

การใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ในมาการอง

Using the Mungbean as a Substitute for Almond in Macarons

บุญยณูช ภู่ระหงษ์¹ ณนันทน์ แดงสังวาลย์² ธัญญารัตน์ ดาวพิเศษ³ อนัญญา เกาฏีระ³
และอินทิมา หิรัญอุครวงศ์^{1*}

Bunyanut Phurahong¹ Nanoln Dangsungwal² Thanyaread Daowpised³ Ananya Kaotira³
and Inteema Hirunakarawong^{1*}

Received 17 พฤษภาคม 2566 Revised 23 มิถุนายน 2566 Accepted 26 มิถุนายน 2566

บทคัดย่อ

มาการองเป็นขนมหวานพื้นเมืองของฝรั่งเศสที่ผลิตจากอัลมอนต์ ไข่ขาวและน้ำตาลไอซิ่ง ซึ่งมีลักษณะภายนอกของเปลือกที่กรอบนอกและภายในนุ่ม อย่างไรก็ตามด้วยส่วนผสมหลักเป็นอัลมอนต์ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่นำเข้าทำให้มีราคาสูง ดังนั้นถั่วเขียวที่เป็นวัตถุดิบของไทยจึงถูกใช้ทดแทนอัลมอนต์ในมาการอง 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0 (สูตรพื้นฐาน) 25 50 75 และ 100 ของน้ำหนักอัลมอนต์ทั้งหมดในสูตร และผลของปริมาณถั่วเขียวที่ใช้ทดแทนอัลมอนต์ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาการองจากถั่วเขียวได้ถูกตรวจสอบ พบว่ามาการองที่มีปริมาณของถั่วทองเพื่อทดแทนอัลมอนต์มากขึ้นส่งผลต่อคุณภาพของมาการองทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองปนน้ำตาลที่เข้มขึ้น ค่า L^* ลดลง ในขณะที่ค่า a^* และ b^* และความกรอบสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนค่าความแข็ง (hardness) ของมาการองที่ใช้ถั่วเขียวร้อยละ 75 และมาการองสูตรควบคุมมีค่าใกล้เคียง ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่ามาการองที่ทดแทนถั่วทองร้อยละ 75 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ โดยมีคะแนน 4.50 4.27 และ 4.42 ตามลำดับ นอกจากนี้ผลการทดสอบสมบัติทางเคมีของมาการองที่ใช้ถั่วทองร้อยละ 75 มีพลังงานทั้งหมด 383 กิโลแคลอรี คาร์โบไฮเดรต 76.00% โปรตีน 9.96% ไขมัน 4.38% ความชื้น 8.43% และเถ้า 1.28% ผลการศึกษานี้ สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนามาการองให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและการเพิ่มมูลค่าถั่วทองสำหรับภาคอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

คำสำคัญ : มาการอง, ถั่วทอง, อัลมอนต์

¹ อาจารย์, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

¹ Lecturer, Faculty Home Economics of Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

² Assistant Professor Dr., Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

³ นักศึกษา, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

³ Student, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

* ผู้ประสานงานนิพนธ์ e-mail: inteema.h@rmutp.ac.th

Abstract

Macaron is a traditional French dessert made from almonds, egg whites, and icing sugar. It has a crispy exterior and a soft interior texture. However, the almond is an expensive imported raw material. Therefore, mungbean, a Thai raw material, was used to replace almonds in macarons at 5 levels: 0 (control formula), 25, 50, 75, and 100% of the total almond weight in the recipe. In addition, the effect of the amount of mungbean substituted for almonds on the physical, chemical, and sensory properties of the mungbean-substituted macaron was investigated. It was found that macarons containing a higher amount of mungbean to replace almonds in the recipe affected the quality of the product. It made the product darker yellow-brownish; the L^* value decreased, while a^* , b^* , and crispness increased significantly ($P \leq 0.05$). The hardness values of the macaron, which contained 75 percent mungbean substitution, and the control sample were not significantly different. The results of sensory evaluation found that the macaron contained 75% mungbean and had appearance, smell, and taste scores of 4.50, 4.27, and 4.42, respectively. Moreover, the chemical properties found that this sample contained 383 kilocalories of energy, 76.00% carbohydrates, protein 9.96% protein, 4.38% fat, 8.43% moisture content, and 1.28% ash. The findings can be a guideline for the development of macarons as a healthy product and to increase the value of mungbean for the food industry in the future.

Keywords: Macaron, Mungbean, Almond

1. บทนำ

มาการองเป็นขนมหวานพื้นเมืองที่มีต้นกำเนิดจากประเทศฝรั่งเศสเป็นของหวานหรูหราเป็นที่ชื่นชอบทั่วโลก ในปัจจุบันเนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับของหวานฝรั่งเศสและเป็นขนมที่ทำจากเมอแรงค์ที่เข้มข้นมากเป็นขนมที่ได้รับความนิยมมีรสชาติที่กลมกล่อมและรสสัมผัสที่เป็นเอกลักษณ์ของตนเอง ส่วนผสมวัตถุดิบหลัก 4 ชนิด คือ อัลมอนต์ น้ำตาลทราย ไข่ขาวและน้ำตาลไอซิ่ง มีการเติมสีไม่มีส่วนผสมของผงฟู และโครงสร้างที่เติมอากาศได้ในระหว่างการอบโดยการปล่อยไอน้ำออกจากไข่ขาวที่ตีแล้ว (Nastaj et al, 2023) โดยวิธีการทำมี 2 วิธีคือ แบบฝรั่งเศสหรือแบบเฟรนช์เมอแรงค์ (French Meringue) (Gordon & McBride, 2011; มาซาฮิโตะ โมะโตะฮาชิ, 2556) การทำมาการองให้มีลักษณะและคุณภาพที่ดีขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ กระบวนการผลิต โดยเฉพาะขั้นตอนระหว่างการตีเมอแรงค์และการพักหน้าขนมก่อนอบ ลักษณะของมาการองที่ได้นั้นรูปร่างเปลือกของมาการอง ต้องเป็นทรงกลม ลักษณะของ

