



การผลิตและการใช้ตำรองผงเป็นสารเพิ่มความข้นหนืดในน้ำแป้ง
**Production and Uses of Crude Powder from Malva Nut (*Scaphium scaphigerum*)
as Thickening Agent in Batter**

ศิริรัตน์ ปราบปัญจะ
Sirirat Prappancha

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Food Science and Technology
Prince of Songkla University**

2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การผลิตและการใช้ตำรองผงเป็นสารเพิ่มความข้นหนืดในน้ำแป้ง
ผู้เขียน นางสาวศิริรัตน์ ปราบปัญจะ
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณคร)

.....ประธานกรรมการ
(ดร.มุกิตา มีนุ่น)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณคร)

.....
(ดร.วรพงษ์ อัสวเกสมณี)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วุฒิจำนงค์)

.....กรรมการ
(ดร.วรพงษ์ อัสวเกสมณี)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีอาหาร

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ พงศ์ดารา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การผลิตและการใช้สารองผงเป็นสารเพิ่มความข้นหนืดในน้ำแป้ง
ผู้เขียน	นางสาวศิริรัตน์ ปราบปัญจะ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของปัจจัยการผลิตสารองผงในขั้นตอนการสกัดแยกเนื้อสารอง การฟอกสี และวิธีการทำแห้งโดยสกัดแยกเนื้อสารองจากลูกสารองแห้งด้วยอัตราส่วนสารองแห้งต่อน้ำ 1:50 1:75 และ 1:100 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 30 60 และ 80 องศาเซลเซียส และเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่าการสกัดแยกเนื้อสารองด้วยอุณหภูมิสูง และเวลานานมีผลทำให้ปริมาณผลผลิตลดลง โดยที่อัตราส่วนสารองแห้งต่อน้ำไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิต สภาวะการสกัดแยกเนื้อสารองที่เหมาะสมคือการสกัดแยกด้วยอัตราส่วนสารองแห้งต่อน้ำ 1:75 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ได้ปริมาณผลผลิตร้อยละ 53.68 ของน้ำหนักสารองแห้ง การฟอกสีเนื้อสารองด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 2 และ 3 ที่อุณหภูมิ 30 และ 60 องศาเซลเซียส เวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง มีผลทำให้ความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) ของเนื้อสารองเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อุณหภูมิ และเวลาที่เพิ่มมากขึ้น แต่ทำให้ความหนืดของเนื้อสารองลดลง ดังนั้นจึงเลือกสภาวะการฟอกสีที่ให้เนื้อสารองที่มีความหนืดสูง และมีความแตกต่างของสีโดยรวมสูง คือการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และเวลา 2 ชั่วโมง ผลของวิธีการทำแห้งเนื้อสารองด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง แบบลูกกลิ้งหมุน และแบบอบลมร้อน พบว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งซึ่งใช้อุณหภูมิต่ำ (-40 องศาเซลเซียส) ทำให้สารองผงมีความหนืด ค่าสี (L^*) และความสามารถในการดูดซับน้ำสูงกว่าการทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน และแบบอบลมร้อนซึ่งใช้อุณหภูมิสูง แต่เนื่องจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีต้นทุนสูง และใช้เวลาในการผลิตนาน จึงคัดเลือกวิธีทำแห้งแบบอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งมีต้นทุนต่ำ และได้สารองผงที่มีสมบัติใกล้เคียงกับสารองผงจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง การประยุกต์ใช้สารองผงเพื่อเพิ่มความข้นหนืดในน้ำแป้งเพื่อชุบเนื้อไก่ทอด พบว่าการเติมสารองผงส่งผลให้น้ำแป้งมีความหนืด ปริมาณการยึดเกาะ และความสามารถในการรักษาน้ำเพิ่มขึ้น และค่า L^* ลดลง การเติมสารองผง 0.25 และ 0.5 กรัม ช่วยลดปริมาณการใช้แป้งสาลีถึง 10 และ 20 กรัม ตามลำดับ ผลลัพธ์ที่ไก่ทอดปรุงรสชุบแป้งทอดที่ชุบน้ำแป้งสูตรทางการค้า สูตรมาตรฐาน และสูตรทดลองที่เติมสารองผง โดยใช้วิธี Hedonic scale

จำนวนผู้ทดสอบ 30 คน พบว่าผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ที่ชุน้ำ
แป้งสูตรทดลองที่มีการเติมสารองผงในด้านลักษณะปรากฏ สี ความแข็ง รสชาติ และความชอบ
รวม ไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่ชุน้ำแป้งสูตรทางการค้าและสูตรมาตรฐาน แต่คะแนนความชอบ
ในด้านการอมน้ำมันต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ชุน้ำแป้งสูตรทางการค้า และสูตรมาตรฐาน โดยผลิตภัณฑ์
ที่ชุน้ำแป้งสูตรที่เติมสารองผง 0.25 กรัม และลดปริมาณแป้งสาลี 10 กรัม มีคะแนนความชอบใน
ด้านความชอบรวมในระดับชอบปานกลาง ซึ่งสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ชุน้ำแป้งสูตรที่มีการเติมสารอง
ผง 0.50 กรัม

Thesis Title Production and Uses of Crude Powder from Malva Nut (*Scaphium scaphigerum*)
 as Thickening Agent in Batter
Author Sirirat Prappancha
Major Program Food Science and Technology
Academic Year 2011

ABSTRACT

The effect of process parameters (extraction condition, bleaching condition and drying method) on the yield and quality of crude malva nut powder was investigated. Different water extraction conditions (1:50, 1:75 and 1:100 w/w solid: liquid, temperature 30, 60 and 80°C and time 6 and 12 h) affected the yield of crude malva nut extract. The higher temperature and longer extraction time decreased yield of malva nut extract whereas proportions of water did not show significantly effect. Extraction with water at the ratio of 1:75 w/w at 30°C for 6 h was considered as the suitable conditions resulting yield of 53.68 % based on dry weight. The effect of bleaching with hydrogen peroxide (H₂O₂) solution at different concentration (1, 2, 3 % v/v), temperature (30, 60°C) and times (1, 2, 3 h) showed that total color difference (ΔE) of product increased with the increase of concentration, temperature and time but the viscosity decreased. Therefore, bleaching with 1% (v/v) H₂O₂ at 30°C for 2 h was considered as a suitable condition. The bleached crude malva nut extract was further dried under different drying methods (freeze dry, drum dry and hot air dry). It was found that freeze drying of crude malva nut extract resulted in higher viscosity and water holding capacity (WHC) but it took longer time and higher cost than the other methods. Although freeze dryer resulted in superior qualities of malva nut powders than those dried by drum dryer as well as hot air dryer, the suitable condition of hot air drying at 70°C for 12 h was selected with acceptable properties and lower cost. The crude malva nut powder (CMP) was applied to maintain the viscosity of batter for producing fried breaded chicken. It was found that the viscosity, % picking up and water holding capacity were increased while L* of the batter was decreased. It was also found that wheat flour can be decreased by 10 and 20 g when CMP was used only 0.25 and 0.50 g, respectively. Moreover, fried battered and breaded chicken

battered with the commercial formula, standard formula and those two added CMP formulas were subjected to sensory evaluation by 30 panelists using 9 points hedonic scale. Results showed non-significantly difference in sensory rating of appearance, color, hardness, taste and overall liking compared between the samples with (0.25 and 0.50 g CMP) and without (commercial formula and standard formula) adding CMP. However, the sensory rating in oiliness of sample with adding CMP was lower than that sample battered with commercial formula and standard formula. In addition, the sensory rating in overall liking of sample adding with 0.25 g CMP was higher than the sample adding with 0.50 g CMP.

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ.....	(8)
LIST OF TABLES.....	(9)
LIST OF FIGURES.....	(10)
บทที่	
1 บทนำ.....	1
บทนำตั้งเรื่อง.....	1
การตรวจเอกสาร.....	2
วัตถุประสงค์.....	23
2 วิธีการวิจัย.....	24
วัสดุและอุปกรณ์.....	24
วิธีการ.....	25
3 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	31
4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	50
เอกสารอ้างอิง.....	52
ภาคผนวก.....	59
ก.การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี และสมบัติเชิงหน้าที่	60
ข.การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส.....	73
ค.การคำนวณปริมาณผลผลิต และต้นทุนการอบแห้งสำรองผง.....	74
ง.ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ.....	76
ประวัติผู้เขียน.....	86

LIST OF TABLES

Table	Page
1. Chemical composition of dried crude malva nut	4
2. Concentrations and functionality of ingredients used in batter formulations.....	19
3. Formulations of batter.....	29
4. Effect of extraction conditions on yield of extracted crude malva nut	31
5. Effect of bleaching conditions on total color different (ΔE) and viscosity of crude malva nut.....	34
6. Main properties of crude malva nut powder (CMP) by different drying method.....	36
7. Yield and production cost of crude malva nut powder (CMP) by different drying method.....	42
8. Properties of batter containing crude malva nut powder (CMP).....	44
9. Color of batter containing crude malva nut powder (CMP).....	45
10. Properties** of fried batter products.....	46
11. Color of fried batter products.....	47
12. Sensory score* of fried chicken batter product.....	49
A1. ANOVA of crude malva nut yield extracted from different conditions.....	76
A2. ANOVA of total color different (ΔE) and viscosity of crude malva nut bleaching with different conditions.....	77
A3. ANOVA of main properties of crude malva nut powder by different drying methods.....	78
A4. ANOVA of properties of batter and fried chicken batter in batter formula A-H.....	81
A5. ANOVA of shear force and color of fried battered and breaded chicken formula A-H.....	83
A6. ANOVA of sensory score of fried battered and breaded chicken formula A, B, D and H.....	84

LIST OF FIGURES

Figure	Page
1. Dried malva nut.....	3
2. Color of crude malva nut before (A) and after (B) bleaching with 1 % hydrogen peroxide solution at ambient temperature	35
3. Appearance of dried and rehydrated crude malva nut powder by different drying method.....	38
4. Scanning electron micrographs of crude malva nut powder by different drying method	40
5. Fried battered and breaded chicken product with and without using crude malva nut powder (CMP).....	48

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ตำรียง (Malva nut) เป็นพืชพื้นเมืองชนิดหนึ่งที่ใช้เป็นอาหารตั้งแต่สมัยโบราณ มีลักษณะเฉพาะ คือเมื่อนำผลตำรียงแห้งมาแช่น้ำ เยื่อหุ้มเมล็ดสามารถดูดน้ำ และพองออกได้ใหญ่กว่าเดิมเกือบ 10 เท่า มีลักษณะเป็นเจลคล้ายวุ้น นิยมนำเนื้อตำรียงมาใส่ในน้ำเชื่อม เพื่อทำเป็นขนมหวาน มีสรรพคุณเป็นยาเย็น กินแก้อาการร้อนใน ลดไข้ แก้ไอ ขับเสมหะ แก้กระหายน้ำ ทำให้ชุ่มคอ และสดชื่น (สุภาภรณ์ ปิติพร, 2550) ปัจจุบันลูกตำรียงเป็นที่รู้จักกันมากขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มคนที่ใส่ใจในสุขภาพ เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อตำรียงส่วนใหญ่ประกอบด้วยเส้นใยอาหาร ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อภาวะโภชนาการและสุขภาพ และมีความเชื่อว่าเป็นอาหารช่วยลดน้ำหนัก จึงทำให้ตำรียงเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคเป็นจำนวนมาก โดยลูกตำรียงแห้งมีราคาขายในท้องตลาด กิโลกรัมละประมาณ 300-400 บาท ขึ้นอยู่กับความชื้น ขนาด และความสมบูรณ์ของผลตำรียง ประเทศจีนมีการนำเข้าผลตำรียงแห้งจากประเทศไทย ลาว กัมพูชา และเวียดนาม เพื่อใช้ประโยชน์ในการบำรุงรักษาสุขภาพ (อร่าม อรรถเจดีย์, 2550) นอกจากนี้มีการแปรรูปเนื้อตำรียงเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทั้งในรูปแบบน้ำและผง โดยมีการเติมแต่งกลิ่นรสต่างๆ และมีแนวโน้มในการพัฒนาการแปรรูปเนื้อตำรียงเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่นๆ มากยิ่งขึ้นในอนาคต

การแยกเนื้อตำรียงสามารถทำได้ง่าย วิธีโดยทั่วไปจะนำผลตำรียงแห้งมาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง ทิ้งไว้จนกระทั่งเนื้อตำรียงดูดน้ำ และพองตัวเต็มที่ จากนั้นจึงแยกเปลือกและสิ่งแปลกปลอมออก ซึ่งต้องใช้เวลาในการรอกคอย และใช้แรงงานจำนวนมาก เนื้อตำรียงที่แยกได้ต้องเก็บรักษาไว้ในสภาพแช่เย็นหรืออุณหภูมิต่ำ สามารถเก็บได้เพียง 4-5 วัน จากข้อจำกัดดังกล่าวจึงเกิดแนวคิดในการผลิตเนื้อตำรียงผง เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น และเพิ่มความสะดวกในการประยุกต์ใช้เนื้อตำรียงในอุตสาหกรรมอาหาร จากรายงานการศึกษาสภาวะการสกัดแยกเนื้อตำรียงจากลูกตำรียงแห้งหลากหลายสภาวะ โดยส่วนใหญ่มีการใช้อุณหภูมิสูงหรือใช้เวลานานในกระบวนการสกัดแยกเนื้อ จึงเกิดแนวคิดที่จะศึกษาสภาวะการสกัดแยกเนื้อตำรียงที่ใช้อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้เนื้อตำรียงโดยธรรมชาติจะมีสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับการนำเนื้อตำรียงไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด จึงควรศึกษาการฟอกสีเนื้อตำรียง นอกจากนี้พบรายงานการศึกษานำเนื้อตำรียงมาสกัดเป็นกัม รวมทั้งศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ของกัมจากเนื้อตำรียง เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการเกิดเจล ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ และเป็นสารตัวกลาง

แต่พบว่ามีการศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ของเนื้อสำรองที่ไม่ได้ผ่านการสกัดเป็นกัมในผลิตภัณฑ์อาหารจำนวนน้อย หากมีการศึกษาการใช้เนื้อสำรองเป็นสารเพิ่มความข้นหนืดในน้ำแป้งสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารซุบแป้งทอด ซึ่งเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมแพร่หลาย นอกจากจะเป็นการเพิ่มคุณค่าอาหารด้านเส้นใยอาหารแล้ว ยังอาจช่วยลดปริมาณแป้งและไขมันให้น้อยลงด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายในการพัฒนากระบวนการผลิตสำรองผงที่เหมาะสม และประยุกต์ใช้สำรองผงเพื่อเป็นสารเพิ่มความข้นหนืดในน้ำแป้งสำหรับผลิตภัณฑ์ไก่บดปรุงรสซุบแป้งทอด

การตรวจเอกสาร

1. ลูกสำรองและการใช้ประโยชน์

สำรองเป็นพรรณไม้ในสกุล *Scaphium* และวงศ์ Sterculiaceae ในประเทศไทยมี 3 ชนิด คือ *Scaphium scaphigerum* (Wall. ex G. Don) Guibourt & G. Planch, *S. linearicarpum* (Mast.) Pierre (Phengklai, 2001) และ *S. lychnophorum* (Hace) Pierre มีชื่อเรียกตามท้องถิ่นว่า พุงทะลาย หมากจอบ บักจอบ และท้ายเถา เคยพบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ระยอง จันทบุรี และตราด) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อุบลราชธานี) และภาคใต้ (ยะลา) ของประเทศไทย แต่ปัจจุบันสำรองกลายเป็นพืชที่พบเห็นได้เฉพาะในพื้นที่บางแห่งเท่านั้น เช่น บริเวณอุทยานแห่งชาติเขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี และอุทยานแห่งชาติภูจองนายอย จังหวัดอุบลราชธานี นอกจากนี้ประเทศไทยแล้วยังพบแพร่กระจายในประเทศลาว กัมพูชา เวียดนาม และอินโดนีเซีย (พงษ์ศักดิ์ พลเสนา, 2550)

สำรองเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงใหญ่ มีความสูงประมาณ 30-40 เมตร ลักษณะใบเดี่ยวเรียงแบบสลับ ใบมีหลายรูปร่าง เช่น รูปไข่แกมขอบขนานหรือรูปไข่แกมใบหอก ปลายเรียวแหลม โคนใบมนหรือเว้าเล็กน้อยเป็นรูปหัวใจ ขนาดใบกว้างประมาณ 5-20 เซนติเมตร ยาวประมาณ 10-30 เซนติเมตร และมีใบรูปร่างเป็นแฉกเว้าลึก 2-5 แฉก ดอกมีลักษณะเป็นช่อออกที่ปลายกิ่ง แยกเพศ กลีบดอกสีเขี้ยวอ่อน ออกดอกรวมกันเป็นช่อใหญ่ แดกกิ่งก้านสาขาเฉพาะช่วงปลายยอดของต้น ผลอ่อนจะมีสีเขียว ลักษณะกลมรี บริเวณโคนผลมีปีกที่มีลักษณะแผ่เป็นแผ่นขนาดใหญ่ มีลักษณะโค้งงอคล้ายเรือ เรียกว่า สำเภา เมื่อผลสำรองแก่จัด มีลักษณะเป็นผลแห้ง ผิวขรุขระ สีน้ำตาลเข้ม (Figure 1) ขนาดกว้างประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 2-3 เซนติเมตร เมล็ดติดอยู่ด้านล่างของปีก หลุดออกจากขั้ว และปลิวไปตามลม เป็นการเพิ่มระยะทางและโอกาสในการขยายพันธุ์ โดยปกติต้นสำรองจะออกผลปีละ 1 ครั้ง เมื่ออายุมากกว่า 10 ปีขึ้นไป แต่ไม่ได้ออกผลทุกปีขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของต้นสำรอง มีระยะออกดอกในช่วงเดือนธันวาคมถึงมกราคม และเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม (มานิชญ์ กุลพฤกษ์, 2553)

ตำรายาเป็นพืชที่ชอบขึ้นตามป่าที่มีความชื้นสูง และเป็นพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล 80-700 เมตร มีการกระจายพันธุ์หนาแน่นบริเวณชายป่า มักขึ้นเองตามธรรมชาติ แต่เนื่องจากในปัจจุบันได้รับการนิยมน้อยมาก จึงทำให้ชาวบ้านมักโค่นหรือตัดกิ่งของต้นตำรายาในขณะที่ผลยังไม่แก่จัด เพื่อความสะดวกในการเก็บลูกตำรายา ไม่นิยมให้ผลหล่นตามธรรมชาติ ทำให้ปริมาณต้นตำรายาในธรรมชาติลดลงอย่างรวดเร็ว จึงได้มีการศึกษาวิธีการขยายพันธุ์ต้นตำรายาโดยการตอนกิ่ง ปักชำ ตัดตา เสียบกิ่ง และเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (มานิชญ์ กุลพฤกษ์ และคณะ, 2544) นอกจากนี้ยังได้มีการส่งเสริมให้อนุรักษ์ต้นตำรายา โดยการขยายพันธุ์และปลูกในสภาพไร่หรือสวน เพื่อทดแทนการเก็บผลตำรายาในป่าธรรมชาติ และช่วยลดการโค่นต้นตำรายาในป่าเพื่อเก็บลูก



Figure 1. Dried malva nut

ที่มา: สุดารัตน์ หอมหวล (2554)

1.1 การสกัดแยกเนื้อตำรายา

วิธีการแยกเนื้อตำรายาจากลูกตำรายาแห้ง ในระดับอุตสาหกรรมครัวเรือน ทำโดยการนำลูกตำรายาแห้งมาล้างทำความสะอาด จากนั้นนำมาตัดบริเวณหัว-ท้ายของผลตำรายาแห้ง แล้วแช่ในน้ำสะอาดปริมาณมาก ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน แล้วนำลูกตำรายาที่ดูน้ําและพองตัว จนมีลักษณะเป็นเจล คล้ายวุ้น มาแยกเปลือก กากใย และเมล็ดออก ล้างเนื้อตำรายาที่ได้จนไม่มีเศษกากใยปนอยู่ในเนื้อตำรายา มีรายงานการศึกษากระบวนการแยกเนื้อตำรายาจากลูกตำรายาแห้งโดยการแช่น้ำ พบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ การแยกเนื้อตำรายาด้วยน้ำอัตราส่วนลูกตำรายาแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1:75 ที่อุณหภูมิ 66 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการแช่น้ำ 60 นาที ที่สภาวะเป็นกลาง (พีเอช 6.5-7.0) เนื้อตำรายาที่ได้มีความหนืด และความแข็งแรงของเจลสูง (Singthong *et al.*, 2007) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่มีการสกัดแยกเนื้อตำรายาเพื่อนำไปทดลองใช้ในผลิตภัณฑ์หมูยอ (Juthong *et al.*, 2007) โดยการแช่ลูกตำรายาแห้งในน้ำอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วนตำรายาแห้งต่อน้ำ 1:60 เป็นเวลา 20 นาที

เนื้อสำรอกที่สกัดแยกได้มีสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดในการนำเนื้อสำรอกไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร จึงมีการศึกษาการฟอกสีเนื้อสำรอกโดยใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 3-15 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับความเข้มข้น ร้อยละ 12 สามารถฟอกสีเนื้อสำรอกได้ดีที่สุด โดยเนื้อสำรอกที่ได้มีสีเหลืองใส (ลำพึง พุ่มจันทร์ และคณะ, 2551)

1.2 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสำรอก

มีรายงานการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสำรอกผง (วรัญญา สุภมิตร และคณะ, 2549) ที่ผ่านการสกัดแยกเนื้อสำรอกโดยการแช่น้ำ แยกเปลือกและกากใยออก แล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง พบว่าเนื้อสำรอกผงประกอบด้วยใยอาหาร เป็นองค์ประกอบหลัก ร้อยละ 76.45 (Table 1) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ Singthong และคณะ (2007) ที่รายงานในรูปแบบของปริมาณคาร์โบไฮเดรต (จากการคำนวณ) เท่ากับร้อยละ 77.16 และมีองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีค่าใกล้เคียงกัน

Table 1. Chemical composition of dried crude malva nut.

Chemical composition	%*	%**
Moisture content	15.31	10.20
Dietary fiber	76.45	-
Protein	3.75	4.47
Fat	0.41	0.10
Ash	5.84	8.07
Carbohydrate (by different)	-	77.16

ที่มา: *วรัญญา สุภมิตร และคณะ (2549), **Singthong และคณะ (2007)

1.3 การใช้ประโยชน์จากเนื้อสำรอก

เนื้อสำรอกมีสรรพคุณตามตำรายาพื้นบ้านพบว่าการรับประทานเนื้อสำรอกร่วมกับน้ำตาลจะช่วยแก้อาการร้อนใน ลดไข้ แก้ไอ ขับเสมหะ แก้กระหายน้ำ ทำให้ชุ่มคอ แก้โรคหอบหืด ตาแดง ปวดบวม และมีฤทธิ์ช่วยระบาย (นันทวัน บุญยะประภัศร และอรนุช โชคชัยเจริญพร, 2543; สุภาภรณ์ ปิติพร, 2550; น้ำฝน ปิยะตระกูล, 2554) นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยทางด้านสุขภาพ และการแพทย์ พบว่ามีการผลิตผลิตภัณฑ์เสริมอาหารปรับภูมิคุ้มกันจากเนื้อสำรอก ซึ่งช่วยกระตุ้น

การทำงานเซลล์เม็ดเลือดขาวของมนุษย์ สร้างภูมิคุ้มกัน ป้องกันและทำลายเชื้อโรค สิ่งแปลกปลอมที่จะเข้าสู่ร่างกาย (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2554) อาจช่วยลดการติดเชื้อของไขมัน (สุภารัตน์ หอมหวล, 2554) ช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก คือ *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* ซึ่งเป็นสาเหตุของอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องหรือท้องเดิน (ชริดา ปุกหุต และคณะ, 2549) ช่วยลดระดับน้ำตาลและไขมันในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ได้ (รัตติยา วีระนิตินันท์, 2548) เนื่องจากเนื้อสัตว์มีไขมันที่ละลายน้ำได้ที่สำคัญคือ กัมและมิวซิเลจ (พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล, 2548) ซึ่งมีคุณสมบัติในการช่วยลดระดับน้ำตาล และโคเลสเตอรอลในเลือด ช่วยขจัดพิษจากโลหะบางชนิดในร่างกาย ช่วยควบคุมการทำงานของระบบทางเดินอาหาร การย่อย และการดูดซึมสารอาหารของร่างกาย (ดวงจันทร์ เสงส์สวัสดิ์, 2545) โดยช่วยเพิ่มกากใยอาหารในลำไส้ใหญ่ และช่วยกระตุ้นให้เกิดการขับถ่ายอุจจาระได้สะดวกขึ้น จึงช่วยลดโอกาสเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งในลำไส้ใหญ่ได้ (นุชนาฏ กิจเจริญ, 2549)

ปัจจุบันมีการแปรรูปเนื้อสัตว์เป็นผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายชนิด เช่น เครื่องดื่ม น้ำดื่มบรรจุกระป๋อง และชนิดผงสำเร็จรูปพร้อมดื่ม ที่มีการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม และจำหน่ายโดยทั่วไป นอกจากนี้ยังมีการนำเนื้อสัตว์มาเป็นส่วนผสมในอาหารหลายประเภท เช่น การผสมเนื้อสัตว์ในขนมปัง เพื่อเป็นการเพิ่มเส้นใยอาหารให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหาร การพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลลี่รสกระเจียบแดงจากลูกตำลึง (ลำพิ่ง พุ่มจันทร์ และคณะ, 2551) การใช้เนื้อสัตว์ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์หมวยอ (Juthong *et al.*, 2007) โดยพบว่าการใช้เนื้อสัตว์ที่ร้อยละ 50 จะได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส การใช้เนื้อสัตว์เป็นสารทดแทนไขมันในเค้กบราวนี่ (อุลิสัน พาศิทธิพาล และคณะ, 2552) พบว่าบราวนี่สูตรที่ใช้เนื้อสัตว์ทดแทนไขมันร้อยละ 50 ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยมีปริมาณไขมัน และพลังงานลดลง ร้อยละ 9.10 และ 17.53 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีการใช้เนื้อสัตว์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของไส้กรอกไก่ชนิด Frankfurter ซึ่งพบว่าการเติมเนื้อสัตว์ในปริมาณร้อยละ 0.2 ช่วยลดการสูญเสียไอน้ำระหว่างการทำให้สุก (Cooking loss) และทำให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น (Somboonpanyakul *et al.*, 2007)

2. การผลิตอาหารแห้ง

การทำแห้ง (Drying) คือ การลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ มีค่าแอกทีวิตี (Water activity, a_w) ต่ำกว่า 0.60 ทำให้สามารถเก็บอาหารไว้ได้นาน การทำแห้งเป็นวิธีการถนอมอาหารที่มนุษย์คุ้นเคยมาตั้งแต่โบราณ เช่น การตากเมล็ดพันธุ์พืชสำหรับฤดูกาลหน้า ตากเนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ และธัญพืชไว้เป็นอาหาร เช่น

เนื้อเค็ม กล้วยตาก ข้าวเปลือก เป็นต้น (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2546) การทำแห้งนับได้ว่าเป็นวิธีการแปรรูปอาหารที่มนุษย์รู้จักเป็นอันดับต้นๆ และได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน

วัตถุประสงค์การทำแห้งโดยพื้นฐาน เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ที่อาศัยน้ำเป็นตัวกลางหรือการแปรรูปผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภค รวมไปถึงการเพิ่มความสะดวก ลดน้ำหนักในการขนส่ง อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์อาหารแห้งนั้น ต้องการการเก็บรักษาที่ถูกต้อง เพื่อป้องกันปัญหาด้านคุณภาพ และความปลอดภัย โดยเฉพาะปัญหาจากความชื้น และการเกิดออกซิเดชัน การทำแห้งโดยทั่วไปนั้นอาศัยหลักความแตกต่างของความสามารถในการระเหยของน้ำในอาหาร และความชื้นในบรรยากาศ จะต้องมีการให้พลังงานกับอาหาร ทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วเคลื่อนย้ายออกจากอาหาร (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2546)

2.1 ปรากฏการณ์ทางกายภาพที่เกิดขึ้นระหว่างการทำแห้ง

ในระหว่างการทำแห้งมีกระบวนการพื้นฐานเกิดขึ้นพร้อมกัน 2 กระบวนการ คือ การถ่ายเทความร้อน และการเคลื่อนย้ายน้ำในอาหาร

