รายงานการวิจัย

การใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลืองเพื่อทดแทนเนื้อปลา ในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสด

Utilization of Soybean Meal for Fish Meat Substitution in Palaw Keropok

ดลฤดี พิชัยรัตน์ Donrudee Pichairat

นพรัตน์ มะเห Nopparat Mahae

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2558

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์ประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ที่ได้เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำการทดลอง และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่สนับสนุนงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2558 ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ดลฤดี พิชัยรัตน์

นพรัตน์ มะเห

สิงหาคม 2559

การใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลืองเพื่อทดแทนเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสด

ดลฤดี พิชัยรัตน์[1] และ นพรัตน์ มะเห[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลืองเพื่อทดแทนเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสด โดยแปรปริมาณกากถั่วเหลืองสดที่ระดับร้อยละ 20 40 60 และ 80 ของน้ำหนักเนื้อปลา ผลจากการศึกษาพบว่าปริมาณกากถั่วเหลืองที่เหมาะสมที่ใช้ทดแทนเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดคือร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลา โดยสูตรข้าวเกรียบปลาสดที่ใช้กากถั่วเหลืองประกอบด้วยเนื้อปลาทูแขกร้อยละ 37.8 กากถั่วเหลืองสดร้อยละ 25.2 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 31.5 เกลือป่นร้อยละ 1.8 น้ำตาลร้อยละ 3.5 และผงชูรสร้อยละ 0.2 ผลิตภัณฑ์หลังทอดมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้นร้อยละ 25.89 โปรตีนร้อยละ 11.46 ไขมันร้อยละ 12.52 เถ้าร้อยละ 2.96 และใยอาหารร้อยละ 4.45 โดยน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม พบว่าข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองมีปริมาณใยอาหารสูงกว่า แต่มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าต่ำกว่าข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โดยให้คะแนนความชอบรวมในระดับชอบมาก และผู้บริโภคร้อยละ 94 สนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์เมื่อมีการวางจำหน่าย การศึกษาต้นทุนวัตถุดิบในการผลิต พบว่าข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลามีต้นทุนวัตถุดิบในการผลิต 47.02 บาทต่อข้าวเกรียบปลาสดหลังต้มสุก 1 กิโลกรัม และ 64.16 บาทต่อข้าวเกรียบปลาสดหลังทอด 1 กิโลกรัม โดยสามารถช่วยลดต้นทุนวัตถุดิบได้ 9.96 บาทต่อข้าวเกรียบปลาสดหลังต้มสุก 1 กิโลกรัม และ 10.37 บาทต่อข้าวเกรียบปลาสดหลังทอด 1 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม การศึกษาอายุการเก็บรักษาพบว่าผลิตภัณฑ์สามารถเก็บแช่เย็น (4 องศาเซลเซียส) ได้นาน 9 วัน และเก็บแช่แข็ง (-20 องศาเซลเซียส) ได้นาน 15 วัน โดยผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

คำสำคัญ: กากถั่วเหลือง เนื้อปลา ข้าวเกรียบปลาสด

…….

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง

Utilization of soybean meal for fish meat substitution in palaw keropok

Donrudee Pichairat[1] and Nopparat mahea[1]

Abstract

Utilization of soybean meal for fish meat substitution in palaw keropok was investigated. The substitution of soybean meal in palaw keropok were 20 40 60 and 80 percent by weight of the fish meat. The results showed that 40 percent of soybean meal replacement in palaw keropok was the most suitable. Then the suitable formula contained 37.8, 25.2, 31.5, 1.8, 3.5 and 0.2 percent of mackerel, soybean meal, tapioca flour, salt, sugar and monosodium glutamate respectively. The moisture content, protein, fat, ash and dietary fiber percentage of fried products were 25.89, 11.46, 12.52, 2.96 and 4.45 respectively. The achieved product contained higher amount of dietary fiber and lower amount of protein, fat and ash than the control product. For consumer test, the result showed that soybean meal substituted palaw keropok was accepted by consumer. The consumer score of overall acceptance product was like very much and 94 percent of consumers attended to buy the product when it place on sale. The cost of palaw keropok with soybean meal replacement levels of 40 percent by weight of fish meat was 47.02 bath/1 kg of cooked palaw keropok and 64.16 bath/1 kg of fried palaw keropok, when only raw material was calculated. Soybean meal substitution in palaw keropok for this study can reduce raw materials cost of palaw keropok for 9.96 bath/1 kg of cooked palaw keropok and 10.37 bath/1 kg of fried palaw keropok, when compared to control treatment. The shelf life of product, the result showed that storage time of product was 9 days at chilled temperature (4 ๐C) and 15 day for freezing temperature (-20 ๐C), while the product qualities were a little change compared with control product.

Keywords : soybean meal, fish meat, palaw keropok

…….

[1] Faculty of Science and Fisheries Technology. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Sikao, Trang.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
บทนำ	1
ตรวจเอกสาร	4
วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ	11
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	17
สรุปผลการทดลอง	34
เอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก	38

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มา

ถั่วเหลือง (soybean) เป็นพืชที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในประเทศแถบเอเชีย เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเป็นแหล่งของสารอาหารและแร่ธาตุที่สำคัญหลายชนิด โดยเฉพาะโปรตีน ซึ่งถั่วเหลืองนับเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่สำคัญ นอกจากนี้ถั่วเหลืองยังประกอบด้วยสารพฤษเคมี (phytochemical) ที่สำคัญหลายชนิดที่ให้ประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ กรดฟีนอลิก (phenolic acids) ไอโซฟลาโวน (isoflavone) แทนนิน (tannins) และซาโปนิน (saponins) (Anderson and Garner, 2000) โดยเฉพาะสารไอโซฟลาโวนที่เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยป้องกันอาการที่เกิดขึ้นเนื่องจากภาวะการหมดประจำเดือน ภาวะการเกิดโรคกระดูกพรุน ควบคุมและป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง รวมทั้งช่วยลดระดับคลอเลสเตอรอลในเลือดซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคเกี่ยวกับหัวใจและหลอดเลือด (Bordignon *et al*., 2004) ซึ่งถั่วเหลืองสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด ทั้งผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก เช่น น้ำนมถั่วเหลือง (soy milk) เต้าหู้ (tofu) แป้งถั่วเหลือง (soy flour) โปรตีนถั่วเหลือง (soy protein) และผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการหมัก เช่น ซีอิ๊ว (soy sauce) เต้าหู้ยี้ (sofu) เต้าเจี้ยว (miso) และเทมเป้ (tempe) เป็นต้น (Jun *et al*., 2004) การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองบางชนิด เช่น น้ำนมถั่วเหลืองและเต้าหู้มีเศษเหลือจากกระบวนการผลิต คือ กากถั่วเหลือง ซึ่งมักถูกนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นอาหารสัตว์ โดยเฉพาะกากถั่วเหลืองที่ได้จากการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองในระดับครัวเรือนที่มีปริมาณน้อย จึงมักถูกทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ ทั้งที่กากถั่วเหลืองยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเป็นแหล่งของใยอาหารและโปรตีนที่มีคุณภาพ นอกจากนี้ในกากถั่วเหลืองยังมีสารไอโซฟลาโวนซึ่งเป็นสารพฤษเคมีสำคัญที่ยังเหลืออยู่ (Li *et al*., 2012) ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้มีการศึกษาการนำกากถั่วเหลืองมาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ โดยใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบและใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะใยอาหารและโปรตีน ช่วยลดต้นทุนการผลิตและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (สวรรยา, 2552 ; ปิยะรัชช์ และคณะ, 2553 ; ยุพร และ วิญญ์, 2554 ; สุนีย์ และคณะ, 2555)

ข้าวเกรียบเป็นผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่นิยมบริโภคทั่วไป ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบหลักและมีส่วนผสมของเนื้อสัตว์ ผัก หรือผลไม้ รวมถึงเครื่องเทศและเครื่องปรุงรสต่าง ๆ ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ขึ้นรูป แล้วนำไปนึ่งหรือต้มให้สุก แช่เย็น จากนั้นหั่นเป็นแผ่น

บาง ๆ นำไปทำให้แห้งและทอดในน้ำมันร้อนจนมีลักษณะพองกรอบก่อนบริโภค มีหลายชนิด มีชื่อเรียกแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสม เช่น ข้าวเกรียบกุ้ง ข้าวเกรียบปลา ข้าวเกรียบฟักทอง ข้าวเกรียบแครอท เป็นต้น (สุดารัตน์, 2545 ; วิภาดา และ ภารดี, 2554 ; Taewee, 2011)

ข้าวเกรียบปลาสดหรือกือโป๊ะเป็นอาหารว่างชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ ผลิตจากปลาซึ่งเป็นส่วนผสมหลักผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ เช่นแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาคู เครื่องปรุงรสและเครื่องเทศต่าง ๆ ผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ขึ้นรูป แล้วนำไปนึ่งหรือต้มให้สุก หั่นเป็นชิ้น และนำไปทอดให้สุกในน้ำมันโดยไม่ต้องผ่านกรรมวิธีการทำให้แห้งก่อนการบริโภค (วิภาดา และ ภารดี, 2554 ; Nor Khaizura *et al*., 2009) ซึ่งในการผลิตข้าวเกรียบปลาสดใช้เนื้อปลาสูงถึงร้อยละ 60 ขณะที่การผลิตข้าวเกรียบปลาโดยทั่วไปใช้เนื้อปลาเพียงร้อยละ 20-25 เนื่องจากโปรตีนในเนื้อปลามีผลในการยับยั้งการพองตัวของข้าวเกรียบ (วิภาดา และ ภารดี, 2554 ; Nural *et al*., 2009) ทำให้ต้นทุนในการผลิตข้าวเกรียบปลาสดสูงเมื่อเทียบกับข้าวเกรียบปลาทั่วไปและมีใยอาหารน้อย

