ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร | พัฒนาผลิตภัณฑ์

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การพัฒนาห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

Development of Instant Hor-Mok Powder from Red Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris L.*)

นามผู้วิจัย นางสาวพรรัชต์ เถี่ยนมิตรภาพ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์กมลวรรณ แจ้งชัด, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์อนุวัตร แจ้งชัด, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์อนุวัตร แจ้งชัด, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

Development of Instant Hor-Mok Powder from Red Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris L.*)

โดย

นางสาวพรรัชต์ เถี่ยนมิตรภาพ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พรรัชต์ เถี่ยนมิตรภาพ 2557: การพัฒนาห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์กมลวรรณ แจ้งชัด, Ph.D. 111 หน้า

ห่อหมกผงสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการจากการเสริมโปรตีนและใยอาหารจากถั่วแดงหลวง งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณส่วนผสมต่อคุณภาพห่อหมกผงสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงและศึกษาหาปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสม จากการพัฒนาสูตรห่อหมกจากถั่วแดงหลวงพบว่าปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุกต่อส่วนผสมอื่นที่เหมาะสม คือ 30:100 และปริมาณพริกแกงเผ็ดคือ ร้อยละ 30 นำส่วนผสมทั้งหมดประกอบด้วย ถั่วแดงหลวงต้มสุก พริกแกงเผ็ด และส่วนผสมอื่น ๆ มาผสมให้เข้ากันและนำไปทำแห้งเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบหลักสำหรับการพัฒนาห่อหมกผง จากนั้นทำการปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยการศึกษาผลของปริมาณไข่ผง และไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของห่อหมกผงสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 3x3 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองสุ่มสมบูรณ์ ศึกษาปริมาณไข่ผง 3 ระดับ (ร้อยละ 6.25, 12.50 และ18.75) และปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ 3 ระดับ (ร้อยละ 0.00, 0.05 และ 0.10) ผลิตภัณฑ์สุดท้ายนำมาคืนรูปโดยไมโครเวฟ ใช้ส่วนผสมแห้งต่อน้ำในอัตราส่วน 1: 3 เป็นเวลา 1 นาที จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9- point hedonic scale) และวิเคราะห์โดยวิธีพื้นผิวตอบสนอง พบว่าการเพิ่มปริมาณไข่ผงและไฮโดรคอลลอยด์ส่งผลให้มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบรวมเพิ่มขึ้น และพบว่าปริมาณไข่ผงที่เหมาะสมอยู่ในช่วงร้อยละ 14.00-18.75 และปริมาณไฮโดรคลอลอยด์อยู่ในช่วงร้อยละ 0.06-0.10 โดยมีคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.0) ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงที่พัฒนาได้มีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบและคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 4.24, 26.18, 18.96, 8.51, 7.36 และ 34.75 ตามลำดับ มีค่า a_w เท่ากับ 0.31 และคุณภาพทางจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์รามีค่า< 10 cfu/g จากการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ร้อยละ 86 ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับความชอบปานกลาง (7.0) การศึกษาอายุการเก็บรักษาพบว่า ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์เคลือบพลาสติกสามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) ได้อย่างน้อย 8 สัปดาห์

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Pornrath Theimitthapap 2014: Development of Instant Hor-Mok Powder from Red Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris L.*). Master of Science (Agro-Industrial Product Development), Major Field: Agro-Industrial Product Development, Department of Product Development. Thesis Advisor: Associate Professor Kamolwan Jangchud, Ph.D. 111 pages.

Instant Hor-Mok powder from red kidney bean (RB) was developed as a nutritional product with protein and fiber supplement from RB. The objectives of this study were to study the effect of type and quantity of ingredients on the quality of this type of instant Hor-Mok powder, and to optimize the ingredients which were contained in the product. The formulation showed that the optimum ratio of cooked RB to other ingredients was 30:100 with 30% red curry paste. All ingredients including cooked RB and red curry paste were mixed and dried to obtain Hor-Mok powder as a main ingredient, which could be further develop. A 3x3 factorial arrangement in a completely randomized design (CRD) with three levels of egg powder (6.25%, 12.50% and 18.75% of total ingredients), and three levels of hydrocolloid (0.00%, 0.05% and 0.10% of total ingredients) was used to improve the texture of the product. The reformed Hor-Mok could be obtained by microwaving the dried powder mixed with water at a ratio of 1 to 3 for 1 minute. Results from a sensory evaluation using a 9-point hedonic scale employing the response surface method (RSM) showed that an increase in egg powder and hydrocolloid increased the hardness liking and overall liking scores of the product. The optimum ingredients to produce the instant Hor-Mok consisted of 14.00% to 18.75% of egg powder and hydrocolloid of 0.06% to 0.10 % of total ingredients. The formula produced an overall liking score of 7.0. The moisture content, protein, fat, ash, crude fiber and carbohydrate were 4.24%, 26.18%, 18.96%, 8.51, 7.36% and 34.75%, respectively. The a_w of the product was 0.31. The consumer acceptance test revealed that around 86% of consumers accepted the product, and overall liking score of the product was "moderatly like". The shelf life of the instant Hor-Mok powder from red kidney bean packed in laminated aluminuim foil stored at 30±2 °c was at least 8 weeks.

_____ _____ ____ / ___ / ____

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ แจ้งชัด อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร.อนุวัตร แจ้งชัด อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาในด้านการค้นคว้าวิจัย การเรียน สั่งสอน ตลอดจนให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้อง และกราบขอบพระคุณผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชา ตลอดจนเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือ ขอขอบคุณ พี่เล็ก พี่ปา พี่หยก พี่นุ่น พี่หมวย พี่ต้อง พี่จุ๊กจิ๊ก พี่ปุ้ม พี่ดิว กุ้ง พลอย น้องเอียน น้องตาล และเพื่อน ๆพี่ ๆ น้อง ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ เป็นที่ปรึกษา และเป็นกำลังใจจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดาของข้าพเจ้า นายไพโรจน์ เถี่ยนมิตรภาพ มารดาของข้าพเจ้านางทิพอาวี เถี่ยนมิตรภาพ ขอบพระคุณคุณป้าของข้าพเจ้า ทพ.ญ สุนิสา สุตันชัยนนท์, ทพ.ญ สุนีย์ สุตันชัยนนท์ และคุณลุง นายสุทัศน์ สุตันชัยนนท์ ซึ่งเป็นผู้มีพระคุณอย่างยิ่งของข้าพเจ้า รวมทั้งผู้มีพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามใน ณ ที่นี้ ที่ให้การสนับสนุน ความช่วยเหลือตลอดจนกำลังใจ สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอมอบประโยชน์และคุณความดีอันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้แก่ครูบาอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขออภัย และขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

พรรัชต์ เถี่ยนมิตรภาพ

สิงหาคม 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	27
อุปกรณ์	27
วิธีการ	30
ผลและวิจารณ์	43
สรุปและข้อเสนอแนะ	74
สรุป	74
ข้อเสนอแนะ	77
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	78
ภาคผนวก	85
ภาคผนวก ก แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	86
ภาคผนวก ข แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค	88
ภาคผนวก ค วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	94
ภาคผนวก ง กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิคสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP	99
ภาคผนวก จ วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์	102
ภาคผนวก ฉ วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	105
ภาคผนวก ช ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง	107
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	111

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณภาพของถั่วแดงหลวงเม็ดแห้งและถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียด	44
2	คุณภาพทางกายภาพของปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดที่แตกต่างกันในห่อหมก	45
3	คะแนนความชอบของห่อหมกจากถั่วแดงหลวงในปริมาณของถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดที่แตกต่างกัน	46
4	คะแนนความชอบของห่อหมกจากถั่วแดงหลวงในปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุกที่แตกต่างกัน	47
5	คุณภาพทางเคมี และกายภาพของพริกแกงเผ็ด	47
6	คะแนนความชอบของห่อหมกจากถั่วแดงหลวงในปริมาณพริกแกงเผ็ดที่แตกต่างกัน	48
7	คะแนนความพอดีของห่อหมกจากถั่วแดงหลวงในปริมาณพริกแกงเผ็ดที่ต่างกัน	49
8	คุณภาพทางกายภาพของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงที่ปริมาณไข่ผงและไฮโดรคอลลอยด์ต่างกัน	51
9	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงที่ปริมาณไข่ผงและไฮโดรคอลลอยด์ต่างกัน	53
10	สมการรีเกรสชันที่ใช้อธิบายผลของชนิดและปริมาณส่วนผสมหลักต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง	54
11	ค่า Root mean square error จากการคัดเลือกสูตรจากแผนภาพคอนทัวร์เพื่อทำนายยืนยันความถูกต้องของแบบจำลอง	56
12	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง	57
13	คุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง	60
14	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายที่ทดสอบการยอมับผลิตภัณฑ์ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปด้วยวิธี CLT	62
15	ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคห่อหมกของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่ทดสอบการยอมรับที่มีต่อผลิตภัณฑ์ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูป	63

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

16 ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงที่พัฒนาแล้วของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายด้วยวิธี CLT 64

17 การยอมรับและความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปของกลุ่มผู้บริโภค 64

18 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปที่อุณหภูมิห้อง(30±2 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 71

19 คะแนนความชอบในคุณลักษณะต่าง ๆทั้งชนิดผง (Ready to cook) และชนิดพร้อมรับประทาน (Ready to eat) ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 73

ตารางผนวกที่

ช1 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L) ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง 108

ช2 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง 108

ช3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง 109

ช4 การเปลี่ยนแปลงค่าความ a_w ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง 109

ช5 การเปลี่ยนแปลงค่าความคงตัวของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง 110

ช6 การเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง 110

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างของแซนแทนกัม	19
2	การป้อนวัตถุดิบและทิศทางการทำงานของเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่	23
3	ปฏิกิริยาของ FRAP assay	25
4	ผงห่อหมกที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่	50
5	แผนภาพคอนทัวร์จากคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีให้คะแนนความชอบของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงในคุณลักษณะ (ก) เนื้อสัมผัส, (ข) ความชอบรวม และ (ค) แผนภาพคอนทัวร์ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง	55
6	ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง	58
7	ห่อหมกสำเร็จรูปที่พัฒนาได้	58
8	การเปลี่ยนแปลงค่าสีของห่อหมกกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากถั่วแดงหลวงที่อุณหภูมิการเก็บสองอุณหภูมิ คือ ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส	66
9	การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของห่อหมกกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากถั่วแดงหลวงที่อุณหภูมิการเก็บสองอุณหภูมิ คือ ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส	68
10	การเปลี่ยนแปลงค่าความคงตัวของห่อหมกกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากถั่วแดงหลวงที่อุณหภูมิการเก็บสองอุณหภูมิ คือ ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส	68
11	การเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของห่อหมกกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากถั่วแดงหลวงที่อุณหภูมิการเก็บสองอุณหภูมิ คือ ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส	70

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ง1	กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิคสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด	100
ง2	กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิคสำหรับการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH	100
ง3	กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิคสำหรับการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ FRAP	101

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

Development of Instant Hor-Mok Powder from Red Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris L.*)

คำนำ

อาหารไทยเป็นอาหารที่มีความเป็นเอกลักษณ์ มีรสชาติเฉพาะตัวจากการใช้เครื่องปรุงรสต่าง ๆที่แตกต่างกัน ห่อหมก เป็นอาหารไทยโบราณที่มีส่วนผสมที่ประกอบด้วยเนื้อปลาเป็นส่วนประกอบหลักและปลาที่นิยมใช้ทำ คือ ปลาช่อน และปลากราย เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบของเครื่องแกง หัวกะทิ มีการใส่ไข่ไก่เพื่อเป็นการเพิ่มความเข้มข้นและช่วยในเรื่องของเนื้อสัมผัส จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดใส่ลงในกระทงและรองก้นด้วยผักชนิดต่าง ๆ ทำให้สุกด้วยการนึ่ง ลักษณะของห่อหมกที่ดี คือ ต้องมีกลิ่นหอมของเครื่องแกง เมื่อนึ่งสุกแล้วจะต้องเกาะกันเป็นก้อน ไม่แฉะ หรือแข็งจนเกินไป มีรสหวานจากกะทิและมีรสชาติเผ็ดของเครื่องแกง (ศศพินทุ์, 2549)

ถั่วแดงหลวงจัดเป็นวัตถุดิบทางอุตสาหกรรมเกษตรที่มีคุณค่าทางโภชนาการ นอกจากเป็นแหล่งของโปรตีนแล้วยังประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอย์ และแทนนินซึ่งเป็นสารประกอบที่สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (Amarowicz and Pegg, 2008) จากคุณค่าทางโภชนาการและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของถั่วแดงหลวงจึงมีการใช้ประโยชน์เพื่อเป็นส่วนประกอบในอาหาร เครื่องดื่มและเครื่องสำอาง ใช้เป็นสารต้านออกซิเดชัน เพื่อการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

อาหารกึ่งสำเร็จรูป หมายถึง อาหารที่ผ่านกรรมวิธีและการปรุงแต่งมาบ้างแล้ว เมื่อต้องการนำมาบริโภคก็เพียงแต่นำมาผ่านกรรมวิธีอย่างง่ายและใช้ระยะเวลาสั้น เช่น โดยการเติมน้ำร้อน หรือการต้มเพียงเพียงไม่นานก็สามารถนำมารับประทานได้ (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) ในปัจจุบันพฤติกรรมการบริโภคอาหารของคนในสังคมเปลี่ยนแปลงไป มักต้องการความรวดเร็ว ความสะดวกสบายในการเตรียมอาหาร ลักษณะของอาหารจึงเปลี่ยนไปตามยุคสมัยที่เร่งรีบ อาหารกึ่งสำเร็จรูปจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันมากขึ้น และห่อหมกเป็นอาหารไทยชนิดหนึ่ง เป็นที่นิยมบริโภคของคนไทย มีวิธีทำที่ค่อนข้างซับซ้อน และมีอายุการเก็บสั้น ดังนั้นการพัฒนาห่อหมกให้อยู่ในรูปผงซึ่งเป็นการลดความชื้นของผลิตภัณฑ์จึงทำให้มีอายุการเก็บนานขึ้น นอกจากนี้ถั่วแดงหลวงยังเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการ และน่าสนใจที่จะนำมาทำเป็นวัตถุดิบของห่อหมกดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาห่อหมก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ถั่วแดงหลวงในรูปผงสำเร็จรูป โดยศึกษาปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสม และพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ทั้งผู้บริโภคทั่วไปและผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. พัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

2. ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปและห่อหมกพร้อมบริโภคจากถั่วแดงหลวง

3. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้

4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูประหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. ห่อหมก

อาหารไทย เป็นอาหารที่มีรสชาติที่เข้มข้น ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเครื่องปรุงหลายอย่าง อาหารแต่ละชนิดจึงมีรสชาติเฉพาะตัวจากการใช้เครื่องปรุงรสที่แตกต่างกัน การประกอบอาหารไทยจะต้องใช้ความพิถีพิถัน ประณีต มีขั้นตอนการทำที่ละเอียดเพื่อให้อาหารน่ารับประทาน อาหารไทยแบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภทคือ อาหารคาวและอาหารหวาน และยังมีอาหารว่างสำหรับรับประทานในระหว่างมื้ออีกด้วย ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของท้องถิ่น เทศกาล หรือฤดูกาล อาหารไทยจัดเป็นอาหารที่ให้ใยอาหาร และได้ประโยชน์จากสารอาหารในธรรมชาติอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นวิตามิน เกลือแร่ ที่ได้จากผัก เครื่องเทศ หรือจากสมุนไพรที่นำมาปรุงอาหาร ล้วนแต่มีประโยชน์และมีสรรพคุณเป็นยา (Suchatvejapoom *et al*., 2004)

ห่อหมก เป็นอาหารพื้นบ้านของไทยที่มีมาแต่โบราณ มีการทำให้สุกด้วยการนึ่ง มีลักษณะเป็นห่อ และได้รับการดัดแปลงมาเรื่อย ๆตามยุคสมัย ในปัจจุบันจะพบห่อหมกในหลายรูปแบบมีทั้งเป็นแบบดั้งเดิม คือ บรรจุอยู่ในกระทงใบตอง และมีการดัดแปลงใส่ในบรรจุภัณฑ์อื่น ๆตามยุคสมัยและความเหมาะสม เช่น ฝาหอย กระดองปู กระบอกไม้ไผ่ อลูมิเนียมฟอยล์ เป็นต้น (อมราภรณ์, 2555) ส่วนผสมที่สำคัญในห่อหมก ได้แก่ เนื้อปลา โดยการนำเนื้อปลาผสมกับเครื่องแกง และใส่กะทิที่มีลักษณะข้น กวนให้เข้ากันจนกะทิมีลักษณะงวด ใส่ไข่เพื่อเพิ่มความข้น นอกจากนั้นไข่ยังช่วยในเรื่องของเนื้อสัมผัส และการเพิ่มรสชาติที่ดีให้กับห่อหมก จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้มาใส่ลงในภาชนะที่เตรียมไว้โดยมีการรองก้นภาชนะด้วยผัก ซึ่งผักที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ ผักกาดขาว กะหล่ำปลี ใบยอ และใบโหระพา นำไปนึ่งให้สุก ราดหน้าด้วยกะทิโดยเพิ่มความน่ารับประทานด้วยพริกชี้ฟ้าและใบมะกรูดหั่นฝอย (ศศพินทุ์, 2549)

เทคนิคการทำห่อหมกให้อร่อย และมีคุณภาพดี คือ กะทิที่ใช้ควรเป็นกะทิสด และมีลักษณะที่ข้นปานกลาง ส่วนเนื้อสัตว์ที่จะใช้ในการทำห่อหมกนั้น ควรล้างให้สะอาด และผึ่งให้แห้งก่อนเพราะเมื่อนำมากวนรวมกับกะทิแล้วจะทำให้เนื้อสัตว์ดูดน้ำกะทิได้ดีขึ้น นอกจากนั้นการคนขณะผสมห่อหมกควรคนส่วนผสมไปในทิศทางเดียวกัน การคนไปในทิศทางเดียวกันทำให้เกิดความสม่ำเสมอและทำให้แห้ง และขึ้นฟูดีขึ้น การนึ่งห่อหมกก็มีความสำคัญเช่นกัน คือ ควรตั้งน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ให้เดือดก่อนแล้วจึงนำห่อหมกไปนึ่ง ควรใช้ไฟแรงในการนึ่งเพื่อลดการเหม็นคาวของเนื้อสัตว์ (อมราภรณ์, 2555) ห่อหมกที่ดีเมื่อสุกแล้วจะต้องมีกลิ่นหอมของเครื่องแกง จะมีลักษณะเกาะกันเป็นก้อน ไม่แฉะหรือแข็งเกินไป ต้องมีรสหวานของกะทิ และมีความเผ็ดของเครื่องแกงเล็กน้อย (ศศพินธุ์, 2549)

2. อาหารกึ่งสำเร็จรูป

ในปัจจุบันอาหารกึ่งสำเร็จรูปเข้ามามีบทบาทในชีวิตของคน เนื่องจากในปัจจุบันสภาพทางสังคมมีเร่งรีบ และแข่งขันตลอดเวลา การเตรียมอาหารอาหารเช้าทุกวันจึงไม่สะดวก ทำให้อาหารกึ่งสำเร็จรูปได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายเพราะปรุงง่าย ใช้เวลาไม่นานก็นำมารับประทานได้ จากการหาข้อมูลของทางการตลาดของอาหารกึ่งสำเร็จรูปในปัจจุบันยังไม่พบการผลิตห่อหมกในรูปแบบสำเร็จรูป หรือกึ่งสำเร็จรูป (ข้อมูลวันที่ 9 กรกฎาคม พ.ศ. 2557)

อาหารกึ่งสำเร็จรูปเป็นอาหารที่มีการภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท มีการกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน เป็นอาหารที่ผ่านกรรมวิธี และมีการปรุงแต่งมาบ้างแล้ว สามาถนำมารับประทานได้โดยการเติมน้ำร้อน หรือการต้ม เช่น ก๋วยเตี๋ยว ก๋วยจั๊บ บะหมี่ วุ้นเส้นที่ปรุงแต่ง ข้าวต้ม โจ๊กที่ปรุงแต่ง แกงจืด ซุปชนิดข้น ชนิดก้อน ชนิดผง หรือชนิดแห้ง เครื่องแกง และน้ำพริกแกง (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) สำหรับภาชนะที่ใช้ในการบรรจุอาหารกึ่งสำเร็จรูปได้กำหนดว่า ต้องสะอาด ไม่เคยใช้ใส่อาหารหรือวัตถุอื่นใดมาก่อน เว้นแต่ภาชนะใช้บรรจุที่เป็นแก้ว และเป็นภาชนะบรรจุที่ไม่มีสารออกมาปนเปื้อนกับอาหารในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ อีกทั้งเครื่องปรุงที่บรรจุอยู่ในภาชนะบรรจุ จะต้องไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ไม่มีสารเป็นพิษจากเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ มีแบคทีเรีย และเชื้อราในปริมาณไม่เกินที่กำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข สำหรับภาชนะที่ใช้ในการบรรจุอาหารกึ่งสำเร็จรูปกำหนดไว้ว่าต้องสะอาดไม่เคยใช้ใส่อาหารหรือวัตถุอื่นใดมาก่อน เว้นแต่ภาชนะใช้บรรจุที่เป็นแก้ว และเป็นภาชนะบรรจุที่ไม่มีสารออกมาปนเปื้อนกับอาหารในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ อีกทั้งเครื่องปรุงที่บรรจุอยู่ในภาชนะบรรจุ จะต้องไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ไม่มีสารเป็นพิษจากเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ มีแบคทีเรีย และเชื้อราในปริมาณไม่เกินที่กำหนด จากวิถีชีวิตที่เร่งรีบทำให้ตลาดของอาหารประเภทปรุงสำเร็จพร้อมรับประทาน อาหารสำเร็จรูป อาหารกึ่งสำเร็จรูป และอาหารแปรรูปในบรรจุภัณฑ์ในปัจจุบันมีการเติบโตขึ้นอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รวดเร็ว เนื่องจากสามารถตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคในแง่ของความสะดวกรวดเร็ว สะดวกสบายในการพกพา และประหยัดเวลา (เศรณี, 2555)

แนวโน้มการตลาดของอาหารประเภทกึ่งสำเร็จรูปในตลาดโลกมีการขยายตลาดอย่างต่อเนื่อง เนื่องด้วยพฤติกรรมการบริโภค และวิถีชีวิตที่เปลี่ยนไปทำให้มูลค่าทางการตลาดของอุตสาหกรรมอาหารประเภทนี้มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยในปีพ.ศ. 2553 มีการขยายตัวประมาณร้อยละ 3 ถึงร้อยละ 18 โดยคิดเป็นมูลค่าทางการตลาดประมาณ 80,000 ล้านเหรียญสหรัฐ ปัจจัยสำคัญที่ทำให้การขยายตัวของตลาด ได้แก่ การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในด้านรสชาติ คุณภาพ การเตรียมที่ง่าย และมีประโยชน์ต่อสุขภาพ รวมถึงการขยายตัวของลักษณะการเก็บรักษาอาหารที่ต้องการอาหารที่มีอายุการเก็บรักษาที่นาน และมีการเตรียมที่สะดวก เช่น การใช้เตาไมโครเวฟ (นิรนาม, 2552)

จากพฤติกรรมการบริโภคในปัจจุบันที่เปลี่ยนไปทั่วโลก และในประเทศไทยมีความต้องการอาหารประเภทพร้อมรับประทานมากขึ้น พบว่าผู้บริโภคไทยมีความนิยมในการเลือกซื้ออาหารปรุงสำเร็จมารับประทานมากกว่าที่จะปรุงอาหารเอง โดยในปีพ.ศ. 2553 พบว่า มูลค่าอาหารพร้อมรับประทานในประเทศไทยมีมูลค่า 5.3 พันล้านบาท และมีแนวโน้มการขยายตัวเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 8 ต่อปี โดยในอีก 5 ปีข้างหน้าจะมีมูลค่าทางการตลาดอยู่ที่ 7.6 พันล้านบาท โดยอาหารประเภทพร้อมรับประทานแบบแห้งมีมูลค่าทางการตลาดประมาณร้อยละ 19 หรือประมาณ 997.12 พันล้านบาท (EIC, 2557)

3. เครื่องแกงเผ็ด

น้ำพริกแกง คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมที่ได้มาจากสมุนไพรหรือเครื่องเทศต่าง ๆ เช่น พริกแห้ง หัวหอมแดง กระชาย ข่า ตระไคร้ ผิวมะกรูด อาจมีส่วนผสมของกะปิ น้ำตาลปีบ เกลือร่วมด้วย นำมาโขลกรวมกัน โดยในการโขลกน้ำพริกนั้นจะต้องเริ่มโขลกจากของแห้ง และของแข็งแล้วจึงใส่ของที่มีน้ำลงไป น้ำพริกแกงเผ็ดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษาที่สั้น เนื่องด้วยมีค่า a_w สูงซึ่งต้องไม่เกิน 0.81 (มาตรฐานชุมชน, 2546) การทำแห้งเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดค่า a_w จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มียืดอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานมากขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการศึกษาผลของวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพเครื่องแกงเผ็ดโดย Inchuen *et al.* (2010) ศึกษาผลของวิธีการทำแห้งต่อองค์ประกอบทางเคมี สี และ สารต้านอนุมูลอิสระในผงเครื่องแกงเผ็ด โดยมีส่วนผสมของพริกแห้ง กระเทียม หัวหอมแดง เกลือ ตะไคร้ น้ำตาล มะกรูด ข่า และเครื่องเทศอื่น ๆ ใช้วิธีการทำแห้ง 2 วิธี คือ ด้วยวิธีไมโครเวฟ และวิธีอบแห้งด้วยลมร้อนที่ พบว่าองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การทำแห้งโดยวิธีไมโครเวฟทำให้สีของเครื่องแกงเผ็ดคล้ำ และค่าความเป็นสีเหลืองลดลง แต่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อน การทำแห้งจึงเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้อายุการเก็บรักษาของเครื่องแกงเผ็ดมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น

3.1 เครื่องแกงเผ็ดจะประกอบด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

3.1.1 กระชาย

กระชายถูกเรียกว่าเป็น โสมไทย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Boesenbergia pandurata(Roxb)Holtt.* เป็นพืชในวงศ์ *Zingiberaceae* จัดเป็นพืชล้มลุก ประเภทพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ มีต้นกำเนิดอยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบอยู่ในป่าดิบร้อนชื้น ซึ่งนับว่าเป็นพืชที่มีต้นกำเนิดในประเทศไทย กระชายเป็นพืชตระกูลหัวหรือเหง้าซึ่งส่วนนี้จะนำมาใช้ในการประกอบอาหารและมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว มีรสเผ็ดร้อนออกขม คนไทยนิยมนำกระชายมาใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องแกง เพราะกระชายมีกลิ่นเฉพาะตัว มีคุณสมบัติในการดับกลิ่นคาวของเนื้อสัตว์ได้ดี เมื่อนำไปปรุงอาหารจะได้กลิ่นรสที่มีเอกลักษณ์ที่เฉพาะตัว กระชายใช้เป็นยาอายุวัฒนะ ช่วยในการเจริญอาหาร ใช้ในด้านการบำรุงกำลัง บำรุงหัวใจ ป้องกันมะเร็ง แก้โรคบิด ท้องอืด ท้องเฟ้อ เป็นต้น (มนตรี, 2553)