เปลือกทั้งเปลือกบนและเปลือกล่าง ต้องมีความเรียบเนียน สีควรมีความสม่ำเสมอเหมือนกันทั้งฝ้า เนื้อสัมผัสด้านในกรอบแลภายในนุ่ม ลักษณะของชาชนมยักตัวขึ้นเล็กน้อยในแนวยาวต้องมิลักษณะสมดุลที่เกิดจากตัวเปลือกที่ไปผ่านกระบวนการอบให้ตัวเปลือกเกิดการยกตัวขึ้นบริเวณชั้นของขามีช่องระบายอากาศเล็ก ๆ ไม่มีโพรงภายใน (Luangsakul and Chiralasanakul, 2020)

อัลมอนด์ (almond) จัดเป็นพืชตระกูลถั่วประเภทอัลมอนด์ มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Prunus amygdalus* เป็นนัทจากไม้ยืนต้น (tree nut) มีกลิ่นหอม รสชาติหวานมัน อัลมอนด์มีปริมาณไขมันและความชื้นสูง มีคุณค่าและประโยชน์ต่อสุขภาพมากเป็น 1 ใน 10 สุดยอดอาหารเพื่อสุขภาพจึงเป็นที่นิยมแม้จะมีราคาแพง อัลมอนด์ป่นมีราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 350-1,000 บาท (ชวนชมเบเกอร์, 2565) และเป็นวัตถุดิบสำคัญที่ใช้เป็นโครงสร้างหลักและส่งผลถึงลักษณะที่ดีของมาการองส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงมีการวิจัยที่ใช้ประโยชน์จากถั่วหรือพืชชนิดอื่นมาทดแทนอัลมอนด์เพื่อลดต้นทุน เช่น เม็ดมะม่วงหิมพานต์ (ชินกมล ปัญญา และวาสนา ชันทะเสน, 2561) ถั่วลิสง (อชิปปุญศิริวิทย์ และนภัทร ศรีธรรม, 2561) ถั่วดาวอินคา (ฐานิศร กนกเลิศฤทธิ์ และน้อมจิตต์ สุธิบุตร, 2561) เป็นต้น จากผลการศึกษาพบว่าคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของมาการองคล้ายกับสูตรที่ใช้อัลมอนด์เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำตาลสูง และใยอาหารต่ำ ดังนั้น หากสามารถเพิ่มใยอาหารให้กับมาการองโดยนำกากเมล็ดอัลมอนด์มาใช้ให้เกิดประโยชน์และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์มาการอง มานิส้า ศรียังเล็ก และคณะ (2562) พบว่าสามารถนำกากเมล็ดอัลมอนด์นำไปทดแทนอัลมอนด์ป่นร้อยละ 100 ในการผลิตมาการองจึงเป็นแนวทางให้มีการนำถั่วชนิดอื่น ๆ มีคุณค่าทางโภชนาการมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองซึ่งมีลักษณะเฉพาะของเนื้อสัมผัสและรสชาติ

การเพิ่มส่วนผสมใหม่ ๆ สามารถช่วยปรับปรุงสูตรแบบดั้งเดิม ซึ่งทำให้เกิดความเป็นไปได้ในการสร้างสรรค์รูปแบบหลากหลาย นิภาพร กุลณา และคณะ (2564) ได้รายงานว่ปัจจุบันการบริโภคอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงไปผู้บริโภคหันมาให้ความสำคัญเกี่ยวกับอาหารที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการในชีวิตประจำวันโดยเฉพาะอาหารที่สามารถให้พลังงานมีคุณค่าทางโภชนาการสะดวกต่อการนำมารับประทานและมีส่วนประกอบของธัญพืชผลไม้และถั่ว เป็นต้น สอดคล้องกับงานวิจัยของนรินทร์ภพ ช่วยการ และคณะ (2562) ที่ศึกษาการใช้พืชวงศ์ในการผลิตมาการอง ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์หลายรูป อาทิเช่น การนำมาบริโภคโดยตรงหรือนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยในปัจจุบันได้มีการนำถั่วและผลิตภัณฑ์แปรรูปมาใช้ในอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น

ถั่วเขียวเลาะเปลือก (Mungbean) ที่เรียกว่าถั่วชิกหรือถั่วทองมีสีเหลืองได้มาจากนำถั่วเขียวมาผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือกออก แล้วเลือกเอาแต่เมล็ดข้างในไม่เอาเปลือก ลักษณะเป็นชิกสีทอง (ช่อลัดดา เทียงพุก, 2559) และมีราคาถูกจำหน่ายตามท้องตลาดราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 40-50 บาท เนื่องจากถั่วมีสารอาหาร เช่น โปรตีน วิตามินหลายชนิด เกลือแร่ กรดไขมันไม่อิ่มตัวและใยอาหาร เป็นอาหารที่จัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (Low GI Food) ที่ส่งผลดีต่อการควบคุมระดับน้ำตาลและระดับไขมันในเลือด การควบคุมน้ำหนัก โดยในอุตสาหกรรมอาหารนิยมนำถั่วมาแปรรูปเป็นแป้งก่อนที่จะนำไปใช้เป็น

วัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตถั่วทองมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) ตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเอนไซม์ (Lipoxygenase) ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค พบการใช้แป้งถั่วเขียวในคุกกี้ไร้กัถุนร้อยละ 10-30 ซึ่งคุกกี้ที่ได้มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณไขมันลดลง (Aini et al., 2021)

