

การใช้แป้งข้าวช่อขิงทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้เนย

Substitution of Wheat Flour with Cho-Khing Rice Flour in Butter Cookies

ปิยนัต มัจฉา¹ ปานิสรา คงชู² จิรัชยา สมจิตต์³ น้ำฝน ชูพูล⁴ และ รุ่งทิพย์ วัฒนวรกิต^{5*}

Piyanat Matcha¹ Panisara Kongchoo² Jiratchaya Somchit³ Namfon Chupool⁴
and Rungtip Wuttanaworakit^{5*}

¹⁺²⁺³⁺⁴⁺⁵คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

¹⁺²⁺³⁺⁴⁺⁵Faculty of Liberal Arts Rajamangala University of Technology Srivijaya

*Corresponding author, e-mail: rungtip.r@rmutsv.ac.th

Received February 23, 2025; Revised April 16, 2026; Accepted April 21, 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสูตรมาตรฐานของคุกกี้เนย 2) ศึกษาปริมาณของแป้งข้าวช่อขิงทดแทนแป้งสาลีที่เหมาะสมและวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของคุกกี้จากแป้งข้าวช่อขิง และ 3) คำนวณคุณค่าทางโภชนาการของคุกกี้จากแป้งข้าวช่อขิง เป็นการพัฒนาคุกกี้เนยที่ใช้แป้งข้าวช่อขิงแทนแป้งสาลี โดยหาสูตรมาตรฐานของคุกกี้เนย และหาปริมาณของแป้งข้าวช่อขิงที่ทดแทนแป้งสาลี 5 ระดับได้แก่ร้อยละ 0, 40, 60, 80 และ 100 ตามลำดับ รวมถึงวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพเคมี ต้นทุน และคุณค่าทางโภชนาการ พบว่า 1) สูตรมาตรฐานของคุกกี้เนย คือสูตรที่ 2 คิม (2565) เนื่องจากมีคะแนนทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น สี และความชอบโดยรวมสูงที่สุด 2) การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวช่อขิง ร้อยละ 80 มีคะแนนทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น สี และความชอบโดยรวมสูงที่สุด เท่ากับ 7.70, 7.50, 7.60, 7.70, 7.30 และ 7.10 ตามลำดับ มีค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 16.97, 23.36, 15.48 ตามลำดับ ค่าความแข็ง เท่ากับ 2.53 กิโลกรัม ค่าน้ำอึสระ เท่ากับ 0.45 ค่าความชื้น เท่ากับ ร้อยละ 9.03 และ 3) คุณค่าทางโภชนาการจะได้พลังงานทั้งหมด 260.05 กิโลแคลอรี มีโปรตีน 3.26 กรัม คาร์โบไฮเดรต 42.52 กรัม ไขมัน 17.28 กรัม แคลเซียม 42.52 มิลลิกรัม โซเดียม 225.91 มิลลิกรัม ไฟเบอร์ 15.10 มิลลิกรัม และโพแทสเซียม 49.08 มิลลิกรัม

คำสำคัญ : คุกกี้ ข้าวช่อขิง การทดแทน

Abstract

This research aimed to 1) study the standard formulation of butter cookies, 2) to investigate the appropriate proportion of Khao Chor Khing rice flour as a substitute for wheat flour and to analyze the chemical and physical properties of cookies made from Khao Chor

Khing rice flour; and 3) to calculate the nutritional value of cookies made from Khao Chor Khing rice flour. The develop butter cookies using Cho-Khing rice flour (*Oryza sativa* L.) as a substitute for wheat flour. The objectives were to determine the standard butter cookie formulation and to evaluate five levels of wheat flour substitution with Cho-Khing rice flour at 0%, 40%, 60%, 80%, and 100%, respectively. Physical and chemical properties, production cost, and nutritional value were also analyzed. The results indicated that the standard butter cookie formulation was Formula 2 (Kim, 2022), as it received the highest sensory evaluation scores in terms of appearance, texture, taste, aroma, color, and overall acceptability. Regarding flour substitution, replacing wheat flour with 80% Cho-Khing rice flour yielded the highest sensory scores for appearance, texture, taste, aroma, color, and overall acceptability, with mean scores of 7.70, 7.50, 7.60, 7.70, 7.30, and 7.10, respectively. The color values (L^* , a^* and b^*) were 16.97, 23.36, and 15.48, respectively. The hardness value was 2.53 kg, water activity (a_w) was 0.45, and the moisture content was 9.03%. The nutritional analysis showed that the product provided 260.05 kcal of total energy, containing 3.26 g of protein, 42.52 g of carbohydrates, 17.28 g of fat, 42.52 mg of calcium, 225.91 mg of sodium, 15.10 mg of phytate, and 49.08 mg of potassium.

