

การพัฒนาผลิตภัณฑ์มาเดอลีนโดยการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวทับทิมชุมแพ Development of Madeleine Product by Partial Substitution of Wheat Flour with Tubtim Chumphae Rice Flour

จิราภรณ์ บุราคร ปราณต์ ปิ่นทอง ทรงพร ไกรสิทธิ์ มณฑกานต์ เอี่ยมแก้ว พิมพ์พร พลายจันทร์ และ ณัฐชา ศิริวาริน*
Jiraporn Burakorn Pran Pinthong Songporn Kraisit Montakan Aimkaew Pimporn Plaichan and Nattacha Siriwarin*
กองผลิตภัณฑ์อาหารและวัสดุสัมผัสอาหาร กรมวิทยาศาสตร์บริการ กรุงเทพมหานคร 10400 ประเทศไทย
Food Products and Food Contact Materials Division, Department of Science Service, Bangkok 10400, Thailand
*E-mail: srwr.nc@gmail.com

Received: Jan 11, 2024

Revised: Mar 04, 2024

Accepted: Mar 11, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์มาเดอลีนที่ใช้แป้งข้าวทับทิมชุมแพทดแทนแป้งสาลีบางส่วน แป้งข้าวทับทิมชุมแพที่ใช้ในการศึกษานี้ได้จากการนำปลายข้าวทับทิมชุมแพมาบดเป็นผงแป้ง ในการศึกษานี้ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์มาเดอลีน 5 สูตร โดยสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่ใช้แป้งสาลีเพียงอย่างเดียวในปริมาณ 80 กรัม ในขณะที่สูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 ใช้แป้งข้าวทับทิมชุมแพทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วน แป้งสาลี (ในหน่วยกรัม) : แป้งข้าวทับทิมชุมแพ (ในหน่วยกรัม) เท่ากับ 70:10, 60:20, 50:30 และ 40:40 ตามลำดับ นำผลิตภัณฑ์มาเดอลีนที่พัฒนาขึ้นทุกสูตรไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวทับทิมชุมแพในผลิตภัณฑ์มาเดอลีนจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แข็งขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าสูตรที่ 4 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด จึงถูกนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์ 100 กรัมมีปริมาณโปรตีน 7.29 กรัม ไขมันทั้งหมด 22.8 กรัม และคาร์โบไฮเดรต 26.62 กรัม งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำแป้งข้าวทับทิมชุมแพมาใช้ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในการผลิตผลิตภัณฑ์มาเดอลีน

คำสำคัญ: มาเดอลีน แป้งข้าวทับทิมชุมแพ แป้งสาลี

Abstract

This research aimed to develop and assess quality of madeleine product made by using Tubtim Chumphae rice flour to partially replace wheat flour. Tubtim Chumphae rice flour used in this study was made by grinding Tubtim Chumpae broken rice into flour. In this study, 5 madeleine formulas were developed. For the formula 1, only wheat flour with the amount of 80 g was used. For the formulas 2, 3, 4 and 5, Tubtim Chumphae rice flour was used to replace wheat flour with the wheat flour (in g) : Tubtim Chumphae rice flour (in g) ratios of 70:10, 60:20, 50:30 and 40:40, respectively. Physicochemical quality and sensory quality of all developed madeleine formulas were assessed. The results demonstrated that when the amount of Tubtim Chumphae rice flour in madeleine product was increased, the color of the product became darker and the texture of the product became harder. Moreover, the formula 4 was found to have the highest overall liking score. Therefore, it was subjected to nutrition analysis. It was found that 100 g of the product contained 7.29 g of protein, 22.8 g of total fat and 26.62 g of carbohydrate. This research demonstrated the possibility of using Tubtim Chumphae rice flour to partially replace wheat flour for making madeleine product.

