

การเตรียมและการใช้กากเมล็ดอัลมอนด์อบแห้ง เพื่อการทดแทนอัลมอนด์ป่นในผลิตภัณฑ์มาการอง

Preparation and Application of Dried Almond Residue for Substitution of Almond Flour in Macaron

มานิสา ศรียังเล็ก, ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร* และน้องนุช ศิริวงศ์

ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

Manisa Siyunglek, Taweesak Techakriengkrai* and Nongnuch Siriwing

Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen Campus,

Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเตรียมกากเมล็ดอัลมอนด์อบแห้ง ที่ได้จากกระบวนการผลิตเครื่องดื่มจากเมล็ดอัลมอนด์ เพื่อนำมาใช้ทดแทนอัลมอนด์ป่นในผลิตภัณฑ์มาการอง โดยนำกากเมล็ดอัลมอนด์มาทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดโดยใช้อุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้ความชื้น 3-5 % และนำไปทดแทนอัลมอนด์ป่น 100 % ในการผลิตมาการอง พบว่าใช้เวลาในการทำแห้งเป็น 360, 210 และ 180 นาที ตามลำดับ โดยสภาวะในการทำแห้งที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมกากเมล็ดอัลมอนด์อบแห้ง คือ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที ซึ่งมีโยอาหารรวมและโยอาหารไม่ละลายน้ำมากที่สุดและใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด กากเมล็ดอัลมอนด์ที่ได้มีค่า L^* , b^* , ไขมัน และโปรตีน น้อยกว่าอัลมอนด์ป่นเล็กน้อย แต่มีคาร์โบไฮเดรต และปริมาณโยอาหารรวมมากกว่าอัลมอนด์ป่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อนำกากเมล็ดอัลมอนด์อบแห้งจากสภาวะการทำแห้งที่เหมาะสมในปริมาณ 100 % มาทดแทนอัลมอนด์ป่นในสูตรมาการอง พบว่าผลิตภัณฑ์มาการองที่ทดแทนอัลมอนด์ป่นด้วยกากเมล็ดอัลมอนด์ที่อบด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที มีค่าสี L^* 82.80, a^* 6.26, b^* 6.50, ค่าอัตรการดูดซึมน้ำ 0.82, ความแข็ง 434.66 นิวตัน, ความกรอบ 0.62 มิลลิเมตร และมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรมาตรฐาน ($p > 0.05$) โดยได้รับคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย และมีโยอาหารเพิ่มขึ้น 278 % (จาก 0.88 เป็น 2.45 กรัมต่อชิ้น)

คำสำคัญ : อัลมอนด์; กากเมล็ดอัลมอนด์; มาการอง

Abstract

The objective of this research was to study the preparation of dried almond residue from the production of almond milk, for almond flour substitution in macaron. The almond residue was dried using a tray dryer at 60, 70 and 80 °C, until the residue has the moisture content at 3-5 %, followed by 100 % substitution of almond flour in the macaron production. The results showed that the drying times were 360, 210 and 180 minutes, respectively. The optimal drying condition of dried almond residue preparation was 80 °C drying temperature for 180 minutes, which was the most of total dietary fiber and insoluble fiber and the shortest time. The dried almond residue had the values of L^* , b^* , fat and protein contents, lower than those of almond flour. However, the carbohydrate level and total dietary fiber were significantly higher than those of almond flour ($p \leq 0.05$). The almond flour was substituted with 100 % dried almond residue in the macaron formula. The macaron with dried almond residue at 80 °C temperature for 180 minutes, had the values of L^* , a^* , b^* , a_w , hardness (N) and crispiness (mm) as 82.80, 6.26, 6.50, 0.82, 434.66, and 0.62, respectively. Sensory scores of aroma, taste, texture and overall preference of macaron with dried almond residue were not different from those of the control formula ($p > 0.05$). The overall liking score was “like slightly” and improvement of total dietary was 278% (from 0.88 to 2.45 gram per piece)

Keywords: almond; almond residue; macaron

1. บทนำ

อัลมอนต์ [*Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb] เป็นถั่วประเภท Tree Nut มีแหล่งผลิตสำคัญอยู่ที่รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา [1] ปัจจุบันมีการนำเมล็ดอัลมอนต์มาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และขนมอบ เช่น เค้ก คุกกี้ มาการอง [2] นอกจากนั้นยังใช้ทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากเมล็ดอัลมอนต์ (almond milk) โดยในกระบวนการผลิตจะต้องสกัดแยกน้ำออกจากเมล็ดอัลมอนต์ ทำให้เหลือกากที่ได้จากกระบวนการผลิตจึงเป็นของเหลือทิ้งและไม่มีกรนำมาใช้ประโยชน์ การศึกษาองค์ประกอบของเมล็ดอัลมอนต์ดิบพบว่า เมล็ดอัลมอนต์ดิบ 100 กรัม มีปริมาณใยอาหารรวม

(total dietary fiber) 11-14 กรัม [3-6] เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องดื่มจากเมล็ดอัลมอนต์พบว่ามีความใยอาหาร (dietary fiber) น้อยกว่า 3 กรัม ด้วยเหตุนี้จึงสามารถอนุมานได้ว่าในกากเมล็ดอัลมอนต์อาจมีปริมาณใยอาหารเหลืออยู่เกือบทั้งหมด

วัฒนธรรมอาหารตะวันตกมีอิทธิพลมากกับการบริโภคอาหารของคนไทยในช่วงหลายปีมา มาการองเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเบเกอรี่ที่ได้รับความนิยมสูงอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งได้รับความนิยมในกลุ่มวัยรุ่นและวัยทำงาน มีราคาสูง มีต้นกำเนิดมาจากประเทศฝรั่งเศส เป็นขนมที่ชาวยุโรปให้ความนิยมอย่างมาก ปัจจุบันมาการองมีจำหน่ายทั่วโลกและได้รับความนิยมมากขึ้น [7] มาการองเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมรับประทานระหว่าง