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงสนใจที่จะนำกากถั่วเหลือง ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือที่ได้จากการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองในระดับครัวเรือนและยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการ มาใช้ประโยชน์ทดแทนเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสด เพื่อลดปริมาณการใช้เนื้อปลา ซึ่งนอกจากจะช่วยลดต้นทุนการผลิตแล้ว ผู้บริโภคยังได้ประโยชน์จากคุณค่าทางโภชนาการของกากถั่วเหลือง อีกทั้งยังเป็นการช่วยลดของเสียและเพิ่มมูลค่าของกากถั่วเหลืองได้อีกทางหนึ่งด้วย

2. วัตถุประสงค์

2.1 ศึกษาปริมาณกากถั่วเหลืองที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสด

2.2 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา

2.3 ศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

2.4 ศึกษาต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง

2.5 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง

3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การนำกากถั่วเหลืองมาใช้ประโยชน์เพื่อทดแทนเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสด เป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลืองเพื่อการบริโภค ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มมูลค่ากากถั่วเหลืองที่เกิดจากการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองในระดับครัวเรือนในท้องถิ่นได้ และยังก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีต้นทุนการผลิตต่ำลง แต่ยังคงคุณค่าทางโภชนาการไว้ได้ และสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่ให้กับชุมชนในท้องถิ่น เป็นการสร้างอาชีพและรายได้ให้กับชุมชนได้อีกทางหนึ่งด้วย

ตรวจเอกสาร

1. ถั่วเหลือง

ถั่วเหลือง (soybean) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine max* (L.) Merrill. อยู่ในวงศ์ Leguminosae เป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในประเทศแถบเอเชีย เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีบทบาทสำคัญในการให้ประโยชน์ต่อสุขภาพ ถั่วเหลืองประกอบด้วยสารอาหารและแร่ธาตุที่สำคัญหลายชนิด ได้แก่ โปรตีน (protein) ไขมัน (fat) ใยอาหาร (dietary fiber) วิตามินบี 1 (thiamin) วิตามินบี 12 (riboflavin) ไนอาซิน (niacin) โฟเลต (folate) วิตามินเค เหล็ก สังกะสี ฟอสฟอรัส (phosphorus) แคลเซียม (calcium) และแมกนีเซียม (magnesium) นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) หลายชนิด ได้แก่ กรดฟีนอลิก (phenolic acids) ไอโซฟลาโวน (isoflavones) แทนนิน (tannins) และซาโปนิน (saponins) (Anderson and Garner, 2000) โดยทั่วไปการบริโภคถั่วเหลืองจะบริโภคในลักษณะที่ผ่านกระบวนการทำให้สุกแล้ว โดยอาจบริโภคในรูปของผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก เช่น น้ำนมถั่วเหลือง (soy milk) เต้าหู้ (tofu) แป้งถั่วเหลือง (soy flour) โปรตีนถั่วเหลือง (soy protein) หรือผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการหมัก เช่น ซีอิ๊ว (soy sauce) เต้าหู้ยี้ (sofu) เต้าเจี้ยว (miso) และเทมเป้ (tempe) (Jun *et al*., 2004) ในปัจจุบันพบว่าการบริโภคถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองให้ผลดีต่อสุขภาพในการช่วยลดอัตราเสี่ยงและสามารถป้องกันการเกิดโรคบางชนิดได้ โดยสารไอโซฟลาโวนซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ช่วยในการป้องกันอาการที่เกิดขึ้นเนื่องจากภาวะการหมดประจำเดือน ภาวะการเกิดโรคกระดูกพรุน ควบคุมและป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง รวมทั้งช่วยลดระดับคลอเลสเตอรอลในเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคเกี่ยวกับหัวใจและหลอดเลือด (Bordignon *et al*., 2004)

ภาพที่ 1 ถั่วเหลือง

2. กากถั่วเหลือง

กากถั่วเหลืองหรือโอคารา (okara) เป็นวัสดุเศษเหลือที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองและเต้าหู้ (Park *et al*., 2015) โดยในการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง ถั่วเหลือง 1 กิโลกรัม จะได้ส่วนที่เป็นกากถั่วเหลือง 1.2 กิโลกรัม (Li *et al*., 2012) กากถั่วเหลืองมีลักษณะที่สำคัญคือมีความชื้นสูง จึงเกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย แต่กากถั่วเหลืองยังมีปริมาณโปรตีนและใยอาหารสูง รวมถึงมีวิตามิน แร่ธาตุต่าง ๆ และสารพฤษเคมี เช่น ไอโซฟลาโวน ซาโปนิน ที่ให้ประโยชน์ต่อสุขภาพ (ยุพร และ วิญญ์, 2554) กากถั่วเหลืองจึงเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีราคาถูก จึงถูกนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ เช่น ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารสัตว์ สกัดโปรตีนหรือสารต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ และนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนและใยอาหาร ใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์เพื่อลดต้นทุนการผลิต ลดปริมาณไขมัน เพิ่มปริมาณใยอาหาร และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (สวรรยา, 2552 ; ปิยะรัชช์ และคณะ, 2553 ; ยุพร และ วิญญ์, 2554 ; สุนีย์ และคณะ, 2555) โดยกากถั่วเหลืองสดประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 84.5 โปรตีนร้อยละ 4.73 ไขมันร้อยละ 1.5 เถ้าร้อยละ 0.4 และใยอาหารร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักสด (O'Toole, 1999)

ภาพที่ 2 กากถั่วเหลือง

3. ข้าวเกรียบปลาสด

ข้าวเกรียบปลาสดหรือกรือโป๊ะเป็นอาหารขบเคี้ยวประเภทหนึ่งที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในประเทศมาเลเซียและจังหวัดชายแดนภาคใต้ของไทย มีชื่อเรียกในภาษามลายูท้องถิ่นว่าปาลอกรือโป๊ะ (palaw keropok) ในประเทศมาเลเซียมีชื่อเรียกว่า keropok lekor มีส่วนผสมและขั้นตอนการผลิตคล้ายกับข้าวเกรียบปลาทั่วไป แตกต่างกันตรงที่ข้าวเกรียบปลา

สดจะใช้ปลาเป็นส่วนผสมหลักและบริโภคด้วยการทอดในน้ำมันโดยไม่ต้องผ่านกรรมวิธีทำแห้ง รับประทานพร้อมน้ำจิ้ม การผลิตข้าวเกรียบปลาสดจะนำปลาที่ตัดเอาหัวและเครื่องในออกมาบดละเอียด และผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ เช่นแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาคู เครื่องปรุงรสและเครื่องเทศต่าง ๆ จนเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ขึ้นรูป แล้วนำไปนึ่งหรือต้มให้สุก หั่นเป็นชิ้น และนำไปทอดให้สุกในน้ำมัน (วิภาดา และ ภารดี, 2554 ; Mohamed *et al*., 2008 ; Nor Khaizura *et al*., 2010)

ภาพที่ 3 ข้าวเกรียบปลาสด

4. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลาสด (วิภาดา และ ภารดี, 2554)

4.1 แป้ง

แป้งมีสูตรเคมีทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ เป็นโพลิเมอร์ของกลูโคสที่ประกอบด้วยหน่วยของน้ำตาลกลูโคสมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glucosidic linkage) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 และ 4 ภายในเม็ดแป้งประกอบด้วยโพลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิดคืออะไมโลส (amylosc) และอะไมโลเพคติน (amylopectin) เป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ มีผลต่อการพองตัวและความกรอบของข้าวเกรียบ โดยองค์ประกอบที่สำคัญของแป้งที่มีผลต่อการพองตัวของข้าวเกรียบ คือ อะไมโลสและอะไมโลเพคติน

แป้งมันสำปะหลัง ผลิตจากมันสำปะหลัง (cassava) มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีขาว ลักษณะเด่นของแป้งมันสำปะหลังคือ มีความบริสุทธิ์สูง มีสิ่งปนเปื้อนต่ำ โดยมีสตาร์ชอยู่มากกว่าร้อยละ 95 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.05 ไขมันร้อยละ 0.14 และเถ้าร้อยละ 0.16 มีปริมาณอะไมโลสค่อนข้างต่ำคือร้อยละ 17.7 และมีปริมาณอะไมโลเพคตินร้อยละ 83 โดยน้ำหนักแห้ง แป้งมันสำปะหลังมักถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสด เนื่องจากมีผลต่อการพองตัวดีกว่าแป้งชนิดอื่น