Keywords: Madeleine, Tubtim Chumpae rice flour, Wheat flour

1. บทนำ

ข้าวทับทิมชุมแพ (Tubtim Chumprae Rice) เป็นข้าวเจ้าที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง เมื่อนำไปหุงสุกมีสีแดงใสคล้ายสีของทับทิม [1] ข้าวทับทิมชุมแพมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูง ประกอบด้วยสารฟีนอลิก (Phenolics) 4,661.05 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) 2,989.21 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม โดยสารต้านอนุมูลอิสระมีส่วนช่วยในการลดระดับคอเลสเตอรอล (Cholesterol) ในเลือด และข้าวทับทิมชุมแพมีปริมาณอะมิโลส (Amylose) ต่ำ เหมาะกับผู้ป่วยโรคเบาหวาน นอกจากนี้ยังมีคุณประโยชน์ในด้านการขับถ่าย บำรุงโลหิต บำรุงร่างกายให้แข็งแรงและป้องกันโรคความจำเสื่อม [1]-[3] เมื่อนำข้าวทับทิมชุมแพมาขัดสี จะทำให้มีผลพลอยได้ที่เป็นเม็ดข้าวหักขนาดเล็กและจุกข้าวจำนวนมากที่เรียกว่า ปลายข้าว ซึ่งสามารถนำไปเพิ่มมูลค่าได้ โดยที่ผ่านมามีรายงานเกี่ยวกับการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้าวไทยหลากหลายสายพันธุ์ [2], [4], [5] ในส่วนของข้าวทับทิมชุมแพ มีรายงานการนำมาแปรรูปเป็นแป้งข้าวทับทิมชุมแพเพื่อผลิตเป็นอาหารชนิดต่าง ๆ มากมาย อาทิ ข้าวแต่น ขนมหอมม่วง ขนมหินอบแห้ง เป็นต้น [2]

มาเดอลีน (Madeleine) เป็นขนมของประเทศฝรั่งเศส มีรูปทรงคล้ายเปลือกหอย ลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายสปันจ์เค้ก (Sponge cake) มีส่วนผสมหลักคือ แป้งสาลี ไข่ และน้ำตาล โดยสามารถเทียบเคียงกับขนมไข่ในประเทศไทย [6]

แป้งสาลีนิยมนำมาใช้ประกอบอาหารประเภทเบเกอรี่ได้หลากหลาย เนื่องจากมีกลูเตน (Gluten) เป็นองค์ประกอบซึ่งให้คุณสมบัติโครงสร้างยืดหยุ่นที่ดี [7] ทำให้มีการศึกษาวิจัยนำแป้งชนิดต่าง ๆ มาใช้เพื่อทดแทนแป้งสาลี นั่นคือแป้งจากข้าว (*Oryza sativa* L.) เนื่องจากข้าวเป็นส่วนผสมหลักในอาหารส่วนใหญ่ของประชากรโลก และให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว [8]

จากรายงานวิจัยที่ผ่านมา มีการศึกษานำแป้งกล้วยมาทดแทนแป้งสาลีเพื่อผลิตมาเดอลีน [6] โดยศึกษาผลของการแช่กล้วยด้วยสารละลายต่าง ๆ เพื่อลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และนำแป้งกล้วยมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์มาเดอลีนพบว่าผลิตภัณฑ์มาเดอลีนที่ทดแทนด้วยแป้งกล้วยร้อยละ 40 มีค่าความแข็ง (Hardness) น้อยที่สุด และเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยมากขึ้น ความสูง ปริมาตรจำเพาะของผลิตภัณฑ์จะมีค่าเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งปริมาณเส้นใยของผลิตภัณฑ์ก็จะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ซึ่งการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลี

มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งของขนมมาเดอลีนอย่างมาก อีกทั้งยังมีการศึกษาของ Subanmanee et al. [9] โดยการนำแป้งกล้วยที่แช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Sodium metabisulfite) มาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตมาเดอลีน พบว่าขนมมาเดอลีนที่ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 40 ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุดเนื่องจากมีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมที่เป็นแป้งสาลีมาก และยังมีกลิ่นของกล้วยหอมมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาสูตรขนมมาเดอลีนปราศจากกลูเตน รวมทั้งศึกษาการยอมรับจากผู้บริโภคโดยการนำแป้งอัลมอนต์ แป้งข้าว และแซนแทนกัม (Xanthan gum) ทดแทนแป้งสาลีพบว่า ผู้บริโภคทั้งกลุ่มผู้แพ้กลูเตนและไม่แพ้กลูเตนให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์มากกว่าร้อยละ 90 เนื่องจากได้ประโยชน์ต่อสุขภาพในเรื่องการเพิ่มปริมาณเส้นใยและช่วยเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ทางโภชนาการเมื่อเปรียบเทียบกับสินค้าที่มีอยู่ในท้องตลาด [10]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มมูลค่าของข้าวทับทิมชุมแพในส่วนปลายข้าวที่เป็นเม็ดข้าวขนาดเล็ก นำมาแปรรูปเป็นแป้งข้าวทับทิมชุมแพ และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์มาเดอลีน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ขนมที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น ลดปริมาณการใช้แป้งสาลีที่นำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวทับทิมชุมแพมีช่องทางการผลิตและจำหน่ายสินค้าส่วนเหลือทิ้งของข้าวทับทิมชุมแพได้มากขึ้น รวมทั้งผู้บริโภคมีทางเลือกผลิตภัณฑ์ขนมที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเพิ่มมากขึ้น