นอกจากนี้ถั่วทองหรือถั่วเขียวมีปริมาณอะมิโนสร้อยละ 33 และอะมิโนเพคตินร้อยละ 67 (Aini et al., 2021) ส่วนแป้งอัลมอนต์มีปริมาณอะมิโนสร้อยละ 10-20 และอะมิโนเพคตินไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 (Zomegni et al., 2022) ซึ่งแป้งสองชนิดนี้มีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกันคือร้อยละ 20-27 (Stoin et al., 2018) แต่แป้งอัลมอนต์มีปริมาณไขมันร้อยละ 40 ซึ่งสูงกว่าไขมันในแป้งถั่วเขียว 30 เท่า (Siqueira et al., 2015) อีกทั้งแป้งถั่วทอง มีปริมาณเส้นใยหยาบร้อยละ 7 (John and Olusegun, 2016) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดใช้ประโยชน์จากการนำถั่วทองมาพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองที่มีเส้นใยอาหารซึ่งสามารถหาได้ง่ายและมีราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับอัลมอนต์และโปรตีนสูงที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้เพื่อเป็นทางเลือกกลุ่มผู้บริโภคสุขภาพนอกจากนี้ส่งเสริมให้มีการใช้วัตถุดิบทางเกษตรของไทยให้เป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้นอีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนการผลิตมาการองและมีแนวทางไปผลิตในภาคอุตสาหกรรมได้

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 ศึกษาปริมาณถั่วทองที่เหมาะสมในการทดแทนอัลมอนต์ในมาการอง
- 2.2 เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมีและประสาทสัมผัส ในมาการอง

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 การเตรียมถั่วทอง มีขั้นตอนดังนี้

นำถั่วทองปริมาณ 500 กรัม ล้างน้ำสะอาด แช่น้ำไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักถั่วต่อน้ำที่ 1:2 หลังจากล้างถั่วที่แช่ไว้และสะเด็ดน้ำแล้วนำถั่วทองไปนึ่งให้สุกเป็นเวลา 20 นาที พักไว้ให้เย็น เกลี่ยใส่ถาดอะลูมิเนียม นำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทำการเกลี่ยทุก ๆ 10-15 นาทีเพื่อให้ถั่วที่เตรียมแห้งสนิทเมื่อตั้งพักให้เย็นแล้ว นำไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดแบบ Pin mill ขนาดเล็ก (MT-22W-Mtfoodequip) และนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช (mesh) เพื่อร่อนเอากากหยาบหรือสิ่งแปลกปลอมออกเพื่อให้ได้ผงถั่วทองมีความละเอียด ทำให้น้ำหนักของเม็ดแป้งมีความสม่ำเสมอ บรรจุถั่วทองผงที่ได้ในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (PE) ถุงละ 100 กรัม วิเคราะห์ความชื้น AOAC (2016) มีความชื้นร้อยละ 28.65 และ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบตลอดการวิจัย

3.2 ศึกษาการใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์บางส่วนในการผลิตมาการอง

การผลิตมาการองในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการเตรียมแบบเฟรนช์มอนด์ (การตีไข่ขาวกับน้ำตาลจนเกิดโฟมและไม่ใช้การให้ความร้อน) โดยใช้สูตรพื้นฐานมาการองของ ฌอนนัท แดงสังวาลย์ (2559) ดัดแปลงสูตรโดยใช้ถั่วทองผงทดแทนอัลมอนต์ผงในปริมาณที่แตกต่างกัน

5 ระดับ คือร้อยละ 0 (สูตรพื้นฐาน) 25 50 75 และ 100 ของน้ำหนักของ อัลมอนต์ทั้งหมด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สูตรพื้นฐานของมาการองและส่วนผสมในการผลิตที่ใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ที่ระดับต่าง ๆ

ส่วนประกอบ	อัตราส่วน (ร้อยละ)				
	0	25	50	75	100
อัลมอนต์ผง	27.63	20.78	13.81	6.91	-
ถั่วทองผง	-	6.85	13.81	20.72	27.63
ครีมออฟฟัททาร์	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
น้ำตาลไอซิ่ง (1)	21.62	21.62	21.62	21.62	21.62
น้ำตาลไอซิ่ง (2)	28.83	28.83	28.83	28.83	28.83
ไข่ขาว (1)	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02
ไข่ขาว (2)	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60

ที่มา: ณนนท์ แดงสังวาลย์ (2559)

3.3 การเตรียมมาการอง มีขั้นตอนดังนี้

ซึ่งตวงส่วนผสมตามสูตร ร่อนน้ำตาลไอซิ่ง (1) อัลมอนต์ผง และถั่วทองผงคนให้ส่วนผสมเข้ากันพักไว้ จากนั้นเตรียมเมอแรงค์โดยตีไข่ขาว (1) น้ำตาลไอซิ่ง (2) และครีมออฟฟัททาร์ ด้วยเครื่องผสมด้วยความเร็วระดับ 5 จนโฟมตั้งยอดแข็งระดับปานกลาง ผสมเมอแรงค์กับส่วนผสมที่ร่อนแล้ว และไข่ขาว (2) ให้เข้ากันบรรจุส่วนผสมลงในถุงบีบใช้หัวบีบเบอร์ 10 และบีบส่วนผสมลงบนถาดอะลูมิเนียมปูด้วยกระดาษเคลือบไข ให้มีขนาดเท่า ๆ กันเป็นวงกลม 4 เซนติเมตร ตั้งพักไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60-90 นาที หรือจนผิวหน้าขนมมีลักษณะแห้ง นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12-15 นาที หลังจากนำออกจากตู้อบพักไว้ให้เย็น ตักขนมออกจากถาด ไม่บรรจุใส่และเก็บรักษาไว้ในที่เย็นนำมาการองที่เตรียมได้ ทั้ง 5 สูตรบรรจุกล่องพลาสติกที่ปิดฝาสนิทเพื่อนำไปศึกษาต่อไป

3.4 การวัดค่าสี

วัดค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ด้วยเครื่องวัดสี Chroma meter รุ่น CR- 400/DP-400, ประเทศญี่ปุ่น) จำนวน 3 ซ้ำ

3.5 การวิเคราะห์คุณภาพลักษณะเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Stable Micro System รุ่น TA.XT plus, ประเทศอังกฤษ) วิเคราะห์ค่าความแข็ง (hardness) และค่าความกรอบ (crispness) โดยใช้หัวกดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 มิลลิเมตร (P2) โดยตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่จะวัดค่าเนื้อสัมผัสจะไม่ประกอบขึ้นเพื่อบรรจุใส่ใช้เฉพาะส่วนที่เป็นตัว และมาการองที่มีลักษณะคล้ายโดมแบนด้านบนกลม น้ำหนักประมาณ 6-7 กรัม/ชิ้น วัดจำนวน 10 ซ้ำ โดยวัดตัวอย่างภายใน 24 ชั่วโมง ภายหลังการอบรายงานผลของหน่วย ค่าความแข็ง (hardness) เป็นนิวตัน (N) และค่าความกรอบ (crispness) เป็นมิลลิเมตร (mm)