2.1.1 การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer) จะเกิดขึ้นที่จุดที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอาหารกับอากาศหรือกับตัวนำความร้อนอื่นๆ การทำแห้งโดยทั่วไปมีการถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีการนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน หรือใช้วิธีร่วมกันจากวิธีดังกล่าว (Chen and Mujumdar, 2008)

2.1.1.1 การนำความร้อน (Convection) กระแสลมร้อนเคลื่อนที่ผ่านอาหารแล้วเกิดการนำความร้อนให้แก่อาหารและน้ำ เมื่อน้ำได้รับความร้อนสามารถเกิดการขยายตัวแล้วเคลื่อนที่ออกจากอาหารและเปลี่ยนสถานะเป็นไอ

2.1.1.2 การพาความร้อน (Conduction) เมื่ออาหารได้รับความร้อนจากพื้นผิวสัมผัสที่ร้อน น้ำในอาหารสามารถเคลื่อนที่ออกจากอาหารแล้วระเหยออกไปสู่บรรยากาศเหนืออาหาร

2.1.1.3 การแผ่รังสี (Radiation) เป็นการถ่ายเทความร้อนแบบแผ่รังสีความร้อนแก่อาหาร โดยส่วนใหญ่การถ่ายเทความร้อนแบบแผ่รังสีมักใช้ร่วมกับกระบวนการอบแห้งอาหารแบบอื่นๆ เช่น การอบแห้งแบบพ่นฝอย การถ่ายเทความร้อนแบบแผ่รังสีจะเกิดขึ้นได้เร็วขึ้น เมื่อความแตกต่างของอุณหภูมิเพิ่มขึ้น

2.1.1.4 การใช้วิธีร่วม โดยการปรับสภาพความดันและอุณหภูมิ เพื่อทำให้น้ำในอาหารกลายเป็นของแข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดร่วมสามสถานะ (Triple point) แล้วให้พลังงานความ

ร้อน หรือลดความดันลง ทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นไอ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ของการระเหิด วิธีการนี้เรียกว่าการทำแห้งแบบ Freeze drying หรือ Lyophilization

2.1.2 การเคลื่อนที่ของน้ำในอาหาร เมื่ออาหารได้รับพลังงานความร้อน น้ำสามารถเคลื่อนที่จากภายในชั้นอาหารออกมาที่ผิวอาหาร โดยกลไก 2 แบบ (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2546) คือ

2.1.2.1 การเคลื่อนที่ด้วยแรงผ่านช่องแคบ (Capillary force) เป็นการเคลื่อนที่ของน้ำในอาหารที่มีเซลล์โปรง มีช่องว่างระหว่างเซลล์ต่อเนื่องกันเป็นทางแคบจนเกิดแรงดันของน้ำในช่องว่างขนาดเล็ก การเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นได้สะดวกรวดเร็ว แต่จะหยุดเมื่อน้ำในช่องว่างนั้นขาดตอนลง

2.1.2.2 การเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ (Diffusion) เป็นการเคลื่อนที่ของน้ำในอาหารที่มีเนื้อแน่น จึงพบช่องว่างระหว่างเซลล์น้อยมากหรือไม่พบเลย หรือเกิดในอาหารที่อบแห้งไประยะหนึ่งทีแรงผ่านช่องแคบหมดแล้ว น้ำต้องเคลื่อนที่แพร่ผ่านเซลล์อย่างช้าๆ เมื่อน้ำเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหาร แล้วระเหยเป็นไอ และสามารถกำจัดออกด้วยกระแสลมร้อน หรือระบบสุญญากาศ

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเคลื่อนย้ายน้ำออกจากอาหารในกระบวนการทำแห้ง ประกอบด้วย (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2546)

2.2.1 **ธรรมชาติของอาหาร** ลักษณะของอาหารที่มีเนื้อโปรง จะมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบได้เร็วกว่าการแพร่ในอาหารเนื้อแน่น ดังนั้นอาหารเนื้อโปรงจึงแห้งได้เร็วกว่าอาหารเนื้อแน่น อาหารที่มีน้ำตาลสูงส่งผลต่อความเหนียวหนืด และอาจกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหาร อาหารที่มีการลวก นวดคลึงทำให้เซลล์แตก อาจมีผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำได้ง่ายขึ้น

2.2.2 **ขนาดและรูปร่างของอาหาร** ส่งผลต่อพื้นที่ผิวของอาหาร อาหารที่มีรูปร่างเหมือนกัน แต่มีขนาดเล็กกว่า จะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าอาหารขนาดใหญ่ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำได้เร็วกว่า แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศ ถ้าชิ้นเล็กมากจะทับถมกันการระเหยของไอน้ำจะเกิดได้เฉพาะที่ผิวสัมผัสกับอากาศ แม้ว่าจะมีพื้นที่ผิวมากกว่า

2.2.3 **ตำแหน่งของอาหารในเครื่องอบแห้ง** เนื่องจากเครื่องอบแห้งบางชนิดอาจมีการกระจายความร้อนที่ไม่สม่ำเสมอ อาหารที่วางในตำแหน่งที่มีโอกาสสัมผัสกับความร้อนได้มาก จะทำให้น้ำในอาหารเคลื่อนที่ออกจากอาหารได้เร็วกว่า

2.2.4 ปริมาณอาหารในเครื่องอบแห้ง ถ้ามีปริมาณตัวอย่างอาหารในเครื่องอบแห้งมากเกินไป อาหารบางส่วนอาจไม่ได้สัมผัสกับความร้อน ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำน้อยลง จึงทำให้อาหารแห้งช้า

2.2.6 อุณหภูมิในการอบแห้ง ส่งผลต่อความสามารถในการเคลื่อนที่ของน้ำในอาหาร ถ้าลมร้อนมีอุณหภูมิสูง ทำให้น้ำในอาหารเคลื่อนที่ออกจากอาหารได้เร็วขึ้น รวมทั้งเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศภายในเครื่องอบแห้ง จึงมีผลทำให้เพิ่มอัตราเร็วในการทำแห้ง

2.2.7 ความเร็วของลมร้อน เมื่อความเร็วลมร้อนเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ไอน้ำออกจากผิวของอาหาร ช่วยให้ลมร้อนสัมผัสอาหารได้ดีขึ้น ทำให้เพิ่มอัตราเร็วในการเคลื่อนย้ายน้ำออกจากอาหาร

2.3 ชนิดของเครื่องอบแห้ง

การอบแห้งอาหารในสมัยก่อนใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานความร้อนจากธรรมชาติ กระแสลมทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของไอน้ำ แต่เนื่องจากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้อุณหภูมิไม่สูง และกระแสลมในธรรมชาติก็ไม่มากพอ ทำให้การอบแห้งใช้เวลานาน ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเครื่องอบแห้งที่ให้พลังงานความร้อนในปริมาณสามารถที่ควบคุมได้ พร้อมทั้งอุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกจากผิวอาหาร ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนได้เร็ว อาหารแห้งได้เร็วขึ้น เครื่องอบแห้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีการออกแบบให้มีประสิทธิภาพ ประหยัดพลังงาน และสามารถควบคุมการทำงานได้ง่าย ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการถ่ายเทความร้อน (วิลโลว์ รังสาดทอง, 2547) คือ

2.3.1 Adiabatic dryer เป็นเครื่องอบแห้งที่ให้ความร้อนแก่อาหาร โดยใช้กระแสลมร้อนเคลื่อนที่สัมผัสกับอาหาร โดยอาหารอาจอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ด้วย เป็นวิธีการอบแห้งแบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น Tray dryer Tunnel dryer และ Spray dryer เป็นต้น

2.3.1.1 เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryer) เป็นการอบแห้งโดยนำผลิตภัณฑ์วางใส่ถาดที่มีช่องตาข่ายอยู่ด้านล่าง เรียงซ้อนกันเป็นชั้น ลมร้อนที่เป่าผ่านคอยล์ร้อนหรือ Heater จะไหลหมุนเวียนอยู่ในตู้ เพื่อให้ลมร้อนกระจายอย่างสม่ำเสมอ มีรายงานว่า การอบแห้งของอาหารที่มีขนาด 2-6 เซนติเมตร จะใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 10-12 ชั่วโมง นิยมใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดกับการอบแห้งอาหารในปริมาณต่ำ หรือใช้สำหรับโรงงานต้นแบบ โดยเครื่องอบแห้งชนิดนี้ใช้เงินลงทุน และค่าการดูแลรักษาต่ำ

2.3.1.2 เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ (Tunnel dryer) นำอาหารที่ต้องการอบแห้งวางบนสายพานที่เคลื่อนผ่านอุโมงค์ลมร้อน ซึ่งมีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน อัตราการอบแห้งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของลมร้อน และความเร็วของสายพานในอุโมงค์

2.3.1.3 เครื่องอบแห้งแบบฉีดพ่นฝอย (Spray dryer) เป็นการอบแห้งโดยการฉีดพ่นอาหารเหลวเป็นละอองเข้าไปในตู้ที่มีลมร้อนผ่านเข้ามาแบบสวนทาง เมื่อละอองของอาหารและลมร้อนสัมผัสกันทำให้น้ำสามารถระเหยออกไปอนุภาคของอาหารที่แห้งจะลอยกระจายเข้าสู่เครื่องแยก เป็นผงละเอียด

2.3.2 Solid surface transfer dryer เป็นเครื่องอบแห้งที่ใช้การพาความร้อนให้อาหารสัมผัสกับแผ่นโลหะร้อน เมื่ออาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้นน้ำในอาหารสามารถระเหยออกไปในบรรยากาศ เช่น เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer หรือ Roller dryer) เป็นการทำให้แห้งด้วยความร้อนโดยใช้ไอน้ำความดันสูง ที่อุณหภูมิ 120-170 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนลูกกลิ้งที่ทำจากโลหะเหล็กทรงกระบอกกลวงซึ่งหมุนอย่างช้าๆ ตัวอย่างอาหารจะแผ่เป็นแผ่นบางอย่างสม่ำเสมอบนผิวของลูกกลิ้ง น้ำในอาหารสามารถระเหยออกด้วยการพาความร้อน อาหารแห้งถูกขูดออกโดยใบมีดซึ่งสัมผัสกับผิวของลูกกลิ้งอย่างสม่ำเสมอ เครื่องอบแห้งชนิดนี้อาจประกอบด้วยลูกกลิ้ง 1-2 ลูก ใช้ในการทำแห้งผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นของเหลวที่มีความหนืด เช่น น้ำผลไม้เข้มข้น นม เป็นต้น อาหารจะอยู่บนลูกกลิ้งนานประมาณ 20 วินาที จนถึง 2-3 นาที ขึ้นอยู่กับความเร็วในการหมุน การอบแห้งแบบนี้มีอัตราการอบแห้งสูง เหมาะกับอาหารเหลวที่มีอนุภาคใหญ่เกินกว่าจะใช้เครื่องอบแห้งแบบฉีดพ่นฝอย อย่างไรก็ตามเป็นวิธีการอบแห้งที่ต้องใช้เงินลงทุนสูง และใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ที่ทนต่อความร้อนสูง

นอกจากนี้ยังมีเครื่องอบแห้งชนิดอื่นที่มีการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยการปรับสภาพความดันและอุณหภูมิ คือ เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer) โดยกระบวนการทำแห้งนี้ จะมีการแช่เยือกแข็งอาหาร แล้วปรับความดันทำให้น้ำในสถานะของแข็งระเหิดออกมาจากอาหาร ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถรักษากลิ่นรส และคุณค่าทางโภชนาการได้ดี มีความเสียหายต่อโครงสร้างผลิตภัณฑ์ต่ำ มีรูปทรงมาก เกิดช่องว่างในโครงสร้างทำให้เกิดการดูดน้ำกลับได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ แต่วิธีนี้มีค่าใช้จ่ายสูง ต้องมีการเตรียมตัวอย่างหลายขั้นตอน ต้องใช้ระบบทำความเย็นและเครื่องปั๊มสุญญากาศที่มีประสิทธิภาพสูง และการใช้งานที่ต้องการเทคนิคเฉพาะ รวมทั้งการดูแลรักษา สิ้นเปลืองเวลาและพลังงานในการดำเนินการ

3. โยอาหาร

โยอาหาร (Dietary fiber) หมายถึง กลุ่มของพอลิแซคคาไรด์ที่ไม่ถูกย่อยด้วย เอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร แต่สามารถขับถ่ายออกมาได้ จึงมีบทบาทสำคัญต่อภาวะโภชนาการ และสุขภาพ มีผลดีต่อระบบสรีระวิทยาของร่างกายหลายด้าน เช่น ช่วยกระตุ้นการทำงานของลำไส้ใหญ่ ทำให้ระบบขับถ่ายเป็นปกติ ลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด ลดระดับน้ำตาล ลดอัตราเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ ลดความอ้วน ป้องกันมะเร็ง และลดระดับการนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์เป็นต้น (Jimenez-Escrig and Sanchez-Muniz, 2000) ส่วนกากใย (Crude fiber) หมายถึง ส่วนของพอลิแซคคาไรด์ที่สามารถถูกย่อยด้วยกรดและด่าง (วิชัย ต้นไพจิตร, 2522) เมื่อพิจารณาตามลักษณะทางเคมี และหน้าที่ของโยอาหารในแหล่งอาหาร สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ (นิธิยา รัตนปนนท์, 2549)

1. Structural polysaccharide คือเส้นโยอาหารที่เป็นพอลิแซคคาไรด์และทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างผนังเซลล์พืช ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพคตินบางส่วน
2. Structural non-polysaccharide คือเส้นโยอาหารที่ไม่ใช่พอลิแซคคาไรด์ แต่ทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างผนังเซลล์พืช ได้แก่ ลิกนิน
3. Non-structural polysaccharide คือเส้นโยอาหารที่เป็นพอลิแซคคาไรด์แต่ไม่ได้ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างผนังเซลล์พืช ได้แก่ กัม และมิวซิเลจ

โดยทั่วไปสามารถพบโยอาหารและกากใยในอาหารที่มนุษย์บริโภค แต่พบมากในอาหารที่มาจากพืช ในพืชแต่ละชนิดจะมีปริมาณและชนิดของโยอาหารที่แตกต่างกัน โดยแหล่งของโยอาหารที่สำคัญคือ ธัญพืช โดยเฉพาะส่วนผิวนอกของเมล็ด เช่น แป้งข้าวสาลีทั้งเมล็ด มีโยอาหารร้อยละ 11 แต่มีกากใยเพียงร้อยละ 2.3 นอกจากนี้ในผักและผลไม้ก็เป็นแหล่งของโยอาหารที่สำคัญเช่นกัน โดยสามารถแบ่งกลุ่มของอาหารตามปริมาณโยอาหาร ได้ 4 กลุ่ม คือ

1. อาหารที่มีโยอาหารสูง มีปริมาณโยอาหารมากกว่า 3 กรัมต่ออาหาร 100 กรัม ได้แก่ ข้าวกล้อง เมล็ดธัญพืชทั้งเมล็ด เม็ดแมงลัก แอปเปิ้ล ฝรั่ง ข้าวโพดอ่อน ถั่วเหลืองฝักสด กระเจี๊ยบเขียว ถั่วฝักยาว แพร่ ถั่วเขียว และแครอท
2. อาหารที่มีโยอาหารปานกลาง มีปริมาณโยอาหารประมาณ 1-3 กรัมต่ออาหาร 100 กรัม ได้แก่ คენัว กะหล่ำปลี น้อยหน่า ข้าวโพดต้ม และพุทรา
3. อาหารที่มีโยอาหารน้อย มีปริมาณโยอาหารน้อยกว่า 1 กรัมต่ออาหาร 100 กรัม ได้แก่ ข้าวขาว ขนุน ลิ้นจี่ ชมพู องุ่น มะม่วง ละมุด ลำไย กัลยาดม แดงกวา แดงโม มะปรางและส้ม
4. อาหารที่ไม่มีโยอาหาร หรือมีน้อยมาก ได้แก่อาหาร พวกเนื้อสัตว์ และอาหารทะเล เช่น กุ้ง หอย ปู ปลา และหมึก

ชนิดของใยอาหารตามความสามารถในการละลายน้ำ

3.1 ใยอาหารที่ละลายน้ำ (Soluble dietary fiber) คือ ใยอาหารที่มีคุณสมบัติสามารถรวมตัวกับน้ำได้ปริมาณมากเกิดการกระจายตัว แล้วทำให้เกิดลักษณะเป็นเจล โดยทั่วไปพบในธัญพืชที่ไม่ขัดสี พีชตระกูลถั่ว รำข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ ผลไม้บางชนิด เช่น พรุณ ส้ม แอปเปิ้ล สตรอเบอร์รี่ ถั่วเมล็ดแห้งบางชนิด เช่น ถั่วแดงหลวง ใยอาหารชนิดนี้มีความสำคัญต่อการย่อยและการดูดซึมของอาหาร เมื่อใช้ร่วมกับอาหารไขมันต่ำสามารถลดระดับคอเลสเตอรอล และความเส็งของการเกิดภาวะไขมันในเลือดสูงได้ ซึ่งใยอาหารที่ละลายน้ำที่รู้จักกันดี เช่น เพกติน กัม อะการ์ มิวซิเลจ และเบต้ากลูแคน (Carmen, 1997)

3.1.1 เพกติน (Pectin) เป็นองค์ประกอบของสารที่พบในผนังส่วนกลางของพืช มีโครงสร้างเป็นพอลิแซคคาไรด์ที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์ของน้ำตาลและกรดน้ำตาลหลายชนิด มีการจับตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ โดยมีโซ่หลักเป็นกรดกาแลคทูโรนิก (Galacturonic acid) และมีโซ่กิ่งเป็นน้ำตาลเช่น แรมโนส (Rhamnose) อาราบิโนส (Arabinose) ไชโลส (Xylose) และฟรุคโตส (Fructose) เพกตินสามารถละลายได้ดีในน้ำร้อนและสามารถเกิดเป็นเจลเมื่อเย็น ซึ่งคุณสมบัติการเกิดเจลของเพกตินนี้มีลักษณะเป็นสารแขวนตะกอน (Spelling suspension) จึงใช้ประโยชน์ในการทำแยม เยลลี่ และใช้เป็นสารให้ความข้นหนืด

3.1.2 กัม (Gum) และอะการ์ (Agar) สารเหล่านี้ไม่ได้เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์พืช แต่จะพบเมื่อพืชเกิดมีบาดแผลหรือโดนบีบคั้น กัมและอะการ์มีโครงสร้างเป็นพอลิแซคคาไรด์ประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิด ได้แก่ กลูโคส (Glucose) แมนโนส (Mannose) กาแลคโตส (Galactose) อาราบิโนส (Arabinose) และกรดยูโรนิก (Uronic acid) ซึ่งเกาะกันอยู่แบบหลวมๆ ทำให้กัมและอะการ์ละลายน้ำได้ดีและมีลักษณะข้นเหนียว มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำที่ดี จึงมักใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อให้เกิดความคงตัว ความข้นหนืด และทำให้เกิดฟิล์ม (Huang *et al.*, 2001) กัมแต่ละชนิดให้ความหนืดในระดับต่างกัน การที่กัมแสดงคุณสมบัติความหนืดได้ เนื่องจากในโมเลกุลมีหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group) ที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ รวมทั้งเกิดพันธะไฮโดรเจนภายในโครงสร้างของโมเลกุล กัมจะมีความหนืดมากขึ้นอยู่กับรูปร่าง ขนาด และความเข้มข้นของสารละลาย

3.1.3 มิวซิเลจ (Mucilage) เป็นสารที่ห่อหุ้มเมล็ดพืช เพื่อป้องกันความแห้งกร้าน และช่วยให้เกิดความชุ่มชื้น มิวซิเลจเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำและอุ้มน้ำได้ดี เมื่อละลายน้ำจะมีความข้นหนืดและอยู่ตัว มิวซิเลจถูกใช้เป็นส่วนผสมในยาระบาย และผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อใช้เป็นสารให้ความคงตัว เช่น การใช้มิวซิเลจจากเมล็ดแมงลักเป็นสารเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มไก่ พบว่าน้ำจิ้มไก่

มีความหนืดเพิ่มขึ้นตามปริมาณมิวซิเลจที่เพิ่มขึ้น (ปิยนุสรณ์ น้อยด่าง และเนตรนภา วิเลปะนะ, 2548) และการใช้มิวซิเลจแห้งจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซอสพริก และมายองเนส พบว่าเมื่อปริมาณของมิวซิเลจจากเมล็ดแมงลักเพิ่มขึ้น ซอสพริกมีความหนืดสูงขึ้น (ละอองดาว ว่องเอกลักษณ์ และกุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์, 2545)

3.1.4 เบตากลูแคน (β -glucan) เป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเบต้า-1, 4 และเบต้า-1, 3 ทำให้มีโครงสร้างที่แข็งแรง ทนต่อการไฮโดรไลต์ (Prosky and Devries, 1992) การที่มีส่วนที่เชื่อมต่อกับพันธะเบต้า-1, 4 มาก ส่งผลให้มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่การที่มีส่วนที่เชื่อมต่อกับพันธะเบต้า-1, 3 และเบตากลูแคนที่มีโมเลกุลต่างๆ ส่งผลให้ละลายน้ำได้ดี (Kamel and Stauffer, 1993) เบตากลูแคนพบมากในข้าวโอ๊ต และข้าวบาเลย์

3.2 โยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) คือโยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำ ส่งผลให้เมื่อรับประทานแล้วจะช่วยเพิ่มปริมาตรในกระเพาะ ทำให้รู้สึกอิ่ม ช่วยกระตุ้นการเคลื่อนตัวของอุจจาระ ทำให้ขับถ่ายง่ายขึ้น ในขณะที่เดียวกันช่วยในการขับถ่ายของเสียรวมทั้งสารพิษต่างๆ โยอาหารชนิดนี้จึงให้ผลเหมือนยาระบายธรรมชาติ ช่วยป้องกันโรคท้องผูกและริดสีดวงทวาร ในผลไม้ส่วนใหญ่พบโยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ โยอาหารที่ไม่ละลายน้ำที่รู้จักกันทั่วไป ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน (Carmen, 1997)

3.2.1 เซลลูโลส (Cellulose) เป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังเซลล์ของพืช โมเลกุลประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส โครงสร้างโมเลกุลประกอบกันเป็นเส้นใยหนาที่บีบเรียงตัวกันเป็นระเบียบไปในทางเดียวกัน จึงทำให้มีโครงสร้างที่แข็งแรง ค่อนข้างทนต่อฤทธิ์กรด-ด่าง และน้ำย่อยในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ โดยทั่วไปจะพบในผักและผลไม้ ประมาณร้อยละ 30-40 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งขึ้นอยู่กับพืชชนิดนั้นๆ นำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ

3.2.2 เฮมิเซลลูโลส (Hemicelluloses) พบปะปนอยู่กับเซลลูโลสในผนังเซลล์ของพืช สามารถละลายในด่างได้ ประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิดเช่น เพนโตส (Pentose) กาแลคโตส (Galactose) อะราบินโนส (Arabinose) และกรดกลูโคโลนิก (Glucuronic acid) ซึ่งอัตราส่วนน้ำตาลชนิดต่างๆไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับชนิดของพืช จึงทำให้โครงสร้างของเฮมิเซลลูโลส มีโครงสร้างที่ไม่แข็งแรงเหมือนเซลลูโลส และมีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่าเซลลูโลส มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้สูง

3.2.3 ลิกนิน (Lignin) เป็นสารที่พบในพืชจำพวกไม้เนื้อแข็ง เป็นโครงสร้างพอลิเมอร์ ที่ไม่ละลาย เกิดจากการรวมตัวกันของโมเลกุลแอลกอฮอล์ที่มีรูปร่างเป็นวงแหวน ทำให้เซลล์มีความ

แข็งแรงไม่ละลายน้ำ สามารถทนต่อกรด-ด่าง ความร้อน และน้ำย่อยในร่างกายมนุษย์รวมถึง จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ก็ไม่สามารถย่อยลิกนินได้เช่นกัน

4. สารเพิ่มความข้นหนืด

สารเพิ่มความข้นหนืด (Thickening agent) เป็นสารเติมแต่งอาหาร (Food additive) ที่ช่วยเพิ่มความข้นให้แก่อาหารเหลว ซึ่งมีหลายชนิด เช่น สารไฮโดรคอลลอยด์ เป็นสารประกอบประเภทพอลิแซคคาไรด์ ที่เป็นพอลิเมอร์สายยาว และมีน้ำหนักโมเลกุลสูง อาจประกอบด้วย โมโนแซ็กคาไรด์ชนิดเดียวกันทั้งหมด (โฮโมพอลิแซ็กคาไรด์) หรือประกอบด้วยโมโนแซ็กคาไรด์หลายชนิด (เฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์) เมื่อพอลิแซ็กคาไรด์ละลายหรือกระจายตัวในน้ำ ส่งผลให้ส่วนผสมที่ได้มีความหนืดเพิ่มขึ้น จึงมีการนำไปใช้ประโยชน์เป็นสารเพิ่มความหนืดในผลิตภัณฑ์อาหาร มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในผลิตภัณฑ์อาหารซุบแป้งทอด มีผลต่อปริมาณการยึดเกาะของน้ำแป้งกับอาหาร

4.1 ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid)

ไฮโดรคอลลอยด์ คือ สารพอลิเมอร์ชนิดชอบน้ำ (Hydrophilic) ที่ได้จากพืช สัตว์ จุลินทรีย์ รวมถึงพอลิเมอร์ดัดแปรจากธรรมชาติหรือสังเคราะห์ โดยทั่วไปมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) โพลีเมอร์เหล่านี้แสดงหน้าที่ที่สำคัญในอาหาร เช่น เป็นสารให้ความหนืด ทำให้เกิดเจล เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) และเป็นสารที่ทำให้เกิดความคงตัวเป็นต้น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549; Phillips and Williams, 2000) สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มตามแหล่งที่มาได้แก่

4.1.1 ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้มาจากธรรมชาติ (Natural hydrocolloids) ส่วนใหญ่ได้มาจากส่วนต่างๆของพืช ได้แก่ ยาง เมล็ด ราก หัว ลำต้น หรือได้จากสาหร่ายทะเล (Seaweed) บางชนิดได้มาจากสัตว์ และได้จากกระบวนการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ เช่น

4.1.1.1 กัมอะราบิก (Gum arabic) หรือ Gum acacia เป็นกัมที่ได้จากยางของต้น Acacia เป็นสารประกอบโพลีแซคคาไรด์เชิงซ้อนของ Galactose Arabinose Glucuronic acid Rhamnose และ 4-O-methylglucuronic acid เป็น Heteropolysaccharide ที่มีโครงสร้างซับซ้อนมีกิ่งแขนง สามารถละลายได้ดีทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อน จะได้สารละลายใสที่มีสีเหลืองอ่อนจนถึงน้ำตาลส้ม สารละลายกัมอะราบิกที่ความเข้มข้นต่ำกว่าร้อยละ 40 จะมีความหนืดต่ำมาก และความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความเข้มข้นร้อยละ 40-50

4.1.1.2 กัวกัม (Guar gum) เป็นกัมที่สกัดได้จากเมล็ดของต้น Guar (*Cyamopsis tetragonolobus*) โครงสร้างเป็นพอลิเมอร์สายยาวของ Galactomannan มีสมบัติไม่เกิดเจล แต่กระจายตัวและอุ้มน้ำได้ดีในน้ำเย็น จึงใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด สารเพิ่มความคงตัว และช่วยอุ้มน้ำ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะอุ้มน้ำได้มากขึ้นและมีความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย

4.1.1.3 โลกัสบินกัม (Locust bean gum) เป็นกัมที่ได้จากเมล็ดของต้น Carob (*Ceratonia siliqua*) โครงสร้างเป็นพอลิเมอร์สายยาวของ Mannose ไม่สามารถละลายในน้ำเย็น ต้องใช้ความร้อนช่วยในการละลาย จะให้สารละลายที่มีความหนืดสูงสุดเมื่อรับความร้อนถึง 95 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจึงทำให้เย็นลง ปัจจุบันได้มีการพัฒนา Locust bean gum ให้มีสมบัติพองตัวได้ในน้ำเย็น และนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์นม