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1. การเตรียมแป้งข้าวทับทิมชุมแพ

นำปลายข้าวทับทิมชุมแพ จากสหกรณ์ชุมชนบ้านฝาง อำเภอบ้านฝาง จังหวัดขอนแก่น มาเตรียมเป็นแป้งข้าวทับทิมชุมแพ โดยแยกสิ่งเจือปนออก ใส่เมล็ดข้าวลงในเครื่องบดแห้ง บดเป็นผงแป้ง แล้วบรรจุในถุงซิปล็อก เก็บที่อุณหภูมิห้อง (25±2 องศาเซลเซียส)

2.2. การเตรียมผลิตภัณฑ์มาเดอลีน

ในการศึกษานี้ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์มาเดอลีน 5 สูตร โดยสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่ใช้แป้งสาลีเพียงอย่างเดียวในปริมาณ 80 กรัม ในขณะที่สูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 ใช้แป้งข้าวทับทิมชุมแพแทนแป้งสาลีในอัตราส่วน แป้งสาลี (ในหน่วยกรัม) : แป้งข้าวทับทิมชุมแพ (ในหน่วยกรัม) เท่ากับ 70:10, 60:20, 50:30

และ 40:40 ตามลำดับ ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์มาเดอลีนทุกสูตรแสดงไว้ใน Table 1

ขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์มาเดอลีน มีดังนี้ ละลายเนยให้เป็นของเหลว จากนั้นผสมไข่ไก่ น้ำตาล น้ำผึ้ง แล้วคนให้เข้ากัน ร่อนแป้งสาลีอเนกประสงค์และแป้งข้าวท้มซุมแพลงในอ่างผสม ใช้ตะกร้อมือตีให้ส่วนผสมเข้ากัน ใส่เนยที่

ละลายไว้แล้วคนส่วนผสมต่าง ๆ ให้เป็นเนื้อเดียวกัน ใช้พลาสติกปิดอ่างผสม แล้วตั้งทิ้งไว้ 2-4 ชั่วโมง จากนั้นเตรียมพิมพ์ด้วยการทาเนยละลายให้ทั่วพิมพ์ ปีบหรือดักแป้งที่เตรียมไว้ลงแม่พิมพ์ นำไปอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำออกจากเตา เคาะออกจากพิมพ์ พักไว้บนตะแกรงให้หายร้อน จะได้ผลิตภัณฑ์มาเดอลีนพร้อมบริโภค

Table 1 Ingredients (in g) of different formulas of madeleine product

Ingredients (g)	Madeleine product				
	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4	Formula 5
Wheat flour	80	70	60	50	40
Tubtim Chumphae rice flour	0	10	20	30	40
Egg	120	120	120	120	120
Sugar	50	50	50	50	50
Honey	50	50	50	50	50
Baking powder	3	3	3	3	3
Unsalted butter	80	80	80	80	80
Salt	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
Total	383.63	383.63	383.63	383.63	383.63

2.3. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาเดอลีน

นำผลิตภัณฑ์มาเดอลีนมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบด้วยวิธี 9-Point hedonic scale ในด้านลักษณะปรากฏ (Appearance) สี (Color) กลิ่น (Odor) กลิ่นรส (Flavor) เนื้อสัมผัส (Texture) และความชอบโดยรวม (Overall liking) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน อายุระหว่าง 15-60 ปี จำนวน 50 คน

2.4. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์มาเดอลีน

การวัดความสูงของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ Vernier caliper
การวัดปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) ทำโดยชั่งน้ำหนักมาเดอลีนด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น BCA224I-1S) และวัดปริมาตรของมาเดอลีนโดยใช้วิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดงา ดำเนินการโดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง (n) จากนั้นใส่มาเดอลีนลงในภาชนะที่มีความสูงและความกว้างมากกว่าขนาดของมาเดอลีน และเติมเมล็ดงาให้เต็มช่องว่างทั่วทั้งภาชนะนั้น ทำการวัดปริมาตรของเมล็ดงาที่ใช้เติมลงไปทั้งหมดด้วยกระบอกตวง (x) วัดปริมาตรของภาชนะเปล่าโดย

การเติมเมล็ดงาให้เต็มภาชนะและวัดปริมาตรของเมล็ดงาด้วยกระบอกตวง (ค) [11] ดังนี้

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ (มิลลิเมตรต่อกรัม)} = [(ค) - (ข)] / (ก)$$

เมื่อ

(ก) = น้ำหนักมาเดอลีน

(ข) = ปริมาตรเมล็ดงาในภาชนะที่ใส่มาเดอลีน

(ค) = ปริมาตรเมล็ดงาในภาชนะเปล่า

การวัดความหนาแน่น (Density) ใช้วิธีการวัดโดยการแทนที่ด้วยเมล็ดงา หน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิเมตร [11]