Srosiri and Boonyanit (2010) ได้ทำการศึกษาการเกิดเชื้อราชนิด *Candida albicans (C.albicans)* พบว่ากระชายมีสามารถในการระงับการเกิดเชื้อราชนิด *Candida albicans (C.albicans)* ได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด และพรสุดา (2555) นำกระชายมาผลิตเป็นชา โดยศึกษาอุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมในการผลิตชาจากกระชายเหลืองผงสำเร็จรูป พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศา และที่เวลา 19 ชั่วโมง ได้รับการยอมรับจากการทดสอบทาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคทั้งในด้านคุณลักษณะของผงชา สี กลิ่น คุณภาพของผลิตภัณฑ์ และความชอบโดยรวมมากที่สุด

3.1.2 ข่า

ข่าเป็นไม้ล้มลุก มีเหง้าอยู่ใต้ดิน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Alpinia galanga (L.) Willd.* อยู่ในวงศ์ *Zingeberaceae* มีกลิ่นหอมฉุน รสขม และมีสรรพคุณในการแก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ ขับลม คนไทยมักใช้ส่วนของเหง้าในการปรุงอาหารมากที่สุด ช่วยในการดับกลิ่นคาวของเนื้อสัตว์ เนื่องจากในข่ามีน้ำมันหอมระเหยซึ่งมีกลิ่นฉุน มีรสเผ็ดร้อนที่เฉพาะตัว และในส่วนของช่อดอกจะในเป็นผักที่รับประทานโดยใช้จิ้มกับน้ำพริก เมื่อนำข่า (ในส่วนของเหง้า) มาสกัดเอาน้ำมันหอมระเหยจะมีฤทธิ์ในการเป็นสารต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรียหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการท้องเสีย วัณโรค ฝีหนอง และมีฤทธิ์ต้านเชื้อรา (มนตรี, 2553)

จากการศึกษาของ Lu *et al.* (2011) ศึกษาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), Ferric ion reducing antioxidant power assay (FRAP) และ วิธี 2,2-azinobis- (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) assay (ABTS) และปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกในเครื่องเทศชนิดต่าง ๆของผู้บริโภคชาวจีน โดยศึกษาเครื่องเทศทั้งหมด 19 ชนิด เช่น ข่า ขมิ้น พริกไทยขาว อบเชย ผงกะหรี่ เป็นต้น พบว่า ในข่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลลิก, ABTS และ FRAP มากกว่าเครื่องเทศอีก 18 ชนิดที่เหลือ

3.1.3 ตะไคร้

ตะไคร้เป็นพืชล้มลุกที่มีการปลูกเป็นพืชผักสวนครัว เติบโตง่าย มักใช้ลำต้นในการประกอบอาหาร เป็นเครื่องปรุงรสและยังช่วยดับกลิ่นคาวได้อย่างดี ส่วนใบมักใช้นำมาต้นเพื่อดื่ม ตะไคร้มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cyanbopogon citrates (DC.) Stapf* อยู่ในวงศ์ *Gramineae* ซึ่งอยู่ในวงศ์เดียวกับพวก ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ เป็นต้น (เดชา, 2546) ตะไคร้เป็นส่วนผสมที่สำคัญในการปรุงพริกแกงไทยแทบทุกชนิด ตะไคร้มักจะเป็นหนึ่งใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนผสมสำคัญที่ขาดไม่ได้เลย นอกจากจะใช้ในการปรุงอาหารแล้ว เมื่อนำตะไคร้ไปทำการกลั่นจะได้น้ำมันหอมระเหยที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องสำอาง น้ำหอม หรือใช้เป็นยารักษาโรคตามตำราสมุนไพรพื้นบ้าน (มนตรี, 2553) มีการวิจัยเกี่ยวกับตะไคร้เป็นจำนวนมากไม่ว่าจะเป็นการนำไปใช้เพื่อเป็นสารต้านออกซิเดชั่น เป็นยาสมานแผล ใช้ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ฆ่าเชื้อเชื้อรา ใช้เป็นยากล่อมประสาท เป็นต้น แต่ส่วนมากงานวิจัยต่าง ๆจะมุ่งเน้นในการใช้ตะไคร้เพื่อเป็นสารยับยั้งแบคทีเรีย โดยน้ำมันตะไคร้สามารถต้านแบคทีเรียได้ทั้งแกรมแบคทีเรียแกรมลบและแบคทีเรียแกรมบวก รวมถึงยีสต์และรา (Naik *et al*., 2010)

จากการศึกษาของ Yoo *et al*. (2008) ซึ่งทำการเปรียบเทียบการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและการปกป้องกิจกรรมของเซลล์ของสมุนไพร 17 ชนิด โดยหนึ่งในนั้นได้มีการศึกษาการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในตะไคร้ พบว่าในตะไคร้มีปริมาณฟีนอลลิกทั้งหมด 662 มิลลิกรัมสมมูลแกลลิคต่อ 100 กรัมตัวอย่าง มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ 730.1 มิลลิกรัมสมมูลวิตามินซีต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และมีปริมาณ DPPH 70.4 เปอร์เซ็นต์ DPPH ของ 100 มิลลิกรัมตัวอย่างต่อมิลลิลิตร

3.1.4 มะกรูด

มะกรูดเป็นต้นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ตามต้นและกิ่งก้านจะมีหนามแหลมขนาดใหญ่ ใบจะมีขนาด 2–3 เซนติเมตร ผลของใบมะกรูดจะมีขนาดโตกว่ามะนาวเล็กน้อย ผลมีผิวที่มีความขรุขระเป็นปุ่ม และผิวจะหนา มะกรูดเป็นพืชตระกูลเดียวกับส้ม มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Citrus hystrix DC.* นอกจากใช้ปรุงอาหารต่าง ๆ มะกรูดยังเป็นพืชที่มีประโยชน์หลากหลายไม่ว่าจะเป็นส่วนประกอบของแชมพู สบู่ ใช้ดับกลิ่นสุขา เป็นต้น สารหลักที่พบในใบมะกรูด คือ สารซิโทรเนลลัส ที่มีถึงร้อยละ 65–80 และสารซิโทรเนลลิลร้อยละ 10 เพราะเหตุนี้มะกรูดจึงมีกลิ่นคล้าย ๆกับตะไคร้จึงนำมะกรูดไปใช้ในการไล่แมลง นอกจากนี้ในผิวมะกรูดที่มีน้ำมันหอมระเหยอยู่ยังมีฤทธิ์ในการใช้เป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ กระตุ้นการหลั่งของสารอิซูลินในผู้ป่วยโรคเบาหวาน และสารที่พบในเปลือกยังมีฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระ ช่วยในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง (กรณ์กาญจน์, 2010)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.5 พริก

พริกมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกาเขตร้อน เช่น ประเทศเม็กซิโก มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Capsicum annuum Linn.* ซึ่งมีมากมายหลายหลายชนิด เช่น พริกชี้ฟ้า พริกขี้หนู พริกหยวก พริกหวาน เป็นต้น รสเผ็ดในพริกเกิดจากสารแคปไซซิน (Capsaicin) ที่อยู่ในรูปของ Vanillyl Amide ของ Isodecyanic ซึ่งอยู่บริเวณใส่พริก พริกจึงมีสรรพคุณในการทำให้เกิดการเจริญอาหาร แก้ไขหวัด ขับลม นอกจากจะนี้ยังเป็นตัวชูรสในอาหารพริกจึงเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ขาดไม่ได้ในอาหารหลาย ๆประเภท ในอาหารไทยพริกนับว่าเป็นเครื่องปรุงรสที่ขาดไม่ได้เลยทีเดียว เช่น ต้มยำกุ้ง, พริกแกง, อาหารประเภทยำ เป็นต้น (เดชา, 2546)

Wangcharoen and Morasuk (2007) ศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH, FRAP และ ABTS รวมกับการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในพริก 2 ชนิด ได้แก่ พริกขี้หนู (สีแดง และสีเขียว) และพริกชี้ฟ้า (สีแดง และสีเขียว) พบว่าในพริกขี้หนูแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและ FRAP มากที่สุด ส่วน ABTS จะพบมากในพริกขี้หนูสีแดง และสีเขียว ใน DPPH จะมีมากที่สุดในพริกชี้ฟ้า

3.1.6 กระเทียม

กระเทียมเป็นเครื่องเทศและพืชสมุนไพรไทยชนิดหนึ่งที่ใช้ปรุงอาหาร ไม่ว่าจะเป็นอาหารไทยหรืออาหารต่างชาติก็นิยมนำมาปรุงอาหาร นอกจากจากช่วยชูรสในอาหารแล้วยังมีประโยชน์ต่อร่างกายอย่างมากแต่สำหรับอาหารไทยแล้วกระเทียมเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ ไม่ว่าจะเป็นแกงต่าง ๆ เช่น แกงเผ็ด แกงเขียวหวาน แกงฉู่ฉี่ แกงต้มส้ม เป็นต้น หรือว่าจะเป็นอาหารจำพวกผัดต่าง ๆก็ขาดกระเทียมไม่ได้เช่นกัน นอกเหนือจากการที่กระเทียมเป็นเครื่องปรุงรสอาหารแล้ว ยังนำมาใช้เป็นผักเคียงขาขาหมู อีกด้วย กระเทียมมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Allium sativum* อยู่ในวงศ์ *Amaryillidaceae* (Raghavan, 2007)เป็นพืชล้มลุก มีหัวอยู่ใต้ดิน ปลูกได้ดีในดินร่วนปนทรายที่ระบายน้ำได้ดี จะเติบโตได้ดีในช่วงอากาศหนาว จึงปลูกกันมากในประเทศจีน เกาหลีใต้ และอินเดีย ในฐานะของสมุนไพร กระเทียมมีคุณสมบัติทางด้านการเป็นยาสมุนไพรที่สารพัดประโยชน์ เนื่องจากกระเทียมมีสรรพคุณบำรุงร่างกายให้แข็งแรง (เดชา, 2546) ในกระเทียมสดจะมีแคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินซี และโพแทสเซียม แต่ในกระเทียมแห้งจะให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณโพแทสเซียสสูงที่สุด และจะมีปริมาณแคลเซียมต่ำ นอกจากนี้การรับประทานกระเทียมจะทำช่วยลดการเกิดโรคหัวใจ ลดคอเรสเตอรอล และช่วยลดความดันในเลือด ช่วยป้องกันการเกิดมะเร็ง และช่วยเพิ่มในเรื่องของการจดจำ และในปัจจุบันมีการนำกระเทียมมาใช้เพื่อในยาปฏิชีวนะและลดการเกิดเชื้อรา (Raghavan, 2007)

3.1.7 หอมแดง

หอมแดง หรือเรียกอีกอย่างว่าหอมหัวเล็ก มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Allium ascalonicum Linn.* เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ *Amaryllidaceae* คนไทยนิยมนำมาเป็นส่วนประกอบในเครื่องแกงแทบทุกชนิด มีคุณสมบัติหลายประการที่เหมาะกับอาหารไทย คือ มีกลิ่นฉุนซึ่งช่วยดับกลิ่นคาวของเครื่องปรุงอื่น ๆได้ดี มีรสชาติหวานและรสเผ็ดเล็กน้อย (เดชา, 2546) ถ้าจะกล่าวถึงหอมแดงในฐานะสมุนไพรก็มีสรรพคุณรักษาโรคหลายชนิด เช่น รับประทานเพื่อขับลมในลำไส้ แก้ปวดท้อง แก้หวัดคัดจมูก แก้วิงเวียนศีรษะ แก้เสมหะ หอมแดงจึงเป็นสมุนไพรที่หาได้ง่ายในครัวเรือน (รัตนา, 2542)

4. กะทิ

กะทิ หมายถึง ของเหลวสีขาวขุ่นที่ได้จากการบีบหรือคั้น จากเนื้อมะพร้าวอาจมีการเติมน้ำหรือไม่เติมน้ำก็ได้ กะทิเป็นอิมัลซันแบบน้ำในน้ำมัน และยังเป็นอิมัลซิไฟเออร์โดยธรรมชาติ ซึ่งประกอบไปด้วยโปรตีน (globulins และ albumins) และมีฟอสโฟลิปิดอยู่ในกะทิ แต่อย่างไรก็ตามสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของกะทิจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งมีการรายงานไว้อยู่ในช่วงกว้าง เช่น สายพันธุ์ สภาพภูมิศาสตร์ในการเพาะปลูก สภาวะการดูแลรักษา ความแก่อ่อนของผลมะพร้าว วิธีการที่ใช้ในการสกัดกะทิและระดับความเจือจางเนื่องจากการเติมน้ำหรือน้ำมะพร้าว (Cancel, 1979) คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ที่พบในกะทิ คือ น้ำตาล โดยเฉพาะน้ำตาลซูโครส และมีสตาร์ชอยู่บ้าง ส่วนเกลือแร่ที่พบคือ ฟอสฟอรัส แคลเซียม และโพแทสเซียม กะทิที่สกัดได้ใหม่ ๆจะมีวิตามินบี และกรดแอสคอร์บิกอยู่ด้วยเล็กน้อย โปรตีนในมะพร้าว 80% เป็นชนิดอัลบูมิน และโกลบูลิน (Seow and Gwee, 1997)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กะทิเป็นผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมเสียได้เร็วมากที่อุณหภูมิห้องภายใน 2-3 ชั่วโมง การเสื่อมเสียของกะทิเนื่องจากองค์ประกอบภายในผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมัน ความชื้น และสารประกอบอินทรีย์สูง จึงทำให้เกิดการเสื่อมเสียได้ง่ายจากเชื้อจุลินทรีย์ แสง ออกซิเจน และอุณหภูมิที่สูง (Gonzalez, 1990) การเสียสภาพของอิมัลชันในกะทิเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการทั้งในกะทิสด และกะทิที่ผ่านการแปรรูป กะทิจะมีความคงตัวต่ำใน pH ช่วง 3.5-6.0 แต่จะมีความคงตัวสูงสุดที่ pH 1.5-2.0 และ pH 6.5 การใช้อิมัลซิไฟเออร์ เช่น โซเดียมเคซิเนตและสเตียโรอิลแลคทิเลท (stearoyl lactylate) ปริมาณ 0.5-2.5 % ร่วมกับการใช้โฮโมจีไนเซอร์แบบความดัน 2 ขั้นที่ 2000/1000 psi จะช่วยรักษาความคงตัวของอิมัลชันในกะทิได้ (Seow and Gwee, 1997)

กาญจนารัตน์ และคณะ (2531) ทำการปรับปรุงการคงตัวของกะทิเข้มข้นซึ่งมีปริมาณไขมัน 64.7-68.45 % ปริมาณโปรตีน 5.83-6.39 % และมีความชื้น 12.51-15.13 % โดยใช้กลีเซอรอล โมโนสเตียเรท (glycerol monostearate, GMS) ผสมกับ Tween 80 เปรียบเทียบกับการใช้เพคติน พบว่า การใช้เพคติน และ GMS ในปริมาณ 1.4 % สามารถรักษาสภาพกะทิเข้มข้นโดยไม่เกิดการแยกชั้นได้เป็นเวลา 9 เดือน และจากการศึกษาของทศพรพรรณ และสุคนธ์ ชื่น (2546) ที่ทำการศึกษาการผลิตน้ำกะทิดัดแปลงไขมัน โดยเตรียมน้ำมันพืชในรูปอิมัลชัน ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันรำข้าว น้ำมันเมล็ดคำฝอย และน้ำมันเมล็ดทานตะวัน และโปรตีน 4 ชนิด คือ โซเดียมเคซิเนต หางนม โปรตีนถั่วเหลือง และโปรตีนเวย์ พบว่าน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันเหมาะสมที่สุด เนื่องจากทำให้อิมัลชั่นมีกลิ่นน้อยที่สุด ส่วนโปรตีนที่เหมาะสม คือ หางนมผง เนื่องจากให้สี กลิ่น และกลิ่นรสของอิมัลชันน้อยที่สุด และนำมาทดแทนในกะทิโดยผสมกะทิและอิมัลชันในอัตราส่วนต่าง ๆ นำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าสูตรที่ดีที่สุด คือ อัตราส่วนการทดแทนกะทิต่ออิมัลชัน คือ 5:5 ซึ่งทำให้กรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมดลดลงจากร้อยละ 94.13 เหลือ ร้อยละ 49.91 , กรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มจากร้อยละ 5.87 เป็นร้อยละ 50.09 และกรดลิโนเลอิกเพิ่มจากร้อยละ 0.84 เป็น ร้อยละ 28.86

กะทิผง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำกะทิสดมาทำให้แห้งเป็นผง ซึ่งเมื่อผสมน้ำแล้วสามารถนำไปใช้ได้ทันที กะทิผงมีลักษณะเป็นผงร่วน ปราศจากสิ่งแปลกปลอมใด ๆ มีสีและกลิ่นตามธรรมชาติของกะทิ และละลายได้ดีในน้ำ มีความชื้นและกรดไขมันอิสระร้อยละไม่เกิน 2 และ 0.9 ตามลำดับ มีปริมาณไขมันและโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 และ 9 ตามลำดับ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, 2538)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีที่นิยมนำมาใช้ผลิตกะทิผง คือการทำแห้งด้วยเครื่องพ่นฝอย (Spray-drying) ด้วยการเติมวัตถุเจือปนอาหาร เช่น มอลโตเด็กตริน เคซีน หรือหางนมผง ลงในกะทิที่สกัดได้ ผสมให้เข้ากันนำมาพาสเจอร์ไรส์ และโฮโมจีไนซ์ ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนนำไปทำแห้งด้วยวิธีการพ่นฝอย ทำให้เย็นทันทีแล้วบรรจุในถุงอะลูมิเนียม หรือกระป๋อง มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 4 เดือนที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สาเหตุในการเสื่อมเสียของกะทิผงส่วนใหญ่เนื่องจากปฏิกริยาออกซิเดชันของไขมัน การจับตัวเป็นก้อน และสูญเสียความสามารถในการละลายน้ำ (wettability) (Seow และ Gwee, 1997)

การศึกษาอายุการเก็บของกะทิผงที่ทำแห้งด้วยสุญญากาศที่เก็บในอลูมิเนียมลามิเนตฟอยล์โพลีเอทิลีน โดย Jena and Das (2012) ศึกษาอายุการเก็บของกะทิผงบรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตเคลือบพลาสติกที่ความชื้นสัมพันธ์ร้อยละ 90±1 และที่อุณหภูมิ 38±2 องศาเซลเซียส โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการทำนายค่า ใช้ค่าการเกิดออกซิเดชั่นในไขมันและการเกิดการจับเป็นก้อนในกะทิผงเป็นตัวบงบอกถึงคุณภาพของกะทิผง เมื่ออายุการเก็บรักษาของกะทิผงมากขึ้น พบว่า สามารถเก็บรักษากะทิผงในสภาวะเร่งถึง 30 วัน โดยการเกิดค่าหืนในกะทิผง (ค่าเพอร์ออกไซด์) ไม่เกิน 10 มิลลิอิคลิวาเลนท์ต่อกิโลกรัม

5. น้ำตาล

น้ำตาล หมายถึง สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตประเภทโมโนแซ็กคาไรด์และไดแซ็กคาไรด์ที่มีรสหวาน โดยมากทำมาจากตาล มะพร้าว อ้อย และให้พลังงานแก่ร่างกาย (ราชบัณฑิตยสถาน, 2553) ในทางเคมีสามารถแบ่งน้ำตาลออกเป็นประเภทใหญ่ได้ 4 ประเภท คือ ไดแซ็กคาไรด์ เช่น น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส เป็นต้น, โอลิโกแซ็กคาไรด์, พอลิแซ็กคาไรด์ และโมโนแซ็กคาไรด์ ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีคือ น้ำตาลทราย หรือน้ำตาลซูโครส ซึ่งมีสูตรเคมี $C_{12}H_{22}O_{11}$ เพราะประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโตส พืชจะสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารตามธรรมชาติ หน่วยสุดท้ายของการสังเคราะห์สารที่ได้คือ น้ำตาลกลูโคส และเก็บสะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆของพืชในรูปแป้ง แต่พืชมีหลายชนิด เช่น อ้อย มะพร้าว ตาลโตนด หรือพืชหัว เช่น หัวผักกาดหวานที่มีน้ำย่อยพิเศษที่สามารถเปลี่ยนส่วนหนึ่งของน้ำตาลกลูโคสเป็นน้ำตาลฟรุกโตส และทำการสังเคราะห์น้ำตาลทั้งสองชนิดนี้เป็นน้ำตาล (นิธิยา, 2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำตาลทรายเป็นน้ำตาลที่ได้จากหัวอ้อยหรือหัวบีต จากนั้นผ่านกระบวนการทำให้ใส และการระเหยภายใต้ระบบสุญญากาศจึงจะได้น้ำตาลที่มีความบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 99.9 (Kretchmer and Hollenbeck, 1991) สำหรับประเทศไทยน้ำตาลทรายที่ได้จะมาจากอ้อยเป็นหลัก ซึ่งน้ำตาลทรายจะมีขนาดความละเอียดต่าง ๆกัน มีตั้งแต่เป็นผงละเอียดมาก ธรรมดาและหยาบ ซึ่งจะถูกนำไปในการประกอบอาหารที่แตกต่างกัน น้ำตาลจะมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส น้ำตาลทรายนอกจากจะเป็นสารให้ความหวานแก่ผลิตภัณฑ์ และคนไทยยังนำมาใช้เพื่อช่วยในการถนอมอาหาร ทำให้เนื้อขนมมีลักษณะดี สีสันน่ารับประทาน นอกจากนี้การนำน้ำตาลมาใช้ในการหมักทำให้ยีสต์เจริญเติบโตได้ดี และสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากขึ้น ทำให้ขนมฟู และมีเนื้อนุ่ม ช่วยเก็บความชื้นได้เพราะน้ำตาลทรายมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดี ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มชื้นอยู่ได้นาน (Kretchmer and Hollenbeck, 1991) ส่วนน้ำตาลที่ไม่ตกผลึกได้แก่ น้ำตาลโตนด และน้ำตาลมะพร้าว น้ำตาลโตนดได้จากน้ำหวานของดอกตาล หรือปลีตาล โดยทั่วไปมีลักษณะที่แห้ง และแข็งกว่าน้ำตาลมะพร้าว ส่วนน้ำตาลมะพร้าวหรือน้ำตาลปี๊บจะใช้น้ำหวานจากดอกมะพร้าว หรือจั่นมะพร้าวเป็นวัตถุดิบ น้ำตาลมะพร้าวที่มีคุณภาพดี คือมีสีนวลโดยไม่ได้ฟอกสี เนื้อละเอียด กลิ่นหอม ปริมาณความชื้นร้อยละ 7-8 ไม่เยิ้มเหลว ปริมาณน้ำตาลซูโครสสูงกว่าร้อยละ 70 (Nip, 2006)

6. ไข่

ไข่ไก่เป็นวัตถุดิบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งอาหารคาวอาหารหวาน ไข่ไก่อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์มากมาย ไม่ว่าจะเป็น โปรตีน โอเมก้า 3, กรดโฟลิก, ฟอสโฟลิปิด, แร่ธาตุ แครอทีนอย์ และเป็นแหล่งอาหารที่อุดมไปด้วยวิตามินมากมาย ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินบี วิตามินดี วิตามินอี (มีมากที่สุด) และวิตามินเค ไข่ไม่ใช้วัตถุดิบที่ใช้แค่การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการแต่คุณลักษณะเด่นในการเป็นวัตถุดิบที่ใช้ปรับปรุงสี กลิ่นของอาหารแต่ไข่ยังช่วยเสริมในเรื่องของการ การเป็นอิมัลซิไฟเออร์ การเกิดเจล หรือการเกิดโฟมในผลิตภัณฑ์ (Kiosseoglou and Paraskevopoulou, 1999) ในปัจจุบันได้มีการนำไข่มาแปรรูปเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ไม่ว่าจะเป็น ไข่แดงผง ไข่ขาวผง ไข่พาสเจอร์ไรต์ ที่จะนำมาใช้กันมากในเบเกอรี่ มายองเนส น้ำสลัด ไอศกรีม พาสต้า และ อาหารกึ่งสำเร็จรูป (Bergquist, 1995)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไข่ขาวเป็นสารละลายโปรตีนในน้ำ ในไข่ขาวจะมีโปรตีนประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ โครงสร้างของไข่ขาวจะแบ่งออกเป็น 4 ชั้น ได้แก่ ของเหลวชั้นนอกเป็นของเหลวใส่ (out fluid layer), ของเหลวที่ข้นหนืด (viscous layer), ของเหลวชั้นในเป็นของเหลวใส (inner fluid layer) และของเหลวชั้นในสุด (small dense layer) ในไข่ขาวประกอบไปด้วยโปรตีนหลากหลายชนิด เช่น โอวัลบูมิน คอนแอลบูมิน โอโวมิวคอยด์ เป็นต้น (นิตยา, 2553) การนำคุณสมบัติของไข่ขาวมาใช้ประโยชน์ ไม่ว่าจะเป็นความสามารถในการเกิดโฟม การเกิดเจล จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงมีการนำไข่ขาวมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย โดยนิยมใช้ในอุตสาหกรรมเบเกอรี่

การนำไข่ไปแปรรูปให้อยู่ในรูปแบบผงหรือแห้ง สามารถทำได้ทั้งแบบไข่ทั้งฟอง หรือไข่ขาวอย่างเดียว หรือเฉพาะไข่แดง นำไข่ที่อยู่ในรูปของของเหลวมาผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) เพื่อเป็นการลดความชื้น ค่าa_w ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในอุตสาหกรรมอาหารปัจจุบันซึ่งช่วยในเรื่องการจัดเก็บ การขนส่งที่สะดวก การจัดการ ความสม่ำเสมอของการควบคุมคุณภาพ และความปลอดภัยทางด้านเชื้อจุลินทรีย์ โดยไข่ผงสามารถนำมาผสมน้ำเพื่อให้อยู่ในรูปแบบของเหลวก่อนจะนำไปใช้งาน จึงทำให้ไข่ผงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นส่วนผสมที่สำคัญสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ในโรงงาน เช่น เค้ก คัสตาร์ท บะหมี่ เป็นต้น (Asghar and Abbas, 2012) จากการศึกษาของ RADVÁNYI *et al.* (2012) ที่ได้ทำการศึกษาความคงตัวของวิปปิ้งไข่ขาวรวมกับน้ำตาล ใช้ไข่ขาวที่ทำการศึกษาทั้งหมด 4 แบบ ได้แก่ ไข่ขาวดิบ ไข่ขาวที่ผ่านการพาสเจอร์ไรต์ ไข่ขาวที่ผ่านการให้ความร้อนที่ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และไข่ขาวที่ผ่านการพ่นฝอยเป็นผงแห้ง และใช้น้ำตาลทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ ซูคราโรส น้ำเชื่อมฟรุกโตส-กลู โกส และน้ำเชื่อมฟรุกโตส-โอลิโกแซ็กคาไรด์ พบว่าการใช้ซูคราโรสและไข่ขาวผงให้ผลที่ดีที่สุดในการทำให้โฟมที่ได้จากการตีไข่ขาวมีความคงตัว

กมลวรรณ และคณะ (2542) ได้พัฒนากระบวนการเตรียมสังขยาฟักทอง โดยใช้ประโยชน์จากไข่ขาวผงในการปรับปรุงเนื้อสัมผัส โดยใช้แบบจำลองเพื่อหาอัตราส่วนของส่วนผสมที่เหมาะสมของ อัตราส่วนของไข่ขาวผงต่อกะทิผงต่อผงฟักทองที่เหมาะสม คือ 35:30:30 และนำของแห้งที่ได้ผสมกับน้ำที่อัตราส่วน 1 ต่อ 2 และนำไปนึ่ง หรือสามารถนำผงสังขยาฟักทอง 65 กรัมผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 1.7 เข้าไมโครเวฟนาน 6 นาที จะได้สังขยาฟักทองพร้อม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รับประทาน โดยเมื่อนำไปทดสอบทางด้านการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าผู้บริโภคมีความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง

7. ถั่วแดงหลวง

พืชตระกูลถั่วจัดอยู่ในตระกูล *Leguminosae* ในปัจจุบันพบทั้งหมด 18,000 ชนิด เรานิยมนำเมล็ดของถั่วมาใช้ในการประกอบอาหารทั้งอาหารมนุษย์และอาหารสัตว์ นอกจากนี้ยังพบว่าคุณค่าทางอาหารในถั่วมีโปรตีนมากกว่าธัญพืชราว 2-3 เท่า ถั่วมีปริมาณโปรตีน 20-60% ถั่วบางชนิดให้ปริมาณน้ำมันสูง เช่น ถั่วเหลือง ถั่วลิสง และถั่วพู พืชตระกูลถั่วมักจะถูกนำมาบริโภคเป็นอาหารประจำวัน นอกจากนี้ยังถูกมานำมาแปรรูปเป็นอาหารชนิดต่าง ๆเช่น เต้าหู้ โปรตีนเกษตร นมถั่วเหลืองและน้ำมันพืช เป็นต้น (ไชยา, 2539) โดยถั่วที่สนใจในการศึกษาครั้งนี้คือ ถั่วแดงหลวง

ถั่วแดงหลวง (red kidney bean) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Phasecolus vulgaris* เป็นพืชตระกูลถั่วที่มีรูปร่างคล้ายไต สีแดง และมีขนาดใหญ่ ถั่งแดงหลวงมีถิ่นกำเนิดมาจากทางอเมริกาใต้ซึ่งเป็นพืชดังเดิมที่ประเทศต่าง ๆในแถบนี้นิยมปลูกเพื่อใช้ในการบริโภคซึ่งถือว่าเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ ปัจจุบันประเทศที่มีการปลูกถั่วแดงเป็นจำนวนมากและมีการส่งออกมากที่สุดคืออเมริกา ส่วนในประเทศอื่นนิยมปลูกเพื่อการบริโภคภายในประเทศ ถั่วแดงหลวงเป็นที่รู้จักอย่างมากในประเทศไทยโดยมีจุดเริ่มต้นจากโครงการหลวงปี 2516 โดยให้ชาวไทยภูเขาปลูกทดแทนฝิ่นและช่วยรักษาความอุดมสมบรูณ์ของดินบนที่สูง เพื่อนำมาส่งเสริมให้ชาวเขาปลูกเพื่อทดแทนการปลูกพืชเสพติด ถั่วแดงหลวงจึงนิยมปลูกกันมากบนที่สูงโดยชาวเขา แหล่งที่มีการปลูกมากในประเทศไทย คือ จังหวัดเชียงใหม่ (สุนทรีย์, 2557) ในถั่วแดงหลวง 100 กรัม มีองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ได้แก่ มีโปรตีนร้อยละ 22.10, ไขมันร้อยละ 1.70, แร่ธาตุต่าง ๆร้อยละ 3.80 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 61.40 มีแคลอรีทั้งหมด 341 กิโลแคลอรี (อรอนงค์, 2556) ถั่วแดงจึงเป็นอาหารที่ให้คุณค่าอาหารและพลังงานเป็นอย่างดี จึงเหมาะแก่การนำมาแปรรูปเพื่อการบริโภค

ถั่วแดงหลวงถือเป็นพืชที่มีโปรตีนและมีคุณค่าทางอาหารสูง สามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดีและยังสามารถนำมาใช้เป็นอาหารของมนุษย์ได้ทั้งที่เป็นผักสดและเมล็ดแห้งซึ่งในต่างประเทศ แถบยุโรปหรืออเมริกา นิยมบริโภคเมล็ดถั่วแดงกันมาก ทั้งอาหารคาวและหวาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์ในด้านใช้เป็นอาหารลดความอ้วนและเป็นอาหารสำหรับผู้ป่วยเป็นโรคเบาหวานได้ดีอีกด้วย แต่ในประเทศไทยยังไม่ค่อย มีผู้นิยมบริโภคมากนัก เพราะเป็นพืชใหม่และยังไม่รู้จักการใช้ประโยชน์ เช่น ถั่วแดงต้มน้ำตาล ซุปถั่วแดง เป็นต้น (นิรนาม, 2547) จากการศึกษาของ Amarowicz and Pegg (2008) พบว่าในถั่วแดงหลวงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดประมาณ 1.23-5.90 มิลลิกรัมต่อกรัมของสารสกัด มีปริมาณสารประกอบแทนนินประมาณ 0.12-5.53 เทียบเท่ามิลลิกรัมของคาเทชินต่อกรัม มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ 0.85-2.93 เทียบเท่ามิลลิกรัมของคาเทชินต่อกรัม

Boanteng *et al*. (2007) ทำการศึกษาผลของกระบวนการแปรรูป คือ การแช่น้ำ และการคั่วในถั่ว 4 ชนิด ได้แก่ ถั่วแดงหลวง ถั่วลิสงเถา ถั่วเหลือง และถั่วตาดำ ต่อปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอย์ และการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH และ FRAP) พบว่าวิธีการแปรรูป (การแช่น้ำ และการคั่ว) มีอิทธิพลต่อค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอย์ และการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH และ FRAP) โดยในพบมากที่สุดในถั่วแดงหลวง

จากประโยชน์ของถั่วแดงหลวง สุทธิดา (2556) ได้นำถั่วแดงหลวงมาทำการผลิตวุ้นจากแป้งถั่วแดงหลวงกึ่งสำเร็จรูป ศึกษาสูตรที่เหมาะสม และหาอัตราส่วนแป้งถั่วแดงหลวงกึ่งสำเร็จรูปต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการคืนรูปเพื่อนำใช้ในการผลิตวุ้น จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนแป้งถั่วแดงหลวงกึ่งสำเร็จรูปต่อน้ำร้อนที่เหมาะสม คือ 7:15 โดยกำหนดในน้ำมีอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จากนั้นศึกษาการผลิตวุ้นที่ได้จากแป้งถั่วแดงหลวงกึ่งสำเร็จรูปที่คืนรูปที่เหมาะสม โดยศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณของเนื้อถั่วแดงคืนรูป ปริมาณน้ำตาลทราย และปริมาณผงวุ้น พบว่าปริมาณของเนื้อถั่วแดงคืนรูป ปริมาณน้ำตาลทราย และปริมาณผงวุ้นมีผลต่อค่าคะแนนความชอบทางในด้าน สี และการเป็นแขวนลอยของเนื้อถั่วแดงหลวง จากการซ้อนทับของกราฟคอนทัวร์ (Contour plot) ได้สูตรที่เหมาะสม คือ ปริมาณของเนื้อถั่วแดงหลวงคืนรูป 20.8 กรัม น้ำตาลทราย 28 กรัม และผงวุ้น 5.7 กรัม

จากการศึกษาของ Anton *et al.* (2008) โดยนำแป้งที่ได้จากถั่ว 3 ชนิด ได้แก่ ถั่วแดง ถั่วดำ และถั่วลิสง มาใช้ทดแทนแป้งสาลีในการทำ tortillas โดยทดแทนที่ระดับร้อยละ 15, 25 และ 35 ศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางโภชนาการ พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพซึ่งได้แก่ ค่าความคงตัว ค่าความเกาะตัว ค่าการเกิดรีโอโลยีของโด และสมบัติบางประการของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

tortillas จะมีค่าลดลงเมื่อมีการใช้แป้งถั่วในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่วนในด้านคุณค่าทางโภชนาการแป้งถั่วทุก ๆชนิดที่ใช้ในการทำ tortillas นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีปริมาณโปรตีน ฟีนอลลิกทั้งหมด, DPPH และABTS นั้นจะสูงกว่าการใช้แป้งสาลีในการทำ tortillas

8. ไฮโดรคอลลอยด์

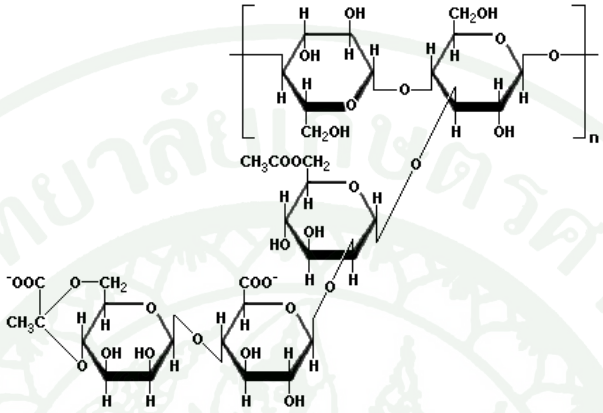
ไฮโดรคอลลอยด์เป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถละลายน้ำได้ ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ประเภทพอลิแซคคาไรด์หรือโปรตีนที่มีสายยาวและมีน้ำหนักโมเลกุลที่สูง เมื่อนำมาละลายจะทำให้เกิดความข้นหนืดเพิ่มขึ้นแม้จะใช้ในปริมาณน้อย ๆ ด้วยคุณสมบัติที่หลากหลายของไฮโดรคอลลอยด์ เช่น การใช้เพื่อเป็นสารก่อเจล เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด เป็นสารให้ความคงตัว สารที่ให้ความยึดเกาะ สารที่ทำให้เกิดฟิล์ม สารที่ใช้ในการเอนแคปซูเลชัน สารยับยั้งการเกิดซินเนอรีซิส และเป็นสารเพื่อเป็นอิมัลซิไฟเออร์ เป็นต้น จึงมีการนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายประเภทอย่างกว้างขวาง โดยไฮโดรคอลลอยด์สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ ไฮโดรคลอลอยด์ที่ได้จากธรรมชาติ ซึ่งได้จากพืช สัตว์ หรือจุลินทรีย์ เช่น เจลลาติน, ไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นอนุพันธ์ของสารที่ได้จากธรรมชาติหรือดัดแปร เช่น อนุพันธ์ของเซลลูโลส และไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นสารสังเคราะห์ เช่น พอลิไวนิลไพโรลิดีน (นิธิยา, 2553) ตัวอย่างไฮโดรคอลลอยด์ที่นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม เช่น แซนแทนกัม โลคัสต์บีนกัม และคาราจีแนน เป็นต้น

8.1 แซนแทนกัม

แซนแทนกัมสกัดได้จากแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* ที่เกิดจากการหมัก โครงสร้างของแซนแทนกัมมีลักษณะเป็นกิ่งก้าน โดยสายหลักประกอบด้วยการต่อกันน้ำตาล D-glucose ด้วยพันธะ ß (1→4) ซึ่งมีโครงสร้างเหมือนเซลลูโลส และมีแขนง โดยประกอบด้วย ∝-D-mannose, ß-D-glucuronic acid และ ß-D-mannose โดย D-mannose ตัวแรกที่ต่อกับสายหลักมีหมู่ acetyl ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 4 และ 6 การที่มีหมู่ pyruvate และ glucuronic acid เป็นส่วนประกอบทำให้แซนแทนกัมมีประจุเป็นลบ (ภาพที่ 4) คุณสมบัติหลักของแซนแทนกัมสามารถละลายได้ในทั้งน้ำร้อนและน้ำเย็น สารละลายแซนแทนกัมมีความหนืดสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายโพลีแซกคาไรด์ชนิดอื่น ๆ และจะมีความหนืดสูงแม้จะมีความเข้มข้นของสารละลาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต่ำ แซนแทนกัมจะมีความหนืดคงที่แม้ pH หรืออุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 0-100 องศาเซลเซียส จากการแช่เยือกแข็งจนถึงการต้มให้เดือด (Nussinovitch, 1997)



ภาพที่ 1 โครงสร้างของแซนแทนกัม

ที่มา: Garcia *et al.* (2000)

จากคุณสมบัติของแซนแทนกัมได้มีการใช้นำแซนแทนกัมมาใช้ประโยชน์ เช่น นิยมนำมาใช้เป็นสารควบคุมความข้นหนืด อิมัลซิไฟเออร์และเป็นตัวที่ทำให้เกิดฟอง เนื่องจากความสามารถในการอุ้มน้ำสูงจึงนิยมนำมาใช้เป็นสารที่ลดการซินเนอรีซิล และชะลอการเกิดผลึกน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์แช่แข็ง เนื่องจากสมบัติคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไอออน และเป็นกรด ด่าง (สุธาวดี, 2549) การนำแซนแทนกัมมาใช้ร่วมกับโลคัสบีนกัม ในอัตราส่วนที่เท่ากันจะทำให้ได้เจลที่นุ่ม ยืดหยุ่น และเมื่อทำไปทำให้ร้อนแล้วปล่อยให้เย็นจะสามารถคืนสภาพกลายเป็นเจลเหมือนเดิมได้ (สุธาวดี, 2549) ส่วนเมื่อนำไปผสมกับกัวกัม จะให้ความคงตัวดีในผลิตภัณฑ์ประเภทไอศกรีม และผลิตภัณฑ์ประเภทแช่แข็ง เมื่อนำแซนแทนกัมมาผสมกับคาราจีแนนจะทำให้หางนมผงที่ใส่ลงไปในผลิตภัณฑ์ประเภทแช่แข็งไม่เกิดการแยกตัวในระหว่างการแช่เยือกแข็ง นอกจากนี้ยังมีการนำแซนแทนกัมมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมมากมาย เช่น การนำมาใช้เพื่อเป็นอิมัลซิไฟเออร์ สารให้ความคงตัวในน้ำสลัด น้ำเชื่อม และซอส ใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องดื่ม (น้ำผลไม้) ผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากนม หรือผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประเภทขนมอบ ใช้เป็นตัวควบคุมการแช่แข็ง สมบัติการละลาย ในผลิตภัณฑ์ประเภทแช่แข็ง (Garcia *et al*., 2000)

8.2 โลคัสต์บีนกัม

เป็นกัมอีกชนิดที่ได้จากส่วนเอนโดเสปิร์มจากเมล็ดต้น Carob (*Ceratonia siliqua*) มีแหล่งปลูกในประเทศสเปน อิตาลี ไซปรัส และแถบเมดิเตอร์เรเนียน โครงสร้างของโลคัสต์บีนกัมมีโครงสร้างหลักเป็นแบบพอลิเมอร์สายยาวของพอลิแมนแนน ซึ่งมีน้ำตาลแมนโนสต่อกันด้วยพันธะ ß-(1→4) มีแขนงแยกของน้ำตาลกาแล็กโทส (นิธิยา, 2553) โลคัสต์บีมกัมมีคุณสมบัติในการละลายได้ดีในน้ำที่มีอุณหภูมิสูง แต่ไม่ละลายในน้ำเย็น ให้ความคงตัว ช่วยในการอุ้มน้ำ ป้องกันการเกิดผลึกของแล็กโทส และการเกิดผลึกน้ำแข็ง สร้างเจลในผลิตภัณฑ์นมลูกกวาด (สุธาวดี, 2549) ใช้ในการเพิ่มความข้นในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ซอส น้ำสลัด ซุปข้น อาหารสัตว์ เครื่องดื่มสำเร็จรูป ไอศกรีม

8.3 คาราจีแนน

คาราจีแนนได้จากการสกัดจากสาหร่ายสีแดง คือ *Chrondrus crispus* และ *Gigaryina stella* ซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 ชนิดใหญ่ ๆ ได้แก่ แคปปา-คาราจีแนน, ไอโอตา-คาราจีแนน และแลมบ์ดา-คาราจีแนน ซึ่งทั้ง 3 ชนิด มีการประกอบด้วยน้ำตาลกาแล็กโทสที่ถูกเอสเทอริไฟด์ด้วยกรดซัลฟิวริกที่ระดับต่างและตำแหน่งต่าง ๆ สมบัติในการเกิดเจลของคาราจีแนนในแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน (นิธยา, 2553) เช่น การเกิดเจลของแคปปา-คาราจีแนนซึ่งเป็นเจลที่แข็งแรง แต่เปราะบางจึงเกิดการซินเนอร์รีซิสได้ ในส่วนของแลมบ์ดา-คาราจีแนนไม่มีคุณสมบัติในการเกิดเจล เนื่องจากมีลักษณะที่เป็นแอนไอโอนิกที่สูง เป็นต้น (สุธาวดี,2549)

จากการศึกษาของ Pangyathitipong and Puechkamut (2010) นำคาราจีแนนมาใช้ประโยชน์ในการศึกษาคุณสมบัติ และลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ เนื้อสัมผัส และโครงสร้างขนาดจุลภาคของอิมัลชันเจลของซูริมิ โดยศึกษาผงเต้าหู้ที่ร้อยละ 20, 40, 60 และ 80 ซึ่งนำมาใช้แทนซูริมิก่อนการเตรียมอิมัลชันในการกำหนดเจลอิมัลชัน พบว่าผงเต้าหู้ที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำของอิมัลชัน และความแข็งของเจล จากนั้นได้ศึกษาผลของคาราจีแนนที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเข้มข้นร้อยละ 0.25, 0.5 และ 0.75 โดยใช้ผงเต้าหู้ร้อยละ 80 พบว่าการเพิ่มคาราจีแนนส่งผลเสถียรภาพของอิมัลชัน, ประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำของอิมัลชัน และความแข็งของเจล จากการศึกษาโครงสร้างขนาดจุลภาคพบว่าการเพิ่มขึ้นของคาราจีแนนส่งผลต่อความเป็นเนื้อเดียวกันให้ลักษณะเจลที่นุ่ม และโครงสร้างของเจลที่กระชับมากขึ้น

9. การทำแห้ง

เป็นวิธีการถนอมอาหารโดยการลดความชื้นของอาหารด้วยการระเหยน้ำที่อยู่ในอาหารส่วนใหญ่ออกไป การตากแห้ง เป็นวิธีการทำแห้งอีกวิธีหนึ่งโดยอาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ในการตากแห้ง จากนั้นได้มีการพัฒนาเครื่องทำแห้งแบบต่าง ๆขึ้นมากมาย ประโยชน์ในการทำแห้งในผลิตภัณฑ์ คือ ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักเบา ทำให้เหลือน้ำในผลิตภัณฑ์น้อยจึงทำให้ผลิตภัณฑ์เก็บได้นาน มีความคงตัวต่อสภาวะการเก็บ นอกจากนั้นยังเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ให้เกิดขึ้น (สมบัติ, 2549)

9.1 หลักการทำแห้ง

การทำแห้งมีกลไกจากการที่อากาศร้อนผ่านบนผิวหน้าอาหารที่มีลักษณะเปียก อากาศร้อนจะถ่ายเทไปยังพื้นผิวของอาหารทำให้น้ำระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ จากนั้นไอน้ำที่ระเหยจะถูกพัดไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่โดยสภาวะดังกล่าวจะทำให้ความดันไอที่พื้นผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าความดันไอในอาหาร จึงเป็นผลให้เกิดความแตกต่างกันของความดันไอน้ำ ทำให้ข้างในของอาหารที่มีสภาพความดันไอสูง และจะค่อย ๆลดต่ำลงเมื่อชั้นต่าง ๆของอาหารเข้าใกล้สภาวะของอากาศแห้งของลมร้อน กลไกความแตกต่างนี้จะทำให้เกิดแรงดันเพื่อทำการไล่น้ำในอาหาร (Mujumder, 2007) การทำแห้งจึงเป็นการกำจัดน้ำ และความชื้นที่มีอยู่ในอาหารโดยการระเหยน้ำ โดยการให้ความร้อนในสภาวะควบคุม เพื่อเป็นการถนอมอาหารให้มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานเป็นการลดค่าน้ำอิสระซึ่งมีผลในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในด้านการขนส่ง และเป็นการเพิ่มความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค หลักการทำแห้งมีการอาศัยพื้นฐานความรู้จากการที่ของสดจะมีปริมาณน้ำเป็นจำนวนมาก มีความชื้นอยู่สูง จึงทำให้จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตได้ดี เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถนำน้ำมาใช้ได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสียเร็ว การนำผลิตภัณฑ์ไปทำ

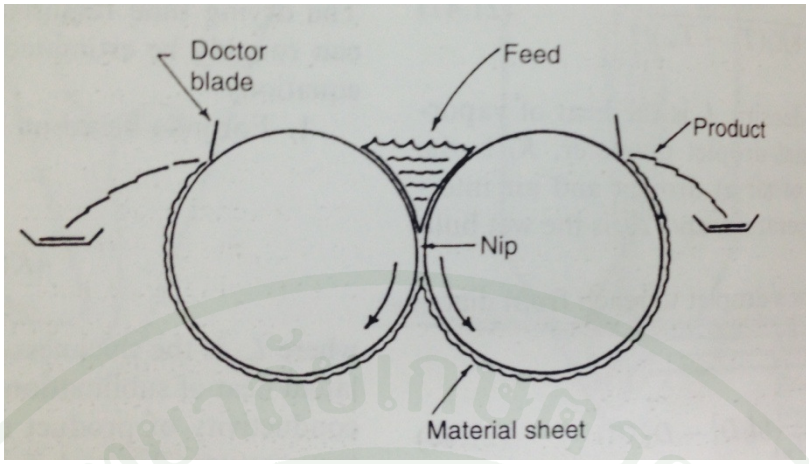
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทำแห้งทำให้น้ำระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ จึงได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแห้งมีน้ำเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์น้อยและมีความชื้นต่ำ จุลินทรีย์จึงไม่สามารถนำน้ำไปใช้ในกิจกรรมได้จึงเติบโตช้า ทำให้เก็บผลิตภัณฑ์ไว้ได้นานมากขึ้น การทำแห้งโดยเครื่องสามารถแบ่งออกมาได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ เครื่องทำแห้งด้วยลมร้อน เช่น เครื่องอบแห้งแบบถาด, เครื่องอบแห้งแบบสายพาน, เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย และเครื่องอบแห้งแบบใช้ผิวร้อน เช่น เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง, เครื่องอบแห้งสุญญากาศ เป็นต้น (Geankoplis , 2003)

9.2 เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่

เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่เป็นการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryersหรือ roller dryers) โดยใช้ความร้อนของลูกกลิ้งที่ทำมาจากโลหะ ที่มีการหมุนโดยมีการใช้ไอน้ำ และความดันรวมกันในการทำแห้ง ความร้อนที่ใช้จะอยู่ที่ประมาณ 120 – 170 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านลูกกลิ้งคู่จะแผ่เป็นชิ้นบาง ๆอยู่บนผิวของลูกกลิ้ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกขูดออกโดยใบมีด อาหารที่เหมาะกับการใช้กับเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่จะเป็นอาหารเหลวที่มีขนาดอนุภาคใหญ่เกินกว่าที่สามารถใช้กับเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยได้ อาหารที่นิยมใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง ได้แก่ ซุปแห้ง โจ๊ก เนื้อผลไม้บางชนิด โปรตีนหางนมผง เป็นต้น (Mujumder, 2007) เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งมีการนำมาใช้งานครั้งแรกในโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศเยอรมนี เพื่อใช้ในการทำแป้งพรีเจลาติไนท์ และมีการนำมาใช้เพื่อผลิตอาหารที่หลากหลายขึ้นในอเมริกา ประเภทของเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งสามารถแบ่งได้ตามจำนวนของลูกกลิ้งและโครงสร้างภายนอกของความร้อนของไอน้ำของลูกกลิ้งและความดันของบรรยากาศรอบ ๆแผ่นทำแห้ง โดยที่ผิวหน้าของลูกกลิ้งที่ร้อนจะถูกเคลือบด้วยตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นของเหลวหรือกึ่งเหลว ลูกกลิ้งจะถูกทำให้ร้อนด้วยไอน้ำหรือไฟฟ้าที่ให้ความร้อนอยู่ภายในลูกกลิ้ง โดยจะหมุนอย่างช้า ๆ เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์แห้ง ผลิตภัณฑ์ที่แห้งแล้วจะถูกขูดออกมาในรูปของแผ่นหรือเป็นชิ้นเล็ก ๆ ด้วยใบมีด (Doctor blade) ดังในรูปที่ 2 (Mujumder, 2007)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 การป้อนวัตถุดิบและทิศทางการทำงานของเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่

ที่มา: Mujumder (2007)

9.3 การใช้ประโยชน์ของเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ในผลิตภัณฑ์อาหาร

เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ได้ถูกนำมาใช้เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์หลากหลาย โดยที่อุณหภูมิ ความเร็วรอบของการหมุนของลูกกลิ้ง และระยะของของลูกกลิ้งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่นการศึกษาของเทวรัตน์ (2555) ได้ศึกษาการประเมินสมรรถนะการอบแห้งกากมันสำปะหลังด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิการอบแห้ง ความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งและระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งที่แตกต่างกัน กำหนดให้กากมันสำปะหลังที่มีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 81.50 ของน้ำหนักเปียก จากผลจากการทดสอบพบว่าอุณหภูมิการอบแห้งมีผลต่อความชื้นสุดท้ายของกากมันสำปะหลัง โดยที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส สามารถลดความชื้นให้เหลือความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยร้อยละ 4.30 ของน้ำหนัก ในด้านความเร็วรอบการหมุนพบว่าเมื่อเพิ่มขึ้นความเร็วรอบการหมุนเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความชื้นเพิ่มขึ้น จากผลจากการทำแห้งพบว่าที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 0.7 rpm และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.5 มิลลิเมตร มีความสามารถในการอบแห้งสูงสุด

จากการศึกษาของ Plernchai *et al.* (2000) เพื่อพัฒนาอาหารแปรรูปกึ่งสำเร็จรูปชนิดใยอาหารสูง โดยเลือกใช้วัตถุดิบที่มีปริมาณเส้นใยสูงที่แตกต่างกัน ได้แก่ กล้วย ฟักทอง ข้าวโพด ถั่วแดงหลวง งาขาว มันเทศ ลูกเดือย ถั่วเขียว สัปปะรด และข้าวกล้อง ที่อัตราส่วนส่วนผสมต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยใช้การทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่หลังจากนั้นทำการบดให้เป็นผง พบว่าสูตรที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนของกล้วย: ฟักทอง: ข้าวโพด: ข้าวกล้อง(30: 25: 25: 20) และนำมาทำการปรุงแต่งกลิ่นรส นำไปทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยเตรียมตัวอย่างด้วยการใช้น้ำอุ่นให้อัตราส่วนของน้ำต่อของแห้งแตกต่าง พบว่าที่อัตราส่วนน้ำต่อของแห้งที่ 1:4 ได้คะแนนลักษณะปรากฏมากที่สุด และในสูตรที่ประกอบด้วยกล้วย ฟักทอง มีคะแนนความชอบมากที่สุด

10. การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

ในปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระในอาหารมีความสำคัญต่อผู้ที่รักในสุขภาพ แหล่งของอาหารที่พบสารต้านอนุมูลอิสระอยู่มาก ได้แก่ ผัก ผลไม้ ธัญพืช การหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสามารถแบ่งได้เป็นสองประเภท ตามการเกิดปฏิกิริยา คือ การเคลื่อนย้ายอะตอมไฮโดรเจน (Hydrogen atom transfer) เช่น วิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และปฏิกิริยาที่มีการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน (Electron transfer) เช่น วิธี Total phenolic assay (Foiln-Ciocalteau reagent antioxidant capacity), วิธี Ferric ion reducing antioxidant power assay (FRAP) และ วิธี 2,2-azinobis- (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) assay (ABTS) เป็นต้น (Hang *et al.*, 2005)

10.1 วิธี Total phenolic assay (Foiln-Ciocalteau reagent antioxidant capacity)