4.2 ปลา

ปลาที่ใช้ควรเป็นปลาสด ความสดของปลามีผลต่อความยืดหยุ่นของเนื้อปลา โดยเมื่อความสดลดลงเกิดการสูญเสียสภาพทางธรรมชาติของเนื้อปลา ทำให้ความสามารถในการละลายโปรตีนลดลง ส่งผลให้ความยืดหยุ่นลดลงด้วย ซึ่งโปรตีนไมโอซินเป็นโปรตีนในเนื้อปลาที่มีโมเลกุลเป็นโซ่สายยาวที่สามารถอุ้มน้ำและทำให้เกิดร่างแห (network) เล็ก ๆ จำนวนมาก จึงช่วยให้เกิดความเหนียวในเนื้อปลา ปลาที่ใช้ทำข้าวเกรียบปลาสด ได้แก่ ปลาทูแขก (*Decapterus macrosoma*) ปลาซาร์ดีน (*Clupea leiogaster*) ปลาทะเล (*Johnius soldado*) ปลาตาโต (*Brachydeuterus auritus*) ปลากะพง (*Lutjanus* spp.) เป็นต้น

ปลาทูแขก เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย พบแพร่กระจายทั่วไปตามชายฝั่งทะเลอันดามันและอ่าวไทย มีพฤติกรรมชอบอยู่รวมกันเป็นฝูงในระดับกลางน้ำ เป็นปลาที่กินพวกลูกปลา สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็กและแพลงก์ตอนเป็นอาหาร ปลาทูแขกอยู่ในวงศ์ปลาสีกุน (family carangidae) และอยู่ในสกุล *Decapterus* มีชื่อสามัญว่า round scad ปลาทูแขกที่พบทางฝั่งทะเลอันดามันของไทยมี 3 ชนิด คือปลาทูแขกครีบยาว (*Decapterus maruadsi)* ปลาทูแขกครีบหูสั้น *(Decapterus macrosoma)* และปลาทูแขกใหญ่ *(Decapterus russelli*) ชนิดที่พบมากที่สุดคือปลาทูแขกครีบยาว

4.3 วัตถุปรุงแต่ง

4.3.1 เกลือ

เกลือเป็นสารที่ช่วยเพิ่มรสชาติให้กับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสด และช่วยสกัดโปรตีนไมโอซินให้ละลายออกมา ทำให้ส่วนผสมมีความเหนียวมากขึ้น เมื่อได้รับความร้อนก็จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหนียวและยืดหยุ่น นอกจากนี้เกลือยังมีผลต่อการพองตัวของข้าวเกรียบ

4.3.2 น้ำตาล

น้ำตาลช่วยให้รสชาติและมีผลให้การพองตัวของเม็ดแป้งช้าลง ทำให้การสุกของแป้งเป็นไปอย่างช้าช้า การใส่น้ำตาลมากเกินไปมีผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่พองตัว เมื่อนำไปทอด นอกจากนี้น้ำตาลยังสามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนให้สารประกอบสีน้ำตาลที่อุณหภูมิสูง ทำให้ข้าวเกรียบมีสีน้ำตาล

4.3.3 ผงชูรส

ผงชูรส มีชื่อทางเคมีว่า โมโนโซเดียมแอล-กลูตาเมท (monosodium-L-glutamate) มีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น มีประโยชน์ในการเป็นสารเพิ่มรสชาติอาหาร (flavor enhancer) ทำให้อาหารมีรสชาติโดยรวมดีขึ้น เนื่องจากเมื่อผงชูรสละลายน้ำจะแตกตัวได้โซเดียมและกลูตาเมตอิสระที่มีสมบัติในการเพิ่มรสชาติอาหาร โดยช่วยเพิ่มรสชาติของรสชาติพื้นฐาน

4 รสที่รู้จักกันดีคือ รสหวาน รสเค็ม รสเปรี้ยว และรสขม ให้เด่นชัดมากขึ้น การศึกษาทางเภสัชวิทยาเกี่ยวกับรสชาติพบว่า ผงชูรสสามารถกระตุ้น glutamate receptor แล้วทำให้เกิดรสชาติเฉพาะตัวที่เรียกว่า รสอูมามิ (umami) ซึ่งเป็นรสที่ 5 ที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้และเป็นเอกลักษณ์แตกต่างจากรสชาติพื้นฐานทั้ง 4 นอกจากนี้ผงชูรสจะกระตุ้นประสาทในปากและลำคอทำให้รู้สึกอาหารอร่อยขึ้นและเกิดความรู้สึกซ่าเล็กน้อยและทำให้รสต่าง ๆ สามารถค้างอยู่ในปากและลำคอได้เป็นเวลานาน ช่วยเสริมรสชาติของอาหารได้ดีโดยเฉพาะในอาหารคาว เช่น ช่วยให้ไก่มีรสชาติมากขึ้น ช่วยให้รสของผักเหมือนผักสด ช่วยเน้นรสหวานของเนื้อเค็ม นอกจากนี้ยังทำให้ความรู้สึกทางด้านรสชาติของอาหารบางอย่างลดน้อยลง เช่น ความฉุนของหัวหอม กลิ่นคาวของเนื้อสัตว์ดิบ กลิ่นของผักดิบ กลิ่นเปลือกและกลิ่นดินในเผือก

5. กรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสด (วิภาดา และ ภารดี, 2554)

5.1 การผสมและการนวด

การนวดผสมเป็นขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่ง เพื่อให้แป้งและส่วนผสมผสมเป็นเนื้อเดียวกัน และมีเนื้อสัมผัสเนียนซึ่งมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏเป็นรูพรุนสม่ำเสมอพองตัวดี

5.2 การปั้นและการทำให้สุก

หลังจากการผสมและการนวดจนได้ที่แล้ว จะแบ่งแป้งเป็นก้อน ๆ แต่ละก้อนมีน้ำหนักเท่า ๆ กัน ปั้นเป็นก้อนกลมแล้วคลึงเป็นท่อน นำไปทำให้สุกโดยการต้มในน้ำเดือดหรือนึ่งโดยวางลงบนรังถึงที่มีใบตองหรือผ้าดิบชุบน้ำพอหมาด ๆ รองรับไว้เพื่อป้องกันการติดที่อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

5.3 การหั่น

หลังจากนึ่งก้อนแป้งสุกแล้วจะต้องทิ้งก้อนแป้งให้เย็น ก่อนนำไปหั่น ซึ่งสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการหั่นคือ ความหนาของชิ้นข้าวเกรียบ หากชิ้นข้าวเกรียบมีความหนามากการพองตัวจะมีน้อย แต่หากความหนาน้อยลง การพองตัวจะมีมาก

5.4 การทอด

การทอดเป็นกระบวนการที่ทำให้ข้าวเกรียบพองตัวโดยใช้น้ำมันเป็นตัวให้ความร้อน ซึ่งเมื่อชิ้นข้าวเกรียบได้รับความร้อนจากน้ำมันในระหว่างการทอด จะทำให้น้ำที่แทรกอยู่ในก้อนโดระเหยกลายเป็นไออย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดความดันไอขึ้นภายในดันให้เนื้อของข้าวเกรียบขยายตัวได้ เกิดลักษณะเป็นโพรง หรือรูพรุน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบ และความชื้น

ของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง ขณะเดียวกันผลิตภัณฑ์จะถูกดูดซับน้ำมันเข้าไปแทนน้ำที่ระเหยออก และแทรกอยู่ในช่องว่างหรือโพรงอากาศภายในผลิตภัณฑ์ทำให้มีปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น ซึ่งใช้อุณหภูมิในการทอด 180-200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นัจญ์มีย์ และคณะ (2558) ศึกษาการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองอบแห้งในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนและใยอาหารที่ระดับร้อยละ 10 20 30 40 และ 50 โดยน้ำหนักเนื้อปลา พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับข้าวเกรียบปลาที่มีการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 20 โดยน้ำหนักเนื้อปลา ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสว่าง ปริมาณโปรตีนและใยอาหารเพิ่มขึ้น และมีปริมาณไขมันลดลงเมื่อเทียบกับข้าวเกรียบปลาสูตรปกติ

ยุพร และ วิญญ์ (2554) ศึกษาการใช้กากถั่วเหลืองสดเพื่อทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ระดับร้อยละ 15 20 และ 25 ของน้ำหนักแป้ง พบว่าการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าความยืดหยุ่นของก้อนโดขนมปังลดลง ขนมปังมีปริมาตรจำเพาะลดลง มีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้นและมีสีคล้ำลง โดยปริมาณกากถั่วเหลืองสดที่สามารถใช้ทดแทนแป้งสาลีได้อยู่ที่ระดับร้อยละ 20 ขนมปังที่ผลิตได้จะมีปริมาณโปรตีน เถ้าและใยอาหารเพิ่มขึ้นและมีปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตลดลงเมื่อเทียบกับขนมปังสูตรควบคุม

นงเยาว์ และคณะ (2553) ศึกษาการใช้กากถั่วเหลืองสดทดแทนเนื้อและมันหมูในผลิตภัณฑ์หมูก้อนทอดที่ระดับร้อยละ 30 35 40 45 และ 50 โดยน้ำหนักของเนื้อหมูและมันหมูในสูตร พบว่าการใช้ปริมาณกากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นมีผลให้คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ลดลง โดยสามารถใช้กากถั่วเหลืองสดทดแทนเนื้อและมันหมูได้ที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อและมันหมู ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสว่างมากกว่าหมูก้อนสูตรพื้นฐาน มีค่าความแข็งและการเกาะตัวใกล้เคียงกับหมูก้อนสูตรพื้นฐาน มีปริมาณโปรตีนและเยื่อใยสูงกว่าสูตรพื้นฐาน แต่มีปริมาณไขมันต่ำกว่าสูตรพื้นฐาน การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ -2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ทั้งทางด้านกายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส

สวรรยา (2552) ศึกษาการทดแทนเนื้อหมูและมันหมูบางส่วนด้วยกากถั่วเหลืองแห้งในผลิตภัณฑ์ไส้อั่ว โดยใช้กากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 10 20 30 40 และ 50 ของน้ำหนักเนื้อหมู พบว่าผลิตภัณฑ์ไส้อั่วที่เติมกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 30 ของน้ำหนักเนื้อหมู ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยไส้อั่วกากถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนและเยื่อใยเพิ่มขึ้น และมีปริมาณไขมันลดลงเมื่อเทียบกับไส้อั่วสูตรปกติ

Turhan *et al*. (2007) ศึกษาการเติมกากถั่วเหลืองสดในผลิตภัณฑ์แพตตี้เนื้อวัวที่ระดับร้อยละ 7.5 15 22.5 30 และ 37.5 พบว่าการเติมกากถั่วเหลืองสดในผลิตภัณฑ์มีผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณผลผลิต ความสว่างและปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณโปรตีนลดลงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมกากถั่วเหลือง และการเติมกากถั่วเหลืองยังช่วยลดปริมาณโคเลสเตอรอลในผลิตภัณฑ์ได้ โดยสามารถเติมกากถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์ได้ถึงร้อยละ 22.5 ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตและช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีประโยชน์ต่อสุขภาพผู้บริโภคเพิ่มขึ้น

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์

1.1 วัตถุดิบ

1.1.1 กากถั่วเหลือง ที่ได้จากการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองในระดับครัวเรือน จากผู้ประกอบการในอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

1.1.2 วัตถุดิบที่ใช้ผลิตข้าวเกรียบปลาสด ได้แก่

- ปลาทูแขก
- แป้งมันสำปะหลัง
- เกลือ
- น้ำตาลทราย
- ผงชูรส

1.2 สารเคมี

1.2.1 กรดซัลฟิวริก (sulfuric acid, H_2SO_4)	Merck	Germany
1.2.2 กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid, HCl)	Merck	Germany
1.2.3 คอปเปอร์ซัลเฟต (copper sulphate, $CuSO_4$)	Merck	Germany
1.2.4 โพแทสเซียมซัลเฟต (potassium sulfate, K_2SO_4)	Merck	Germany
1.2.5 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH)	Merck	Germany
1.2.6 กรดบอริก (boric acid, H_3BO_3)	Merck	Germany
1.2.7 ปิโตรเลียมอีเธอร์ (petroleumether)	Labscan	Germany
1.2.8 Plate count agar (PCA)	Difco	USA
1.2.9 Peptone	Difco	USA
1.2.10 Potato Dextrose Agar (PDA)	Difco	USA
1.2.11 กรดทาทาร์ริก (tatarric acid)	Ajax	Australia

1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1.3.1 อุปกรณ์สำหรับการเตรียมตัวอย่างกากถั่วเหลือง และผลิตข้าวเกรียบปลาสด

1.3.2 อุปกรณ์สำหรับวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี ค่าการพองตัว ค่าสี และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

1.3.3 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน และไขมัน

1.3.4 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส

1.3.5 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ รา

1.3.6 ตู้เย็น (Mitsubishi, Malaysia)

1.3.7 ตู้แช่แข็ง (Haier, Chiana)

1.3.8 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, Germany)

1.3.9 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius, Germany)

1.3.10 เครื่องบดอาหาร (Panasonic, Thailand)

1.3.11 เครื่องนวดผสมอาหาร (Kitchen Aid, USA)

1.3.12 เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Aqua Lab, USA)

1.3.13 เครื่องวัดสี (Hunter lab, ColorFlex, USA)

1.3.14 ตู้อบลมร้อน (Memmert, Germany)

1.3.15 เตาเผา (EHRET, Germany)

1.3.16 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Gerhardt, Germany)

1.3.17 เครื่องวิเคราะห์โปรตีน (Gerhardt, Germany)

1.3.18 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) (Sartorius, Docu-pH^{+}, Germany)

1.3.19 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันสูง (Rexmed, Japan)

1.3.20 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ((Memmert, Germany)

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

กากถั่วเหลืองที่ได้จากการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองในระดับครัวเรือน จากผู้ประกอบการในอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง นำมาบีบน้ำออกและบรรจุใส่ถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เมื่อต้องการใช้นำมาละลายน้ำแข็งด้วยการแช่น้ำโดยไม่แกะถุงพลาสติก เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

2.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง โดยนำตัวอย่างกากถั่วเหลืองที่เตรียมได้จากข้อ 2.1 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่

2.2.1 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

2.2.2 ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)

2.2.3 ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

2.2.4 ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

2.2.5 ปริมาณใยอาหาร (AOAC, 2012)

2.3 การศึกษาปริมาณกากถั่วเหลืองที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสด

การผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดใช้สูตรที่มีส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 1 เป็นสูตรควบคุม และศึกษาปริมาณกากถั่วเหลืองเพื่อใช้ทดแทนเนื้อปลาที่ 4 ระดับ คือ ร้อยละ 20 40 60 และ 80 ของน้ำหนักเนื้อปลา ทำการผลิตตามวิธีการในภาพที่ 1 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพด้านต่าง ๆ ตามวิธีการในข้อ 2.3.1 2.3.2 และ 2.3.3 เปรียบเทียบกับข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม

ตารางที่ 1 ส่วนผสมข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม

ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
ปลาทูแขก	63
แป้งมันสำปะหลัง	31.5
เกลือป่น	1.8
น้ำตาล	3.5
ผงชูรส	0.2

ที่มา: ดัดแปลงจาก วิภาดา และ ภารดี (2554)

ปลาทูแขกนำมาขอดเกล็ด ตัดหัว ควักไส้ ล้างให้สะอาด และวางทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ

↓

บดปลาจนละเอียด

↓

นำเนื้อปลาใส่ในเครื่องนวดผสม เติมเกลือป่น น้ำตาล และผงชูรส นวดผสมนาน 30 วินาที

↓

ใส่แป้งมันสำปะหลังแล้วนวดผสมต่ออีก 5 นาที

↓

ชั่งส่วนผสม 500 กรัม คลึงเป็นก้อนกลม แล้วปั้นเป็นรูปทรงกระบอก
(เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ยาว 24 เซนติเมตร)

ต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

วางพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ และให้ก้อนข้าวเกรียบปลาสดมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง

หั่นเป็นแท่งสี่เหลี่ยม กว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 1x8x1 เซนติเมตร

ทอดในน้ำมันที่มีอุณหภูมิ 190 $\pm$ 10 องศาเซลเซียส นาน 4 นาที

ข้าวเกรียบปลาสดพร้อมบริโภค

ภาพที่ 4 ขั้นตอนการผลิตข้าวเกรียบปลาสด
ที่มา: ดัดแปลงจาก วิภาดา และ ภารดี (2554)

2.3.1 คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Water Activity, a_w)
- ค่าการพองตัว (วิภาดา และ ภารดี, 2554)
- ค่าสี

2.3.2 คุณภาพทางเคมี

- ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)
- ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)

2.3.3 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับต่าง ๆ เปรียบเทียบกับข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม โดยการประเมินปัจจัยคุณภาพสี ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale กับผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้รับการฝึกฝน (Untrained panel) จำนวน 30 คน

คัดเลือกสูตรข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete randomized design,CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) สำหรับการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

2.4 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง

นำผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองในระดับที่เหมาะสมที่ได้รับการคัดเลือกจากการศึกษาในข้อ 2.3 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม ดังนี้

2.4.1 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

2.4.2 ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)

2.4.3 ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

2.4.4 ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

2.4.5 ปริมาณใยอาหาร (AOAC, 2012)

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูล โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete randomized design, CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT)

2.5 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง

เตรียมผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองตามสูตรที่เหมาะสมที่ได้รับการคัดเลือกจากการศึกษาในข้อที่ 2.3 เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง แล้วนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง จำนวน 100 คน โดยใช้แบบสอบถามทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคด้วยวิธี 9-point hedonic scale ประเมินความชอบทางด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม

2.6 การศึกษาต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง

คำนวณต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม

2.7 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง

ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง โดยบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ทอดในถุงพลาสติกชนิดโพลิเอทธิลีนในสภาพปกติ เก็บรักษาด้วยการแช่เย็น (อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส) และแช่เยือกแข็ง (อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 15 วัน สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 3 วัน ตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

2.7.1 คุณภาพทางด้านกายภาพ

- วัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Water Activity, a_w)

2.7.2 คุณภาพทางด้านเคมี

- ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)
- วัดค่า pH (Nor Khaizura *et al*., 2009)

2.7.3 คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา

- ตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total viable count) โดยวิธี pour plate (BAM, 2001)
- ตรวจวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา โดยวิธี pour plate (BAM, 2001)

2.7.4 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไปทอดในน้ำมัน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบคุณภาพโดยรวม ตามวิธีการของ Lawless and Heymann (1999) พิจารณาสี ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส โดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 15 คน เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม กำหนดให้คะแนน 9-10 เท่ากับ match (เหมือนตัวอย่างควบคุม) คะแนน 6-8 เท่ากับ acceptable คะแนน 3-5 เท่ากับ unacceptable และ คะแนน 1-2 เท่ากับ reject