การวัดสีใช้เครื่องวัดสี (HunterLab รุ่น Miniscan EZ) ระบบ CIE โดยค่า L* แสดงถึงค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าตั้งแต่ 0-100 ซึ่ง 0 คือสีดำ และ 100 คือสีขาว ค่า a* แสดงถึงค่าสีเขียว (-a*) จนถึงค่าสีแดง (+a*) ค่า b* แสดงถึงค่าสีน้ำเงิน (-b*) จนถึงค่าสีเหลือง (+b*)

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Stable Micro System TA-XT Plus) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA profile) ผลิตภัณฑ์มาเดอลีนทั้ง 5 สูตร โดยใช้หัววัดทรงกระบอก (Cylinder probe P/50) ระยะการกด (Strain) ร้อยละ 80 ความเร็วในการทดสอบ (Test speed) เท่ากับ 1.00 มิลลิเมตรต่อวินาที อัตราเร็วก่อนวัด (Pre-test speed)

เท่ากับ 5.00 มิลลิเมตรต่อนาที อัตราเร็วหลังวัด (Post-test speed) เท่ากับ 1.00 มิลลิเมตรต่อนาที วัดตัวอย่างละ 5 ซ้ำ [12]

2.5. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์มาเดอลีน

นำผลิตภัณฑ์มาเดอลีนสูตรที่ได้รับการยอมรับจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ พลังงานทั้งหมด พลังงานจากไขมัน ไขมันทั้งหมด ไขมันอิ่มตัว โคลเลสเตอรอล โปรตีน คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด โยอาหาร น้ำตาล โซเดียม วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 แคลเซียม เหล็ก ตามวิธี AOAC (2023) 986.27, 920.87, 922.06, 977.20, 985.29, 985.35, 994.10, 996.06 [11, 13]

2.6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยรายงานเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 16

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการใช้แป้งข้าวทับทิมชุมแพทดแทนแป้งสาลีในการผลิตผลิตภัณฑ์มาเดอลีน ได้ผลิตภัณฑ์มาเดอลีนจำนวน 5 สูตร ซึ่งมีคุณภาพทางเคมีกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังนี้

3.1. คุณภาพทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์มาเดอลีน

3.1.1. ลักษณะทั่วไป

ผลิตภัณฑ์มาเดอลีนมีลักษณะเป็นรูปหอย ขนาด 41 มิลลิเมตร x 68 มิลลิเมตร x 26 มิลลิเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวทับทิมชุมแพจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์มาเดอลีนมีความเข้มขึ้น ดังแสดงใน Figure 1

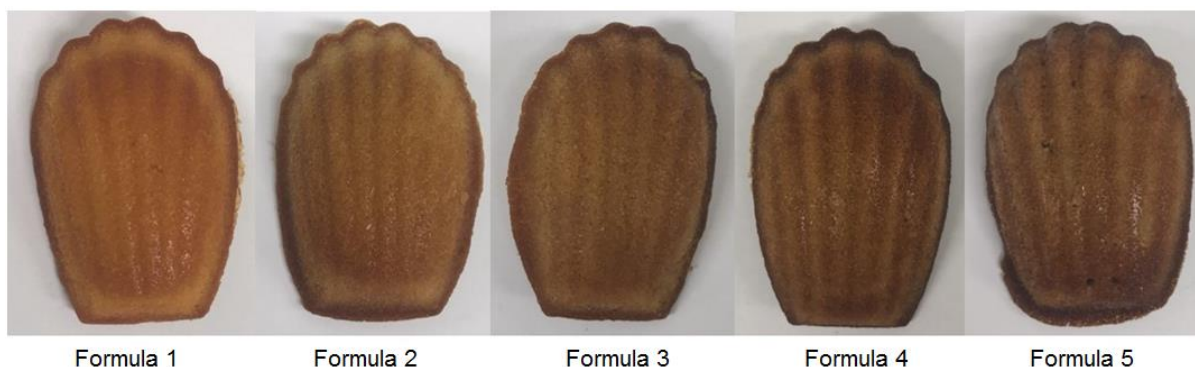


Figure 1 Appearance of different formulas of madeleine product

3.1.2. ความสูง ปริมาตรจำเพาะ ปริมาตร และค่าสีของผลิตภัณฑ์มาเดอลีน

Table 2 แสดงคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มาเดอลีนจากแป้งสาลีและผลิตภัณฑ์มาเดอลีนจากแป้งข้าวทับทิมชุมแพทั้ง 5 สูตร

