Content & Antioxidant Activity in Seven Thai Pummelo Cultivars. *J. Kasetsart (Nat. Sci.)* 43(3): 458-466.

7. **Pichaiyongvongdee**, **S.,** & Haruenkit, R. (2011). Effect of Ethylene Treatments on Limonin Reduction in Thai Pummelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) Fruit. *J. Kasetsart (Nat. Sci.)* 45: 1105–1114.
8. **Pichaiyongvongdee**, S., Rattanapun. B., & Haruenkit, R. (2014). Total Polyphenol Contents and Antioxidant Properties in Different Tissues of Seven Pomelo [*Citrus maxima* Mer.] Cultivars. *J. Kasetsart (Nat. Sci.)*. 48(6): 989-996.
9. **Pichaiyongvongdee, S.** and Rattanapun. B**.** (2015). เรื่อง Effect of Chemical Treatment to Reduce the Bitterness and Drying on Chemical Physical and Functional Properties of Dietary Fiber Pomelo Powder from *Citrus grandis* (l.) osbeck Albedo**.** *J. Kasetsart (Nat. Sci.)* 4 (1): 122-132

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร
สถานที่ทำงานปัจจุบัน หลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เลขที่ 228-228/1-9 ถ.สิรินธรบางบำหรุ บางพลัด กรุงเทพมหานคร 10700 โทร 02-4239435

ประวัติผู้ร่วมโครงการวิจัย

ชื่อ-นามสกุล นางสาวนเรศ บางศิริ

ประวัติการศึกษา วทม. บัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน)
วทบ. สาขาคหกรรมศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ประสบการณ์การทำงาน หัวหน้าห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การอาหาร สังกัด โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ผลงานวิชาการ

1. วิทยานิพนธ์เรื่องสารพฤกษเคมีและผลของสภาวะการเก็บรักษาต่อการเจริญและการสร้างสารพิษเชื้อราของ *Aspergillus flavus* ในข้าวกล้องและข้าวสี
2. เรื่องสารพฤกษเคมี ลักษณะทางด้านกายภาพและคุณภาพจุลินทรีย์ในข้าวกล้องและข้าวสีต่างสายพันธุ์จาก 20 จังหวัดของไทย

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน หัวหน้าห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การอาหาร สังกัด โรงเรียนการเรือน

สถานที่ทำงานปัจจุบัน ศูนย์ฝึกปฏิบัติการอาหาร โรงเรียนการเรือน ศูนย์วิทยาศาสตร์ ถนนสิรินธร มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 228-228/1-3 ถ.สิรินธร เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700 โทรศัพท์ 02-4239436 โทรสาร 02-4239438