Keywords: Cookie, Cho-Khing Rice, Substitution

บทนำ

คุกกี้เนย (butter cookies) เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบ รสชาติเป็นที่ยอมรับ และสามารถผลิตได้ง่ายในระดับอุตสาหกรรมและครัวเรือน โดยมีแป้งสาลีเป็นองค์ประกอบหลักร่วมกับน้ำตาล ไข่ และไขมัน เช่น เนยหรือมาการีน ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อโครงสร้าง เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Gisslen, 2013) อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบัน ความต้องการของผู้บริโภคที่หันมาให้ความสำคัญกับอาหารเพื่อสุขภาพมีแนวโน้มมากขึ้น การลดการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีดัชนีน้ำตาลสูง และแนวโน้มการเลือกบริโภคอาหารปราศจากกลูเตน (gluten-free) รวมถึงความผันผวนของราคาวัตถุดิบนำเข้า เช่น แป้งสาลี ซึ่งประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าเป็นหลัก (Mir *et al.*, 2017) ดังนั้น การประยุกต์ใช้แป้งทดแทนจากวัตถุดิบท้องถิ่น จึงเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบท้องถิ่นและสร้างความยั่งยืนในระบบอาหาร โดยเฉพาะการใช้แป้งจากธัญพืชไม่ขัดสี เช่น ข้าวกล้อง และข้าวสาลี ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าแป้งสาลีขัดสี เนื่องจากยังคงชั้นรำและจมูกข้าวไว้ ทำให้มีใยอาหาร วิตามินอี แร่ธาตุ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารฟีนอลิกและแอนโทไซยานิน ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง (Sompong *et al.*, 2011) โดยมีรายงานว่าข้าวสาลีดำมีปริมาณสารฟีนอลิกมากกว่าข้าวขาวประมาณ 2–8

เท่า และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าประมาณ 10 เท่า ขณะที่ข้าวสีแดงและข้าวสีดำมีปริมาณธาตุเหล็กสูงกว่าข้าวขัดสีประมาณ 2.9–4.6 เท่า (Oko and Ugwu, 2011)

ข้าวช่อชิงเป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองของอำเภอเทพา จังหวัดสงขลา มีลักษณะเมล็ดยาวรีสีน้ำตาลอมม่วง คล้ายข้าวสังข์หยด ซึ่งเป็นข้าวพื้นเมืองที่ปลูกในลักษณะเกษตรชุมชนและยังไม่มีการผลิตในระดับอุตสาหกรรม จากข้อมูลภาพรวมการผลิตข้าวในพื้นที่พบว่า มีผลผลิตประมาณ 1,114 ตันต่อปี จากพื้นที่ปลูกประมาณ 2,785 ไร่ โดยข้าวช่อชิงเป็นสายพันธุ์พื้นเมืองชนิดหนึ่งที่นิยมเพาะปลูก นอกเหนือจากข้าวสายพันธุ์ช่อลู่ หอมจันทร์ เล็กนกปัดตานี และลูกปลา (สำนักงานเกษตรอำเภอเทพา, 2567) และปัจจุบันชุมชนในพื้นที่ มีการนำข้าวช่อชิงมาแปรรูปเป็นแป้ง สำหรับนำไปใช้ในเป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้าชุมชนมากยิ่งขึ้น เช่น ขนมครก ข้าวแต่น (สำนักประชาสัมพันธ์จังหวัดสงขลา, 2569) ทั้งนี้ ข้าวกล้องหรือข้าวสีสามารถนำไปใช้ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น คุกกี้ เค้ก มัฟฟิน และขนมปังกรอบ เพื่อเพิ่มปริมาณใยอาหาร สารต้านอนุมูลอิสระ และแร่ธาตุ และข้าวสีและข้าวกล้องยังสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลายรูปแบบ เช่น แป้งสำเร็จรูป เครื่องดื่มธัญพืช ซีเรียลอาหารเช้า ข้าวพอง ขนมขบเคี้ยวอัดพอง (extruded snacks) และผลิตภัณฑ์ทั้งสำเร็จรูป เช่น โจ๊กสำเร็จรูป และเครื่องดื่มผงขง เป็นต้น

