http://journal.rmutp.ac.th/

ผลของการใช้กากถั่วดาวอินคาทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝามาการอง

วนิดา บุรีภักดี ธันยพร บุญศิริ นรินทร์ภพ ช่วยการ* และ ศิริวัลย์ พฤฒิวิลัย

คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
2/5 ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

รับบทความ 26 กรกฎาคม 2564 แก้ไขบทความ 3 ธันวาคม 2564 ตอบรับบทความ 29 ธันวาคม 2564

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณกากถั่วดาวอินคาที่เหมาะสมทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นในผลิตภัณฑ์ฝามาการอง โดยนำมาทดแทนในปริมาณที่ต่างกัน 4 ระดับคือ ร้อยละ 0 40 60 และ 80 โดยน้ำหนักถั่วอัลมอนด์ป่น ผลพบว่า ปริมาณกากถั่วดาวอินคาสามารถทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นได้ที่ระดับร้อยละ 60 โดยมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกคุณลักษณะอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ทั้งนี้เมื่อทดแทนด้วยกากถั่วดาวอินคาในปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า L* และปริมาณความชื้นลดลง ($p \leq 0.05$) ส่วนค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ ค่าความกรอบ ค่า b* และปริมาณน้ำอิสระมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ผลิตภัณฑ์ฝามาการองที่มีกากถั่วดาวอินคาร้อยละ 60 พบว่ามีปริมาณเถ้า ใยอาหาร โปรตีนและกรดอะมิโนชนิดจำเป็นทั้ง 9 ชนิด (ฮีสติดีน ไอโซลูซีน ลูซีน ไลซีน เมไทโอนีน ฟีนิลอะละนีน ทรีโอนีน วาลีน และทริพโตเฟน) และกรดอะมิโนชนิดไม่จำเป็นจำนวน 5 ชนิด (ซีสตีน ไกลซีน โพรลีน เซรีน และไทโรซีน) มีปริมาณเพิ่มขึ้นประมาณ 1 เท่า นอกจากนี้ ต้นทุนวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ฝามาการองจากกากถั่วดาวอินคาต่อ 1 ชิ้น น้ำหนัก 3 กรัม มีต้นทุนประมาณ 1.3 บาท

คำสำคัญ : ผลิตภัณฑ์ฝามาการอง; กากถั่วดาวอินคา; ถั่วอัลมอนด์ป่น; กรดอะมิโน

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +669 7140 5193 ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: narinphop.c@rmutsv.ac.th*

http://journal.rmutp.ac.th/

Effect of Using Sacha Inchi Pressed-Cake as a Substitute for Almond Powder on the Quality of Macaron Shell Product

Wanida Bureepakdee Thanyaporn Bunsiri Narinphop Chuaykarn* and Siriwan Pruettiwilai

Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya
2/5 Ratchadamnoen Nok, Bo Yang, Muang, Songkhla 90000

Received 26 July 2021; Revised 3 December 2021; Accepted 29 December 2021

Abstract

This research aimed to study the suitable content of sacha inchi pressed-cake instead of using almond powder in macaron shells. They were substituted in flour different levels; 0%, 40%, 60%, and 80% by almond powder weight. The results showed that sacha inchi press-cake was substituted for almond powder at 60% with a moderate score for all measured sensory traits. The L* value and moisture were decreased ($p \leq 0.05$) but the a* value trend was increased ($p \leq 0.05$) with a higher amount of sacha inchi pressed-cake. The fracturability, b* value, and water activity (a_w) values were not significantly different ($p > 0.05$). The content of ash, crude fiber, protein, nine essential amino acids (Histidine, Isoleucine, Leucine, Lysine, Methionine, Phenylalanine, Threonine, Valine, and Tryptophan), and five non-essential amino acids (Arginine, Glycine, Proline, Serine, and Tyrosine) were increased about one time. Moreover, the cost of macaron shell with Sacha Inchi pressed-cake weighing 3 grams was approximately 1.3 baht per piece.

Keywords : Macaron Shell Product; Sacha Inchi Pressed-Cake; Almond Powder; Amino Acid