มือหรืออาหารว่าง ส่วนผสมหลัก ได้แก่ อัลมอนต์ป่นซึ่งในทางการค้าผลิตผลจากอัลมอนต์ดิบที่ผ่านการลวกด้วยน้ำร้อนเพื่อเอาเปลือกสีน้ำตาลออก และนำมาบดเป็นอัลมอนต์ป่น (almond flour) [8] ส่วนผสมอื่นได้แก่ น้ำตาลไอซิ่ง น้ำตาลทราย และไข่ขาว โดยมาการองที่ดีจะมีรูปร่างคล้ายโดมแบนๆ มองดูจากด้านบนเป็นวงกลม ผิวด้านบนเรียบมัน ส่วนที่สำคัญ คือ foot หรือ skirt มีลักษณะคล้ายลูกไม้ชายกระโปรง [9] ขั้นตอนการผลิตมาการองมีหลักการผลิตที่สำคัญ 2 ขั้นตอน เริ่มจากการตีเมอแรงก์ (meringue) เป็นการนำไข่ขาวและน้ำตาลทรายหรือน้ำเชื่อมมาตีให้ขึ้นฟู จากนั้นนำมาผสมกับส่วนผสมของอัลมอนต์ป่นและน้ำตาลไอซิ่งที่นำมาผสมรวมกันและนำไปร่อนผ่านตะแกรง

งานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาการเสริมใยอาหารในผลิตภัณฑ์มาการองด้วยรำข้าวสาลีหยาบ ทำการเสริมที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 5, 10 และ 15 % พบว่าลักษณะทางกายภาพที่สำคัญ คือ foot หรือ skirt ทั้ง 3 ระดับ มีลักษณะคงเดิม [7] สอดคล้องกับการศึกษาผลิตภัณฑ์มาการองจากผงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ได้จากการเตรียม 3 แบบ (คว่ำไฟ ต้ม และแช่) ใช้ทดแทนทั้งหมด พบว่าลักษณะทางกายภาพที่สำคัญ คือ foot หรือ skirt ทั้ง 3 แบบ มีลักษณะคงเดิม [10]

มาการองเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำตาลสูงและใยอาหารต่ำ ดังนั้นหากสามารถเพิ่มใยอาหารให้กับมาการองโดยนำกากเมล็ดอัลมอนต์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ จะเป็นการเพิ่มมูลค่าของกากเมล็ดอัลมอนต์และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์มาการอง การวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิกากเมล็ดอัลมอนต์ เพื่อใช้ทดแทนอัลมอนต์ป่นในผลิตภัณฑ์มาการอง

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ศึกษาอุณหภูมิการทำแห้งกากเมล็ดอัลมอนต์ด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด

นำกากเมล็ดอัลมอนต์สด (จากโรงงานลูกกวาดเม่งเซ็ง อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม) ที่ได้จากกระบวนการผลิตเครื่องดื่มจากเมล็ดอัลมอนต์ มีความชื้นอยู่ระหว่าง 60-65 % ใส่ถาดอลูมิเนียม ถาดละ 500 กรัม นำเข้าอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด (Eureka, ประเทศไทย) โดยใช้อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นสุ่มตัวอย่างเพื่อวัดความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้น (Sartorius รุ่น MA45, ประเทศเยอรมัน) ทุกชั่วโมง อบจนแห้งโดยให้ความชื้น 3-5 % จากนั้นบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดแห้ง (PHILIPS รุ่น HR7627, ประเทศจีน) กากเมล็ดอัลมอนต์หลังจากการทำแห้งและอัลมอนต์ป่นทางการค้า วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ด้วยเครื่องวัดสี (Chroma meter รุ่น CR-400/DP-400, ประเทศญี่ปุ่น) และค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Aqua Lab รุ่น 4TE, ประเทศสหรัฐอเมริกา) และวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร และเถ้า ตามวิธีของ AOAC [11] จำนวน 3 ซ้ำ

2.2 ศึกษาการทดแทนอัลมอนต์ป่นด้วยกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งในผลิตภัณฑ์มาการอง

ศึกษาการทดแทนอัลมอนต์ป่นด้วยกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งในผลิตภัณฑ์มาการอง โดยเริ่มจากการศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตมาการอง (control) สูตรและกระบวนการผลิตดัดแปลงจากวิทยาลัยดุสิตธานี [12] โดยนำอัลมอนต์ป่นและน้ำตาลไอซิ่งร่อนรวมกันด้วยตะแกรงขนาด 40 เมช 1 ครั้ง แล้วทำเมอแรงก์โดยตีน้ำตาลทรายและน้ำด้วยไฟฟ้าปานกลาง จนเดือดที่อุณหภูมิ 118 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการทำเมอแรงก์ [9] วัดอุณหภูมิ

ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ (Chef alarm, ประเทศจีน) จากนั้นตีไข่ขาวส่วนแรกด้วยความเร็วปานกลาง 30 วินาที จนมีลักษณะขึ้นฟูเป็นฟองละเอียด รินน้ำเชื่อมเป็นสายยาวในไข่ขาวตีด้วยความเร็วสูงสุดของเครื่องนาน 4-5 นาที จนมีลักษณะตั้งยอด หินดี และขึ้นเงาเป็นเมอแรง ผสมอัลมอนด์ป่น น้ำตาลไอซิ่ง และไข่ขาวอีกส่วนรวมกัน แล้วเติมเมอแรงและตะล่อมด้วยพายยางจนเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นใส่ถุงบีบใช้หัวบีบเบอร์

