การผลิตและสมบัติของข้าวเกรียบปลาเสริมกากถั่วเหลือง

Production and Properties of Fish Crackers Substituted with Soybean Meal

นัจญ์มีย์ สะอะ[1/] รอมลี เจะดอเลาะ[1/] และ อัชมาน อาแด[2/]

Najmi Saah[1/], Romlee Chedoloh[1/] and Ashman Adair[2/]

(Received: 18 May 2015; Accepted: 28 August 2015)

Abstract: This study aimed to substitute mackerel with soybean meal to enhance protein and fiber contents of crisp crackers. The crackers' formula, which is accepted by testers from four popular areas of Pattani have been studied for the sensory acceptance. The Dato formula has been selected for further study. The scores for color, odor, taste, texture and overall acceptance of the Dato formula were 6.98, 7.04, 7.38, 7.32, and 7.22, respectively. The soybean meal, a byproduct from the soymilk production, was used to replace fish meat at the level of 10, 20, 30, 40, and 50%. Experimental results showed that the acceptable formula was composed of 20% soybean meal. This formula contained 42.59, 34.08, 8.52, 6.47, 5.79, 2.39, and 0.16% of tapioca flour, mackerel, soybean meal, egg, sugar, salt and monosodium glutamate, respectively. Physical testing found that the replacement of fish meat resulted in the decrease in fresh cracker hardness. The lightness value (L^*) and yellowness value (b^*) with a decrease in redness (a^*) value increased with increasing soybean meal content. The hardness values were 0.96 and 12.22, respectively. The moisture, protein, fat, fiber and ash contents were 45.70, 15.21, 14.28, 0.59 and 2.50%, respectively. The consumer acceptances scores of the product were 7.47, 7.75, 7.77, 7.59 and 8.02 for odor, color, taste, texture, and overall acceptance, respectively.

Keywords: Soybean meal, fish crackers, sensory test, property

[1/]สาขาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยฟาฏอนี ปัตตานี 94160

[1/]Applied Chemistry, Faculty of Science and Technology, Fatoni University, Pattani 94160, Thailand

[2/]สาขาเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ยะลา 95000

[2/]Chemistry Division, Department of Science, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala 95000, Thailand

บทคัดย่อ: การศึกษาการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง เพื่อเพิ่มโปรตีนและเส้นใยในข้าวเกรียบโดยคัดเลือกสูตรที่ได้รับความนิยม 4 พื้นที่ในจังหวัดปัตตานี พบว่าสูตรที่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุด คือ สูตรดาโต๊ะ โดยผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมให้คะแนนทุกด้านสูงที่สุดที่ระดับคะแนน 6.98, 7.04, 7.38, 7.32 และ 7.22 ตามลำดับ นำกากถั่วเหลืองที่เป็นวัตถุดิบเหลือใช้จากการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองมาทดแทนเนื้อปลาในสูตรที่ผ่านการยอมรับที่ระดับร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 ผลการทดลองพบว่าสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับคือที่ร้อยละ 20 ซึ่งสูตรที่เหมาะสมประกอบด้วย แป้งมันสำปะหลัง เนื้อปลาทู กากถั่วเหลือง ไข่ไก่ น้ำตาล เกลือและผงชูรส ร้อยละ 42.59, 34.08, 8.52, 6.47, 5.79, 2.39 และ 0.16 ตามลำดับ เมื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพพบว่าการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ข้าวเกรียบมีค่าความแข็งลดลง ค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้น ค่าสีแดง (a^*) ลดลง และค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ค่า a_w และค่าความแข็งมีค่าเท่ากับ 0.96 และ 12.22 นิวตัน ตามลำดับ มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใยอาหาร และเถ้าร้อยละ 45.70, 15.21, 14.28, 0.59 และ 2.50 ตามลำดับ ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ทางด้านประสาทสัมผัส โดยมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นในระดับชอบปานกลางมีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 7.47 และให้คะแนนความชอบด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมในระดับคะแนนความชอบเฉลี่ยดังนี้ 7.75, 7.77, 7.59 และ 8.02 ตามลำดับ