4.1.1.4 เพคติน (Pectin) พบในเนื้อเยื่อพืช โครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิด เช่น Rhamnose, Galactose, Arabinose และน้ำตาลอื่นๆ เป็น Heteropolysaccharide ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เพคตินที่สกัดได้จากธรรมชาติจะใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีพีเอช 2.0-3.5 และต้องมีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมากกว่าร้อยละ 55 จึงจะเกิดเจลได้ การใช้ประโยชน์ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และชนิดของผลิตภัณฑ์อาหาร ในอาหารประเภท แยม เยลลี่ ขนมหปัง เครื่องดื่ม และผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อคล้ายเยลลี่ เช่น การเติมเพคตินจำนวนเล็กน้อยลงในโยเกิร์ต จะช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อของโยเกิร์ตให้ดีขึ้น สำหรับน้ำผลไม้เข้มข้น จะเติมเพคตินเพื่อช่วยเพิ่มความคงตัวให้กับอนุภาคของเนื้อผลไม้ ทำให้อนุภาคกระจายตัวแขวนลอยอยู่ได้โดยไม่ตกตะกอน

4.1.1.5 คาร์ราจีแนน (Carrageenan) สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง (Rhodophyceae) ประกอบด้วย Galactose สามารถละลายได้ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิมากกว่า 70 องศาเซลเซียส และสามารถที่จะเกิดเจลได้เมื่อเย็นตัวลง ซึ่งเจลเหล่านี้จะเป็น Thermoreversible gel คือ สามารถที่จะละลายเมื่อได้รับความร้อน และเกิดเจลอีกครั้งเมื่อเย็นตัวลง นำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น Dessert gels, Whipped topping และ Fluid milk products

4.1.1.6 อะการ์ (Agar) สกัดจากสาหร่ายทะเลสีแดง (Rhodophyceae) ประกอบด้วย Agarose และ Agarpectin ไม่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น และละลายได้อย่างช้าๆ ในน้ำร้อน ละลายได้ดีที่ความเข้มข้นไม่เกินร้อยละ 4 ในน้ำเดือด มีความสามารถดูดน้ำได้ดี ทำให้เกิดเจลได้ที่ความเข้มข้นต่ำเพียงร้อยละ 0.04 เจลที่ได้สมบัติเป็น Thermoreversible gel โดยทั่วไปอุณหภูมิที่เกิดเจล ประมาณ 35-40 องศาเซลเซียส และมีจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง 85-90 องศาเซลเซียส เจลที่ได้มีลักษณะเนื้อแข็งหยุ่น สีเหลืองอ่อน และเปราะแตกได้ง่าย การใช้อะการ์ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมเบเกอรี่ ใช้อะการ์เพื่อแก้ปัญหาการหลอมตัวของน้ำตาล Icing การเกาะติดของน้ำตาลที่เคลือบกับวัสดุหุ้ม ลดการแตกหัก และหลุดร่วงของน้ำตาลเคลือบ

4.1.1.7 แซนแทนกัม (Xanthan gum) เป็นกัมที่ผลิตได้จากการหมักด้วยแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* เป็นเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีน้ำตาล Glucose Mannose และ Glucuronic acid สามารถกระจายตัวและละลายได้ดีทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น สารละลายที่ได้มีความหนืดสูงถึงแม้ว่าจะมีความเข้มข้นต่ำ มีความคงตัวต่อความร้อนสูงและพีเอช นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็น Pseudoplastic ซึ่งมีความสำคัญต่อกลิ่น ลักษณะปรากฏ และความรู้สึกเมื่ออาหารอยู่ในปาก (Mouthfeel) ใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืด เพิ่มความคงตัว และทำให้อนุภาคแขวนลอยได้ดี เช่น ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับไอศกรีม นิยมนำมาใช้กับอาหารประเภทขนมหวาน ซอสมะเขือเทศสำหรับพิซซ่า ไล้ขนมอบ และไล้พาย เป็นต้น

4.1.2 ไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารธรรมชาติ (Modified natural hydrocolloids) เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ อนุพันธ์ของเซลลูโลส เช่น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose, CMC) เป็นอนุพันธ์ของสารประกอบที่ได้จากธรรมชาติ เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี โดยการแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมที่หมู่ไฮดรอกซิลด้วยหมู่คาร์บอกซีเมทิล และอนุพันธ์ของเซลลูโลสอีเทอร์ (Cellulose ether) เช่น ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (Hydroxypropylmethyl cellulose, HPMC) เป็นเซลลูโลสเอสเทอร์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างเมทิลเซลลูโลสในต่างกับโพรพิลีนออกไซด์ มีคุณสมบัติพิเศษคือกระจายตัวได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ และกลายเป็นเจลที่อุณหภูมิสูง เมื่อปล่อยให้เย็นลงจะกลับเป็นของเหลวที่มีความข้นหนืด

4.1.3 ไฮโดรคอลลอยด์สังเคราะห์ (Synthetic hydrocolloids) เช่น พอลิเอทิลีนออกไซด์พอลิเมอร์ (Polyethylene oxide polymers)

ส่วนใหญ่ไฮโดรคอลลอยด์ที่นำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร จะเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากธรรมชาติ และดัดแปรจากธรรมชาติ ซึ่งไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดจะมีสมบัติแตกต่างกัน เมื่อนำมาใช้จะสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่าง เช่น เป็นสารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer) สารเพิ่มความหนืด (Thickener) สารที่ทำให้เกิดเจล (Gelling agent) เป็นต้น

4.2 สมบัติทั่วไปของไฮโดรคอลลอยด์

4.2.1 การกระจายตัวในน้ำ (Dispersibility in water) ไฮโดรคอลลอยด์ส่วนใหญ่สามารถละลายได้ดีในน้ำร้อน มีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่สามารถละลายในน้ำเย็น เช่น กัมอะราบิก และกัมบางชนิดละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ การที่ไฮโดรคอลลอยด์มีความสามารถในการละลายหรือการกระจายตัวได้ในน้ำแปรผันแตกต่างกัน เรียกว่า Degree of solubility ซึ่งปัจจัยสำคัญที่

เกี่ยวข้องคือ อุณหภูมิและความเข้มข้น ส่วนใหญ่สามารถละลายได้ดีที่ความเข้มข้นประมาณ ร้อยละ 1-2 อนุพันธ์เซลลูโลสบางชนิดสามารถละลายได้ที่ความเข้มข้นสูงๆ เนื่องจากมีความหนืดต่ำ ส่วนกัมอะราบิกสามารถละลายได้สูงถึงร้อยละ 50 สารละลายไฮโดรคอลลอยด์ส่วนใหญ่ต้องใช้ความร้อนจึงจะทำให้เกิดการไฮเดรชันมากที่สุด เช่น โลกัสต์บินกัม แต่จะการจะต้องต้มจนเดือดจึงเกิดการละลาย หรือกระจายตัวได้อย่างสมบูรณ์ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549)

4.2.2 ความหนืด (Viscosity) พอลิแซ็กคาไรด์กัมเมื่อละลายในน้ำ จะได้สารละลายที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น และสารละลายของกัมแต่ละชนิดจะมีความหนืดแตกต่างกัน ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายกัม ได้แก่ ธรรมชาติของพอลิแซ็กคาไรด์กัม อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ละลาย และความเข้มข้นของสารละลาย สารละลายกัมแต่ละชนิดจะให้ความหนืดสูงที่สุด ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เช่น กัมอะราบิกจะให้ความหนืดสูงสุดเมื่อมีความเข้มข้นร้อยละ 10-20 โลกัสต์บินกัม และกัวร์กัมจะให้ความหนืดสูงสุดเมื่อมีความเข้มข้นเพียงร้อยละ 1 เท่านั้น ระยะเวลาที่ใช้ในการละลาย เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายกัม ตัวอย่างเช่น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส และกัวร์กัม เมื่อละลายในน้ำจะได้สารละลายที่มีความหนืดสูงอย่างรวดเร็ว ตรงกันข้ามกับทราคาแคนต์ จะละลายน้ำได้อย่างช้าๆ จึงต้องใช้เวลานานในการละลายเพื่อให้สารละลายที่ได้มีความหนืดสูงที่สุด ค่าความหนืดของสารละลายไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549)

4.2.3 การเกิดเจล (Gel formation) พอลิแซ็กคาไรด์กัมบางชนิดเช่น เพกติน อะการ์ สตาร์ชและคาราจีแนน สามารถเกิดเจลได้ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม เช่น เพกตินจะเกิดเจลได้ดีในน้ำร้อนที่มีน้ำตาลและกรด จึงนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมผลิตแยมและเจลลี่ ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อเรียบ และเป็นเจลที่แผ่ออกได้ สำหรับเพกตินที่มีหมู่เมทอกซิลน้อย จะเกิดเจลดี เมื่อมีแคลเซียมและไม่มีน้ำตาล เมื่อนำสตาร์ชละลายน้ำร้อนหรือต้มกับน้ำนมจะได้เจลที่มีเนื้อเนียนและขุ่น แต่ถ้าใช้น้ำนมที่เย็นและมีฟอสเฟตอยู่ด้วยสตาร์ชจะเกิดเจลได้โดยไม่ต้องผ่านความร้อน อะการ์เกิดเจลได้ดีและละลายได้เมื่อต้มจนเกือบเดือด สามารถเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส และเจลที่เกิดขึ้นจะไม่หลอมเหลวจนกว่าจะได้รับความร้อนสูงถึงอุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549)

5. ผลลัพธ์อาหารชุบแป้งทอด

ผลลัพธ์อาหารชุบแป้งทอด ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นชิ้นอาหารที่อยู่ภายใน (Core) เช่น เนื้อสัตว์ ผักและผลไม้ เป็นต้น และส่วนที่เคลือบชิ้นอาหาร (Coating) คือน้ำแป้งสำหรับชุบทอด กระบวนการแปรรูปอาหารชุบแป้งทอดที่นิยม ประกอบด้วย การนำชิ้นอาหารคลุกแป้ง (Pre-dust) จากนั้นชุบน้ำแป้งที่อาจมีส่วนผสมแตกต่างกัน อาจมีการคลุกเกล็ดขนมปังร่วมด้วย แล้วทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิสูง (150-220 องศาเซลเซียส) จะทำให้เกิดเปลือกนอกที่มีเนื้อสัมผัส กลิ่นรส และสี ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค (Suderman, 1992)

5.1 น้ำแป้ง

น้ำแป้ง (Batter) หมายถึง ส่วนผสมของแป้งกับส่วนประกอบอื่นใช้ชุบอาหารก่อนนำไปทอด เพื่อให้กรอบ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2534) เป็นส่วนที่เคลือบอยู่ด้านนอกชิ้นอาหาร มีองค์ประกอบพื้นฐานคือ แป้ง และน้ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือพองตัวเมื่อผ่านการทอด ส่วนผสมอื่นที่มักพบเสมอได้แก่ โปรตีน สารเพิ่มความข้นหนืด เครื่องปรุงรส สารช่วยให้ขึ้นฟูและอื่นๆ ส่งผลให้น้ำแป้งมีลักษณะที่ซับซ้อนและมีลักษณะที่แตกต่างกัน ตามความต้องการในด้านต่างๆ เช่น ความหนืด การยึดเกาะ ความกรอบ และโครงสร้างของผลิตภัณฑ์

โดยทั่วไปน้ำแป้งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ น้ำแป้งชนิดที่ใช้ยึดเกาะ (Interface/Adhesion batter) และน้ำแป้งชนิดเทมปุระ (Puff/Tempura batter) (Loewe, 1992)

5.1.1 น้ำแป้งชนิดที่ใช้ยึดเกาะ (Interface/Adhesion batter) โดยปกติแล้วน้ำแป้งชนิดนี้ จะใช้ร่วมกับเกล็ดขนมปัง เพื่อตอบสนองความต้องการในด้านสี กลิ่นรส และความกรอบของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากน้ำแป้งส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ในด้านลักษณะปรากฏ และความหนาของเปลือก ซึ่งเป็นผลมาจากคุณลักษณะด้านความหนืดของน้ำแป้ง ทำหน้าที่เป็นชั้นยึดเกาะที่อยู่ตรงกลางระหว่างผิวของชิ้นอาหาร และเกล็ดขนมปังที่อยู่ชั้นนอกสุด โดยน้ำแป้งชนิดนี้จะไม่นิยมเติมสารที่ช่วยในการขึ้นฟูลงไป ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ดี ดูจากความสม่ำเสมอและความหนาในการเคลือบ และเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าน้ำแป้งที่มีความหนืดสูงจะสามารถยึดเกาะเกล็ดขนมปังได้มาก ดังนั้นน้ำแป้งชนิดนี้จึงมักจะประกอบด้วยแป้งสาลี หรือแป้งข้าวโพดในปริมาณมากเพื่อช่วยในการปรับปรุงคุณลักษณะด้านการยึดเกาะของน้ำแป้ง

5.1.2 น้ำแป้งชนิดเทมปุระ (Puff/Tempura batter) สำหรับน้ำแป้งชนิดนี้ ทั้งแป้งสาลี และแป้งข้าวโพดต่างก็มีบทบาทสำคัญ สามารถทำหน้าที่ในการเคลือบอาหารได้โดยไม่ต้องใช้ร่วมกับเกล็ดขนมปัง ดังนั้นน้ำแป้งชนิดนี้จึงต้องทำหน้าที่เป็นโครงสร้างและให้คุณภาพที่ดีใน

ด้านคุณลักษณะปรากฏแก่ผลิตภัณฑ์มากกว่าน้ำแป้งชนิดที่ใช้ยัดเกาะ และน้ำแป้งชนิดนี้มักถูกนำไปใช้หุบอาหารที่วางขายกับผู้บริโภคโดยตรงหรือใช้ในร้านอาหารทั่วไป น้ำแป้งชนิดนี้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปส่วนผสมแห้งสำเร็จรูป (Dry mix) พร้อมใช้งานโดยเพียงเติมน้ำก่อนการประกอบอาหาร น้ำแป้งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดความกรอบ ชั้นแป้งที่หุ้มอาหารมีความสม่ำเสมอเกิดเป็นชั้นเคลือบด้านนอก การเคลือบของน้ำแป้งทำให้เกิดรสชาติ เนื้อสัมผัส และลักษณะปรากฏของอาหารหุบแป้งทอด น้ำแป้งจะทำหน้าที่เสมือนเป็นสิ่งป้องกันการสูญเสียน้ำธรรมชาติของอาหาร ที่เป็นผลจากการแช่แข็งหรือการให้ความร้อนซ้ำ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมีความนุ่มและฉ่ำด้านใน แต่จะมีความกรอบด้านนอก

5.2 องค์ประกอบและสมบัติของน้ำแป้ง

น้ำแป้งสำหรับผลิตภัณฑ์หุบแป้งทอดโดยทั่วไปมีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ ส่วนประกอบหลักประกอบด้วยแป้งและผงฟู และส่วนประกอบรอง ได้แก่ เกลือ พริกไทย น้ำตาลทราย กระเทียมผง และอื่นๆ นอกจากนี้ยังมีการใช้สารเพิ่มความข้นหนืด เครื่องเทศ และส่วนผสมอื่นๆ เติมนลงไปเป็นปริมาณเล็กน้อยเพื่อให้มีลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และสีที่ต้องการ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2534) หากพิจารณาถึงหน้าที่ที่สำคัญของส่วนประกอบในน้ำแป้งหุบทอดสามารถแบ่งได้ ดังนี้ (Suderman and Cunningham, 1983)

5.2.1 พอลิแซคคาไรด์ ซึ่งได้แก่แป้งสาลี แป้งข้าวโพด สตาร์ชจากข้าวโพดและข้าวเจ้า อนุพันธ์ของเซลลูโลสคัดแปรและกัม พอลิแซคคาไรด์มีสมบัติเชิงหน้าที่ที่มีผลทางกายภาพ ได้แก่ การให้ความคงตัว โดยการเกิดปฏิกริยาระหว่างพอลิแซคคาไรด์ด้วยกัน หรือระหว่างพอลิแซคคาไรด์กับโปรตีน การให้ความหนืดโดยมีปฏิกริยาร่วมกับไขมัน และบางครั้งมีผลต่อการเกิดอิมัลชัน ตลอดจนมีความสามารถในการแขวนลอย การคงรูปเนื้อสัมผัส และอายุการเก็บรักษาของอาหารหุบแป้งทอด

แป้งที่นิยมนำมาใช้ในน้ำแป้ง คือ แป้งสาลี (Loewe, 1992) ซึ่งการที่แป้งสาลีมีบทบาทที่สำคัญต่อน้ำแป้งเนื่องจากการทำหน้าที่ของโปรตีนและสตาร์ชที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในแป้งสาลี ความหนืดของน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นในระหว่างการผสมน้ำแป้ง เนื่องจากการทำหน้าที่ของกลูเตน (Gluten) ถึงแม้ว่าในน้ำแป้งจะประกอบไปด้วยน้ำปริมาณมาก กลูเตนก็ยังคงทำหน้าที่สร้างความหนืดได้เช่นกัน ความสามารถในการจับกับน้ำของกลูเตนยังสามารถช่วยในการกระจายหรือการละลายของส่วนผสมอื่นๆที่ละลายน้ำได้เช่นกัน ส่งผลให้เกิดลักษณะปรากฏที่ดีของผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย นอกจากนี้คุณสมบัติการเกิดเจลของแป้ง โดยปริมาณอะไมโลสต่ออะไมโลเพกติน ก็มีผลต่อการดูดซับน้ำมัน และความกรอบของผลิตภัณฑ์ (Table 2)

5.2.2 โปรตีน แหล่งของโปรตีนที่ใช้ในน้ำแป้ง ได้แก่ นมผงต่างๆ และโปรตีนที่แยกจากนม ไข่ขาว แป้งธัญพืช โปรตีนเซลล์เดียว โดยโปรตีนมีหมู่อะมิโนที่ช่วยให้เกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยามอลลาร์ด (Maillard reaction) และยังทำให้น้ำแป้งมีคุณสมบัติการเป็นอิมัลชัน เนื่องจากมีทั้งส่วนที่ชอบและไม่ชอบน้ำ แป้งธัญพืชจะช่วยส่งเสริมคุณสมบัติของความหนืด ส่วนโปรตีนถั่วเหลืองจะมีคุณสมบัติการเกิดอิมัลชันรวมทั้งการดูดซับน้ำและไขมัน โปรตีนไข่จะช่วยให้โครงสร้างคงรูป และมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับสารให้ความหนืด (Suderman and Cunningham, 1983)

5.2.3 ไขมัน หน้าที่ของไขมันในการเคลือบยังไม่ทราบชัดเจน อย่างไรก็ตามไขมันเป็นแหล่งของวิตามินที่ละลายไขมัน และช่วยเพิ่มรสชาติของอาหาร (Fenema, 1996)

5.2.4 น้ำ ช่วยทำให้น้ำแป้งแขวนลอย อัตราส่วนของของแข็งและน้ำมีความสำคัญมาก มีผลต่อความหนืดและการยึดเกาะ น้ำจะทำหน้าที่ให้เกิดโครงสร้างขึ้น เช่น การทำปฏิกิริยากับโปรตีนและพอลิแซคคาไรด์ โดยทั่วไปสัดส่วนน้ำที่ใช้ต่อส่วนผสมแห้งเป็น 1.5-2:1 (ทนายวุฒิปัญญาพัฒนาบุตร, 2547)

Table 2. Concentrations and functionality of ingredients used in batter formulations.

Ingredient	Addition range (%)	Functionality or effect on quality
Heat Flour	>40	Structure, Viscosity
Corn flour	>30	Crispness, Golden brown color
Rice flour	<5	Transparency, Light texture, Improved adhesion
Starches	<5	Changes in tenderness and crunchiness Improve crispness
Leavening agents	<3	Open the structure of the batter upon cooking, Release moisture without blowing off the coating, Porous structure.
Gums	<1	Viscosity control, Solid suspension in cold batter, Ability to participate in gel/film formation
Flavorings and seasonings	Open	Acceptable taste profiles

ที่มา : Fiszman และ Salvador (2003)

5.2.5 เครื่องปรุงรส ได้แก่ น้ำตาล เกลือ พริกไทย และเครื่องเทศอื่นๆ หรือเครื่องเทศสกัด ในน้ำแป้งมีหน้าที่หลายอย่าง เช่น เกลือช่วยเพิ่มรสชาติ น้ำตาลทำให้เกิดกลิ่นรส และทำปฏิกิริยากับ เอมีน ทำให้เกิดเป็นสารประกอบสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด การเคลือบเครื่องปรุงรสจะช่วย พัฒนาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหาร และเพิ่มความพึงพอใจในการรับประทาน

5.3 ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารซุบแป้งทอด

ลักษณะและคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารซุบแป้งทอด ควรประกอบด้วยลักษณะ เนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏของอาหาร ที่เคลือบหรือห่อหุ้มด้วยชั้นของแป้งที่มีความสม่ำเสมอ ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มและฉ่ำภายใน แต่มีความกรอบด้านนอก มีสี กลิ่นรส และลักษณะปรากฏที่เหมาะสม เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ซึ่งประกอบด้วย

5.3.1 ความกรอบ (Crispness) เป็นลักษณะสำคัญของอาหารซุบแป้งทอด เมื่อผสมแป้งกับน้ำ แป้งจะดูดซับน้ำเข้าไปภายในเม็ดแป้ง เมื่อนำไปทอดอุณหภูมิของน้ำมันสูงกว่าจุดเดือดของน้ำ ทำให้น้ำในเม็ดแป้งเกิดแรงดันเพื่อระเหยน้ำออก ทำเม็ดแป้งเกิดรูพรุนทั่วทั้งชิ้น ขณะที่เกิดแรงดันในเนื้ออาหารก็เกิดแรงต้านทานหรือแรงยึดไม่ให้น้ำขยายตัวระเหยออก เมื่อมีความดันเพิ่มขึ้น แรงยึดหรือแรงต้านทานเพิ่มขึ้น ถ้าพลังงานความร้อนที่ได้รับเหมาะสมจะทำให้ความดันเท่ากับความต้านทาน ทำให้ได้รูพรุนสม่ำเสมอ และมีความชื้นเหลือพอเหมาะที่ทำให้มีความกรอบพอดี ส่งผลให้มีโครงสร้างและเนื้อสัมผัสดีไปด้วย (กมลทิพย์ มั่นภักดี, 2542) ความกรอบของอาหารซุบแป้งทอดสามารถวัดได้โดยการใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัส หรือวัดโดยใช้เครื่องวัดแรงกด (Texture analyzer) ซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันมาก (Mohamed *et al.*, 1998) โดยปัจจัยที่มีผลต่อความกรอบได้แก่

5.3.1.1 องค์ประกอบของแป้งที่เป็นส่วนผสม แป้งที่มีอะไมเลส (Amylase) สูงจะมีอุณหภูมิเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) สูง ซึ่งช่วยให้น้ำที่ผสมในแป้งหรือในชิ้นอาหารมีโอกาสได้รับความร้อน และระเหยออกมาได้มาก ก่อนที่แป้งจะเกิดเป็นเจลเคลือบชิ้นอาหาร ทำให้แป้งที่เคลือบอยู่หลังจากทอดสุกแล้ว ดูดซับน้ำจากชิ้นอาหารได้น้อยลง จึงยังคงมีความกรอบมากกว่าแป้งที่มีอุณหภูมิเจลาติไนเซชันต่ำ ซึ่งจะเกิดเป็นเจลอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้อะไมเลสยังเกิดเป็นฟิล์ม ที่มีโครงสร้างแข็งแรงกว่า อะมิโลเพกติน (Amylopectin) ดังนั้นแป้งที่มีปริมาณอะไมเลสสูง จึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์แป้งซุบทอดมีความกรอบสูงขึ้น แต่ต้องมีอัตราส่วนของอะมิโลสต่ออะมิโลเพกตินในระดับที่เหมาะสมไม่สูงเกินไป ทั้งนี้เนื่องจากถ้ามีอะมิโลสสูงเกินไป จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแข็งกระด้างจนผู้บริโภคไม่ยอมรับ นอกจากนี้วิธีการทำให้ชิ้นอาหารสุกก่อนนำมาซุบแป้ง ก็มีผล

ช่วยให้ความกรอบของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น เนื่องจากน้ำบางส่วนในชิ้นอาหารได้ระเหยออกไปก่อน นำมาชุบแป้งทอด (Suderman and Cunningham, 1983)

5.3.1.2 วิธีการให้ความร้อน การให้ความร้อนแบบที่นิยม คือ Deep-fat frying ซึ่งเป็นการทอดในกระทะก้นลึกที่มีน้ำมันมาก ซึ่งต้องควบคุมอุณหภูมิของน้ำมัน ให้อยู่ระหว่าง 150-220 องศาเซลเซียส เพราะถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 150 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์จะมีความพองกรอบน้อยลง เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ให้ไม่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดไอน้ำที่มีความดันสูง พอที่จะเคลื่อนที่ผ่าน โครงสร้างของแป้ง แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 220 องศาเซลเซียส จะเกิดปฏิกิริยาการaramelไลเซชัน (Caramelization) เร็วขึ้น ทำให้ผิวด้านนอกของผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว โดยที่น้ำในชิ้นอาหารระเหยออกไปได้น้อยความกรอบของผลิตภัณฑ์ลดลง

5.3.2 การยึดเกาะ (Adhesion) ในกระบวนการทอดแบบน้ำมันท่วมจะทำให้การยึดติดระหว่างน้ำแป้งกับชิ้นอาหารลดลง เนื่องจากชิ้นอาหารภายในเกิดการหดตัวจากการได้รับความร้อน ดังนั้นจึงควรทำให้ชิ้นอาหารที่จะนำมาชุบแป้งทอดนั้นสุกเสียก่อนจะช่วยให้การยึดเกาะดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีการใช้สารเพิ่มความข้นหนืดบางชนิด เป็นส่วนผสมในน้ำแป้งเพื่อทำให้การยึดเกาะดีขึ้น เช่น กัมจากพืช (Loewe, 1992) ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการเกาะติดผิวอาหาร ได้แก่

5.3.2.1 องค์ประกอบของแป้งที่เป็นส่วนผสม สตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลักของแป้งดังนั้นสัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกตินในสตาร์ช มีผลต่อโครงสร้างของสตาร์ช ถ้ามีอะมิโลสต่ำและอะมิโลเพกตินปริมาณสูง จะทำให้แป้งที่ชุบอาหารมีโครงสร้างที่มีน้ำหนักเบาและเปราะ และหลุดจากชิ้นอาหารได้ง่าย ในขณะที่สตาร์ชที่มีอะมิโลสสูงจะให้ฟิล์ม ที่แข็งแรงและมีความยืดหยุ่น มีรายงานว่าสตาร์ชที่มีปริมาณอะมิโลสสูงถึงร้อยละ 70 จะช่วยให้แป้งชุบทอดเกาะติดผิวอาหารมีพื้นผิวสม่ำเสมอ เหมาะสำหรับอาหารชุบทอดแช่เยือกแข็ง ที่นำมาอุ่นให้ร้อนอีกครั้งด้วยไมโครเวฟ (Kulp and Loewe, 1992) สตาร์ชที่คืนตัวได้ดี และสตาร์ชตัดแปรโดยวิธีพรีเจลาติไนเซชัน จะช่วยเพิ่มการเกาะติดชิ้นอาหารให้ดีขึ้น (Suderman and Cunningham, 1983) เนื่องจากสตาร์ชที่ผ่านการพรีเจลาติไนเซชันจะสามารถกระจายตัวในน้ำ และให้ความข้นหนืดได้ทันทีที่อุณหภูมิห้อง การชุบอาหารลงในน้ำแป้งสุกที่มีความข้นหนืดจะทำให้การเกาะติดของน้ำแป้งสุกบนชิ้นอาหารนั้นดีขึ้น

5.3.2.2 ปริมาณน้ำที่ใช้ผสม ความหนืดมีความสำคัญอย่างมากต่อการเกาะติดของส่วนผสมบนชิ้นอาหาร (Hsia *et al.*, 1992) ถ้าใช้น้ำในอัตราส่วนต่ำๆ จะทำให้แป้งชุบทอดมีความหนืดสูงขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการเกาะติดผิวอาหารสูงขึ้นเช่นกัน แต่จะมีผลทำให้การเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดสตาร์ชไม่สมบูรณ์ (Suderman and Cunningham, 1983) ส่วนการเติมน้ำปริมาณมากทำให้ความหนืดลดลง การเกาะติดชิ้นอาหารจะลดลง สารยึดเกาะที่ใช้เป็นส่วนผสมใน

แป้งผสมขุบทอดทำให้แป้งมีการยึดเกาะกับชั้นอาหารได้ดีขึ้น เช่น สารพอลิฟอสเฟต โปรตีนจาก ยีสต์ น้ำมันพืชแป้งออกซิไดซ์ และกัมจากพืช (Loewe, 1992)