8 บีบเป็นวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-3 เซนติเมตร ภาชนะที่รองด้วยกระดาษไขพักไว้ 10 นาที นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 15 นาที แล้วจึงศึกษาการทดแทนอัลมอนด์ป่นด้วยกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งที่ได้จากข้อ 2.1 (อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส) โดยทดแทนอัลมอนด์ป่น 100 % ในสูตร (ดังแสดงในตารางที่ 1) และผลิตตามกระบวนการข้างต้น

Table 1 Ingredients of macaron from almond flour and almond residue dried at 60, 70 and 80 °C

Ingredients	Weight (g)			
	Control	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Almond flour	250	-	-	-
Dried almond residue (60 °C)	-	250	-	-
Dried almond residue (70 °C)	-	-	250	-
Dried almond residue (80 °C)	-	-	-	250
Icing sugar	250	250	250	250
Caster sugar	250	250	250	250
Water	120	120	120	120
Egg white (1)	90	90	90	90
Egg white (2)	90	90	90	90

จากนั้นนำตัวอย่าง 4 ตัวอย่าง ได้แก่ สูตรที่ใช้อัลมอนด์ป่น 100 % (สูตรควบคุม) และสูตรที่ทดแทนอัลมอนด์ป่นด้วยกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้ง (กากเมล็ดอัลมอนต์ที่อบด้วยอุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส) โดยทดแทน 100 % ในสูตร นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) และค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ตามวิธีการข้อ 2.1 และค่าเนื้อสัมผัส วัดค่าความแข็ง (hardness) และค่าความกรอบ (crispiness) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Stable Micro System รุ่น TA.XT plus,

ประเทศอังกฤษ) โดยใช้หัวกดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 มิลลิเมตร (P2) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่จะวัดค่าเนื้อสัมผัสจะไม่มีการประกบเพื่อบรรจุใส่ มีเฉพาะผลิตภัณฑ์ส่วนที่เป็นตัวมาการองเท่านั้น มีลักษณะคล้ายโดมแบบด้านบนกลมเงา น้ำหนักประมาณ 6-7 กรัม จำนวน 10 ชิ้น โดยวัดตัวอย่างภายใน 24 ชั่วโมง รายงานหน่วยค่าความแข็ง (hardness) เป็นนิวตัน (N) และค่าความกรอบ (crispiness) เป็นมิลลิเมตร (mm) แล้วประเมินคุณค่าทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 50 คน ใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ

(9-point hedonic scaling) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองที่ 2.1 และ 2.2 แบบ completely randomized design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกลุ่มด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 การศึกษาอุณหภูมิการทำแห้งกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด

ผลการศึกษาอุณหภูมิการทำแห้งกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออบแห้งกากเมล็ดอัลมอนต์ที่อุณหภูมิต่างกันส่งผลให้ใช้เวลาไม่เท่ากัน เมื่อใช้อุณหภูมิสูงจะใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่าอุณหภูมิต่ำ การสุ่มเก็บตัวอย่างทุก ๆ ชั่วโมง ค่าความชื้นของกากเมล็ดอัลมอนต์จะลดลงเมื่อระยะเวลาในการอบแห้งกากเมล็ดอัลมอนต์มากขึ้น (ดังแสดงในรูปที่ 1) เนื่องจากเมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านผิวหน้าอาหารที่เปียก ความร้อนจะถ่ายเทไปในผิวหน้าของอาหาร น้ำจะค่อย ๆ ระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อน เมื่อความดันไอขึ้น อาหารชั้นด้านในจะมีความดันไอสูงและค่อย ๆ ลดต่ำลง ความแตกต่างนี้ทำให้เกิดแรงดันเพื่อไล่น้ำออกจากอาหาร ทำให้อาหารมีความชื้นลดลง [13] ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งกากเมล็ดอัลมอนต์ด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส คือ 360, 210 และ 180 นาที ตามลำดับ เนื่องจากเมื่ออบแห้งกากเมล็ดอัลมอนต์ที่อุณหภูมิและ

เวลาข้างต้นส่งผลให้กากเมล็ดอัลมอนต์มีความชื้นอยู่ระหว่าง 3-5 % เช่นเดียวกับค่าความชื้นของอัลมอนต์ป่นทางการค้าที่มีความชื้นอยู่ระหว่าง 3-5 % จากการวัดค่าความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้น (Sartorius รุ่น MA45, ประเทศเยอรมัน)

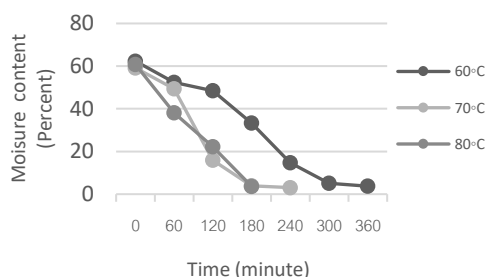


Figure 1 Moisture contents of almond residue at different drying temperatures and times

เมื่อได้กากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งที่อบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 360, 210 และ 180 นาทีตามลำดับ แล้วนำกากเมล็ดอัลมอนต์ที่ได้มาบด พบว่าลักษณะภายนอกของกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งที่ได้มีสีเหลืองอ่อนและมีสีน้ำตาลเข้มจากเปลือกของเมล็ดอัลมอนต์ที่ปะปนอยู่ ซึ่งต่างจากอัลมอนต์ป่นทางการค้าที่มีสีเหลืองอ่อนและไม่มีเปลือกของเมล็ดอัลมอนต์ปะปนอยู่ (ดังแสดงในรูปที่ 2) เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิและอัลมอนต์ป่นทางการค้า พบว่ากากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิ มีค่า L^* , a^* และ b^* ต่างจากอัลมอนต์ป่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่กากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิ ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) (ดังแสดงในตารางที่ 2) เนื่องจากการใช้อุณหภูมิในการทำแห้งกากเมล็ดอัลมอนต์ไม่เท่ากัน เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบสูงจะใช้เวลาในการ