วิธีนี้ใช้ในการตรวจสอบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ส่วนมากจะใช้กับการตรวจสอบในผลิตภัณฑ์ประเภทพืชผัก ผลไม้ โดยใช้ Foiln Ciocalteau เป็นรีเอเจนต์ โดยอาศัยปฏิกิริยารีดอกซ์ในการทำให้เกิดปฏิกิริยา ติดตามการเปลี่ยนของสีจากสารประกอบที่มีสีเหลือง เมื่อได้รับอิเล็กตรอนจากสารต้านออกซิเดชัน จะเปลี่ยนสีไปเป็นสารประกอบสีน้ำเงิน ซึ่งดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุดที่ 765 นาโนเมตร แล้วนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์เทียบกับสารมาตรฐาน โดยเทียบให้อยู่ในรูปสมมูลของกรดแกลลิค

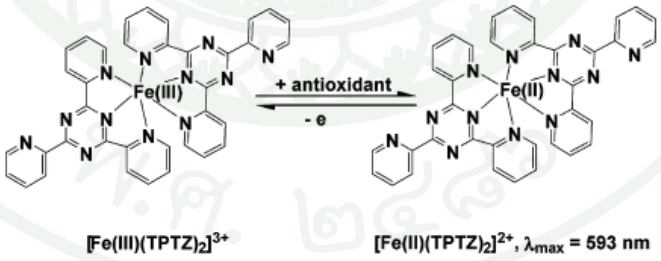
10.2 วิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นวิธีการในการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) เป็นรีเอเจนต์ ใช้สารละลายประเภทสารละลายอินทรีย์เป็นตัวทำละลาย เช่น เอทานอล หรือเมทานอล สารละลายที่ได้มีสีม่วงเข้มและดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร เมื่อตัวอย่างมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูง สารละลายสีม่วงเข้มจะจางลงและเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (Huang *et al*.,2005) เป็นวิธีที่นิยมใช้เนื่องจากมีข้อดี คือ สะดวกรวดเร็ว มักใช้ในการตรวจสอบความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในผัก และผลไม้ แต่ไม่ใช้ในการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในเลือด เนื่องจากต้องใช้สารละลายประเภทแอลกฮอล์ซึ่งจะทำให้โปรตีนตกตะกอน (Molyneux, 2004)

10.3 วิธี Ferric ion reducing antioxidant power assay (FRAP)

ใช้ในการตรวจสอบความสามารถในการต้านออกซิเดชั่น โดยอาศัยปฏิกิริยารีดิกซ์ ดูการเปลี่ยนแหลงสีของสารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งได้แก่สารประกอบเชิงซ้อน ferric tripyridyltriazine (Fe^{3+}-TPTZ) ได้รับอิเล็กตรอนจากสารต้านออกซิเดชั่น แล้วเปลี่ยนไปอยู่ในรูปสารประกอบเชิงซ้อน ferrous tripyridyltriazine (Fe^{2+}-TPTZ) ซึ่งมีสีม่วงน้ำเงิน และดูดกลืนแสงที่ 595 นาโนเมตร ดังภาพที่ 3 (Huang *et al* ., 2005)



ภาพที่ 3 ปฏิกิริยาของ Ferric ion reducing antioxidant power assay

ที่มา: Huang *et al*. (2005)

จากวิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระข้างต้น มีการศึกษาของ Siah *et al.* (2014) ที่ศึกษาผลของการแปรรูปซึ่งได้แก่ การต้ม การแช่น้ำ และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใช้เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนรวมกับแรงดัน ต่อสารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH, FRAP TEAC, ORAC) ในถั่วปากอ้าที่มีสีของเปลือกที่แตกต่างกัน 5 ชนิด (สีแดง, สีเขียว, สีเหลือง 2 พันธุ์ และสีขาว) พบว่าสีของเปลือกถั่วที่แตกต่างกัน และผลของการแปรรูปด้วยวิธีการต้มส่งผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ โดยจะมีมากในเปลือกถั่วที่มีสีเข้ม

Limsangouan and Isobe (2009) ทำการศึกษาผลของการแปรรูปด้วยวิธีการบด (การบดด้วยสกรู (screw crushing), การบดแบบละเอียดด้วยเครื่อง hammer milling และการบดด้วยเครื่อง jet milling ต่อคุณสมบัติของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกด้วยถั่ว 3 ชนิด ได้แก่ ถั่วบรอดบีน ถั่วเหลืองดำ และถั่วเขียว พบว่าในถั่วบรอดบีนนั้นมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด ถั่วดำเหลืองมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด จากผลของการแปรรูปด้วยการบดที่แตกต่างกันส่งผลต่อการเปลี่ยนแหลงทางด้านคุณสมบัติซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคของแป้ง พบว่าการบดแบบละเอียดด้วย hammer milling ให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าวิธีการบดอื่น ๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

1.1 ถั่วแดงหลวง (ตราไร่ทิพย์)

1.2 กะทิ UHT (ตราอร่อยดี)

1.3 น้ำตาลปี๊บ (ตรามิตรผล)

1.4 เกลือ (ตราปรุงทิพย์)

1.5 ไข่ไก่ เบอร์ 1 ตรา CP

1.6 ไฮโดรคอลลอยด์

1.7 น้ำพริกแกงเผ็ด ประกอบด้วย พริกแห้งเม็ดใหญ่ พริกขี้หนูแห้ง กระชาย ราก ผักชี หัวหอมแดง กระเทียม ข่า พริกไทยขาว ตะไคร้ และผิวมะกรูด

1.8 ไข่ผง บริษัท เบน เมเยอร์ จำกัด

1.9 กะทิผง (ตราชาวไท)

2. อุปกรณ์ในการผลิต

2.1 หม้อหุงข้าวไฟฟ้า ยี่ห้อ Toshiba รุ่น RC-18JM (W)A ประเทศญี่ปุ่น

2.2 หม้อนึ่งไอน้ำ ยี่ห้อ METER รุ่น Electric cooker ประเทศฮ่องกง

2.3 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น Itcm ARC 120 บริษัท เอ็นซี ซายน์เทค จำกัด ประเทศเยอรมนี

2.4 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น BS224S บริษัท Scientific Promotion Co., Ltd. ประเทศเยอรมนี

2.5 ถ้วยซิลิโคน ยี่ห้อ Trudeau รุ่น TRU-0996039 ประเทศจีน

2.6 เครื่องสับผสมอาหาร ยี่ห้อ Ronic รุ่น RON-FP135 ประเทศฝรั่งเศส

2.7 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ บริษัท ยูนิค ทูลส์ จำกัด ประเทศไทย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.8 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand refractometer) ยี่ห้อ ATAGO บริษัท Atago Co., Ltd, ประเทศญี่ปุ่น

2.9 เครื่องบดแป้ง (Roter mill)

3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพ

3.1 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.1.1 เครื่องวัดปริมาณความชื้น (Hot Air Oven) ยี่ห้อ BINDER รุ่น VD53, ประเทศเยอรมนี

3.1.2 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Thermospectronic) ยี่ห้อ Helios Alph รุ่น 9423 UVA 1002E, ประเทศอังกฤษ

3.1.3 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis)

3.1.4 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง รุ่น BS224S บริษัท Scientific Promotion Co., Ltd

3.1.5 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริค (Thiobarbituric acid number: TBA)

3.1.6 เครื่องเหวี่ยง Benchtop Centrifuge รุ่น 2-16, Sigma, ประเทศ เยอรมนี

3.1.7 เครื่องอังไอน้ำ (Water Bath) ยี่ห้อ Memmert รุ่น WB22, ประเทศ เยอรมนี

3.1.8 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand refractometer) ยี่ห้อ ATAGO

3.1.9 เครื่องทำแห้งแบบแช่แข็ง (Freezer dryer) รุ่น Dura-Top/Dura-Stop MP ยี่ห้อ FTS Systems บริษัท ซานยน์ เอ็นจิเนียร์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

3.2 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.2.1 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture analysis รุ่น TA.XT plus ยี่ห้อ Vienna Court, ประเทศอังกฤษ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2.2 เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Minolta Spectrophotometer รุ่น CM-3500d, บริษัท Minolta Co., Ltd, ประเทศญี่ปุ่น

3.2.3 เครื่องวัดค่า Water activity (a_w) ยี่ห้อ AquaLab รุ่น Series 3 TE บริษัท Decagon Devices Inc., ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.3.1 เครื่องแก้วในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.3.2 เครื่องฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน (Autoclave-steam sterilizer) ยี่ห้อ Tuttnauer รุ่น 3850M, ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3.3 ตู้ฆ่าเชื้อลมร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ BINDER รุ่น FD-115, ประเทศเยอรมนี

3.4 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.4.1 อุปกรณ์ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.4.2 แบบสอบถาม

4. อุปกรณ์การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows version 12.0

4.2 โปรแกรมสำเร็จรูป XLSTAT® version 2010

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. การเตรียม ตรวจสอบและการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของวัตถุดิบถั่วแดงหลวง

1.1 การตรวจสอบคุณภาพถั่วแดงหลวง

นำถั่วแดงหลวง มาทำการคัดคุณภาพของเมล็ด โดยเลือกเมล็ดที่ไม่สมบรูณ์ออก นำไปบดด้วยเครื่องบดแป้ง (Roter mill) และผ่านตะแกรงร่อนขนาด 60 mesh เก็บใส่ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นำถั่วแดงหลวงมาทำการวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ตามวิธีการของ A.O.A.C (2000) และหาปริมาณสารประกอบฟีนอลลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

1.2 การเตรียมการสกัด

การสกัดสารสกัดหยาบจากถั่วแดงหลวง ดัดแปลงจากวิธีการของ Boateng *et al.* (2008) ใช้เมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 ในอัตราส่วนของถั่วแดงหลวงต่อเมทานอลเท่ากับ 1:5 กวนด้วยแท่งแม่เหล็กที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างที่สกัดได้ไปทำการหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 3000 g (ประมาณ 5400 rpm) เป็นเวลา 20 นาที เก็บส่วนที่เป็นน้ำใสไว้ และนำตะกอนไปทำการสกัดโดยใส่เมทานอลอีกครั้ง (รอบสกัด 2 ครั้ง) ในอัตราส่วน 1:5 กวนด้วยแท่งแม่เหล็กที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง นำตัวอย่างไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 3000 g (ประมาณ 5400 rpm) เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นส่วนใสที่สกัดได้ไปทำการระเหยเมทานอลด้วยเครื่อง Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนข้นหนืดแล้วใช้การทำแห้งด้วยเครื่อง Freezer dryer ปรับปริมาตรสุดท้ายก่อนนำไปทำการวิเคราะห์ ให้ได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ด้วยเมทานอล

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

นำตัวอย่างสารสกัดจากถั่วแดงหลวง (ข้อ 1.2) จำนวน 1 มิลลิลิตร เติม Folin-Ciocalteau (เจือจาง 1:10) จำนวน 1มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(30±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6 นาที เติมสารละลายความเข้มข้นร้อยละ 70 ของ Na_2CO_3 3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) 2 ชั่วโมง จนได้สารละลายเป็นสีฟ้า จึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนของแสงที่ความยาวคลื่น 750 nm โดยนำมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิค ซึ่งปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดแสดงผลในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อตัวอย่างสารสกัด 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง (mg gallic acid equivalents (GAE)/100 g dry basis)

1.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

1.4.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging capacity)

นำตัวอย่างสารสกัดหยาบจากถั่วแดงหลวง (ข้อ 1.2) จำนวน 0.1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 1,1-diphenyl-2-picryhydrazl (DPPH) ในเมทานอล (ความเข้มข้นร้อยละ 80) ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลจำนวน 2.9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า นำไปตั้งในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนของแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm รายงานในรูปของมิลลิกรัมสมมูลของปริมาณกรดแกลลิคต่อตัวอย่าง 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง ทำการวัดค่าทั้งหมด 3 ซ้ำ (Boateng *et al.*, 2008)

$$\text{ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ร้อยละ)} = \frac{(A_{control} - A_{sample}) \times 100}{A_{control}}$$

เมื่อ $A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุม

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงตัวอย่างสารสกัด

1.4.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Ferric reducing antioxidant power)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใช้ตัวอย่างสารสกัดจากถั่วแดงหลวง (ข้อ 1.2) 100 µl เติม FRAP 3 ml ซึ่งใน FRAP ประกอบไปด้วย อะซิติกบัพเฟอร์ (pH 3.6) ความเข้มข้น 300 mmol/l , 2,4,6-tri(2-pyridyl)-s -triazine (TPRZ) เข้มข้น 10 mmol/l ละลายใน กรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น 40 mmol/l และปรับปริมาตรให้ได้ 5 มิลลิลิตร และเฟอริกคลอไรด์ 20 mmol/l โดย FRAP ต้องเตรียมใหม่เสมอ แล้วบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนของแสงที่ความยาวคลื่น 593 nm รายงานอยู่ในรูปมิลลิโมลสมมูลของ $FeSO_4$ ต่อตัวอย่างสารสกัด 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง ทำการวัดค่าทั้งหมด 3 ซ้ำ วิธีวิเคราะห์ตามวิธีของ Boateng *et al.* (2008)

$$\text{ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ FRAP (ร้อยละ)} = \frac{(A_{control} - A_{sample}) \times 100}{A_{control}}$$

เมื่อ $A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุม

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงตัวอย่างสารสกัด

2. การพัฒนาสูตรห่อหมกจากถั่วแดงหลวง

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

2.1.1 การเตรียมถั่วแดงหลวง

การเตรียมถั่วแดงหลวงต้มสุกเพื่อนำไปทำห่อหมก โดยการนำถั่วแดงหลวงมาคัดคุณภาพของเมล็ด เลือกเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ออก นำมาล้างน้ำและแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) นาน 10 ชั่วโมง (โดยใช้ถั่วแดงหลวงดิบ 500 กรัม ต่อน้ำ 1500 กรัม) แล้วนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำถั่วแดงหลวงที่ต้มแล้วมาสะเด็ดน้ำบนตะแกรงนาน 10 นาที บดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดอาหาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก. วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. ปริมาณความชื้นในถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียด ตามวิธีการของ A.O.A.C (2000)

2. วิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียด เตรียมตัวอย่างโดยนำถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียด ใช้การทำแห้งด้วยเครื่อง Freezer dryer จากนั้นนำไปบดด้วยโกร่ง นำตัวอย่างที่บดแล้วบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลิน และใส่ในถุงอลูมิเนียมฟอยด์อีกชั้นเพื่อกันแสง แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18±2 องศาเซลเซียส เพื่อรอทำการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ ตามวิธีในข้อ 1.2-1.4

2.1.2 การเตรียมพริกแกงเผ็ด

การเตรียมเครื่องแกงเผ็ด โดยนำพริกแห้งเม็ดใหญ่ร้อยละ 8.6 มาแช่น้ำจนพริกนิ่มและสะเด็ดน้ำ (ประมาณ 2 ชั่วโมง) ปั่นรวมกับ พริกขี้หนูแห้งร้อยละ 5.7 ตะไคร้ร้อยละ 8.6 ผิวมะกรูดร้อยละ 8.6 หัวหอมแดงร้อยละ 14.3 กระเทียมร้อยละ 20.0 รากผักชีร้อยละ 8.6 กระชายร้อยละ 14.3 ข่าร้อยละ 5.7 และพริกไทยขาวร้อยละ 5.7 จะได้เครื่องแกงเผ็ดจากนั้นนำเครื่องแกงเผ็ดที่ได้ไปทำเป็นห่อหมกจากถั่วแดงหลวง นำเครื่องแกงเผ็ดไปทำการวิเคราะห์ค่าทางเคมี ได้แก่ ค่าความชื้นเริ่มต้นตามวิธีการของ A.O.A.C (2000) และวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี CLE L*a*b* ด้วยเครื่อง Spectrophotometer จำนวน 5 ซ้ำ

2.2 การพัฒนาสูตรห่อหมกจากถั่วแดงหลวง

2.2.1 ศึกษาผลของปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุกต่อคุณภาพห่อหมก

ศึกษาปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดที่เหมาะสม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ศึกษาอัตราส่วนถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดต่อส่วนผสมอื่น ๆ 3 ระดับ คือ 20:100, 40:100, 60:100 โดยใช้สูตรห่อหมกดัดแปลงมาจากอมราภรณ์ (2550) ให้ปริมาณส่วนผสมอื่น ๆคงที่ประกอบด้วย กะทิ (UHT) ไข่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไก่ เครื่องแกงเผ็ด แป้งสาลี น้ำตาลปี๊บ และเกลือ ร้อยละ 56.68, 20.28, 15.00, 3.82, 3.07 และ 1.15 ตามลำดับ นำส่วนผสมทั้งหมดคนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันนึ่งเป็นเวลา 25 นาที นำมาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

ก. คุณภาพทางกายภาพ

1) ค่าสีในระบบ CIE L*a*b* ด้วยเครื่องวัดค่าสี Spectrophotometer และบันทึกค่าสี L*, a*, b* ที่แหล่งกำเนิดแสง D65 โดยมี Standard observer 10 องศา ช่องวัดขนาดกลาง (medium) ทำการวัดจำนวน 5 ซ้ำ โดยทำการสุ่มวัดค่าสีที่บริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์

2) ค่าความคงตัว (Firmness) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA-XT PLUS ใช้การวัดค่าแบบ Texture profile analysis (TPA) ใช้หัววัดแบบ P/75 mm Compression plate (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร) เตรียมตัวอย่างที่วัดให้มีขนาด 2x2x2 ลูกบาศก์เซนติเมตร (โดยการเตรียมตัวอย่างจำเป็นจะต้องมีการควบคุมให้มีขนาดเท่ากัน) กำหนดสภาวะในการวัด ด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อนาที กดลงไปที่ตัวอย่างร้อยละ 50 ของความสูงของตัวอย่าง ทำการวัดค่าตัวอย่างละ 20 ซ้ำ โดยตัวอย่างที่รอวัดจะทิ้งไว้ไม่เกิน 20 นาที

ข. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) โดย 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 คือ ชอบมากที่สุด ทำการประเมินในคุณลักษณะต่าง ๆ ร่วมกับวิธีการให้คะแนนความพอดี (just about right scale) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยเสิร์ฟในรูปแบบของห่อหมกจากถั่วแดงหลวงแบบพร้อมรับประทาน ประเมินร่วมกับข้าวหอมมะลิหุงสุก โดยให้ห่อหมก 1 ชิ้นขนาด 15 กรัมต่อข้าวสวยหุงสุกขนาด 20 กรัม

2.2.2 ศึกษาผลของปริมาณพริกแกงเผ็ดที่ต่อคุณภาพของห่อหมก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วางแผนการทดลองแบบ CRD เพื่อศึกษาปริมาณพริกแกงเผ็ดในส่วนผสมของห่อหมก 2 ระดับ คือ ร้อยละ15 และ 30 และนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยเสิร์ฟในรูปแบบของห่อหมกจากถั่วแดงหลวงแบบพร้อมรับประทาน ประเมินร่วมกับข้าวหอมมะลิหุงสุก โดยให้ห่อหมก 1 ชิ้นขนาด 15 กรัมต่อข้าวสวยหุงสุกขนาด 20 กรัม

2.3 การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

2.3.1 การผลิตผงห่อหมกจากถั่วแดงหลวง

นำสูตรที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.2 มาผลิตผงห่อหมก เตรียมส่วนผสมโดยควบคุมให้ห่อหมกจากถั่วแดงหลวงก่อนการทำแห้งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total soluble solid) เท่ากับ 28 ºBrix นำมาทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (Drum dryer) โดยกำหนดสภาวะในการทำแห้ง คือ ให้อุณหภูมิของผิวหน้าลูกกลิ้งเป็น 130±2 องศาเซลเซียส ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.6 มิลลิเมตร ความเร็วรอบ 0.78 รอบ/ นาที ความดันไอน้ำ 45 ปอนด์ นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งมาบดด้วยเครื่องบดและผ่านตะแกรงร่อนขนาด 60 mesh ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็น ผงห่อหมก จากนั้นนำผงห่อหมกที่ได้จากการทำแห้งมาวัดค่า a_w

2.3.2 การพัฒนาสูตรห่อหมกถั่วแดงหลวงผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

นำห่อหมกผงที่ผลิตได้จาก 2.3.1 มาปรับปรุงคุณภาพโดยเฉพาะทางด้านเนื้อสัมผัส โดยศึกษาผลของไข่ผงและไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพห่อหมกถั่วแดงหลวง โดยการวางแผนการทดลองแบบ 3x3 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ปัจจัยแรกที่จะศึกษา คือ ปริมาณไข่ผง 3 ระดับ คือ ร้อยละ 6.25, 12.50 และ 18.75 ของส่วนผสมทั้งหมด และปัจจัยที่สอง คือ ปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 0.05 และ 0.10 ของส่วนผสมทั้งหมด เตรียมตัวอย่างโดยผสมผงห่อหมก กะทิผง ไข่ผง และไฮโดรคอลลอยด์เข้าด้วยกันโดยให้ปริมาณผงห่อหมกต่อกะทิผงเป็นอัตราส่วน 2:1 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอาหารเพื่อให้ห่อหมกผงสำเร็จรูปมีความสม่ำเสมอ จากนั้นเติมน้ำร้อน (60±2 องศเซลเซียส) โดยให้ปริมาณน้ำเป็น 3 เท่าของน้ำหนักของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูป (ใช้ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

16 กรัม) คนให้เข้ากันจากนั้นนำใส่ภาชนะ เพื่อนำเข้าไมโครเวฟใช้กำลังไฟ 900 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที สามารถทำห่อหมกสำเร็จรูปได้ประมาณ 8 ถ้วย นำผลิตภัณฑ์ห่อหมกสำเร็จรูปที่ได้มาทำการวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ ดังนี้

ก. คุณภาพทางกายภาพ

1) ค่าสีในระบบ CIE L*a*b* ด้วยเครื่องวัดค่าสี Spectrophotometer และบันทึกค่าสี L*, a*, b* ที่แหล่งกำเนิดแสง D65 โดยมี Standard observer 10 องศา ช่องวัดขนาดกลาง (medium) ทำการวัดจำนวน 5 ซ้ำ

2) ค่าความคงตัว (Firmness) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA-XT PLUS ใช้การวัดค่าแบบ Texture profile analysis (TPA) ใช้หัววัดแบบ P/75 mm Compression plate (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร) เตรียมตัวอย่างที่วัดให้มีขนาด 2x2x2 ลูกบาศก์เซนติเมตร (โดยการเตรียมตัวอย่างจำเป็นจะต้องมีการควบคุมให้มีขนาดเท่ากัน) กำหนดสภาวะในการวัด ด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อนาที กดลงไปที่ตัวอย่างร้อยละ 50 ของความสูงของตัวอย่าง ทำการวัดค่าตัวอย่างละ 20 ซ้ำ โดยตัวอย่างที่รอวัดจะทิ้งไว้ไม่เกิน 20 นาที

ข. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 54 คน โดยประเมินร่วมกับข้าวหุงสุก โดยให้ห่อหมก 1ชิ้นขนาด 15 กรัมต่อข้าวสวยหุงสุกขนาด 20 กรัม ใช้วิธีแบบสุ่มในบลอคไม่สมบรูณ์(Balanced incompletely block design) โดยตัวอย่างมีทั้งหมด 9 ตัวอย่าง (มีจำนวนสิ่งทดลอง (t) = 9, จำนวนสิ่งทดลองต่อบลอค (k) = 5, จำนวนซ้ำ (r) = 10, จำนวนบลอค (b) = 8, จำนวนครั้งที่สิ่งทดลองแต่ละคู่ปรากฏร่วมกันในบลอค (λ) = 5) และนำผลทางด้านประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่อหาแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาและค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้โปรแกรม SPSS Version 12 (SPSS Thailand Co., Ltd.) นำแบบจำลองไปสร้างแผนภาพคอนทัวร์ด้วยพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology; RSM) โดย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใช้โปรแกรม STATISTICA Version 8 (Statsoft, Inc) และทำการยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองโดยการวิเคราะห์ค่า Root Mean Square Error (RMSE) โดยคำนวณจากสมการ

$$\text{RMSE} = \sqrt{\sum \frac{(Observed - predicted)}{n}} \qquad 2$$

โดยที่ Observed value คือ ค่าที่ได้จากการทดลอง

Predicted value คือ ค่าที่ได้จากการทำนายของแบบจำลอง

n คือ จำนวนสิ่งทดลอง

3. การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ห่อหมกที่พัฒนาได้

นำผลิตภัณฑ์ห่อหมกที่พัฒนาได้ทั้งในรูปแบบของห่อหมกกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงและในรูปแบบของห่อหมกกึ่งสำเร็จรูปพร้อมรับประทาน มาทำการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

3.1 คุณภาพของห่อหมกกึ่งสำเร็จรูปชนิดผง

3.1.1 คุณภาพทางกายภาพ

ก. ค่าสีในระบบ CIE L*a*b* ด้วยเครื่องวัดค่าสี Spectrophotometer และบันทึกค่าสี L*, a*, b* ที่แหล่งกำเนิดแสง D65 โดยมี Standard observer 10 องศา ช่องวัดขนาดกลาง (medium) ทำการวัดจำนวน 5 ซ้ำ

ข. ค่า Water Activity (a_w) โดยเครื่องวัดค่า a_w ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ

3.1.2 คุณภาพทางเคมี

ก. องค์ประกอบเคมีโดยประมาณ ได้แก่ ปริมาณความชื้น, ปริมาณโปรตีน, ปริมาณไขมัน และปริมาณเส้นใย (AOAC, 2000)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข. ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริค (มิลลิกรัมมาโลนาลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม) ตามวิธีการของ AOCS (1997)

ค. การวิเคราะห์ค่าสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระตามวิธีในข้อ 1.3-1.4

3.1.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา ตามวิธีการของ BAM (2001)

3.2 คุณภาพห่อหมกถั่วแดงหลวงพร้อมรับประทาน

นำตัวอย่างห่อหมกกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากถั่วแดงหลวงมาเติมน้ำร้อน (60±2 องศาเซลเซียส) โดยให้ปริมาณน้ำเป็น 3 เท่าของน้ำหนักของห่อหมกผงสำเร็จรูป (ใช้ห่อหมกผงสำเร็จรูป 16 กรัม) คนให้เข้ากันจากนั้นนำใส่ภาชนะเพื่อนำเข้าไมโครเวฟใช้กำลังไฟ 900 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที นำผลิตภัณฑ์ห่อหมกสำเร็จรูปที่ได้มาทำการวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ ดังนี้

3.2.1 คุณภาพทางกายภาพ

ก. ค่าสีในระบบ CIE L*a*b* ด้วยเครื่องวัดค่าสี Spectrophotometer และบันทึกค่าสี L*, a*, b* ที่แหล่งกำเนิดแสง D65 โดยมี Standard observer 10 องศา ช่องวัดขนาดกลาง (medium) ทำการวัดจำนวน 5 ซ้ำ

ข. ค่าความคงตัว (Firmness) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA-XT PLUS ใช้การวัดค่าแบบ Texture profile analysis (TPA) ใช้หัววัดแบบ P/75 mm Compression plate (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร) เตรียมตัวอย่างที่วัดให้มีขนาด 2x2x2 ลูกบาศก์เซนติเมตร (โดยการเตรียมตัวอย่างจำเป็นจะต้องมีการควบคุมให้มีขนาดเท่ากัน) กำหนดสภาวะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในการวัด ด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อนาที กดลงไปที่ตัวอย่างร้อยละ 50 ของความสูงของตัวอย่าง ทำการวัดค่าตัวอย่างละ 20 ซ้ำ โดยตัวอย่างที่รอวัดจะทิ้งไว้ไม่เกิน 20 นาที

3.2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) โดย 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 คือ ชอบมากที่สุด ทำการประเมินในคุณลักษณะต่าง ๆ โดยเสิร์ฟในรูปแบบของห่อหมกกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงแบบพร้อมรับประทาน โดยเสิร์ฟพร้อมข้าวหอมมะลิหุงสุกโดยให้ห่อหมก 1 ชิ้นขนาด 15 กรัมต่อข้าวสวยหุงสุกขนาด 20 กรัม โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

4. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ห่อหมกกึ่งสำเร็จรูปชนิดจากถั่วแดงหลวงที่พัฒนาแล้วทั้งในรูปของชนิดผงและชนิดพร้อมรับประทาน การทดสอบผลิตภัณฑ์ชนิดพร้อมรับประทานโดยให้บริโภคร่วมกับข้าวสวยหุงสุกโดยให้ห่อหมก 1 ชิ้นขนาด 15 กรัมต่อข้าวสวยหุงสุกขนาด 20 กรัม โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ในคุณลักษณะ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นโดยรวม รสชาติโดยรวม ความเผ็ด เนื้อสัมผัส และความชอบรวม รวมทั้งสอบถามเกี่ยวกับการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค จำนวน 100 คน โดยใช้สถานที่ทดสอบแบบ Central location test (CLT) ณ โรงอาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

5. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ห่อหมกกึ่งสำเร็จรูปชนิด โดยบรรจุผลิตภัณฑ์ในซองอลูมิเนียมฟอยด์เคลือบพลาสติก เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยทำการสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน โดยทำการวัดค่าทั้งในรูปแบบของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงชนิดผงและในรูปแบบของห่อหมกพร้อมรับประทาน ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.1 คุณภาพของห่อหมกกึ่งสำเร็จรูปชนิดผง

5.1.1 คุณภาพทางกายภาพ

ก. ค่าสีในระบบ CIE L*a*b* ด้วยเครื่องวัดค่าสี Spectrophotometer และบันทึกค่าสี L*, a*, b* ที่แหล่งกำเนิดแสง D65 โดยมี Standard observer 10 องศา ช่องวัดขนาดกลาง (medium) ทำการวัดจำนวน 5 ซ้ำ

ข. ค่า Water Activity (a_w) โดยเครื่องวัดค่า a_w ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ

5.1.2 คุณภาพทางเคมี

ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริค (มิลลิกรัมมาโลนาลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม) ตามวิธีการของ AOCS (1997)

5.1.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา ตามวิธีการของ BAM (2001)

5.1.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยประเมินในรูปแบบผงโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) โดย 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 คือ ชอบมากที่สุด ทำการประเมินในคุณลักษณะ ลักษณะปรากฏ และสีของผลิตภัณฑ์ โดยผู้ไม่ผ่านการฝึกฝน 30 คน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2 คุณภาพของห่อหมกพร้อมรับประทาน

5.2.1 คุณภาพทางกายภาพ

ก. ค่าความคงตัว (Firmness) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA-XT PLUS ใช้การวัดค่าแบบ Texture profile analysis (TPA) ใช้หัววัดแบบ P/75 mm Compression plate (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร) เตรียมตัวอย่างที่วัดให้มีขนาด 2x2x2 ลูกบาศก์เซนติเมตร (โดยการเตรียมตัวอย่างจำเป็นจะต้องมีการควบคุมให้มีขนาดเท่ากัน) กำหนดสภาวะในการวัดด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อนาที กดลงไปที่ตัวอย่างร้อยละ 50 ของความสูงของตัวอย่าง ทำการวัดค่าตัวอย่างละ 20 ซ้ำ โดยตัวอย่างที่รอวัดจะทิ้งไว้ไม่เกิน 20 นาที

5.2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) โดย 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 คือ ชอบมากที่สุด ทำการประเมินในคุณลักษณะต่าง ๆ โดยเสิร์ฟในรูปแบบของห่อหมกกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงแบบพร้อมรับประทาน โดยเสิร์ฟพร้อมข้าวหอมมะลิหุงสุกโดยให้ห่อหมก 1ชิ้นขนาด 15 กรัมต่อข้าวสวยหุงสุกขนาด 20 กรัม โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน ถ้าพบนัยสำคัญทางสถิติจะคำนวณค่า Duncan's New multiple range test (DMRT) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลอง โดยใช้โปรแกรม SPSS สำหรับการพัฒนาสูตรห่อหมกผงสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงใช้วิธี Response surface methodology (RSM) โดยนำข้อมูลทางด้านประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมโดย จากนั้นนำไปสร้างแผนภาพคอนทัวร์ (Contour plot) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ และทำการยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองโดยการวิเคราะห์ค่า Root mean square error (RMSE) ระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนาย ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ XLSTA (2010)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์คุณภาพของถั่วแดงหลวง

นำเมล็ดถั่วแดงหลวงที่ผ่านการคัดคุณภาพเมล็ด แล้วสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์พบว่ามีปริมาณความชื้นของถั่วแดงเมล็ดแห้งเฉลี่ยร้อยละ 2.10±0.03 ของน้ำหนักแห้ง นำแป้งถั่วแดงหลวงที่บดละเอียดมาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนี้

จากการวิเคราะห์สารประกอบปริมาณฟีนอลลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบจากถั่วแดงหลวง โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของแกลลิคดังภาพผนวกที่ ง1 พบว่าสารสกัดหยาบจากถั่วแดงหลวง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 10.35 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Boateng *et al.* (2008) ศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดหยาบในถั่วทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ ถั่วแดงหลวง, ถั่วเหลือง, ถั่วลิสงเถาและถั่วตาดำ โดยพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีมากที่สุดในถั่วแดงหลวง และเช่นเดียวกับการศึกษาของ Takahashi *et al.* (2005) ที่พบว่าปริมาณโพลีฟีนอลลิกในถั่วเหลืองสีดำมีปริมาณ 29.0±0.56 mg/g ซึ่งสูงกว่าในถั่วเหลืองที่มีสีเหลืองซึ่งมีปริมาณ 0.45±0.02 mg/g โดยสีของเปลือกถั่วที่มีเปลือกสีเข้มจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าในถั่วที่มีเปลือกสีอ่อน

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH นั้นเป็นวิธีการตรวจสอบโดยทำการวัดการลดลงของสีม่วง ที่ความสามารถในการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยถ้าตัวอย่างมีปริมาณสารต้านออกซิเดชันมากจะทำให้สีม่วงของสารต้านออกซิเดชัน1,1-diphenyl-2-picryhydrazl (DPPH) เกิดการฟอกจางลงจนกลายเป็นสีเหลือง (Molyneux, 2004) จากการวัดค่าความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันในถั่วแดงเมล็ดแห้ง โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน 1,1-diphenyl-2-picryhydrazl (DPPH) พบว่าความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากถั่วแดงหลวง 37.47 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อตัวอย่าง 100 กรัมน้ำหนักแห้ง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Boateng *et al.* (2008) ที่พบว่า สารสกัดหยาบจากถั่วแดงหลวงมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด และยังพบว่าในถั่วเหลืองมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณสารต้านออกซิเดชันน้อยที่สุด และจากการศึกษาของ Amarowirz *et al.* (2000) ที่พบว่าถั่วที่มีเปลือกสีเข้ม เช่น ถั่วแดงและถั่วลิสงเถา เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับถั่วที่มีเปลือกสีอ่อนพบว่าในถั่วที่เปลือกสีเข้มมีความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันได้มากกว่าในถั่วที่มีเปลือกสีอ่อน

การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน Ferric reducing antioxidant power (FRAP) เป็นวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบความสามารถในการต้านออกซิเดชันโดยอาศัยปฏิกิริยารีดอกซ์และติดตามสีจากสารประกอบเชิงซ้อนโดยนำไปวัดค่าการดูดกลืนของแสงที่ 595 นาโนเมตร จากการวัดค่าจากการวัดค่าความสามารถในการเป็นสารต้านสารต้านออกซิเดชันในเมล็ดถั่วทั้ง 3 ชนิด โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกล ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน Ferric reducing antioxidant power (FRAP) ของสารสกัดรายงานอยู่ในรูปมิลลิโมล สมมูลของ $FeSO_4$ ต่อตัวอย่าง 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง พบว่าความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารสกัดหยาบจากถั่วแดงหลวงมีค่าเท่ากับ 2,354.80 มิลลิโมลสมมูลของ $FeSO_4$ต่อตัวอย่าง 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Marathe *et al.* (2011) ที่ทำการศึกษาเมล็ดพันธุ์ถั่วต่าง ๆในประเทศอินเดีย พบว่า เมล็ดถั่วที่มีสีเข้มจะมีปริมาณความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันมากกว่าในเมล็ดถั่วที่มีสีอ่อน

2. การพัฒนาสูตรห่อหมกจากถั่วแดงหลวง

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

2.1.1 การเตรียมถั่วแดงหลวงต้มสุก

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดดังตารางที่ 2 พบว่ามีปริมาณความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยร้อยละ 38.06± 0.07 ของน้ำหนักแห้ง และจากการตรวจสอบการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดพบสารประกอบปริมาณฟีนอลลิกทั้งหมดจากถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียด โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของแกลลิคดังภาพผนวกที่ ง1 พบว่าถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 12.71 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง มีค่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

DPPH และ FRAP เมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานของแกลลิคดังภาพผนวกที่ ง2 และ ง3 มีค่า DPPH เท่ากับ 46.66 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อตัวอย่าง 100 กรัมน้ำหนักแห้ง และค่า FRAP 2,518.82 มิลลิโมลสมมูลของ $FeSO_4$ต่อตัวอย่าง 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนค่าสีเมื่อดูด้วยตาเปล่าพบว่ามีลักษณะเป็นสีแดงอมม่วงแต่เมื่อนำมาวัดค่าพบว่ามีค่ามีความสว่างเท่ากับ 42.52 มีค่าความเป็นสีแดงเท่ากับ 10.48 และค่าความเป็นสีเหลืองเท่ากับ 8.72 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณภาพของถั่วแดงหลวงเม็ดแห้งและถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียด

คุณภาพ	ปริมาณ	
	ถั่วแดงหลวงเมล็ดแห้ง	ถั่วแดงหลวงต้มสุก
คุณภาพทางเคมี		
ความชื้น(ร้อยละ)	2.10±0.03	38.06± 0.07
ฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	10.35±0.14	12.71±0.35
DPPH (มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	37.47±0.36	46.66±0.74
FRAP (มิลลิโมลสมมูลของ $FeSO_4$ต่อตัวอย่าง 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	2,354±3.46	2,518±6.92
คุณภาพทางกายภาพ		
ค่าสี L*	-	42.52±0.10
a*	-	10.48±0.138
b*	-	8.72±0.27

โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบกับถั่วแดงหลวงที่ไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปพบว่าถั่วแดงต้มสุกบดละเอียดมีค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และค่าการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Dewantowu *et al*. (2002) ที่พบว่าเมื่อมีการแปรรูปด้วยความร้อนจะทำให้ปริมาณฟีนอลิกมีมากขึ้นเนื่องจากเนื้อเยื่อเกิดการแตกทำให้สารฟีนอลิกสามารถออกมาได้มากขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 การพัฒนาสูตรห่อหมกจากถั่วแดงหลวง

2.2.1 การศึกษาผลของถั่วแดงหลวงต้มสุกต่อคุณภาพของห่อหมก

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านสี พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดทำให้มีค่าความสว่าง (L*) ของห่อหมกจากถั่วแดงหลวงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อวัดค่าความคงตัวจะพบว่าการเพิ่มปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2 เนื่องจากถั่วแดงหลวงต้มสุกมีปริมาณโปรตีนและใยอาหารสูง คือ ร้อยละ 24.6 และ 22.53 ตามลำดับ (Tova *et. al*, 1990) ทำให้ห่อหมกจากถั่วแดงหลวงมีความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2 คุณภาพทางกายภาพของปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดที่แตกต่างกันในห่อหมก

คุณภาพทางกายภาพ	ปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุก: ส่วนผสมอื่น ๆ		
	20:100	40:100	60:100
L*	57.2±0.1[a]	51.7±0.1[b]	47.2±0.1[c]
a*	12.6±0.1[a]	12.5±0.1[a]	12.9±0.1[a]
b*	28.9±0.1[a]	26.7±0.1[a]	25.1±0.2[a]
ค่าความคงตัว(นิวตัน)	6.5±0.6[c]	8.5±0.3[b]	9.2±0.3[a]

หมายเหตุ [a-c] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ของห่อหมกจากถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดที่ปริมาณถั่วแดงหลวงต้มบดละเอียดแตกต่างกัน พบว่าการเพิ่มปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดมีผลต่อความชอบในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อความชอบด้านรสเผ็ด และรสเค็ม ดังแสดงในตารางที่ 3 เมื่อเพิ่ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุกทำให้มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นทำให้คะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสน้อยลงและห่อหมกมีสีที่คล่ำขึ้น จึงมีผลให้คะแนนความชอบทางด้านสีมีคะแนนความชอบน้อยลง เมื่อเพิ่มถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียด จึงเลือกปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดต่อส่วนผสมอื่น ๆที่อัตราส่วน 20:100 เพราะมีคะแนนความชอบในคุณลักษณะสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวม

ตารางที่ 3 คะแนนความชอบของห่อหมกจากถั่วแดงหลวงในปริมาณของถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดที่แตกต่างกัน

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุก: ส่วนผสมอื่น ๆ		
	20:100	40:100	60:100
สีโดยรวม	7.0±1.3[a]	6.8±1.3[a]	5.6±1.7[b]
กลิ่นโดยรวม	7.0±1.1[a]	6.9±0.8[a]	6.3±1.3[b]
เนื้อสัมผัส	6.3±1.6[a]	5.5±1.6[b]	5.4±1.5[b]
รสเผ็ด	6.3±1.4[a]	6.3±1.3[a]	6.3±1.4[a]
รสเค็ม	6.5±1.4[a]	6.4±1.4[a]	6.4±1.6[a]
ความชอบโดยรวม	6.7±1.4[a]	6.5±1.2[a]	5.8±1.2[c]

หมายเหตุ [a-c] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากนั้นได้ทำการทดลองเพิ่มปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเพิ่มการใช้ประโยชน์จากถั่วแดงหลวงอีก 1 ระดับ คือ ที่อัตราส่วนปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดต่อส่วนผสมอื่น ๆ เท่ากับ 30:100 นำไปทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสอีกครั้งด้วยวิธี 9-point hedonic scale เปรียบเทียบกับปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดต่อส่วนผสมอื่น ๆที่อัตราส่วน 20:100 ผลจากการทำการประเมินทางประสาทสัมผัสแสดงดังในตารางที่ 4 พบว่าค่าคะแนนความชอบในทุก ๆคุณลักษณะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นจึงได้เลือกปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดต่อส่วนผสมอื่น ๆ ที่อัตราส่วน 30:100 และนำไปศึกษาปริมาณพริกแกงที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงรสชาติต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 คะแนนความชอบของห่อหมกจากถั่วแดงหลวงในปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดที่แตกต่างกัน

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุก: ส่วนผสมอื่น ๆ	
	20:100	30:100
สี	7.2±0.9	7.2±0.7
กลิ่นโดยรวม	7.2±0.7	7.3±0.8
เนื้อสัมผัส	6.6±1.1	6.8±0.8
รสเผ็ด	7.0±1.2	7.3±0.9
รสเค็ม	7.2±0.9	7.4±0.8
ความชอบรวม	6.9±0.9	7.0±0.9

2.2.2 ศึกษาปริมาณพริกแกงเผ็ดที่เหมาะสมต่อคุณภาพห่อหมก

จากการนำเครื่องแกงเผ็ดที่เตรียมได้ นำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่าความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยร้อยละ 73.65±0.10 และเมื่อมองด้วยตาเปล่าพบว่ามีสีแดงอมส้ม และเมื่อนำไปวัดค่าสีพบว่ามีค่าความสว่าง 37.34 ค่าความเป็นสีแดง 33.34 และค่าความเป็นสีเหลือง 45.74 ดังแสดงในตารางที่ 5 ผลจากการศึกษาในข้อ 2.2.1 ได้นำมาทำการศึกษาต่อในเรื่องของปริมาณพริกแกงที่เหมาะสม โดยศึกษาปริมาณพริกแกงที่เหมาะสมที่ 2 ระดับ คือที่ร้อยละ 15 (เป็นปริมาณพริกแกงที่ใช้ในการศึกษาในข้อ 2.2.1) และร้อยละ 30

ตารางที่ 5 คุณภาพทางเคมี และกายภาพของพริกแกงเผ็ด

คุณภาพ		ปริมาณ
ความชื้น(ร้อยละ โดยน้ำหนักเปียก)		73.65±0.10
สี	L*	37.34±0.04
	a*	33.34±0.12
	b*	45.74±0.32

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 6 พบว่าเมื่อปริมาณพริกแกงเผ็ดเพิ่มขึ้นทำให้ทุกคุณลักษณะยกเว้นรสหวาน และรสเค็มมีคะแนนความชอบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านความชอบโดยรวมที่ร้อยละ 30 สูงสุด (7.0±1.1) และจากการวิเคราะห์ผลด้านความพอดี (Just about right) แสดงผลดังตารางที่ 7 พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่เห็นว่าคุณลักษณะด้านต่าง ๆของห่อหมกจากถั่วแดงหลวงร้อยละ 30 มีความพอดีมากกว่าที่ร้อยละ 15 ในทุกคุณลักษณะ ดังนั้นจึงทำการเลือกปริมาณพริกแกงเผ็ดที่เหมาะสมที่ร้อยละ 30 เพื่อนำไปทำแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า “ผงห่อหมก” และพัฒนาเป็นห่อหมกกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากถั่วแดงหลวงในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 6 คะแนนความชอบของห่อหมกจากถั่วแดงหลวงในปริมาณพริกแกงเผ็ดที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ปริมาณพริกแกงเผ็ด(ร้อยละ)	
	15	30
ลักษณะปรากฏ	6.7±1.3[b]	7.3±0.8[a]
สี	6.5±1.4[b]	7.4±0.8[a]
กลิ่นโดยรวม	6.0±1.5[b]	7.0±1.4[a]
รสเค็ม	6.3±1.7[a]	6.6±1.3[a]
เนื้อสัมผัส	5.8±1.6[b]	6.9±1.3[a]
ความชอบรวม	6.2±1.4[b]	7.0±1.1[a]

หมายเหตุ [a-c] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 คะแนนความพอดีของห่อหมกจากถั่วแดงหลวงในปริมาณพริกแกงเผ็ดที่ต่างกัน

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	พริกแกงเผ็ดร้อยละ 15			พริกแกงเผ็ดร้อยละ 30		
	น้อย	พอดี	มาก	น้อย	พอดี	มาก
ลักษณะปรากฏ	60.0	30.0	10.0	10.0	83.3	6.7
สี	40.0	40.0	20.0	6.7	83.33	10.0
กลิ่นโดยรวม	53.3	43.3	3.4	2.3	97.7	0.0
รสเค็ม	43.3	53.3	34.3	26.7	73.3	0.0
เนื้อสัมผัส	76.7	23.3	–	23.3	70.0	6.7
ความชอบรวม	–	–	–	–	–	–

2.3 การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

จากการพัฒนาสูตรในหัวข้อที่ 2.2 ได้ส่วนประกอบเพื่อทำเป็นผงห่อหมกที่มีส่วนผสมประกอบด้วย เครื่องแกงเผ็ด ไข่ไก่ ถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียด แป้งสาลีอเนกประสงค์ น้ำตาล และเกลือ จากนั้นจะใช้การทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งได้ผงห่อหมกดัง ภาพที่ 4 ที่มีลักษณะเป็นผงมีกลิ่นหอมของเครื่องแกงเผ็ด นำมาพัฒนาคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 3x3 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์ได้ทั้งหมด 9 สูตร จากนั้นนำทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านสีของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูป ทั้ง 9 สูตร พบว่ามีค่า L* a* b* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังแสดงใน ตารางที่ 8 โดยมีค่าความสว่าง (L*) ปานกลางอยู่ในช่วง 60.0-62.8 ค่าความเป็นสีแดง (a*) อยู่ในช่วง 7.8-8.2 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 20.7-21.8 และจากการวัดค่าเนื้อสัมผัส พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณไข่ผง และไฮโดรคอลลอยด์ ทำให้ค่าความคงตัว และค่าการยึดเกาะของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยเมื่อปริมาณไข่ผงและไฮโดรคอลลอยด์มากที่สุดจะมีค่าความคงตัวและค่าการยึดเกาะสูงสุด (17.3 นิวตัน และ 0.71 ตามลำดับ) จากการตรวจสอบคุณภาพของผงห่อหมกดังภาพที่ 4 มีค่า a_w เท่ากับ 0.32 ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานของอาหารแห้ง (a_w <0.60) อยู่ในช่วงสำหรับผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแห้ง และจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยากหากเก็บในบรรจุภัณฑ์ที่มีอัตราการซึมผ่านความชื้นและแก๊สต่ำ (เช่น อลูมิเนียมฟลอยด์เคลือบพลาสติก) มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บนานขึ้น (Stencl, 1999)

ภาพที่ 4 ผงห่อหมกที่ผ่านการทำการแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 คุณภาพทางกายภาพของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงที่ปริมาณไข่ผงและไฮโดรคอลลอยด์ต่างกัน

คุณภาพทางกายภาพ	ไฮโดรคอลลอยด์ (ร้อยละ)	ไข่ผง (ร้อยละ)		
		6.25	12.50	18.75
L*	0.00	62.3±0.1	61.9±0.1	62.6±0.4
	0.05	61.9±0.0	61.2±0.5	63.0±0.1
	0.10	62.8±0.0	60.9±0.6	61.0±0.3
a*	0.00	8.0±0.2	8.2±0.1	7.8±0.1
	0.05	8.3±0.0	7.8±0.1	7.8±0.0
	0.10	8.1±0.0	8.0±0.0	8.2±0.0
b*	0.00	20.7±0.2	21.0±0.3	21.0±0.5
	0.05	20.7±0.2	21.0±0.4	22.6±0.1
	0.10	21.3±0.2	21.8±0.1	22.1±0.2
ค่าความคงตัว(นิวตัน)	0.00	6.4±0.9^{d}	6.8±1.1^{d}	13.3±0.7^{bc}
	0.05	6.0±0.6^{d}	12.4±0.5^{cd}	14.3±0.9^{b}
	0.10	11.7±0.8^{cd}	13.9±0.6^{b}	17.3±0.8^{a}
ค่าการยึดเกาะ	0.00	0.3±0.1^{d}	0.6±0.0^{b}	0.6±0.0^{b}
	0.05	0.4±0.1^{c}	0.6±0.1^{b}	0.7±0.1^{a}
	0.10	0.5±0.0^{c}	0.6±0.2^{b}	0.7±0.0^{a}

หมายเหตุ $^{a-d}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังแสดงใน ตารางที่ 9 พบว่าปริมาณไข่ผงและปริมาณไฮโดรคอลลอยด์มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส ความแข็ง และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณไข่ผง และไฮโดรคอลลอยด์ส่งผลให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวมเพิ่มขึ้น ส่วนในด้านกลิ่นรสการเพิ่มปริมาณไข่ผง และไฮโดรคอลลอยด์ พบว่าจะมีความชอบในด้านกลิ่นรสลดลง เมื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นำข้อมูลที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปทั้ง 9 สิ่งทดลองมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยสมการลำดับที่ 2 ($Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_1^2 + \beta_4 x_1 x_2 + \beta_5 x_2^2$) เพื่ออธิบายความ สัมพันธ์ระหว่างค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับปริมาณไข่ผงและปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ โดยกำหนดให้ Y_i คือ คุณภาพทางประสาทสัมผัส และ x_1 คือ ปริมาณไข่ผง และ x_2 คือ ปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ พบว่าแบบจำลองสามารถอธิบายความแปรปรวนเกิดขึ้นของค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านเนื้อสัมผัส และความชอบได้ร้อยละ 71.40 และ 64.80 ตามลำดับ ดังแสดงใน ตารางที่ 10 สำหรับแบบจำลองที่ใช้อธิบายถึงความแปรปรวนของคุณภาพทางด้านกลิ่น กลิ่นรส และรสเค็ม มีค่าต่ำกว่าร้อยละ 50 จึงไม่นำมาพิจารณาเพื่อหาปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปที่ปริมาณไข่ผงและไฮโดคอลลอยด์ที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ไฮโดรคอลลอยด์ (ร้อยละ)	ไข่ผง (ร้อยละ)		
		6.25	12.50	18.75
กลิ่น	0.00	6.9±1.0^{a}	6.6±0.8^{ab}	6.3±0.9^{c}
	0.05	6.8±0.9^{ab}	6.3±0.9^{ab}	6.6±1.1^{ab}
	0.10	6.0±1.1^{a}	6.6±0.9^{ab}	6.7±1.0^{ab}
กลิ่นรส	0.00	6.4±1.5^{a}	5.6±1.3^{bcd}	5.3±1.0^{cd}
	0.05	6.1±1.7^{ab}	5.3±0.9^{d}	5.3±0.9^{cd}
	0.10	5.9±1.6^{abc}	5.2±1.2^{cd}	5.1±1.0^{d}
รสเค็ม	0.00	6.0±1.2^{ab}	5.5±1.2^{ab}	5.6±1.3^{ab}
	0.05	5.9±1.5^{ab}	5.3±1.0^{c}	5.7±1.2^{ab}
	0.10	6.1±1.1^{a}	5.9±1.3^{ab}	5.5±1.2^{ab}
เนื้อสัมผัส	0.00	4.3±0.6^{g}	5.5±1.0^{c}	6.8±0.6^{cd}
	0.05	5.0±0.8^{f}	6.4±0.5^{d}	7.1±0.6^{b}
	0.10	6.3±0.8^{d}	7.0±0.8^{bc}	7.4±0.7^{a}
ความชอบรวม	0.00	4.0±0.8^{g}	5.4±1.0^{c}	6.5±0.6^{cd}
	0.05	4.9±0.9^{f}	6.1±0.6^{d}	7.0±0.8^{b}
	0.10	6.3±0.8^{d}	6.8±1.0^{bc}	7.6±0.6^{a}

หมายเหตุ $^{a-g}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

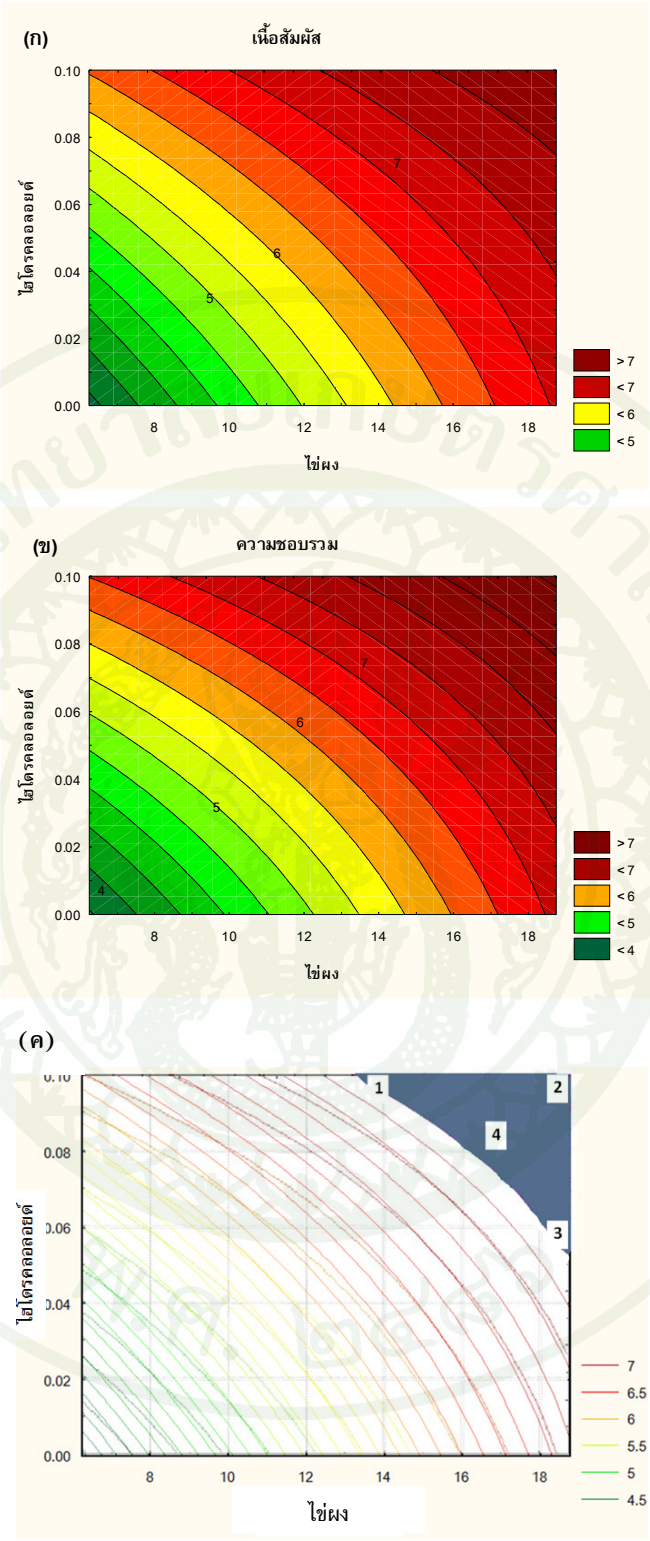
ตารางที่ 10 สมการรีเกรสชันที่ใช้อธิบายผลของชนิดและปริมาณส่วนผสมหลักต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	สมการรีเกรสชัน	R^2
เนื้อสัมผัส	$Y_1=2.435+0.186*x_1+26.667*x_2-0.931*x_1^2\ 0.057*x_1*x_2+15.556*x_2^2$	0.714
ความชอบรวม	$Y_2=2.583+0.228*x_1+26.000*x_2-0.0009*x_1^2-1.040*x_1*x_2+33.333*\ x_2^2$	0.648