คำสำคัญ: กากถั่วเหลือง ข้าวเกรียบ ทดสอบทางประสาทสัมผัส คุณสมบัติ

คำนำ

ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบหรือคนท้องถิ่นเรียกว่า กือโปะ เป็นผลิตภัณฑ์ที่สร้างรายได้ให้กับคนในพื้นที่จังหวัดปัตตานี โดยส่วนประกอบหลักในการทำผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ คือ ปลาและแป้งมัน ซึ่งส่วนผสมดังกล่าวเป็นจำพวกโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตทำให้เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะส่งผลต่อระบบการย่อยอาหารและการขับถ่ายได้ เนื่องจากขาดเส้นใยที่มีความสำคัญต่อการรักษาระบบการย่อยอาหารและการขับถ่าย ถ้ามีการเพิ่มเส้นใยจะช่วยสนับสนุนให้ระบบการขับถ่ายของผู้บริโภคดีขึ้น

กากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบเหลือใช้ ได้จากการผลิตนมถั่วเหลืองหรือ เต้าหู้ การผลิตนมถั่วเหลือง เมื่อสกัดแยกส่วนของแข็งที่ละลายในน้ำออกได้เป็นนมถั่วเหลืองจะเหลือส่วนที่เป็นกากถั่วเหลืองซึ่งกากถั่วเหลืองเมื่ออบแห้งประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 24-28 ไขมันร้อยละ 8-12 เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 40-44 เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำร้อยละ 12-15 รวมทั้งเกลือแร่และสารพฤกษเคมีต่าง ๆ (ยุพร, 2550) โปรตีนที่มีอยู่ในกากถั่วเหลืองเป็นโปรตีนที่ไม่สูญเสียสภาพ และประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย นอกจากนี้ในกากถั่วเหลืองยังมีสารไอโซฟลาโวนซึ่งใช้เป็นส่วนผสมในอาหารเสริมเพื่อป้องกันโรคมะเร็ง (Bingham *et al.,* 1998) จึงมีการนำกากถั่วเหลืองมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ โดยมีการนำกากถั่วเหลืองทดลองผลิตคุกกี้ โดยใช้กากถั่วเหลืองสดที่ได้จากการผลิตนมถั่วเหลืองที่เลียนแบบการผลิตในครัวเรือน และกากถั่วเหลืองสดจากโรงงานผลิตนมถั่วเหลืองขนาดใหญ่เพื่อทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 60 70 และ 80 ของน้ำหนักแป้ง พบว่ากากถั่วเหลืองทั้งสองชนิดทดแทนแป้งสาลีได้ร้อยละ 80 คุกกี้ที่ใช้กากถั่วเหลืองสดมีปริมาณเส้นใยอาหารมากกว่าคุกกี้เนยสูตรควบคุมถึง 4.61 เท่า (ยุพร และกานดา, 2548) และเมื่อนำกากถั่วเหลืองที่เป็นวัตถุดิบเหลือใช้จากการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ ขนมปัง ที่ระดับร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 พบว่าสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับคือที่ร้อยละ 30 เมื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพพบว่า การใช้กากถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ ขนมปังมีปริมาตรเล็กลง ค่าความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น มีปริมาณความชื้น ค่า a_w และปริมาณโปรตีนร้อยละ 14.53, 0.73 และ 25.84 ตามลำดับ ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 98 และให้คะแนนความชอบด้านกลิ่น ความนุ่ม รสชาติ และความชอบโดยรวมในระดับชอบมาก (ปิยะรัชช์ และคณะ, 2553)

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการนำกากถั่วเหลืองซึ่งเป็นวัตถุดิบเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองมาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มโปรตีนและเส้นใยในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเพื่อช่วยในระบบการย่อยอาหารและการขับถ่ายของผู้บริโภคและทำให้ได้ผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรและศึกษาคุณลักษณะของข้าวเกรียบที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง และถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์สู่กลุ่มเป้าหมาย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ

1.1 ศึกษาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ ค้นคว้าข้อมูลและเลือกสูตรพื้นฐานของข้าวเกรียบจาก 4 สูตรจากพื้นที่จังหวัดปัตตานี ได้แก่ ดาโต๊ะ *(Dato)* ตะโล๊ะกาโปร์ (Talo Kapo) กรือเซะ (Kru Se) และสายบุรี (Sai Buri) จากนั้นทำการผลิตข้าวเกรียบ 4 สูตร เพื่อนำไปคัดเลือกต่อไป ในงานวิจัยนี้จะใช้ปลาทูในการผลิต แสดงส่วนประกอบของข้าวเกรียบดังตารางที่ 1

1.2 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสูตรพื้นฐาน ข้าวเกรียบสูตรพื้นฐานทั้ง 4 สูตรที่ผลิตได้นำมาทอดเพื่อทำการคัดเลือกโดยใช้เกณฑ์ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบแบบ (9-point hedonic scales) ในคุณลักษณะทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน เพื่อคัดเลือกสูตรพื้นฐานเพียง 1 สูตร

1.3 ตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสูตรพื้นฐานที่คัดเลือกได้ตามกรรมวิธีของ AOAC (2000) ได้แก่ วัดค่าสี (L^* a^* และ b^*) วัดค่า a_w และวัดค่าความแข็ง (hardness)

2. การพัฒนาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบโดยใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา

2.1 การเตรียมกากถั่วเหลือง นำกากถั่วเหลืองสดที่ได้จากการคั้นน้ำนมถั่วเหลืองออกแล้วไม่เกิน 3 ชั่วโมง จากหมู่บ้านโสร่ง ตำบลเขาตูม อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี ซึ่งทำขายในระดับครัวเรือน เก็บไว้ในภาวะแช่เย็นตลอดเวลาโดยมีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเข้าสู่กระบวนการแปรรูปจะนำกากถั่วเหลืองมาอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อปรับปริมาณความชื้นในแต่ละสูตรให้เท่ากัน

2.2 การพัฒนาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา สูตรที่ได้จากการคัดเลือกนำมาศึกษาปริมาณกากถั่วเหลืองในการทำผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบโดยการจัดการทดลองแบบ RCBD (randomized complete block design) ศึกษาปริมาณการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองในปริมาณร้อยละ 10, 20, 30, 40, และ 50 โดยน้ำหนัก และมีชุดควบคุมซึ่งไม่มีการทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองในปริมาณร้อยละ 0 โดยน้ำหนัก เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2.3 การคัดเลือกสูตรผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทอดเพื่อทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา

Table 1 Ingredients of commercial fresh crackers

Ingredient (Percent by weight)	Formulation			
	1	2	3	4
Mackerel	45.45	41.67	35.71	42.60
Tapioca starch	45.45	34.72	41.67	42.60
Salt	1.90	6.94	5.95	2.4
Sugar	3.06	13.89	11.90	5.8
Garlic	0.90	-	2.38	-
Egg	3.24	-	-	6.5
Monosodium glutamate	-	2.78	2.38	0.2

Note: formulation No. 1 from Sai Buri, formulation No. 2 from Kru Se, formulation No. 3 from Talo Kapo, and formulation No. 4 from Dato

จากเกณฑ์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ (ช่วงคะแนน 1 ไม่ชอบมากที่สุด -9 ชอบมากที่สุด) กับผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) จำนวน 50 คน ในปัจจัยคุณภาพด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม

3. การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา

3.1 ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ตามกรรมวิธีของ AOAC (2000) ได้แก่ วัดค่าสี L^* a^* และ b^* วัดค่า a_w และวัดค่าความแข็ง (hardness)

3.2 ตรวจสอบคุณภาพทางเคมี ตามกรรมวิธีของ AOAC (2000) ได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเส้นใยอาหาร และปริมาณเถ้า จัดแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (complete randomized design: CRD) สำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan' new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. การทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภค

ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกากถั่วเหลืองสูตรที่คัดเลือกได้จากหัวข้อ 2.3 นำมาทอดเพื่อทำการทดสอบ โดยให้ผู้บริโภคทดสอบผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ (ช่วงคะแนน 1 ไม่ชอบมากที่สุด - 9 ชอบมากที่สุด) แบบ central location test (CLT) ใช้ผู้ทดสอบ 100 คน ณ มหาวิทยาลัยฟาฏอนี จังหวัดปัตตานี