** Corresponding Author. Tel.: +669 7140 5193, E-mail Address: narinphop.c@rmutsv.ac.th*

1. บทนำ

มาการอง (Macarons) เป็นขนมหวานที่มีรูปร่างกลมเหมือนแซนด์วิชสองชิ้นประกบกัน มักเรียกว่าฝามาการอง (Macaron Shells) เป็นขนมที่มีต้นกำเนิดจากประเทศฝรั่งเศส มีลักษณะด้านนอกกรอบด้านในเหนียวนุ่ม และมักสอดไส้ชนิดต่าง ๆ ระหว่างฝามาการอง ด้วยรสชาติที่หอมหวาน มาการองจึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย มาการองเป็นผลิตภัณฑ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มของเมอแรงค์ (Meringue) มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วนคือ ถั่วอัลมอนด์ป่น น้ำตาลทราย ไข่ขาว น้ำตาลไอซิ่ง และสีผสมอาหาร [1] จากรายงานการวิจัยที่ผ่านมาได้นำพืชตระกูลถั่วหลายชนิดมาทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นในฝามาการอง เพื่อลดต้นทุนการผลิต เช่น เม็ดมะม่วงหิมพานต์ [2] ถั่วลิสง [3] เป็นต้น จากผลการศึกษาพบว่า คุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของมาการองคล้ายคลึงกันกับสูตรที่ใช้ถั่วอัลมอนด์ป่น 100% จึงเป็นแนวทางในการนำถั่วชนิดอื่นหรือผลิตผลพลอยได้จากถั่วชนิดต่าง ๆ ที่มีต้นทุนต่ำกว่าถั่วอัลมอนด์ป่นและอุดมไปด้วยสารอาหารซึ่งมีประโยชน์ในเชิงโภชนาการมาพัฒนาต่อไป ถั่วที่ได้รับความนิยมทั้งทั่วโลกและในประเทศไทยมากที่สุดชนิดหนึ่งคือ ถั่วดาวอินคา (Sacha Inchi) โดยมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Plukenetia volubilis* L. เนื่องจากเป็นพืชที่มีกรดไขมันชนิดต่าง ๆ วิตามินอีชนิดโทโคฟีรอล และที่สำคัญคือมีปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นในปริมาณสูง รวมทั้งถั่วดาวอินคามีส่วนช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ และต้านการแข็งตัวของเลือด [4] จึงมีรายงานการศึกษาในการนำถั่วดาวอินคามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์มาการอง ได้แก่ ถั่วดาวอินคาทั้งที่ไม่ผ่านกระบวนการบีบน้ำมัน พบว่าการใช้เมล็ดถั่วดาวอินคาที่ไม่ผ่านกระบวนการบีบน้ำมันทำให้มีกลิ่นรสเหม็นเขียวค่อนข้างแรง และมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของฝามาการอง ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับส่งผลให้ทดแทนผงอัลมอนด์ป่นได้ในปริมาณน้อย [5] และจากข้อมูลวิทยานิพนธ์ของ [6] ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองโดยใช้ผงโปรตีนถั่วดาวอินคาที่สกัดน้ำมันออกบางส่วน พบว่าสามารถใช้ในการทดแทนถั่วอัลมอนด์ในฝามาการองได้ในปริมาณที่มากขึ้น แต่ยังไม่มีข้อมูลในเชิงคุณค่าทางโภชนาการที่ชัดเจนว่า เมื่อนำกากถั่วอินคาที่ผ่านกระบวนการบีบน้ำมันออกทั้งหมดมาทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นในผลิตภัณฑ์ฝามาการองจะทำให้มีสารอาหารประเภทใดบ้างที่มีปริมาณหลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ซึ่งอาจทำให้ข้อมูลด้านโภชนาการไม่แน่ชัดเมื่อหากผู้บริโภคตัดสินใจเลือกบริโภค เนื่องจากมีผลในเชิงสุขภาพ

พฤติกรรมการบริโภคของคนในสมัยปัจจุบันที่ได้ให้ความสนใจอาหารทางเลือกที่เป็นประโยชน์ในเชิงสุขภาพกันมาก ดังนั้นข้อมูลทางโภชนาการหรือสารอาหารต่าง ๆ ย่อมเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจเลือกบริโภคอาหารแต่ละชนิด โดยเฉพาะมาการองซึ่งจัดเป็นอาหารว่างประเภทขนมหวานที่มักรับประทานได้ทุกวัย เพื่อเป็นการยืนยันถึงผลการศึกษาปัจจัยในเรื่องคุณภาพของผลิตภัณฑ์มาการองโดยเฉพาะในแง่ข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝามาการองที่ใช้กากถั่วดาวอินคาทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่น ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างประเภทขนมหวานที่อาจมีราคาต้นทุนลดลง และมีคุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะปริมาณโปรตีน และกรดอะมิโนซึ่งเป็นสารอาหารหลักที่สำคัญต่อร่างกาย โดยอาจใช้เป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกจากพืชได้ ตลอดจนอาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีสัดส่วนของปริมาณพลังงานและปริมาณไขมันที่ลดลง ตลอดจนเป็นแนวทางในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวาน เพื่อให้มีลักษณะเป็นอาหารว่างประเภทอื่น ๆ ที่มีประโยชน์ในเชิงสุขภาพต่อไปได้

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 การศึกษาปริมาณการใช้กากถั่วดาวอินคาทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝามาการอง

คัดเลือกผลิตภัณฑ์ฝามาการองโดยดัดแปลงจาก [5] นำกากถั่วดาวอินคา ตรา ฟาร์มฟิน มาแปรปริมาณที่

ใช้ทดแทนออกเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 40 60 และ 80 โดยน้ำหนักถั่วอัลมอนด์ป่น ซึ่งกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ฝามาการองที่ไม่มีกากถั่วดาวอินคา (ร้อยละ 0) เป็นสูตรควบคุม (ตารางที่ 1) โดยมีน้ำหนักทั้งหมดต่อสูตร 260 กรัม และกำหนดให้ส่วนผสมอื่นมีปริมาณคงที่ คือ น้ำตาลทรายร้อยละ 23 น้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 35 และไข่ขาวร้อยละ 19 มีปริมาณเท่ากันทั้ง 4 สูตร จากนั้นนำไปผลิตโดยนำถั่วอัลมอนด์ป่น กากถั่วดาวอินคา และน้ำตาลไอซิ่ง ปั่นให้เข้ากันในเครื่องปั่นอเนกประสงค์ ยี่ห้อ Sharp รุ่น EM-ICE POWER นำไปร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาดความละเอียด 60 เมช จำนวน 2 ครั้ง จากนั้นตีไข่ขาว น้ำตาลทราย ให้เข้ากันเป็นเวลา 20 นาที เติมส่วนผสมที่ร่อนไว้แล้วลงไป ตะล่อมจนเป็นเนื้อเดียวกันนำส่วนผสมใส่ถุงบีบ แล้วบีบเนื้อมาการองน้ำหนักประมาณ 5 กรัม ใส่แผ่นรองอบซิลิโคนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 เซนติเมตร นำไปอบด้วยเตาอบไฟฟ้า รุ่น E0T56MXC ยี่ห้อ ELECTROLUX ที่อุณหภูมิ 145 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที แกะออกจากพิมพ์ และพักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 1 ปริมาณกากถั่วดาวอินคาที่ทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นในผลิตภัณฑ์ฝามาการอง