3.6 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัส ให้ผู้ทดสอบชิมเฉพาะมาการองส่วนที่เป็นตัวและฝามาการอง โดยไม่มีการประกบและบรรจุไส้ ทดสอบทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบ โดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 5 ระดับ (5-Point Hedonic Scale) คะแนน 5 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

3.7 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำตัวอย่างมาการองสุตรควบคุมและสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่

- 1) วิเคราะห์พลังงาน ด้วยวิธี MANL(1993) หน้า 106 Based on AOAC (2012), 922.06.
- 2) วิเคราะห์โปรตีนด้วยวิธี In-house method STM No.03-017 based on AOAC (2012), 980.10.
- 3) วิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต ด้วยวิธี MANL(1993) หน้า106 on AOAC (2012), 922.06.
- 4) วิเคราะห์ไขมัน ด้วยวิธี Based on AOAC (2012), 922.06
- 5) วิเคราะห์พลังงานจากไขมันด้วยวิธี MANL(1993) หน้า106 on AOAC (2012), 922.06
- 6) วิเคราะห์เถ้าและความชื้น ด้วยวิธี In-house method STM No. 03-112 based on AOAC(2012), 900.02A และ 925.45A ตามลำดับ

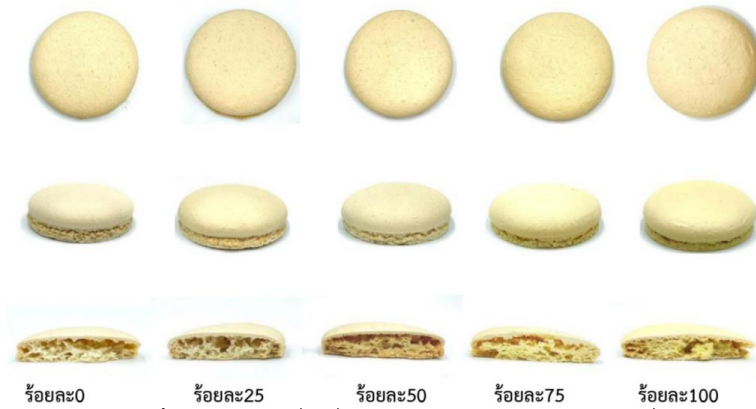
3.8 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) นำค่าเฉลี่ยมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$) การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan New Multiple Rang Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดแทนอัลมอนต์ด้วยถั่วทองต่อลักษณะปรากฏของมาการอง

มาการองที่ใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ในปริมาณที่สูงขึ้นส่งผลทำให้ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ดังภาพที่ 1 และอธิบายผลเชิงพรรณนาได้ดังตารางที่ 3 โดยมีผลการวัดค่าสีดังตารางที่ 4



ภาพที่ 1 มาการองที่ใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ในระดับที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มาการองที่ใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ในระดับที่แตกต่างกัน

ปริมาณถั่วทอง (ร้อยละ)	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส
0	เปลือกเป็นโดมโค้ง ผิวเรียบ ขาขึ้นสูง มี โพรงอากาศมาก	ขาวนวล	ไม่มีกลิ่น ถั่วทอง	รสหวานมัน ของอัลมอนต์	ผิวด้านนอกกรอบ เนื้อในเป็นโพรง
25	เปลือกเป็นโดมโค้ง ผิวเรียบ ขาขึ้นสูง มี โพรงอากาศมาก	ขาวเหลือง	มีกลิ่น ถั่วทอง เล็กน้อย	รสหวานมัน ของอัลมอนต์ มากกว่าถั่ว ทอง	ผิวด้านนอกกรอบ เนื้อในเป็นโพรง มีความนุ่มเหนียว เล็กน้อย
50	เปลือกเป็นโดมโค้ง ผิวเรียบ ขาขึ้นสูง โพรงอากาศปาน กลาง	เหลืองอ่อน ปานกลาง	มีกลิ่น ถั่วทอง ปานกลาง	รสหวานมัน ของถั่วทอง เล็กน้อย	ผิวด้านนอกกรอบ เนื้อในเป็นโพรง มีความนุ่มและ หนึบเล็กน้อย
75	เปลือกเป็นโดมโค้ง ผิวค่อนข้างไม่เรียบ ขาขึ้นปานกลาง โพรงอากาศแน่น	เหลืองเข้ม	มีกลิ่น ถั่วทองมาก	รสหวานมัน จากถั่วทอง ปานกลาง	ผิวด้านนอกกรอบ เนื้อในเป็นโพรง เล็กน้อย มีความนุ่มหนึบ
100	เปลือกเป็นโดมโค้ง ผิวหยาบ ขาขึ้น เล็กน้อยโพรงอากาศ ปานกลาง	เหลืองเข้ม มาก	มีกลิ่น ถั่วทองมาก	มีรสหวานมัน ของถั่วทอง มาก	ผิวด้านนอก กรอบร่วน เนื้อในแน่นเหนียว หนึบมาก

ตารางที่ 4 ค่าสีของมาการองที่ใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ในปริมาณที่แตกต่างกัน

ปริมาณถั่วทองผง (ร้อยละ)	L*	a*	b*
0	83.23±0.12 ^d	5.14±0.16 ^b	23.57±0.22 ^b
25	81.90±0.10 ^b	5.72±0.03 ^b	23.74±0.42 ^b
50	79.31±0.11 ^c	6.72±0.11 ^a	27.31±0.11 ^a
75	79.23±0.13 ^c	6.32±0.11 ^a	28.85±0.20 ^c
100	78.63±0.63 ^a	6.67±0.14 ^b	29.92±0.99 ^c