อบน้อยลง ดังนั้นกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งจึงมีค่าสีใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจเกิดจากการทำปฏิกิริยาของน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนที่มีในกากเมล็ดอัลมอนต์ โดยมี

ความร้อนเป็นตัวเร่ง เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องเกิดสารสีน้ำตาลที่เรียกว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ด [14]



Figure 2 Appearances of almond flour and almond residue dried at 60, 70 and 80 °C

Table 2 Physical properties and chemical composition of almond flour and almond residue dried at 60, 70 and 80 °C

Quality	Almond flour	Dried almond residue (60 °C)	Dried almond residue (70 °C)	Dried almond residue (80 °C)
Physical properties: Color values				
L*	81.67±0.37 ^a	78.60±1.11 ^b	78.46±0.48 ^b	78.56±0.90 ^b
a*	5.61±0.35 ^b	7.63±0.38 ^a	7.92±0.19 ^a	7.51±0.20 ^a
b*	14.72±0.57 ^a	10.07±0.28 ^b	10.19±0.48 ^b	9.73±0.55 ^b
Water activity (a _w)	0.57±0.00 ^a	0.53±0.00 ^b	0.56±0.02 ^a	0.49±0.00 ^c
Chemical composition (% wet basis)				
Moisture	4.01±0.17 ^a	3.54±0.09 ^b	3.89±0.03 ^a	3.23±0.04 ^c
Protein	20.46±0.66 ^a	18.21±0.01 ^b	18.60±0.84 ^b	18.65±0.42 ^b
Carbohydrate	18.25±0.88 ^b	26.94±0.88 ^a	26.53±0.84 ^a	27.60±0.81 ^a
Fat	54.53±0.12 ^a	47.85±1.08 ^b	48.08±1.75 ^b	47.51±0.41 ^b
Ash	3.24±0.01 ^a	3.01±0.02 ^b	2.91±0.10 ^b	3.01±0.01 ^b
Total dietary fiber	17.62±0.20 ^d	45.28±0.82 ^b	43.55±0.38 ^c	48.93±0.35 ^a
Insoluble dietary fiber	15.73±0.21 ^d	43.75±1.11 ^b	42.93±0.40 ^b	48.15±0.30 ^a
Soluble dietary fiber	1.89±0.03 ^a	1.53±0.43 ^a	0.61±0.74 ^b	0.78±0.27 ^b

^{a-d} Means within the same row are significant differences ($p \leq 0.05$).

นอกจากนั้นเมื่อวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตีและค่าความชื้น (ดังแสดงในตารางที่ 2) พบว่าทั้งสองค่าที่กล่าวมา มีการแปรผันตามกัน โดยกากเมล็ดอัลมอนต์ที่อบด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีและค่าความชื้น 0.49 และ 3.23 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างจากอัลมอนต์ป่น ($p > 0.05$) ส่วนกากเมล็ดอัลมอนต์ที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.53 และ 0.49 ตามลำดับ ส่วนค่าความชื้นมีค่า 3.54 และ 3.23 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ได้ควบคุมความชื้นสุดท้ายของกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิ ให้มีค่า 3-5 % โดยอ้างอิงตามความชื้นที่วัดได้จากอัลมอนต์ป่นทางการค้า นอกจากนี้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิ มีค่าความชื้นต่ำกว่า 0.6 ซึ่งสามารถยับยั้งการเกิด ปฏิกิริยาชีวเคมีและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ [13]

ผลการศึกษาคูณภาพทางเคมีของกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้ง พบว่ากากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิ มีโปรตีนและไขมันน้อยกว่าอัลมอนต์ป่น (ดังแสดงในตารางที่ 2) เนื่องจากในกระบวนการผลิตเครื่องดื่มจากเมล็ดอัลมอนต์มีการสกัดน้ำออกจากเมล็ดอัลมอนต์เต็มเมล็ด จึงสกัดเอาโปรตีนและไขมันบางส่วนออกไป นอกจากนี้ในกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งมีเปลือกหุ้มเมล็ดปะปนอยู่ซึ่งต่างจากอัลมอนต์ป่นในทางการค้าที่ผลิตจากเมล็ดอัลมอนต์ดิบที่ผ่านการลวกด้วยน้ำร้อนเพื่อเอาเปลือกสีน้ำตาลออกก่อน แล้วนำมาบดเป็นอัลมอนต์ป่น [8] ซึ่งกากเมล็ดอัลมอนต์ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 360, 210 และ 180 นาทีตามลำดับ

ผลการศึกษากากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งมีปริมาณใยอาหารรวมและใยอาหารประเภทที่ไม่ละลายในน้ำมากกว่าอัลมอนต์ป่น โดยในการอบแห้งที่

อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่าปริมาณใยอาหารรวมมากถึง 48.93 ± 0.35 , 45.28 ± 0.82 และ 43.55 ± 0.38 % ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่จะเป็นใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำมากถึง 43.75 ± 1.11 , 42.93 ± 0.40 และ 48.15 ± 0.30 % ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเป็นใยอาหารที่ละลายในน้ำมีค่าเพียง 1.53 ± 0.43 , 0.61 ± 0.74 และ 0.78 ± 0.27 % ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 2) เนื่องจากใยอาหารที่ละลายในน้ำมีสมบัติการละลายในน้ำได้ โดยสามารถรวมตัวอย่างดีจึงมีโอกาสถูกละลายไปพร้อมกับน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตเครื่องดื่มจากเมล็ดอัลมอนต์ ส่วนใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำมักเป็นพวกคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นผนังเซลล์พืชที่มีสมบัติไม่ละลายในน้ำ แต่มีความสามารถในการจับตัวกับน้ำอย่างดี [15] จึงมีโอกาสสูญเสียระหว่างกระบวนการผลิตเครื่องดื่มจากเมล็ดอัลมอนต์น้อยกว่าซึ่งสอดคล้องกับ Mandalari และคณะ ที่ศึกษาปริมาณใยอาหารในเปลือกหุ้มเมล็ดอัลมอนต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตอัลมอนต์ป่น โดยมีปริมาณใยอาหารรวม 45.10 ± 1.90 % พบว่าองค์ประกอบหลักเป็นใยอาหารประเภทไม่ละลายในน้ำและใยอาหารประเภทละลายน้ำ 3-4 % เนื่องจากกากเมล็ดอัลมอนต์มีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำในปริมาณสูง [16] งานวิจัยของ Mandalari และคณะ พบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดอัลมอนต์จะมีเซลลูโลส ซึ่งจัดเป็นใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก [17] ส่งผลให้กากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดปะปนอยู่ มีค่าปริมาณใยอาหารรวมและใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำแตกต่างจากอัลมอนต์ป่น (ดังแสดงในตารางที่ 2)