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจในการนำแป้งจากข้าวช่อชิงมาทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในการผลิตคุกกี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรมาตรฐานของคุกกี้เนย ปริมาณของแป้งข้าวช่อชิงที่สามารถทดแทนแป้งสาลี วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ และคำนวณคุณค่าทางโภชนาการ อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการใช้วัตถุดิบท้องถิ่นและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์เชิงสุขภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสูตรมาตรฐานของคุกกี้เนย
2. เพื่อศึกษาปริมาณของแป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลีที่เหมาะสม และวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของคุกกี้จากแป้งข้าวช่อชิง
3. เพื่อคำนวณคุณค่าทางโภชนาการของคุกกี้จากแป้งข้าวช่อชิง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การหาสูตรมาตรฐานของคุกกี้เนย

ทำการศึกษาสูตรมาตรฐานของคุกกี้เนยจากสูตรพื้นฐาน จำนวน 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 อามี (2564) สูตรที่ 2 คิม (2565) สูตรที่ 3 มาปิ้ง (2564) และสูตรที่ 4 กินทั้งวัน (2565) โดยแต่ละสูตรมีส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 1 จากนั้น นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบการยอมรับด้านประสาทสัมผัสโดยวิธี 9 - Point Hedonic Scale โดยนักศึกษาหลักสูตรอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จำนวน 30 คน

ตารางที่ 1 แสดงส่วนผสมของคุกกี้เนยสูตรต่างๆ

ส่วนผสม	สูตร 1		สูตร 2		สูตร 3		สูตร 4	
	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ
แป้งสาลี	225	40.5	213	38.3	240	43.0	235	39.6
ไข่ไก่	75	13.5	106	19.1	60	10.7	70	11.8
เนยจืด	135	24.3	142	25.5	156	27.9	168	28.3
เกลือ	2.5	0.5	2.5	0.4	3.6	0.6	3.5	0.6
น้ำตาลทราย	105	18.9	85	15.3	90	16.1	105	17.7
ผงฟู	5	0.9	3.5	0.6	3.6	0.6	7	1.2
กลิ่นวนิลา	7.5	1.4	4.2	0.8	5	0.9	4.2	0.7

หมายเหตุ: สูตรที่ 1 อามี (2564), สูตรที่ 2 คิม (2565), สูตรที่ 3 มาปิง (2564) และสูตรที่ 4 กินทังวัน (2565)

2. การเตรียมแป้งข้าวช่อชิง

นำข้าวช่อชิง จากวิสาหกิจชุมชนข้าวช่อชิงบ้านกระอาน อำเภเทพา จังหวัดสงขลา มาบดละเอียดด้วยเครื่องปั่น (ยี่ห้อ waring) ความแรงระดับ 3 เวลา 2 นาที ร้อนผ่านกระชอนขนาด 80 เมช กรองให้ละเอียด 1 ครั้ง นำข้าวช่อชิง มาบดละเอียด ด้วยเครื่องปั่น (ยี่ห้อ waring) ความแรงระดับ 2 เวลา 1 นาที ร้อนผ่านกระชอนขนาด 80 เมช กรองให้ละเอียด 1 ครั้ง นำส่วนที่ไม่ผ่านกรองแยกออก กรองซ้ำอีกรอบ เก็บใส่ภาชนะปิดมิดชิด

3. การศึกษาปริมาณข้าวช่อชิงใช้ทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้เนย

ทำการศึกษปริมาณแป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้เนยที่เหมาะสม โดยนำสูตรของคุกกี้เนยที่ได้จากการหาสูตรมาตรฐานมาทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวช่อชิงในปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักของแป้งสาลี 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 40, 60, 80 และ 100 ตามลำดับ จากนั้น นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบการยอมรับด้านประสาทสัมผัสโดยวิธี 9 - Point Hedonic Scale โดยนักศึกษาหลักสูตรอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จำนวน 30 คน

4. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลี

นำผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลีระดับต่างๆ มาวิเคราะห์ คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ ค่าสี โดยใช้เครื่อง Hunter lab ปริมาณน้ำอิสระ โดยใช้ เครื่อง Aqua Lab 4 TE ปริมาณความชื้น โดยวิธี AOAC (2022) ค่าความแข็ง (Hardness) โดยใช้ Texture Analyser (Stable Microsystem)

5. การคำนวณคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลี

คำนวณคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลี

ด้วยโปรแกรม INMUCAL-Nutrients v.4.0

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำ สำหรับการประเมินคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

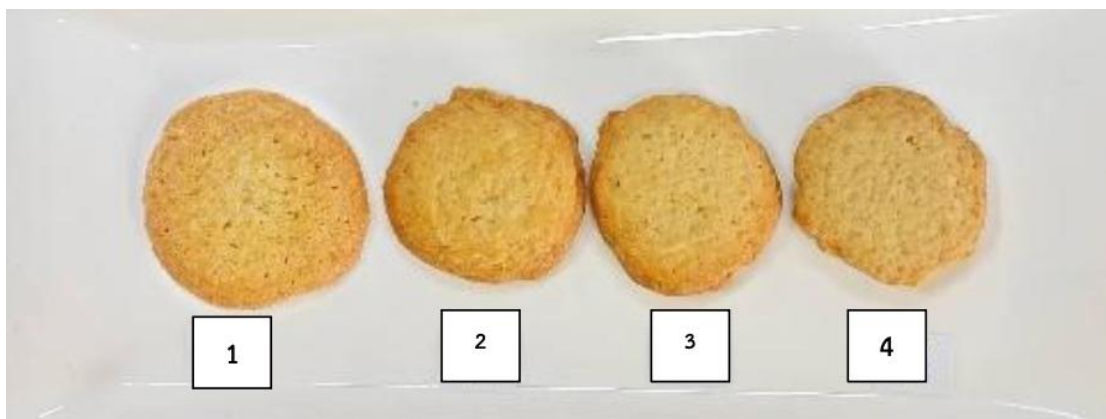
1. การศึกษาสูตรมาตรฐานของคุกกี้เนย

ตารางที่ 2 แสดงคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของคุกกี้สูตรพื้นฐาน 4 สูตร

สูตร	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	กลิ่น	สี	ความชอบโดยรวม
1	7.55±1.07 ^{ab}	7.74±1.09 ^a	8.00±1.10 ^a	8.13±0.84 ^a	7.97±0.94 ^a	8.19±0.90 ^a
2	7.71±1.13 ^a	7.81±1.10 ^a	8.00±1.00 ^a	7.81±1.07 ^a	7.71±1.00 ^a	8.06±1.02 ^a
3	7.06±1.15 ^b	6.77±1.23 ^b	6.90±1.30 ^b	7.19±1.30 ^b	7.00±1.20 ^b	6.90±1.24 ^b
4	7.71±1.10 ^a	7.68±1.08 ^a	7.55±1.55 ^a	7.71±1.07 ^{ab}	7.68±1.11 ^a	7.77±1.00 ^a

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สูตรที่ 1 อามี (2564), สูตรที่ 2 คิม (2567), สูตรที่ 3 มาปิ้ง (2564) และสูตรที่ 4 กินทังวัน (2565)

