การพัฒนาผลิตภัณฑ์สูตรข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคา

The Development on Formulation of Fish Cracker Supplemented with Sacha Peanut Leaf

โซเฟีย เมฆารัฐ[1], รอมลี เจะดอเลาะ[2], รักชนก ภูวพัฒน์[1], อาสลัน หิเล[1]
Sofia Mekarat[1], Romlee Chedoloh[2], Rugchanok Puwaphut[1], Aslan Hilae[1]

(Received: May 25, 2018; Revised: Sep 8, 2018; Accepted; November 5, 2018)

บทคัดย่อ

ปัจจุบันข้าวเกรียบปลาที่วางจำหน่ายในท้องตลาดมีปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณเส้นใยอาหารน้อย เนื่องจากส่วนผสมหลักประกอบด้วยแป้ง และโปรตีน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคาต่อสมบัติทางเคมี คุณภาพทางประสาทสัมผัส และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการเทียบกับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาสูตรดั้งเดิม จากการศึกษาพบว่า การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคา สูตรที่ 6 มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุด คือ 8.47 คะแนน และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 7.23 โดยน้ำหนักแห้ง และค่า a_w 0.60 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนด นอกจากนี้ข้าวเกรียบที่ผ่านการพัฒนา พบว่า มีปริมาณแคลเซียม 912.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสารต้านอนุมูลอิสระ (EC_{50}) 857.80 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคาสามารถยกระดับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบในทองถิ่นให้มีคุณค่าทางโภชนาการและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่รักสุขภาพและเป็นผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาลต่อไป

คำสำคัญ: ข้าวเกรียบปลาเสริมใบถั่วดาวอินคา สมบัติทางเคมี การทดสอบทางประสาทสัมผัส

Abstract

Presently, fish crackers which are sold in the market have the low level of antioxidant and fiber because the main ingredients of the fish crackers are powder and protein. Therefore, the objective of this study was to develop a mackerel fish crackers product supplemented with Sacha peanut leaf effected with chemical properties and sensory quality. The study also aimed to analyse the mackerel fish crackers nutrition compared with original fish ones. The results of this study found that the development of a mackerel fish crackers product supplemented with Sacha peanut leaf, which was based on the 6th formula showed the highest score of the sensory quality, 8.47. The moisture value was 7.23% which dry weigh and a_w were 0.60 which conformed to the standard value. Additionally, with regards to the developed fish crackers, the study revealed that the developed fish crackers contain 912.35 mg/kg of Calcium and (EC_{50}) 857.80 ug/mg of the antioxidant. Therefore, based on these findings, it can be noted that the mackerel fish crackers product may upgrade the quality of local fish crackers product by means of adding nutritional values to the product and may respond to the needs of customers who love stay healthy. Most importantly, this product can one of the Halal product.

Keywords: *Sacha Inchi* fish cracker, Chemical properties, Sensory evaluation

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
[1] Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University
[2] คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
[2] Faculty of Science Technology and Agriculture , Yala Rajabhat University

บทนำ

ข้าวเกรียบเป็นอาหารว่างที่คนทั่วไปนิยมบริโภค ผลิตจากแป้งผสมกับวัตถุดิบอื่นที่ให้ สี กลิ่น และรส เพื่อให้น่ารับประทานยิ่งขึ้น ซึ่งมีการเรียกชื่อต่าง ๆ ตามชนิดของวัตถุดิบ เช่น ข้าวเกรียบกุ้ง ข้าวเกรียบปลาและข้าวเกรียบฟักทอง เป็นต้น (Suriya, Thamaragsa, Kaewtein, Pocarat & Arkanit, 2011) โดยส่วนประกอบในการทำผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ คือ แป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเหนียวเป็นส่วนผสมหลัก และส่วนผสมรอง ได้แก่ กุ้ง ปลา กระเทียม พริกไทย เกลือ และน้ำตาล (Saah, Chedoloh & Adair, 2015) ข้าวเกรียบปลาผลิตจากแป้งเป็นส่วนประกอบหลักซึ่งในด้านคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบยังขาดสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายบางชนิด อย่างไรก็ตามแป้งมันสำปะหลังมีผลต่อการพองตัวและการขยายตัวของข้าวเกรียบ แต่มีสารอาหารน้อยมากเป็นเพียงแหล่งพลังงานเท่านั้น ปัจจุบันผู้ผลิตจึงทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ (Sihamala, Bhulaidok & Songsiri, 2003) ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะปรับปรุงสูตรการผลิตข้าวเกรียบปลาทูโดยเสริมใบถั่วดาวอินคาเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และเป็นทางเลือกของผู้บริโภค ซึ่งใบถั่วดาวอินคาเป็นสมุนไพรชนิดหนึ่ง มีสรรพคุณช่วยลดน้ำตาล ไขมัน คอเลสเตอรอลที่เกาะตามผนังหลอดเลือด ทำให้ระบบไหลเวียนโลหิตทำงานดีขึ้น และยังช่วยลดปัญหาโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และหัวใจ (Charunuch, Pengpinij, Limsangouan, Puntaburt & Prasert, 2015) จึงเป็นสาเหตุที่นำมาผสมเข้ากับข้าวเกรียบเพื่อได้รับประโยชน์จากสมุนไพรใบถั่วดาวอินคา และง่ายต่อการรับประทาน สามารถนำมารับประทานที่บ้านได้ เพราะข้าวเกรียบเป็นอาหารประเภทขบเคี้ยวบริโภคได้ทุกเพศทุกวัย และ ปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่กำลังให้ความสนใจกับเรื่องสุขภาพ ดังนั้น เพื่อเป็นการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค จึงได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาทูผสมใบถั่วดาวอินคาเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ซึ่งใบถั่วดาวอินคาเป็นสมุนไพรที่คนไทยรู้จัก ราคาไม่แพง สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบทางการเกษตร อีกทั้งเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่สนใจในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ นอกจากนั้นยังเป็นการอนุรักษ์ผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้านให้คงอยู่คู่วัฒนธรรมไทยต่อไปอีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคา
2. เพื่อศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคา
3. เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคา

ระเบียบวิธีวิจัย

1. วัตถุดิบ สารเคมีและเครื่องมือวิเคราะห์

การผลิตข้าวเกรียบปลาโดยใช้ใบถั่วดาวอินคา (*Plukenetia volubilis*) ที่มีลักษณะพอดีไม่อ่อนและไม่แก่จนเกินไป จากบ้านพิกุลทอง ตำบลกะลุวอเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส ส่วนปลาทู (*Rastrelliger brachysoma*) จากตลาดนัดบางนาค อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส แป้งมันสำปะหลัง ตราแมวแดง แป้งข้าวเหนียว ตราช้างสามเศียร กระเทียม พริกไทย ตราไร่ทิพย์ เกลือไอโอดีน ตราปรุงทิพย์ และน้ำตาลทราย ตราลิน ซื้อจากร้านจิบเฮง 1 จังหวัดนราธิวาส สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี Analytical reagent ได้แก่ กรดซัลฟูริก ปิโตรเลียมอีเทอร์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เอธิลแอลกอฮอล์ สารเคมี Analytical reagent สำหรับการวิเคราะห์แคลเซียม ได้แก่ สตรอนเตียมคลอไรด์ ($SrCl_2.6H_2O$), เปอร์คลอริค, แคลเซียมคาร์บอเนต (จาก Sigma-aldrich ประเทศเยอรมนี) และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ วิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ สารมาตรฐาน 2,2 Diphenyl-1-picryl hydrazyl (DPPH) 2,2′-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt กรดแกลลิก (จาก Sigma-aldrich ประเทศเยอรมนี) และเครื่องมือในการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ (Spectrometer) ยี่ห้อ S32 รุ่น LIBRA ประเทศอังกฤษ วิเคราะห์ความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UF 75, ประเทศเยอรมัน ค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่า Water activity รุ่น Pawkit ประเทศสหรัฐอเมริกา

2. การเตรียมวัตถุดิบ

นำใบถั่วดาวอินคาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง จากนั้นนำมาบดละเอียดโดยผสมกับน้ำ ในอัตราส่วนของใบถั่วดาวอินคาและน้ำ 1:2 (50:100 กรัม) ด้วยเครื่องปั่นผสมยี่ห้อ Panasonic รุ่น MX-1561 นาน 3 นาที ส่วนปลาทูนำมาตัดหัว ควักไส้ ล้างทำความสะอาดจำนวน 3 ครั้ง โดยครั้งสุดท้ายน้ำไหลผ่านเพื่อเป็นการผลิตอาหารฮาลาล ลอกหนังและก้างปลาออกเอาแต่เนื้อปลา หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วตั้งให้สะเด็ดน้ำ นำมาบดละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมโดยใช้โถหัวบดอาหาร ยี่ห้อ Panasonic รุ่น MX-1561 เวลา 3 นาที นำใบถั่วดาวอินคา และเนื้อปลาบดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการผลิตข้าวเกรียบปลาภายใน 48 ชั่วโมง ใช้พริกไทยเม็ด นำมาล้างให้สะอาด แล้วนำมาบดให้ละเอียดด้วยครกเป็นเวลา 5 นาที และใช้กระเทียมที่ไม่เน่าเสีย นำมาล้างให้สะอาด แล้วนำมาตำให้ละเอียดด้วยครก นาน 5 นาที