5.3.2.3 วิธีการให้ความร้อน ในการทอดแบบน้ำมันท่วมโดยทั่วไปจะทำให้การยึดติดลดลงเนื่องจากชั้นอาหารภายในเกิดการหดตัวจากการได้รับความร้อน ดังนั้นอาจทำให้ชั้นอาหารที่จะนำมาชุบทอดนั้นสุกบางส่วนก่อนชุบแป้งจะทำให้การยึดเกาะดีขึ้น

5.3.4 สี (Color) ของผลิตภัณฑ์ชุบแป้งทอด เกิดจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันเป็นส่วนใหญ่ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงโดยการเกิดไฮโดรไลซิสของน้ำตาลในแป้ง แล้วเกิดพอลิเมอร์เซชันที่อุณหภูมิ 140-150 องศาเซลเซียส (กมลทิพย์ มั่นภักดี, 2542) และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของน้ำตาลรีดิวซิงกับโปรตีน จะมีผลทำให้สีของผลิตภัณฑ์ชุบแป้งทอดเข้มขึ้น โดยปัจจัยที่มีผลต่อสีคือ ส่วนผสมในน้ำแป้ง ซึ่งแป้งแต่ละชนิดจะให้สีของผลิตภัณฑ์หลังทอดแตกต่างกัน เช่น แป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเหนียวกับสตาร์ชข้าวโพดจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาลแวววาว (Glossy brown) เอนไซม์ α -อะมิเลสในแป้งธัญพืช จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น เนื่องจากเกิดเดกซ์ทรินจากปฏิกิริยาการย่อยสตาร์ชที่ถูกทำลาย (Damaged starch) ซึ่งเดกซ์ทรินทำให้เกิดปฏิกิริยาคาราเมลและคาราเมลไลเซชันมากขึ้นในระหว่างการทอด (Olewnik and Kulp, 1992) และวิธีการทอดที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ทำให้ปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันเกิดมากขึ้น จนอาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มซึ่งผู้บริโภคไม่ยอมรับ Van-Beynum และ Roels (1985) พบว่าสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันเกิดจากน้ำตาลในแป้งเอง และเกิดจากการย่อยสลายโมเลกุลสตาร์ชที่อุณหภูมิสูงกว่า 150 องศาเซลเซียส สามารถทำลายพันธะ α -1, 4 กลูโคซิดิกได้ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาพของน้ำมันที่ใช้ในการทอด (Loewe, 1992)

5.3.5 การดูดซับน้ำมัน ในการนำอาหารไปทอดในน้ำมันหากมีการควบคุมปัจจัยต่างๆไม่เหมาะสมจะส่งผลให้ชั้นอาหารดูดซับน้ำมันได้ ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค โดยทั่วไปอาหารชุบแป้งทอดจะดูดซับน้ำมันประมาณร้อยละ 25 (Meyers, 1992) ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับน้ำมันได้แก่

5.3.5.1 องค์ประกอบของแป้งที่เป็นส่วนผสม แป้งมีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลัก สตาร์ชที่มีอะมิโลสสูงจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการพองตัวต่ำ ซึ่งมีผลทำให้ดูดซับน้ำมันน้อยลง แต่ถ้าสตาร์ชมีอะมิโลเพกตินสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์พองตัวดี จึงดูดซับน้ำมันในระหว่างการทอดได้มาก นอกจากนี้สตาร์ชที่ดัดแปรด้วยวิธีพันธะข้ามจะช่วยให้การดูดซับน้ำมันลดลง เนื่องจากมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเพิ่มขึ้น และเกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของอะมิโลเพกตินหนาแน่นคล้ายอะมิโลสมากขึ้น มีผลทำให้การพองตัวต่ำลง สำหรับสตาร์ชที่มีความแข็งแรงของเจล (Gel strength) สูงจะช่วยให้อาหารชุบแป้งทอดดูดซับน้ำมันต่ำลงเช่นกัน (Pinthus *et al.*, 1992)

5.3.5.2 อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ทอด เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออาหารชุบแป้งทอด ดังนั้นควรใช้อุณหภูมิในการทอดสูงประมาณ 150-220 องศาเซลเซียส และใช้เวลาสั้นซึ่งทำให้การดูดซับน้ำมันต่ำลงเพราะขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นความหนาแน่นของน้ำมันต่ำลง นอกจากนี้เวลาการทอดที่น้อยลงทำให้การดูดซับน้ำมันเกิดขึ้นอย่างจำกัด การใช้อุณหภูมิในการทอดต่ำต้องใช้เวลาทอดนานขึ้นทำให้อาหารดูดซับน้ำมันได้มากขึ้น (Yang and Chen, 1979) เมื่อใช้น้ำมันที่มีจุดเกิดควันต่ำในการทอด จะทำให้อาหารดูดซับน้ำมันมากขึ้น เพราะไม่สามารถใช้อุณหภูมิในการทอดสูงได้ สำหรับรูปแบบการทอด ของอาหารชุบแป้งทอด พบว่าเมื่อนำอาหารชุบแป้งลงทอดในน้ำมันจะเกิดการเปลี่ยนแปลง คือ เกิดการถ่ายเทความร้อนจากน้ำมันเข้าสู่ชิ้นอาหาร โดยผ่านเปลือกแป้งที่หุ้มอยู่ น้ำที่อยู่ในเปลือกแป้งและชิ้นอาหารจะกลายเป็นไอซึ่งเคลื่อนที่เข้าสู่ผิวของผลิตภัณฑ์ ทำให้น้ำมันแทรกเข้าสู่เปลือกแป้ง (Suderman, 1992)

5.3.6 กลิ่นรส (Flavor) นอกจากผลิตภัณฑ์จะมีสี เนื้อสัมผัส และความกรอบที่ดีแล้ว กลิ่นรสนั้นยังมีผลโดยตรงต่อประสาทสัมผัสของมนุษย์ที่จะกระตุ้นให้เกิดการบริโภคหรือปฏิเสธการบริโภคขึ้นได้ นอกจากการเลือกสูตรของน้ำแป้งที่ใช้สารให้กลิ่นรสที่ดีแล้ว กลิ่นรสนั้นยังขึ้นกับวิธีในการแปรรูป เวลาที่ใช้ทอด อุณหภูมิในการทอด องค์ประกอบ และลักษณะของน้ำมันที่ใช้ทอด (Loewe, 1992)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยการสกัดแยกเนื้อสารองด้วยน้ำต่อปริมาณผลผลิต
2. เพื่อศึกษาผลของการฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อคุณภาพของเนื้อสารอง
3. เพื่อศึกษาวิธีการทำแห้งเนื้อสารองที่แตกต่างกันต่อคุณภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของสารองผง
4. เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้สารองผงเป็นสารเพิ่มความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์อาหารชุบแป้งทอด

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัสดุ

1. ผลสำรองแห้ง (Malva nut) จากแหล่งธรรมชาติภายในจังหวัดจันทบุรี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 1 เซนติเมตร มีลักษณะสมบูรณ์ ผิวไม่ฉีกขาด เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคม พ.ศ. 2551

2. ส่วนผสมและเครื่องปรุงรสสำหรับผลิตน้ำแข็งและเนื้อไก่ปรุงรส ประกอบด้วย แป้งประกอบอาหารตราโกกิ แป้งสาลีเอนกประสงค์ตราดาวฟ้า แป้งมันตราปลามังกร ผงฟูตราเบสฟู๊ดส์ เกลือป่นตราปรุงทิพย์ พริกไทยป่นตรามือที่หนึ่ง ผงปรุงรส รสไก่ตราคนอร์ เนื้อสันในไก่ตราเทศโก้โลดส์ ขนมห้างป่นปรุงรสตราโลโบ และน้ำมันปาล์มตรามรกต

3. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (35% Hydrogen peroxide, Food grade)

4. ปีโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether, Analytical grade)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการสกัดแยกและฟอกสีเนื้อสำรอง ได้แก่ ผ้าขาวบาง ถุงตาข่ายขนาดเล็ก อ่างพลาสติก เทอร์โมมิเตอร์ อ่างควบคุมอุณหภูมิ และเครื่องชั่งแบบหยาบ

2. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำแห้งเนื้อสำรองได้แก่ เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เครื่องทำแห้งแบบลมร้อน เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ถาดสแตนเลส ถาดพลาสติก และเครื่องบดละเอียด

3. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่บดปรุงรสหุบแป้งทอด ได้แก่ เครื่องชั่งไฟฟ้า เครื่องปั่น เครื่องสับผสม เครื่องทอดไฟฟ้า และเทอร์โมคัปเปิล

4. เครื่องมือในการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี และสมบัติเชิงหน้าที่ ได้แก่

4.1 เครื่องวัดค่าความหนืด ยี่ห้อ Brookfield viscometer รุ่น RVDII+ ประเทศสหรัฐอเมริกา

4.2 เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ HunterLab รุ่น Colorflex ประเทศสหรัฐอเมริกา

4.3 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA XT2i ประเทศอังกฤษ

4.4 เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ยี่ห้อ Novasina รุ่น TH 200 ประเทศสหรัฐอเมริกา

4.5 เครื่องหมุนเหวี่ยง ยี่ห้อ Sorvall รุ่น RC-5B plus ประเทศสหรัฐอเมริกา

4.6 ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus)

วิธีการทดลอง

การเตรียมวัตถุดิบ

คัดเลือกผลสำรองแห้งที่มีขนาดใกล้เคียงกัน มีลักษณะผลสมบูรณ์ ไม่มีผิวฉีกขาด นำมาล้างด้วยน้ำสะอาด เพื่อกำจัดฝุ่นละออง และเศษขยะที่ติดมากับผลสำรองแห้ง จากนั้นนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (Singthong *et al.*, 2007) แกะผลสำรองแห้ง เพื่อแยกเมล็ดภายในออก ส่วนที่เหลือต่อไปนี้จะเรียกว่า “สำรองแห้ง” ซึ่งประกอบด้วยเปลือก กากใย และเนื้อสำรอง นำสำรองแห้งที่ได้ไปวิเคราะห์ความชื้น (A.O.A.C., 2000) และเก็บรักษาในถุงพลาสติกปิดสนิทที่อุณหภูมิห้องเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

1. ศึกษาผลของปัจจัยการสกัดแยกเนื้อสำรองต่อปริมาณผลผลิต

จากการทดลองศึกษาวิธีการสกัดแยกเนื้อสำรองเบื้องต้น โดยใช้อัตราส่วนสำรองแห้งต่อน้ำ 1:25 1:50 1:75 1:100 และ 1:150 การอุณหภูมิปกติ (30 องศาเซลเซียส) 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส เวลา 3 6 9 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่าการสกัดแยกเนื้อสำรองที่อัตราส่วนสำรองแห้งต่อน้ำ 1:25 ทำให้บิบแยกเนื้อสำรองออกมาได้ยาก ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตน้อย และการสกัดแยกเนื้อสำรองที่อัตราส่วน 1:150 โดยใช้อุณหภูมิสูง เป็นเวลานาน จะไม่สามารถเก็บผลผลิตเนื้อสำรองได้ นอกจากนี้เวลาที่ใช้ในการสกัดแยกเนื้อสำรองเป็นช่วงที่กว้างมาก อาจไม่เหมาะสมกับการสกัดแยกเนื้อสำรอง จึงได้กำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัยในการศึกษาวิธีการสกัดแยกเนื้อสำรองจากสำรองแห้งด้วยน้ำดังนี้

1.1 อัตราส่วนสำรองแห้งต่อน้ำ คือ 1:50 1:75 และ 1:100 โดยน้ำหนัก

1.2 อุณหภูมิในการแยก คือ อุณหภูมิปกติ (30 องศาเซลเซียส) 60 และ 80 องศาเซลเซียส

1.3 ระยะเวลาในการแยก คือ 6 และ 12 ชั่วโมง

แต่สำรองแห้งในน้ำที่อัตราส่วนสำรองแห้งต่อน้ำ ภายใต้อุณหภูมิและเวลาที่ต่างกัน ตามชุดการทดลอง โดยใช้ภาชนะที่มีรูปร่างและขนาดเดียวกัน คนอย่างสม่ำเสมอทุก 15 นาที เพื่อให้สำรองแห้งสัมผัสกับน้ำอย่างสม่ำเสมอ หลังจากครบกำหนดเวลา นำสำรองที่ดูคุ่น้ำและพอง

ตัวใส่ในถุงตาข่ายขนาดเล็ก บีบแยกเอาเฉพาะเนื้อสำรอกออกจากส่วนของเปลือกและกากใย สังเกตปริมาณน้ำที่เหลือจากการแช่สำรอกแห้ง และระยะเวลาที่ใช้ในการบีบแยกเนื้อสำรอก กรองเนื้อสำรอกด้วยผ้าขาวบางอีกครั้ง ตั้งทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ 10 นาที นำเนื้อสำรอกที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก วิเคราะห์ความชื้น (A.O.A.C., 2000) (ภาคผนวก ก) และคำนวณปริมาณผลผลิตโดยน้ำหนักแห้ง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และจัดหน่วยทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial) (3x3x2) วิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเนื้อสำรอกด้วย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ทำการทดลอง 3 ซ้ำในทุกชุดการทดลอง (Steel and Torrie, 1960) คัดเลือกสภาวะการสกัดแยกเนื้อสำรอกที่ให้ปริมาณผลผลิตสูง โดยคำนึงถึงค่าพลังงาน เวลา และปริมาณน้ำที่ใช้ในการสกัดแยกเนื้อสำรอกร่วมด้วย

2. ศึกษาผลของการฟอกสีต่อคุณภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของเนื้อสำรอก

จากการทดลองศึกษาการฟอกสีเนื้อสำรอกเบื้องต้น โดยใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide, H_2O_2) ความเข้มข้นร้อยละ 2 4 6 8 และ 10 ที่อุณหภูมิปกติ 60 และ 80 องศาเซลเซียส เวลา 3 6 9 และ 12 ชั่วโมง พบว่าการฟอกสีเนื้อสำรอกที่ใช้ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และอุณหภูมิสูง ร่วมกับการฟอกสีเป็นเวลานาน ทำให้ไม่สามารถเก็บผลผลิตเนื้อสำรอก หรือเก็บผลผลิตได้น้อย จึงได้กำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ศึกษาดังต่อไปนี้ (ดัดแปลงวิธีจาก Maes and Delcour, 2000)

- 2.1 ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์คือ ร้อยละ 1 2 และ 3 โดยน้ำหนัก
- 2.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการฟอกสี คือ 1 และ 2 ชั่วโมง
- 2.3 อุณหภูมิในการฟอกสี คือ อุณหภูมิปกติ และ 60 องศาเซลเซียส

นำเนื้อสำรอกที่ผ่านการสกัดแยกด้วยสภาวะที่เหมาะสมจากข้อ 1 แช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อัตราส่วน 1 ต่อ 1 ที่ระดับความเข้มข้น เวลา และอุณหภูมิต่างกัน คนอย่างสม่ำเสมอ ทุก 15 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา ทำการล้างเนื้อสำรอกด้วยน้ำสะอาดจนกระทั่งมีสภาวะเป็นกลาง โดยทดสอบน้ำที่ได้จากการล้างเนื้อสำรอก ด้วยการวัดค่าพีเอชโดยใช้กระดาษลิตมัส กรองเนื้อสำรอกด้วยผ้าขาวบางอีกครั้ง ตั้งทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ 10 นาที นำเนื้อสำรอกที่ได้ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ และเคมี (ภาคผนวก ก) ได้แก่

- (1) ความชื้น (A.O.A.C., 2000)
- (2) ค่าสี (L^* , a^* , b^*) โดยใช้เครื่อง HunterLab colorimeter (Abdel-Aal and Sosulski, 2001)

(3) ความหนืด โดยใช้เครื่อง Brookfield viscometer (Peamprasart and Chiewchan, 2006)

การเตรียมตัวอย่างเนื้อสำหรับารวัดค่าสี และความหนืด โดยเตรียมเนื้อสำหรับารที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (โดยน้ำหนักแห้ง) ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิปกติ และนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นที่ความเร็วระดับกลาง นาน 15 วินาที นำตัวอย่างไปวัดค่าสี (L^* , a^* , b^*) โดยใช้เครื่อง HunterLab colorimeter ทั้งก่อนและหลังการพอกสี แล้วคำนวณค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total color different, ΔE) (ภาคผนวก ก) และวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer โดยใช้หัววัดเบอร์ 3 ที่ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที (Peamprasart and Chiewchan, 2006)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์และจัดรูปแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล ($3 \times 2 \times 2$) วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแตกต่างของสีโดยรวม และความหนืดของเนื้อสำหรับารด้วย Analysis of Variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test ทำการทดลอง 3 ซ้ำในทุกชุดการทดลอง (Steel and Torrie, 1960) คัดเลือกสภาวะการพอกสีเนื้อสำหรับาร ที่ให้ผลผลิตที่มีความหนืด และความแตกต่างของสีโดยรวมสูง

□ การศึกษาผลของการทำแห้งต่อคุณภาพของสำหรับารผง

นำเนื้อสำหรับารที่ผ่านการพอกสีจากข้อ 2 มาทำแห้งด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 3 วิธี และกำหนดให้ทำแห้งเนื้อสำหรับารจนกระทั่งมีความชื้นประมาณร้อยละ 3-6 (วิลโลว์ รังสาทอง, 2547) คือ

3.1 การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส

3.2 การทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum drying) โดยใช้ความร้อนจากไอน้ำที่ทำให้ลูกกลิ้งมีอุณหภูมิประมาณ 110-115 องศาเซลเซียส

3.3 การทำแห้งแบบตู้อบลมร้อน (Hot air drying) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

นำเนื้อสำหรับารแห้งจากข้อ 3.2 และ 3.3 มาปั่นด้วยเครื่องปั่นแห้งให้เป็นผงละเอียด แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช บรรจุในถุงพลาสติกปิดสนิท วิเคราะห์สมบัติทางเคมี กายภาพ และสมบัติเชิงหน้าที่ (ภาคผนวก ก) ของสำหรับารผงที่ผ่านการทำแห้งทุกวิธี ได้แก่

(1) ความชื้น (A.O.A.C., 2000)

(2) วอเตอร์แอกทิวิตี (Water activity) (A.O.A.C., 2000)

(3) ค่าสี L^* , a^* , b^* โดยใช้เครื่อง HunterLab colorimeter (Abdel-Aal and Sosulski,

2001)

(4) ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fiber) ปริมาณใยอาหารที่ละลายได้ (Soluble dietary fiber) และปริมาณใยอาหารที่ละลายไม่ได้ (Insoluble dietary fiber) ด้วยวิธี Enzymatic gravimetric (A.O.A.C., 2000)

(5) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity, WHC) (Tomotak *et al.*, 2002)

(6) ความหนืดของสารองผง เมื่อนำกลับมาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้เครื่อง Brookfield viscometer (Peamprasart and Chiewchan, 2006)

(7) โครงสร้างทางกายภาพของเนื้อสารองผง โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) เนื่องจากตัวอย่างสารองผงจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีลักษณะเป็นแผ่นและมีน้ำหนักเบา ซึ่งไม่สามารถปั่นเป็นผงละเอียด และร่อนผ่านตะแกรงได้ จึงได้ใช้วิธีบดด้วยถ้วยครูซิเบิ้ล ส่วนตัวอย่างเนื้อสารองแห้งอีก 2 วิธี มีลักษณะเป็นผงละเอียดแล้ว จึงสามารถใช้ได้เลย ทำการติดตัวอย่างสารองผงบนแท่น และฉาบผิวตัวอย่างด้วยทองคำก่อนนำไปศึกษาด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 300 เท่า (JSM-5800 LV, JEOL, Japan) (Nammakuna *et al.*, 2009)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test ทำการทดลอง 3 ซ้ำในทุกชุดการทดลอง (Steel and Torrie, 1960) เลือกวิธีการทำแห้งที่ให้สารองผงที่มีความหนืด ค่า L* ปริมาณใยอาหาร ความสามารถในการอุ้มน้ำ และปริมาณผลผลิตที่สูง แต่มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และปริมาณความชื้นที่ต่ำ โดยคำนึงถึงเวลา และต้นทุนในการผลิตร่วมด้วย (ภาคผนวก ก)

□ การประยุกต์ใช้สารองผงเป็นสารเพิ่มความชื้นในน้ำแข็ง

□1 การเตรียมน้ำแข็ง ทำการเตรียมน้ำแข็งเพื่อหุบผลิตภัณฑ์ทอด ทั้งหมดรวม 8 สูตร (Table 3) ประกอบด้วย

4.1.1 สูตรการค้า (ตราโกกิ) ซึ่งมีส่วนผสมใน 100 กรัม ประกอบด้วย แป้งสาลี 89 กรัม แป้งมัน 6 กรัม ผงฟู 4 กรัม เกลือและเครื่องปรุงรส 1 กรัม ผสมแป้งผสมสำเร็จรูปกับน้ำเย็น (15 องศาเซลเซียส) ในอัตราส่วน 1:1.5 โดยน้ำหนัก (สูตร A)

4.1.2 สูตรมาตรฐาน ซึ่งมีส่วนผสมหลักใน 100 กรัม ประกอบด้วย แป้งสาลี 89 กรัม แป้งมัน 6 กรัม เกลือ 1 กรัม และผงฟู 4 กรัม ผสมให้เข้ากัน แล้วผสมกับน้ำเย็น (15 องศาเซลเซียส) ในอัตราส่วน 1:1.5 โดยน้ำหนัก (สูตร B)

4.1.3 สูตรทดลองที่ใช้สำรวจเพิ่มความข้นหนืดและทดแทนแป้งสาลีในสูตรมาตรฐาน โดยใช้สำรวจผง และแป้งสาลี ในปริมาณที่แตกต่างกัน (สูตร C-H) โดยการแช่สำรวจผงในน้ำที่อุณหภูมิปกติ ประมาณ 5 นาที จากนั้นนำไปแช่เย็น (15 องศาเซลเซียส) และนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น ที่ความเร็วระดับกลาง นาน 15 วินาที แล้วผสมกับส่วนผสมแห้งทั้งหมด

Table 1 Formulations of batter.

Formula	CMP* (g)	Wheat Flour (g)	Tapioca Flour (g)	Baking powder (g)	Salt (g)	Water (g)
A	0	89	6	4	1	150
B	0	89	6	4	1	150
C	0.25	89	6	4	1	150
D	0.25	79	6	4	1	150
E	0.25	69	6	4	1	150
F	0.50	89	6	4	1	150
G	0.50	79	6	4	1	150
H	0.50	69	6	4	1	150

* Crude malva nut powder

2 การวิเคราะห์คุณภาพและลักษณะของน้ำแป้ง (ภาคผนวก ก) ดังนี้

4.2.1 ความหนืด โดยใช้เครื่อง Brookfield viscometer (Peamprasart and Chiewchan, 2006)

4.2.2 ค่าสี (L*, a*, b*) โดยใช้เครื่องวัดสี HunteLab colorimeter (Abdel-Aal and Sosulski, 2001)

4.2.3 ปริมาณการเคลือบเกาะของน้ำแป้ง (Pick up of batter) (Salvador *et al.*, 2005)

4.2.4 ความสามารถในการรักษาน้ำ (Water retention capacity, WRC) (Sanz *et al.*, 2008)

การประยุกต์ใช้น้ำแป้งสำหรับผลิตภัณฑ์ไก่ชุบแป้งทอด

4.3.1 การเตรียมวัตถุดิบและการทอดผลิตภัณฑ์ไก่อบปรุงรสชุบแป้งทอด โดยใช้เนื้อสันในไก่ สับผสมกับเกลือ ร้อยละ 0.5 ผงปรุงรส รสไก่ ร้อยละ 1.5 พริกไทย ร้อยละ 1 แป้งสาลี ร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก แล้วนวดให้เป็นเนื้อเดียวกัน ชั่งน้ำหนัก 10 กรัม กดในพิมพ์รูปวงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร หนาประมาณ 1 เซนติเมตร คลุกด้วยแป้งสาลี (Pre-dust) ชุบในน้ำ

แป้งสูตรทางการค้า (สูตร A) สูตรมาตรฐาน (สูตร B) และสูตรทดลองที่เติมสารรองผง (สูตร C-H) นาน 5 วินาที คลุกด้วยขนมปังป่นละเอียด แล้วนำไปทอดในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส (Akdeniz *et al.*, 2006) เป็นเวลา 3 นาที โดยควบคุมปริมาณน้ำมัน จำนวนชั้นของตัวอย่าง และอุณหภูมิเริ่มต้นในการทอดแต่ละครั้งให้เท่ากัน

4.3.2 วิเคราะห์คุณภาพและลักษณะของผลิตภัณฑ์ไก่บดปรุงรสซุบแป้งทอด ซึ่งซุบน้ำแป้ง สูตรทางการค้า สูตรมาตรฐานและสูตรทดลองที่เติมสารรองผง (ภาคผนวก ก) ดังนี้

(1) ปริมาณเปลือกแป้งของผลิตภัณฑ์ (Crust) (ดัดแปลงจาก Baixauli *et al.*, 2003)
 (2) ปริมาณไขมันในเปลือกแป้ง โดยใช้วิธี Soxhlet extraction (A.O.A.C., 2000)
 (3) ค่าแรงเนียนของผลิตภัณฑ์ (Shear force) โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) (ดัดแปลงจาก Juemane *et al.*, 2009) โดยใช้ Load cell ขนาด 5 กิโลกรัม กำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ของใบมีดเท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที

(4) ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่อง HunterLab colorimeter (Abdel-Aal and Sosulski, 2001)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test ทำการทดลอง 3 ซ้ำในทุกชุดการทดลอง (Steel and Torrie, 1960) คัดเลือกน้ำแป้งสูตรทดลองที่เติมสารรองผงซึ่งมีสมบัติใกล้เคียงน้ำแป้งสูตรทางการค้า และสูตรมาตรฐาน 2 สูตรเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

4.3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่บดปรุงรสซุบแป้งทอด ที่ซุบน้ำแป้งสูตรทางการค้า สูตรมาตรฐาน และสูตรทดลองที่คัดเลือกจากข้อ 4.3.2 จำนวน 2 สูตร ทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี ความแข็ง การอมน้ำมัน รสชาติ และความชอบรวม ใช้ hedonic scale ที่ 9 ระดับ โดยความชอบมากที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 9 และความชอบน้อยที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 1 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ใช้ผู้ทดสอบชิมทั่วไป 30 คน วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1960)

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาการผลิตสารรองผงและประยุกต์ใช้สารรองผงเป็นสารเพิ่มความข้นหนืดในน้ำแป้ง จากการเตรียมผลสารรองแห้งโดยการคัดเลือก ล้าง อบแห้ง และคัดแยกส่วนของเมล็ดดอกแล้ว มีปริมาณสารรองแห้งร้อยละ 56.67 โดยน้ำหนักของลูกสารรองแห้ง มีความชื้นร้อยละ 14.69

1. การศึกษาปัจจัยการสกัดแยกเนื้อสารรองต่อปริมาณผลผลิต

การสกัดแยกเนื้อสารรองด้วยการแช่น้ำที่อัตราส่วนสารรองแห้งต่อน้ำ เท่ากับ 1:50 1:75 และ 1:100 ที่อุณหภูมิปกติ 60 และ 80 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการสกัด 6 และ 12 ชั่วโมง ต่อปริมาณผลผลิต พบว่า อัตราส่วนสารรองแห้งต่อน้ำ ไม่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตเนื้อสารรอง (Table 4) แต่อุณหภูมิและเวลาในการสกัดแยกเนื้อสารรอง ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table A1) โดยพบว่าเมื่อใช้เวลา และอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณผลผลิตลดลง

Table 4. Effect of extraction conditions on yield of extracted crude malva nut.