หมายเหตุ : a-d ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

คุณภาพด้านสีเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค มาการองที่ใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ในปริมาณที่สูงขึ้นส่งผลทำให้สีของผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองน้ำตาลเข้มขึ้นตามลำดับ จากตารางที่ 4 พบว่า การใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์บางส่วนเพิ่มขึ้นทำให้ค่า L* ของมาการองลดลง แต่ค่า a* และ b* สูงขึ้น ($P \leq 0.05$) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเหลืองทอง เนื่องจากถั่วทองผงที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนมีผลทำให้ค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นและมีค่าความเข้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน (กมลวรรณ แจ้งชัด และคณะ, 2561) ปริมาณถั่วทองที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล Maillard reaction แบบ Non-enzymatic browning reaction ซึ่งเกิดปฏิกิริยาระหว่างหมู่อะมิโนของกรดอะมิโนในโปรตีนหรือในสายเปปไทด์ หรือกรดอะมิโนอิสระกับ Glycosidic sugars ซึ่งสารประกอบเหล่านี้มีอยู่ในถั่วเขียว และน้ำตาลเป็นปฏิกิริยาที่มีพลังงานกระตุ้นสูง เมื่อโดนความร้อนปฏิกิริยาจึงเกิดได้ดี สิริการ หนูสิงห์ และบุศราภา สิละวัฒน์ (2559) จึงสอดคล้องกับ (มานิสรา ศรียังเล็ก และคณะ, 2562) ที่ทดแทนอัลมอนต์ป่นด้วยกากเมล็ดคอบแห้ง พบว่าผลิตภัณฑ์มาการองมีค่าสีแตกต่างกันโดย L* ต่ำกว่าและ a* สูงกว่าส่วน b* เนื่องจากคุณภาพด้านสีของกาก เมล็ดอัลมอนต์มีสีน้ำตาลปนอยู่เมื่อนำมาทดแทนในปริมาณที่แตกต่างกันส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น ทำให้คุณภาพเปลี่ยนไป และสอดคล้องกับ อธิป บุญศิริวิทย์ และนภัทร ศรีวะรัมย์ (2561) ที่พบว่าการใช้ถั่วลิสงทดแทนอัลมอนต์ในเปลือกมาการองปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้คุณลักษณะของเปลือกมาการองมีสีเข้มมากขึ้น

4.2 ผลการใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์บางส่วนต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของ

มาการอง

ลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นปัจจัยสำคัญบอกถึงคุณภาพที่ดีของมาการอง พบว่าการใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ปริมาณเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความแข็ง (hardness) และค่าความกรอบ (crispness) สูงขึ้นจากตารางที่ 3 และ 5 พบว่าการใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ในปริมาณร้อยละ 75 ทำให้มาการองมีลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบนอก ด้านในนุ่มเหนียวหนึบคล้ายมาการองที่ผลิตจากอัลมอนต์ ซึ่งแตกต่างจากมาการองที่ใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ปริมาณร้อยละ 100 ที่มีความเหนียวและแน่น แต่มีโครงสร้างไม่แข็งแรง เมื่อผ่าชิ้นมาการองด้วยมีดจะแตกหักง่ายกว่าการทดแทนในปริมาณร้อยละ 25 50 และ 75 สอดคล้องกับ สิริการ หนูสิงห์ และบุศราภา สิละวัฒน์ (2559) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับสมบัติทางรีโอโลยีและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของถั่วเขียวกวน พบว่าเมื่ออัตราส่วนของถั่วเขียวเพิ่มขึ้นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์จะถูกทำลาย

ได้ง่ายเนื่องจากถั่วเขียวมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักเมื่อโดนความร้อนจะทำให้แป้งถั่วเกิดการพองตัวผ่านกระบวนการเจลลิตไนเซชัน ดังนั้นการที่มีสัดส่วนของเม็ดแป้งที่มีการพองตัวมากจึงทำให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ไม่แข็งแรง เมื่อถูกแรงที่ใช้ในการกดผลิตภัณฑ์จะแตกหักได้ง่าย

ตารางที่ 5 ผลการวัดเนื้อสัมผัสของมาการองใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ในระดับที่ต่างกัน

ปริมาณถั่วทอง (ร้อยละ)	Hardness(N)	Crispness (mm)
0	7.42±1.26 ^b	11.62±0.37 ^a
25	10.01±2.32 ^a	11.62±0.37 ^a
50	10.10±1.49 ^a	10.93±0.29 ^b
75	7.32±0.38 ^b	10.45±0.35 ^c
100	13.16±02.9 ^a	9.96±0.47 ^d

หมายเหตุ : a b c คือ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ค่าคะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาการองที่ใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ในระดับที่ต่างกัน

คุณภาพทาง ประสาทสัมผัส	ปริมาณถั่วทอง				
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 25	ร้อยละ 50	ร้อยละ 75	ร้อยละ 100
ลักษณะปรากฏ	3.90 ± 0.96 ^b	3.72 ± 0.96 ^b	3.90 ± 0.92 ^b	4.50 ± 0.67 ^a	3.97 ± 0.97 ^b
สี	4.12 ± 0.93 ^a	3.62 ± 0.86 ^b	3.80 ± 0.96 ^b	4.42 ± 0.67 ^a	3.92 ± 0.64 ^b
กลิ่น	3.72 ± 0.87 ^b	3.65 ± 0.86 ^b	3.65 ± 0.86 ^b	4.27 ± 0.75 ^a	3.67 ± 0.94 ^b
รสชาติ	3.80 ± 0.80 ^b	3.72 ± 0.87 ^b	3.55 ± 0.93 ^b	4.42 ± 0.75 ^a	3.87 ± 1.06 ^b
เนื้อสัมผัส	3.78 ± 0.91 ^b	3.60 ± 0.93 ^{cb}	3.27 ± 0.95 ^c	4.27 ± 0.70 ^a	4.00 ± 0.87 ^{ab}
ความชอบโดยรวม	3.70 ± 0.95 ^b	3.72 ± 0.93 ^{cb}	3.62 ± 0.95 ^c	4.42 ± 0.70 ^a	4.10 ± 0.87 ^{ab}