ความสูงของมาเดอลีนจากแป้งสาลีมีค่ามากที่สุด (28.14 มิลลิเมตร) ในขณะที่เมื่อทำการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวทับทิมชุมแพส่งผลให้ค่าความสูงของมาเดอลีนลดลง (25.45-26.98 มิลลิเมตร) (Table 2) โดยปริมาณอะไมโลสในแป้งเป็นปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับความสูงของมาเดอลีน แป้งสาลีมีปริมาณอะไมโลสสูงถึงร้อยละ 28 ซึ่งสามารถรวมตัวกับน้ำได้ดี เมื่อผสมด้วยส่วนผสมต่าง ๆ และให้ความร้อน ทำให้

ผลิตภัณฑ์มีการพองตัว ส่งผลให้ความสูงเพิ่มขึ้น ซึ่งตรงกันข้าม แป้งข้าวทับทิมชุมแพที่มีองค์ประกอบของอะไมโลสต่ำเพียงร้อยละ 12.53 [14] เมื่อลดสัดส่วนของแป้งสาลีทำให้มาเดอลีนมีความพองตัวต่ำกว่าและมีความแน่นเนื้อสูงกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Subanmanee [6] ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยน้ำว่าในผลิตภัณฑ์มาเดอลีนร้อยละ 20, 40 และ 60 ซึ่งพบว่าปริมาณแป้งกล้วยที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความสูงและปริมาตรจำเพาะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณอะไมโลสของแป้งกล้วยน้ำว่ามีความสูงกว่าแป้งสาลี โดยอะไมโลสในแป้งกล้วยน้ำว่าอยู่ในช่วงร้อยละ 30-39 [6]

ผลการศึกษาปริมาตรจำเพาะและค่าความหนาแน่นที่แสดงให้เห็นว่ามาเดอลีนสูตรที่ทดแทนแป้งทับทิม

ชุมแพในปริมาณมากที่สุดที่อัตราส่วนแป้งสาลี (กรัม) : แป้งข้าวทับทิมชุมแพ (กรัม) เท่ากับ 40:40 มีปริมาตรจำเพาะต่ำที่สุดและค่าความหนาแน่นสูงที่สุด (Table 2) สอดคล้องกับรายงานผลความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์เพรทเซลกลูเตนต่ำ (Low-gluten pretzels) ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าว โดย Jan et al. [15] พบว่า ค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวร้อยละ 35 สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งสาลีเพียงอย่างเดียวโดยมีค่าเท่ากับ 0.58 ± 0.04 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และ 0.52 ± 0.04 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ เนื่องจากขนาดอนุภาคของแป้งแตกต่างกันโดยขนาดอนุภาคของแป้งข้าวนั้นมีลักษณะใหญ่และขรุขระกว่าอนุภาคของแป้งสาลี จึงทำให้ค่าความหนาแน่นสูงกว่า [16]

เมื่อพิจารณาค่าสี (L^* a^* b^*) ของผลิตภัณฑ์มาเดอลีนทั้ง 5 สูตร พบว่า การเพิ่มปริมาณของสัดส่วนแป้ง

ข้าวทับทิมชุมแพทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 2) โดยมาเดอลีนสูตรที่ 1 ที่มีแป้งสาลีเป็นองค์ประกอบเพียงอย่างเดียวให้ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองสูงที่สุด อย่างไรก็ตามพบว่า ค่าความสว่างของมาเดอลีนสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) การลดลงของค่าความสว่าง (L^*) สำหรับผลิตภัณฑ์มาเดอลีนที่ประกอบด้วยแป้งข้าวทับทิมชุมแพอาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) กับโปรตีนจึงทำให้มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น [17] อีกทั้งสีที่เข้มขึ้นยังเกิดจากการควบแน่นของเยื่อหุ้มเมล็ดแป้งข้าวทับทิมชุมแพ ซึ่งมีสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanins) จัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบ [18] จึงส่งผลให้ค่าความสว่างโดยรวมมีค่าลดลง

Table 2 Physical properties of different formulas of madeleine product

Formula	Height (mm)	Specific volume (cm ³ /g)	Density (g/cm ³)	L^*	a^*	b^*
1	28.14 ± 1.76^a	2.66 ± 0.51^a	0.39 ± 0.08^b	45.33 ± 0.24^a	11.25 ± 0.07^a	40.89 ± 0.57^a
2	25.45 ± 1.77^b	2.66 ± 0.30^a	0.38 ± 0.04^b	44.38 ± 0.52^a	10.69 ± 0.20^b	38.08 ± 0.05^b
3	26.37 ± 1.38^b	2.86 ± 0.19^a	0.35 ± 0.02^b	42.21 ± 0.49^b	10.83 ± 0.18^b	32.70 ± 0.61^c
4	25.98 ± 1.18^b	2.80 ± 0.46^a	0.37 ± 0.06^b	38.54 ± 1.34^c	9.81 ± 0.11^c	29.60 ± 0.18^d
5	26.98 ± 1.60^{ab}	2.29 ± 0.27^b	0.44 ± 0.05^a	36.32 ± 0.86^d	9.59 ± 0.32^c	28.81 ± 0.39^e

Means within a column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$).