นอกจากนี้กากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณใยอาหารรวมและใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำสูงกว่ากากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากกระบวนการผลิตเครื่องดื่มจากเมล็ดอัลมอนต์ต้องแช่และหมุนเหวี่ยงเพื่อสกัดน้ำออกจากเมล็ดอัลมอนต์ให้ได้กากเมล็ดอัลมอนต์ อาจเป็นผลมาจากในระหว่างกระบวนการผลิตเครื่องดื่มจากเมล็ดอัลมอนต์ อุณหภูมิ น้ำ และเวลาในการแช่เมล็ดอัลมอนต์ อาจส่งผลให้ที่ผนังเซลล์ของเมล็ดอัลมอนต์อ่อนนุ่มลง และเพิ่มโอกาสให้เส้นใยอาหารที่ละลายในน้ำถูกชะล้างไปพร้อมกับน้ำที่ใช้ในการสกัดได้มากขึ้น [17] ส่งผลให้ใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำเข้ามาแทนที่จึงทำให้มีปริมาณสูงขึ้น แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งกากเมล็ดอัลมอนต์ ซึ่งยังไม่มีการศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลต่อปริมาณใยอาหาร เช่น เวลาที่แช่เมล็ดอัลมอนต์ ความรุนแรงในการหมุนเหวี่ยง เพราะฉะนั้นจึงไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดว่าเหตุใดกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จึงมีใยอาหารรวมและใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำมากกว่าอุณหภูมิอื่นที่ใช้ในการอบแห้ง

3.2 การศึกษาการทดแทนอัลมอนต์ป่นด้วยกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งในผลิตภัณฑ์มาการอง

การผลิตผลิตภัณฑ์มาการองที่ทดแทนอัลมอนต์ป่นด้วยกากเมล็ดอัลมอนต์ทั้ง 3 อุณหภูมิ พบว่าเมื่อนำกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งมาทดแทน

อัลมอนต์ป่น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเปลี่ยนไป โดยมีสีที่เข้มขึ้น ผิวด้านบนไม่เรียบ อาจเกิดจากในกากเมล็ดอัลมอนต์มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลปะปนอยู่จึงส่งต่อสีของผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ลักษณะภายนอกที่สำคัญคือ foot หรือ skirt ยังมีลักษณะคงเดิม โดยมีลักษณะคล้ายชายกระโปรงรอบขอบผามการอง ซึ่งเกิดจากความร้อนในขณะการอบที่ทำให้ผิวด้านล่างขยายตัวออกมารอบตัวขนม สอดคล้องกับการศึกษาการเสริมใยอาหารในผลิตภัณฑ์มาการองด้วยรำข้าวสังข์หยด โดยเสริมที่ต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 5, 10 และ 15 % พบว่าลักษณะทางกายภาพที่สำคัญ คือ foot หรือ skirt ทั้ง 3 ระดับ มีลักษณะคงเดิม [7]

ผลการศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์มาการองที่ทดแทนอัลมอนต์ป่นด้วยกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้ง พบว่าผลิตภัณฑ์มาการองที่ทดแทนด้วยกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ มีค่าสีแตกต่างกันโดย L^* ต่ำกว่า และ a^* สูงกว่า ส่วน b^* มีค่าไม่แตกต่างจากสูตรมาตรฐาน (ดังแสดงในตารางที่ 3) เนื่องจากคุณภาพด้านสีของกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิ เป็นวัตถุดิบที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลปะปนอยู่ด้วย เมื่อนำมาทดแทนในผลิตภัณฑ์มาการองส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น และทำให้คุณภาพด้านสีเปลี่ยนไป (ดังแสดงในรูปที่ 3)

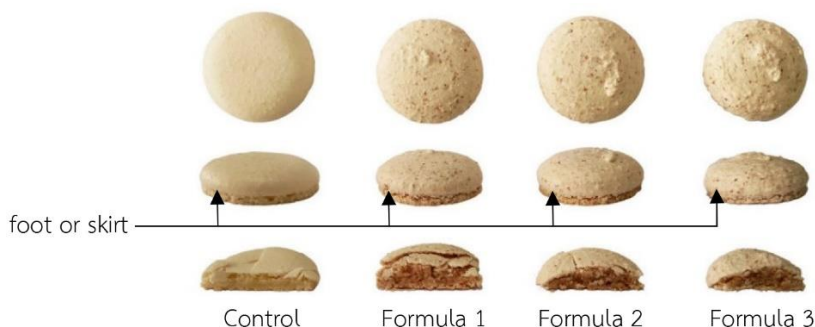


Figure 3 Appearances of macaron from almond flour and almond residue dried at 60, 70 and 80 °C

Table 3 Physical properties of macaron from almond flour and almond residue dried at 60, 70 and 80 °C