3. การผลิตข้าวเกรียบปลาทูผสมใบถั่วดาวอินคา

การศึกษาการผลิตข้าวเกรียบปลาทูโดยใช้อัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว เนื้อปลาทูบดละเอียด และใบถั่วดาวอินคา วางแผนการทดลองแบบ Mixture design ซึ่งเป็นแผนการทดลองหาส่วนผสมที่เหมาะสมของส่วนผสมหลัก ส่วนประกอบอื่นจะถูกกำหนดให้คงที่ในทุกสูตรการทดลอง ได้แก่ เกลือ น้ำตาล กระเทียม และพริกไทย ปัจจัยหลักที่ต้องการศึกษาคือแป้งมันสำปะหลัง (S) ร้อยละ 60-85 แป้งข้าวเหนียว (R) ร้อยละ 5-10 ใบถั่วดาวอินคา (I) ร้อยละ 5-15 ปลา (F) ร้อยละ 5-15 (ส่วนผสมเป็นร้อยละของ S+R+I +F) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของข้าวเกรียบปลาทูผสมใบถั่วดาวอินคาสูตรต่างๆ

สูตรที่	แป้งมัน (ร้อยละ)	แป้งข้าวเหนียว (ร้อยละ)	ใบถั่วดาวอินคา (ร้อยละ)	เนื้อปลา (ร้อยละ)
1	85	5	5	5
2	80	6	7	7
3	75	7	9	9
4	70	8	11	11
5	65	9	13	13
6	60	10	15	15

การผลิตข้าวเกรียบปลาโดยนำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมด้วยเครื่องนวดผสมยี่ห้อ Cuizimate Model RBSMIXERNEW นาน 20 นาที มาปั้นเป็นก้อน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ห่อด้วยใบตอง นึ่งประมาน 40-60 นาที แล้วนำมาตั้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที นำไปแช่ในตู้เย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วนำมาหั่นให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ด้วยเครื่องอบลมร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UF 75

4. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคา

นำข้าวเกรียบปลาดิบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 2 เซนติเมตร วิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) และวัดค่า a_w (AOAC, 1998) และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยนำข้าวเกรียบปลาทอดด้วยน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสนาน 10 วินาที (Chedoloh, 2017)(a) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน จากนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ทดสอบชิมในด้าน สี กลิ่น รส ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม โดยให้คะแนนแบบ Hedonic scale scoring test ทั้งหมด 9 ระดับ (1 = ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 = ชอบมากที่สุด (Sihamala, Bhulaidok & Songsiri, 2003) วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี One-way ANOVA แล้วคัดเลือกชุดการทดลองที่มีคะแนนการทดสอบความชอบโดยรวมมากที่สุดในการศึกษาในลำดับต่อไป

5. การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคาและสูตรข้าวเกรียบปลาจากงานวิจัยของ Sihamala (2002)

นำข้าวเกรียบปลาที่ผ่านการคัดเลือกจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลิตข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคา โดยนำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมด้วยเครื่องนวดผสมยี่ห้อ Cuizimate Model RBSMIXERNEW นาน 20 นาที มาปั้นเป็นก้อน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ห่อด้วยใบตอง นึ่งประมาน 40-60 นาที แล้วนำมาตั้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเวลา 30 นาที นำไปแช่เย็นในตู้เย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง นำมาหั่นตามขนาดความหนา 2 มิลลิเมตร อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ด้วยเครื่องอบลมร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UF 75, ประเทศเยอรมนี นำข้าวเกรียบปลาทอดด้วยน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 10 วินาที (Chedoloh, 2017)(a) วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ เยื่อใย ไขมัน โปรตีน เถ้า ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2000)

วิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม (AOAC,1990) โดยเจือจางสารละลายตัวอย่างที่ผ่านการย่อยแล้ว (โดยใช้ตัวอย่างที่ผ่านการย่อยแบบเดียวกับการวิเคราะห์หาฟอสฟอรัส) ด้วยสารละลายสตรอนเทียมเข้มข้น 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะต้องเจือจางสารละลายตัวอย่างให้อยู่ในช่วงความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแคลเซียมนำสารละลายตัวอย่างที่เจือจางแล้วมาทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer และ Flame photometer คำนวณหาเปอร์เซ็นต์แคลเซียมตามสูตร

$$\text{ร้อยละแคลเซียม} = XxV \times 100 / 1000 \times W \quad (1)$$

เมื่อ X คือ ปริมาณแคลเซียมที่อ่านได้ในตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน

V คือ ปริมาตรของตัวอย่างที่ปรับปริมาตรหลังการย่อย (มิลลิลิตร)

W คือ น้ำหนักตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

วิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ ตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging capacity assay (ดัดแปลงจากวิธีการของ Shimada, Fujikawa, Yahara & Nakamura., 1992) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร คำนวณกิจกรรมการยับยั้งอนุมูลอิสระในหน่วยร้อยละ (% Radical-scavenging activity) ดังสมการ (2) รายงานผลเป็นค่า EC_{50} โดยใช้กรดแกลลิกเป็นตัวเปรียบเทียบในการทดลอง

$$\text{Radical-scavenging activity (\%)} = [(B-A)/B] \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ A คือ ค่าความยาวคลื่นของตัวอย่าง B คือ ค่าความยาวคลื่นของ Blank

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ การทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งของข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคาที่ผ่านการทอดวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design: RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. ผลของการเสริมใบถั่วดาวอินคาต่อสมบัติทางเคมีและการยอมรับทางประสาทสัมผัส

1.1 สมบัติทางเคมี

การวิเคราะห์สมบัติของข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคาทั้ง 6 สูตร ได้แก่ การวิเคราะห์หาความชื้นและวิเคราะห์หาปริมาณน้ำอิสระ (a_w) พบว่าการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคาของสูตรที่

1 2 3 4 5 และ 6 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับร้อยละ 6.53 7.73 7.60 7.13 6.73 และ 7.23 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2 ซึ่งค่าความชื้นที่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 (Thai Industrial Standards Institute, 2011) มีความชื้นที่ใกล้เคียงกับข้าวเกรียบปลาที่จำหน่ายในพื้นที่ คือข้าวเกรียบปลาดาโต๊ะ และข้าวเกรียบปลานราธิวาส มีปริมาณความชื้น ร้อยละ 4.96±0.09 และ 5.44±0.32 ตามลำดับ (Chedoloh, 2017)(b) ซึ่งปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบมีผลต่ออัตราการขยายตัวและความกรอบของข้าวเกรียบโดยความชื้นของข้าวเกรียบก่อนทอดร้อยละ 8.7 เมื่อนำมาทอด จะทำให้ข้าวเกรียบที่มีอัตราการขยายตัวและความกรอบดีที่สุด (Siwawej & Supphongsiri, 1993)

การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของข้าวเกรียบ ปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคาของสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.56 0.55 0.56 0.58 0.57 และ 0.60 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 2 เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ข้าวเกรียบมาตรฐานเลขที่ 107/254 มผช. 107/2554 (Thai Industrial Standards Institute, 2011) (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.6) ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Chedoloh (2017)(b) รายงานข้าวเกรียบปลาเสริมกากรำข้าวมีค่า a_w ในข้าวเกรียบปลา 0.401±0.0052 ซึ่งค่า a_w มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ในตัวอย่างข้าวเกรียบปลาโดยทั่วไปเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถใช้ในการเจริญเติบโต ได้แก่ยีสต์ และรา อยู่ในช่วง 0.98-0.99 และ a_w ต่ำสุดที่เชื้อราเจริญได้คือ 0.62 (Rattanapanone, 2002) อย่างไรก็ตาม a_w ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลามีค่าที่ต่ำกว่าที่เชื้อยีสต์และราเจริญเติบโตได้ ดังนั้นมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค (Chedoloh, 2017)(b)

ตารางที่ 2 ความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคาสูตรต่างๆ

สูตรที่	ความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)
1	6.53 ± 0.11^{b}	0.560 ± 0.006^{ns}
2	7.73 ± 0.05^{ab}	0.550 ± 0.010^{ns}
3	7.60 ± 0.72^{ab}	0.560 ± 0.010^{ns}
4	7.13 ± 0.23^{ab}	0.580 ± 0.010^{ns}
5	6.73 ± 0.61^{a}	0.570 ± 0.010^{ns}
6	7.23 ± 0.98^{a}	0.600 ± 0.006^{ns}

หมายเหตุ: ปริมาณความชื้นเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย ± S.D.) ที่ตามด้วยตัวอักษรในแนวตั้งมีความแตกต่างทางสถิติ วิเคราะห์โดย DMRT