หมายเหตุ $ß_i$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร X_i แต่ละตัวในสมการรีเกรสชัน, X_1 คือ ปริมาณร้อยละของไข่ผง, X_2 คือ ปริมาณร้อยละไฮโดรคอลลอยด์, R^2 คือ สัดส่วนของความแปรปรวน

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้งสองคุณลักษณะ พบว่าไฮโดรคอลลอยด์มีอิทธิพลต่อความชอบทางด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวมมากกว่าไข่ผง เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ของไฮโดรคอลลอยด์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์ของไข่ผงในทุกสมการ จากแผนภาพคอนทัวร์ ดังภาพที่ 7 (ก) และ(ข) พบว่าเมื่อปริมาณของไข่ผง และไฮโดรคอลลอยด์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความชอบด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวมเพิ่มขึ้น แต่เมื่อทดลองเพิ่มปริมาณไข่ผงและไฮโดรคอลลอยด์ในจำนวนที่เกินไปจะทำให้เนื้อสัมผัสมีลักษณะที่แข็งซึ่งไม่ใช่คุณลักษณะที่ดีของห่อหมกโดยคุณลักษณะที่ดีของห่อหมก คือ เกาะกันเป็นก้อนแต่ไม่แข็งจนเกินไป (ศศพินทุ์, 2549) ในส่วนของไฮโดรคอลลอยด์มีคุณสมบัติในการเป็นสารก่อโฟม สามารถทำให้อาหารมีความคงรูป (Sharma *et al*. 2006) และสามารถทนต่อกรด เบสและความร้อนสูงได้ (Urlacher and Noble, 1997) ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ถึงระดับหนึ่งทำให้มีคะแนนความชอบเพิ่มขึ้น ส่วนเมื่อปริมาณไข่ผงเพิ่มขึ้นทำให้มีคะแนนความชอบเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยไข่ผงมีคุณสมบัติเป็นตัวสร้างเจลและโฟม มีความสามารถในการกักเก็บน้ำและมีความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Yangand Baldwin, 1995) จึงนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ห่อหมกผงสำเร็จรูป เมื่อใช้ทั้งไข่ผงและไฮโดรคอลลอยด์รวมกันทำให้โพรงอากาศกระจายตัวและมีความคงตัวอยู่ในผลิตภัณฑ์ได้ดี เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้ความร้อนในการขึ้นรูป (Imeson,1997)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 แผนภาพคอนทัวร์จากคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีให้คะแนนความชอบของห่อหมกผงสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงในคุณลักษณะ (ก) เนื้อสัมผัส, (ข) ความชอบรวม และ(ค) แผนภาพคอนทัวร์ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากผลทางด้านประสาทสัมผัสแสดงว่าปริมาณไข่ผง และไฮโดรคอลลอยด์มีผลต่อค่าคะแนนความ ชอบด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ดังนั้นจึงนำแผนภาพคอนทัวร์มาซ้อนทับกัน โดยกำหนดให้มีคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะเหล่านี้มากกว่าหรือเท่ากับ 7 พบว่าส่วนผสมของห่อหมกผงสำเร็จรูปที่เหมาะสมประกอบด้วยปริมาณไข่ผงร้อยละ 14.00-18.75 และปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 0.06-0.10 ดังแสดงใน ภาพที่ 5(ค) จากช่วงปริมาณไข่ผงและปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ได้ทำการยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองโดยคัดเลือกสูตรในบริเวณพื้นที่ผิวตอบสนองมา 4 สูตร เมื่อทำการทวนสอบแบบจำลองโดยการเลือกจุด 4 จุดที่อยู่ในขอบเขตที่เหมาะสม คือ สูตร 1 (ไข่ผงร้อยละ 14.00 และไฮโดรคอลลอยด์ ร้อยละ 0.10), สูตร 2 (ไข่ผงร้อยละ 18.00 และ ไฮโดรคอลลอยด์ ร้อยละ 0.10), สูตร 3 (ไข่ผงร้อยละ 18.00 และ ไฮโดรคอลลอยด์ ร้อยละ 0.06) และสูตร 4 (ไข่ผงร้อยละ 17.00 และ ไฮโดรคอลลอยด์ ร้อยละ 0.09) ดังแสดงใน ภาพที่ 5 (ค) และหาค่าความน่าเชื่อถือของแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองใหม่ 4 การทดลองและค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองด้วยค่า Root mean square error (RMSE) มีค่า 0.10-0.37 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 0 ดังแสดงใน ตารางที่ 11 แสดงว่าแบบจำลองที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำและมีความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง แบบจำลองดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้อธิบายผลและหาปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสม

ตารางที่ 11 ค่า Root mean square error จากการคัดเลือกสูตรจากแผนภาพคอนทัวร์เพื่อทำนายยืนยันความถูกต้องของแบบจำลอง

คุณลักษณะ		เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
สูตรที่ 1	ค่าทำนาย	7.1	7.1
	ค่าจริง	6.9	7.0
สูตรที่ 2	ค่าทำนาย	7.3	7.2
	ค่าจริง	7.2	7.0
สูตรที่ 3	ค่าทำนาย	7.1	6.9
	ค่าจริง	6.9	6.8
สูตรที่ 4	ค่าทำนาย	7.4	7.5
	ค่าจริง	7.0	7.0
RMSE		0.37	0.10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากนั้นจึงทำการเลือกเพื่อจะใช้เป็นสูตรสุดท้ายขอผลิตภัณฑ์ จึงเลือกสูตรที่ 1 คือ ไข่ผงร้อยละ 14 และไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 0.1 เนื่องจากมีปริมาณการใช้ไข่ผงที่น้อยที่สุดเป็นการประหยัดต้นทุน จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้าย พบว่ามีคะแนนความชอบรวม และคะแนนความพอดี แสดงในตารางที่ 12 พบว่ามีคะแนนความชอบในทุก ๆคุณลักษณะอยู่ในระดับปานกลาง และมีความพอดีมากกว่าร้อยละ 70 ในทุก ๆคุณลักษณะ

ตารางที่ 12 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงสุดท้าย

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ	ความพอดี (ร้อยละ)		
		น้อยเกินไป	พอดี	มากเกินไป
สี	7.5±1.1	-	100	-
กลิ่นโดยรวม	7.3±1.0	-	100	-
รสเผ็ด	7.3±0.5	-	70	30
รสเค็ม	7.5±0.8	-	100	-
เนื้อสัมผัส	7.0±0.9	-	90.77	9.23
ความชอบรวม	7.2±0.8	-	-	-

3. การศึกษาคุณภาพห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงที่พัฒนาได้

ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปที่พัฒนาได้ประกอบไปด้วยผงห่อหมก กะทิผง ไข่ผง และ ไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งในผงห่อหมกประกอบไปด้วยเครื่องแกงเผ็ด และถั่วแดงหลวง โดยในภาพที่ 6 แสดงผงห่อหมกกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงชนิดผง และในภาพที่ 7 แสดงลักษณะของห่อหมกพร้อมรับประทานที่ได้จากการเติมน้ำและนำไปเข้าไมโครเวฟแล้ว โดยห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง 1 ซอง ขนาด 16 กรัม มีราคาต้นทุน 34.76 บาท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 6 ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

ภาพที่ 7 ห่อหมกสำเร็จรูปที่พัฒนาได้

จากการตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงที่พัฒนาได้ ดังแสดงในตารางที่ 13 โดยเมื่อพิจารณาคุณภาพทางเคมี พบว่าค่าองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ มีดังนี้ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต มีค่าร้อยละ 4.42, 26.18,18.96, 7.36, 8.51 และ 34.75 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนักตามข้อกำหนดของประกาศกระทรวงสาธารสุข (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) และจากการศึกษาของ ธนวรรณ และคณะ (2542) ที่ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร และขนมไทย พบว่าในห่อหมกขนาด 100 กรัมมีปริมาณเส้นใยร้อยละ 2.77 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีในห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงมีปริมาณเส้นใยที่มากกว่าในห่อหมกทั่วไป จากการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระพบว่ามีปริมาณฟีนอลิก 94.14 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อตัวอย่าง 100 กรัมน้ำหนักแห้ง มีปริมาณ DPPH 46.66 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อตัวอย่าง 100 กรัมน้ำหนักแห้ง และมีปริมาณ FRAP 3,285.4.82 มิลลิโมล $FeSO_4$ ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง จากการศึกษาในข้อที่ 1.2 ซึ่งเป็นการศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในถั่วแดงหลวงต้มสุกเมื่อเปรียบกับการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงมีมากขึ้น อาจมาจากส่วนประกอบของสมุนไพร เช่น กระเทียม กระชาย และอื่น ๆที่เป็นส่วนผสมของพริกแกง จากการศึกษา Takunakul *et al*. (2009) ที่ศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลลิก และองค์ประกอบทางโภชนาการของอาหารเอเชีย 7 ชนิดที่ผ่านความร้อน ได้แก่ ข้าวแกงกระหรี่ไก่, หมูผัดพริกขิง, น้ำพริกอ่อง, หมูคั่วกลิ้ง, ไส้อั่ว และข้าวเหนียวเผือกถั่วดำ พบว่าในอาหารทั้ง 7 ชนิดมีปริมาณฟีนอลลิก ดังนี้ 32.98, 145.93, 55.93, 131.10, 64.42 และ 14.53 มิลลิกรัมแกลลิคต่อ 100 กรัมตัวอย่างอาหาร จะเห็นว่าหมูผัดพริกขิงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกมากที่สุด และในข้าวเหนียวเผือกถั่วดำมีปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกน้อย ซึ่งในผลิตภัณฑ์ห่อหมกกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากถั่วแดงหลวงมีปริมาณฟีนอลลิกค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับอาหารทั้ง 7 ชนิด

ส่วนคุณภาพทางกายภาพทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ค่าความคงตัวมีค่า 15.40 นิวตัน ค่าสีของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงมีค่าความสว่าง 68.23 ค่าความเป็นสีแดง 17.18 ค่าความเป็นสีเหลือง 31.99 ส่วนค่า a_w มีค่า 0.315 โดยผลิตภัณฑ์อาหารประเภทผงสำเร็จรูปหรืออาหารแห้งจะมีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 ซึ่งทำให้จุลินทรีย์นั้นเติบโตได้ยากทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่นาน (นิตยา, 2551)

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง พบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงที่พัฒนาได้นั้นมีค่าไม่เกินมาตรฐานอาหารกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงหรือชนิดแห้ง ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 210) ที่กำหนดให้ต้องมีเชื้อราไม่เกิน 100 โคโลนีต่อกรัมอาหาร และไม่พบเชื้อจุลินทรีย์กลุ่ม *Salmonella sp.* ซึ่งตามกำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตรผลิตภัณฑ์ประเภทไข่ไก่ (มกษ.6702-2553) ที่กำหนดให้จำนวน *Salmonella sp.* ต้องไม่เกิน 25 กรัมในตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 คุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงที่พัฒนาได้

ค่าคุณภาพ	ปริมาณ
คุณภาพทางเคมี	
ความชื้น (ร้อยละ โดยน้ำหนักเปียก)	4.24±0.01
โปรตีน (ร้อยละ โดยน้ำหนักแห้ง)	26.18±0.58
ไขมัน (ร้อยละ โดยน้ำหนักแห้ง)	18.96±0.29
เส้นใย (ร้อยละ โดยน้ำหนักแห้ง)	7.36±0.08
เถ้า (ร้อยละ โดยน้ำหนักแห้ง)	8.51±1.15
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ โดยน้ำหนักแห้ง)	34.75±0.11
ฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อตัวอย่าง 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	94.17±0.34
DPPH (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อตัวอย่าง 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	64.56±1.48
FRAP (มิลลิโมล $FeSO_4$ ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	3,275.29±4.82
คุณภาพทางกายภาพ	
เนื้อสัมผัส (นิวตัน)	15.40±1.67
ค่าสี L*	68.33±0.33
a*	17.18±0.60
b*	31.99±1.45
a_w	0.315±0.01
คุณภาพทางจุลินทรีย์	
จุลินทรีย์ทั้งหมด	< 10 est.
ยีสต์และรา	< 10 est.
Salmonella sp.	ไม่พบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อห่อหมกกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากถั่วแดงหลวงที่พัฒนาได้

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยนำห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงที่พัฒนาได้ มาทดสอบการยอมรับกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายจำนวน 100 คน โดยใช้สถานที่ทดสอบแบบ central location test (CLT) ผู้บริโภคทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) จากข้อมูลทางประชากรศาสตร์ดังตารางที่ 21 พบว่ากลุ่มผู้บริโภคตัวอย่างเป็นเพศหญิงร้อยละ 70 และเพศชายร้อยละ 30 มีการแบ่งอายุในแต่ละช่วงออกเป็นทั้งหมด 4 ช่วง ได้แก่ น้อยกว่า 25, 26-35 ปี, 36-45 ปี และมากกว่า 45 ปี เฉลี่ยช่วงร้อยละ 25 มีการศึกษาระดับต่ำกว่าปริญญาตรีร้อยละ 11 ระดับปริญญาตรีร้อยละ 46 และระดับสูงกว่าปริญญาตรีร้อยละ 43 ส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นนิสิตนักศึกษาและมีรายได้ต่อเดือน น้อยกว่า 15,000 บาท ดังแสดงในตารางที่ 14

จากการสอบถามผู้บริโภคเกี่ยวกับการรับประทานห่อหมกแสดงดังตารางที่ 15 โดยผู้ทำแบบทดสอบทั้งหมดร้อยละ 100 เคยรับประทานห่อหมก ชอบรับประทานห่อหมกถึงร้อยละ 85 และไม่สามารถบอกได้ว่าชอบห่อหมกหรือไหมถึงร้อยละ 15 ส่วนมากห่อหมกที่รับประทานจะทำมาเนื้อปลา และจะรับประทานน้อยกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายที่ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ห่อหมกผงสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงด้วยวิธี CLT

ลักษณะประชากรศาสตร์		ความถี่ (ร้อยละ)
เพศ		
	ชาย	30.00
	หญิง	70.00
อายุ(ปี)		
	น้อยกว่า 25	25.0
	25-35	25.0
	36-45	25.0
	มากกว่า 45	25.0
ระดับการศึกษา		
	ต่ำกว่าปริญญาตรี	11.00
	ปริญญาตรี	46.00
	สูงกว่าปริญญาตรี	43.00
อาชีพ		
	นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา	46.00
	ข้าราชการ	27.00
	พนักงานบริษัท	10.00
	ธุรกิจส่วนตัว	10.00
	รับจ้าง/ลูกจ้าง	4.50
	แม่บ้าน	4.50
	อื่น ๆ	0.00
รายได้ต่อเดือน		
	น้อยกว่า 15,000 บาท	60.00
	15,000-30,000 บาท	20.00
	มากกว่า 30,000 บาท	20.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคห่อหมกของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่ทดสอบการยอมรับที่มีต่อห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

ข้อมูลที่สำรวจ	ความถี่ (ร้อยละ)
เคยรับประทานห่อหมกหรือไม่	
เคย	100.0
ไม่เคย	0.00
ชอบรับประทานห่อหมกหรือไม่	
ชอบ	85.00
บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่	15.00
ไม่ชอบ	0.00
ห่อหมกที่ท่านรับประทานทำจากเนื้อสัตว์ชนิดใด	
เนื้อปลา	90.00
เนื้อกุ้ง	3.00
ซีฟู้ด	6.00
อื่น ๆ	1.00
ท่านรับประทานห่อหมกบ่อยแค่ไหน	
ทุกวัน	2.00
1-2 ครั้ง/สัปดาห์	18.00
3-4 ครั้ง/สัปดาห์	10.00
น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	60.00
มากกว่า 4 ครั้ง/สัปดาห์	4.00
อื่น ๆ	6.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงที่พัฒนาแล้วของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายด้วยวิธี CLT

คุณลักษณะ	คุณภาพทางประสาทสัมผัส
ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป/ชนิดผง	
ลักษณะปรากฏ	7.2±1.0
สี	7.3±0.9
ผลิตภัณฑ์ห่อหมกพร้อมบริโภค	
ลักษณะปรากฏ	7.3±1.2
สี	7.3±1.0
กลิ่น	7.1±1.3
กลิ่นรสโดยรวม	6.6±1.5
รสเผ็ด	6.6±1.5
เนื้อสัมผัส	6.6±1.7
ความชอบรวม	7.0±1.4

จากตารางที่ 16 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จผงจากถั่วแดงหลวงโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยของความชอบในทุก ๆคุณลักษณะในชนิดผงอยู่ในระดับความชอบปานกลาง (7.3-7.2) ซึ่งผู้บริโภคอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง (6.6-7.3)

ตารางที่ 17 การยอมรับและความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงของผู้บริโภค

การยอมรับและความสนใจซื้อ	ความถี่ (ร้อยละ)
การยอมรับ	
ยอมรับ	86.0
ไม่ยอมรับ	14.0
ความสนใจซื้อ	
ซื้อ	84.0
ไม่ซื้อ	16.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์และความสนใจซื้อในผลิตภัณฑ์ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง แสดงดังตารางที่ 17 พบว่ากลุ่มผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 86 และไม่ยอมรับร้อยละ 14 เพราะเห็นว่าต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีชิ้นเนื้อมากกว่า ส่วนในด้านความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง พบว่าผู้บริโภคมีความสนใจซื้อร้อยละ 84 และไม่สนใจซื้อร้อยละ 16 โดยที่การที่ผู้บริโภคไม่สนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์นั้นเป็นเพราะว่ายังสามารถหาห่อหมกรับประทานได้ง่ายในท้องตลาดทั่วไป ในส่วนของบุคคลที่ไม่ยอมรับและไม่ซื้อผลิตภัณฑ์ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงนั้นอยู่ในช่วงอายุ 36-45 ปี และมากกว่า 45 ปีขึ้นไป

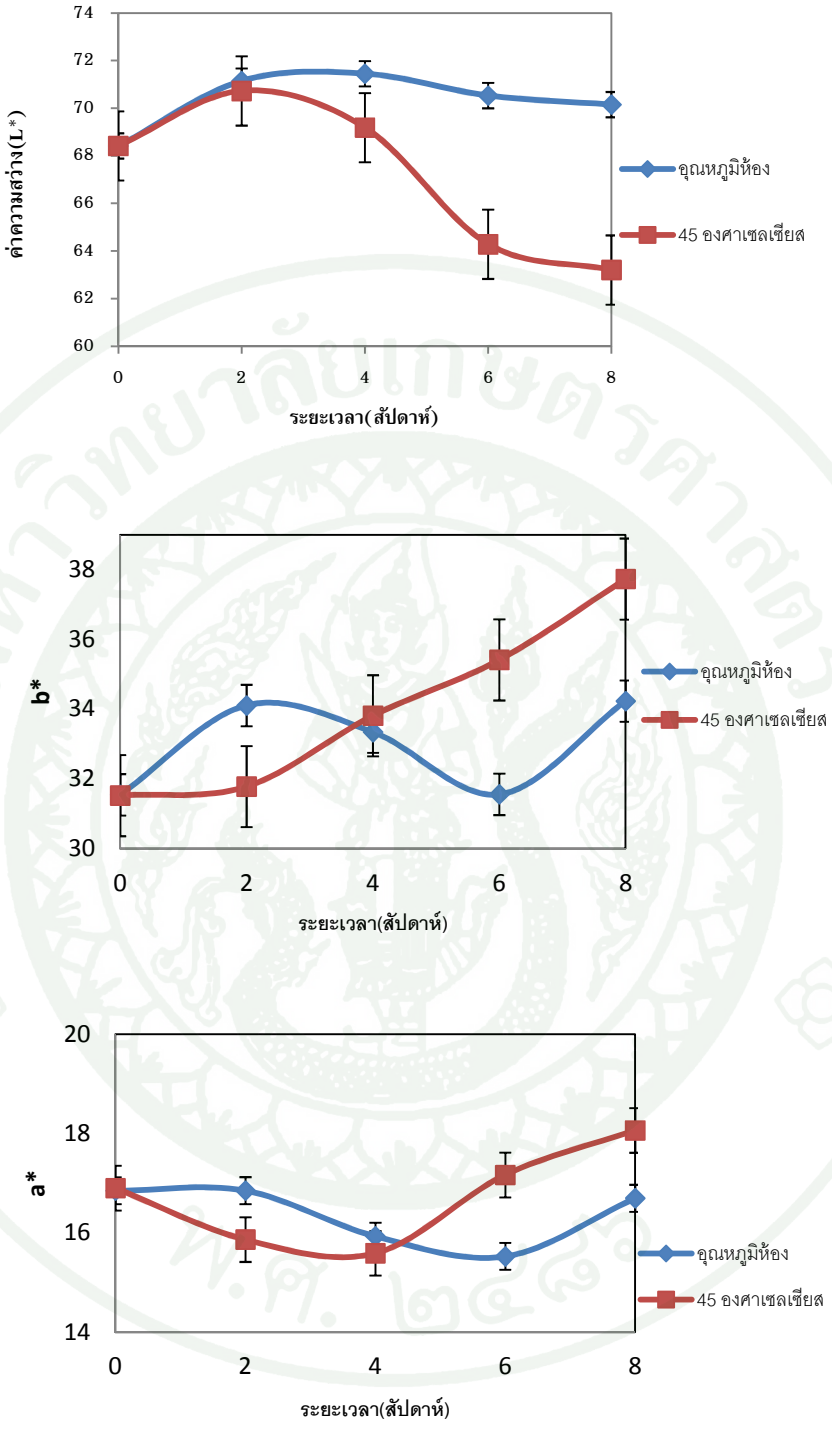
5. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงโดยนำตัวอย่างบรรจุลงในถุงอลูมิเนียมฟอยด์เคลือบพลาสติก และเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 2 เดือน ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพโดยแบ่งการตรวจสอบคุณภาพออกเป็น 2 ประเภท คือ ชนิดผง และชนิดพร้อมรับประทาน โดยตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ได้ผลดังนี้

5.1 คุณภาพทางกายภาพ

ในด้านการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพด้านค่าสี พบว่าตลอดอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) ค่าความสว่าง (L^*) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มของค่าความสว่าง (L^*) ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังภาพที่ 8 และตารางภาคผนวกที่ ช เมื่อระยะเวลาในการเก็บที่นานขึ้น ค่าความสว่างจะลดลงและมีสีคล้ำขึ้นอาจจะเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดของอาหาร ซึ่งเป็นเกิดจากปฏิกิริยาของหมู่อัลดีไฮด์หรือคีโตนของน้ำตาลรีดิวซิ่งทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่น โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เมื่ออาหารได้รับอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้สี กลิ่นและรสชาติแตกต่างไปจากเดิม (นิธิยา, 2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงที่อุณหภูมิการเก็บสองอุณหภูมิ คือ ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

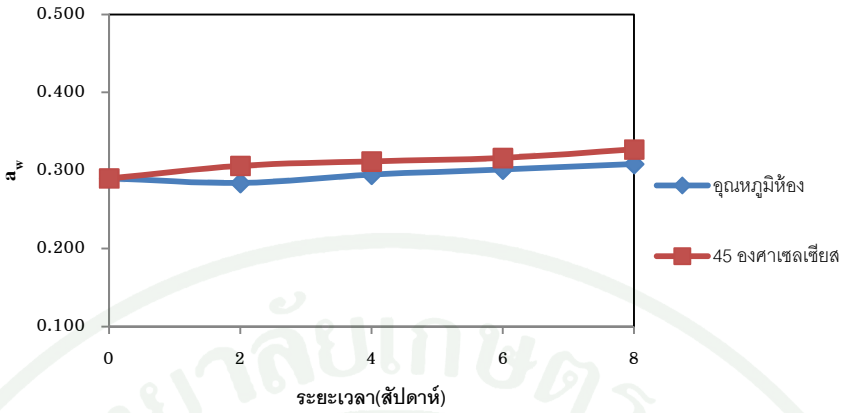
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เช่นเดียวกับการศึกษาของ Rao *et al*. (2012) ที่ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของไข่ขาวโดยการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่ 23 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 2 เดือนจะมีผลต่อค่า a_w และมีค่าความสว่างที่เปลี่ยนไปโดยค่าความสว่างจะลดลง ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดในไข่ผงโดยมีอุณหภูมิเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยา

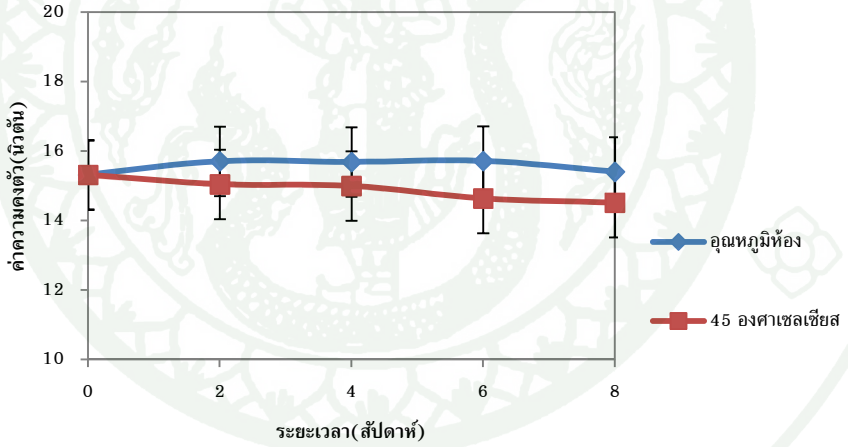
จากการพิจารณาถึงค่า a* ซึ่งแสดงค่าความเป็นสีแดง พบว่าค่าความเป็นสีแดงที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งในผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นสีแดงอยู่มาก เนื่องจากสีแดงที่เห็นนั้นจะได้มาจากพริกที่เป็นส่วนผสมหลักในเครื่องแกงเผ็ด การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นสีแดงสามารถเห็นได้ชัดเจน โดยเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาที่นานขึ้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0-4 มีค่าความเป็นสีแดงลดลง เนื่องด้วยในพริกประกอบไปด้วยแคโรทีนอยด์ ซึ่งจะเกิดการซีดจางเมื่อได้รับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (นิธิยา, 2553) แต่เมื่อสัปดาห์ 6-8 กลับมีสีแดงเพิ่มขึ้น อาจจะเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในไข่ผงทำให้มีสีที่คล้ำขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสว่างที่ลดลง ด้านการเปลี่ยนแปลงของค่า b^* ที่แสดงค่าความเป็นสีเหลือง พบว่าที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้นส่งผลในค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น เนื่องมากจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ที่พบในพริก เมื่อความร้อนจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการสลายตัว ทำให้เห็นสีเหลืองของแคโรทีนอยด์ได้ชัดเจนขึ้นทำให้ค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น