Physical properties	Control	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Color values				
L*	86.84±0.80 ^a	81.71±2.40 ^b	81.80±1.29 ^b	82.80±1.27 ^b
a*	3.75±0.30 ^b	5.98±0.27 ^a	6.35±0.31 ^a	6.26±0.13 ^a
b*	6.64±0.66 ^{ab}	6.19±0.58 ^b	7.20±0.31 ^a	6.50±0.29 ^b
Water activity (a _w)	0.81±0.00 ^b	0.81±0.00 ^b	0.82±0.00 ^a	0.82±0.00 ^a
Hardness (N)	352.32±10.30 ^c	424.10±7.28 ^b	439.25±9.55 ^{ab}	456.83±13.82 ^a
Crispiness (mm) ^{ns}	0.80±0.03	0.70±0.08	0.67±0.09	0.64±0.03

^{a-d}Means within the same row are significant differences ($p \leq 0.05$); ^{ns} Means within the same column are not significant differences ($p > 0.05$)

ผลการวัดค่าเนื้อสัมผัส พบว่าค่าความแข็งของมาการองที่ทดแทนด้วยกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิ มีค่าสูงกว่าสูตรมาตรฐาน และมาการองทั้ง 3 อุณหภูมิ มีค่าความแข็งใกล้เคียงกัน โดยมาการองที่ทดแทนด้วยกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งมากที่สุดซึ่งไม่แตกต่างจากมาการองที่ทดแทนกากเมล็ดอัลมอนต์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ($p > 0.05$) รองลงมา คือมาการองที่ทดแทนด้วยกากเมล็ดอัลมอนต์ที่อุณหภูมิ 60 องศา จากตารางแสดงปริมาณใยอาหาร (ดังแสดงในตารางที่ 2) พบว่ากากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณใยอาหารรวมและใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำสูงกว่ากากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งอาจสรุปได้ว่าปริมาณใยอาหารโดยเฉพาะใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำเมื่อนำมาทดแทนอัลมอนต์ป่นในผลิตภัณฑ์มาการองส่งผลให้มาการองมีค่าความแข็งมากขึ้น เนื่องจากในเปลือกหุ้มเมล็ดอัลมอนต์มีเซลลูโลส ซึ่งประกอบด้วยกลูโคสจำนวนมากเกาะกันอยู่ มีการจัดเรียงตัวใน

ทิศทางเดียวกันและสวนทางกัน จึงทำให้เส้นใยมีความแข็งแรงไม่แตกหักง่าย [18] ทำให้โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลสเป็นแบบพอลิคริสตัลไลน์ (polycrystalline) ซึ่งมีความแข็งแรงและยืดเกาะเป็นเส้นใยอาหาร (fibrous) [14] นอกจากนั้นอุณหภูมิในการอบแห้งกากเมล็ดอัลมอนต์อาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อค่าความแข็ง และความกรอบของมาการองที่ทดแทนด้วยกากเมล็ดอัลมอนต์ทั้ง 3 อุณหภูมิ เนื่องจากอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ต่างกัน หากใช้อุณหภูมิสูงก็จะใช้เวลาสั้น จึงส่งผลให้กากเมล็ดอัลมอนต์ที่อบแห้งเกิดการแห้งที่ผิวหน้ามากขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน นอกจากนั้นจากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (ดังแสดงในตารางที่ 2) กากเมล็ดอัลมอนต์มีคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบ เมื่อนำมาอบแห้งองค์ประกอบของแป้งส่งผลให้เกิดเจลลิตินเซชันซึ่งมีผลให้เม็ดแป้งมีขนาดเล็กลง ทำให้เกิดรูปร่างแข็งที่ผลิตภัณฑ์มาการองที่แตกต่างกัน

นอกจากนั้นพื้นฐานการผลิตมาการอง คือเมอแรง (meringue) ในการทำเมอแรงเป็นการตีไข่ขาวจนขึ้นฟู โดยทำให้เกิดฟองอากาศในอาหารหรือทำ

ให้เกิดโฟม (foaming) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส ลดความหนาแน่นของอาหาร [19] ความคงตัวของโฟมไข่ขาวขึ้นอยู่กับคุณภาพของไข่ขาว ความเข้มข้นของโปรตีน ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิ ปริมาณน้ำตาลที่ปนอยู่ และการตี โดยไข่ขาวที่มีความข้น (thick white) จะเกิดโฟมได้ดีกว่าไข่ขาวที่เนื้อบาง (thin white) ซึ่งไข่ขาวที่มีเนื้อบางจะได้โฟมที่ปริมาณมากกว่า การเติมส่วนผสมอื่นลงไปส่งผลให้ความคงตัวของโฟมลดลง [14] จึงเป็นผลทำให้มาการองสูตรที่ทดแทนด้วยกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งทั้ง 3 สูตร มีความแข็งสูงกว่ามาการองสูตรมาตรฐาน ส่วนค่าความกรอบของมาการองที่ใช้กากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างจากสูตรมาตรฐาน ($p > 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์มาการองที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสด้านนอกกรอบและด้านในนุ่ม ซึ่งเป็นลักษณะที่ดีของมาการอง [20]

เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาการองสูตรมาตรฐานและสูตรทดแทนอัลมอนต์ป่นด้วยกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งทั้ง 3 สูตร มาคำนวณปริมาณใยอาหาร โดยนำปริมาณวัตถุดิบ (ดังแสดงในตารางที่ 1) และปริมาณใยอาหารทั้งหมด (ดังแสดงในตารางที่ 2) มาคำนวณเพื่อหาปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้นต่อ 1 สูตรผลิต และต่อมาการอง 1 ชิ้น พบว่ามาการองที่ทดแทนด้วยกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งทั้ง 3 สูตร มีปริมาณใยอาหารสูงกว่าสูตรมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ดังแสดงในตารางที่ 4) โดยมาการองที่ทดแทนอัลมอนต์ป่นด้วยกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณใยอาหารรวมต่อ 1 สูตรผลิต และต่อ 1 ชิ้น เท่ากับ 122.36 ± 0.51 และ 2.45 ± 0.01 กรัม ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ามาการองจากกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีปริมาณใยอาหารรวมต่อ 1 สูตรผลิต 113.20 ± 1.18