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลืองซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือที่ได้จากการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองในระดับครัวเรือน จากผู้ประกอบการในอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ	
	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง
ความชื้น	84.56 ± 0.15	-
โปรตีน	4.26 ± 0.18	27.28 ± 0.16
ไขมัน	3.34 ± 0.05	21.96 ± 0.32
เถ้า	0.42 ± 0.01	2.72 ± 0.08
ใยอาหาร	7.42 ± 0.12	48.04 ± 0.75

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากผลจากการศึกษาในตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่ากากถั่วเหลืองสดที่นำมาใช้ในการทดลองมีปริมาณความชื้นร้อยละ 84.56 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และใยอาหารร้อยละ 4.26 3.34 0.42 และ 7.42 โดยน้ำหนักตามลำดับ เมื่อคิดเทียบเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง พบว่ากากถั่วเหลืองที่นำมาใช้ในการศึกษามีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และใยอาหารร้อยละ 27.28 21.96 2.72 และ 48.04 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Li *et al.* (2012) ที่รายงานว่ากากถั่วเหลืองสดจะมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 81.7-84.5 โดยน้ำหนัก มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และใยอาหารอยู่ในช่วงร้อยละ 15.2-33.4 8.3-10.9, 3-4.5 และ 42.4-58.1 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ขณะที่ นงเยาว์ และคณะ (2553) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลืองสด ซึ่งเป็นเศษเหลือจากการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง พบว่ามีปริมาณความชื้นร้อยละ 65.67 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และเส้นใยร้อยละ 3.16 1.19 8.07 และ 21.12 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งการที่กากถั่วเหลืองจากแต่ละแหล่งมีองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกันนั้น อาจเป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างของสายพันธุ์ ชนิดของถั่วเหลืองที่ใช้ (เต็มเมล็ด/ซีก) อัตราส่วนของถั่วต่อน้ำที่ใช้ในการ

ผลิต รวมถึงกรรมวิธีการผลิตที่ต่างกัน จึงมีผลให้องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลืองที่ได้แตกต่างกัน (สุนีย์ และคณะ, 2555 ; Li *et al*., 2012)

2. ผลการศึกษาปริมาณกากถั่วเหลืองที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสด

การศึกษาปริมาณกากถั่วเหลืองที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสด โดยแปรปริมาณกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 20 40 60 และ 80 ของน้ำหนักเนื้อปลา พิจารณาคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3 4 และ 5

2.1 คุณภาพทางกายภาพ

การศึกษาคุณภาพทางกายภาพของข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุมและข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับต่าง ๆ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลาขึ้นไปมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) ก่อนทอดที่แตกต่างจากข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวเกรียบปลาสดที่มีการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองจะมีค่าวอเตอร์แอคติวิตีเพิ่มขึ้นตามระดับการใช้กากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการใช้กากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน และอาจส่งผลให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ในรูปสดสั้นลง ขณะเดียวกันการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่ระดับร้อยละ 20 และ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลา มีผลให้ข้าวเกรียบมีค่าการพองตัวที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม ทั้งนี้เป็นเพราะการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองมีผลให้ปริมาณโปรตีนในข้าวเกรียบปลาสดลดลง ซึ่งโปรตีนจากปลาจะขัดขวางการพองตัวของข้าวเกรียบ ส่งผลให้ข้าวเกรียบปลาสดที่มีการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองมีค่าการพองตัวที่เพิ่มขึ้น (Nurul *et al*., 2009 ; Taewee, 2011) อย่างไรก็ตามเมื่อปริมาณการใช้กากถั่วเหลืองเพิ่มมากขึ้นกลับมีผลให้ค่าการพองตัวของข้าวเกรียบลดลง ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสมบัติในการอุ้มน้ำของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำที่เป็นองค์ประกอบในกากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้กากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น ทำให้ก้อนข้าวเกรียบหลังต้มมีลักษณะชื้น มีเนื้อสัมผัสนุ่มและมีความยืดหยุ่นน้อย ส่งผลให้ค่าการพองตัวของข้าวเกรียบภายหลังการทอดลดลง (นัจญ์มีย์ และคณะ, 2558 ; Kuan and Liong, 2008) เมื่อพิจารณาค่าสีของข้าวเกรียบปลาสด พบว่าการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลามีผลให้ข้าวเกรียบปลาสดทั้งก่อนทอดและหลังทอดมีค่าความสว่าง (L)

เพิ่มขึ้นจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวเกรียบจะมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นตามระดับการใช้กากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากกากถั่วเหลืองสดที่นำมาใช้มีสีเหลืองอ่อนออกขาว เมื่อนำมาใช้ทดแทนเนื้อปลาที่มีสีคล้ำในผลิตภัณฑ์ จึงมีผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีที่สว่างมากขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Turhan *et al.* (2007) ที่พบว่าการเสริมกากถั่วเหลืองสดในผลิตภัณฑ์แพตตี้เนื้อวัวในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 3 คุณภาพทางกายภาพของข้าวเกรียบปลาสดที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่ระดับต่าง ๆ

คุณภาพทางกายภาพ	ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่ระดับต่าง ๆ				
	สูตรควบคุม	**ร้อยละ 20**	**ร้อยละ 40**	**ร้อยละ 60**	**ร้อยละ 80**
ค่า aw (ก่อนทอด)	0.973 ± 0.001^{d}	0.975 ± 0.001^{d}	0.980 ± 0.001^{c}	0.983 ± 0.001^{b}	0.985 ± 0.001^{a}
ค่าการพองตัว	1.17 ± 0.01^{b}	1.32 ± 0.07^{a}	1.36 ± 0.02^{a}	1.10 ± 0.01^{bc}	1.07 ± 0.06^{c}
ค่าสี					
- ก่อนทอด					
L*	47.63 ± 0.52^{e}	50.83 ± 0.83^{d}	52.05 ± 0.49^{c}	55.25 ± 0.12^{b}	58.23 ± 0.29^{a}
a*	2.15 ± 0.02^{a}	1.91 ± 0.06^{b}	1.48 ± 0.26^{c}	0.84 ± 0.04^{d}	0.20 ± 0.09^{e}
b*	16.05 ± 0.25^{a}	16.01 ± 0.15^{a}	15.90 ± 0.56^{ab}	15.39 ± 0.16^{b}	14.17 ± 0.09^{c}
- หลังทอด					
L*	48.69 ± 1.10^{b}	51.18 ± 1.13^{a}	51.87 ± 1.28^{a}	51.95 ± 0.64^{a}	52.23 ± 0.89^{a}
a*	3.02 ± 0.36^{b}	2.42 ± 0.30^{c}	3.08 ± 0.35^{b}	3.42 ± 0.11^{b}	4.61 ± 0.34^{a}
b*	21.80 ± 1.52^{b}	21.83 ± 2.03^{b}	22.57 ± 0.91^{b}	22.53 ± 0.52^{b}	25.05 ± 0.12^{a}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.2 คุณภาพทางเคมี

การศึกษาคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่มีการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับต่าง ๆ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณภาพทางเคมีของข้าวเกรียบปลาสดที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่ระดับต่าง ๆ

คุณภาพทางเคมี	ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่ระดับต่าง ๆ				
	สูตรควบคุม	ร้อยละ 20	ร้อยละ 40	ร้อยละ 60	ร้อยละ 80
ก่อนทอด					
- ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	50.61 ± 0.08^{e}	52.77 ± 0.05^{d}	53.73 ± 0.15^{c}	54.32 ± 0.07^{b}	56.59 ± 0.32^{a}
- ปริมาณโปรตีน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	13.40 ± 0.10^{a}	11.76 ± 0.06^{b}	9.39 ± 0.30^{c}	6.76 ± 0.21^{d}	4.51 ± 0.06^{e}
หลังทอด					
- ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	25.12 ± 0.09^{c}	24.27 ± 0.75^{c}	24.56 ± 0.93^{c}	28.92 ± 0.74^{b}	31.59 ± 0.20^{a}
- ปริมาณโปรตีน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	17.68 ± 0.28^{a}	14.31 ± 0.17^{b}	11.79 ± 0.08^{c}	9.10 ± 0.22^{d}	6.76 ± 0.14^{e}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4 ผลจากการศึกษาพบว่าข้าวเกรียบปลาสดที่มีการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองทั้งก่อนทอดและหลังทอดมีปริมาณความชื้นและโปรตีนแตกต่างจากข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวเกรียบปลาสดทั้งก่อนทอดและหลังทอดมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้กากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกากถั่วเหลืองสดที่นำมาใช้ในการทดลองมีปริมาณความชื้นสูงกว่าเนื้อปลา (กากถั่วเหลืองสดมีปริมาณความชื้นร้อยละ 84.56 เนื้อปลามีปริมาณความชื้นร้อยละ 72.63 โดยน้ำหนัก) เมื่อนำมาใช้ทดแทนเนื้อปลาก้อนข้าวเกรียบที่ได้จึงมีปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น ประกอบกับกากถั่วเหลืองมีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำเป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก ซึ่งใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดี เมื่อนำก้อนข้าวเกรียบไปต้มในน้ำเดือดเพื่อทำให้สุกจึงทำให้เกิดการอุ้มน้ำได้มากขึ้น