Time (h)	Temperature (°C)	Yield of crude malva nut (%)*		
		Dried malva nut :water		
		1:50	1:75	1:100
6	30	53.32±0.12 ^{ns,B}	53.68±0.24 ^{ns,B}	53.53±0.19 ^{ns,B}
	60	53.60±0.98 ^{ns,B}	53.44±0.34 ^{ns,B}	53.69±0.30 ^{ns,B}
	80	52.01±0.10 ^{ns,A}	52.08±0.49 ^{ns,A}	52.15±0.12 ^{ns,A}
12	30	53.24±0.24 ^{b,C}	52.59±0.04 ^{a,B}	52.79±0.33 ^{a,B}
	60	51.50±0.48 ^{ns,B}	51.34±0.71 ^{ns,A}	51.83±0.66 ^{ns,B}
	80	50.60±0.23 ^{ns,A}	50.93±0.36 ^{ns,A}	50.32±0.97 ^{ns,A}

* mean±SD from 3 replicates

^{ns} in the same row indicated non-significantly differences ($p \geq 0.05$)

^{a, b, c} in the same row indicated significantly differences ($p < 0.05$)

^{A, B, C} in the same column of each time indicated significantly differences ($p < 0.05$)

การสกัดแยกเนื้อสำรอกโดยการแช่สำรอกแห้งในน้ำปริมาณ 50-100 เท่าของ สำรอกแห้ง ไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิต ($p \geq 0.05$) (Table A1) แต่ทำให้สำรอกแห้งสามารถดูดน้ำ และ พองตัวได้แตกต่างกัน ส่งผลต่อปริมาณน้ำที่เหลือจากการแช่ เวลา และความสะดวกในกระบวนการ บีบแยกเนื้อสำรอกออกจากส่วนของเปลือกและกากใย ให้ทำให้มีปริมาณน้ำเหลือในขั้นตอนการแช่ สำรอกแห้งในน้ำแตกต่างกัน และเมื่อนำสำรอกแห้งที่ดูดน้ำและพองตัวมาบีบแยกเนื้อสำรอก จะใช้ เวลาในขั้นตอนการบีบแยกเนื้อแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังส่งผลต่อความสะดวกในการบีบแยกเนื้อ สำรอกด้วย โดยการสกัดแยกเนื้อสำรอกที่อัตราส่วนสำรอกแห้งต่อน้ำ 1:50 สำรอกแห้งสามารถดูด น้ำได้ทั้งหมด โดยไม่มีปริมาณน้ำเหลือในกระบวนการแช่ น้ำ เมื่อนำสำรอกที่ดูดน้ำและพองตัวแล้ว มาบีบแยกเนื้อสำรอกออกจากเปลือกและกากใย จะใช้เวลาประมาณ 15 นาทีต่อเนื้อสำรอกที่ได้ ประมาณ 450 กรัม (สำรอกแห้ง 10 กรัม แช่ในน้ำ 500 มิลลิลิตร) อาจเนื่องจากเนื้อสำรอกดูดน้ำและ พองตัวได้ไม่เต็มที่ ลักษณะเนื้อสำรอกมีความเข้มข้นสูง ดังนั้นจึงบีบแยกเนื้อสำรอกออกมาได้ยาก และใช้เวลามากขึ้นเมื่อเทียบกับการสกัดแยกที่อัตราส่วนน้ำ 1:75 และ 1:100 การสกัดแยกเนื้อ สำรอกที่อัตราส่วนสำรอกแห้งต่อน้ำ 1:75 พบว่าสำรอกแห้งสามารถดูดน้ำและพองตัวได้เต็มที่ โดย สังเกตได้จากปริมาณน้ำที่เหลือในการแช่สำรอกแห้งในน้ำประมาณร้อยละ 15-20 ของปริมาณน้ำ เริ่มต้น ทำให้การบีบแยกเนื้อสำรอกจะสามารถทำได้ง่าย ใช้เวลาประมาณ 10 นาทีต่อเนื้อสำรอกที่ ได้ประมาณ 500 กรัม น้อยกว่าการสกัดแยกที่อัตราส่วนสำรอกแห้งต่อน้ำ 1:50 การสกัดแยกเนื้อ สำรอกที่อัตราส่วนสำรอกแห้งต่อน้ำ 1:100 สำรอกแห้งสามารถดูดน้ำและพองตัวได้เต็มที่ และมีน้ำ เหลือในการแช่สำรอกแห้งในน้ำ ปริมาณมากที่สุด ประมาณร้อยละ 30-35 ของปริมาณน้ำเริ่มต้น และ ในขั้นตอนการบีบแยกเนื้อสำรอกสามารถทำได้ง่าย และใช้เวลาประมาณ 7 นาที ต่อเนื้อสำรอกที่ได้ ประมาณ 500 กรัม ซึ่งใช้นเวลาน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การสกัดแยกที่อัตราส่วน 1:50 และ 1:75

การสกัดแยกเนื้อสำรอกที่เวลา 6 และ 12 ชั่วโมง มีผลต่อปริมาณผลผลิต ($p < 0.05$) โดยพบว่า การแช่สำรอกแห้งที่อุณหภูมิและอัตราส่วนน้ำเดียวกัน เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณ ผลผลิตลดลง อาจเนื่องจากเวลาในการแช่น้ำที่มากขึ้นส่งผลให้สำรอกแห้งสามารถดูดน้ำและพอง ตัวได้เต็มที่ และมีบางส่วนละลายออกมากับน้ำที่ใช้ในขั้นตอนการแช่สำรอกแห้ง ซึ่งเนื้อสำรอกมี ส่วนประกอบที่สำคัญ คือ โยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ (พร้อมลักษณะ สมบูรณ์ปัญญากุล, 2548) ส่วนการสกัดแยกเนื้อสำรอกที่อุณหภูมิลดลง อัตราส่วนสำรอกแห้งต่อน้ำ 1:50 เวลาการแช่สำรอก แห้งที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลทำให้ปริมาณผลผลิตลดลง ซึ่งอาจเนื่องจากในกระบวนการแช่น้ำ มีปริมาณน้ำ น้อย ทำให้สำรอกดูดน้ำได้ไม่เต็มที่ จึงทำให้สารพอลิแซคคาไรด์ในเนื้อสำรอก ไม่สามารถละลาย ออกมาได้

การสกัดแยกเนื้อสำรอกที่อุณหภูมิปกติ 60 และ 80 องศาเซลเซียส มีผลต่อปริมาณผลผลิต ($p < 0.05$) เมื่อใช้เวลาและอัตราส่วนสำรอกแห้งต่อน้ำเดียวกัน ทำให้ปริมาณผลผลิตเนื้อสำรอกลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น โดยการสกัดแยกเนื้อสำรอกที่อุณหภูมิปกติ และ 60 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง อัตราส่วนสำรอกแห้งต่อน้ำเดียวกัน ปริมาณผลผลิตที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) โดยมีปริมาณผลผลิตประมาณร้อยละ 53 แต่การสกัดแยกเนื้อสำรอกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง อัตราส่วนสำรอกแห้งต่อน้ำเดียวกัน จะทำให้ปริมาณผลผลิตลดลง ($p < 0.05$) โดยมีปริมาณผลผลิตประมาณร้อยละ 52 การสกัดแยกเนื้อสำรอกที่อุณหภูมิสูง (60 และ 80 องศาเซลเซียส) สามารถช่วยให้สำรอกแห้งคุดน้ำและพองตัวได้มากขึ้น พันธะของสายพอลิแซคคาไรด์คลายตัวออก ทำให้บางส่วนของสายพอลิแซคคาไรด์หลุดออกจากกัน ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตเนื้อสำรอกที่เก็บได้ลดลง นอกจากนี้อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีส่วนช่วยในการเร่งการละลายของพอลิแซคคาไรด์ส่วนที่ละลายน้ำได้ให้มากยิ่งขึ้น โดยโมเลกุลของเนื้อสำรอกจะประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีคุณสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic) เมื่อได้รับความร้อน พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวออก ทำให้สามารถคุดน้ำและพองตัวได้มากขึ้น และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น พันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย (กลั่นรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546) ทำให้มีเนื้อสำรอกบางส่วนละลายออกมากับน้ำที่ใช้ในการแช่สำรอก

ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดแยกเนื้อสำรอกด้วยน้ำ คือใช้อัตราส่วนสำรอกแห้งต่อน้ำ 1:75 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิปกติ (30 องศาเซลเซียส) เวลา 6 ชั่วโมง โดยสามารถแยกเนื้อสำรอกได้ร้อยละ 53.68 ของน้ำหนักสำรอกแห้ง

2. การศึกษาผลของการฟอกสีต่อคุณภาพของเนื้อสำรอก

การฟอกสีเนื้อสำรอกด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 2 และ 3 ในสัดส่วนเนื้อสำรอกต่อสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1:1 ที่อุณหภูมิปกติ และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง พบว่า อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีผลต่อสี และความหนืดของเนื้อสำรอก ($p < 0.05$) (Table 5) การวัดค่าสีของเนื้อสำรอก ในระบบ Hunter วัดค่า L^* a^* และ b^* โดยค่า L^* จะแสดงถึงความสว่าง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 100 แสดงถึงสีขาว และต่ำสุดเท่ากับ 0 แสดงถึงสีดำ ค่า a^* ที่เป็นค่าบวก (+) จะหมายถึงสีแดง ถ้าเป็นค่าลบ (-) จะหมายถึงสีเขียว ค่า b^* ถ้าเป็นค่าบวก (+) จะหมายถึงสีเหลือง ถ้าเป็นค่าลบ (-) จะหมายถึงสีน้ำเงิน

เนื้อสำรอกโดยทั่วไปจะมีสีน้ำตาลเข้ม (Figure 2A) วัดค่า L^* a^* และ b^* ได้เท่ากับ 26.38 20.38 และ 38.69 ตามลำดับ เมื่อฟอกสีเนื้อสำรอกด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่

ระดับความเข้มข้น เวลา และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น จะทำให้เนื้อสารรมมีสีอ่อนลง (Figure 2B) นำมาวัดค่าสี L* a* และ b* จากนั้นคำนวณค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total color different, ΔE) ซึ่งคำนวณได้จากความแตกต่างค่าสีของเนื้อสารรมก่อน และหลังการฟอกสี พบว่าเนื้อสารรมหลังการฟอกสี มีค่า ΔE เพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่อุณหภูมิ และเวลาที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีสมบัติเป็นสารออกซิไดซ์ และได้รับการยอมรับว่าเป็น Strong oxidizing agent สามารถทำหน้าที่เป็นสารฟอกขาวที่สำคัญ (Brooks and Moore, 2000; Mussatto *et al.*, 2008) ซึ่งสามารถฟอกสีของรงควัตถุให้ขาวขึ้นได้ โดยระดับความขาวจะเพิ่มขึ้นตามระดับออกซิเดชันที่สูงขึ้น (Rutenberg and Solarek, 1984)

Table 5. Effect of bleaching conditions on total color different (ΔE) and viscosity of crude malva nut.

Condition			Color***				Viscosity***	
Temp. (°C)	Time (h)	H ₂ O ₂ (%)	L*	a*	b*	(ΔE)	(cPs)	
Control**	0	0	26.38	20.38	38.69	-	1865.00±5.00	
30	1	1	29.28	18.96	42.56	5.05±0.10 ^a	1843.33±10.41 ^b	
		2	30.50	18.38	43.42	6.59±0.23 ^b	1835.00±5.00 ^b	
		3	31.80	18.83	44.60	8.17±0.20 ^c	1785.00±8.66 ^a	
	2	1	31.95	18.45	44.33	8.16±0.16 ^a	1776.67±7.64 ^b	
		2	33.48	19.03	44.18	9.07±0.11 ^b	1760.00±5.00 ^a	
		3	35.32	18.54	45.07	11.13±0.12 ^c	1753.33±7.64 ^a	
	60	1	1	44.71	12.44	43.63	20.58±0.30 ^a	981.67±10.41 ^c
			2	46.71	11.68	42.65	22.46±0.30 ^b	943.33±7.64 ^b
			3	48.77	10.45	41.55	24.66±0.56 ^c	915.00±5.00 ^a
2		1	49.04	10.62	40.26	24.73±0.09 ^a	920.00±5.00 ^c	
		2	50.94	9.43	39.55	26.90±0.06 ^b	863.33±7.64 ^b	
		3	52.89	8.19	38.34	29.18±0.12 ^c	815.00±10.00 ^a	

** no bleaching

*** mean±SD from 3 replicates

^{a, b, c} in the same column indicated significantly differences (p<0.05)

จากผลการทดลองดังแสดงใน Table 5 พบว่า ค่า ΔE ของเนื้อสำรอง ที่ฟอกสีโดยใช้ อุณหภูมิ และเวลาเดียวกันแต่ระดับความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่างกัน จะมี ค่า ΔE แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table A2) โดยค่า ΔE ของเนื้อสำรองที่ฟอกสี ด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 3 สูงสุดในทุกช่วงอุณหภูมิ และเวลา เดียวกัน การฟอกสีที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำค่า ΔE ของเนื้อสำรองเพิ่มสูงขึ้น อาจเนื่องจากอุณหภูมิและ เวลาที่สูงขึ้นมีส่วนช่วยให้เนื้อสำรองดูดน้ำเข้าไปในโครงสร้างได้มากขึ้น ทำให้สารละลายไฮโดรเจน เปอร์ออกไซด์สามารถแทรกเข้าไปในโครงสร้างเนื้อสำรองได้มากเกิดปฏิกิริยาในการฟอกสีได้อีก ทางหนึ่งด้วย



Figure 2. Color of crude malva nut before (A) and after (B) bleaching with 1 % hydrogen peroxide solution at ambient temperature.

การวัดค่าความหนืดของเนื้อสำรองก่อนจะเข้าสู่กระบวนการฟอกสี โดยใช้เครื่อง Brookfield viscometer (Peamprasart and Chiewchan, 2006) มีความหนืดเท่ากับ 1865 cPs และเมื่อ ฟอกสีเนื้อสำรองที่ด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น เวลา และอุณหภูมิ ที่เพิ่มขึ้น พบว่ามีค่าความหนืดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table A2) อาจเนื่องจาก สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการฟอกสี มีสมบัติเป็นสารออกซิไดซ์ ทำให้เกิดการ ทำลายโครงสร้างของเนื้อสำรอง ส่งผลให้ขนาดโมเลกุลของเนื้อสำรองเล็กลง รวมทั้งอุณหภูมิและ เวลาในการฟอกสี มีผลต่อการละลายของสารพอลิแซคคาไรด์ นอกจากนี้อาจเนื่องจากสภาวะความ เป็นต่างในกระบวนการฟอกสี อาจทำให้เกิดการย่อยสลายของสารพอลิแซคคาไรด์ในเนื้อสำรอง (Somboonpanyakul *et al.*, 2006)

เนื่องจากสภาวะในการฟอกสี ส่งผลต่อลักษณะที่ต้องการของเนื้อสำรองที่แตกต่าง กัน โดยในการทดลองนี้ต้องการฟอกสีเนื้อสำรองเพื่อให้มีสีอ่อนลงและมีความหนืดสูง ดังนั้นจึง

คัดเลือกสภาวะในการฟอกสี ที่ทำให้เนื้อสารรมมีค่า ΔE สูง และยังคงมีความหนืดสูงด้วย คือการฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่อุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เนื้อสารรมที่ได้จะมีสีเหลือง/สีน้ำตาลอ่อน และมีค่าความหนืดที่เหมาะสม

3. การศึกษาผลของการทำแห้งต่อคุณภาพของสารรมผง

การทำแห้งเนื้อสารรมที่สกัดแยกและฟอกสี (จากข้อ 2) ด้วยวิธีการและสภาวะที่แตกต่างกัน คือ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส แบบลูกกลิ้ง (Drum drying) ที่อุณหภูมิลูกกลิ้ง ประมาณ 115-120 องศาเซลเซียส และแบบอบลมร้อน (Hot air drying) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ เคมี และสมบัติเชิงหน้าที่ที่สำคัญของสารรมผง ดังแสดงใน Table 6

Table 6. Main properties of crude malva nut powder (CMP) by different drying method.

Properties**	Drying method		
	Freeze drying	Drum drying	Hot air drying
Physical			
Viscosity (cPs)	1530.00±5.00 ^c	948.33±20.05 ^a	1462.50±37.00 ^b
L*	29.05±0.39 ^c	16.01±0.21 ^a	22.20±0.13 ^b
a*	16.29±0.29 ^c	6.67±0.20 ^a	11.54±0.20 ^b
b*	40.99±0.64 ^c	30.53±0.33 ^a	38.96±0.16 ^b
Water activity	0.48±0.02 ^a	0.51±0.01 ^a	0.56±0.02 ^b
Chemical			
Moisture (%)	2.62±0.05 ^a	3.70±0.21 ^b	5.28±0.10 ^c
Total dietary fiber (%) (dry basis)	51.34±2.23 ^{ns}	52.91±1.42 ^{ns}	52.66±1.12 ^{ns}
Soluble dietary fiber (%) (dry basis)	44.17±1.39 ^b	41.21±0.37 ^a	43.06±0.21 ^b
Insoluble dietary fiber (%) (dry basis)	7.17±0.85 ^a	11.70±1.05 ^c	9.60±1.33 ^b
Functional			
Water holding capacity (g/g CMP)	85.36±0.42 ^c	59.75±0.98 ^a	78.81±0.84 ^b

** mean±SD from 3 replicates

^{ns} in the same row indicated non-significantly differences ($p \geq 0.05$)

^{a, b, c} in the same row indicated significantly differences ($p < 0.05$)

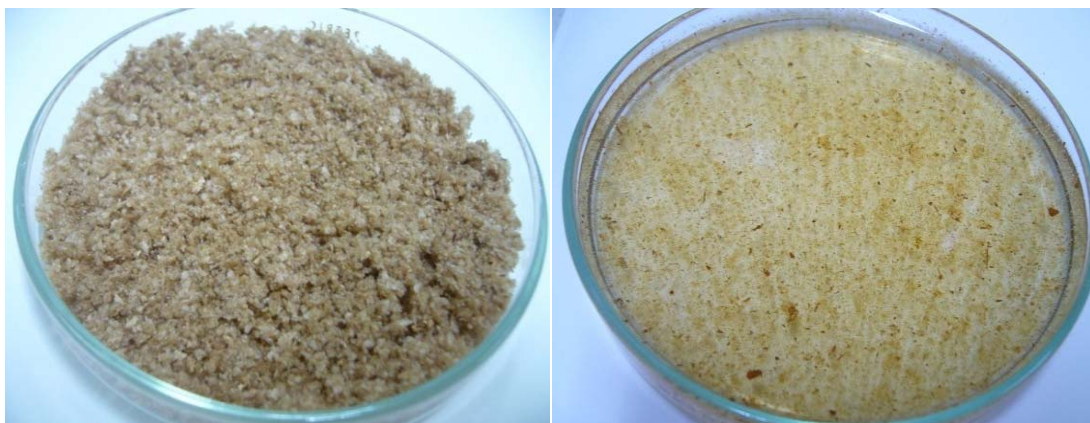
3.1 สมบัติทางกายภาพของสารองผง ประกอบด้วย

3.1.1 ความหนืด

สารองผงที่ได้จากการทำแห้ง ทั้ง 3 แบบ มีความหนืดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table A3) โดยสารองผงที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จะมีค่าความหนืดสูงที่สุด คือ 1530 cPs สารองผงที่ได้จากการทำแห้งแบบลมร้อน มีความหนืดเท่ากับ 1462.50 cPs และสารองผงที่ทำแห้งแบบลูกกลิ้ง มีความหนืดน้อยที่สุด คือ 948.33 cPs (Table 6) อาจเนื่องจากในกระบวนการทำแห้งแต่ละวิธี ใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเนื้อสารอง โดยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ซึ่งใช้อุณหภูมิต่ำที่ -40 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และมีโครงสร้างที่เป็นรูพรุน (วิล รังสาตทอง, 2547) เมื่อนำกลับมาแช่น้ำ ทำให้มีความหนืดใกล้เคียงกับเนื้อสารองก่อนการทำแห้ง (1776.67 cPs) แต่มีค่ามากกว่าสารองผงที่ทำแห้งแบบลูกกลิ้ง และแบบอบลมร้อนซึ่งใช้อุณหภูมิสูงกว่า (110-115 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ) โดยการทำแห้งเนื้อสารองที่อุณหภูมิสูง ทำให้น้ำระเหยออกอย่างรวดเร็ว และเกิดการหดตัวของโครงสร้างเนื้อสารอง เมื่อนำกลับมาแช่น้ำแล้ววัดความหนืด พบว่ามีค่าความหนืดลดลง

3.1.2 สี

การทำแห้งเนื้อสารองด้วยวิธีที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อค่าสี ($L^* a^* b^*$) ของสารองผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table A3) โดยพบว่าสารองผงจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีสีอ่อนกว่าสารองผงจากการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง และแบบอบลมร้อน (Figure 3A) ซึ่งมีค่า $L^* a^*$ และ b^* เท่ากับ 29.05 16.29 และ 40.99 อาจเนื่องจากในกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ใช้อุณหภูมิต่ำ และอาศัยการปรับความดันอากาศในการระเหิดน้ำออกจากเนื้อสารอง จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเนื้อสารองน้อยกว่าสารองผงที่ได้จากวิธีการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง และแบบอบลมร้อน ซึ่งใช้อุณหภูมิสูง และใช้เวลานานในการทำแห้ง ทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างเนื้อสารอง และเนื้อสารองแห้งที่ได้มีสีเข้มขึ้น ค่า L^* ลดลง อาจเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ (Non-enzymatic browning) เมื่อเนื้อสารองได้รับอุณหภูมิสูง เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล แบบ Caramelization ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาล เมื่อได้รับความร้อนในสภาพที่ไม่มีน้ำหรือมีน้ำปริมาณน้อย เกิดเป็นสารเฟอร์ฟูรัล (Furfural) ที่มีสีน้ำตาล (สุภารัตน์ พุทธฤกษ์มงคล, 2551; Garza *et al.*, 1999; Ibarz *et al.*, 1999)



A : Freeze drying



B: Drum drying



C: Hot air drying

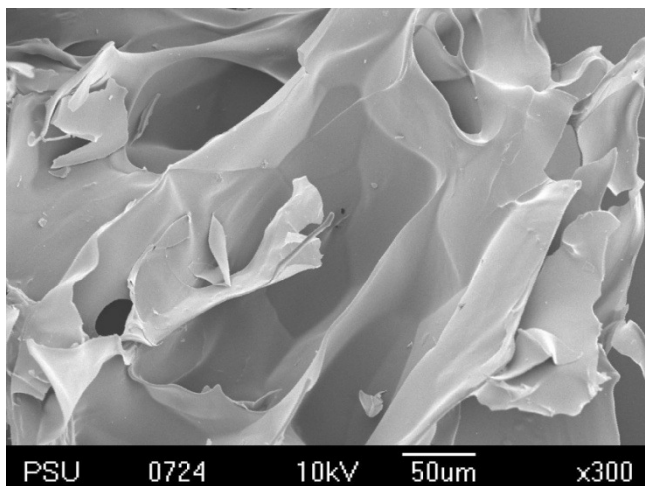
Figure 3. Appearance of dried and rehydrated crude malva nut powder by different drying method.

3.1.3 วอเตอร์แอกทิวิตี

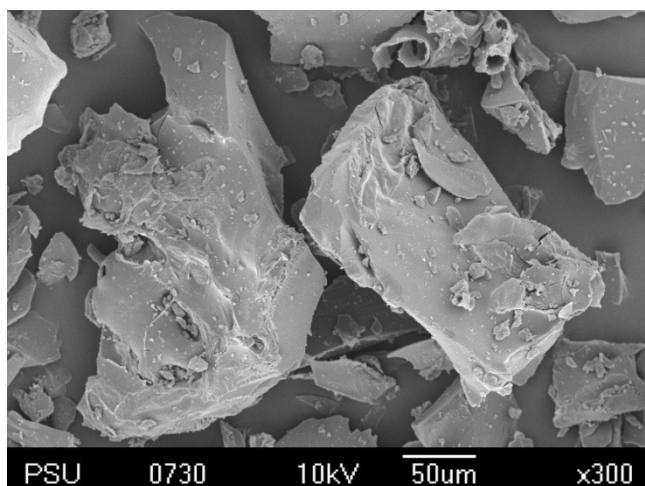
วอเตอร์แอกทิวิตีของสารองผจากการทำแห้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table A3) โดยพบว่าสารองผที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง วอเตอร์แอกทิวิตี ร้อยละ 0.48 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าสารองผที่ได้จากการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง และแบบอบลมร้อน ซึ่งมีวอเตอร์แอกทิวิตี เท่ากับ 0.51 และ 0.56 (Table 6) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นของสารองผ โดยค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของอาหาร เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมการเสื่อมเสียของอาหารจากจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์โดยทั่วไปสามารถเจริญได้ดีที่ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี เข้าใกล้ 1.0 และค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำสุดที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้ คือมากกว่า 0.6 (Jay, 2000) ซึ่งจากผลการทดลอง สารองผจากการทำแห้งทั้ง 3 วิธี มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำกว่าระดับที่เชื้อจุลินทรีย์ทั่วไปเจริญได้

3.1.4 ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของสารองผ

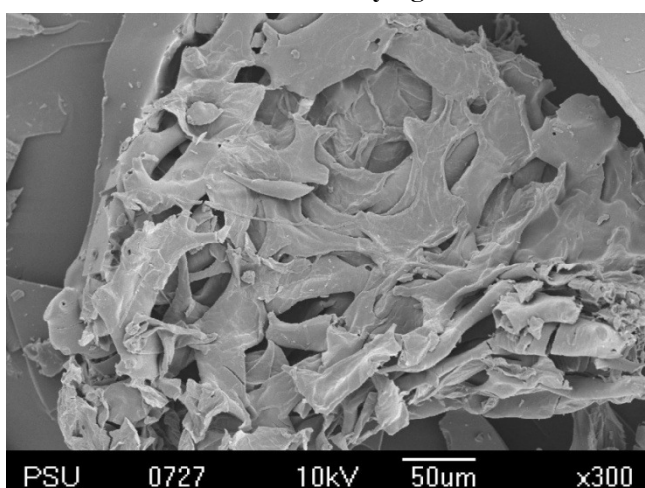
เมื่อทำการตรวจสอบลักษณะ โครงสร้างทางกายภาพ ของเนื้อสารองแห้งที่ผลิตด้วยวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน 3 วิธี ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) โดยนำเนื้อสารองแห้งที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และแบบอบลมร้อน ไปปั่นด้วยเครื่องปั่นแห้ง และร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 60 ไมครอน ส่วนเนื้อสารองแห้งจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จะมีลักษณะคล้ายฟองน้ำแห้ง มีน้ำหนักเบา ไม่สามารถปั่นด้วยเครื่องปั่นแห้ง และร่อนผ่านตะแกรงได้ เมื่อนำไปส่องด้วย SEM ที่กำลังขยาย 300 เท่า พบว่า มีลักษณะ โครงสร้างของเนื้อสารองที่สมบูรณ์ (Figure 4A) เนื่องจากการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ โดยการแช่เยือกแข็งแล้วปรับความดันอากาศ ให้น้ำแข็งระเหิดออกจากตัวอย่างเนื้อสารองอย่างช้าๆ ทำให้ยังคงสภาพโครงสร้างที่สมบูรณ์ไว้ได้ สารองผจากการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง จะมีลักษณะเป็นชั้นของโครงสร้างอย่างชัดเจน เนื่องจากการทำแห้งที่ใช้อุณหภูมิสูง ประมาณ 120-140 องศาเซลเซียส และเป็นการทำแห้งที่น้ำระเหยออกอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดโครงสร้างที่ซ้อนทับกันแน่น และอาจเนื่องจากในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง มีการปั่นและร่อนเพื่อคัดขนาดตัวอย่าง ทำให้โครงสร้างของเนื้อสารองเปลี่ยนแปลงไป (Figure 4B) เช่นเดียวกับกับสารองผจากการทำแห้งแบบอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีลักษณะโครงสร้างบางส่วนที่ถูกทำลาย น้ำจะเคลื่อนที่ออกจากผิวหน้าเกิดเป็นชั้นแข็ง และเมื่ออบแห้งจนน้ำระเหยออกหมด ทำให้เกิดชั้นของโครงสร้างที่ซ้อนทับกัน แต่ไม่มากเหมือนกับสารองผจากการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Figure 4C)



A: Freeze drying



B: Drum drying



C: Hot air drying

Figure 4. Scanning electron micrographs of crude malva nut powder by different drying method.