หมายเหตุ : a b c คือ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3 ผลการใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสมาการอง

จากตารางที่ 3 และ 6 พบว่าผลิตภัณฑ์มาการองที่ใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมาการอง ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับการใช้ถั่วทองร้อยละ 75 มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะเรียบเนียนสีเหลืองทอง ทั้งนี้อาจเนื่องจากสีของถั่วทองมีสีเหลืองทอง และมีความละเอียดคล้ายกับอัลมอนต์ที่ใช้เป็นส่วนผสมหลักซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์จึงส่งผลให้มาการองที่ใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ร้อยละ 75 ได้รับการยอมรับมากที่สุดดังนี้

ลักษณะด้านสี พบว่า มาการองที่ใช้ถั่วทองทดแทนผงอัลมอนต์ร้อยละ 75 ได้คะแนนการยอมรับอยู่ในระดับชอบมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเหลืองทอง เนื่องจากถั่วทองที่ให้ความร้อนมีผลทำให้ค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นและมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

ลักษณะด้านกลิ่น พบว่ามีการongที่ใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ร้อยละ 75 ได้คะแนนการยอมรับอยู่ในระดับ خوبมาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งลักษณะของกลิ่นในผลิตภัณฑ์ พบว่าถั่วทอง มีกลิ่นเฉพาะตัว ดังนั้นเมื่อนำถั่วทองมาทดแทนอัลมอนต์ในผลิตภัณฑ์ มีการongในปริมาณมากขึ้น จึงส่งผลต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์ทำให้มีกลิ่นของถั่วทองเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาการเสริมโยอาหารในการongด้วยรำข้าวสังข์หยด พบว่าปริมาณข้าวสังข์หยดที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อกลิ่นหอมอ่อน ๆ ของข้าวสังข์หยดในผลิตภัณฑ์มีการong (เจตนิพัทธ์ บุญยสวัสดิ์ และจักรารุณ ภูสม, 2556)

ลักษณะด้านรสชาติ พบว่า มีการongที่ใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ร้อยละ 75 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ได้คะแนนการยอมรับอยู่ในระดับ خوبมาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากมีความหวานจากถั่วทองและมีความมันจากอัลมอนต์ในปริมาณที่เหมาะสม

ลักษณะด้านเนื้อสัมผัส พบว่า มีการongที่ใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ร้อยละ 75 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ได้คะแนนการยอมรับอยู่ในระดับ خوبมาก โดยการใช้ถั่วทองร้อยละ 25 และ 100 ได้รับคะแนนความชอบในระดับชอบ ส่วนที่ร้อยละ 50 ได้คะแนนในระดับปานกลาง โดยการใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ร้อยละ 75 มีลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบนอกด้านในนุ่มเหนียวหนึบคล้ายมีการongจากอัลมอนต์ แตกต่างจากการใช้ถั่วทองทั้งหมดที่มีความเหนียวและแน่น แต่มีโครงสร้างไม่แข็งแรง

ลักษณะด้านความชอบโดยรวม พบว่าการongที่ใช้ถั่วทองร้อยละ 75 ได้รับคะแนนการยอมรับในระดับ خوبมาก ขณะที่การใช้ถั่วทองทั้งหมดได้คะแนนความชอบในระดับชอบ ส่วนการใช้ถั่วทองร้อยละ 25 ได้รับคะแนนความชอบเล็กน้อยและการongที่ใช้ถั่วทองร้อยละ 50 ได้คะแนนความชอบปานกลาง ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับมีการongที่ใช้ถั่วทองร้อยละ 75 มากที่สุด ส่งผลให้มีการongมีกลิ่นหอมพอเหมาะ มีลักษณะเป็นโดมโค้ง ผิวเรียบเนียน หนาไม่แตก และมีขาของมีการongที่ขึ้นตรงไม่บิดเบี้ยว เนื้อสัมผัสกรอบนอก นุ่มในใกล้เคียงกับมีการongทั่วไป

4.4 องค์ประกอบทางเคมีของมีการongที่ใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมีการongสูตรพื้นฐาน (สูตรควบคุม) และมีการongสูตรongใช้ถั่วทองร้อยละ 75 ของน้ำหนักอัลมอนต์ทั้งหมดที่ได้รับการคัดเลือกด้วยองค์ประกอบของถั่วทองนั้นมีปริมาณโปรตีนและไขมันน้อยกว่าแต่มีปริมาณโยอาหารมากกว่าอัลมอนต์ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการคำนวณในการongที่ใช้ถั่วทองจึงสูงกว่าสูตรongใช้อัลมอนต์จากตารางที่ 7 จึงพบว่ามีการongที่ใช้ถั่วทองบางส่วนมีปริมาณโปรตีนและไขมันต่ำกว่าสูตรพื้นฐานongใช้อัลมอนต์ เมื่อคำนวณค่าพลังงานของผลิตภัณฑ์มีการongongใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์จึงมีค่าพลังงานต่ำกว่าสูตรพื้นฐานongใช้อัลมอนต์ (สูตรควบคุม)

ตารางที่ 7 คุณค่าทางโภชนาการของมาการองที่ใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนด์ร้อยละ 75 ของน้ำหนักอัลมอนด์ทั้งหมด เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

องค์ประกอบทางเคมี	สูตรใช้อัลมอนด์ (สูตรควบคุม)	สูตรใช้ถั่วทอง ร้อยละ 75	หน่วยต่อ 100 กรัม
พลังงานทั้งหมด	468	383	กิโลแคลอรี
คาร์โบไฮเดรต	62.66	76.00	กรัม
โปรตีน	14.01	9.96	กรัม
ไขมัน	18.80	4.38	กรัม
ความชื้น	3.13	8.43	กรัม
เถ้า	1.40	1.28	กรัม

5. อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ด้านสี พบว่าการทดแทนผงอัลมอนด์ด้วยผงถั่วทอง อาจเกิดจาก 2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง สีเหลืองของถั่วทองและจากกระบวนการอบ โดยสีเหลืองของถั่วทองส่งผลต่อสีส่วนเปลือกของมาการอง โดยยิ่งเพิ่มระดับการทดแทนอัลมอนด์ด้วยถั่วทองมากขึ้นมีผลทำให้มาการองมีสีเหลืองเข้มค่อนไปน้ำตาลมากขึ้น จากผลการวัดค่าสีมีค่าความสว่าง L^* ลดลง ค่าความมีสีแดง a^* และค่าความมีสีเหลือง b^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณของผงถั่วทอง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อทดแทนผงอัลมอนด์ในปริมาณสูงขึ้น ส่วนผลจากกระบวนการอบมีผลต่อสีที่เข้มขึ้นจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์โดยการรวมกันของน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโนและปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (Caramelization reaction) โดยการให้ความร้อนแก่น้ำตาลจากการใช้อุณหภูมิที่สูงมาก (จุฬามาศ พิรพัชระ, 2559) ระหว่างการอบมาการองจึงทำให้มีค่าสีเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ ผลการศึกษาของ Ng et al. (2021) ที่ศึกษาการทดแทนผงอัลมอนด์ด้วยผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่มีลักษณะสีน้ำตาลธรรมชาติ เมื่อการทดแทนในปริมาณสูงขึ้นส่งผลให้ลักษณะของสีมีความแตกต่างทางด้านสีเข้มขึ้นในส่วนเปลือกมาการอง และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ สติริชต์ แก้วมุกดา และคณะ (2565) ได้ศึกษาการใช้ผงถั่วขาวในผลิตภัณฑ์มาการองแทนที่อัลมอนด์ในร้อยละ 40 ส่งผลต่อค่าสีที่เข้มขึ้น และยังส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของมาการองมีค่าความแข็งของเพิ่มขึ้น จากผลการศึกษา มาการองที่เติมกากเมล็ดอัลมอนด์อบแห้งเพื่อการทดแทนอัลมอนด์ป่น (มารีสา ศรียังเล็ก และคณะ, 2563) มาการองที่ได้มีความแตกต่างกันด้านค่าความแข็งและความกรอบที่เพิ่มขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมาการองที่ทดแทนด้วยถั่วทองผงในปริมาณที่ต่างกันยังมีส่วนต่อความแตกต่างของส่วนขามการองรวมถึงเนื้อสัมผัสซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญต่อคุณลักษณะที่ดีของมาการอง ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับการใช้ถั่วทองร้อยละ 75 มากที่สุด เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะเรียบเนียน มีสีเหลืองทอง มีรสหวานมันจากถั่วทองปานกลาง ผิวด้านนอกกรอบ เนื้อในเป็นโพรงเล็กน้อย มีความนุ่มหนึบ ถั่วทองเป็นส่วนผสมหลักซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมาการองสูตรพื้นฐาน (สูตรควบคุม) และมาการองสูตรใช้ถั่วทองร้อยละ 75 ของน้ำหนักอัลมอนต์ พบว่าเนื่องจากมาการองที่ใช้ถั่วทองบางส่วนมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น และไขมันน้อยกว่าสูตรพื้นฐานที่ใช้อัลมอนต์ ซึ่งส่งผลดีต่อผู้บริโภค ด้วยการบริโภคไขมันจำนวนมากจะส่งผลเสียต่อสุขภาพร่างกายหรือทำให้เกิดภาวะโภชนาการเกินได้ รวมทั้งโรคอื่น ๆ ที่ตามมา (กรวิทย์ สักแกแก้ว, 2565)

6. องค์ความรู้ใหม่

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองจากถั่วทองผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยการอบแห้ง สามารถลดต้นทุนการผลิตได้มากกว่าร้อยละ 50 ซึ่งเป็นผลจากราคาวัตถุดิบคือถั่วทองต่ำกว่าอัลมอนต์ประมาณ 7-10 เท่า เนื่องจากการลดการนำเข้าการใช้ผงอัลมอนต์ที่มีราคาสูง และยังสามารถนำไปใช้เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ และสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ขนมอบรูปแบบหลากหลาย ได้แก่ คุกกี้ ขนมปัง เป็นต้น ให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น อีกทั้งเป็นการสร้างแนวทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคที่รักสุขภาพและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ภาคอุตสาหกรรมขนมอบต่อไป และเป็นแนวทางส่งเสริมการใช้วัตถุดิบท้องถิ่นของไทยให้เกิดประโยชน์สูงสุด

7. สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองที่ใช้ถั่วทองทดแทนอัลมอนต์บางส่วน พบว่าผลการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสผู้บริโภคให้การยอมรับมาการองที่ใช้ถั่วทองร้อยละ 75 มากที่สุด การใช้ผงถั่วทองทดแทนอัลมอนต์ในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพของมาการองที่มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น ผลจากการวัดค่าสี ค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเหลือง (b^*) ลดลง ในขณะที่ค่าความแดง (a^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นความเหนียวแน่น และความเปราะลดลง เมื่อพิจารณาคุณค่าทางด้านโภชนาการ พบว่าผลิตภัณฑ์มาการองจากถั่วทองมีปริมาณไขมันและพลังงานลดลงเมื่อเทียบกับมาการองสูตรพื้นฐาน (สูตรควบคุม)

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

8.1.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองจากผงถั่วทองสามารถใช้ได้ถึงร้อยละ 75 สามารถเป็นแนวทางให้กับกลุ่มผู้ประกอบการ และระดับอุตสาหกรรมใช้แนวทางการผลิตมาการองได้ส่งผลทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตได้

8.1.2 ผลของการวิจัยจากผงถั่วทองสามารถใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นการทดลองสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่มีส่วนประกอบของผงอัลมอนต์ในส่วนผสมได้สร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ขนมอบเพื่อสุขภาพได้ เช่น เค้ก และคุกกี้

8.2 ข้อเสนอแนะการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์มาการองเพื่อให้เห็นความแตกต่างคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้นและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อไป

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จ ลุล่วงด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