ส่วนผสม (กรัม)	ปริมาณกากถั่วดาวอินคา (ร้อยละ)			
	0	40	60	80
กากถั่วดาวอินคา	0	24	36	48
ถั่วอัลมอนด์ป่น	60	36	24	12

2.2 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมี

2.2.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ วิเคราะห์เนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA-XT Plus โดยใช้หัวกดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2 มิลลิเมตร (P/2) โดยวัดตัวอย่างหลังจากการผลิตไม่เกิน 24 ชั่วโมง รายงานเป็นค่าความแข็ง (Hardness) ในหน่วยนิวตัน (N) และค่าความกรอบ (Fracturability) ในหน่วยมิลลิเมตร (mm) วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น NH310 รายงานเป็นค่า L* (ความสว่าง) ค่า a* (สีเขียว-แดง) และค่า b* (สีน้ำเงิน-เหลือง)

2.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture) โดยวิธีการให้ความร้อนโดยตรง (Direct Method) ด้วยเครื่องวัดวิเคราะห์ความชื้น (Moisture Analyzer) ยี่ห้อ Sartorius รุ่น MA 150 และวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity Meter) ยี่ห้อ Aqua Lab รุ่น 4TE ตามวิธีการ AOAC [7]

ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2.3 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point Hedonic Scale) โดยทดสอบคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 60 คน นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยคัดเลือกผลิตภัณฑ์ฝามากาารองที่ทดแทนด้วยกากถั่วดาวอินคาที่ดีที่สุด ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเพื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ฝามาการองสูตรที่ไม่มีกากถั่วดาวอินคาในขั้นตอนต่อไป

2.4 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

2.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน พลังงาน ความชื้น และใยอาหาร ตามวิธีการของ In-house Method TE-CH-042 [7] วิเคราะห์ปริมาณวิตามินอี อัลฟาโทโคฟีรอล (Vitamin E α-tocopherol) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ High Performance Liquid Chromatography; HPLC [8]

2.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันทั้งหมด (Total Saturated Fatty Acid) กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated Fatty Acid) กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่ง

ตำแหน่ง (Monounsaturated Fatty Acid) กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (Polyunsaturated Fatty Acid) ปริมาณกรดไขมันชนิดโอเมกา-3 (Omega-3) โอเมกา-6 (Omega-6) และโอเมกา-9 (Omega-9) ตามวิธีการ In-house Method TE-CH-208 โดยเทคนิค Gas Chromatography; GC [7]

2.4.3 การวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนชนิดที่จำเป็นและกรดอะมิโนชนิดไม่จำเป็นตามวิธีการ In-house Method [7]

ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์แปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2.5 คำนวณต้นทุนวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ฝามาการอง

ต้นทุนวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ฝามาการองคำนวณจากปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้จริงในการผลิตต่อ 1 สูตร ได้จากปริมาณวัตถุดิบแต่ละตัวที่ใช้คูณกับราคาวัตถุดิบต่อหน่วยหารด้วยปริมาณวัตถุดิบต่อหน่วย

$$\text{Material Cost (Bath)} = \frac{\text{Dosage (g)} \times \text{Price per Unit (bath)}}{\text{Quantity per Unit (g)}}$$

รายงานผลการคำนวณราคาต้นทุนวัตถุดิบต่อหน่วยรวมทั้งหมดและปริมาณร้อยละของต้นทุนที่ลดลงเปรียบเทียบสูตรควบคุมกับสูตรที่พัฒนาแล้ว

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ผลการศึกษาปริมาณกากถั่วดาวอินคาที่ใช้ทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นในผลิตภัณฑ์ฝามาการอง

3.1.1 ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ

ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ พบว่าเมื่อทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นด้วยกากถั่วดาวอินคาในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่า L* มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ตารางที่ 2) โดยผลิตภัณฑ์ฝามาการองที่มีปริมาณกากถั่วดาวอินคามีลักษณะปรากฏของสีที่มีแนวโน้มที่เข้มขึ้นดังจะเห็นได้จากรูปที่ 1 โดยมีลักษณะเป็นสีน้ำตาล ทั้งนี้การเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ฝามาการองนั้นมีผลมาจากการทำปฏิกิริยาของน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนที่มีในกากถั่วดาวอินคาเมื่อได้รับความร้อนจากการอบ เป็นผลให้เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่อง คือเกิดสารสีน้ำตาลที่เรียกว่า ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Mallard Reaction) [9] จากผลการทดลองมีความคล้ายคลึงกันกับการศึกษาของ S. Manisa et al. [10] พบว่าการใช้กากถั่วอัลมอนด์ป่นทดแทนอัลมอนด์ป่นในผลิตภัณฑ์มาการองส่งผลให้ค่า L* ลดลง ค่า a* มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่า b* มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝามาการองจากกากถั่วดาวอินคา พบว่า เมื่อทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นด้วยกากถั่วดาวอินคาในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็ง ของผลิตภัณฑ์มาการองทั้ง 3 สูตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม (ตารางที่ 2) โดยมีค่าความแข็งที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากปริมาณไขมันในกากถั่วดาวอินคาที่มีน้อยกว่าถั่วอัลมอนด์ป่น โดยปกติไขมันที่พบในวัตถุดิบอาหารมีคุณสมบัติช่วยทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารมีความนุ่มขึ้น การที่ผลิตภัณฑ์ฝามาการองจากกากถั่วดาวอินคามีปริมาณไขมันน้อยกว่าทำให้โครงสร้างภายในยึดเกาะกันแน่นหนาขึ้น [11] ประกอบกับพบปริมาณใยอาหารในกากถั่วดาวอินคาในปริมาณสูง จากส่วนประกอบของเซลลูโลสที่มีการจัดเรียงตัวทั้งแบบแนวเดียวกันและแนวสวนทางกัน จึงทำให้มีโครงสร้างที่ค่อนข้างแข็งแรง [9] เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ฝามาการองมีความแข็งเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ S.C. Young [12] พบว่าการใช้ผงแก่นตะวันส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของมาการองโดยด้านความแข็งของมาการองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าความกรอบมีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อ