ข้าวเกรียบที่มีการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองในระดับที่มากขึ้น จึงมีปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณกากถั่วเหลืองที่ใช้ (นัจญ์มีย์ และคณะ, 2558 ; Kuan and Liong, 2008) ขณะเดียวกันการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองมีผลให้ข้าวเกรียบปลาสดทั้งก่อนทอดและหลังทอดมีปริมาณโปรตีนลดลงตามระดับการใช้กากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุมจะมีปริมาณโปรตีนสูงสุด ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 80 ของน้ำหนักเนื้อปลามีปริมาณโปรตีนต่ำสุด ซึ่งการลดลงของปริมาณโปรตีนเป็นผลเนื่องมาจากกากถั่วเหลืองสดที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นเศษเหลือที่ได้จากการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองจึงมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเนื้อปลา (กากถั่วเหลืองสดมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 4.26 เนื้อปลามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 21.19 โดยน้ำหนัก) เมื่อมีการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณโปรตีนลดลง ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของนัจญ์มีย์ และคณะ (2558) ที่พบว่าผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองอบแห้งมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อมีการทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองในปริมาณที่สูงขึ้น เช่นเดียวกับ Turhan *et al*. (2007) ที่พบว่าการเสริมกากถั่วเหลืองสดในผลิตภัณฑ์แพตตี้เนื้อส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ทั้งก่อนและหลังการทำให้สุกมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับแพตตี้สูตรควบคุม โดยปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นตามระดับการใช้กากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากคุณสมบัติในการอุ้มน้ำของกากถั่วเหลือง ซึ่งหลังการทำให้สุกพบว่าแพตตี้เนื้อที่มีการเสริมกากถั่วเหลืองมีร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก (cook loss) น้อยกว่าเมื่อเทียบกับแพตตี้สูตรควบคุม โดยร้อยละการสูญเสียน้ำหนักจะลดลงตามปริมาณกากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันผลิตภัณฑ์ที่มีการเสริมกากถั่วเหลืองกลับมีปริมาณโปรตีนลดลงตามปริมาณการใช้กากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นอันเป็นผลเนื่องมาจากการลดลงของปริมาณเนื้อแดงที่ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์

2.3 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

การศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่มีการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับต่าง ๆ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาสดที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่ระดับต่าง ๆ

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส	ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่ระดับต่าง ๆ				
	สูตรควบคุม	**ร้อยละ 20**	**ร้อยละ 40**	**ร้อยละ 60**	**ร้อยละ 80**
สี	6.38 ± 1.01^{d}	6.83 ± 0.96^{c}	7.23 ± 0.86^{bc}	7.67 ± 0.87^{a}	7.40 ± 1.07^{ab}
ลักษณะปรากฏ	6.97 ± 0.96^{c}	7.00 ± 0.92^{bc}	7.05 ± 0.98^{bc}	7.60 ± 1.04^{a}	7.43 ± 1.16^{ab}
กลิ่น	7.45 ± 0.85^{a}	7.52 ± 0.77^{a}	7.43 ± 0.82^{a}	7.12 ± 0.96^{ab}	6.80 ± 1.06^{b}
รสชาติ	7.08 ± 0.95^{b}	7.23 ± 0.86^{b}	7.62 ± 0.74^{a}	7.07 ± 0.83^{b}	6.93 ± 1.09^{b}
เนื้อสัมผัส	7.08 ± 0.74^{b}	7.13 ± 0.82^{ab}	7.55 ± 0.91^{a}	7.13 ± 1.14^{ab}	6.95 ± 1.18^{b}
ความชอบรวม	7.15 ± 0.90^{b}	7.43 ± 0.87^{b}	7.99 ± 0.59^{a}	7.35 ± 0.80^{b}	7.05 ± 0.93^{b}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการศึกษาในตารางที่ 5 พบว่าการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลให้คะแนนด้านสีและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกากถั่วเหลืองที่นำมาใช้ทดแทนเนื้อปลามีผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีขาวและสว่างขึ้นเมื่อเทียบกับข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุมที่มีสีออกคล้ำเนื่องจากการใช้เนื้อปลาในปริมาณมาก และการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏที่ดีขึ้น ขณะที่คะแนนด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่ระดับร้อยละ 20 และ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลา และคะแนนลดลงเมื่อมีการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองในปริมาณที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่าการที่ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับหนึ่งนั้น เป็นเพราะการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาในระดับที่เหมาะสมมีผลให้ผลิตภัณฑ์หลังทอดมีกลิ่นคาวปลาที่น้อยลง เนื้อสัมผัสของของผลิตภัณฑ์มีความแข็งกรอบเพิ่มขึ้น ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นกลับมีผลให้มีกลิ่นของกากถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์เริ่มมีเนื้อสัมผัสที่แข็งมากขึ้น คะแนนด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมจึงมีแนวโน้มลดลง ซึ่งเมื่อพิจารณาคะแนนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสทุกด้านพบว่าข้าวเกรียบ

ปลาสดที่มีการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลาได้คะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสมากที่สุด และปริมาณการทดแทนที่ระดับร้อยละ 80 ได้คะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสน้อยที่สุด

การคัดเลือกสูตรข้าวเกรียบปลาสดที่มีการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่เหมาะสมพิจารณาจากทั้งคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส โดยให้มีการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองให้ได้มากที่สุดและผลิตภัณฑ์ยังคงคุณภาพที่ดีของข้าวเกรียบปลาสดไว้ได้ ดังนั้นจึงเลือกสูตรข้าวเกรียบปลาสดที่มีการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 40 โดยน้ำหนักเนื้อปลา เนื่องจากมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี ปริมาณความชื้น และปริมาณโปรตีนในระดับปานกลางที่ไม่ต่างจากสูตรควบคุมมากนัก แต่มีค่าสี ค่าการพองตัวและคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม

3. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลา ที่ได้รับการคัดเลือกจากการศึกษาข้อที่ 2 ได้ผลแสดงดังตารางที่ 6 ผลจากการศึกษาพบว่าข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลา หลังทอดมีปริมาณความชื้นร้อยละ 25.89 โปรตีนร้อยละ 11.46 ไขมันร้อยละ 12.52 เถ้าร้อยละ 2.96 และใยอาหารร้อยละ 4.45 โดยน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุมพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองมีปริมาณใยอาหารที่สูงกว่าข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) และมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าน้อยกว่าข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ขณะที่ปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบปลาสดทั้ง 2 ชนิดไม่แตกต่างกัน ขณะที่ผลการศึกษาของนงเยาว์ และคณะ (2553) ที่พบว่าการทดแทนเนื้อและมันหมูด้วยกากถั่วเหลืองสดที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อและมันหมูในผลิตภัณฑ์หมูก้อนทอด มีผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณเถ้าและไขมันที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ในสูตรควบคุม และมีปริมาณความชื้น โปรตีนและใยอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์สูตรควบคุม ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์หมูก้อนทอดนั้นอาจเป็นผลเนื่องจากการทดแทนส่วนของมันหมูที่ผสมในเนื้อหมูด้วยกากถั่วเหลืองจึงมีผลให้ผลิตภัณฑ์หมูก้อนทอดที่ได้มีปริมาณไขมันที่ลดลงแต่กลับมีปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างจากการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่เมื่อปริมาณกากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ปริมาณเนื้อปลาที่ใช้จะน้อยลงจึงมีผลให้ปริมาณโปรตีนลดลงตามไปด้วย เช่นเดียวกับผลการศึกษาของศวรรยา (2552)

ที่พบว่าการทดแทนเนื้อหมูที่ผสมมันหมูด้วยกากถั่วเหลืองแห้งที่ระดับร้อยละ 30 มีผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีนและเยื่อใยที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณไขมันและเถ้าลดลงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์สูตรควบคุม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลา สามารถช่วยเพิ่มปริมาณใยอาหารและลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ลงได้เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ทำให้ผู้บริโภคได้รับปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นและได้รับปริมาณไขมันน้อยลงจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ อันเป็นการช่วยเพิ่มประโยชน์จากการบริโภคผลิตภัณฑ์ให้กับผู้บริโภคได้

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลาหลังทอดเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม

ผลิตภัณฑ์	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละโดยน้ำหนัก)				
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	ใยอาหาร
ข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม	25.62±0.14[a]	16.11±0.16[a]	14.72±0.08[a]	3.57±0.19[a]	2.70±0.14[b]
ข้าวเกรียบปลาสดที่ใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาร้อยละ 40	25.89±0.10[a]	11.46±0.50[b]	12.52±0.45[b]	2.96±0.03[b]	4.45±0.19[a]

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวเลขต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4. ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง

การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปในอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง จำนวน 100 คนที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลา ผลการศึกษาพบว่า

4.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

ผู้บริโภคประกอบด้วยเพศชายร้อยละ 36 เพศหญิงร้อยละ 64 ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 20-30 ปี การศึกษาระดับปริญญาตรีร้อยละ 39 ส่วนใหญ่เป็นนักเรียน/นักศึกษาร้อยละ 38 และส่วนใหญ่ยังไม่มีรายได้เป็นของตนเอง (ยังไม่ได้ทำงาน) ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