จากการวัดค่า a_w ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) ซึ่งอยู่ในช่วง 0.284-0.308 ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นทำให้มีค่า a_w เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แสดงดังภาพที่ 10 ซึ่งอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.284-0.327 แต่อย่างไรก็ตามค่า a_w ทั้งสองอุณหภูมิยังต่ำกว่าค่ามาตรฐานของอาหารแห้ง ($a_w < 0.60$) อยู่ในช่วงสำหรับผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแห้ง และจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ยากหากเก็บในบรรจุภัณฑ์ที่มีอัตราการซึมผ่านความชื้นและแก๊สต่ำ (เช่น อลูมิเนียมฟลอยด์เคลือบพลาสติก) มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บนานขึ้น (Stencl, 1999) และด้วยในห่อหมกผงสำเร็จรูปไฮโดรคอลลอยด์เป็นส่วนประกอบซึ่งมีอีกคุณสมบัติคือการช่วยลด a_w ทำให้มีอายุการเก็บรักษาในผลิตภัณฑ์มีอายุที่นานขึ้น (Ward and Andon, 1993)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลงที่อุณหภูมิการเก็บที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงค่าความคงตัวของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลงที่อุณหภูมิการเก็บสองอุณหภูมิ คือ ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

จากการวิเคราะห์คุณภาพด้านความคงตัวของห่อหมกพร้อมรับประทาน พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความคงตัวของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสมีแนวโน้มของค่าความคงตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าความคงตัวเริ่มต้นที่ 15.12 นิวตัน และลดลงเป็น 14.32 นิวตัน เมื่อเวลาสัปดาห์ที่ 8 แต่ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ที่

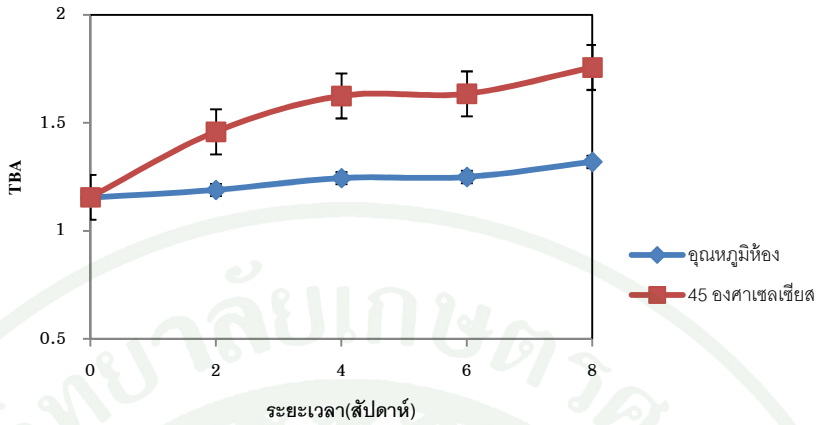
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุณหภูมิห้องเมื่อเวลาเก็บนานขึ้นค่าความคงตัวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงดังภาพที่ 10

5.2 คุณภาพทางเคมี

จากการวิเคราะห์ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริค (TBA) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเกิดออกซิเดชั่นของสารประกอบไขมันในผลิตภัณฑ์ถ้าพบว่ามีค่าสูงจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์นั้น ๆเกิดกลิ่นหืน จากการวิเคราะห์ค่ากรดไทบาร์บิทูริคในห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง พบว่าที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 45 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นจาก 1.156 เป็น 1.757 มิลลิกรัมของมาโลแนลดีไฮน์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง ทำให้ค่าการเสื่อมเสียของไขมันหรือน้ำมันจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แสดงในรูป 11 เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดออกซิไดซ์ประกอบกับในผลิตภัณฑ์ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง มีส่วนประกอบของกะทิซึ่งเป็นไขมันประเภทอิ่มตัวทำให้การเกิดความหืน (Jensen and Risbo, 2007) และที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่ากรดไทโอบาร์บิทูริคเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นน้อยกว่าที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 45 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีค่า a_w ที่ต่ำ (0.315) และมีการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ประเภทถุงอลูมิเนียมฟอยด์เคลือบพลาสติกซึ่งมีคุณสมบัติในการลดการซึมผ่านของออกซิเจนและป้องกันแสง (Hanlon *et al*.,1998) จึงเป็นการลดปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชั่นในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบได้ดี (งามทิพย์, 2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลงที่อุณหภูมิการเก็บสองอุณหภูมิ คือ ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และที่ 45 องศาเซลเซียส

5.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ห่อหมกสำเร็จรูปชนิดผงจากถั่วแดงหลวง ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่แตกต่างกันสองอุณหภูมิ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ห่อหมกสำเร็จรูปชนิดผงจากถั่วแดงหลวงมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า $1x10^3$ โคโลนีต่อกรัม และมีปริมาณยีสต์ รา น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ตลอดอายุการเก็บรักษา แสดงในตารางที่ 18 ซึ่งน้อยกว่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขของอาหารกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงหรือชนิดแห้ง (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) เนื่องจากอาหารที่มีค่า a_w ที่น้อยกว่า 0.6 จุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อก่อโรคจะไม่สามารถเติบโตได้ (Fennema, 1985)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิการเก็บรักษา	ระยะเวลาในการเก็บ (สัปดาห์)	คุณภาพทางจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	ยีสต์ และรา (cfu/g)
อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส)	0	< 10 est.	< 10 est.
	2	< 10 est.	< 10 est.
	4	< 10 est.	< 10 est.
	6	< 10 est.	< 10 est.
	8	< 10 est.	< 10 est.
45±2 องศาเซลเซียส	0	< 10 est.	< 10 est.
	2	< 10 est.	< 10 est.
	4	< 10 est.	< 10 est.
	6	< 10 est.	< 10 est.
	8	< 10 est.	< 10 est.

5.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง ที่ทำเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงในคุณลักษณะต่าง ๆทั้งชนิดที่เป็นผง และชนิดพร้อมรับประทาน โดยในชนิดผงจะถามในคุณลักษณะปรากฏ และสีของผลิตภัณฑ์ ส่วนของชนิดพร้อมรับประทานจะถามในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นโดยรวม รสชาติรวม ความเผ็ด เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale และสอบถามความพอดีด้วยวิธี Just about right scale โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนทั้งหมด 30 คน เสิร์ฟห่อหมกผงสำเร็จรูป ชนิดพร้อมรับประทานพร้อมกับข้าวหุงสุก พบว่าที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นส่งผลให้ค่าคะแนนความชอบของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงในด้านลักษณะปรากฏ และสีมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนในรูปแบบชนิดพร้อมรับประทานพบว่าในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นโดยรวม รสชาติรวม และความเผ็ด มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่พบว่าค่าความชอบในด้านเนื้อสัมผัส และค่าความชอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าความชอบด้านเนื้อสัมผัสสอดคล้องกับผลการวัดค่าคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสที่ไม่มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นเดียวกัน และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส การเก็บรักษาที่นานขึ้นส่งผลให้คะแนนความชอบในด้านต่าง ๆมีการเปลี่ยนแปลง โดยมีแนวโน้มทางด้านความชอบลดลงในทุก ๆ คุณลักษณะในห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงชนิดผง และในชนิดพร้อมรับประทาน เนื่องจากผู้บริโภคเห็นว่าผลิตภัณฑ์มีสีคล่ำขึ้น สอดคล้องกับค่าความสว่างที่วัดได้นั้นมีค่าความสว่างลดลงเมื่ออายุการเก็บนาน กลิ่นรสของเครื่องแกงเผ็ดโดยรวมที่ลดลง และค่าความหืนที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ค่าความชอบรวมลดลงอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 19

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 คะแนนความชอบในคุณลักษณะต่าง ๆทั้งชนิดผง (Ready to cook) และชนิดพร้อมรับประทาน (Ready to eat) ที่มีต่อห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 30±2 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 45 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิการเก็บ	เวลา(สัปดาห์)	ชนิดผง (Ready to cook)		ชนิดพร้อมรับประทาน (Ready to eat)					
		ลักษณะปรากฏ	สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นโดยรวม	รสชาติรวม	ความเผ็ด	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
30±2 องศาเซลเซียส	0	7.6±0.7^{a}	7.6±0.5^{a}	7.6±0.7^{a}	7.4±1.1^{ab}	7.1±0.4^{a}	7.0±0.3^{a}	6.7±0.7^{a}	7.2±0.9^{a}
	2	7.5±0.7^{a}	7.5±0.7^{a}	7.5±0.7^{a}	7.5±0.7^{a}	7.2±0.8^{a}	7.0±1.0^{a}	6.9±1.0^{a}	7.2±0.8^{a}
	4	7.2±0.1^{b}	7.3±0.9^{b}	7.2±0.9^{b}	7.3±0.5^{c}	7.0±0.9^{b}	6.9±1.0^{ab}	6.8±0.9^{a}	7.2±0.7^{a}
	6	7.1±0.8^{c}	7.1±0.4^{c}	7.1±0.8	7.4±0.5^{b}	7.0±0.84^{b}	6.8±0.8^{b}	6.9±1.2^{a}	7.2±0.5^{a}
	8	7.0±0.7^{c}	7.1±0.4^{c}	7.0±0.7^{c}	7.2±0.8^{d}	6.9±1.1^{c}	6.8±0.5^{b}	6.7±1.1^{a}	7.2±0.1^{a}
45 องศาเซลเซียส	0	7.6±0.7^{a}	7.6±0.5^{a}	7.6±0.7^{a}	7.4±1.1^{a}	7.1±0.4^{a}	7.0±0.3^{a}	6.7±0.7^{a}	7.2±0.9^{a}
	2	7.5±0.9^{a}	7.3±0.9^{b}	7.5±0.9^{a}	7.1±0.8^{b}	7.1±1.0^{a}	7.1±1.1^{a}	6.9±1.0^{a}	7.1±0.9^{a}
	4	7.1±0.8^{b}	7.2±0.8^{c}	7.1±0.8^{b}	7.1±0.7^{b}	6.9±1.0^{b}	6.9±1.1^{ab}	6.7±0.8^{a}	6.8±0.9^{b}
	6	6.9±0.8^{c}	7.0±0.9^{d}	6.9±0.8^{c}	6.9±0.8^{c}	6.8±0.9^{c}	7.0±1.1^{a}	6.8±1.0^{a}	6.5±0.5^{c}
	8	6.5±0.6^{d}	6.9±0.7^{d}	6.5±0.9^{d}	6.7±0.4^{c}	6.7±1.4^{cd}	6.9±0.9^{ab}	6.7±0.9^{a}	6.5±0.9^{c}

หมายเหตุ $^{a-d}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันแต่ละอุณหภูมิมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการวิเคราะห์ความชื้นของถั่วแดงหลวงเมล็ดแห้งมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 2.10 โดยน้ำหนักเปียก และศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารต้านออกซิเดชั่นในถั่วแดงหลวงเมล็ดแห้ง พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 10.35 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง มีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านต้านอนุมูลอิสระ 1,1-diphenyl-2-picryhydrazl (DPPH) 37.47 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อตัวอย่าง 100 กรัมน้ำหนักแห้ง และมีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านต้านอนุมูลอิสระ Ferric reducing antioxidant power (FRAP) 2,354.80 มิลลิโมลสมมูลของ $FeSO_4$ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง

ในการพัฒนาสูตรห่อหมกจากถั่วแดงหลวง ได้นำถั่วแดงหลวงบดละเอียดมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยร้อยละ 38.06 โดยน้ำหนักเปียก มีปริมาณฟีนอลลิกทั้งหมด 12.71 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง มีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านต้านอนุมูลอิสระ 1,1-diphenyl-2-picryhydrazl (DPPH) 46.66 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง และมีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านต้านอนุมูลอิสระ Ferric reducing antioxidant power (FRAP) 2,518.82 มิลลิโมลสมมูลของ $FeSO_4$ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง จากนั้นทำการศึกษาผลของถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดต่อคุณภาพของห่อหมก พบว่าปริมาณถั่วแดงหลวงต้มสุกบดละเอียดต่อส่วนผสมอื่น ๆ ที่เหมาะสม คือ 30:100

จากการศึกษาปริมาณพริกแกงที่เหมาะสมต่อคุณภาพห่อหมก นำพริกแกงเผ็ดมาทำการวิเคราะห์ คุณภาพทางเคมี มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยร้อยละ 73.65 โดยน้ำหนักเปียก และมีค่าความสว่าง 37.34 ค่าความเป็นสีแดง 33.34 และค่าความเป็นสีเหลือง 45.74 จากการศึกษาปริมาณพริกแกงที่เหมาะสมต่อคุณภาพห่อหมก พบว่าปริมาณพริกแกงที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 30 ใช้ในการพัฒนาสูตร และกระบวนการผลิตห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงใช้การทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นผงแห้งและยังคงกลิ่นหอมของเครื่องแกง นำมาตรวจสอบคุณภาพของผงห่อหมกมีค่า a_w เท่ากับ 0.32จากนั้นนำมาพัฒนาคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ และประสาทสัมผัส พบว่าค่าสีไม่มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 60.0-62.8 มีค่าความเป็นสีแดงอยู่ในช่วง 7.8-8.2 และมีค่าความเป็นสีเหลืองอยู่ในช่วง 20.7-21.8 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณไข่ผง และไฮโดรคอลลอยด์จะทำให้ค่าความคงตัวและค่าการยึดเกาะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี Response surface methodogy (RSM) พบว่าค่าความชอบทางด้านเนื้อสัมผัส และค่าความชอบโดยรวม สามารถอธิบายความแปรปรวนที่เกิดขึ้นต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสอยู่ในช่วงร้อยละ 64.80-71.40 และเมื่อวิเคราะห์ผลจากแผนภาพคอนทัวร์ในคุณลักษณะทั้งสอง พบว่าส่วนผสมของไข่ผง และไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 14 และ 0.1 ตามลำดับ

จากการตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของห่อหมกผงสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงที่พัฒนาได้ แสดงดังตารางที่ 12 โดยเมื่อพิจารณาคุณภาพทางเคมี พบว่าค่าองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ มีดังนี้ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต มีค่าร้อยละ 4.42, 26.18,18.96, 7.36, 8.51 และ 34.75 ตามลำดับ มีฟีนอลิกทั้งหมด 94.17 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อตัวอย่าง 100 กรัมน้ำหนักแห้ง มีปริมาณ DPPH 64.56 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อตัวอย่าง 100 กรัมน้ำหนักแห้ง และมีปริมาณ FRAP 3,275.29 มิลลิโมล $FeSO_4$ ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนคุณภาพทางกายภาพทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ค่าความคงตัวมีค่า 15.40 นิวตัน ค่าสีของห่อหมกผงสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงมีค่าความสว่าง 68.23 ค่าความเป็นสีแดง 17.18 ค่าความเป็นสีเหลือง 31.99 ส่วนค่า a_w มีค่า 0.32 เมื่อพิจารณาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของห่อหมกกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากถั่วแดงหลวง พบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม และไม่พบเชื้อจุลินทรีย์กลุ่ม *Salmonella sp.*

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยของความชอบในทุก ๆ คุณลักษณะในชนิดผงอยู่ในระดับความชอบปานกลาง (7.28-7.15) ซึ่งผู้บริโภคอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง (6.6-7.3) และกลุ่มผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 86 และไม่ยอมรับร้อยละ 14 เพราะเห็นว่าต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีชิ้นเนื้อมากกว่า ส่วนในด้านความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ห่อหมกสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง พบว่าผู้บริโภคมีความสนใจซื้อร้อยละ 84 และไม่สนใจซื้อร้อยละ 16 โดยที่การที่ผู้บริโภคไม่สนใจที่จะซื้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลิตภัณฑ์นั้นเป็นเพราะว่ายังสามารถหาห่อหมกรับประทานได้ง่ายในท้องตลาดทั่วไป ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) ไม่พบการเปลี่ยนแปลงทั้งในทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ ส่วนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างของสีที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด มีปริมาณกรดไทโอบาร์บิริกและค่าความหืนที่เพิ่มขึ้น ส่วนในด้านค่าจุลินทรีย์ไม่พบการเปลี่ยนแปลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาและพัฒนาห่อหมกผงสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวงให้มีความหลากหลายมากขึ้น อาจจะมีการทำผักอบแห้งเพื่อใช้รับประทานพร้อมห่อหมกและเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ พัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้มีรูปร่างที่สวยงาม มีผงกะทิ มะกรูดอบแห้ง หรือพริกชี้ฟ้าอบแห้งเพื่อใช้เป็นส่วนผสมสำหรับโรยหน้าห่อหมก และเป็นการเพิ่มกลิ่นให้ชวนน่ารับประทานมากขึ้น นอกจากนี้อาจจะมีการพัฒนาทางด้านเนื้อสัมผัสโดยการเพิ่มชิ้นเนื้อ เช่น โปรตีนเกษตร ทำให้ห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่คล้ายคลึงห่อหมกที่ขายตามท้องตลาดทั่วไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กมลวรรณ แจ้งชัด, อนุวัตร แจ้งชัด, วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ และ ขวัญนุช วงศ์มหาสกุล. 2542. การพัฒนาผลิตภัณฑ์สังขยาฟักทองกึ่งสำเร็จรูป. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาวิทยาศาสตร์). 33(4): 620-629

กาญจนารัตน์ ทวีสุข, น้อย สาริกะภูติ, สมชาย ประภาวัต และสุภรัตน์ ชวนะ. 2531. **การศึกษาเพื่อปรับปรุงการคงตัวของกะทิเข้มข้น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

นิธิยา รัตนาปานนท์. 2553. **เคมีอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 4 โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2552. **แนวโน้มอุตสาหกรรมอาหารพร้อมปรุง-พร้อมทานในตลาดโลกกับอนาคตที่สดใส**. วารสารอุตสาหกรรมเกษตร. 52: 5-7.

นิรนาม. 2556. ถั่วแดง ความลับลดความอ้วน. **นิตยสารชีวจิต**. 16: 338.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2543. **เรื่อง อาหารกึ่งสำเร็จรูป**. ฉบับที่ 210.

พรสุดา สัทธิรักษ์, ปิยะนุช เหม่น และสาวิตรี เหมือนกุล. 2555. **การศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการผลิตชากระชายเหลืองผงสำเร็จรูป**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2553. **พจนานุกรมฉบับบัณฑิตยสถาน(น้ำตาล)**. สำนักพิมพ์นามมีบุ๊คส์พับลิเคชั่น, กรุงเทพ

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2549. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร: หลักการแปรรูปผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 192-207.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมเกษตร. 2528. **มาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูป**. มอก. 582-2528.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2553. **ไข่ไก่**. มกษ 6702-2553.

สุธาวดี จิตประเสริฐ. 2549. กระบวนการเปลี่ยนแปลงของชีววัตถุ เรื่องไฮโดรคอลลอยด์ และคอลลอยด์อิมัลชัน. เอกสารประกอบการเรียนการสอน 051211. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุธิดา อัครชนียาการ, สุปรีญา อภินทนาพงศ์ และคิริขวัญ ทันรัตน์. 2556. การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของวุ้นที่ใส่น้ำนมเหลืองและถั่วแดงหลวงคืนรูป. **วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์**. 12 (1): 1-9.

สุนทรี ตรีนันทวัน. 2557. **ถั่วแดงหลวง ราชาแห่งเส้นใยอาหาร**. สถานบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). กระทรวงศึกษาธิการ.

เทวรัตน์ ตรีอำนรรค, เกียรติศักดิ์ ใจโต, วีรชัย อาจหาญ และ กระวี ตรีอำนรรค. 2555. การอบแห้งกากมันสำปะหลังด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 43 (3): 135-138.

ทศพรพรรณ รัตนภักดี และสุคนธ์ ศรีงาม. 2546. **การผลิตน้ำกะทิดัดแปลงไขมัน**. น 61-68. ในรายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร). กรุงเทพฯ.

ศศพินทุ์ ดิษนิล. 2006. เข้าครัว (ห่อหมกปลาช่อน). **นิตยสารหมอชาวบ้าน**. 326.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2552. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 377-399.

EIC (นามแฝง). 2557. **ส่องพฤติกรรมการบริโภคในยุคโลกาภิวัตน์ ธุรกิจที่ต้องการตอบโจทย์เทคโนโลยีมากกว่าแค่อิ่มท้อง**.

Amarowicz, R and R. B. Pegg. 2008. Legumes as a source of natural antioxidant. **European Jounal of Lipid Science and Technology**. 110 (10) 865-878.

Anton. A, Ross. A. K., Lukow. M. O., Fukher. G. R and Arntifield. D. S. 2008. Influence of add bean flour (*Phaseolus vulgaris L.)* on some physical and nutritional properties of wheat flour tortillas. **Food Chemisty**. 109: 33-41.

AOAC, 2000. Official method of analysis 934.01 (17 th Edition) Volume I. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Maryland, USA.

Asghar, A and M. Abbas. 2012. Dried egg powder utilization, A new frontier in bakery products. **Agriculture and Biology Journal of North Americ**a. 3 (12): 493-505.

Berquist, D.H. 1995. Egg dehydrationtion. IN W. J. Stadelman and O. J. Cotterill (Eds.) **Egg Science and Technology**. New York: Food Products Press. 4 th [ed]: 335-376.

Boateng, J., Verghese, M., Walker, L.T and Ogutu. S. 2008. Effect of processing on antioxidant contents in selected dry bean (*Phaseolus spp. L.*). **Food Science and Techology**. 41: 1541-1547.

Dewanto, V., Wu. X and Liu. R.H. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 50(17): 4959-4964.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Geankoplis, C.J. 2003. Transport Process and Separation Process Principles 4th ed. **Prentice hall professional technical reference.** New Jersey.

Hung, D.,B. Ou and R. L. Prior. 2005. The Chemistry behind Antioxidant Capacity **Assays Journal Agricugeral Food Chem**istry. (53) 1841-1856.

Imeson, A. 1997. **Thickening and Gelling Agents for Food.** 2nd edition. Blackie Academic and Professional, London, UK. 577.

Jena. S., Das. H. 2012. Shelf life prediction of aluminum foil laminated polyethylene packed vaccum dried coconut milk powder. **Journal of Food Engineering.** 108: 135-142.

———— and N. Bunnag. 2001. Effect of soaking time and cooking time on qualities of red kidney bean flour. **Kasetsat Journal: Natural Science.** 035 (4): 409-415.

Kato, A., Ibrahim, H.R., Watanabe, H., Honma, K. and Kobayashi, K . 1990. Structural and gelling properties of dry-heating egg white proteins. **Journal of Agricugeral Food Chemisty.** 38: 32-37.

Lu. M., Yuan. B., Zeng. M and Chen. J. 2011. Antioxidant capacity and major phenolic compounds of spices commonly consumed in china. **Food Research International.** 44: 530-536.

Mujumder. S. A. 2007. Handbook of Industrial Drying (Third edition). **Taylor and Francis.**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Molyneux, P. 2004. The use of stable free radical diphenylpicry-hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. **Songklanakarin Journal Science Technology**. 26 (2): 211-219.

Nip. W. A. 2006. Bakery **Product: Science and Technology and Practice**. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK.

Nussinovovitch. A. 1997. **Hydrocolloid application**. Blackie academic and professional. London. 354.

Pangyathitipong, W and Y. Puechkamut. 2010. Effect of tofu powder and carragenan on functionality and physical characteristics of surimi emulsion gel. **Kasetsat Journal: Natural Science**. 044 (4): 671-679.

Peryam , D.R, Pilgrim FJ. 1957. Hedonic scale method of measuring food preference. **Food Tech** ;11:9-14.

Radvnayi, D., R. Juhasz., C. Nemeth., Á. Suhajda., C. Balla and J. Barta. 2012. Evaluation of stability of whipped egg white. **Czech Journal Food Science**. 30 (5): 412-420.

Rao, Q., Rocca-Smith. R. J., Schoenfuss. C.T and Labuza. P.T. 2012. Accelerated shelf-life testing of quality loss for a commercial hydrolysed hen egg white powder. **Food Chemistry**. 135: 464-472

Seow, C. C and C. N. Gwee. 1997. Coconut milk: chemistry and technology. **International Journal of Food Science and Technology**. 32: 189-201

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sharma, B.R., Naresh L., Dhuldhoya, N.C., Merchant S.U. and Merchant, U.C. 2006. Xanthan Gum – A Boon to Food Industry . **Food Promotion Chronicle.** 1 (5): 27-30 (2006)

Siah, S., J. A. Wood., S. Agboola., I. Konczak and C. L. Blanchard. 2014. Effect of soaking, boiling and autoclaving on the phenolic contents and antioxidant activites of faba bean (*Vicia fabal.*) differing in seed coat colures. **Food Chemistry.** 142 (1): 461-468

Siddhuraju, P. 2006. The antioxidant activity and free redical scavenging capacity of phenolics of raw and dry heated moth bean (*Vigna aconitifolia*) marechal seed extracts. **Food Chemistry.** 99: 149-157.

Stencl, J. 1999. Water activity of skimmed milk powder in the temperature range of 20-45^{o}C. **Acta Veterinaria Brno.** 68: 209-216.

Stone, H., & Sidel, J. L. 1993. **Sensory evaluation practices.** California: Academic Press.

Suchatvejapoom. S., Rathavinij. P., Sinchermsiri. D., Swangchroen. S and Sumano. P. 2004. **Thailand kitchen of the world.** Priew Company Limited. Bangkok, Thailand.

Takahashi, R., Ohmori, R., Kiyose, C., Momiyama, Y., Ohsuzu, F., &Kondo, K. 2005. Antioxidant activities of black and yellow soybeans against low density lipoprotein oxidation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** 53 (11): 4578-4582.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Tangkanakul. P., Auttaviboonkul. P., Niyomwit. B., Lowvitoon. N., Charoenthamawat. P and Trakoontiakorn. G. 2009. Antioxidant capacity, total phenolic content and nutritional composition of asian food after thermal processing. **International Food Research Journal**. 16: 571-580.

Tangkanakul. P, Vatanasuchrt. N, Phongpipatpong. M and Tungtralul. P. 2000. Development of instant hight fiber process food. **Kasetsart Journal: Natural Science**. 0.34: 117-124.

Urlacher, B and Noble, O. 1997. Xanthan. In A. Imeson (Ed.), **Thickening and gelling agents for food** (pp. 284-311). London: Chapman & Hall.

Ward, F. M and S. A. Andon. 1993. Water-soluble gum used in snack food and cereal product. **Cereal Food World**. 38 (10): 748-752.

Yang, S.C. & Baldwin, R.E. 1995. **Functional properties of eggs in foods**. In: Egg science and technology. Fourth edition. Stadelman, W.J. & Cotterill O.J. (eds.) Binghamton: Food Products Press; Haworth Press, p. 405.

Yoo, K., C. Lee, H. Lee, B. Moon , C. Lee. 2008. Relative antioxidant and cytoprotective activites of common herbs. **Food Chemistry**. 106: 929-936.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-Piont Hedonic Scale
และคะแนนความพอดี(Just-About-Right)

ผลิตภัณฑ์ ห่อหมกจากถั่วแดงหลวง ชุดที่.....
ชื่อผู้ทดสอบ .....วันที่.....