พิจารณาจากลักษณะภายนอกดังแสดงในรูปที่ 1 โดยเฉพาะจากโครงสร้างบริเวณด้านข้างของขอบผลิตภัณฑ์ฝามาการองซึ่งมีลักษณะยกตัวสูงขึ้นมักเรียกว่า ขามาการอง (Foot) และมีบริเวณผิวหน้าด้านบนที่เรียบเนียน ซึ่งเป็นลักษณะและคุณภาพที่ดี [1]

ตารางที่ 2 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ฝามากรองที่ทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นด้วยกากถั่วดาวอินคา

กากถั่วดาวอินคา	ค่าความแข็ง	ค่าความกรอบ	ค่าสี		
ร้อยละ	(N)	(mm)^{ns}	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*^{ns}
0 (สูตรควบคุม)	797.52±50.95^{c}	8.03.±0.02	75.69±0.78^{a}	5.56±0.02^{b}	22.29±0.07
40	817.64±51.60^{c}	8.13±0.05	71.64±0.56^{b}	5.62±0.05^{b}	22.65±0.98
60	833.15±44.57^{b}	8.29±0.06	70.25±0.64^{c}	5.77±0.18^{ab}	22.76±0.10
80	922.31±62.00^{a}	8.35±0.02	70.00±0.82^{c}	6.56±0.02^{a}	22.95±0.27

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

รูปที่ 1 ลักษณะภายนอกด้านบนและด้านข้างของผลิตภัณฑ์ฝามาการองที่ทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นด้วยกากถั่วดาวอินคา

3.2 ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝามาการองที่ทดแทนด้วยกากถั่วดาวอินคา โดยการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในคุณลักษณะต่าง ๆ จากตารางที่ 3 พบว่าผลิตภัณฑ์ฝามาการองที่ทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นด้วยกากถั่วดาวอินคาในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ระดับร้อยละ 40 และร้อยละ 60 แต่ในขณะเดียวกันมีคะแนนความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อทดแทนไปที่ระดับร้อยละ 80 ทั้งนี้เนื่องจากกากดาวอินคามีกลิ่นเฉพาะตัวคือ กลิ่นถั่ว (Beany Odor) หรือ กลิ่นหญ้า (Grassy Odor) โดยกลิ่นดังกล่าวเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจากการทำงานของเอนไซม์ไลพอกซิจิเนส (Lipoxygenase) [13], [14] ซึ่งลักษณะกลิ่นดังกล่าวเป็นกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ส่งผลให้มีคะแนนความชอบลดลง โดยผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยของ B. Athip and S. Napat [3] พบว่า การใช้ถั่วลิสงทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นในผลิตภัณฑ์มาการองทำให้มีกลิ่นรสเฉพาะตัวจากถั่วลิสงในปริมาณมาก ส่งผลให้ผู้บริโภคแยกความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ได้อย่างชัดเจน และงานวิจัยของ N. Chuaykarn et al. [5] รายงานว่าเมื่อใช้เมล็ดถั่วดาวอินคาป่นทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ทำให้

ผู้ทดสอบชิมไม่ยอมรับ แม้ว่าในการทดลองนี้จะนำกากถั่วดาวอินคาที่ผ่านกระบวนการบีบน้ำมันออกแล้วมาทดแทนในผลิตภัณฑ์ฝามาการองยังคงทำให้มีกลิ่นที่รับรู้ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังนั้นผลิตภัณฑ์ฝามาการองที่ใช้กากถั่วดาวอินคาทดแทนที่ระดับร้อยละ 40 และและร้อยละ 60 มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่ต่างจากสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) แต่วัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้ คือต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ฝามาการองให้มีการทดแทนได้ในปริมาณมากที่สุดโดยมุ่งผลในแง่คุณค่าทางโภชนาการที่เพิ่มขึ้นอีกทั้งยังมีสัดส่วนต้นทุนลดลง จึงคัดเลือกผลิตภัณฑ์ฝามาการองสูตรที่ 2 คือการใช้กากถั่วดาวอินคาที่ระดับร้อยละ 60 ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝามากรองที่ทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นด้วยกากถั่วดาวอินคา

กากถั่วดาวอินคา	คุณลักษณะ				
ร้อยละ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
0 (สูตรควบคุม)	7.15±0.86^{a}	6.58±0.88^{a}	7.02±0.75^{a}	6.76±0.72^{a}	6.98±0.89^{a}
40	7.08±0.80^{a}	6.65±0.87^{a}	7.10±0.87^{a}	6.88±0.90^{a}	7.04±0.94^{a}
60	7.38±0.95^{a}	6.85±0.75^{a}	7.15±0.73^{a}	6.94±0.81^{a}	7.13±0.85^{a}
80	5.56±0.81^{b}	5.01±0.99^{b}	4.93±0.93^{b}	5.20±0.81^{b}	5.83±0.61^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.3 ผลการศึกษาปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผลิตภัณฑ์ฝามาการอง