3.2 สมบัติทางเคมีของสารองผง

3.2.1 ความชื้น

สารองผงที่ได้จากการทำแห้งทั้ง 3 วิธี มีความชื้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table A3) โดยพบว่าสารองผงที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จะมีความชื้นร้อยละ 2.62 ซึ่งต่ำกว่าสารองผงจากการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง และแบบอบลมร้อน ซึ่งมีความชื้นร้อยละ 3.70 และ 5.28 อาจเนื่องจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เป็นการระเหิดน้ำออกจากอาหาร และใช้ระบบสุญญากาศในการลดความชื้นออกจากสารองผง เนื่องจากมีโครงสร้างเป็นรูพรุน ทำให้สารองผงที่ได้มีความชื้นต่ำ

3.2.2 ใยอาหาร

จากผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณใยอาหารในตัวอย่างสารองผง จากการทำแห้งทั้ง 3 แบบ พบว่าปริมาณใยอาหารทั้งหมดมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) (Table A3) แต่เมื่อวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำ พบว่ามีความแตกต่างกัน โดยสารองผงจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้ปริมาณมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 44.17 สารองผงจากการทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่และแบบอบลมร้อน เท่ากับร้อยละ 41.21 และ 43.06 ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำของสารองผงจากการทำแห้งทั้ง 3 วิธี มีค่าเท่ากับร้อยละ 7.17 11.70 และ 9.60 ตามลำดับ อาจเนื่องจากโครงสร้างของเนื้อสารองบางส่วนเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อทำแห้งเนื้อสารองด้วยอุณหภูมิสูง ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้จึงมีค่าลดลง

3.3 สมบัติเชิงหน้าที่ในด้านความสามารถในการอุ้มน้ำของสารองผง

สารองผงจากการทำแห้งทั้ง 3 วิธี นำกลับมาแช่น้ำที่อุณหภูมิปกติ เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง และวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ พบว่าสารองผงสามารถอุ้มน้ำได้ปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table A3) โดยสารองผงจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงที่สุด คือ 85.36 กรัมต่อกรัมสารองผง สารองผงจากการทำแห้งแบบอบลมร้อน และแบบลูกกลิ้ง มีความสามารถในการอุ้มน้ำ 78.81 และ 59.75 กรัมต่อกรัมสารองผง เนื่องจากโครงสร้างที่เป็นรูพรุนของสารองผงจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับน้ำมาก และโครงสร้างของเนื้อสารองไม่ถูกทำลาย หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ทำให้สามารถอุ้มน้ำได้ปริมาณมาก นอกจากนี้เนื่องจากเนื้อสารองประกอบด้วยใยอาหาร ซึ่งเป็นพอลิแซคคาไรด์ที่ชอบน้ำ เนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ ดังนั้นสารองผงจึงสามารถอุ้มน้ำได้ดี

ปริมาณผลผลิตและต้นทุนการผลิตสารองผง

วิธีการทำแห้งเนื้อสารองทั้ง 3 วิธี ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตสารองผงที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table A3) โดยพบว่า สารองผงจากการทำแห้งแบบอบลมร้อนมีปริมาณผลผลิตสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 0.97 โดยน้ำหนักแห้ง และสารองผงจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และแบบลูกกลิ้ง มีปริมาณผลผลิตเท่ากับ ร้อยละ 0.93 และ 0.90 ตามลำดับ (Table 7) ปริมาณผลผลิตสารองผงที่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากในขั้นตอนการผลิต เกิดการสูญเสียตัวอย่างสารองผง การทำแห้งเนื้อสารองด้วยวิธีแบบลูกกลิ้ง เป็นวิธีที่ใช้อุณหภูมิสูง ทำให้เนื้อสารองแห้งในเวลาอันรวดเร็ว และในขั้นตอนการเก็บผลผลิตสารองผง จะใช้ใบมีดขูดตัวอย่างสารองผงออกจากส่วนของลูกกลิ้งร้อน ตัวอย่างเนื้อสารองที่แห้งบางส่วน อาจหลุดลอยออกไปได้ทำให้ไม่สามารถเก็บเนื้อสารองแห้งไว้ได้ทั้งหมด ทำให้มีปริมาณผลผลิตน้อยกว่าสารองผงจากการทำแห้งแบบอบลมร้อน และแบบแช่เยือกแข็ง ตามลำดับ

Table 7. Yield and production cost of crude malva nut powder (CMP) by different drying method.

Properties**	Drying method		
	Freeze drying	Drum drying	Hot air drying
Yield (%)	0.93±0.01 ^b	0.90±0.01 ^a	0.97±0.01 ^c
Production cost (Baht/g CMP)	151.50	12.22	8.22

** mean±SD from 3 replicates

^{a, b, c} in the same row indicated significantly differences ($p < 0.05$)

จากการคำนวณต้นทุนการผลิตสารองผงจากการทำแห้งทั้ง 3 วิธี (ภาคผนวก ค) พบว่า สารองผงจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีต้นทุนการผลิตสูงสุด เท่ากับ 151.50 บาทต่อกรัมสารองผง (Table 7) เนื่องจากเป็นวิธีการทำแห้งที่ต้องอาศัยเครื่องมือซับซ้อนในการควบคุมอุณหภูมิและความดัน รวมทั้งใช้เวลานานในการทำแห้งเนื้อสารอง นอกจากนั้นการทำแห้งเนื้อสารองด้วยวิธีแบบแช่เยือกแข็งในการทดลองนี้ ใช้เครื่องมือที่มีขนาดทดลอง ซึ่งสามารถบรรจุตัวอย่างเนื้อสารองได้เพียง 2 กิโลกรัม ทำให้ได้ปริมาณของสารองผงที่ผลิตได้ต่อครั้งมีปริมาณน้อย และมีต้นทุนในการผลิตสูงกว่าเมื่อเทียบกับการทำแห้งแบบลูกกลิ้งและแบบอบลมร้อน การทำแห้งเนื้อสารองแบบลูกกลิ้ง มีต้นทุนการผลิต 12.22 บาทต่อกรัมสารองแห้ง และการทำแห้งเนื้อสารองแบบอบลมร้อนมีต้นทุนในการผลิต เท่ากับ 8.22 บาทต่อกรัมสารองแห้ง

จากผลการศึกษาวิธีการทำแห้งเนื้อสัตว์ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน พบว่าสารรองผงจากการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีคุณภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ดีที่สุด มีความหนืด ค่า L^* และความสามารถในการอุ้มน้ำสูง โดยมีค่าแอสซิมิเลชันแอกทิวิตีและความชื้นต่ำกว่าสารรองผงจากการทำแห้งแบบอบลมร้อนและแบบลูกกลิ้ง แต่เมื่อพิจารณาพร้อมกับระยะเวลาและต้นทุนในการผลิตสารรองผง พบว่าวิธีการทำแห้งแบบอบลมร้อนเป็นวิธีที่ใช้เวลาในการทำแห้งน้อยกว่าวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และมีต้นทุนในการผลิตต่ำที่สุด ซึ่งสารรองผงที่ได้มีคุณภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ใกล้เคียงกับสารรองผงจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จึงคัดเลือกวิธีการทำแห้งแบบอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง สำหรับการผลิตสารรองผงเพื่อใช้ในการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

4. การประยุกต์ใช้สารรองผงเพื่อเป็นสารเพิ่มความข้นหนืดในน้ำแป้ง

4.1 การประยุกต์ใช้สารรองผงเป็นสารเพิ่มความข้นหนืดในน้ำแป้ง สำหรับผลิตภัณฑ์ไก่บดปรุงรสหุบแป้งทอด

ตัวอย่างในการศึกษานี้ ประกอบด้วย น้ำแป้งสูตรทางการค้า (สูตร A) น้ำแป้งสูตรมาตรฐาน (สูตร B) และน้ำแป้งสูตรที่ใช้สารรองผง เป็นสารเพิ่มความข้นหนืดและทดแทนแป้งสาลี (สูตร C-H) รวมทั้งหมด 8 ตัวอย่าง (Table 8) เมื่อนำมาตรวจวิเคราะห์สมบัติที่สำคัญได้ผลดังนี้

4.1.1 สมบัติของแป้งหุบทอดที่ผสมสารรองผง

4.1.1.1 ความหนืด (Viscosity) เมื่อนำน้ำแป้งที่เติมสารรองผงและลดปริมาณแป้งสาลีที่แตกต่างกัน 6 สูตร (สูตร C-H) มาทำการวัดค่าความหนืด พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table A4) โดยน้ำแป้งสูตร C มีความหนืดสูงกว่าน้ำแป้งสูตร D E F G และ H (Table 8) เนื่องจากเติมสารรองผงปริมาณสูงกว่า (0.5 กรัม) ทำให้อาหารรองผงดูดน้ำในสูตรน้ำแป้ง ทำให้ความชื้นลดลง ส่งผลให้น้ำแป้งมีความหนืดมากขึ้น ในสูตรน้ำแป้งที่ไม่ลดปริมาณแป้งสาลี (สูตร C และ F) (Table 8) การเติมสารรองผงปริมาณ 0.25 และ 0.5 กรัม ทำให้น้ำแป้งมีลักษณะที่ข้นหนืดมากเกินกว่าที่จะใช้หุบเนื้อไก่ได้ อาจเนื่องจากสารรองผงสามารถดูดซับน้ำได้จำนวนมาก จึงทำให้ความหนืดของน้ำแป้งเพิ่มขึ้นมาก เมื่อทดลองเติมสารรองผงปริมาณ 0.25 และ 0.50 กรัม ในสูตรน้ำแป้งที่ลดปริมาณแป้งสาลี 10 กรัม (สูตร D และ G) พบว่าน้ำแป้งมีความหนืดลดลงโดยสูตร D มีความหนืดใกล้เคียงกับสูตรการค้า แต่สูตร G ยังคงมีความหนืดสูงเกินไป ในขณะที่การเติมสารรองผง 0.25 กรัม และ 0.50 กรัม และลดปริมาณแป้งสาลี 20 กรัม (สูตร E และ H) พบว่าน้ำแป้งมี

ความหนืดลดลง การเติมสารรองผงปริมาณเท่ากันในสูตรน้ำแป้งที่มีปริมาณแป้งสาติน้อยกว่า มีผลทำให้ความหนืดของน้ำแป้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Table A5)

Table 8. Properties* of batter containing crude malva nut powder (CMP).

Formula	CMP(g)	Wheat Flour (g)	Viscosity (cPs)	Pick up of batter (%)	WRC (%)
A	0	89	1455±18.03 ^c	23.48±0.27 ^b	58.75±0.31 ^c
B	0	89	1272±7.64 ^b	22.38±0.89 ^b	58.76±0.28 ^c
C	0.25	89	2720±27.84 ^f	31.09±1.27 ^c	63.78±0.36 ^d
D	0.25	79	1567±7.64 ^d	23.00±0.47 ^b	56.82±0.24 ^b
E	0.25	69	783±12.58 ^a	17.80±1.61 ^a	51.77±0.91 ^a
F	0.50	89	4928±17.56 ^g	40.88±0.74 ^d	68.44±0.20 ^e
G	0.50	79	2753±7.64 ^f	32.19±0.78 ^c	64.17±0.18 ^d
H	0.50	69	1705±13.23 ^e	23.25±1.63 ^b	58.30±0.73 ^c

* mean±SD from 3 replicates

^{a-f} in the same column indicated significantly differences ($p<0.05$)

4.1.1.2 ปริมาณการยึดเกาะของน้ำแป้ง (Pick up of batter) การเติมสารรองผงในน้ำแป้ง จะส่งผลให้น้ำแป้งมีปริมาณการยึดเกาะของน้ำแป้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Table 8) โดยน้ำแป้งสูตรที่มีการเติมสารรองผงปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีปริมาณการยึดเกาะของน้ำแป้งเพิ่มขึ้น

4.1.1.3 ความสามารถในการรักษาน้ำ (Water retention capacity, WRC) ของน้ำแป้งสูตรที่เติมสารรองผง สูตร C-H มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Table A4) โดยพบว่าการเติมสารรองผงปริมาณ 0.25 และ 0.50 กรัม ในสูตรน้ำแป้งที่ไม่ลดปริมาณแป้งสาติ (สูตร C และ F) (Table 8) ทำให้น้ำแป้งมี ความสามารถในการรักษาน้ำสูงมากกว่าสูตรน้ำแป้งทางการค้า (สูตร A) และสูตรมาตรฐาน (สูตร B) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.1.1.4 สี (Color) การเติมสารรองผงในน้ำแป้งจะทำให้น้ำแป้งมีสีเข้มกว่าน้ำแป้งสูตรทางการค้า และสูตรมาตรฐาน โดยจะมีค่า L* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตามปริมาณสารรองที่เพิ่มขึ้นในสูตรน้ำแป้งที่มีปริมาณแป้งสาติเท่ากัน (Table 9) โดยสารรองผงที่ใช้ในการทดลองนี้ ถึงแม้ว่าจะผ่านกระบวนการฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มาแล้ว แต่ก็ยังคงมีสีน้ำตาลตามธรรมชาติ ดังนั้นเมื่อนำไปทำแห้งและนำกลับมาแช่น้ำ (Rehydrated) แล้วผสมลงในสูตรน้ำแป้งที่มีปริมาณแป้งสาติเท่ากัน จะทำให้น้ำแป้งมีสีเข้มมากกว่าน้ำแป้งสูตรทางการค้า

และสูตรมาตรฐาน นอกจากนี้ในสูตรน้ำแป้งที่เติมสารองผงปริมาณมากขึ้น จะทำให้น้ำแป้งมีสีเข้มขึ้นค่า L* ลดลง

Table 9. Color of batter containing crude malva nut powder (CMP).

Formula	CMP (g)	Wheat Flour (g)	Color of batter**		
			L*	a*	b*
A	0	89	86.91±0.13 ^c	0.87±0.08 ^a	14.06±0.09 ^f
B	0	89	86.89±0.23 ^c	0.89±0.15 ^a	12.73±0.19 ^a
C	0.25	89	83.81±0.26 ^b	1.48±0.25 ^b	12.98±0.27 ^{ab}
D	0.25	79	83.62±0.24 ^b	1.39±0.04 ^b	13.21±0.10 ^{bc}
E	0.25	69	83.56±0.18 ^b	1.77±0.06 ^c	13.34±0.05 ^{cd}
F	0.50	89	81.22±0.41 ^a	2.04±0.07 ^d	13.52±0.08 ^{de}
G	0.50	79	81.14±0.17 ^a	2.05±0.07 ^d	13.79±0.17 ^{ef}
H	0.50	69	81.10±0.08 ^a	2.31±0.13 ^c	14.02±0.20 ^f

** mean±SD from 3 replicates

^{a-f} in the same column indicated significantly differences (p<0.05)

4.1.2 สมบัติของผลิตภัณฑ์ที่เก็บคปรงรสชุปแป้งทอด

4.1.2.1 ปริมาณเปลือกแป้งของผลิตภัณฑ์ (Crust) ในผลิตภัณฑ์ที่เก็บคปรงรสชุปแป้งทอด (Table 10) พบว่าปริมาณเปลือกแป้งทอดในผลิตภัณฑ์ที่เก็บคปรงรสชุปแป้งทอดที่ชุปน้ำแป้งสูตร A-H มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (Table A4) โดย ในสูตรน้ำแป้งที่มีปริมาณแป้งสาเลีเท่ากัน และมีปริมาณสารองผงเพิ่มมากขึ้น (สูตร C กับ F สูตร D กับ G และสูตร E กับ H) ปริมาณเปลือกแป้งทอดมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเป็นผลมาจากความหนืดของน้ำแป้งสูตรดังกล่าวซึ่งมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารองผงมากขึ้น เช่นเดียวกัน สำหรับสูตรที่มีการเติมสารอง 0.25 และ 0.5 กรัมร่วมกับการลดปริมาณแป้งสาเลี 20 กรัม พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณเปลือกแป้งทอดลดลงมากเมื่อเทียบกับสูตรน้ำแป้งที่ลดแป้งสาเลีลงเพียง 10 กรัม เนื่องจากเมื่อทอดผลิตภัณฑ์ในน้ำมันอุณหภูมิสูง ทำให้น้ำระเหยออกจากชิ้นอาหาร และในผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมสารองผงทำให้เมื่อได้รับความร้อนทำให้น้ำระเหยออกไปจำนวนมาก ส่งผลให้มีปริมาณเปลือกแป้งทอดลดลงอย่างรวดเร็ว

Table 10. Properties of fried batter products.**

Formula	CMP*(g)	Wheat Flour (g)	Crust (%)	Total fat (%)	Shear force (g/cm ²)
A	0	89	22.25±0.20 ^c	24.42±0.74 ^a	4697±298 ^{ns}
B	0	89	21.36±0.30 ^b	27.12±0.87 ^b	4489±213 ^{ns}
C	0.25	89	25.25±0.21 ^c	31.91±0.43 ^d	4739±327 ^{ns}
D	0.25	79	22.29±0.08 ^c	29.43±0.74 ^c	4709±236 ^{ns}
E	0.25	69	19.55±0.17 ^a	25.96±0.58 ^b	4365±269 ^{ns}
F	0.50	89	27.12±0.43 ^f	33.83±0.92 ^c	4727±300 ^{ns}
G	0.50	79	25.77±0.47 ^d	31.96±0.78 ^d	4408±233 ^{ns}
H	0.50	69	21.86±0.57 ^{bc}	29.40±0.90 ^c	4528±259 ^{ns}

* crude malva nut powder

**mean±SD from 3 replicates

^{ns} in the same column indicated non-significantly differences (p≥0.05)

^{a-f} in the same column indicated significantly differences (p<0.05)

4.1.2.2 ปริมาณไขมันในเปลือกแป้ง ของผลิตภัณฑ์ไก่บดปรุงรสชุบแป้งทอดด้วยน้ำแป้งทั้ง 8 สูตร (Table 10) มีปริมาณไขมันในเปลือกแป้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (Table A4) โดยปริมาณไขมันของเปลือกแป้ง สูตร F มีปริมาณสูงสุดร้อยละ 33.83 ขณะที่สูตร A และ E มีปริมาณไขมันน้อยที่สุด ร้อยละ 24.42 และ 25.96 ผลิตภัณฑ์ที่ชุบน้ำแป้งสูตรที่มีปริมาณแป้งเท่ากัน และผสมสารรองผงมากขึ้น จะมีปริมาณไขมันในเปลือกแป้งสูงขึ้น อาจเนื่องจากน้ำแป้งที่เติมสารรองผง มีการดูดน้ำแล้วพองตัวได้มาก ทำให้น้ำแป้งมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณการเคลือบเกาะสูงขึ้นด้วย เมื่อนำไปทอดด้วยน้ำมันที่อุณหภูมิสูง น้ำที่อยู่ในโครงสร้างของเนื้อสารรองจะกลายเป็นไอ และเคลื่อนที่ออกจากผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดโพรงอากาศขนาดเล็กจำนวนมาก และน้ำมันสามารถเข้าไปแทนที่น้ำในส่วนนี้ ทำให้เปลือกของผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันสูง

4.1.2.5 ความแข็งของผลิตภัณฑ์ไก่บดปรุงรสชุบแป้งทอด จากการทดสอบค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์โดยใช้เครื่อง Texture analyzer พบว่าความแข็งของผลิตภัณฑ์จากทุกสูตร (A-H) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≥0.05) (Table A5) ดังแสดงใน Table 10 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4365-4739 กรัมต่อตารางเซนติเมตร อาจเนื่องจากผลิตภัณฑ์ไก่บดปรุงรสชุบแป้งทอดสูตรที่มีการเติมสารรองผง มีเปลือกแป้งที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุนที่ไม่แข็งแรง ซึ่งเกิดจาก

การระเหยของไอน้ำ เมื่อนำไปทดสอบความแข็งของผลิตภัณฑ์ จึงมีค่าไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่ชุบน้ำแป้งสูตรทางการค้าและสูตรมาตรฐาน ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณเปลือกแป้งมากกว่า

4.1.2.6 สีของเปลือกแป้งทอด ผลิตภัณฑ์ไก่บดปรุงรสชุบแป้งทอดสูตร A-H (Table 11) พบว่าตัวอย่างที่ผสมสารรองผง มีค่า L* ของเปลือกแป้งชุบทอดในแต่ละสูตร ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table A5) โดยมีค่า L* อยู่ในช่วง 45.4-51.4 ซึ่งพบว่ามีค่าน้อยกว่าค่า L* ของเปลือกแป้งชุบทอดสูตรทางการค้า เมื่อพิจารณาสูตรน้ำแป้งที่ผสมสารรองผงปริมาณเพิ่มขึ้น พบว่าผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น (Figure 5) ค่า L* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อาจเนื่องจากปฏิกิริยาการเมลลไลเซชัน หรือปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของน้ำตาลในแป้ง จนได้เป็นน้ำตาลโมลกุลเดี่ยว แล้วเกิดพอลิเมอร์เซชัน จนได้สารสีน้ำตาล

Table 11. Color of fried batter products.

Formula	CMP* (g)	Wheat flour (g)	Color of product**		
			L*	a*	b*
A	0	89	59.97±1.98 ^d	10.58±0.18 ^{ns}	35.54±0.65 ^{ns}
B	0	89	61.75±2.56 ^d	9.85±1.07 ^{ns}	34.84±0.41 ^{ns}
C	0.25	89	60.99±2.31 ^d	10.25±2.07 ^{ns}	34.51±1.48 ^{ns}
D	0.25	79	56.41±0.88 ^c	9.21±1.07 ^{ns}	33.95±1.30 ^{ns}
E	0.25	69	49.81±0.02 ^b	10.83±1.34 ^{ns}	34.90±1.29 ^{ns}
F	0.50	89	60.23±0.59 ^d	9.13±0.82 ^{ns}	33.25±0.94 ^{ns}
G	0.50	79	57.22±0.21 ^c	10.66±1.23 ^{ns}	33.26±0.86 ^{ns}
H	0.50	69	45.28±0.99 ^a	9.62±0.50 ^{ns}	33.61±2.31 ^{ns}

* crude malva nut powder

** mean±SD from 3 replicates

^{ns} in the same column indicated non-significantly differences ($p \geq 0.05$)

^{a-d} in the same column indicated significantly differences ($p < 0.05$)

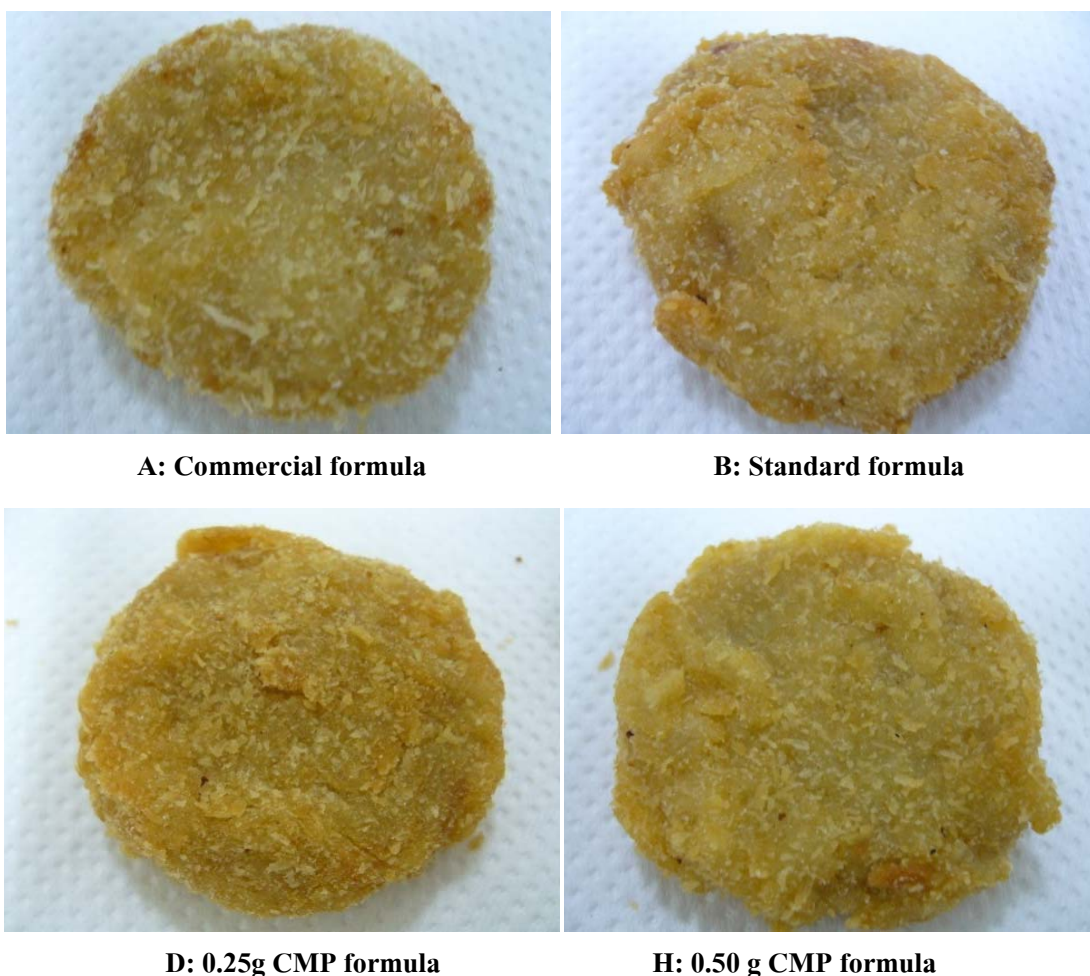


Figure 5. Fried battered and breaded chicken product with and without using crude malva nut powder (CMP).

เมื่อพิจารณาสมบัติของน้ำแป้งและผลิตภัณฑ์ในด้านความหนืดของน้ำแป้ง ปริมาณการยึดเกาะ ค่าสีของน้ำแป้ง และปริมาณเปลือกแป้ง ปริมาณไขมัน สีของผลิตภัณฑ์ จึงคัดเลือกน้ำแป้งสูตร D ที่เติมสารรองผง 0.25 กรัม ร่วมกับการลดปริมาณแป้งสาลี 10 กรัม และน้ำแป้งสูตร H ที่เติมสารรองผง 0.50 กรัม ร่วมกับการลดปริมาณแป้งสาลี 20 กรัม มีความหนืดและปริมาณการยึดเกาะของน้ำแป้งใกล้เคียงกับน้ำแป้งสูตรทางการค้า แม้ว่ามีสีเข้มกว่าเล็กน้อย แต่มีปริมาณเปลือกแป้ง ปริมาณไขมัน และค่าสี ใกล้เคียงกับสูตรทางการค้า และสูตรมาตรฐาน

4.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ทอดปรุงรสแป้งชุบทอด

การพิจารณาเลือกสูตรน้ำแป้ง เพื่อเตรียมผลิตภัณฑ์สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส จะทำการคัดเลือกมาทั้งหมด 4 สูตร แบ่งเป็น สูตร A คือ น้ำแป้งสูตรทางการค้า สูตร B คือน้ำ

แป้งสูตรมาตรฐาน และสูตรที่เติมสารรองผง 2 สูตร ซึ่งคัดเลือกจากข้อ 4.1 คือ สูตร D เติมสารรองผง 0.25 กรัม ร่วมกับการลดปริมาณแป้งสาลี 10 กรัม และสูตร H เติมสารรองผง 0.50 กรัม ร่วมกับการลดปริมาณแป้งสาลี 20 กรัม โดยการเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ทอดปรุงรสชุบแป้งทอด จะใช้วิธีการเปรียบเทียบเชิงปริมาณ ผู้ทดสอบชิมตัวอย่างและพิจารณาปริมาณการเกาะติดของแป้ง การดูดซับน้ำมัน ความกรอบ และการยอมรับโดยรวม ถ้าตัวอย่างมีคะแนนสูง แสดงว่ามีลักษณะที่ดี เป็นที่ต้องการของผู้ทดสอบ

Table 12. Sensory score* of fried chicken batter product.