ข้อมูลทั่วไป	จำนวนผู้บริโภค (ร้อยละ)
1. เพศ	
- ชาย	36
- หญิง	64
2. อายุ	
- ต่ำกว่า 20 ปี	29
- 20-30 ปี	33
- 31-40 ปี	21
- 41-50 ปี	7
- 51-60 ปี	9
มากกว่า 60 ปี	1
3. ระดับการศึกษา	
- ประถม	12
- มัธยมศึกษาตอนต้น	3
- มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	32
- อนุปริญญา/ปวส.	9
- ปริญญาตรี	39
- สูงกว่าปริญญาตรี	5
4. อาชีพ	
- รับราชการ	5
- ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	5
- ลูกจ้างหน่วยงานของรัฐ	32
- ลูกจ้างบริษัท	2
- รับจ้าง	6

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวนผู้บริโภค (ร้อยละ)
- เกษตรกร	10
- แม่บ้าน	2
- นักเรียน/นักศึกษา	38
5. รายได้ต่อเดือน	
- ไม่มีรายได้ (ยังไม่ทำงาน)	37
- ต่ำกว่า 5,000	3
- 5,001-10,000	17
- 10,001-15,000	26
- 15,001-20,000	12
- มากกว่า 20,000	5

4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ พบว่าจากจำนวนผู้บริโภคที่ทำการศึกษา 100 คน ผู้บริโภคร้อยละ 64 เคยบริโภคข้าวเกรียบปลาสด โดยมีเหตุผลหลักในการเลือกซื้อ คือ รสชาติอร่อย และพบว่าผู้บริโภคทุกคนไม่เคยบริโภคข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง ผู้บริโภคส่วนใหญ่ (ร้อยละ 94) ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เมื่อมีการจำหน่าย โดยมีเหตุผลในการเลือกซื้อ คือ รสชาติและคุณค่าทางโภชนาการ

ตารางที่ 8 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

รายละเอียด	จำนวนผู้บริโภค (ร้อยละ)
1. ท่านเคยรับประทานข้าวเกรียบปลาสดหรือไม่	
- เคย	64
- ไม่เคย	36
2. ท่านมีเหตุผลใดในการเลือกซื้อข้าวเกรียบปลาสด	
- มีคุณค่าทางโภชนาการสูง	18
- รสชาติดี	49
- หาซื้อได้ง่าย	16

ตารางที่ 8 (ต่อ)

รายละเอียด	จำนวนผู้บริโภค (ร้อยละ)
- มีราคาถูก	15
- อื่น ๆ	2
3. ท่านเคยรับประทานข้าวเกรียบปลาสดที่มีการทดแทนเนื้อปลาสดด้วยกากถั่วเหลืองหรือไม่	
- เคย	-
- ไม่เคย	100
4. หากมีผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่มีการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองจำหน่าย ท่านตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์หรือไม่	
- ซื้อ	94
- ไม่ซื้อ	6
5. ท่านมีเหตุผลใดในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่มีการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง	
- มีคุณค่าทางโภชนาการสูง	39
- เนื้อสัมผัสดี	7
- รสชาติดี	39
- ราคาถูก	11
- อื่น ๆ	4

เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ และกลิ่นในระดับชอบปานกลาง มีคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 7.13 6.96 และ 7.02 ตามลำดับ และให้คะแนนความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมในระดับชอบมาก โดยให้คะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 7.50 7.74 และ 7.51 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองสดที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลาในปัจจัยคุณภาพต่าง ๆ

ปัจจัยคุณภาพ	ค่าเฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
สี	7.13 $\pm$ 1.58	ชอบปานกลาง
ลักษณะปรากฏ	6.96 $\pm$ 1.31	ชอบปานกลาง
กลิ่น	7.02 $\pm$ 1.53	ชอบปานกลาง
รสชาติ	7.50 $\pm$ 1.35	ชอบมาก
เนื้อสัมผัส	7.74 $\pm$ 1.38	ชอบมาก
ความชอบรวม	7.51 $\pm$ 1.31	ชอบมาก

หมายเหตุ: คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 ชอบมากที่สุด 1 ไม่ชอบมากที่สุด)

5. ผลการศึกษาต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง

การศึกษาต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุมและข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลา ได้ผลแสดงดังตารางที่ 10 และ 11

ตารางที่ 10 ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม

วัตถุดิบ	ราคา	น้ำหนัก (กรัม/การผลิต 1 ครั้ง)	ต้นทุน (บาท/การผลิต 1 ครั้ง)
ปลาทูแขก	70 บาท/กิโลกรัม	315 กรัม	22.05
แป้งมันสำปะหลัง	36 บาท/กิโลกรัม	157.5 กรัม	5.67
เกลือป่น	14 บาท/กิโลกรัม	9 กรัม	0.126
น้ำตาล	30 บาท/กิโลกรัม	17.5 กรัม	0.525
ผงชูรส	118 บาท/กิโลกรัม	1 กรัม	0.118
กากถั่วเหลือง	30 บาท/กิโลกรัม	-	-
	รวม		28.49

หมายเหตุ: จากสูตรข้างต้นเมื่อทำการผลิตข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม จะได้น้ำหนักของข้าวเกรียบหลังต้มสุกและหลังทอดเท่ากับ 500 กรัม และ 382.26 กรัม ตามลำดับ

ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม

ในการผลิต 1 ครั้ง ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดหลังต้มสุก 500 กรัม ข้าวเกรียบปลาสดหลังทอด 382.26 กรัม ส่วนผสมประกอบด้วยปลาทูแขก 315 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 157.5 กรัม เกลือป่น 9 กรัม น้ำตาล 17.5 กรัม และผงชูรส 1 กรัม มีต้นทุนวัตถุดิบในการผลิต คือ

= 28.49 บาท/น้ำหนักข้าวเกรียบปลาสดหลังต้มสุก 500 กรัม

= 56.98 บาท/ข้าวเกรียบปลาสดหลังต้มสุก 1 กิโลกรัม

= 28.49 บาท/น้ำหนักข้าวเกรียบปลาสดหลังทอด 382.26 กรัม

= 74.53 บาท/ข้าวเกรียบปลาสดหลังทอด 1 กิโลกรัม

ตารางที่ 11 ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดสูตรที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลา

วัตถุดิบ	ราคา	น้ำหนัก (กรัม/การผลิต 1 ครั้ง)	ต้นทุน (บาท/การผลิต 1 ครั้ง)
ปลาทูแขก	70 บาท/กิโลกรัม	189 กรัม	13.23
แป้งมันสำปะหลัง	36 บาท/กิโลกรัม	157.5 กรัม	5.67
เกลือป่น	14 บาท/กิโลกรัม	9 กรัม	0.126
น้ำตาล	30 บาท/กิโลกรัม	17.5 กรัม	0.525
ผงชูรส	118 บาท/กิโลกรัม	1 กรัม	0.118
กากถั่วเหลือง	30 บาท/กิโลกรัม	126 กรัม	3.78
รวม			23.45

หมายเหตุ: จากสูตรข้างต้นเมื่อทำการผลิตข้าวเกรียบปลาสดสูตรที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลา จะได้น้ำหนักของข้าวเกรียบหลังต้มสุกและหลังทอดเท่ากับ 498.69 กรัม และ 365.50 กรัม ตามลำดับ

ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตข้าวเกรียบปลาสดสูตรที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลา

ในการผลิต 1 ครั้ง ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดหลังต้มสุก 498.69 กรัม ข้าวเกรียบปลาสดหลังทอด 365.50 กรัม ส่วนผสมประกอบด้วยปลาทูแขก 189 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 157.5 กรัม เกลือป่น 9 กรัม น้ำตาล 17.5 กรัม ผงชูรส 1 กรัม และกากถั่วเหลือง 126 กรัม มีต้นทุนวัตถุดิบในการผลิต คือ

= 23.45 บาท/น้ำหนักข้าวเกรียบปลาสดหลังต้มสุก 498.69 กรัม

= 47.02 บาท/ข้าวเกรียบปลาสดหลังต้มสุก 1 กิโลกรัม

= 23.45 บาท/น้ำหนักข้าวเกรียบปลาสดหลังทอด 365.50 กรัม

= 64.16 บาท/ข้าวเกรียบปลาสดหลังทอด 1 กิโลกรัม

จากตารางที่ 10 และ 11 การศึกษาต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุมและสูตรที่มีการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลา พบว่าข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลา มีต้นทุนวัตถุดิบในการผลิต 47.02 บาทต่อข้าวเกรียบปลาสดหลังต้มสุก 1 กิโลกรัม และ 64.16 บาทต่อข้าวเกรียบปลาสดหลังทอด 1 กิโลกรัม ขณะที่ข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุมมีต้นทุนในการผลิต 56.98 บาทต่อข้าวเกรียบปลาสดหลังต้มสุก 1 กิโลกรัม และ 74.53 บาทต่อข้าวเกรียบปลาสดหลังทอด 1 กิโลกรัม แสดงให้เห็นว่าข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลา สามารถช่วยลดต้นทุนวัตถุดิบได้ 9.96 บาทต่อข้าวเกรียบปลาสดหลังต้มสุก 1 กิโลกรัม และ 10.37 บาทต่อข้าวเกรียบปลาสดหลังทอด 1 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม

6. ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง

ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลา โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ทอดในถุงพลาสติกชนิดโพลิเอทธิลีนในสภาพปกติ ด้วยการแช่เย็น (อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส) และการแช่เยือกแข็ง (อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 15 วัน สุ่มตัวอย่างตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุก ๆ 3 วัน ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง

คุณภาพ	การเก็บรักษา	
	แช่เย็น (อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส)	**แช่เยือกแข็ง (อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส)**
คุณภาพทางกายภาพ		
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w)		
วันที่ 0	0.983 ± 0.000	0.983 ± 0.000
วันที่ 3	0.981 ± 0.001	0.981 ± 0.001
วันที่ 6	0.981 ± 0.001	0.981 ± 0.003
วันที่ 9	0.981 ± 0.002	0.981 ± 0.001
วันที่ 12	0.980 ± 0.002	0.979 ± 0.002
วันที่ 15	0.978 ± 0.002	0.979 ± 0.002
คุณภาพทางเคมี		
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)		
วันที่ 0	6.34 ± 0.01	6.34 ± 0.01
วันที่ 3	6.31 ± 0.01	6.31 ± 0.01
วันที่ 6	6.27 ± 0.01	6.30 ± 0.01
วันที่ 9	6.19 ± 0.01	6.21 ± 0.01
วันที่ 12	6.16 ± 0.01	6.21 ± 0.02
วันที่ 15	6.09 ± 0.02	6.17 ± 0.01
คุณภาพทางจุลชีววิทยา		
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)		
วันที่ 0	10.05×10^3	10.05×10^3
วันที่ 3	16.69×10^3	15.45×10^3
วันที่ 6	17.33×10^3	16.50×10^3
วันที่ 9	29.42×10^3	28.17×10^3
วันที่ 12	36.09×10^3	32.10×10^3
วันที่ 15	53.70×10^4	36.90×10^4

ตารางที่ 12 (ต่อ)

คุณภาพ	วิธีการเก็บรักษา	
	แช่เย็น	**แช่แข็ง**
ปริมาณยีสต์และรา (cfu/g)		
วันที่ 0	2.00×10^1	2.00×10^1
วันที่ 3	2.05×10^1	2.00×10^1
วันที่ 6	3.33×10^1	2.12×10^1
วันที่ 9	3.50×10^1	2.33×10^1
วันที่ 12	3.67×10^1	2.53×10^1
วันที่ 15	4.67×10^1	3.17×10^1
คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส		
การทดสอบคุณภาพโดยรวม		
วันที่ 0	8.93 ± 0.81	8.93 ± 0.81
วันที่ 3	8.04 ± 0.73	8.91 ± 0.68
วันที่ 6	7.40 ± 0.98	8.73 ± 0.87
วันที่ 9	7.32 ± 0.87	8.20 ± 0.70
วันที่ 12	5.84 ± 1.14	7.16 ± 1.21
วันที่ 15	4.65 ± 0.74	6.18 ± 0.55

จากตารางที่ 12 เมื่อพิจารณาคุณภาพทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ค่า a_w พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นทั้ง 2 สภาวะของการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาในการเก็บรักษาที่นานขึ้นมีผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บรักษา จึงมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีความแห้งมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น เมื่อพิจารณาคุณภาพทางเคมี พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็นที่มีการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่าการเก็บรักษาด้วยการแช่แข็ง ซึ่งการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่างบ่งชี้ถึงสภาวะการเกิดการเสื่อมเสีย คุณภาพทางจุลชีววิทยา พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็น อย่างไรก็ตามแม้ว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาโดยวิธีการทั้งสองจะค่อนข้างสูง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ผ่านการทอด ซึ่งการทอดผลิตภัณฑ์ก่อนบริโภคจะช่วยลดปริมาณเชื้อดังกล่าวได้ เมื่อพิจารณา

คุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งทดสอบโดยการทดสอบคุณภาพโดยรวม (กำหนด 9-10 เท่ากับ match (เหมือนตัวอย่างควบคุม) 6-8 เท่ากับ acceptable 3-5 เท่ากับ unacceptable และ 1-2 เท่ากับ reject) พบว่าการเก็บรักษาโดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ 9 วัน และการเก็บรักษาโดยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ 15 วัน โดยผู้บริโภคยังคงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ แต่ผลิตภัณฑ์อาจมีเนื้อสัมผัสที่แข็งเพิ่มขึ้นและมีกลิ่นสาบมากขึ้น

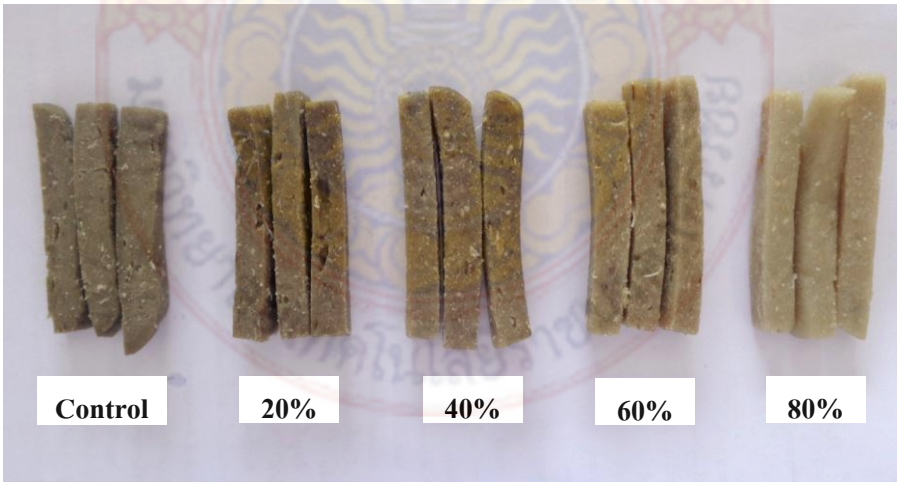
สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการใช้กากถั่วเหลืองเพื่อทดแทนเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสด พบว่า ปริมาณกากถั่วเหลืองที่เหมาะสมที่ใช้ทดแทนเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดคือร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลา โดยสูตรข้าวเกรียบปลาสดประกอบด้วยเนื้อปลาทูแขกร้อยละ 37.8 กากถั่วเหลืองสดร้อยละ 25.2 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 31.5 เกลือป่นร้อยละ 1.8 น้ำตาลร้อยละ 3.5 ผงชูรสร้อยละ 0.2 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้น มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าลดลงเมื่อเทียบกับข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม โดยผลิตภัณฑ์หลังทอดประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 25.89 โปรตีนร้อยละ 11.46 ไขมันร้อยละ 12.52 เถ้าร้อยละ 2.96 และใยอาหารร้อยละ 4.45 ตามลำดับ ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์และผู้บริโภคร้อยละ 94 สนใจซื้อผลิตภัณฑ์เมื่อมีการวางจำหน่าย โดยการใช้กากถั่วเหลืองเพื่อทดแทนเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสดที่ระดับร้อยละ 40 ของน้ำหนักเนื้อปลา มีต้นทุนวัตถุดิบในการผลิต 47.02 บาทต่อข้าวเกรียบปลาสดหลังต้มสุก 1 กิโลกรัม และ 64.16 บาทต่อข้าวเกรียบปลาสดหลังทอด 1 กิโลกรัม และสามารถช่วยลดต้นทุนวัตถุดิบได้ 9.96 บาทต่อข้าวเกรียบปลาสดหลังต้มสุก 1 กิโลกรัม และ 10.37 บาทต่อข้าวเกรียบปลาสดหลังทอด 1 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบปลาสดสูตรควบคุม การเก็บรักษาข้าวเกรียบปลาสดที่มีการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองในถุงพลาสติกชนิดโพลิเอทธิลีนในสภาพปกติด้วยการแช่เย็น (อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บรักษาได้ 9 วัน และการเก็บรักษาด้วยการแช่เยือกแข็ง (อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บรักษาได้ 15 วัน

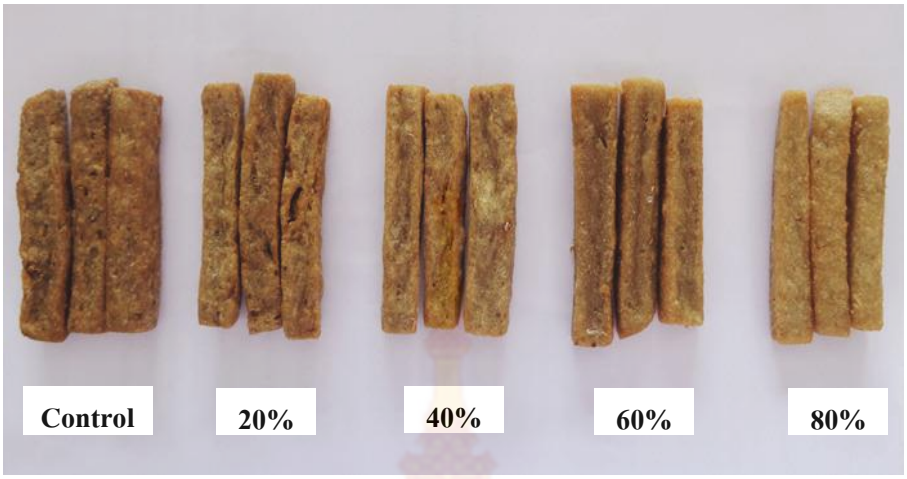
ภาคผนวก

ภาคผนวก

ภาพผนวกที่ 1 ข้าวเกรียบปลาสดที่ทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับต่าง ๆ



ภาพผนวกที่ 2 ข้าวเกรียบปลาสดก่อนทอด



ภาพผนวกที่ 3 ข้าวเกรียบปลาสดหลังทอด