3.1.3. ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาเดอลีน

ผลิตภัณฑ์มาเดอลีนที่พัฒนาขึ้นมีความแข็งในช่วง 20785.46-33995.83 g force โดยเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวทับทิมชุมแพทดแทนแป้งสาลีทำให้มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น (Table 3) ความแตกต่างของชนิดโปรตีนในแป้งมีผลต่อค่าความแข็ง มาเดอลีนสูตรที่ 1 ประกอบด้วยแป้งสาลีเพียงอย่างเดียวให้ค่าความแข็งน้อยที่สุด เมื่อลดสัดส่วนแป้งสาลีทดแทนด้วยแป้งข้าวทับทิมชุมแพ ส่งผลให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแป้งสาลีอเนกประสงค์มีปริมาณโปรตีนอยู่สูงถึงร้อยละ 10-12 ซึ่งมีไกลอะดิน (Gliadin) และกลูเตนิน (Glutenin) เป็นโปรตีนเมื่อผสมกับน้ำหรือของเหลวอื่น ๆ จะเกิดเป็นกลูเตนที่เป็นคุณสมบัติเฉพาะของแป้งสาลี ทำให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีความยืดหยุ่นได้ดีกว่าจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งน้อยกว่า [18] ในขณะที่โปรตีนในแป้งข้าวทับทิมชุมแพไม่มีคุณสมบัติ

ดังกล่าว อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์มาเดอลีนจากแป้งกล้วยมีค่าความยืดหยุ่น (0.69-0.78) และการยืดเกาะ (0.31-0.55) ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์มาเดอลีนจากแป้งข้าวทับทิมชุมแพทดแทนแป้งสาลีจากการทดลอง มีค่าความยืดหยุ่น (0.79-0.89) และการยืดเกาะ (0.58-0.66 g force) ดังแสดงใน Table 3 ซึ่งชนิดและปริมาณของแป้งที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตมีความสำคัญและส่งผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์มาเดอลีน

3.2. คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาเดอลีน

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาเดอลีนแสดงไว้ใน Table 4 จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน พบว่า ผลิตภัณฑ์มาเดอลีนสูตรที่ 4 มีคะแนนความชอบมากที่สุดในด้านเนื้อสัมผัส (Texture) และความชอบโดยรวม (Overall liking) เท่ากับ 7.72 ± 0.57 และ 7.10 ± 0.79 ตามลำดับ

โดยที่คะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรส (Flavor) ของสูตรที่ 4 และ 5 ไม่แตกต่างกันและมีความมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับมาเดอลีนสูตรอื่น ๆ โดยมีคะแนนเท่ากับ 7.54 ± 0.79 และ 7.28 ± 0.86 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านสี (Color) ของมาเดอลีน พบว่า เมื่อผสมสัดส่วนของแป้งข้าวทับทิมชุมแพในผลิตภัณฑ์มาเดอลีนมากขึ้น คะแนนด้านสีมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากผลิตภัณฑ์มาเดอลีนมีสีคล้ำและเข้มมากขึ้นอันเนื่องมาจากสีจากข้าวทับทิมชุมแพทำให้ผู้บริโภคอาจมีความชอบลดลง อย่างไรก็ตามผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านกลิ่น (Odor) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งมีคะแนนในช่วง 6.36 - 6.42 คะแนน (Table 4)

3.3. คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์มาเดอลีน

เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาเดอลีนสูตรที่ 4 ไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้ผลดังแสดงใน Table 5 และ Table 6 โดยมีปริมาณโปรตีน 7.29 กรัม ค่าไขมันทั้งหมด 22.8 กรัม และคาร์โบไฮเดรต 26.62 กรัม ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองของ Subanmanee [6] ซึ่งศึกษาการใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มาเดอลีน มีค่าโปรตีนในช่วง 4.95 - 6.69

กรัม ค่าไขมันทั้งหมดในช่วง 31.99 - 32.38 กรัม และคาร์โบไฮเดรตในช่วง 11.93 - 22.84 กรัม [6]