1.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคาทั้งหมด 6 สูตร พบว่า คะแนนด้านสี กลิ่น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ขณะที่รสชาติ ลักษณะปรากฏ และการยอมรับโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับด้านสีข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคาจากสูตรที่ 1 - 6 เป็นดังนี้ คือ 6.47 6.23 6.57 5.87 6.10 และ 4.13 ตามลำดับ โดยที่สูตรที่ 3 จะให้คะแนนเฉลี่ยมากที่สุด คือ 6.57 ทั้งนี้เนื่องจากสีของข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคามีสีเขียวอมเหลือง ของใบถั่วดาวอินคา และปริมาณใบถั่วที่ใช้ในแต่ละสูตรต่างกัน ร้อยละ 2 จึงทำให้ ผลการทดสอบทางด้านสีมีความแตกต่างกันและเมื่อนำข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคาไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด การเกิดคาราเมลของน้ำตาลและเด็กทรินซ์ ซึ่งอยู่ในอาหารหรือเกิดการไฮโดรไลซีส แป้งเป็นเฟอร์เฟอราล (Fur fural) และไฮดรอกซิเมทิลเฟอร์รัล (Hydroxumethyl furfural) การเกิดคาร์บอไนเซชัน (Carbonization) ของน้ำตาล ไขมัน และโปรตีนในข้าวเกรียบปลาทูเสริม

ใบถั่วดาวอินคา (Rangsardthong, 2002) ผลของคะแนนเฉลี่ยด้านสี เช่นเดียวกับผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่น พบว่าคะแนนเฉลี่ยจากสูตรที่ 1 ถึงสูตรที่ 6 เป็นดังนี้ คือ 6.40 5.90 6.17 6.37 6.37 และ 5.23 ตามลำดับ โดยสูตรที่ 1 จะให้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจากใช้อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง: แป้งข้าวเหนียว: ปลา: ใบถั่วดาวอินคา เป็นร้อยละ 85: 5: 5: 5 ซึ่งผลการยอมรับในด้านกลิ่นที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก การได้รับความร้อนสูงของผิวอาหารทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโน มีผู้วิจัยหลายท่านได้ศึกษารายละเอียดทางเคมีของปฏิกิริยาเมลลาร์ด และ Streaker degradation พบว่าอุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำในชั้นผิวอาหาร ทำให้น้ำตาลกลายเป็นคาราเมล กรดไขมันเกิดออกซิเดชัน และเปลี่ยนเป็นแอลดีไฮด์ แล็กโตน คีโตน แอลกอฮอล์ และเอสเตอร์ ได้ปฏิกิริยาเมลลาร์ด และ Streaker degradation ทำให้เกิดกลิ่นต่างๆ เนื่องจากการรวมตัวกันของอะมิโนอิสระและน้ำตาลที่อยู่ในอาหารบางชนิด กรดอะมิโนแต่ละชนิด จะผลิตกลิ่นเฉพาะตัวเมื่อได้รับความร้อนร่วมกับน้ำตาล และเปลี่ยนเป็นแอลดีไฮด์ นอกจากนี้การให้ความร้อนต่อไปจะทำให้สารหอมระเหยที่เกิดจากกลไกดังกล่าวเกิดเสื่อมสภาพ และกลายเป็นสารที่ให้กลิ่นไหม้แทน (Rangsardthong, 2002) ส่วนผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคาทั้งหมด 6 สูตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในด้านความชอบโดยรวมมีคะแนนเฉลี่ยเรียงจากสูตรที่ 1 ถึงสูตรที่ 6 เป็นดังนี้ 6.57 6.13 6.40 6.57 6.73 และ 8.47 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคา

สูตร	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะปรากฏ	ความชอบโดยรวม
1	6.47±1.52^{b}	6.40±1.10^{b}	5.90±2.33^{ns}	6.27±1.74^{ns}	6.57±1.67^{ns}
2	6.23±1.33^{b}	5.90±1.47^{ab}	4.97±1.81^{ns}	6.00±1.94^{ns}	6.13±1.59^{ns}
3	6.57±1.69^{b}	6.17±1.3^{b}	5.40±2.43^{ns}	6.30±1.74^{ns}	6.40±1.77^{ns}
4	5.87±1.88^{b}	6.37±1.60^{b}	6.03±2.05^{ns}	6.03±1.92^{ns}	6.57±1.70^{ns}
5	6.10±1.44^{b}	6.37±1.52^{b}	6.20±2.12^{ns}	6.53±1.59^{ns}	6.73±1.57^{ns}
6	4.13±2.06^{a}	5.23±2.07^{a}	5.57±2.31^{ns}	5.57±1.83^{ns}	8.47±14.96^{ns}

หมายเหตุ :- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

2. คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคาเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบปลาจากงานวิจัยของ Sihamala (2002)