เมื่อทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นด้วยกากถั่วดาวอินคาของผลิตภัณฑ์ฝามาการองในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความชื้นมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ฝามาการองที่ทดแทนด้วยกากถั่วดาวอินคาได้ผ่านกระบวนการแปรรูปโดยการสกัดหรือบีบน้ำมันจึงเป็นผลให้มีปริมาณความชื้นของกากถั่วดาวอินคาน้อยกว่าถั่วอัลมอนด์ป่น เมื่อทดแทนในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเป็นผลให้ปริมาณความชื้นลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ S.C. Young [12] พบว่าการเติมผงแก่นตะวันทดแทนในผลิตภัณฑ์มาการองเป็นผลให้ความชื้นมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณความชื้นเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารชุมชน (มผช. 118/2555) ซึ่งได้ระบุไว้ว่าผลิตภัณฑ์กลุ่มขนมอบประเภทคุกกี้ควรมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก [15] ทั้งนี้ ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผลิตภัณฑ์ฝามาการองที่ทดแทนกากถั่วดาวอินคาทั้ง 3 สูตร มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.40 - 0.46 เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารชุมชนซึ่งต้องมีปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.60 ซึ่งไม่สามารถทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตจนทำให้อาหารเน่าเสียได้

ตารางที่ 4 ความชื้นและน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ฝามากรองที่ทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นด้วยกากถั่วดาวอินคา

กากถั่วดาวอินคา ร้อยละ	ความชื้น (%)	น้ำอิสระ^{ns} (a_w)
0 (สูตรควบคุม)	2.30±0.01^{a}	0.42±0.07
40	1.80±0.00^{ab}	0.41±0.02
60	1.62±0.00^{b}	0.42±0.05
80	1.49±0.03^{b}	0.41±0.03

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3.4 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ฝามาการอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ฝามาการองทั้ง 2 สูตร คือ สูตรที่ไม่ใช้กากถั่วดาวอินคาร้อยละ 0 และสูตรที่ทดแทนด้วยกากถั่วดาวอินคาที่ร้อยละ 60 จากตารางที่ 5 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ฝามาการองทั้ง 2 สูตร ปริมาณโปรตีน เถ้า และใยอาหาร ของผลิตภัณฑ์ฝามาการองสูตรที่ใช้กากถั่วดาวอินคาร้อยละ 60 มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากกากถั่วอินคามีปริมาณโปรตีน ใยอาหาร และแร่ธาตุต่าง ๆ ในปริมาณสูง [16] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ R. Kultida et al. [17] พบว่า เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยกากถั่วดาวอินคาในขนมตูเล (Tuiles) เป็นผลให้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อนำมาทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ฝามาการองมีปริมาณสารอาหารดังกล่าวเพิ่มขึ้น ในขณะที่วิตามินอีและไขมันมีปริมาณลดลง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ฝามาการองมีปริมาณพลังงานส่วนหนึ่งมาจากแหล่งของไขมันมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากกากถั่วดาวอินคาที่นำมาใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์ฝามาการองในครั้งนี้ได้ผ่านการสกัดน้ำมันออกไปทำให้มีน้ำมันคงเหลือ (Oil Residue) อยู่ในปริมาณน้อย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ของ S. Rawdkean et al. [16] ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วดาวอินคา พบว่ามีปริมาณไขมันอยู่ร้อยละ 4.13 และจากรายงานของ L. A. Follegatti-Romero et al. [18] พบว่า มีปริมาณน้ำมันคงเหลือในกากถั่วดาวอินคาที่ผ่านกระบวนการสกัดไขมันเพียงร้อยละ 7.2 จึงมีปริมาณไขมันอยู่น้อย และเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ S. Manisa et al. [10] พบว่า ไขมันในถั่วอัลมอนป่นมีปริมาณไขมันประมาณร้อยละ 54.53 จะเห็นได้ว่ากากถั่วดาวอินคามีปริมาณไขมันน้อยกว่าถั่วอัลมอนป่น จึงเป็นผลให้องค์ประกอบดังกล่าวสูญเสียไป เมื่อนำกากถั่วดาวอินคามาทดแทนอัลมอนด์ป่นจึงส่งผลให้ปริมาณไขมันและวิตามินอีในผลิตภัณฑ์ฝามาการองมีปริมาณลดลง ทั้งนี้ปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรต ของผลิตภัณฑ์ฝามาการองทั้ง 2 สูตรมีปริมาณแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ฝามากรองที่ทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นด้วยกากถั่วดาวอินคา

องค์ประกอบทางเคมี	กากถั่วดาวอินคาร้อยละ 0	กากถั่วดาวอินคาร้อยละ 60
ความชื้น (Moisture)^{ns}	5.71±0.03	5.74±0.02
โปรตีน (Protein)	9.42±0.02^{b}	12.69±0.06^{a}
ไขมัน (Fat)	11.34±0.04^{a}	7.28±0.04^{b}
เถ้า (Ash)	1.02±0.02^{b}	1.49±0.09^{a}
คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)^{ns}	72.51±0.04	72.80±0.07
พลังงาน (Kcal/100g)	429.78±0.37^{a}	407.48±0.13^{b}
เส้นใย (Fiber)	1.20±0.07^{b}	1.91±0.05^{a}
วิตามินอี อัลฟาโทโคฟีรอล (Vitamin E α-Tocopherol)	3.51±0.03^{a}	2.07±0.04^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$ ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3.5 ผลการศึกษาปริมาณกรดไขมันของผลิตภัณฑ์ฝามาการอง

ผลการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในผลิตภัณฑ์ฝามาการองทั้ง 2 สูตร (ตารางที่ 6) พบว่าผลิตภัณฑ์ฝามากรองที่ทดแทนด้วยกากถั่วดาวอินคาที่ร้อยละ 60 มีปริมาณองค์ประกอบของกรดไขมันทุกชนิดน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ฝามาการองสูตรที่ไม่ใช้กากถั่วดาวอินคา (ร้อยละ 0) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยพบ

กรดไขมันไม่อิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง กรดไขมันชนิดโอเมกา-6 และกรดไขมันโอเมกา-9 ในปริมาณน้อยกว่าประมาณ 1.4 - 1.6 เท่า และไม่พบปริมาณกรดไขมันโอเมกา-3 ในผลิตภัณฑ์ฝามาการองทั้ง 2 สูตร การพบกรดไขมันในปริมาณลดลงนั้น อาจเป็นผลมาจากการนำเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ผ่านการบีบหรือสกัดน้ำมันออก จึงทำให้องค์ประกอบของกรดไขมันสูญเสียออกไปจากกระบวนการดังกล่าว โดยจากรายงานการวิจัยของ S. Rawdkuen et al. [16] ได้รายงานผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันโดยเปรียบเทียบระหว่างกากเมล็ดชาและกากถั่วอินคา พบว่า กากถั่วดาวอินคามีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว 0.59 และกรดไขมันไม่อิ่มตัว 5.68 น้อยกว่ากากเมล็ดชาซึ่งมีปริมาณ 1.57 และ 9.67 ตามลำดับ ยกเว้นกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งซึ่งมีปริมาณมากกว่าโดยมีค่าเฉลี่ย 5.11 และ 1.33 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ P. Anamaria et al. [19] พบว่า การใช้กากถั่ววอลนัททดแทนถั่วอัลมอนด์ในมาการองเป็นผลให้มีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัว และกรดไขมันชนิดโอเมกา-3 และ โอเมกา-6 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การพัฒนาผลิตภัณฑ์ฝามาการองที่ใช้กากถั่วดาวอินคามีปริมาณกรดไขมันที่จำเป็น ซึ่งมีประโยชน์กับร่างกาย และมีประโยชน์เชิงสุขภาพโดยเฉพาะการลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจและโรคเรื้อรังชนิดต่าง ๆ [20]

ตารางที่ 6 ปริมาณกรดไขมันของผลิตภัณฑ์ฝามากรองที่ทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นด้วยกากถั่วดาวอินคา

องค์ประกอบ (g/100g)	กากถั่วดาวอินคาร้อยละ 0	กากถั่วดาวอินคาร้อยละ 60
ปริมาณกรดไขมันทั้งหมด (Total saturated fatty acid)	0.87 ± 0.05^{a}	0.59 ± 0.06^{b}
ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Total unsaturated fatty acid)	9.93 ± 0.04^{a}	6.36 ± 0.15^{b}
กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated fatty acid)	7.62 ± 0.09^{a}	4.74 ± 0.07^{b}
กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated fatty acid)	2.31 ± 0.05^{a}	1.62 ± 0.08^{b}
กรดไขมันโอเมกา-3 (Omega-3)	ND	ND
กรดไขมันโอเมกา-6 (Omega-6)	2.31 ± 0.02^{a}	1.44 ± 0.07^{b}
กรดไขมันโอเมกา-9 (Omega-9)	7.54 ± 0.04^{a}	4.67 ± 0.08^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

3.6 ผลการศึกษาปริมาณกรดอะมิโนของผลิตภัณฑ์ฝามาการอง

ผลการศึกษาองค์ประกอบของกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์ฝามาการองทั้ง 2 สูตร (ตารางที่ 7) พบว่า เมื่อทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นด้วยกากถั่วดาวอินคาที่ร้อยละ 60 ในผลิตภัณฑ์ฝามาการอง ส่งผลให้มีปริมาณกรดอะมิโนชนิดที่จำเป็นทั้ง 9 ชนิด โดยพบ ไลซีน ในปริมาณมากที่สุด ตามด้วย ลูซีน ฟีนิลอะลานีน วาลีน ไอโซลูซีน เมไทโอนีน ทรีโอนีน ทริพโตเฟน และฮีสติดีน ตามลำดับ และยังพบปริมาณกรดอะมิโนชนิดไม่จำเป็น คือ ไทโรซีน ไกลซีน เซรีน โพรลีน และซิสตีน สูงกว่าผลิตภัณฑ์ฝามาการองที่ไม่ใช้กากถั่วดาวอินคา (ร้อยละ 0) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งพบในปริมาณสูงกว่าประมาณ 1 เท่า ส่วนปริมาณกรดอะมิโนชนิดที่ไม่จำเป็นชนิดอื่นได้แก่ อาร์จินีน กรดกลูตามิก กรดแอสพาร์ติก ซีสเตอีน มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งพบในปริมาณน้อยกว่าประมาณ 1 เท่าเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาที่มีการนำเสนอโดย