- กรวิทย์ สักแกแก้ว. (2565). สมบัติทางกายภาพเคมี คุณค่าทางโภชนาการและยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมโสมมนัสด้วยไข่ขาวของไข่เป็ดเหลือใช้จากอุตสาหกรรมขนมไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 27(2), 1375-1392.
- จุฑามาศ พิรพัชระ. (2559). *การผลิตคุกกี้*. โอ.เอส.พรินติ้ง เฮาส์ จำกัด.
- เจตนิพัทธ์ บุญยสวัสดิ์ และจักรารุญ ภูเสม. (2556). *รายงานการวิจัยการเสริมใยอาหารในผลิตภัณฑ์มาการองร่ำข้าวสังข์หยด*. สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- ช่อลัดดา เทียงพุก. (2559). ถั่วเขียว พืชทนแล้ง คุณค่าทางอาหารสูง. Mungbean : drought-resistant crops and high food nutrients. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร.
- ชื่นกมล ปัญญา และวาสนา ชันทะเสน. (2561). การพัฒนาตำรับมาการองจากผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 10 (19); 14-29.
- ชุดิมา ชูมาก และณัธธ สง่าญาติ. (2562). *การใช้ผงเมล็ดแต่งโมแทนที่ผงเมล็ดอัลมอนต์ในการทำมาการองและการลดกลิ่นรสเขียวของผงเมล็ดแต่งโม*. [ปริญญานิพนธ์] สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ฐานิศร กนกเลิศฤทธิ์ และน้อมจิตต์ สุธิบุตร. (2561). การพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองจากถั่วดาวอินคา. *การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยาครั้งที่ 9 วิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคม*, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี, 18-19 ตุลาคม 2561, 651-658.
- ณนัท แดงสังวาลย์. (2559). *เอกสารประกอบการสอนวิชาเบเกอรี่*. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- นรินทร์ภพ ช่วยการ ศิริวิทย์ พงษ์วิสัย และวนิดา บุรีภักดี. (2562). การประยุกต์ใช้พืชวงศ์ถั่วในผลิตภัณฑ์มาการอง. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 50 (2) ,1-4.

- มาชาอีโต้ะ โมะโตะฮาชิ. (2556). *มาการอง*. สำนักพิมพ์แม่บ้าน.
- มานิสา ศรียังเล็ก ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร และน้องนุช ศิริวงศ์. (2563). การเตรียมและการใช้กากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งเพื่อการทดแทนอัลมอนต์ป่นในผลิตภัณฑ์มาการอง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*, 28(9); 1572 -1584.
- สถิตรัชต์ แก้วมุกดา เปรมระพี อูยามาวิระหิรัญ สุพรรณิการ์ โกสุม และน้อมจิตต์ สุธิบุตร. (2565). การใช้ผงถั่วขาวทดแทนผงอัลมอนต์บางส่วนในมาการอง. รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี 2565 PCRUSCI CONFERENCE 2022 ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, 19 มีนาคม 2565, 996-1001.
- สิริการ หนูสิงห์ และบุศรภา สีสะวัฒน์. (2559). สมบัติทางรีโอโลยีและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของถั่วเขียวกวน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 24(2), 277-287.
- อธิป บุญศิริวิทย์ และนภัทร ศรีวะรมย์. (2561). การผลิตขนมอบจากไข่ขาวประเภทมาการองโดยใช้ถั่วลิสงผงและเม็ดมะม่วงหิมพานต์ผงทดแทนอัลมอนต์ผง. *วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี*, 12 (2), 182-192.
- Aini, N., Sustriawan, B., Mela, E., and Lestari, L. F. (2022, January). Physical and chemical properties of corn-almond cookies affected by mung bean supplementation and source of Fat. In 6th International Conference of Food, Agriculture, and Natural Resource (IC-FANRES 2021) (pp. 66-74). Atlantis Press.
- AOAC. (2012). Official Methods of Analysis of AOAC International (21th ed). Gaithersburg, MD, USA : Association of Analytical Communities
- Gordon, K., and McBride, A. E. (2011). Les Petits Macarons: Colorful French Confections to Make at Home. Hachette UK.
- John, K., and Olusegun, O. (2016). Effect of fermentation on the microbial, proximate and mineral composition of Mung Bean (*Vigna radiata*). *Journal of Applied Life Sciences International*, 5(4), 1-12.
- Kim, M. and Sim, K.H. (2017). Quality characteristics and antioxidative activities of macaron with the addition of egg white powder. *Korean J. Food Nutr.* 30(2): 269-281.
- Luangsakul, N., and Chiralasanakul, N. (2020). The effect of the reduce sugar on macaron quality. *International Journal of Agricultural Technology*, 16(5), 1113-1124

- Nastaj, M., Sołowiej, B. G., Terpiłowski, K., Kucia, W., Tomasevic, I. B., and Pérez-Huertas, S. (2023). The Effect of Erythritol on the Physicochemical Properties of Reformulated, High-Protein, and Sugar-Free Macarons Produced from Whey Protein Isolate Intended for Diabetics, Athletes, and Physically Active People. *Foods*, 12(7), 1547.
- Ng, S. B., Pong, Z. Y., Chang, K. A., Neo, Y. P., Chew, L. Y., Khoo, H. E., and Kong, K.W. (2022). Valorisation of mango (*Mangifera indica*) kernel as an ingredient of macaron: sensory acceptance and physicochemical properties. *British Food Journal*, 124(9), 2911-2920.
- Siqueira, A. P. S., Pacheco, M. T. B., and Naves, M. M. V. (2015). Nutritional quality and bioactive compounds of partially defatted baru almond flour. *Food Science and Technology*, 35, 127-132.
- Stoin, D., Jianu, C., Mișcă, C., Bujancă, G., & Rădulescu, L. (2018). Effect of almond flour on nutritional, sensory and bakery characteristics of gluten-free muffins. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM: Surveying Geology & mining Ecology Management*, 8, 127-134.
- Zomegni, G., Saidou, C., Mbougoueng, P. D., and Ndjouenkeu, R. (2022). Composition and Functional Effect of Mango (*Mangifera indica* L.) Almond Flours on Wheat Dough Rheology. *International Journal of Food Science*, 2022.