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ

คัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจาก 4 สูตรโดยทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ ในคุณลักษณะทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่าข้าวเกรียบสูตรดาโต๊ะ ได้รับคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสอยู่ที่ระดับความชอบมากในทุกคุณลักษณะทั้งทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ซึ่งสูงกว่าสูตรที่ 1, 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีค่าคะแนนความชอบตามลำดับของคุณลักษณะดังนี้ 6.98, 7.04, 7.38, 7.32 และ 7.22 ดังแสดงในตารางที่ 2 จากนั้นนำข้าวเกรียบสูตรดาโต๊ะ ที่คัดเลือกได้มาทดสอบคุณภาพทางกายภาพพบว่ามีค่าสี L^* เท่ากับ 44.37 a^* เท่ากับ 1.43 b^* เท่ากับ 13.94 โดยค่าสี L^* มีค่าเป็นบวกแสดงว่าข้าวเกรียบมีแนวโน้มสีไปในทางด้านความสว่าง ค่าสี a^* มีค่าเป็นบวกแสดงว่าข้าวเกรียบมีแนวโน้มสีไปทางด้านความเป็นสีแดง และค่าสี b^* มีค่าเป็นบวกแสดงว่าข้าวเกรียบมีแนวโน้มสีไปทางด้านความเป็นสีเหลือง ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมีค่า a_w เท่ากับ 0.96 และค่าความแข็ง 14.27 ± 2.58 นิวตัน ดังแสดงในตารางที่ 3

2 การพัฒนาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบโดยใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา

นำสูตรดาโต๊ะ ที่คัดเลือกได้มาศึกษาการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาในการทำผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบในปริมาณร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนักเนื้อปลาแสดงในส่วนประกอบของการพัฒนาสูตรข้าวเกรียบดังตารางที่ 4

จากการทดสอบประสาทสัมผัสโดยวิธีการทดสอบความชอบ (9-Point Hedonic Scales) พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่ระดับร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 ได้คะแนนต่ำกว่าข้าวเกรียบสูตรปกติ โดยเมื่อเติมกากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาในปริมาณที่สูงขึ้น คุณลักษณะทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีค่าเฉลี่ยของคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยปริมาณการทดแทนกากถั่วเหลืองที่ร้อยละ 10 ได้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในทุกด้านมากที่สุด และปริมาณการทดแทนที่ร้อยละ 50 ได้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในทุกด้านน้อยที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ปิยะรัชช์และคณะ (2553) ที่พบว่าปริมาณการทดแทนกากถั่วเหลืองที่ร้อยละ 10 ได้

คะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสในทุกด้านมากที่สุด และการทดแทนที่ร้อยละ 50 ได้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในทุกด้านน้อยที่สุด และพบว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังสูตรปกติมีคะแนนความชอบทุกด้านสูงกว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังสูตรที่ทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองในทุกอัตราส่วน

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างข้าวเกรียบที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อลักษณะปรากฏของเนื้อข้าวเกรียบแตกต่างทางด้าน สีกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม เนื่องจากข้าวเกรียบปลาโดยปกติเมื่อทอดแล้วมีกลิ่นหอมของเนื้อปลาทู และมีสีคล้ำซึ่งบ่งบอกถึงมีเนื้อปลาเป็นส่วนผสมปริมาณมาก เมื่อมีการนำกากถั่วเหลืองมาทดแทนทำให้มีกลิ่นของกากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นส่งผลต่อคะแนนการทดสอบด้านกลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัสลดลง เช่นเดียวกับสีของข้าวเกรียบมีความสว่างมากขึ้น ผู้บริโภคเคยชินกับลักษณะของข้าวเกรียบปลาเดิมเมื่อมีสีที่สว่างไม่คล้ำทำให้การยอมรับน้อยลงจึงทำให้มีระดับคะแนนการทดสอบลดลงตามปริมาณของกากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น

โปรตีนเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส จากการศึกษาปริมาณโปรตีนและเส้นใยในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาพบว่าปริมาณโปรตีนและปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นตามอัตราการทดแทนกากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นทำให้โปรตีนจับตัวกับโมเลกุลของแป้ง ส่งผลต่อโครงสร้างของแป้งในข้าวเกรียบไม่สามารถขยายตัวได้และมีอัตราการพองตัวลดลง (Siaw *et al*., 1985) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของปราณิศา และคณะ (2541) ที่รายงานว่าการใช้แป้งข้าวสาลีในปริมาณเพิ่มขึ้นมีผลให้อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบลดลง เนื่องจากแป้งข้าวสาลีมีปริมาณของโปรตีนเป็นองค์ประกอบเพิ่มสูงขึ้นทำให้โปรตีนจับกับโมเลกุลของแป้งทำให้แป้งไม่สามารถขยายตัวได้ สำหรับการคัดเลือกสูตรข้าวเกรียบที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองนั้นได้พิจารณาจากปริมาณกากถั่วเหลืองที่สามารถทดแทนเนื้อปลาได้ในปริมาณสูงที่สุดร่วมกับพิจารณาคะแนนความชอบทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยเลือกคะแนนความชอบที่อยู่ในระดับ 6.50 คะแนนขึ้นไป ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรข้าวเกรียบที่มีปริมาณการทดแทนกากถั่วเหลืองที่ร้อยละ 20 โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยในคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมตามลำดับดังนี้ 6.76 (ชอบปานกลาง), 6.76 (ชอบปานกลาง), 6.70 (ชอบปานกลาง), 6.60 (ชอบปานกลาง) และ 6.72 (ชอบปานกลาง)

3 การวิเคราะห์คุณภาพของข้าวเกรียบที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง

3.1 คุณภาพทางกายภาพ

- **ค่าสี** จากการนำกากถั่วเหลืองมาทดแทนเนื้อปลาในปริมาณร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนักเนื้อปลา พบว่าค่าสี L^* ของข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองในทุกสูตรแตกต่างกับสูตรที่ไม่ได้ทดแทนด้วยกากถั่วเหลือง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าสี a^* และ b^* ของข้าวเกรียบที่ทดแทนด้วยกากถั่วเหลือง ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักเนื้อปลา เป็นเพียงสูตรเดียวที่ไม่มีความแตกต่างกับสูตรที่ไม่ได้ทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองดังแสดงในตารางที่ 6

Table 2 Sensory scores of commercial fish crackers

Sensory attributes	*Formulation*			
	1	*2*	*3*	*4*
Color	6.22 ± 1.64^{b}	6.12 ± 1.73^{b}	6.62 ± 1.24^{ab}	6.98 ± 1.12^{a}
Odor	6.06 ± 1.45^{b}	5.90 ± 1.62^{b}	6.26 ± 1.24^{b}	7.04 ± 1.12^{a}
Taste	6.18 ± 1.26^{b}	6.14 ± 1.74^{b}	6.48 ± 1.29^{b}	7.38 ± 1.47^{a}
Texture	6.12 ± 1.67^{b}	5.56 ± 1.85^{b}	5.74 ± 1.37^{b}	7.32 ± 1.04^{a}
Overall preference	6.48 ± 1.23^{b}	6.16 ± 1.45^{b}	6.42 ± 1.39^{b}	7.22 ± 1.27^{a}

Note: 1. formulation No. 1 from Sai Buri, formulation No. 2 from Kru Se, formulation No. 3 from Talo Kapo, and formulation No. 4 from Dato

2. Different letters within each column are significantly different at $P \leq 0.05$

Table 3 Color and Hardness of fresh fish cracker from Dato

Quality		Contents
Color	*L**	44.37 ± 0.17
	*a**	1.43 ± 0.17
	*b**	13.94 ± 0.26
	a_w	0.96 ± 0.0006
Hardness (Newton)		14.27 ± 2.58