นำข้าวเกรียบปลาทูที่ผ่านการพัฒนามาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบปลาจากงานวิจัยของ Sihamala (2002) ดังตารางที่ 4 พบว่า ปริมาณโปรตีนของข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคาน้อยกว่าข้าวเกรียบปลาจากงานวิจัยของ Sihamala (2002) ซึ่งมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 5.35 ± 0.05 และ 7.65 ± 0.05 ตามลำดับ เช่นเดียวกับปริมาณของเยื่อใยอาหาร พบว่า ข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคามีปริมาณเยื่อใยน้อยกว่าข้าวเกรียบปลาจากงานวิจัยของ Sihamala (2002) คือ มีปริมาณร้อยละ 0.77 ± 0.01 และ 1.02 ± 0.02 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ส่วนปริมาณเถ้าในข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคา มีค่าใกล้เคียงกับในข้าวเกรียบปลาจากงานวิจัยของ Sihamala (2002) คือ พบเถ้า ร้อยละ 2.91 ± 0.13 และ 2.87 ± 0.05 ตามลำดับ ส่วนของการทดสอบปริมาณแคลเซียม พบว่า ข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคา มีปริมาณแคลเซียม 912.35 ± 6.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการทดสอบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่าข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคามีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ EC_{50} 857.80 ± 0.78 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคา (แห้ง)

คุณลักษณะผลิตภัณฑ์	ข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคา	ข้าวเกรียบปลา[1]
โปรตีน (ร้อยละ)	5.35 ± 0.05	7.65 ± 0.05
ไขมัน (ร้อยละ)	0.95 ± 0.02	19.64 ± 0.08
เยื่อใย (ร้อยละ)	0.77 ± 0.01	1.02 ± 0.01
เถ้า (ร้อยละ)	2.91 ± 0.13	2.87 ± 0.05
แคลเซียม(mg/kg)	912.35 ± 6.17	NA
สารต้านอนุมูลอิสระ (EC_{50} ug/ml)	857.80 ± 0.78	NA

หมายเหตุ : - [1] สูตรข้าวเกรียบปลาจากงานวิจัย Sihamala (2002)
- NA หมายถึง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

อภิปรายผล

ในงานวิจัยนี้ได้นำใบถั่วดาวอินคามาเสริมในข้าวเกรียบปลาทู เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่สนใจที่จะรับประทานขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ จากคะแนนผู้ทดสอบจำนวน 30 คน พบว่าคะแนนความชอบโดยรวมจากทั้งหมด 6 สูตร ผลคะแนนเฉลี่ยจากสูตรที่ 1 ถึงสูตรที่ 6 ดังนี้ 6.57 : 6.13 : 6.40 : 6.57 : 6.73 และ 8.47 ตามลำดับ ผลของคะแนนจะเห็นได้ว่าสูตรที่ 6 ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 8.47 เป็นสูตรที่มีการเติมเนื้อปลามากที่สุด แต่โดยรวมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากปริมาณเครื่องปรุงรสทุกสูตรใช้ปริมาณเท่ากันหมดได้แก่ เกลือ ½ ช้อนโต๊ะ : น้ำตาลทราย 2 ½ ช้อนโต๊ะ : กระเทียม 40 กรัม และพริกไทย 15 กรัม ซึ่งแตกต่างกันเฉพาะปริมาณของแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว ปริมาณเนื้อปลา และใบถั่วดาวอินคา จึงทำให้คะแนนความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ดังนั้นสูตรที่6 จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตข้าวเกรียบปลาเสริมใบถั่วดาวอินคาต่อไป

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคาของสูตรที่ 6 พบว่า ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า เท่ากับ ร้อยละ 7.23 5.35 0.95 0.77 และ 2.91 ตามลำดับ ส่วนแคลเซียมในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสูตรพัฒนามีปริมาณ 912.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดเป็นแหล่งของแคลเซียมที่ดี รวมทั้งมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ 857.80 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคามีคุณภาพตามที่มาตรฐานกำหนด (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ข้าวเกรียบมาตรฐานเลขที่ 107/254 มผช. 107/2554) กำหนดความชื้นของผลิตภัณฑ์ต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก และปริมาณน้ำอิสระ (a_w) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.6 ซึ่งช่วยในการประเมินอายุการเก็บรักษาอาหารและเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคา มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 5.35 น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาจากงานวิจัยของ Sihamala (2002) ซึ่งมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 7.65 เนื่องจากมีการเติมเนื้อปลาต่างชนิดกัน ในงานวิจัยนี้ได้เติมเนื้อปลาทูบด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาจากงานวิจัยของ Sihamala (2002) ได้เติมเนื้อปลาดุกบด ซึ่งสอดคล้องกับตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย รายงานว่า เนื้อปลาดุก และเนื้อปลาทู มีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 23 และ 20 ตามลำดับ (Ministry of public health, 2003) ข้าวเกรียบปลาโดยทั่วไปมีลักษณะฟู กรอบเบา และความหนาแน่นต่ำ โดยทั่วไปจะเติมเนื้อปลาในช่วงร้อยละ 20-25 (Tangkanakul, 2003) และไม่สามารถเติมโปรตีนจากเนื้อปลาในปริมาณสูงได้ เนื่องจากโปรตีนจากเนื้อปลาจะยับยั้งการพองตัวของข้าวเกรียบ (Nurul, Ang, Li, Chung & Herpandi, 2010) ขณะที่ข้าวเกรียบปลาทูที่เสริมใบถั่วดาวอินคามีปริมาณไขมันน้อยกว่าข้าวเกรียบปลาจากงานวิจัยของ Sihamala (2002) มีปริมาณร้อยละ 0.95 ± 0.02 และ 19.64 ± 0.08 ตามลำดับ ซึ่งมีผลดีต่อผู้ที่รักสุขภาพ