4. บทสรุป

ในการศึกษานี้ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์มาเดอลีนจากแป้งข้าวทับทิมชุมแพทดแทนแป้งสาลีบางส่วน จำนวน 5 สูตร ได้แก่ สูตรพื้นฐานด้วยการใช้แป้งสาลีในปริมาณ 80 กรัม ในขณะที่สูตรอื่น ๆ (สูตร 2-5) ใช้อัตราส่วนแป้งสาลี (กรัม) : แป้งข้าวทับทิมชุมแพ (กรัม) เท่ากับ $70:10$, $60:20$, $50:30$ และ $40:40$ ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าเมื่อทดแทนแป้งข้าวทับทิมชุมแพด้วยแป้งสาลีในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้ความสูง ปริมาตรจำเพาะ ความสว่างของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง ในขณะที่ความแข็ง และความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์มาเดอลีนสูตรที่ 4 ที่มีส่วนประกอบของแป้งสาลี 50 กรัม และแป้งข้าวทับทิมชุมแพ 30 กรัม ได้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมจากผู้บริโภคสูงสุด และมีปริมาณโปรตีน 7.29 กรัม ไขมันทั้งหมด 22.8 กรัม และคาร์โบไฮเดรต 26.62 กรัม และเป็นผลิตภัณฑ์ขนมต้นแบบที่สามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับผู้ประกอบการอาหารนำไปผลิตและจำหน่ายต่อไป

Table 3 Texture profile of different formulas of madeleine product

Formula	Hardness (g force)	Springiness	Cohesiveness (g force)
1	20785.46 ± 133.87^d	0.89 ± 0.09^{ab}	0.59 ± 0.01^b
2	26327.48 ± 234.86^c	0.79 ± 0.05^b	0.58 ± 0.01^b
3	26729.74 ± 691.60^c	0.81 ± 0.08^b	0.58 ± 0.01^b
4	29058.87 ± 2542.67^b	0.94 ± 0.02^a	0.62 ± 0.02^{ab}
5	33995.83 ± 280.89^a	0.79 ± 0.02^b	0.66 ± 0.05^a

Means within a column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$).

Table 4 Means of 9-point hedonic scale for sensory characteristics of different formulas of madeleine product

Formula	Appearance	Color	Odor	Texture	Flavor	Overall liking
1	7.82 ± 0.87^a	7.66 ± 0.77^a	6.40 ± 0.73^{ns}	5.00 ± 0.88^d	5.50 ± 0.76^d	6.74 ± 0.83^b
2	7.40 ± 0.57^b	7.12 ± 0.72^b	6.42 ± 0.76^{ns}	5.54 ± 0.73^c	6.08 ± 0.53^c	4.90 ± 0.65^c
3	7.42 ± 0.57^b	5.04 ± 0.73^c	6.40 ± 0.73^{ns}	7.16 ± 0.51^b	6.64 ± 0.60^b	6.68 ± 0.89^b
4	6.40 ± 0.86^c	4.22 ± 0.82^d	6.36 ± 0.72^{ns}	7.72 ± 0.57^a	7.54 ± 0.79^a	7.10 ± 0.79^a
5	6.34 ± 0.89^c	4.14 ± 0.76^e	6.38 ± 0.75^{ns}	4.96 ± 0.86^d	7.28 ± 0.86^a	4.32 ± 0.79^d

Means within a column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$); ns = not significant

Table 5 Nutritive values of madeleine product formula 4

Items	Amount/100 g
Total energy (kcal)	341
Energy from fat (kcal)	205
Total fat (g)	22.8
Saturated fat (g)	17.5
Cholesterol (mg)	190
Protein (N x 6.25) (g)	7.29
Total carbohydrate (g)	26.62
Dietary fiber (g)	0.30
Sugars (g)	21.8
Sodium (mg)	226
Vitamin A (µg RE)	239.5
Vitamin B1 (mg)	0.46
Vitamin B2 (mg)	0
Calcium (mg)	33.7
Iron (mg)	1.01

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณกรมวิทยาศาสตร์บริการที่ให้การสนับสนุนงบประมาณงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