และ 108.87 ± 0.55 กรัม ตามลำดับ และต่อ 1 ชิ้น เท่ากับ 2.26 ± 0.02 และ 2.18 ± 0.11 กรัม ตามลำดับ สามารถสรุปได้ว่าการคำนวณมาการองที่ทดแทนอัลมอนต์ป่นด้วยกากเมล็ดอัลมอนต์มีปริมาณใยอาหารเพิ่มสูงขึ้นจากสูตรมาตรฐานมากถึง 248-278 % เนื่องจากในกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งมีปริมาณใยอาหารสูงกว่าอัลมอนต์ป่น (ดังแสดงในตารางที่ 2) เมื่อนำมาทดแทนอัลมอนต์ป่นในผลิตภัณฑ์มาการอง ส่งผลให้มาการองที่ทดแทนด้วยกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งมีปริมาณใยอาหารสูงขึ้นตามไปด้วย

Table 4 Total dietary fiber of macaron from almond flour and almond residue dried at 60, 70 and 80 °C

Samples	Per formula	Per piece
Control	44.04 ± 0.29^d	0.88 ± 0.01^d
Formula 1	113.20 ± 1.18^b	2.26 ± 0.02^b
Formula 2	108.87 ± 0.55^c	2.18 ± 0.11^c
Formula 3	122.36 ± 0.51^a	2.45 ± 0.01^a

^{a-d}Means within the same row are significant differences ($p \leq 0.05$)

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยเปรียบเทียบมาการองสูตรมาตรฐานและสูตรที่ใช้กากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้ง 3 สูตร ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ดังแสดงในตารางที่ 5) พบว่าผลิตภัณฑ์มาการองจากกากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งทั้ง 3 สูตร มีลักษณะปรากฏและสีแตกต่างจากสูตรมาตรฐาน ($p \leq 0.05$) โดยมาการองสูตรมาตรฐานได้รับคะแนนความชอบสูงสุดอยู่ในระดับชอบปานกลางซึ่งแตกต่างกับมาการองที่ใช้กากเมล็ดอัลมอนต์อบแห้งทั้ง 3 สูตร แต่ในด้านกลิ่น

รสชาติ และเนื้อสัมผัส มาการองที่ใช้กากเมล็ดอัลมอนด์อบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบในระดับชอบเล็กน้อยซึ่งไม่แตกต่างจากสูตรมาตรฐาน ($p > 0.05$) เช่นเดียวกับความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่น พบว่ามาการองที่ทดแทนด้วยกากเมล็ดอัลมอนด์อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงกว่ามาการองที่ทดแทนด้วยกากเมล็ดอัลมอนด์อบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งมีผลทำให้กลิ่นของกากเมล็ดอัลมอนด์มีแนวโน้มลดลงเป็นการยืนยันถึงการให้ความร้อนด้วยการอบในอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สามารถยับยั้งกลิ่นฉุนซึ่งเป็นกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ [21] เมื่อนำมาทดแทนในผลิตภัณฑ์มาการองผู้ทดสอบจึงได้กลิ่นไม่ต่างจากสูตรมาตรฐาน ($p > 0.05$) ระดับคะแนนความชอบด้านกลิ่นจึงไม่แตกต่างกัน ส่วนมาการองที่ทดแทนด้วยกากเมล็ดอัลมอนด์อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด และไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) อาจเกิดจากระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งต่างกันไม่มากพอ จึงอาจมีความชอบในด้านกลิ่นที่ไม่ต่างกัน ส่วนคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส มาการองที่ทดแทนด้วยกากเมล็ดอัลมอนด์ที่อุณหภูมิ

80 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบรองลงมา และไม่แตกต่างจากสูตรมาตรฐาน ($p > 0.05$) และไม่แตกต่างจากสูตรทดแทนด้วยกากเมล็ดอัลมอนด์อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียสเช่นกัน ($p > 0.05$) จึงสรุปได้ว่ามาการองจากกากเมล็ดอัลมอนด์อบแห้งทั้ง 3 สูตร และสูตรมาตรฐานมีลักษณะที่แตกต่างกันไม่มากนัก คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของมาการองที่ทดแทนด้วยกากเมล็ดอัลมอนด์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนความชอบที่ไม่แตกต่างจากสูตรมาตรฐาน ($p > 0.05$)

4. สรุป

การศึกษาการเตรียมกากเมล็ดอัลมอนด์อบแห้งเพื่อใช้ทดแทนอัลมอนด์ป่นในผลิตภัณฑ์มาการองพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งกากเมล็ดอัลมอนด์ คือ 80 องศาเซลเซียส มีใยอาหารรวมและใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมากที่สุดและใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดเป็นเวลา 180 นาที โดยมีใยอาหารมากกว่าอัลมอนด์ป่นทางการค้า การคำนวณเมื่อนำไปใช้ทดแทนอัลมอนด์ป่นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มาการองมีปริมาณใยอาหารรวมเพิ่มขึ้นจากสูตรมาตรฐาน 0.88 เป็น 2.45 กรัม ต่อ 1 ชิ้น มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส

Table 5 Sensory evaluation of macaron from almond residue dried at 60, 70 and 80 °C