ปริมาณเยื่อใยในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคา มีปริมาณเยื่อใยร้อยละ 0.77 ซึ่งมีปริมาณเยื่อใยน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาจากงานวิจัยของ Sihamala (2002) มีปริมาณเยื่อใยร้อยละ 1.02 ทั้งนี้เนื่องจากข้าวเกรียบปลาจากงานวิจัยของ Sihamala (2002) มีการเติมส่วนผสมที่เป็นแหล่งของเยื่อใยหลายชนิดในการผลิต ได้แก่ แป้งข้าวกล้อง กระเทียม พริกไทย แครอท และฟักทอง ร้อยละ 8.95 2.56 2.56 8.52 และ 4.26 ตามลำดับ

ปริมาณเถ้าในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคา มีค่าใกล้เคียงกับในข้าวเกรียบปลาจากงานวิจัยของ Sihamala (2002) คือพบเถ้า ร้อยละ 2.91 และ 2.87 ตามลำดับ โดยปริมาณเถ้าในอาหารเป็นตัวบ่งบอกถึงสารอนินทรีย์ที่ปนอยู่ ซึ่งค่าร้อยละของเถ้านี้ใช้เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพอาหาร ยิ่งมีค่าเถ้าน้อยจะแสดงถึงอาหารที่ยิ่งมีคุณภาพดี (Kheeree, 2015)

ปริมาณแคลเซียม พบว่า ข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคา มีปริมาณแคลเซียม 912.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งข้าวเกรียบปลาที่จำหน่ายโดยทั่วไปในประเทศมาเลเซียจำนวน 28 ชนิด มีปริมาณแคลเซียมเฉลี่ย 97.50-3,815.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Nurul, Ang, Chung & Herpandi , 2010)

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่า ข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคามีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ EC_{50} 857.80 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Puwaphut (2016) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตสารทุติยภูมิจากใบอ่อน ใบเพสลาดและใบแก่ของถั่วดาวอินคาเพื่อรองรับการผลิตชาเพื่อชุมชน ของจังหวัดนราธิวาส แล้วตรวจสอบชนิดของสารทุติยภูมิภูมิด้วยเทคนิค GC –MS ผลการศึกษาพบสาร 4-Vinyl-syringol หรือ Canolol เป็นสารประเภทฟีนอลิกส์ มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Wang, et al., 2014), Antifeedant, Attractant และ มีคุณค่าทางอาหาร (Kraljic, et al., 2015)

สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาทูเสริมใบถั่วดาวอินคา สูตรที่ 6 ประกอบด้วย อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง : แป้งข้าวเหนียว : ปลา : ใบถั่วดาวอินคา เป็นร้อยละ 60 : 10 : 15 : 15 เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมมากที่สุดและมีคุณสมบัติของความชื้นและค่า a_w ตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนด ข้าวเกรียบที่พัฒนามีจุดเด่นที่มีการอมน้ำมันในการทอดน้อย รวมทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการของปริมาณของแคลเซียมและสารต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งผลิตภัณฑ์นี้มีส่วนในการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค และผู้ประกอบการในการผลิตอาหารท้องถิ่นที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อมูลจากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบในการพัฒนาสูตรข้าวเกรียบโดยมีจุดเด่นที่มีการอมน้ำมันในการทอดน้อย รวมทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการของปริมาณของแคลเซียมและสารต้านอนุมูลอิสระสูงได้

2. งานวิจัยนี้เน้นศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตข้าวเกรียบปลา แต่ยังไม่ได้ทำการศึกษาวิธีในการนึ่ง อาทิ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการนึ่งเนื้อข้าวเกรียบที่แน่ชัด

3. ควรมีการศึกษาพืชผักหรือ ผลไม้ ที่เหมาะสมในการเสริมลงในข้าวเกรียบปลา เช่น คะน้า ผักโขม ลองกอง เป็นต้น เพื่อเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค

รายการอ้างอิง (References)

A.O.A.C. (1990). *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists*. (15th ed). Virginia: Association of Official Analytical Chemists, Inc.