6. References

- [1] Wattanakul, U. and Wattanakul, W. 2019. **Storage Times of Stale Tub Tim Chumphae Paddy Rices to Proteins, Fats Content and Bioactive Compounds**. Research report, Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya. (in Thai)
- [2] Chaiyaporn, S. and Choenkwan, S. 2022. Processing of Tubtim Chumphae rice (RD69) of Ban Khok Sawang housewives group community enterprise, Wang Yai District, Khon Kaen Province. **Journal of Community Development and Life Quality**. 10(2): 148-158. (in Thai)
- [3] Ponglong, J. and et al. 2018. Hydrolysate and ethanolic extract of Tubtim Chumphae rice bran improve insulin resistance in high fat-high fructose diet fed rats. **Srinagarind Medical Journal**. 33(5): 59.
- [4] Makhakvun, C. 2020. Guidelines for creating value added to local rice products corresponding to the current context and way of consumption of consumers in Rasi Salai District, Sisaket Province. **Journal of Fine and Applied Arts Khon Kaen University**. 12(1): 152-179. (in Thai)
- [5] Morarach, A. and Hemathulin, S. 2022. Development of healthy fermented mushroom products with colored rice. **Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University**. 24(1): 40-53. (in Thai)
- [6] Subanmanee, N. 2020. Effect of soaking banana in various solutions and application of banana flour in madeleine cake. **Journal of Food Technology, Siam University**. 5(2): 110-121. (in Thai)
- [7] Hamdani, A.M., Wani, I.A. and Bhat, N.A. 2020. Gluten free cookies from rice-chickpea composite flour using exudate gums from acacia, apricot and karaya. **Food Bioscience**. 35(4):100541.

- [8] Amin, T. and et al. 2020. Effect of storage materials and duration on the physicochemical, pasting and microstructural properties of low glycemic index rice flour. **International Journal of Biological Macromolecules**. 162(11): 1616-1626.
- [9] Subanmanee, N. and et al. 2022. The effect of banana soaking solutions on shelf life of banana flour and application in madeleine products. **Journal of Sustainable Home Economics and Culture**. 4(1): 30-39. (in Thai)

Table 6 Nutrition information of madeleine product formula 4

Nutrition Information			
Serving size: 1 pouch (45 g)			
Serving(s) per container: 1			
Amount per serving			
Total energy 150 kcal (Energy from fat 90 kcal)			
			Percent Thai RDI *
Total fat	10 g		15 %
Saturated fat	8 g		40 %
Cholesterol	85 mg		28 %
Protein	3 g		
Total carbohydrate	12 g		4 %
Dietary fiber	0 g		0 %
Sugars	10 g		
Sodium	100 mg		5 %
Percent Thai RDI *			
Vitamin A	15 %	Vitamin B1	15 %
Vitamin B2	0 %	Calcium	less than 2 %
Iron	4 %		
* Percent Thai Recommended Daily Intakes for population over 6 years of age are based on a 2,000 kcal diet.			
Energy needs vary by individuals. If your activities require energy of 2,000 kcal per day, your daily diet should provide the following nutrients.			
Total fat	less than	65 g	
Saturated fat	less than	20 g	
Cholesterol	less than	300 mg	
Total carbohydrate		300 g	
Dietary fiber		25 g	
Sodium	less than	2,000 mg	
Energy (kcal) per gram: Fat = 9; Protein = 4; Carbohydrate = 4			

- [10] Alves, E. and et al. 2016. Development and acceptability of gluten-free madeleine. **Journal of Culinary Science & Technology**. 14: 311-317.
- [11] Association Official Analytical Chemists (AOAC). 2023. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 22nd edition. Rockville, MD: AOAC International.
- [12] Hathon, C.S. and et al. 2008. Comparison of chemical, physical, micro-structural, and microbial properties of breads supplemented with sweetpotato flour and high-gluten dough enhancers. **LWT**. 41(5): 803-815.
- [13] Nawaporn, H., Kirati, N. and Intuporn, R. 2019. Development of Kanom Ar-lua Products from Riceberry Flour. **Burapha Science Journal**. 24(2): 782-794. (*in Thai*)
- [14] Changsri, R. and et al. 2016. RD69 (Tubtim Chumphae), a non glutinous rice variety. **Thai Rice Research Journal**. 7(2): 30-46. (*in Thai*)
- [15] Jan, N. and et al. 2022. Influence of replacement of wheat flour by rice flour on rheo-structural changes, in vitro starch digestibility and consumer acceptability of low-gluten pretzels. **Food Production Processing and Nutrition**. 4: 9.
- [16] Ye, L. and et al. 2016. Thermal and rheological properties of brown four from Indica rice. **Journal of Cereal Science**. 70: 270-274.
- [17] Shaf, M., Baba, W.N. and Masoodi, F.A. 2017. Composite four blends: Influence of particle size of water cheshnut four on nutraceutical potential and quality of Indian fat bread. **Journal of Food Measurement Characterization**. 11: 1094-1105.
- [18] Yodmanee, S., Karrila, T.T. and Pakdeechanuan, P. 2011. Physical, chemical and antioxidant properties of pigmented rice grown in southern Thailand. **International Food Research Journal**. 18(3): 901-906.