Formula	Appear	Color	Hardness	Oiliness	Taste	Overall
A	7.30±0.75 ^{ns}	7.47±0.90 ^{ns}	6.67±0.96 ^{ns}	7.33±0.96 ^c	7.30±0.99 ^{ns}	7.27±1.05 ^{ns}
B	7.13±1.11 ^{ns}	7.10±1.21 ^{ns}	6.20±1.21 ^{ns}	7.17±1.34 ^{bc}	7.23±0.73 ^{ns}	7.13±1.28 ^{ns}
D	7.17±1.18 ^{ns}	7.37±1.21 ^{ns}	6.43±1.33 ^{ns}	6.70±1.26 ^{ab}	7.33±0.92 ^{ns}	7.23±1.25 ^{ns}
H	6.93±1.26 ^{ns}	6.97±1.19 ^{ns}	6.53±1.25 ^{ns}	6.37±1.00 ^a	7.37±1.33 ^{ns}	6.80±1.32 ^{ns}

* mean ± SD form 30 panelist

^{ns} in the same column indicated non-significantly differences (p≥0.05)

^{a, b, c} in the same column indicated significantly differences (p<0.05)

เมื่อผู้บริโภครทำการทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ไก่ปรุงรสชุบแป้งทอดในสูตรแป้งชุบทอดที่ผสมสารรองผง เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไก่ปรุงรสชุบแป้งทอดในสูตรแป้งชุบทอดทางการค้า และสูตรแป้งชุบทอดมาตรฐาน โดยวิธี Hedonic scale (9 คะแนน) (Table 12) พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี ความแข็ง การอมน้ำมัน รสชาติ และความชอบโดยรวม อยู่ระหว่าง 6.37-7.47 อยู่ในระดับชอบน้อยถึงชอบปานกลาง โดยความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี ความแข็ง รสชาติ และความชอบโดยรวม ได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน และความชอบด้านการอมน้ำมันมีค่าแตกต่างกัน โดยผลิตภัณฑ์ที่ชุบน้ำแป้งสูตร H ซึ่งเติมสารรองผงปริมาณ 0.50 กรัม มีคะแนนความชอบน้อยที่สุด เท่ากับ 6.37 ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณไขมันในเปลือกแป้งของผลิตภัณฑ์ที่พบว่าในสูตรน้ำแป้งที่เติมสารรองผง ผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณไขมันสูงกว่าสูตรทางการค้า และสูตรมาตรฐาน ส่วนคะแนนความชอบโดยรวม ผลิตภัณฑ์ที่ชุบน้ำแป้งสูตร D มีคะแนนความชอบสูงเท่ากับ 7.23 อยู่ในระดับชอบปานกลาง แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

1. การสกัดแยกเนื้อสำรอกจากลูกสำรอกแห้งโดยการแช่น้ำ โดยใช้อัตราส่วนลูกสำรอกแห้งต่อน้ำ 1:75 ที่อุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง สามารถแยกเนื้อสำรอกได้ร้อยละ 53.68 ของน้ำหนักสำรอกแห้ง

2. การฟอกสีเนื้อสำรอกด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่อุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะทำให้เนื้อสำรอกมีสีจางลง และมีความหนืดสูง

3. การทำแห้งเนื้อสำรอกด้วยวิธีที่แตกต่างกัน พบว่าวิธีที่เหมาะสม คือ การทำแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 12 ชั่วโมง

4. การประยุกต์ใช้สำรอกผงในน้ำแข็งสำหรับชูปทอด เพื่อเป็นสารเพิ่มความชื้นหนืด และทดแทนแป้งสาลี พบว่า สามารถเพิ่มความชื้นหนืดให้แก่แป้งได้ และสามารถทดแทนแป้งสาลีในสูตรน้ำแข็ง 2 ระดับ คือ เติมสำรอกผง 0.25 กรัมร่วมกับการลดแป้งลง 10 กรัม และเติมสำรอกผง 0.50 กรัมร่วมกับการลดแป้งลง 20 กรัม

5. การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ต่อผลิตภัณฑ์ไก่บดปรุงรสซุบแป้งทอด ที่ใช้สำรอกผงเป็นสารเพิ่มความชื้นหนืด และทดแทนแป้งสาลีในสูตรน้ำแข็ง พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ซุบน้ำแข็งสูตรที่เติมสำรอกผงปริมาณ 0.25 กรัมร่วมกับการลดแป้งปริมาณแป้งสาลีลง 10 กรัม และเติมสำรอกผง 0.50 กรัมร่วมกับการลดแป้งลง 20 กรัม ได้คะแนนความชอบรวมไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่ซุบน้ำแข็งสูตรทางการค้า โดยผลิตภัณฑ์ที่ซุบน้ำแข็งสูตรที่เติมสำรอกผงปริมาณ 0.25 กรัม และลดแป้งปริมาณแป้งสาลีลง 10 กรัม มีคะแนนในด้านความชอบรวมมากกว่า ที่ระดับปานกลาง

ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาการฟอกสีเนื้อสำรอกด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อาจต้องศึกษาระดับในการฟอกสีเนื้อสำรอกให้มีสีจางลงมากขึ้นหากมีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสีอ่อน โดยพิจารณาถึงความจำเป็นในการฟอกสีเนื้อสำรอก และผลกระทบของสีเนื้อสำรอกต่อสีของผลิตภัณฑ์นั้น

2. ควรศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ด้านอื่นเพิ่มขึ้น เช่น ความสามารถในการทดแทนไขมัน ความสามารถในการเพิ่มผลผลิตของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น เพื่อช่วยลดต้นทุน และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ มั่นภักดี. 2542. การคัดแปรสตาร์ชในแป้งข้าวเจ้าเพื่อทำแป้งผสมสำหรับประกอบอาหาร
ทอดแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์คุุณภัณฑิ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 3.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

ชรีดา ปุกहुต, จันท์เพ็ญ อินทรประเสริฐ, วิริณี พลเสสาร และอรัญญา พิมพ์มงคล. 2549. ผลของ
สารจากหมากจอบต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์. การประชุมวิชาการ. ม.อบ. ครั้งที่ 1.
ณ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 28-29 กรกฎาคม 2549. หน้า 203.

ดวงจันทร์ เสงส์สวัสดิ์. 2545. โยอาหารเพื่อสุขภาพ. ว. อาหาร 32: 157-159.

ทนาวุฒิ ปริญญาพัฒนบุตร. 2547. ใ้กลุ่มแป้งทอด. ว. อาหาร 34: 46-48.

นันทวัน บุญยะประกัศร และอรนุช โชคชัยเจริญพร. 2543. สมุนไพร ไม้พื้นบ้าน (4). คณะเภสัช
ศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ

น้ำฝน ปิยะตระกูล. 2554. น้ำสำรองลดความอ้วนได้จริงหรือ (ออนไลน์). สืบค้นจาก:
http://www.pharmacy.cmu.ac.th/dic/newsletter/newpdf/newsletter10_3/sumrong.pdf
(20 มิถุนายน 2554)

นิธิยา รัตนานนท์. 2549. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ

นุชนาฎ กิจเจริญ. 2549. อาหารสมุนไพรระบาย: เส้นใยอาหาร. ว.ไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการ
สุขภาพ. 1: 153-158.

ปิยนุสรณ์ น้อยด้วง และเนตรนภา วิเลปะนะ. 2548. การใช้มิวซิเลจจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความ
คงตัวในผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มไก่. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
ครั้งที่ 31. ณ เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา. 18-20
ตุลาคม 2548. หน้า 260.

พงษ์ศักดิ์ พลเสนา. 2550. คู่มือจำแนกความแตกต่างระหว่างสำรองกับสำรองกะโหลก. พิมพ์ครั้งที่
1. สวนพฤกษศาสตร์ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (เขาค้อ). ฉะเชิงเทรา

- พร้อมลักษณะ สมบูรณ์ปัญญากุล. 2548. สมบัติของเมือกจากผลพุททะเลาย *Scaphium scaphigerum* และผลต่อสมบัติและโครงสร้างจุลภาคของอิมัลชันเนื้อสัตว์ไขมันปกติและไขมันต่ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรุษฎีบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มาโนชญ์ กุลพฤณี 2553. ชีวิตวิทยาของดอกสำโรง. ว. วิทยาศาสตร์บูรพา. 15: 42-52.
- มาโนชญ์ กุลพฤณี, เพิ่มศักดิ์ สุทธิวาริ และสมหวัง วิเชียรฉันท. 2544. ศึกษาการเจริญเติบโตของ สำโรงจากการขยายพันธุ์ด้วยการตอนกิ่งและตัดชำกิ่ง. รายงานการวิจัยสถาบันเทคโนโลยี ราชมนกล วิทยาเขตจันทบุรี.
- รัตติยา วีระนิตินันท์. 2548. ผลทางคลินิกของการบริโภคน้ำลูกสำโรงในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ โรงพยาบาลสองพี่น้อง จังหวัดจันทบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- ละอองดาว ว่องเอกลักษณะ และกุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์. 2545. การใช้มิวซิเลจแห้งจากเมล็ดแมงลัก เป็นสารช่วยให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซอสพริกและมายองเนส. ว.วิทยาศาสตร์บูรพา. 7: 17-24.
- ลำพึง พุ่มจันทร์, กิรณา ด้านสุนทรวงศ์, ฐาปนี สงวนชนวิทย์, พรทิพย์ วรศิลป์ และวรรณมา ตั้งเจริญ ชัย. 2551. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลลี่รสกระเจียบจากลูกสำโรง. รายงานการประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 34. ณ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพฯ. 31 ตุลาคม-2 พฤศจิกายน 2551.
- วรัญญา ศุภมิตร, ภาวิณี ภูศรี และปริญดา เพ็ญโรจน์. 2549. สมบัติทางกระแสวิทยาของกัมจากผล สำโรง. เอกสารการประชุมสัมมนาวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 8. ณ ศูนย์ประชุม นานาชาติไบเทค บางนา กรุงเทพฯ. 15-16 มิถุนายน 2549.
- วิไล รังสาดทอง 2547. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2554. ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจาก พุททะเลายปรับภูมิคุ้มกันร่างกาย (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.tistr.or.th/callcenter/index.php?option=com_content&task=view&id=42&Itemid=4 (2 มิถุนายน 2554)

- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2534. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งผสม
สำหรับประกอบอาหารทอด. กระทรวงอุตสาหกรรม. สำนักพิมพ์พิมพ์ลักษณ์. กรุงเทพฯ
- สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2546. กระบวนการทำแห้งอาหาร. ใน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร.
พิมพ์ครั้งที่ 4. หน้า 187-195. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ
- สุดารัตน์ พุทธฤกษ์มงคล, สุจิตตรา เหมกช, จันทิมา งามเงิน และเกตินันท์ กิตติพงษ์พิทยา. 2551.
ผลของปริมาณไขมันและความร้อนระดับสเตอริไลส์ต่อคุณภาพสีของน้ำกะทิ.
วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 18: 80-88.
- สุดารัตน์ หอมหวล . 2554. จอง. ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
(ออนไลน์) สืบค้นจาก: <http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=39>
(6 มิถุนายน 2554)
- สุภาภรณ์ ปิติพร. 2550. สำรอง. ว.หมอชาวบ้าน. 28: 18-22.
- อร่าม อรรถเจดีย์. 2550. พี่ขี้บ้านอาหารจันทบุรี. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี.
- อุลิสสัน พาศิทธิพาผล, รัตนชดา เอี่ยมกล้า และตุลยา จันทร์ศิริ. 2552. การใช้ไขมันสำรองทดแทน
ไขมันในเค้กบราวนี่. ว.วิทย์. กษ. 40: 397-400.
- Abdel-Aal, E. S. M. and Sosulski, F. W. 2001. Bleaching and fractionation of dietary fiber and
protein from wheat-based stillage. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. 34: 159-
167.
- Akdeniz, N., Sahin, S. and Sumnu, G. 2006. Functionality of batters containing different gums for
deep-fat frying of carrot slices. J. Food Eng. 75: 522-526.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists.
Washington. D.C.
- Baixauli, R., Sanz, T., Salvador, A. and Fiszman, S.M. 2003. Effect of the addition of dextrin or
dried egg on the rheological and textural properties of batters for fried foods. Food
Hydrocolloids. 17: 305-310.

- Brooks, R.E. and Moore, S.B. 2000. Alkaline hydrogen peroxide bleaching of cellulose. *Cellulose*. 7: 263-286.
- Carmen, S. H. 1997. Cladodes: a source of dietary fiber. *Proceeding of the Professional Association for Cactus Development*. 2: 117-123.
- Chen, X. D. and Mujumdar, A. S. 2008. *Drying Technologies in Food Processing*. 1st ed. Blackwell Publishing Limited. Singapore.
- Dogan, S. F., Sahin, S. and Sumnu, G. 2005. Effects of soy and rice flour addition on batter rheology and quality of deep-fat fried chicken nuggets. *J. Food Eng.* 71: 127-132.
- Fenema, O.R. 1996. *Food Chemistry*. 3rd ed. Marcel Dekker. New York.
- Fiszman, S.M. and Salvador, A. 2003. Recent developments in coating batters. *Trends in Food Science & Technology*. 14: 399-407.
- Garza, S., Ibarz, A., Pagan, J. and Giner, J. 1999. Non-enzymatic browning in peach puree during heating. *Food Res. Inter.* 32: 335-343.
- Hsia, H. Y., Smith, D. M., and Steffe, J. F. 1992. Rheological properties and adhesion characteristics of flour-based batters for chicken nuggets as affected by three hydrocolloids. *J. Food Sci.* 57: 16-18.
- Huang, X., Kakuda, Y. and Cui, W. 2001. Hydrocolloids in emulsions: particle size distribution and interfacial activity. *Food Hydrocolloids*. 15: 533-542.
- Ibarz, A., Pagan, J. and Garza, S. 1999. Kinetic models for colour changes in pear puree during heating at relatively high temperatures. *J. Food Eng.* 39: 415-422.
- Jay, M. J. 2000. High-Temperature Food Preservation and Characteristics of Thermophilic Microorganisms. *In Modern Food Microbiology*. 6th ed. p. 347-364. Aspen publishers. Gaithersburg. Maryland.

- Jimenez-Escrig, A. and Sanchez-Muniz, F. J. 2000. Dietary fibre from edible seaweeds: chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. *Nurs. Res.* 20: 585-598.
- Juemanee, P., Kijroongrojana, K., Usawakesmanee, W. and Posri, W. 2009. Juiciness improvement of frozen battered shrimp burger using modified tapioca starch, sodium alginate and iota-carrageenan. *J. Sci. Technol.* 31: 491-500.
- Juthong, T., Singthong, J. and Boonyaputthipong, W. 2007. Using Mhakjong (*Scaphium macropodium*) gel as a fat replacer in Thai emulsion-type pork sausage (Moo Yo). Research Report. Ubon Ratchathani University.
- Kamel, B. S. and Stauffer, C. E. 1993. *Advances in Baking Technology*. 1st ed. VCH publishers. New York.
- Kulp, K., and Loewe, R. 1992. *Batters and Breadings in Food Processing*. 2nd ed. The American Association of Cereal Chemists. Minnesota. USA.
- Loewe, R. 1992. Ingredient Selection for Batter Systems. *In* *Batter and Breadings in Food Processing*. 2nd ed. (Kulp, K. and Loewe, R. eds). p. 11-28. The American Association of Cereal Chemists. Minnesota. USA.
- Maes, C. and Delcour, J.A. 2001. Alkaline hydrogen peroxide extraction of wheat bran non-starch polysaccharides. *J. Cereal Sci.* 34: 29-35.
- Meyers, M.A. 1992. Functionality of Hydrocolloids in Batter Coating Systems. *In* *Batter and Breadings in Food Processing*. 2nd ed. (Kulp, K. and Loewe, R. eds). p. 117-141. The American Association of Cereal Chemists. Minnesota. USA.
- Mohamed, S., Hamid, N. A., and Hamid, M. A. 1998. Food components affecting the oil absorption and crispness of fried batter. *J. Sci. Food Agric.* 78: 39-45.
- Mussatto, S. I., Rocha, G. J. M. and Roberto, I. C. 2008. Hydrogen peroxide bleaching of cellulose pulps obtained from brewer's spent grain. *Cellulose.* 15: 641-649.

- Nammakuna, N., Suwansri, S., Thanasukan, P. and Ratanatriwong, P. 2009. Effects of hydrocolloids on quality of rice crackers made with mixed-flour blend. *J. Food Ag-Ind.* 2: 780-787.
- Olewnik, M. and Kulp, K. 1992. Factors Affecting Performance Characteristics of Wheat Flour in Batters. *In Batter and Breadings in Food Processing*. 2nd ed. (Kulp, K. and Loewe, R. eds). p. 93-116. The American Association of Cereal Chemists. Minnesota. USA.
- Peamprasart, T. and Chiewchan, N. 2006. Effect of fat content and preheat treatment on the apparent viscosity of coconut milk after homogenization. *J. Food Eng.* 77: 653-658.
- Phengklai, C. 2001. Scaphium. *In Flora of Thailand*. Vol. 7 (3). (Santisuk, T. and Larsen, K. eds). p. 621-624. The Forest Herbarium. Royal Forest Department. Bangkok.
- Phillips, G.O., Williams, P.A. 2000. *Handbook of Hydrocolloids*. Woodhead Publishing Limited. Cambridge. UK.
- Pinthus, E. J., Weinberg, P. and Saguy, I. S. 1992. Criterion for oil uptake during deep fat frying. *J. Food Sci.* 58: 204-205.
- Prosky, L. and Devries, J. W. 1992. *Controlling Dietary Fiber in Food Products*. 1st ed. AVI Books. New York.
- Rutenberg, M. W., and D. Solarek. 1984. Starch Derivatives: Production and Uses. *In Starch Chemistry and Technology*. 2nd ed. (Wistler, R. L., BeMiller, J. N. and Paschall, E. F. eds). p. 311-366. Academic Press. New York.
- Salvador, A., Sanz, T. and Fiszman, S.M. 2005. Effect of the addition of different ingredients on the characteristics of a batter coating for fried seafood prepared without a pre-frying step. *Food Hydrocolloids*. 19: 703-708.
- Sangnark, A. and Noomhorm, A. 2003. Effect of particle sizes on functional properties of dietary fibre prepared from sugarcane bagasse. *Food Chem.* 80: 221-229.

- Sanz, T., Salvador, A. and Fiszma, S.M. 2008. Resistant starch (RS) in battered fried products: Functionality and high-fibre benefit. *Food Hydrocolloids*. 22: 543-549.
- Singthong, J., Ounthuang, M., Chommala, K. and Thongkaew, C. 2007. Extraction and functional properties of malva nut extract. Research report. Ubon Ratchathani University.
- Somboonpanyakul, P., Barbut, S., Jantawat P. and Chinprahast, N. 2007. Textural and sensory quality of poultry meat batter containing malva nut gum, salt and phosphate. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 40: 498-505.
- Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1960. Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Suderman D.R. 1992. Effective Use of Flavorings and Seasonings in Batter and Breading System. *In Batter and Breading in Food Processing*. 2nd ed. (Kulp, K. and Loewe, R. eds) p. 73-91. The American Association of Cereal Chemists, Inc. Minnesota. USA.
- Suderman, D. R. and Cunningham, F. E. 1983. Batter and Breading. AVI Publishing. New York.
- Tomotake, H., Shimaoka, I., Kayashita, J., Nakajoh, M. and Kato, N. 2002. Physicochemical and functional properties of buckwheat protein product. *J. Agric. Food Chem.* 50: 2125-2129.
- Van-Beynum, G. M. A. and Roles, J. A. 1985. Starch Conversion Technology. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Wu, Y., Cui, S. W., Tang, J. and Gu, X. 2007. Optimization of extraction process of crude polysaccharides from boat-fruited sterculia seeds by response surface methodology. *Food Chem.* 105: 1599-1605.
- Yang, C. S. and Chen, T. C. 1979. Yields of deep fat fried chicken parts as affected by preparation, frying conditions and shortening. *J. Food Sci.* 44: 1074-1076.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี และสมบัติเชิงหน้าที่

ก1. การวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water activity, a_w) (A.O.A.C., 2000)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี ยี่ห้อ Novasina รุ่น Thermoconstanter
2. เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมสำเร็จรูป

วิธีการ

1. เปิดเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี และตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี ให้ได้ 25 องศาเซลเซียส แล้ว Calibrate เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี ด้วยเกลือมาตรฐาน
2. เปิดคอมพิวเตอร์ และเลือกโปรแกรมสำเร็จรูป
3. บรรจุตัวอย่างสำรองผงลงในตลับพลาสติกให้ได้ปริมาณโดยประมาณร้อยละ 80-90 แล้วนำตลับตัวอย่างใส่ลงใน Measuring chamber
4. ค่าที่เครื่องวัดได้เป็นค่า Equilibrium relative humidity (ERH) เมื่อหารด้วย 100 จะได้ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ตามที่ต้องการ

ก2. การวัดค่าความหนืด (Viscosity) (Peamprasart and Chiewchan, 2006)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดความหนืด Brookfield รุ่น DVII+
2. เข็มวัดความหนืด (Spindle) เบอร์ 3

ตัวอย่าง

1. เนื้อสำรอง
2. น้ำแป้ง

วิธีการ

1. ตัวอย่าง ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิปกติ
2. จุ่มเข็มวัดความหนืดเบอร์ 3 ลงในตัวอย่าง โดยให้ท่วมรอยมาร์กที่หัวเข็ม และทำการเลือกความเร็วรอบให้เท่ากับ 20 รอบต่อนาที
3. บันทึกค่าความหนืดซึ่งมีหน่วยเป็น cPs

4. ข้อควรปฏิบัติ

4.1 ตัวอย่างที่จะนำมาวัดความหนืด ควรเป็นตัวอย่างที่เตรียมใหม่ๆ และทุกตัวอย่าง ควรมีอุณหภูมิเดียวกัน เพราะอุณหภูมิจะส่งผลกระทบต่อความหนืด

4.2 ใช้ภาชนะใส่ตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่กว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของเข็มวัดความหนืดพอสมควร เพื่อไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างหมุนกับผนังภาชนะ

4.3 ในการวัดแต่ละตัวอย่าง ครั้งต้องภาชนะที่มีขนาดเท่ากัน และปริมาตรของตัวอย่างต้องเท่ากันตลอดการทดลองในทุกตัวอย่าง

ก3. การวัดค่าสี (L^* a^* b^*) โดยใช้ HunterLab (Abdel-Aal and Sosulski, 2001)

อุปกรณ์

เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ HunterLab รุ่น Colorflex

ตัวอย่าง

1. ตัวอย่างเนื้อสัตว์
2. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไก่บดปรุงรสซุบเป็๋งทอด

วิธีการ

1. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ และเข้าสู่โปรแกรมสำเร็จรูป โดยทำการเลือก Start >Program >HunterLab >Universal V3.73
2. ทำการ Calibrate เครื่องวัดค่าสีด้วยแผ่นสีมาตรฐาน ดังนี้
 - 2.1 เลือก Standardize แล้วเลือกขนาด Port 0.5 นิ้ว
 - 2.2 วางแผ่นสีมาตรฐานสีดำ โดยวางด้านสีดำมันลงบน Port
 - 2.3 วางแผ่นสีมาตรฐานสีขาว โดยให้จุดสีขาวบนแผ่นสีอยู่กึ่งกลาง Port
3. กำหนดค่าในการวัด โดยเลือก Active view แล้วเลือกคำสั่งต่างๆ ดังนี้
 - 3.1 Scale เลือก CIE Lab เพื่อให้เครื่องวัดค่าสีในระบบ HunterLab ค่าที่วัดได้จะเป็นค่า L^* , a^* และ b^*
 - 3.2 เลือกค่าแหล่งกำเนิดแสง (Illuminant) และค่าแหล่งแสงอ้างอิง (MI:Illuminant) เท่ากับ D65
 - 3.3 เลือกองศาการมอง (Observer) แหล่งแสงอ้างอิง (MI:Illuminant) โดยเลือกเช่นเดียวกับแหล่งกำเนิดแสง

4. วางตัวอย่างลงบน Port ปิดฝาครอบ เพื่อมิให้มีแสงรบกวนจากภายนอก
5. เริ่มวัดค่าสีโดยเลือก Read sample และรอจนเครื่องอ่านค่าเสร็จ

ก4. การคำนวณค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total color different, ΔE) (Abdel-Aal and Sosulski, 2001)

ตัวอย่าง

เนื้อสัตว์ก่อนและหลังการฟอกสี โดยเตรียมตัวอย่างเนื้อสัตว์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักแห้ง

วิธีการ

วัดค่าสี L^* a^* และ b^* ของตัวอย่างสารละลายเนื้อสัตว์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.5

การคำนวณ

$$\Delta E = \sqrt{[(L_0 - L_1)^2 + (a_0 - a_1)^2 + (b_0 - b_1)^2]}$$

กำหนดให้

L_0 = L^* ของเนื้อสัตว์ ก่อนการฟอกสี

L_1 = L^* ของเนื้อสัตว์ หลังการฟอกสี

a_0 = a^* ของเนื้อสัตว์ ก่อนการฟอกสี

a_1 = a^* ของเนื้อสัตว์ หลังการฟอกสี

b_0 = b^* ของเนื้อสัตว์ ก่อนการฟอกสี

b_1 = b^* ของเนื้อสัตว์ หลังการฟอกสี

ก5. การวัดค่าเนื้อสัมผัส (Shear force) โดยใช้ Texture analyzer (ดัดแปลงจาก Juemance *et al.*, 2009)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA-XT2i
2. หัววัด ใบมีด เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมสำเร็จรูป

ตัวอย่าง

ผลิตภัณฑ์ไก่บดปรุงรสซุบแบ่งทอด (ใช้ตัวอย่างเดียวกันการวัดค่าสี)

วิธีการ

1. เปิดเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส และคอมพิวเตอร์ เข้าโปรแกรมสำเร็จรูป
2. ทำการ Calibrate เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้ลูกตุ้มน้ำหนัก 5 กิโลกรัม
3. ติดตั้งหัววัด (ใบมีด P/50) และวางฐานตัวอย่างบนเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส แล้วทำการ Calibrate หัววัด
4. เลือก T.A. Setting เพื่อตั้งสถานะของเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้ความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที และกดจนขึ้นตัวอย่างขาดออกจากกัน (ก่อนทำการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่าง วัดพื้นที่หน้าตัด และความสูงของตัวอย่างแล้วป้อนข้อมูลลงในเครื่อง)
5. ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ โดยให้ใบมีดตัดลงตรงกึ่งกลางผิวหน้าด้านบนของขึ้นตัวอย่างจนกว่าจะขาดออกจากกัน
6. บันทึกค่าแรงสูงสุดที่ใช้

ก6. การวัดปริมาณการเคลือบเกาะของน้ำแป้ง (Pick-up of batter) (Salvador *et al.*, 2005)

อุปกรณ์

เครื่องชั่งไฟฟ้าสำหรับงานวิเคราะห์

ตัวอย่าง

เนื้อไก่บดปรุงรสชุบน้ำแป้ง

วิธีการ

1. นำขึ้นตัวอย่างเนื้อไก่บดปรุงรสที่ได้จากขั้นตอนขึ้นรูปเป็นวงกลม (น้ำหนักขึ้นละประมาณ 10 กรัม) ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (W1)
2. ทำการคลุกแป้ง และชุบน้ำแป้งเป็นเวลา 5 วินาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของชิ้นเนื้อที่คลุกแป้ง (Pre dust) แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้ง (W2)

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณการเคลือบเกาะของน้ำแป้ง} = \frac{(W1-W2) \times 100}{W2}$$

W2

กำหนดให้

W1 = น้ำหนักขึ้นเนื้อไก่บดปรุงรสที่ได้จากขั้นตอนขึ้นรูป

W2 = น้ำหนักของชิ้นเนื้อไก่บดปรุงรสหลังชุบน้ำแป้ง

ก7. การวัดปริมาณเปลือกแข็งของผลิตภัณฑ์ (Crust) (ดัดแปลงจาก Baixauli *et al.*, 2003)

อุปกรณ์

เครื่องชั่งไฟฟ้าสำหรับงานวิเคราะห์

ตัวอย่าง

ผลิตภัณฑ์ไก่บดปรุงรสซุบแป้งทอด

วิธีการ

- นำชิ้นตัวอย่างเนื้อไก่บดปรุงรสซุบน้ำแป้ง แล้วนำไปทอด ทิ้งให้สะเด็ดน้ำมัน ประมาณ 5 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (W1)
- ทำการแยกเปลือกแข็งของผลิตภัณฑ์ออกจากชิ้นเนื้อ ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ของเปลือกแข็งอีกครั้ง (W2)

การคำนวณ

ปริมาณเปลือกแข็งของผลิตภัณฑ์ = $\frac{W2}{W1} \times 100$

W1

กำหนดให้

W1 = น้ำหนักชิ้นผลิตภัณฑ์ไก่บดปรุงรสซุบแป้งทอด

W2 = น้ำหนักของเปลือกแข็งของผลิตภัณฑ์ไก่บดปรุงรสซุบแป้งทอด

ก8. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture content) (A.O.A.C., 2000)

อุปกรณ์

- ตู้อบไฟฟ้า
- ภาชนะหาคความชื้น
- โถดูดความชื้น (Desiccator)
- เครื่องชั่งไฟฟ้าสำหรับงานวิเคราะห์

วิธีการ

- อบภาชนะสำหรับหาคความชื้นในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก
- ทำซ้ำเช่นข้อที่ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว

4. นำไปอบในตู้ไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียสนาน 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างนั้น จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบอีก

5. ทำซ้ำเช่นข้อที่ 4 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)} = \frac{(W1-W2) \times 100}{W1}$$

กำหนดให้

W1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

ก9. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (A.O.A.C., 2000)

อุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus) ประกอบด้วย
 - 1.1 ขวดกลมใส่ตัวทำละลาย ขนาด 250 มิลลิลิตร
 - 1.2 เครื่องควบแน่น (Condenser)
 - 1.3 เตาให้ความร้อน (Heating mantle)
2. หลอดใส่ตัวอย่าง (Cellulose thimble)
3. ตู้อบไฟฟ้า
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าสำหรับงานวิเคราะห์
5. โถดูดความชื้น (Desiccator)
6. ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether)

ตัวอย่าง

เปลือกแข็งของผลิตภัณฑ์ไก่บดปรุงรสซุบแป้งทอด

วิธีการ

1. อบขวดกลมซึ่งมีขนาดความจุ 250 มิลลิลิตรในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก
2. ทำซ้ำเช่นข้อที่ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มีมิดชิดแล้วใส่ลงในหลอดใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารทำละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ
4. นำตัวอย่างใส่ลงในซอกเล็ต (Soxhlet) เต็มสารตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ลงในขวดกลมใส่ตัวทำละลาย ปริมาตร 150 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตาให้ความร้อน
5. ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 14 ชั่วโมง โดยปรับเตาความร้อนให้หยดของสารทำละลาย กลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่น ด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที
6. เมื่อครบ 14 ชั่วโมง นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากซอกเล็ต และกลั่นเก็บสารทำละลาย จนเหลือสารทำละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลาย
7. นำขวดหาไขมันนั้นไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส จนแห้งจึงนำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้นปล่อยให้เย็นจนกระทั่งอุณหภูมิของขวดกันกลมลดลงเท่ากับอุณหภูมิกบติ แล้วชั่งน้ำหนัก
8. ทำซ้ำเช่นข้อที่ 7 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)} = \frac{(W2 \times 100)}{W1}$$

กำหนดให้

$$W1 = \text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}$$

$$W2 = \text{น้ำหนักไขมันหลังอบ (กรัม)}$$

ก10. การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) (A.O.A.C., 2000)

อุปกรณ์

1. Fritted crucible porosity No.2 เตรียมโดยการเผาที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วรอให้เย็นที่อุณหภูมิปกติ ล้างด้วยน้ำกลั่น แล้วตามด้วยอะซิโตน 15 มิลลิลิตร ปลอ่ยทิ้งไว้ให้แห้ง เติม Celite ประมาณ 0.5 กรัม และกระจายให้ทั่วโดยการเขย่าเบาๆ ล้าง Celite ด้วยน้ำกลั่น นำไปอบที่อุณหภูมิ 105±2 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ประมาณ 1 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักครุชชีเบลบรรจุ Celite (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

2. เครื่องดูดสุญญากาศ พร้อมขวดสำหรับกรอง ขนาด 1000 มิลลิลิตร
3. เตาให้ความร้อน (Hot plate stirrer)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าสำหรับงานวิเคราะห์
5. เตาเผา (Muffle furnace)
6. ตู้อบไฟฟ้า
7. โถดูดความชื้น (Desicator)
8. พีเอชมิเตอร์
9. ไมโครปิเปต ความจุ 20-100 ไมโครลิตร
10. บีกเกอร์ทรงสูงขนาด 600 มิลลิลิตร
11. แท่งแม่เหล็กขนาดเล็กสำหรับกวน

สารเคมี

1. สารละลายเอทิลแอลกอฮอล์
 - 1.1 เข้มข้นร้อยละ 85: ตวงร้อยละ 95 เอทิลแอลกอฮอล์ 895 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร
 - 1.2 เข้มข้นร้อยละ 78: ตวงร้อยละ 95 เอทิลแอลกอฮอล์ 821 มิลลิลิตรแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร
2. อะซิโตน
3. α -Amylase solution เก็บที่อุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียส
4. Protease: เตรียมสารละลายเอนไซม์ Protease 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ใน Phosphate buffer เก็บที่ 0-5 องศาเซลเซียส (เตรียมใหม่ทุกครั้ง)
5. Amyloglucosidase solution เก็บที่ 0-5 องศาเซลเซียส
6. Diatomaceous earth: Celite 545 aw

7. Phosphate buffer solution (0.08 โมลาร์ พีเอช 6.0): เตรียมโดยละลาย 1.4 กรัม Na_2HPO_4 (หรือ 1.753 กรัม Dihydrate) และ 9.68 กรัม NaH_2PO_4 (หรือ 10.94 กรัม Dihydrate) เติมน้ำ 700 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร ตรวจสอบพีเอช ด้วยพีเอชมิเตอร์
8. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.325 นอร์มอล : เตรียมโดยใช้ 325 มิลลิลิตร 1.0 นอร์มอล HCl ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร
9. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.275 นอร์มอล : เตรียมโดยละลาย NaOH 11 กรัมในน้ำ 700 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร
10. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

วิธีการ

1. ในกรณีตัวอย่างแห้งสามารถ นำไปวิเคราะห์ได้ทันที ส่วนกรณีตัวอย่างเปียก ให้อบตัวอย่างให้แห้งก่อนนำไปวิเคราะห์ โดยอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
2. ชั่งตัวอย่าง 0.02 ± 0.001 กรัม 2 ซ้ำ ใส่ในบีกเกอร์
3. เติม Phosphate buffer 25 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ วัดและปรับพีเอชให้ได้ 6.0 ± 2
4. เติมเอนไซม์ α -amylase solution 50 ไมโครลิตร ลงในแต่ละบีกเกอร์ ปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ นำไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 นาที โดยเขย่าบีกเกอร์เบาๆ ทุกๆ 5 นาที จากนั้นทำให้สารละลายเย็นลงจนถึงอุณหภูมิปกติ แล้ววัดและปรับพีเอชให้ได้ 7.5 ± 2 โดยการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.275 นอร์มอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร
5. เติมเอนไซม์ Protease 100 ไมโครลิตร ลงในแต่ละบีกเกอร์ ปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ นำไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 นาที โดยเขย่าตลอดเวลา เมื่อสารละลายเย็นลง วัดและปรับพีเอชเป็น 4.0-4.6 ด้วยการเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.325 นอร์มอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร
6. เติมเอนไซม์ Amyloglucosidase 100 ไมโครลิตร ลงในแต่ละบีกเกอร์ ปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ แล้วนำไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 นาที โดยมีการกวนตลอดเวลา
7. ทำ Fritted crucible ที่เตรียมไว้ให้เปียก และกระจายซีไลท์ ด้วยน้ำกลั่น ปริมาตรเล็กน้อย แล้วจึงนำสารละลายมากรอง แล้วล้างตะกอนที่ได้ด้วยน้ำกลั่น จำนวน 2 รอบๆ ละ 10 มิลลิลิตร ล้างด้วยสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95 จำนวน 2 ครั้งๆ ละ 10 มิลลิลิตร เก็บของเหลวที่กรองได้ ทั้งหมดไว้ เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้ต่อไป

8. นำ Fritted crucible ที่มีตะกอนตัวอย่าง ไปอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 105±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักของตะกอนตัวอย่าง
9. ชูดตะกอนจาก Fritted crucible อันที่ 1 เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน
10. ชูดตะกอนจาก Fritted crucible อันที่ 2 เพื่อนำไปหาปริมาณเถ้า โดยนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอน-P-A-B} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

กำหนดให้

น้ำหนักตัวอย่าง = ค่าเฉลี่ย ของน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิกรัม)

น้ำหนักตะกอน = ค่าเฉลี่ย ของน้ำหนักตะกอนที่ใช้ (มิลลิกรัม)

P = น้ำหนักโปรตีนของตะกอนจาก Fritted crucible ที่ 1 (มิลลิกรัม)

A = น้ำหนักเถ้าของตะกอนจาก Fritted crucible ที่ 2 (มิลลิกรัม)

B = Blank (มิลลิกรัม) จำนวนจาก

Blank = น้ำหนักตะกอนของ Blank - P ของ Blank - A ของ Blank

ก11. การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ (Soluble dietary fiber) (A.O.A.C., 2000)

อุปกรณ์และสารเคมี

เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

วิธีการ

1. นำของเหลวที่กรองได้จากการวิเคราะห์ ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมาปรับน้ำหนักให้ได้ 100 กรัม ด้วยน้ำกลั่น
2. เติมสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95 ที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ปริมาตร 400 มิลลิลิตรลงไป ทิ้งให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 ชั่วโมง
3. ทำ Fritted crucible ที่เตรียมไว้ให้เปียก และกระจายซิลิเกตด้วยสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 78 แล้วจึงนำของเหลว ที่กรองได้หลังปรับน้ำหนักมากรอง

4. จากนั้นล้างตะกอนที่ได้ด้วยสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ เข้มข้นร้อยละ 78 จำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 20 มิลลิลิตร แล้วล้างด้วยสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95 จำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 10 มิลลิลิตร ล้างด้วยอะซิโตน 2 ครั้ง ครั้งละ 10 มิลลิลิตร

5. นำ Fritted crucible ที่มีตะกอนไปอบที่ตู้อบอุณหภูมิ 105±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนัก เพื่อหาน้ำหนักของตะกอนตัวอย่าง

6. ชูดตะกอนจาก Fritted crucible อันที่ 1 เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

7. ชูดตะกอนจาก Fritted crucible อันที่ 2 เพื่อนำไปหาปริมาณเถ้า โดยนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอน-P-A-B}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

กำหนดให้

น้ำหนักตัวอย่าง = ค่าเฉลี่ย ของน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิกรัม)

น้ำหนักตะกอน = ค่าเฉลี่ย ของน้ำหนักตะกอนที่ใช้ (มิลลิกรัม)

P = น้ำหนักโปรตีนของตะกอนจาก Fritted crucible ที่ 1 (มิลลิกรัม)

A = น้ำหนักเถ้าของตะกอนจาก Fritted crucible ที่ 2 (มิลลิกรัม)

B = Blank (มิลลิกรัม) คำนวณจาก

Blank = น้ำหนักตะกอนของ Blank - P ของ Blank - A ของ Blank

ก12. การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fiber) (A.O.A.C., 2000)

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (ร้อยละ)} = \text{ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (ร้อยละ)} + \text{ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ (ร้อยละ)}$$

ก13. การวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity, WHC) (Tomotak *et al.*, 2002)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าสำหรับงานวิเคราะห์
2. หลอดปั่นเหวี่ยง (Centrifuge tube)
3. เครื่องปั่นเหวี่ยง แบบควบคุมอุณหภูมิ

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างสารรองผงให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 0.1 กรัม (W1) ใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยง
2. เติมน้ำกลั่นน้ำหนักที่แน่นอนลงไป 15 กรัม (W2) เขย่าผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที
3. นำไปปั่นเหวี่ยงที่ ความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที
4. รินของเหลวออกมาแล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (W3)

การคำนวณ

$$\text{ความสามารถในการอุ้มน้ำ} = \frac{[(W1+W2)-W3]}{W1}$$

กำหนดให้

- W1 = น้ำหนักตัวอย่าง สารรองผง (กรัม)
 W2 = น้ำหนักน้ำ (กรัม)
 W3 = น้ำหนักน้ำที่รินออกมาหลังปั่นเหวี่ยง (กรัม)

ก14. การวิเคราะห์ความสามารถในการรักษาน้ำ (Water retention capacity, WRC) (Sanz *et al.*, 2008)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าสำหรับงานวิเคราะห์
2. หลอดปั่นเหวี่ยง (Centrifuge tube)
3. เครื่องปั่นเหวี่ยง แบบควบคุมอุณหภูมิ

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างน้ำแข็งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 30 กรัม (W1) ใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 100 มิลลิลิตร
2. นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงแยก ที่ความเร็วรอบ 6000 รอบ ต่อ นาที เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส
3. หลังจากปั่นเหวี่ยงแล้ว แยกส่วนของเหลวที่แยกชั้นออกมา แล้วนำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (W2)

การคำนวณ

$$\text{ความสามารถในการรักษาน้ำ} = \frac{(W1-W2) \times 100}{W1}$$

กำหนดให้

W1= น้ำหนักตัวอย่างน้ำแข็ง (กรัม)

W2= น้ำหนักน้ำที่เทออกจากตะกอนหลังปั่นเหวี่ยง (กรัม)

ภาคผนวก ข. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่บดปรุงรสซุบแป้งทอด

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 - Point hedonic scale

ชื่อผลิตภัณฑ์ ไก่บดปรุงรสซุบแป้งทอด

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากซ้ายไปขวา แล้วใส่ระดับความชอบของแต่ละปัจจัยที่ตรงกับความรู้สึกรู้สึกของท่านมากที่สุด

ระดับความชอบ ;	9 = ชอบมากที่สุด	8 = ชอบมาก	7 = ชอบปานกลาง
	6 = ชอบเล็กน้อย	5 = เฉยๆ	4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
	3 = ไม่ชอบปานกลาง	2 = ไม่ชอบมาก	1 = ไม่ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง

ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....	.....
ความแข็งเนื้อสัมผัส	.....	.....	.....	.....
การร่อนน้ำมัน	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....
ความชอบรวม	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ.....

ภาคผนวก ค. การคำนวณปริมาณผลผลิต และต้นทุนการอบแห้งสารองผง

ค1. ปริมาณผลผลิต

$$\text{ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักผลผลิตสารองแห้ง} \times 100}{\text{น้ำหนักเนื้อสารองเปียก}}$$

เช่น การทำแห้งเนื้อสารองแบบแช่เยือกแข็ง มีน้ำหนักเนื้อสารองเปียก 2,130 กรัม และได้มีปริมาณเนื้อสารองแห้ง 19.80 กรัม

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)} &= \frac{19.80 \times 100}{2130} \\ &= 0.93 \end{aligned}$$

ค2. ต้นทุนการผลิตสารองผงจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying)

การทำแห้งเนื้อสารองด้วยวิธีแบบแช่เยือกแข็ง โดยขอใช้บริการเครื่อง Freeze dryer ยี่ห้อ Eylea ประเทศญี่ปุ่น ที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งมีอัตราค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 600 บาทต่อวัน โดยใช้น้ำหนักเนื้อสารองเริ่มต้น 2,130 กรัม เวลาในการทำแห้งทั้งหมด 5 วัน คิดค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด 3,000 บาท ได้เนื้อสารองแห้ง 19.80 กรัม ดังนั้นคำนวณต้นทุนในการทำแห้งเนื้อสารองด้วย Freeze dryer เท่ากับ $(3,000/19.80) = 151.50$ บาทต่อกรัมเนื้อสารองแห้ง

ค3. ต้นทุนการผลิตสารองผงจากการทำแห้งลูกกลิ้ง (Drum drying)

การทำแห้งเนื้อสารองด้วยวิธีแบบลูกกลิ้ง โดยใช้เครื่อง Drum dryer ชนิดลูกกลิ้งคู่ ที่คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีค่าใช้จ่ายในการผลิตไอน้ำความดันสูงในส่วนเครื่องกำเนิดไอน้ำ ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงเริ่มต้นปริมาณ 30 ลิตร และ 10 ลิตรต่อการผลิตไอน้ำความดันสูง 1 ชั่วโมง ราคาน้ำมันลิตรละ 40 บาท ทำแห้งเนื้อสารอง 20,000 กรัม ใช้เวลา 2.5 ชั่วโมง ได้เนื้อสารองแห้ง 180 กรัม ดังนั้นคำนวณต้นทุนในการทำแห้งเนื้อสารองด้วย Drum dryer เท่ากับ $(30 \times 40) + (2.5 \times 40 \times 10) = 12.22$ บาทต่อกรัมเนื้อสารองแห้ง

ค4. ต้นทุนการผลิตสารรองผงจากการทำแห้งแบบอบลมร้อน (Hot air drying)

การทำแห้งเนื้อสารรองด้วยวิธีแบบอบลมร้อน โดยใช้ Hot air oven แบบถาด ที่ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สามารถทำแห้งตัวอย่างเนื้อสารรองได้ 10,000 กรัม (1,500 กรัมต่อ 1 ถาดตัวอย่าง) ใช้เวลา 12 ชั่วโมง โดยใช้กำลังไฟฟ้า 19 กิโลวัตต์ต่อ ชั่วโมง ได้เนื้อสารรองแห้ง 97 กรัม โดยไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ คิดเป็น 1 หน่วย มีราคา 3.5 บาท ดังนั้น ค่าต้นทุนในการทำแห้งเนื้อสารรองด้วย Hot air oven เท่ากับ $(19 \times 3.5 \times 12)/67.9 = 8.22$ บาท ต่อกรัมเนื้อสารรองแห้ง

ภาคผนวก ง. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

Table A1. ANOVA of crude malva nut yield extracted from different conditions.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	63.379(a)	17	3.728	16.819	.000
Intercept	148088.744	1	148088.744	668086.266	.000
Time	25.407	1	25.407	114.620	.000
Temperature	31.650	2	15.825	71.392	.000
Ratio	.020	2	.010	.045	.956
Time * Temperature	4.376	2	2.188	9.871	.000
Time * Ratio	.215	2	.107	.484	.620
Temperature * Ratio	.714	4	.179	.805	.530
Time * Temperature * Ratio	.998	4	.249	1.125	.360
Error	7.980	36	.222		
Total	148160.103	54			
Corrected Total	71.359	53			

Table A2. ANOVA of total color different (ΔE) and viscosity of crude malva nut bleaching with different conditions.

Source	Dependent Variable	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	ΔE	2723.321(a)	11	247.575	4413.532	.000
	Viscosity	7136657.639(b)	11	648787.058	10738.544	.000
Intercept	ΔE	9670.100	1	9670.100	172389.621	.000
	Viscosity	65542517.361	1	65542517.361	1084841.667	.000
Temperature	ΔE	2517.363	1	2517.363	44877.232	.000
	Viscosity	7062306.250	1	7062306.250	116893.345	.000
Time	ΔE	117.433	1	117.433	2093.493	.000
	Viscosity	43056.250	1	43056.250	712.655	.000
Concentration	ΔE	80.626	2	40.313	718.661	.000
	Viscosity	24088.889	2	12044.444	199.356	.000
Temperature * Time	ΔE	5.168	1	5.168	92.131	.000
	Viscosity	1167.361	1	1167.361	19.322	.000
Temperature*Concentration	ΔE	2.295	2	1.148	20.458	.000
	Viscosity	3350.000	2	1675.000	27.724	.000
Time * Concentration	ΔE	.124	2	.062	1.101	.349
	Viscosity	316.667	2	158.333	2.621	.093
Temperature * Time * Concentration	ΔE	.312	2	.156	2.780	.082
	Viscosity	2372.222	2	1186.111	19.632	.000
Error	ΔE	1.346	24	.056		
	Viscosity	1450.000	24	60.417		
Total	ΔE	12394.767	36			
	Viscosity	72680625.000	36			
Corrected Total	ΔE	2724.667	35			
	Viscosity	7138107.639	35			

Table A3. ANOVA of main properties of crude malva nut powder by different drying methods.

Source	Dependent Variable	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Viscosity	607259.722(a)	2	303629.861	507.224	.000
	L*	255.541(b)	2	127.771	1791.455	.000
	a*	138.919(c)	2	69.459	1297.768	.000
	b*	184.514(a)	2	92.257	511.182	.000
	Moisture	.011(d)	2	.005	12.500	.007
	a _w	10.735(e)	2	5.368	291.362	.000
	Total dietary fiber	4.265(f)	2	2.132	1.343	.330
	Soluble dietary fiber	13.421(g)	2	6.711	18.777	.003
	Insoluble dietary fiber	30.792(h)	2	15.396	17.192	.003
	Water holding capacity	1062.654(i)	2	531.327	866.529	.000
	Yield	.007(j)	2	.004	110.333	.000
Intercept	Viscosity	15530167.361	1	15530167.361	25943.667	.000
	L*	4523.908	1	4523.908	63429.145	.000
	a*	1190.250	1	1190.250	22238.426	.000
	b*	12205.094	1	12205.094	67626.574	.000
	Moisture	2.423	1	2.423	5739.184	.000
	a _w	134.405	1	134.405	7295.829	.000
	Total dietary fiber	24620.748	1	24620.748	15503.707	.000
	Soluble dietary fiber	16497.690	1	16497.690	46163.167	.000
	Insoluble dietary fiber	810.351	1	810.351	904.870	.000
	Water holding capacity	50141.659	1	50141.659	81774.927	.000
	Yield	7.821	1	7.821	234640.333	.000

Table A3. Continued

Source	Dependent Variable	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Drying method	Viscosity	607259.722	2	303629.861	507.224	.000
	L*	255.541	2	127.771	1791.455	.000
	a*	138.919	2	69.459	1297.768	.000
	b*	184.514	2	92.257	511.182	.000
	Moisture	.011	2	.005	12.500	.007
	a _w	10.735	2	5.368	291.362	.000
	Total dietary fiber	4.265	2	2.132	1.343	.330
	Soluble dietary fiber	13.421	2	6.711	18.777	.003
	Insoluble dietary fiber	30.792	2	15.396	17.192	.003
	Water holding capacity	1062.654	2	531.327	866.529	.000
	Yield	.007	2	.004	110.333	.000
Error	Viscosity	3591.667	6	598.611		
	L*	.428	6	.071		
	a*	.321	6	.054		
	b*	1.083	6	.180		
	Moisture	.003	6	.000		
	a _w	.111	6	.018		
	Total dietary fiber	9.528	6	1.588		
	Soluble dietary fiber	2.144	6	.357		
	Insoluble dietary fiber	5.373	6	.896		
	Water holding capacity	3.679	6	.613		
	Yield	.000	6	3.33E-005		

Table A3. *Continued*

Source	Dependent Variable	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Total	Viscosity	16141018.750	9			
	L*	4779.877	9			
	a*	1329.490	9			
	b*	12390.691	9			
	Moisture	2.436	9			
	a _w	145.251	9			
	Total dietary fiber	24634.541	9			
	Soluble dietary fiber	16513.255	9			
	Insoluble dietary fiber	846.516	9			
	Water holding capacity	51207.992	9			
	Yield	7.829	9			
Corrected	Viscosity	610851.389	8			
Total	L*	255.969	8			
	a*	139.240	8			
	b*	185.597	8			
	Moisture	.013	8			
	a _w	10.846	8			
	Total dietary fiber	13.793	8			
	Soluble dietary fiber	15.565	8			
	Insoluble dietary fiber	36.165	8			
	Water holding capacity	1066.333	8			
		Yield	.008	8		

Table A4. ANOVA of properties of batter and fried chicken batter in batter formula A-H.

Source	Dependent Variable	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Viscosity	36205762.500(a)	7	5172251.786	21588.529	.000
	Pick up of batter	1153.111(b)	7	164.730	145.042	.000
	Water retention capacity	560.149(c)	7	80.021	354.849	.000
	L*	119.291(d)	7	17.042	320.030	.000
	a*	6.093(e)	7	.870	56.533	.000
	b*	4.890(f)	7	.699	27.080	.000
	Crust	118.593(b)	7	16.942	144.977	.000
	Fat	222.378(g)	7	31.768	54.911	.000
Intercept	Viscosity	110725104.167	1	110725104.167	462156.957	.000
	Pick up of batter	17183.667	1	17183.667	15129.963	.000
	Water retention capacity	86681.028	1	86681.028	384380.599	.000
	L*	167454.262	1	167454.262	3144680.969	.000
	a*	61.504	1	61.504	3994.848	.000
	b*	4345.427	1	4345.427	168454.601	.000
	Crust	12620.672	1	12620.672	107999.761	.000
	Fat	20538.765	1	20538.765	35500.927	.000
Batter formula	Viscosity	36205762.500	7	5172251.786	21588.529	.000
	Pick up of batter	1153.111	7	164.730	145.042	.000
	Water retention capacity	560.149	7	80.021	354.849	.000
	L*	119.291	7	17.042	320.030	.000
	a*	6.093	7	.870	56.533	.000
	b*	4.890	7	.699	27.080	.000
	Crust	118.593	7	16.942	144.977	.000
	Fat	222.378	7	31.768	54.911	.000

Table A4. *Continued*

Source	Dependent Variable	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Error	Viscosity	3833.333	16	239.583		
	Pick up of batter	18.172	16	1.136		
	Water retention capacity	3.608	16	.226		
	L*	.852	16	.053		
	a*	.246	16	.015		
	b*	.413	16	.026		
	Crust	1.870	16	.117		
	Fat	9.257	16	.579		
Total	Viscosity	146934700.000	24			
	Pick up of batter	18354.950	24			
	Water retention capacity	87244.785	24			
	L*	167574.405	24			
	a*	67.843	24			
	b*	4350.729	24			
	Crust	12741.134	24			
	Fat	20770.400	24			
Corrected	Viscosity	36209595.833	23			
Total	Pick up of batter	1171.283	23			
	Water retention capacity	563.757	23			
	L*	120.143	23			
	a*	6.339	23			
	b*	5.303	23			
	Crust	120.462	23			
	Fat	231.635	23			

Table A5. ANOVA of shear force and color of fried battered and breaded chicken formula A-H.

Source	Dependent Variable	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected	Shear force	819675.872(a)	7	117096.553	1.612	.168
Model	L*	1224.082(b)	7	174.869	77.965	.000
	a*	15.335(c)	7	2.191	1.617	.166
	b*	16.224(d)	7	2.318	1.414	.234
Intercept	Shear force	840185808.072	1	840185808.072	11564.910	.000
	L*	127494.585	1	127494.585	56843.506	.000
	a*	4012.410	1	4012.410	2961.477	.000
	b*	46531.498	1	46531.498	28388.812	.000
Batter formula	Shear force	819675.872	7	117096.553	1.612	.168
	L*	1224.082	7	174.869	77.965	.000
	a*	15.335	7	2.191	1.617	.166
	b*	16.224	7	2.318	1.414	.234
Error	Shear force	2324786.518	32	72649.579		
	L*	71.773	32	2.243		
	a*	43.356	32	1.355		
	b*	52.451	32	1.639		
Total	Shear force	843330270.463	40			
	L*	128790.440	40			
	a*	4071.101	40			
	b*	46600.173	40			
Corrected	Shear force	3144462.391	39			
Total	L*	1295.855	39			
	a*	58.691	39			
	b*	68.675	39			

Table A6. ANOVA of sensory score of fried battered and breaded chicken formula A, B, D and H.

Source	Dependent Variable	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Appear	2.067(a)	3	.689	.580	.629
	Color	4.825(b)	3	1.608	1.243	.297
	Hardness	3.492(c)	3	1.164	.812	.490
	Oiliness	17.492(d)	3	5.831	4.389	.006
	Taste	.292(e)	3	.097	.095	.963
	Overall	4.092(f)	3	1.364	.901	.443
Intercept	Appear	6106.133	1	6106.133	5140.141	.000
	Color	6264.075	1	6264.075	4840.991	.000
	Hardness	5005.208	1	5005.208	3491.306	.000
	Oiliness	5699.408	1	5699.408	4290.275	.000
	Taste	6409.408	1	6409.408	6232.115	.000
	Overall	6063.408	1	6063.408	4007.723	.000
Batter formula	Appear	2.067	3	.689	.580	.629
	Color	4.825	3	1.608	1.243	.297
	Hardness	3.492	3	1.164	.812	.490
	Oiliness	17.492	3	5.831	4.389	.006
	Taste	.292	3	.097	.095	.963
	Overall	4.092	3	1.364	.901	.443
Error	Appear	137.800	116	1.188		
	Color	150.100	116	1.294		
	Hardness	166.300	116	1.434		
	Oiliness	154.100	116	1.328		
	Taste	119.300	116	1.028		
	Overall	175.500	116	1.513		

Table A6. Continued

Source	Dependent Variable	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Total	Appear	6246.000	120			
	Color	6419.000	120			
	Hardness	5175.000	120			
	Oiliness	5871.000	120			
	Taste	6529.000	120			
	Overall	6243.000	120			
Corrected	Appear	139.867	119			
Total	Color	154.925	119			
	Hardness	169.792	119			
	Oiliness	171.592	119			
	Taste	119.592	119			
	Overall	179.592	119			

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวศิริรัตน์ ปราบปัญจะ
 รหัสประจำตัวนักศึกษา 4911020039
 วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2545

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

ศิริรัตน์ ปราบปัญจะ ไพรัตน์ โสภโณดร และวรพงษ์ อัสวเกษตรนิ. 2553. ผลของปัจจัยการผลิตต่อสมบัติของสารรองผงและการประยุกต์ใช้เป็นสารเพิ่มความชื้นในน้ำแปะง. รายงานการประชุมวิชาการในงานการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 20. ณ โรงแรม เจ บี หาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. 16-18 กันยายน 2553. หน้า 1213-1220.