S. Rawdkean et al. [16] ได้มีการศึกษาปริมาณกรดอะมิโนของกากถั่วดาวอินคา พบว่า ไลซีนเป็นกรดอะมิโนที่มีปริมาณมากที่สุด (17789.00 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง) และกรดอะมิโนชนิดที่จำเป็นอีก 8 ชนิด ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ยตั้งแต่ 9334 - 624.21 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และกรดอะมิโนชนิดไม่จำเป็น 1288 - 10025 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ทั้งนี้ปริมาณกลูตามีนและอะลานีน มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และผลิตภัณฑ์ฝามาการองทั้ง 2 สูตร ไม่พบแอสพาราจีน ซึ่ง C. Raiz et al. [21] รายงานว่า เมล็ดของถั่วอินคามีกรดอะมิโนจำเป็นทุกตัวที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก (FAO/WHO) จากผลการทดลอง เห็นได้ว่าการนำกากถั่วอินคาซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ฝามาการอง ทำให้มีประโยชน์ในเชิงคุณค่าทางโภชนาการ สามารถเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพโดยเฉพาะกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนที่ชนิดจำเป็นซึ่งร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหารเพิ่มเติมเท่านั้น

ตารางที่ 7 ปริมาณกรดอะมิโนของผลิตภัณฑ์ฝามาการองที่ทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นด้วยกากถั่วดาวอินคา

องค์ประกอบ (mg/100g)	กากถั่วดาวอินคาร้อยละ 0	กากถั่วดาวอินคาร้อยละ 60
กรดอะมิโนชนิดจำเป็น (Essential amino acid)		
ฮีสติดีน (Histidine)	170.60±6.22^{b}	210.00±5.60^{a}
ไอโซลูซีน (Isoleucine)	310.00±2.12^{b}	411.80±7.71^{a}
ลูซีน (Leucine)	440.00±1.41^{b}	560.00±9.76^{a}
ไลซีน (Lysine)	540.50±4.95^{b}	640.75±6.43^{a}
เมไทโอนีน (Methionine)	370.00±2.83^{b}	410.25±8.13^{a}
ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine)	500.25±3.18^{b}	540.10±7.91^{a}
ทรีโอนีน (Threonine)	280.00±7.07^{b}	370.12±6.54^{a}
วาลีน (Valine)	450.50±3.53^{b}	540.73±8.73^{a}
ทริพโตเฟน (Tryptophan)	180.55±1.34^{b}	240.40±8.41^{a}
กรดอะมิโนชนิดไม่จำเป็น (Nonessential amino acid)		
อะลานีน (Alanine)^{ns}	380.25±3.18	380.25±3.18
อาร์จินีน (Arginine)	1750.50±12.02^{a}	1390.88±20.75^{b}
กรดแอสพาร์ติก (Aspartic acid)	1120.00±15.55^{a}	881.20±14.50^{b}
ซิสตีน (Cystine)	420.00±5.66^{b}	460.83±8.31^{a}
กรดกลูตามิก (Glutamic acid)	1170.00± 8.38^{a}	970.70±16.05^{b}
ไกลซีน (Glycine)	317.00±4.24^{b}	520.00±4.60^{a}
โพรลีน (Proline)	300.00±5.66^{b}	410.40±6.51^{a}
เซรีน (Serine)	391.00±4.24^{b}	510.68±6.61^{a}
ไทโรซีน (Tyrosine)	440.50±9.19^{b}	539.75±8.76^{a}
แอสพาราจีน (Asparagine)	ND	ND
ซีสเตอีน (Cysteine)	423.50±7.78^{a}	129.60±8.63^{b}
กลูตามีน (Glutamine)^{ns}	640.00±5.66	630.18±7.81

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ND หมายถึง ตรวจไม่พบ

3.7 ผลการคำนวณต้นทุนวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ฝามาการองทั้ง 2 สูตร

ผลการคำนวณต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ฝามาการองสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) และผลิตภัณฑ์ฝามากาการองสูตรที่ทดแทนด้วยกากถั่วดาวอินคา (ร้อยละ 60) โดยอ้างอิงราคาต้นทุน ณ เดือนมีนาคม 2564 พบว่า ราคาต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ฝามาการองสูตรควบคุม มีราคาต้นทุนประมาณ 40 บาทต่อสูตร และสูตรที่พัฒนาแล้ว พบว่า มีราคาต้นทุนประมาณ 34 บาท ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบราคาต้นทุนวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ฝามาการองที่พัฒนาแล้วทำให้มีราคาต้นทุนลดลงจากสูตรควบคุมคิดเป็นร้อยละ 15 ทั้งนี้ สามารถผลิตฝามาการองต่อ 1 สูตรได้จำนวน 30 ชิ้น ซึ่งมีน้ำหนักต่อชิ้นเท่ากับ 3 กรัม เมื่อพิจารณาจากราคาต้นทุนวัตถุดิบซึ่งต่ำกว่าสูตรที่จำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด อีกทั้งผลิตภัณฑ์ฝามารองที่ทดแทนด้วยกากถั่วอินคามีปริมาณของโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็น จึงเป็นแนวทางในการผลิตเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้