A.O.A.C. (1998). *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists*. (15th ed). Virginia: Association of Official Analytical Chemists, Inc.

A.O.A.C. (2000). *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists.* 15th ed). Virginia: Association of Official Analytical Chemists, Inc.

Charunuch, C., Pengpinij, W., Limsangouan, N., Puntaburt, K. & Prasert, W. (2015). *Innovation extrusion.* Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Chedoloh, R. (2017)(a). *Development of Defatted Rice Bran Fish Crackers to Improve Nutrition and Antioxidant.* Agricultural Research Development Agency (Public Organization).

Chedoloh, R. (2017)(b). Effects of packaging and shelf-life on quality and antioxidant property of defatted rice bran supplemented in raw fish crackers. *The Journal of Applied Science, 16*(2), 47-64.

Kheeree, N. (2015). Study on the Chemical Properties of Fried Fish Chip with Mixed Herbs, Galangal, Lemon Grass, Kaffir Lime Leaves and Chili. *Princess of Naradhiwas University Journal, 7*(2), 129-136.

Kraljic, K., Skevin, D., Barisic, L., Kovacevic, M., Obranovic, M. & Jurcevic, I.(2015). Change in 4-vinylsyringd and other phenolics during rapeseed oil refining. *Food Chemistry, 187*, 236-242.

Ministry of Public Health. (2003). *Nutritive value of thai food.* (3th ed.) Bangkok: Express Transportation Organization of Thailand. (in Thai).

Nurul, H., Ang, Li.L. Chung. X.Y. & Herpandi. (2010). Chemical composition, color and linear expansion properties of Malaysian commercial fish cracker (keropok). *Journal of Food and Agro-Industry, 3*(5), 473-482.

Puwaphut, R. (2016). The Comparison in Patentability of Young Leaf, Immature Leaf and Mature leaf of Sacha incha in Secondary Metabolite Production Response for Local Tea Product of Narathiwat. *Princess of Naradhiwas University Journal, 8*(2), 125-133.

Rattanapanone, N. (2002). *Food Chemistry*. Bankok. (in Thai)

Rangsardthong, V.(2002). *Food processing technology*. Bankok : Agro-Industrial Technology Environmental Technology. (in Thai)

Saah, N., Chedoloh, R. & Adair, A. (2015). Production and Properties of Fish Crackers Substituted with Soybean Meal. *Journal of Community Development and Life Quality, 3*(3), 351-359.

Shimada, K., Fujikawa, K. Yahara, K. & Nakamura, T. (1992). Antioxidative properties of xanthans on the autoxidation of soybean oil in Cyclodextrin Emulsion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40*(6), 945-948.

Sihamala, O. (2002). *Improvement of Nutritional Quality and Shelf-life of Fish Crispy*. Ching Ma: Food Science and Technology, Ching Mai Uneversity. (in Thai).

Sihamala, O., Bhulaidok, S. & Songsiri, P. (2003)(b). *The study for an optimum formula of mulberry leaf crispy*. Kalasin: Faculty of food technology, Rajamangala University of Technology Isan Kalasin. (in Thai).

Siwawej, S. & Supphongsiri, S. (1993). Sorghum Chips. *Agricultural Science Journal, 26*(4-6), 80-87.

Suriya, P., Thamaragsa, N., Kaewtein, S., Pocarat, R. & Arkanit, K. (2011). Product development of Burma bean chip. *The 2nd MJU-Phrae National Research Conference. S*eptember 1-2, 2011, Chiang Mai: Maejo University. (in Thai)

Tangkhanakun, P. (2003). Varieties of crackers. *Food Journal (Thailand), 33*(3), 162-167.

Thai Industrial Standards Institute. (2011). *Thai Community Products Standards 107/2554: Crispy Snack, Khaogriab*. Bangkok: TISI, Ministry of Industry. (in Thai)

Wang, X.Y., Yang, D., Zhang, H., Jia, C.H., Shin, J.A., Hong, S.T., Lee, Y.H., Jang, Y.S. and Lee, K.T. (2014). Antioxidant activity of soybean oil containing 4-vinylsyringol obtained from decarboxylated sinapic acid. *Journal of the American Oil Chemist'Society, 91*, 1543-1550.