Table 4 Ingredients of fish crackers substituted with soybean meal

Ingredients (Percent by weight)	Ratio (Mackerel : Soybean meal)					
	100:00	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50
Tapioca starch	42.60	42.60	42.60	42.60	42.60	42.60
Mackerel	42.60	38.34	34.08	29.82	25.56	21.30
Soybean meal	0.00	4.26	8.52	12.78	17.04	21.30
Egg	6.47	6.47	6.47	6.47	6.47	6.47
Sugar	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79
Salt	2.39	2.39	2.39	2.39	2.39	2.39
Monosodium glutamate	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16

Table 5 Sensory scores of fish crackers substituted with soybean meal

Ratio (Mackerel : Soybean meal)	Sensory sores				
	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptance
100 : 0	7.54 ± 0.93^{a}	7.82 ± 1.02^{a}	7.88 ± 1.04^{a}	7.78 ± 1.07^{a}	7.70 ± 1.09^{a}
90 : 10	7.16 ± 0.87^{ab}	7.24 ± 0.94^{b}	7.32 ± 0.98^{b}	7.22 ± 0.95^{b}	7.40 ± 0.93^{a}
80 : 20	6.76 ± 1.06^{bc}	6.76 ± 0.89^{c}	6.70 ± 0.99^{c}	6.60 ± 0.86^{c}	6.72 ± 0.97^{b}
70 : 30	6.38 ± 1.24^{cd}	6.36 ± 1.19^{cd}	6.46 ± 1.11^{cd}	6.36 ± 1.14^{c}	6.38 ± 1.07^{bc}
60 : 40	6.22 ± 1.23^{de}	6.20 ± 1.05^{d}	6.04 ± 1.03^{de}	5.80 ± 1.16^{d}	6.02 ± 1.45^{cd}
50 : 50	5.84 ± 1.25^{e}	6.00 ± 1.37^{d}	5.68 ± 1.42^{e}	5.50 ± 1.40^{d}	5.80 ± 1.40^{d}

Note : Different letters within each column are significantly different at $P \leq 0.05$

Table 6 Colors values of fresh fish crackers substituted with soybean meal

Ratio (Mackerel : Soybean meal)	Color		
	L*	a*	b*
100 : 0	44.37 ± 0.17^{e}	1.43 ± 0.17^{a}	13.94 ± 0.26^{b}
90 : 10	45.12 ± 0.15^{d}	1.39 ± 0.11^{a}	13.94 ± 0.20^{b}
80 : 20	48.70 ± 0.36^{c}	0.95 ± 0.17^{b}	14.22 ± 0.28^{ab}
70 : 30	49.66 ± 0.15^{b}	0.80 ± 0.12^{b}	14.33 ± 0.39^{ab}
60 : 40	51.36 ± 0.45^{a}	0.53 ± 0.06^{c}	14.43 ± 0.21^{a}
50 : 50	51.37 ± 0.06^{a}	0.46 ± 0.12^{c}	14.41 ± 0.42^{a}

- **ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และค่าความแข็ง** จากการวัดค่า a_w และค่าความแข็งของข้าวเกรียบที่มีการทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 พบว่าค่า a_w ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนค่าความแข็งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 7 ซึ่งเมื่อระดับการทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองมากขึ้น ค่า a_w มีค่าคงที่ ส่วนค่าความแข็งมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจากในกากถั่วเหลืองมีเส้นใยที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำเป็นองค์ประกอบ ในกระบวนการผลิตข้าวเกรียบต้องทำให้ข้าวเกรียบเกิดเจลและสุกโดยใช้ความร้อน 100 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เส้นใยบางส่วนที่ละลายน้ำได้ออกจากตัวก้อนข้าวเกรียบขณะต้ม ส่วนเส้นใยที่อยู่ในโครงสร้างของก้อนเจลข้าวเกรียบมีการอุ้มน้ำ ทำให้เนื้อสัมผัสนุ่มและยืดหยุ่น ตามปริมาณของการทดแทนกากถั่วเหลืองทำให้ค่าความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองมีค่าลดลงตามปริมาณการทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ

3.2 **การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี** พบว่าข้าวเกรียบที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองในปริมาณร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 8 ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองมีปริมาณความชื้นไม่มีความแตกต่างกันเมื่อทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองในปริมาณที่สูงขึ้น ขณะเดียวกันปริมาณไขมันลดลงตามปริมาณการทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองเนื่องจากโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของกากถั่วเหลืองมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่คือสามารถดูดซับน้ำมัน (ณัชชา, 2545) และเส้นใยที่อยู่ในกากถั่วเหลืองช่วยในการดักจับไขมันในอาหาร (พักตร์พิไล, 2557) จึงทำให้ปริมาณไขมันลดลงเมื่อมีการทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองในปริมาณที่สูงขึ้น ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและเส้นใยพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับรายงานของสุนีย์ และคณะ (2555) ที่พบว่าการทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองหมักสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนและลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์กุนเชียงได้และสอดคล้องกับรายงานของยุพรและกานดา (2548) ที่พบว่าคุกกี้เนยกากถั่วเหลืองสดมีปริมาณเส้นใยอาหารมากกว่าคุกกี้เนยสูตรควบคุมถึง 4.61 เท่า นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานของสวรรยา (2552) ที่พบว่าผลิตภัณฑ์ไส้อั่วกากถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนและเส้นใยเพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณไขมันและเถ้าลดลงเมื่อเทียบกับสูตรปกติ

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาบางส่วนในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบพบว่าสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนได้ แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกับข้าวเกรียบสูตรปกติ ทั้งนี้เนื่องจากกากถั่วเหลืองที่นำมาใช้เป็นกากถั่วเหลืองที่ได้จากการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง ซึ่งมีปริมาณโปรตีนเหลืออยู่น้อย จึงควรทำการศึกษาการนำกากถั่วเหลืองที่มีโปรตีนสูง เช่น กากถั่วเหลืองที่ได้จากโรงงานสกัดน้ำมัน (ศศิณี และคณะ, 2549) มาศึกษาต่อหรือนำใบพืชตระกูลถั่ว เช่น ใบขี้เหล็ก ใบจามจุรี และใบกระถิน (วีระพล และคณะ, 2556) มาศึกษาการเสริมโปรตีนในข้าวเกรียบเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภคมากขึ้น

4. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองร้อยละ 20 พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นในระดับชอบปานกลางมีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 7.47 และคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมในระดับชอบมากโดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยดังนี้ 7.75, 7.47, 7.77, 7.59 และ 8.02 ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

Table 7 Values of a_w and hardness of fresh fish cracker substituted with soybean meal

(Mackerel : Soybean meal)	a_w	Hardness (N)
100:0	0.96 ± 0.0006[a]	14.27± 2.58[a]
90:10	0.96 ± 0.0006[a]	12.31 ± 0.52[b]
80:20	0.96 ± 0.0006[a]	12.22 ± 2.72[c]
70:30	0.96 ± 0.0006[a]	11.80 ± 2.63[d]
60:40	0.96 ± 0.0012[a]	9.78 ± 1.03[e]
50:50	0.96 ± 0.0012[a]	9.29 ± 2.43[f]

Note: Different letters within each column are significantly different at $P \leq 0.05$

Table 8 Chemical properties of fresh fish cracker substituted with soybean meal

Ratio (Mackerel : Soybean meal)	Quantity (%W/W)				
	Moisture content	Protein	Fat	Fiber	Ash
100:0	1.70 ± 0.16[a]	13.18 ± 0.09[f]	17.71 ± 1.53[a]	0.47 ± 0.07[c]	2.52 ± 0.09[a]
90:10	1.64 ± 0.12[a]	14.21 ± 0.05[d]	14.28±1.26[b]	0.58 ± 0.02[c]	2.52 ± 0.02[a]
80:20	1.66 ± 0.09[a]	15.21 ± 0.05[c]	14.28±1.04[b]	0.59 ± 0.07[c]	2.50 ± 0.04[ab]
70:30	1.60 ± 0.14[a]	16.25 ± 0.14[c]	13.70± 0.29[b]	1.17 ± 0.14[b]	2.47± 0.05[abc]
60:40	1.75 ± 0.18[a]	17.25± 0.05[b]	13.28± 1.33[b]	1.36 ± 0.11[b]	2.43 ± 0.02[bc]
50:50	1.71 ± 0.11[a]	18.38 ± 0.09[a]	8.80 ± 0.76[c]	2.17 ± 0.19[a]	2.40± 0.04[c]