คำแนะนำ: กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวาทีละตัวอย่าง แล้วให้คะแนนที่เหมาะสมที่สุดที่มีต่อความชอบและความพอดี **กรุณาดื่มน้ำระหว่างตัวอย่าง**

<u>การให้คะแนนความชอบ</u>

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉย ๆ 6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

<u>การให้คะแนนความพอดี</u>

1 = น้อยเกินไป 2 = พอดี 3 = มากเกินไป

คุณลักษณะ	รหัส.....		รหัส.....	
	ความชอบ	ความพอดี	ความชอบ	ความพอดี
ลักษณะปรากฏ				
สี				
กลิ่นรสโดยรวม				
รสหวาน				
รสเค็ม				
ความเผ็ดของเครื่องแกง				
ความชอบรวม				

ข้อเสนอแนะ.....

ขอบพระคุณที่ให้ความร่วมมือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชุดที่ ☐☐☐

แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค

เรื่อง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อห่อหมกสำเร็จรูปชนิดผงจากถั่วแดงหลวง

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อแบบสอบถามการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ห่อหมกสำเร็จรูปชนิดผงจากถั่วแดงหลวงเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ของนางสาวพรรัชต์ เถี่ยนมิตรภาพ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้วิจัยขอความกรุณาและความร่วมมือจากท่านในการทดสอบผลิตภัณฑ์และตอบแบบสอบถาม ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบมาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยนี้ และจะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

คำอธิบาย

ห่อหมกผงสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ถั่วแดงหลวงเป็นส่วนประกอบ ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ผสมกับเครื่องเทศต่าง ๆ เป็นห่อหมกสำเร็จรูปที่เตรียมง่าย สามารถรับประทานได้สะดวกเพียงแค่เติมน้ำร้อนและนำเข้าเตาไมโครเวฟเพียง 1 นาที โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้ผ่านกรรมวิธีการผลิตที่สะอาดปลอดภัย เหมาะสำหรับผู้บริโภคทั่วไปที่ใส่ใจสุขภาพและต้องการความสะดวกในการบริโภค

นางสาวพรรัชต์ เถี่ยนมิตรภาพ
ผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>คำแนะนำ</u> โปรดทำเครื่องหมาย ✓ลงในช่อง ❑ ท่านเห็นว่าเหมาะสม และตรงกับความคิดเห็นของท่าน

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

❑ ชาย ❑ หญิง

2. อายุ

❑ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 25 ปี ❑ 26 – 35 ปี
❑ 36 – 45 ปี ❑ มากกว่า 45 ปี ขึ้นไป

3. ระดับการศึกษาที่ได้รับ

❑ ต่ำกว่าปริญญาตรี ❑ สูงกว่าปริญญาตรี
❑ ปริญญาตรี

4. อาชีพ

❑ นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา ❑ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ
❑ พนักงานบริษัท ❑ รับจ้าง
❑ แม่บ้าน ❑ ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว

5. รายได้ต่อเดือน

❑ น้อยกว่า 15,000 บาท ❑ 15,000 – 30,000 บาท
❑ มากกว่า 30,000 บาท

<u>ส่วนที่ 2</u> ข้อมูลการบริโภคห่อหมก

1. ท่านเคยรับประทานห่อหมกหรือไหม

❑ เคย ❑ ไม่เคย

2. ท่านชอบรับประทานห่อหมกหรือไม่

❑ ชอบ ❑ บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
❑ ไม่ชอบ

3. ห่อหมกที่ท่านรับประทานทำจากเนื้อสัตว์ชนิดใด

❑ เนื้อปลา ❑ เนื้อกุ้ง
❑ ซีฟู้ด ❑ อื่น ๆ(โปรดระบุ).....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ท่านรับประทานห่อหมกบ่อยแค่ไหน

- ❑ ทุกวัน
- ❑ 1-2 ครั้ง/สัปดาห์
- ❑ 3-4 ครั้ง/สัปดาห์
- ❑ น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์
- ❑ มากกว่า 4 ครั้ง/สัปดาห์
- ❑ อื่น ๆ(โปรดระบุ).....

<u>ส่วนที่ 3</u> ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ห่อหมกสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

<u>คำชี้แจง</u> กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ห่อหมกสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง โดยรับประทานพร้อมกับข้าวสวยแล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ❑ ที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

คุณลักษณะ	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
<u>ชนิดผง</u> (Ready To Cook)									
ลักษณะปรากฏ	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
สี	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
<u>ชนิดสำเร็จรูป</u> (Ready To Eat)									
ลักษณะปรากฏ	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
สี	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
กลิ่นโดยรวม	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
รสชาติโดยรวม	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
ความเผ็ด	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
เนื้อสัมผัส	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑
ความชอบรวม	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑	❑

1. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ห่อหมกสำเร็จรูปชนิดผงจากถั่วแดงหลวงนี้หรือไม่

- ❑ ยอมรับ เพราะ.....
- ❑ ไม่ยอมรับ เพราะ.....

2. ถ้ามีผลิตภัณฑ์นี้ออกวางจำหน่าย ท่านคิดว่าจะซื้อหรือไม่เพราะเหตุใด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

❑ ซื้อ เพราะ .....
❑ ไม่ซื้อ เพราะ.....

3. ถ้ามีผลิตภัณฑ์ห่อหมกสำเร็จรูปชนิดผงจากถั่วแดงหลวงบรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอย์ล ขนาดบรรจุ 32 กรัม ราคาซองละ 35 บาท (สามารถทำห่อหมกได้ 2 ถ้วย) ท่านจะซื้อหรือไม่เพราะเหตุใด

❑ ซื้อ เพราะ .....
❑ ไม่ซื้อ เพราะ.....

ข้อเสนอแนะ
.....
.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางเคมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC., 2000)

1.1 อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบใส่ไว้ในเดสิเคเตอร์ (desicator)ความชื้นปล่อยทิ้งไว้ตนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก จนได้น้ำหนักคงที่

1.2 ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ในจานอลูมิเนียม แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 6-12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทำให้เย็นในเดสิเคเตอร์ (desicator) แล้วชั่งน้ำหนักที่ได้ ทำการอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที และชั่งน้ำหนักจนกว่าจะคงที่และมีน้ำหนักไม่แตกต่างกันเกิน 2 มิลลิกรัม และนำมาคำนวณร้อยละปริมาณความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1 - W} \times 100$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของจานอลูมิเนียม

W_1 คือ น้ำหนักของจานอลุมิเนียมพร้อมฝาปิดและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของจานอลูมิเนียมพร้อมฝาปิดและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

2. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

2.1 อบขวดแก้วชนิดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดสิเคเตอร์ (desicator) จากนั้นชั่งน้ำหนักขวดแก้วก้นกลมให้มีน้ำหนักคงที่

2.2 ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 3 กรัม บนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก จากนั้นห่อตัวอย่างแล้วใส่ลงในทิมเบิล (thimble) แล้วนำใส่ใน Soxlet

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 นำปีโตรเลียมอีเทอร์ใส่ลงในขวดแก้ว 200 มิลลิลิตร แล้วประกอบเข้ากับเครื่อง Soxlet เข้าด้วยกันให้ความร้อนต่อการสกัดไขมันที่มีในตัวอย่างเป็นเวลา 16 ชั่วโมง โดยให้หยดปิโตรเลียมอีเทอร์ที่กลั่นจากคอนเดนเซอร์ที่อัตราหยด 150 หยดต่อนาที เมื่อครบเวลาสกัด จะกลั่นปิโตรเลียมออก และนำขวดแก้วที่มีไขมันหรือน้ำมันสกัดได้ไประเหยปิโตรเลียมออก แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และชั่งน้ำหนักจนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่ และคำนวณร้อยละปริมาณไขมัน ดังนี้

$$\text{ปริมาณไขมัน(ร้อยละ)} = \frac{(W_1 - W_2)}{W} \times 100$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของของตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักของขวดแก้วก้นกลมและไขมันหรือน้ำมันหลังอบแห้งจนได้น้ำหนักคงที่(กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของขวดแก้วชนิดก้นกลมที่นำไปอบจนน้ำหนักคงที่ (กรัม)

3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธีเคลดาล

3.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5-1.0 กรัม

3.2 ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา 6 กรัม ที่ผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟตกับโพแทสเซียมซัลเฟต (Cu_2SO_4: K_2SO_4 ในอัตราส่วน 0.5:0.1) และเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4) 15 มิลลิลิตร

3.3 นำหลอดย่อยไปย่อยใน stand สวม exhaust manifold ลงบนส่วนของหลอดย่อย และเปิดเครื่องดักจับไอกรด ย่อยต่อไปจนได้สารละลายสีฟ้าใส ทิ้งให้เย็น

3.4 นำหลอดย่อยที่ผ่านการย่อยเข้าเครื่องกลั่น พร้อมนำฟลาส์กที่มีกรดบอริคร้อยละ 4 จำนวน 20 มิลลิลิตร ที่มีการใส่สารละลายอินดิเคเตอร์โบรโมครีโซลกรีนและเมธิลเรด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(Bromocresol green: Methyl red ในอัตราส่วน 1:1) โดยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้น ร้อยละ 32

3.5 นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับสารละลายไฮโดรคลอริกมาตรฐาน (HCl) ความเข้มข้น 0.1 N จนได้สารละลายสีชมพูอ่อนและคำนวณร้อยละปริมาณโปรตีนดังนี้

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{14\times(V_1 - V_2)\times\text{Nomality of HCl(mol/L)}\times 100}{W}$$

เมื่อ V_1 คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรตตัวอย่าง

V_2 คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรต blank

4. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่เผาและชั่งน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว นำตัวอย่างไปเผาบน hot plate จนหมดควัน หลังจากนั้นนำไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500-550 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าสีขาวหรือสีเทาอ่อน นำออกจากเตาเผา ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิและนำใส่เดสซิเคเตอร์ (desicator) แล้วชั่งน้ำหนัก เผาซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที (แตกต่างกันไม่เกิน 0.001 กรัม)

$$\text{ปริมาณเถ้า(ร้อยละ)} = \frac{(W_2 - W)}{W_1 - W}\ \mathbf{x\ 100}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบ (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบ

5.1 เตรียมตัวอย่างโดยบดให้ละเอียด (โดยตัวอย่างจะต้องผ่านการสกัดไขมันมาก่อน)

5.2 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนัก 1 กรัม ใส่ลงในครูซิเบิลแก้ว ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว จากนั้นนำครูซิเบิลแก้วใส่ลงในเครื่อง hot extraction unit จากนั้นเลื่อนคันโยกด้านซ้ายลงมาล็อค โยกปุ่มควบคุมด้านหน้าให้ไปที่ตำแหน่งปิดจากนั้นเติมสารละลายกรดซัลฟิริกที่ต้มร้อน 150 มิลลิลิตร

5.3 เมื่อครบ 30 นาที ปิดไฟแล้วกรองสารออก ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน ทำการกวนตัวอย่างให้กระจายในน้ำร้อนโดยใช้ปุ่ม pressure จากนั้นกรองสารละลายออก

5.4 เติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ที่ต้มร้อนปริมาตร 150 มิลลิลิตร จากนั้นล้างคอนเดนเซอร์ด้วยน้ำกลั่น และกรองสารละลายออก จากนั้นนำครูซิเบิลออกจากเครื่องแล้วหยดอะซิโตนลงในครูซิเบิลประมาณ 3 หยด

5.5 จากนั้นอบครูซิเบิลแก้วที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมงแล้วนำไปเผาต่อที่อุณหภูมิ 500–550 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่และคำนวณหาร้อยละเส้นใยหยาบดังนี้

$$\text{ปริมาณเส้นใยหยาบ(ร้อยละ)} = \frac{(W_1 - W_2)}{W} \times 100$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมัน (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักของครูซิเบิลและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของครูซิเบิลและตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ร้อยละปริมาณคาร์โบไฮเดรต = 100- ((ร้อยละความชื้น) + (ร้อยละไขมัน)+ (ร้อยละโปรตีน) + (ร้อยละเส้นใยหยาบ) + (ร้อยละเถ้า)

7. การวิเคราะห์ Thiobarbituric acid (TBA number)

7.1 ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ปั่นตัวอย่างนาน 2 นาที เทใส่ขวดสำหรับกลั่นและล้างตัวอย่างที่ติดกับเครื่องปั่นด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร

7.2 เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 4 M จำนวน 2.5 มิลลิลิตร และเติม anti-foaming 3 หยด

7.3 นำไปกลั่นโดยให้ความร้อนด้วยเครื่อง heating mantle กลั่นจนได้ของเหลวปริมาตร 50 มิลลิลิตร

7.4 ปิเปตของเหลวที่กลั่นมาได้ 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองและเตรียม blank โดยใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แทนตัวอย่าง จากนั้นเติมสารละลาย TBA reagent 5 มิลลิลิตร (ชั่ง Thiobarbituric acid 0.2883 กรัม ปรับปริมาตรด้วยสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น ร้อยละ 90 ให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร)

7.5 นำหลอดทดลองในข้อ 7.4 ต้มในน้ำกลั่นเดือดนาน 35 นาที และทำให้เย็นเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร และนำไปคำนวณค่ากรดไทโอบาร์บิทูริค ดังนี้

$$\text{TBA number} = 7.8 \times OD$$

เมื่อ OD = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร

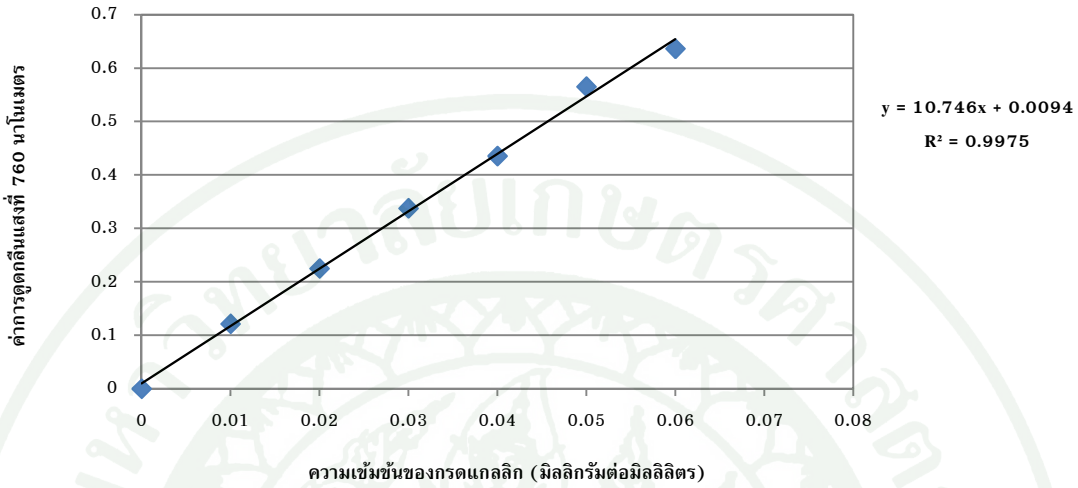
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ง

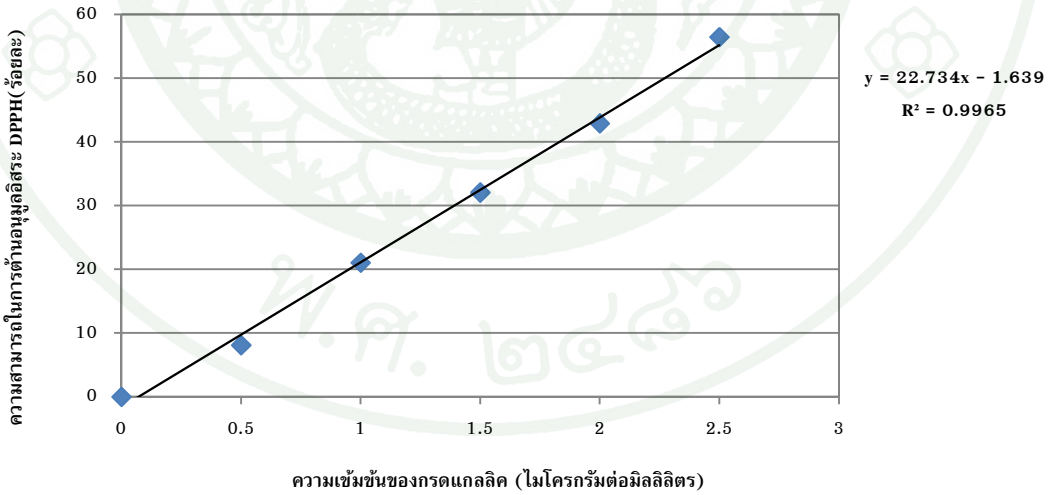
กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิคสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิคสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP

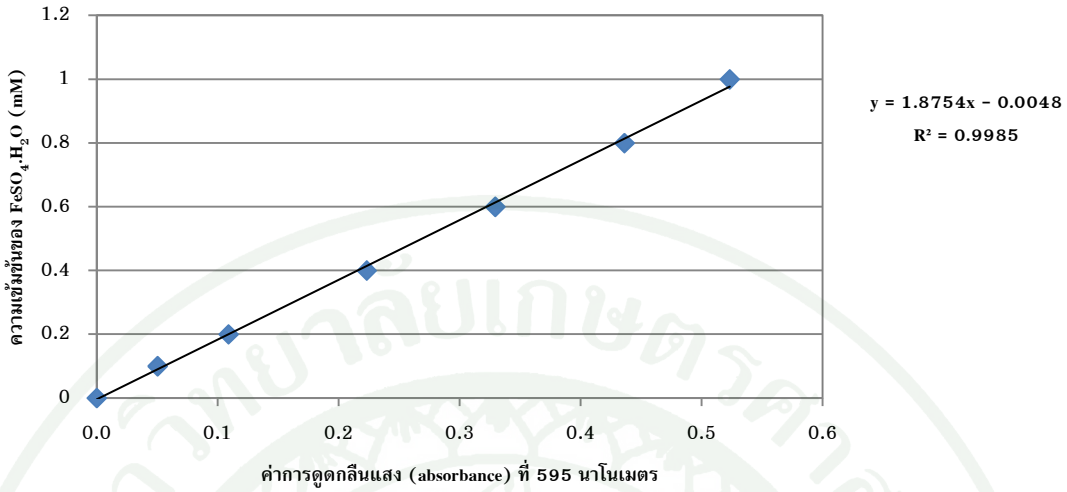


ภาพผนวกที่ ง1 กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิคสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด



ภาพผนวกที่ ง2 กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิคสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ทั้งหมด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ง3 กราฟมาตรฐานของกรดแกลิคสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ FRAP ทั้งหมด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก จ
วิธีการวิเคราะห์คุณภาพจุลินทรีย์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

1. วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total bacterial count)

1.1 ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม โดยวิธีปราศจากเชื้อ (Aseptic technique) ใส่ในถุงสำหรับเครื่องตีปั่น (Stomacher) จากนั้นเติมสารละลายฟอสเฟสบัพเฟอร์ (Phosphate Buffer) ปริมาตร 90 มิลลิลิตร (ตัวอย่างอาหารถูกเจืองจางในอัตราส่วน 1:10)

1.2 นำไปตีให้เข้ากันนาน 1 นาที จากนั้นปิเปตตัวอย่างอาหาร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่มีสารละลายบัฟเฟอร์จำนวน 9 มิลลิลิตร (ตัวอย่างอาหารถูกเจือจางในอัตราส่วน 1: 100) และทำการเจือจางตัวอย่างอาหารลงไปครั้งละ 10 เท่า จนได้อัตราส่วนตามที่ต้องการ

1.3 ปิเปตตัวอย่างที่เจือจางที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆที่ 0.1 มิลลิลิตร แล้วเทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยเครื่อง Autoclave และมีอุณหภูมิประมาณ 45-50 องศาเซลเซียส ผสมให้เข้ากันโดยการเลื่อนจานอาหารเพาะเชื้อในแนวตั้ง, แนวตามเข็มนาฬิกา, แนวนอน และแนวทวนเข็มนาฬิกา แนวละ 5 ครั้ง แล้วตั้งทิ้งไว้ให้แข็ง

1.4 กลับจานเพาะเชื้อแล้วนำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2. วิเคราะห์ยีสต์และเชื้อรา

2.1 ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม โดยวิธีปราศจากเชื้อ (Aseptic technique) ใส่ในถุงสำหรับเครื่องตีปั่น (Stomacher) จากนั้นเติมสารละลายฟอสเฟสบัพเฟอร์ (Phosphate Buffer) ปริมาตร 90 มิลลิลิตร (ตัวอย่างอาหารถูกเจือจางในอัตราส่วน 1:10)

2.2 นำไปตีให้เข้ากันนาน 1 นาที จากนั้นปิเปตตัวอย่างอาหาร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่มีสารละลายบัฟเฟอร์จำนวน 9 มิลลิลิตร (ตัวอย่างอาหารถูกเจือจางในอัตราส่วน 1: 100) และทำการเจือจางตัวอย่างอาหารลงไปครั้งละ 10 เท่า จนได้อัตราส่วนตามที่ต้องการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 ปิเปตตัวอย่างที่เจือจางที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆที่ 0.1 มิลลิลิตร แล้วเทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยเครื่อง Autoclave และมีอุณหภูมิประมาณ 45-50 องศาเซลเซียส ผสมให้เข้ากันโดยการเลื่อนจานอาหารเพาะเชื้อในแนวตั้ง, แนวตามเข็มนาฬิกา, แนวนอน และแนวทวนเข็มนาฬิกา แนวละ 5 ครั้ง แล้วตั้งทิ้งไว้ให้แข็ง

2.4 นำจานเพาะเชื้อไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ฉ

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณภาพทางกายภาพ

1. การวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE L*a*b*

ทำการปรับเทียบมาตรฐานของเครื่องวัดสี (Spectorphotometer) โดยวัดค่าแสงสะท้อน (reflectance) โดยนัวอย่างบรรจุในภาชนะสำหรับวัดค่าสี โดยให้ตัวอย่างเต็มก้นภาชนะ วัดค่าตามระบบ CIE L*a*b* โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง D65 ค่าที่วัดได้ ได้แก่ L* (ค่าความสว่างซึ่งมีค่า 0-100 ให้ 0 หมายถึง วัตถุมีความสว่างสีดำ และ 100 หมายถึง วัตถุมีความสว่างสีขาว), a*(+ หมายถึง มีสีออกแดง และ – หมายถึง วัตถุมีสีทางสีเขียว) และ b* (+ หมายถึง มีสีออกเหลือง และ – หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน) ทำการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง

2. การวิเคราะห์ค่าWater activity (a_w)

นำตัวอย่างบรรจุในตลับสำหรับวิเคราะห์ค่า Water activity (a_w) โดยบรรจุตัวอย่างปริมาณ 1 ใน 3 ของตลับจากนั้นนำตลับใส่ใน chamber ของเครื่อง และอ่านค่าคงที่ที่ปรากฏบนหน้าจอเครื่องที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ครั้ง

3. การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส

วัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง TA-XT plus วัดค่าแบบ Texture profile analysis (TPA) ใช้หัววัดแบบ P/75 mm Compression plate (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร) โดยเตรียมตัวอย่างที่วัดมีขนาด 2x2x2 ลูกบาศก์เซนติเมตร กดลงไปร้อยละ 50 ของความสูงของตัวอย่าง และบันทึกค่าความคงตัว (Firmness) วัดค่าทั้งหมด 20 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ช

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ห่อหมกผงสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ช1 การเปลี่ยนแปลงค่าสี (L) ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

ระยะการเก็บรักษา(สัปดาห์)	อุณหภูมิการเก็บรักษา	
	30±2 องศาเซลเซียส	45 องศาเซลเซียส
0	68.41±0.25^{c}	68.41±0.25^{c}
2	71.19±0.10^{a}	70.73±0.15^{c}
4	71.45±0.03^{a}	69.18±0.04^{c}
6	70.82±0.34^{b}	64.29±0.36^{c}
8	70.33±0.18^{b}	63.21±0.68^{c}

หมายเหตุ $^{a-d}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ ช2 การเปลี่ยนแปลงค่าสี (a^{*}) ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

ระยะการเก็บรักษา(สัปดาห์)	อุณหภูมิการเก็บรักษา	
	30±2 องศาเซลเซียส	45 องศาเซลเซียส
0	16.85±0.08^{a}	16.85±0.08^{c}
2	16.86±0.05^{a}	15.87±0.23^{d}
4	15.94±0.04^{b}	15.59±0.04^{d}
6	15.53±0.12^{b}	17.17±0.15^{b}
8	16.70±0.28^{a}	18.07±0.30^{a}

หมายเหตุ $^{a-d}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ช3 การเปลี่ยนแปลงค่าสี (b^*) ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

ระยะการเก็บรักษา(สัปดาห์)	อุณหภูมิการเก็บรักษา	
	30±2 องศาเซลเซียส	45 องศาเซลเซียส
0	31.54±0.30^{c}	31.54±0.30^{d}
2	34.10±0.09^{a}	31.77±0.28^{d}
4	33.34±0.09^{ab}	33.81±0.49^{c}
6	31.55±0.50^{c}	35.41±0.04^{b}
8	34.23±0.28^{a}	37.73±0.24^{a}

หมายเหตุ $^{a-d}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ ช4 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของห่อหมกผงสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

ระยะการเก็บรักษา(สัปดาห์)	อุณหภูมิการเก็บรักษา	
	30±2 องศาเซลเซียส	45 องศาเซลเซียส
0	0.284±0.01^{c}	0.284±0.02^{d}
2	0.290±0.01^{c}	0.306±0.01^{c}
4	0.295±0.00^{b}	0.312±0.01^{bc}
6	0.301±0.02^{ab}	0.316±0.00^{b}
8	0.308±0.01^{a}	0.327±0.00^{a}

หมายเหตุ $^{a-d}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ช5 การเปลี่ยนแปลงค่าความคงตัวของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

ระยะการเก็บรักษา(สัปดาห์)	อุณหภูมิการเก็บรักษา	
	30±2 องศาเซลเซียส	45 องศาเซลเซียส
0	15.32±1.20[a]	15.32±1.20[a]
2	15.71±1.54[a]	15.05±0.87[a]
4	15.69±1.10[a]	15.00±1.07[a]
6	15.72±0.97[a]	14.64±1.11[b]
8	15.41±1.30[a]	14.52±1.23[b]

หมายเหตุ [a-d] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ ช6 การเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของห่อหมกผงกึ่งสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง

ระยะการเก็บรักษา(สัปดาห์)	อุณหภูมิการเก็บรักษา	
	30±2 องศาเซลเซียส	45 องศาเซลเซียส
0	1.154±0.09[c]	1.156±0.09[d]
2	1.190±0.19[c]	1.459±1.40[c]
4	1.245±0.40[b]	1.625±0.12[b]
6	1.250±0.01[b]	1.635±0.02[b]
8	1.320±0.21[a]	1.757±0.34[a]

หมายเหตุ [a-d] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวพรรัชต์ เถี่ยนมิตรภาพ
เกิดวันที่	15 มีนาคม 2531
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ.(พัฒนาผลิตภัณฑ์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผลงานทางวิชาการ	พรรัชต์ เถี่ยนมิตรภาพ กมลวรรณ แจ้งชัด และ อนุวัติ แจ้งชัด. 2557. ผลของส่วนผสมต่อคุณภาพ ของห่อหมกผงสำเร็จรูปจากถั่วแดงหลวง. Food and Applied and Bioscience Journal
ทุนการศึกษา	1. ทุนผู้ช่วยสอนจากภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาคปลาย ประจำปีการศึกษา 2554 2. ทุนผู้ช่วยสอนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2555)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์