Samples	Appearance	Color	Aroma	Taste ^{ns}	Texture	Overall preference ^{ns}
Control	7.26±1.52 ^a	7.12±1.73 ^a	6.32±1.40 ^b	6.16±1.90	6.96±1.42 ^a	6.70±1.49
Formula 1	6.54±1.20 ^b	6.50±1.57 ^b	6.80±1.29 ^a	6.44±1.26	6.34±1.52 ^b	6.72±1.20
Formula 2	6.50±1.28 ^b	6.64±1.29 ^b	6.84±1.36 ^a	6.44±1.52	6.44±1.39 ^b	6.70±1.31
Formula 3	6.28±1.40 ^b	6.36±1.35 ^b	6.38±1.38 ^b	6.16±1.51	6.52±1.68 ^{ab}	6.54±1.30

^{a-d} Means within the same row are significant differences ($p \leq 0.05$); ^{ns} Means within the same column are not significant differences ($p > 0.05$)

ไม่แตกต่างจากสูตรมาตรฐาน และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์มาการองจากกากเมล็ดอัลมอนด์อบแห้งซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากผลผลิตทางการเกษตร และยังสามารถนำไปใช้เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย และแปลกใหม่ ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ ได้แก่ คุกกี้ ขนมปัง เป็นต้น เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับกากเมล็ดอัลมอนด์และเพิ่มใยอาหารให้กับผลิตภัณฑ์เหล่านั้นได้อีกด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โรงงานลูกกวาดเม่งเซ่ง และวิทยาลัยดุสิตธานี ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือและสถานที่ในการวิจัยจนสำเร็จลุล่วง

6. Reference

- [1] Hiruntrakool, T.P. and Thiengnoi, T., 2007, The best of walnuts and almond in the world, *Kehakaset* 31(11): 198-203. (in Thai)
- [2] Bennett, B. L., 2016 *Almond Flour: The High-protein, Gluten-free Choice for Bake and Cooking*, Book Publishing Company, Summertown, 160 p.
- [3] Richardson, D.P., Astrup, A., Cocaul, A. and Ellis, R.P., 2009, The nutritional and health benefits of almonds: A healthy food choice, *Food Sci. Technol. Bull. Funct. Foods* 6: 41-50.
- [4] Bolling, B.W., Chen, C.Y., McKay, D.L. and Blumberg, J. B., 2011, Tree nut phytochemicals: Composition, antioxidant capacity, bioactivity, impact factors – A systematic review of almonds, Brazils, cashews, hazelnuts, macadamias, pecans, pine nuts, pistachios and walnuts, *Nutri. Res. Rev.* 24: 244-275.
- [5] Yada, S., Lapsley, K. and Huang, G.W., 2011, A review of composition studies of cultivated almonds: Macronutrients and micronutrients, *J. Food Compos. Anal.* 24: 469-480.
- [6] USDA, 2015, National Nutrient Database for Standard Reference Release 28, Available Source: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3635?manu=&fgcd=&ds=>, December 17, 2016.
- [8] Garrido, I., Monagas, M., Gómez-Cordovés, C. and Bartolomé, B., 2008, Polyphenols and antioxidant properties of almond skins: Influence of industrial processing, *Food Sci.* 73: C106-C115.
- [9] Maréchal, J., 2010, *Secrets of Macaroon*, Murdoch books Australia, New South Wales, 140 p.
- [7] Bunyasawat, J. and Bhoosem, J., 2013, Supplementation of Fiber in Macaron Product with Sangyod Rice Bran, *Research for Home Economics Technology*, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, 75 p. (in Thai)
- [10] Panyayong, C. and Khantasen, V., 2018, Development of almond powder substitute macaron from cashew nut powder, *J. Sci. Technol. Srinakharinwirot Univ.* 10(19): 14-30.

- [11] AOAC, 2016, Official Methods of Analysis of AOAC International, 20th Ed. , AOAC International, Gaithersburg.
- [12] Dusit Thani College, 2018, Macaron Recipe, Dusit Thani College, Bangkok.
- [13] Rangsadthong, W. , 2014, Food Processing Technology, 6th Ed. , Text and Journal Publication Co., Ltd., Bangkok, 477p. (in Thai)
- [14] Rattanapanone, N., 2014, Food Chemistry, 5th Ed. , Odeon Store Publisher, Bangkok, 504 p. (in Thai)
- [15] Hengsawad, D. , 2002, Dietary fiber for health, Food J. 32: 157-159. (in Thai)
- [16] Mandalari, G. , Tomaino, A. , Arcoraci, T. , Martorana, M. , Lo Turco, V. , Cacciola, F. , Rich, G.T., Bisignano, C., Saija, A., Dugo, P., Cross, K.L., Parker, M.L., Waldron, K.W. and Wickham, M.S.J., 2010, Characterization of polyphenols, lipids and dietary fiber from almond skins (*Amygdalus communis* L.), Food Compos. Anal. 23: 166-174.
- [17] Mandalari, G. , Faulks, R.M. , Rich, G.T. , Lo Turco, V. , Picout, D.R. , Lo Curto, R.B. , Bisignano, G., Dugo, P., Dugo, G., Waldron, K.W., Ellis, P.R. and Wickham, M.S.J., 2008, Release of protein, lipid, and vitamin E from almond seeds during digestion, Agric. Food Chem. 56: 3409-3416.
- [18] Chulakarangka, S., 2010, Nutrition, 6th Ed., Kasetsart University Publisher, Bangkok, 314 p. (in Thai)
- [19] Hongsprabhas, P., 2012, Colloidal systems in food products, Kasetsart University Publisher, Bangkok, 296 p. (in Thai)
- [20] Beaudoin, S.S., 2014, Macaron by chef Gio, Amarin Printing & Publishing, Bangkok, 106 p. (in Thai)
- [21] Kong, X. , Li, H. , Wang. , H, Hua, Y. and Huang, Y. 2008, Effect of lipoxygenase activity in defatted soybean flour on the gelling properties of soybean protein isolate, Food Chem. 106: 1093-1099.