Note: Different letters within each column are significantly different at $P \leq 0.05$

Table 9 Sensory scores of fortifying 20% soybean meal in fresh cracker

Sensory scores	$\bar{X}$ ± S.D.	Comments
Color	7.75 ± 1.05	Like very much
Odor	7.47 ± 1.25	Like moderately
Taste	7.77 ± 0.94	Like very much
Texture	7.59 ± 1.11	Like very much
Overall preference	8.02 ± 0.90	Like very much

Note: Mean dislike extremely and 9 mean like extremely

สรุป

การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ พบว่าสูตรที่ได้รับการคัดเลือกคือ สูตรดาโต๊ะ ซึ่งเมื่อนำมาพัฒนาโดยใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา พบว่าสูตรที่เหมาะสม คือ สูตรที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองร้อยละ 20 โดยมีประกอบอื่นได้แก่ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 42.59 เนื้อปลาทูร้อยละ 34.08 กากถั่วเหลืองร้อยละ 8.52 ซึ่งสามารถเพิ่มโปรตีนและเส้นใยได้ร้อยละ 2.03 และ 0.12 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาข้าวเกรียบที่ได้รับการทดแทนด้วยกากถั่วเหลือง เพื่อหาสภาวะและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อคงคุณภาพของข้าวเกรียบให้มีอายุการเก็บรักษาได้นาน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเครือข่ายการวิจัยภาคใต้ตอนล่างที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ณัชชา สุพิชญางกูร. 2545. การสกัดและการศึกษาคุณลักษณะของโปรตีนจากโอคารา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

ปิยะรัชช์ กุลเมธี อภิญญา จันทรวัฒนะ หทัยชนก ศรีประไพ และภัทรพร เศรษฐโชติก. 2553. การใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปัง. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 20 (1): 97-105.

ปราณิศา เชื้อโพธิ์ หัก นงนุช รักสกุลไทย และดวงเดือน กุลวิลัย. 2541. การพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้ง. วารสารอาหาร 28(2): 125-132.

พักตร์พิไล ทวีสิน. 2557. ลดความอ้วนด้วยอาหารเสริม. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.never-age.com/955 (7 เมษายน 2557).

ยุพร พืชกมุทร. 2550. การใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลือง. วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง 15(2): 34-41.

ยุพร พืชกมุทร และกานดา แซ่จิว. 2548. การใช้ประโยชน์จากโอคาราเพื่อทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้เนย. วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง 13(3): 30-38.

วีระพล แจ่มสวัสดิ์ วรวรรณ สังข์แก้ว และจารุวัฒน์ ชินสุวรรณ. 2556. การใช้ใบขี้เหล็ก ใบจามจุรี และใบกระถิ่น เป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับโคเนื้อ. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต 1(3): 243-249.

ศศิณี อมตกุลชัย อภิชญา ลีลาวณิชกุล กัลยา เลาหสงคราม และสายวรุษ ชัยวาณิชศิริ. 2549. การทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยกากถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์บะหมี่สด. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สวรรยา เม้งเกร็ด. 2552. การทดแทนเนื้อหมูบางส่วนด้วยกากถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์ไส้อั่ว. รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง, ราชบุรี.

สุนีย์ เอียดมุสิก มีชัย ลัดดี และนงเยาว์ ชูสุข. 2555. การทดแทนเนื้อหมูในกุนเชียงด้วยกากถั่วเหลืองที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อโมแนสคัส (M.purpureus). วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 22(3): 622-631.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland.

Bingham, S.A., C. Atkinson, J. Liggins, L. Bluck, and A. Coward. 1998. Plyto oestrogens: where are we now?. British Journal of Nutrition 79(5): 393-406.

Siaw, M.F. M. Shahabuddin, S. Ballard, J.G. Shaw and R.E. Rhoads. 1985. Identification of a protein covalently linked to the 5' terminus of tobacco vein mottling virus RNA. Virology 142(1): 134-43.