4. สรุป

การใช้กากถั่วดาวอินคาทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นที่ระดับร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก เป็นปริมาณที่มีความเหมาะสมในการทดแทนถั่วอัลมอนด์ป่นในผลิตภัณฑ์ฝามากรอง โดยมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ทั้งนี้การใช้กากถั่วดาวอินคาในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพ โดยค่า L* (ความสว่าง) และปริมาณความชื้นมีค่าลดลง ในขณะที่ค่า a* (ค่าสีแดง) ค่าความแข็ง (Hardness) มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่อค่าความกรอบ (Fracturability) ค่าสีเหลือง (b*) และปริมาณน้ำอิสระ (a*) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ฝามาการองสูตรที่ไม่ใช้กากถั่วดาวอินคา ข้อมูลเชิงโภชนาการของผลิตภัณฑ์ฝามากรองที่พัฒนาในครั้งนี้ มีคุณประโยชน์ ซึ่งยังคงพบปริมาณสารอาหารที่เป็นประโยชน์แก่ร่างกาย โดยเฉพาะปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นทั้ง 9 ชนิดสูงกว่าผลิตภัณฑ์ฝามาการองสูตรปกติประมาณ 1 เท่า อีกทั้งยังมีสัดส่วนของราคาต้นทุนวัตถุดิบต่อสูตรลดลง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยจากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2563 ขอขอบคุณนางสาวจิตรา บุญฤทธิ์ นางสาวนริศา บัวกิ่ง และนายนนทร์ศักดิ์ พึ่งโพธิ์สพ ผู้ช่วยนักวิจัย ตลอดจนบุคลากรและนักศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ สาขาคหกรรมศาสตร์ ทุกคนที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] A. Wu, “Optimizing sugar ratios for macaroon taste and structure,” *Food Science*, vol. 1, pp. 1-12, 2012.

[2] P. Chunkamol and K. Vassana, “Development of almond powder substitute macaron from cashew nut powder,” *Srinakharinwirot University*, *Journal of Science and Technology*, vol. 10, no.19, pp. 14-30, 2018.

[3] B. Athip and S. Napat, “Processing of egg white pastries (macaroon) by using peanut and cashew nut powder as almond powder replacement,” *Dusit Thani College Journal,* vol. 12, no. 2, pp. 182-192, 2018.

[4] G. Sethuraman, N. M. M. Nizar, F. N. Muhamad, P. J. Gregory, E. Jahanshiri and S. Azam-Ali, “Nutrition composition of sacha inchi (*Plukenetia Volubilis* L.),” *International Journal of Research and Scientific Innovation*, vol. 7, no. 9, pp. 271-277, 2020.

[5] N. Chuaykarn, S. Pruettiwilai and W. Bureepukdee, "The application of legumes using in macaroon product," *Agricultural Science Journal (supplement)*, vol. 50, no. 2, pp. 1-4, 2019.

[6] K. Tanisorn, "Product development of macarons from sacha inchi (*Plukenetia Volubilis* L.)," M.H.E. thesis, Dept. Food. Nutr., RMUTP Univ., Bangkok, Thailand, 2018.

[7] AOAC, Official Methods of Analysis of AOAC International, 21st ed. USA: Gaithersburg, MD. 2019.

[8] G. Charalambous, "Chromatographic analysis of food and beverages," in *Proceedings of a Symposium on the Analysis of Foods and Beverages by HPLC*, U.S.A., 1979, pp. 1-12.

[9] R. Nithiya, "Carbohydrate," in *Food chemistry*, 5th ed. Bangkok, Thailand: Odeon Store Publisher, pp. 137-188, 2014.

[10] S. Manisa, T. Taweesak and S. Nongnuch, "Preparation and application of dried almond residue for substitution of almond flour in macaron," *Thai Science and Technology Journal*, vol. 28, no. 9, pp. 1572-1584, 2020.

[11] E. Bakkalbasi, R. R. Meral and I. S. Dogan, "Bioactive compounds physical and sensory properties of cake made with walnut press-cake," *Journal of Food Quality*, vol. 38, no. 6, pp. 422-430, 2015.

[12] S. C. Young, "The quality characteristics of macaroon added with *Helianthus Tuberosus* L. powder," *Culinary Science & Hospitality Research*, vol. 23, no. 1, pp. 28-36, 2017.

[13] T. G. Kudre and S. Benjakul, "Effects of binary organic solvents and heating on lipid removal and the reduction of beany odour in Bambara groundnut (Vigna subterranean) flour," *Food Chemistry*, vol. 141, no. 1, pp. 517-523, 2013.

[14] Y. Wichamanee, C. Sirima and K. Nisanart, "Effect of roasting conditions on beany odor retention and chemical properties of sacha inchi flour," *The journal of KMUTNB*, vol. 29, no. 1, pp. 135-144, 2019.

[15] *Thai Community Product Standard*, 118, 2012.

[16] S. Rawdkuen, D. Murdayanti, S. Ketnawa and S. Phongthai, "Chemical properties and nutritional factors of pressed-cake from tea and sacha inchi seeds," *Food Bioscience*, vol. 15, pp. 64-71, 2016.

[17] R. Kultida, H. Chatrapa and S. Promluck, "Effect of sacha inchi pressed-cake (*Plukenetia volubilis* L.) on the physical chemical and sensory properties of tuiles," *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, vol. 20, no. 2, pp. 1-10, 2021.

[18] L. A. Follegatti-Romero, C. R. Piantino, R. Grimaldi and F. A. Cabral, "Supercritical CO_2 extraction of omega-3 rich oil from sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*) seeds," *Journal of Supercritical Fluids*, vol. 49, pp. 323-329, 2009.

[19] P. Anamaria, A. Paucean, S. Ancut, S. Ersilia, A. Simona, M. Maria, S. Liana, P. Luliana, B. Adina and M. Sevastita, "Quality characteristics and volatile profile of

macarons modified with walnut oilcake by-product," *Molecules,* vol. 25, no. 2214, pp. 1-19, 2020.

[20] P. C. Calder, "Functional roles of fatty acids and their effects on human health," *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition,* vol. 39, no. 1, pp. 18-32, 2015.

[21] C. Ruiz, C. Diaz, J. Anaya and R. Rojas, "Proximate analysis, antinutrients, fatty acids and amino acids profiles of seeds and cakes from 2 species of sacha inchi (*Plukenetia volubilis y and Plukenetia huayllabambana*)," *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol. 79, no. 1, pp. 29-36, 2013.