จากตารางที่ 2 พบว่า คุกกี้เนยทั้ง 4 สูตรมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น สี และความชอบโดยรวม ทั้งนี้ สูตรที่ 2 คิม (2565) มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงในหลายคุณลักษณะ โดยเฉพาะลักษณะปรากฏและสี (7.71) เนื้อสัมผัส (7.81) และรสชาติ (8.00) ขณะที่สูตรที่ 1 อามี (2564) มีคะแนนสูงสุดด้านกลิ่น (8.13) สี (7.97) และความชอบโดยรวม (8.19) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาภาพรวมทุกคุณลักษณะ สูตรที่ 2 คิม (2565) มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงและสม่ำเสมอมากที่สุด (7.71, 7.81, 8.00, 7.81, 7.71 และ 8.06 ตามลำดับ) ลักษณะเด่นของสูตรที่ 2 คือ รูปร่างกลมสม่ำเสมอ เนื้อสัมผัสนุ่ม ละเอียดยาว ไม่ร่วน มีสีขาวนวล และมีกลิ่นหอมเนยชัดเจน (ภาพที่ 1) ส่งผลให้ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบในระดับสูง สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 92-2539 ที่กำหนดให้ผลิตภัณฑ์ต้องมีรูปร่างสม่ำเสมอ ไม่แตกหักหรือเสียรูป และมีสีที่สม่ำเสมอ ไม่ไหม้หรือมีสีเข้มผิดปกติ ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรที่ 2 เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป



ภาพที่ 1 คุกกี้เนยสูตรพื้นฐานทั้ง 4 สูตร

2. ศึกษาปริมาณของแป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลีที่เหมาะสม

ตารางที่ 3 แสดงคะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของคุกกี้เนยที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวช่อชิง 5 ระดับ

ปริมาณ ข้าวช่อชิง (ร้อยละ)	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะ ปรากฏ	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	กลิ่น	สี	ความชอบ โดยรวม
0	7.57±1.22 ^a	7.70±1.08 ^a	7.80±1.15 ^a	7.90±1.00 ^a	8.03±1.00 ^a	8.00±1.08 ^a
40	6.63±1.17 ^b	7.30±1.00 ^a	7.17±1.10 ^b ^c	7.13±1.20 ^b ^c	6.83±1.00 ^b	7.10±1.02 ^b
60	6.73±0.86 ^b	7.10±1.32 ^a	6.80±1.12 ^c	6.83±1.00 ^c	7.00±1.00 ^b	7.00±1.01 ^b
80	7.70±1.03 ^a	7.50±1.26 ^a	7.60±1.26 ^{ab}	7.00±1.13 ^b ^c	7.30±1.11 ^b	7.00±1.30 ^a
100	6.27±1.20 ^b	6.23±1.07 ^b	6.00±1.03 ^c	6.47±1.33 ^c	6.30±1.14 ^c	6.10±1.01 ^c

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อหาปริมาณแป้งข้าวช่อชิงที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งข้าวสาลีในการทำคุกกี้เนย 5 ระดับได้แก่ ร้อยละ 0, 40, 60, 80 และ 100 พบว่ามีคะแนนความชอบทางด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของคุกกี้ในระดัการทดแทนแป้งข้าวช่อชิงร้อยละ 80 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 7.70 และมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีปริมาณแป้งข้าวช่อชิงมากกว่าร้อยละ 80 ด้านเนื้อสัมผัสพบว่าคุกกี้เนยที่มีการทดแทนแป้งข้าวช่อชิงในระดับ 0, 40, 60, 80 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีคะแนนระหว่าง 7.10-7.70 ด้านรสชาติพบว่าคุกกี้เนยที่มีแป้งข้าวช่อชิง 0 และ 80 มีคะแนนความชอบสูงที่สุด เท่ากับ 7.80 และ 7.60 ตามลำดับ และมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณแป้งข้าวช่อชิงเพิ่มขึ้น ด้านกลิ่นพบว่าคุกกี้เนยมีปริมาณแป้งข้าวช่อชิง ร้อยละ 0 ได้รับคะแนนด้านการยอมรับสูงที่สุด เท่ากับ 7.90 ด้านสีพบว่าคุกกี้ที่มีแป้งข้าว ร้อยละ 0 มี

คะแนนด้านการยอมรับด้านสีสูงกว่าคูกี้ที่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวช่อชิงทุกระดับ โดยมีคะแนนเท่ากับ 8.03 และมีแนวโน้มลดลง เมื่อมีปริมาณแป้งข้าวช่อชิงเพิ่มขึ้น ด้านความชอบโดยรวมพบว่าคูกี้เนยสูตร ร้อยละ 0 และ 80 ได้รับคะแนนการยอมรับมากที่สุด และมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ เมื่อมีปริมาณแป้งข้าวช่อชิงเพิ่มขึ้น ดังนั้น คะแนนการยอมรับคูกี้เนยที่ใช้แป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลี ร้อยละ 80 มีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น สี และความชอบโดยรวมมากที่สุด เท่ากับ 7.70, 7.50, 7.60, 7.70, 7.30 และ 7.10 ตามลำดับ

3. วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของคูกี้จากแป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลี
ตารางที่ 4 แสดงค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ของคูกี้เนยที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวช่อชิง 5 ระดับ

ปริมาณข้าวช่อชิง (ร้อยละ)	ค่าสี		
	L^*	a^*	b^*
0	26.64±0.57 ^a	5.54±1.06 ^c	17.40±1.57 ^a
40	15.33±2.88 ^{bc}	9.27±3.22 ^b	8.36±2.17 ^b
60	16.53±0.13 ^b	13.36±0.17 ^a	12.38±0.65 ^{ab}
80	16.97±0.35 ^b	8.65±0.79 ^b	13.47±2.01 ^{ab}
100	13.10±1.60 ^c	7.71±1.67 ^{bc}	15.49±0.20 ^a

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพด้านค่าสี (L^* , a^* และ b^*) พบว่าคูกี้เนยที่มีปริมาณแป้งข้าวช่อชิง ร้อยละ 0 มีค่าสูงที่สุด (L^*) เท่ากับ 26.64 และมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณแป้งข้าวช่อชิงเพิ่มขึ้น เนื่องจากสีของแป้งข้าวช่อชิงที่มีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น เนื้อคูกี้จึงมีสีเหลืองขาวที่สุด ร้อยละ 100 มีค่าเท่ากับ 13.10 สีแดง (a^*) ของคูกี้เนยที่ใช้แป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลี ร้อยละ 60 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 13.36 และมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณแป้งข้าวช่อชิงเพิ่มขึ้น ค่าสีเหลือง (b^*) ของคูกี้สูตรควบคุม (ร้อยละ 0) และสูตรที่ใช้แป้งข้าวช่อชิงร้อยละ 100 มีค่า b^* สูงและไม่แตกต่างกันทางสถิติ (17.40 และ 15.49 ตามลำดับ) ขณะที่สูตรร้อยละ 40 มีค่า b^* ต่ำที่สุด (8.36) แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่า water activity (a_w) และค่าความชื้นของคุกกี้เนยที่ใช้แป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลี

ปริมาณข้าวช่อชิง (ร้อยละ)	คุณลักษณะทางเคมี	
	Water activity (a_w)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
0	0.50±0.00 ^{ab}	11.70±0.30 ^a
40	0.51±0.00 ^{ab}	11.52±0.32 ^{ab}
60	0.44±0.01 ^c	11.24±0.21 ^{ab}
80	0.46±0.17 ^{bc}	10.13±1.06 ^{bc}
100	0.54±0.64 ^a	8.86± 1.16 ^c

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ a_w และความชื้นแสดงดังตารางที่ 5 พบว่า ค่า a_w มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณการใช้แป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลีในระดับร้อยละ 100 มีค่า a_w เท่ากับ 0.54 และมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณแป้งข้าวช่อชิงเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของคุกกี้เนยที่ใช้แป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลีในระดับต่างๆ

ปริมาณข้าวช่อชิง (ร้อยละ)	Hardness (กิโลกรัม)
0	3.70±0.13 ^a
40	1.43±0.31 ^c
60	2.50±0.11 ^b
80	2.53±0.27 ^b
100	0.75±0.12 ^d

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ดังตารางที่ 6 พบว่า ค่าความแข็ง (Hardness) ของคุกกี้เนยที่ใช้แป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคุกกี้ที่มีปริมาณแป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลี ร้อยละ 0 มีค่า Hardness สูงที่สุด และการใช้แป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลี ร้อยละ 100 ทำให้คุกกี้มีลักษณะร่วนมากที่สุด เท่ากับ 0.75 และมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณแป้งข้าวช่อชิงเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการทดแทนปริมาณของแป้งข้าวช่อชิง ปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของคุกกี้ ทำให้คุกกี้มีความร่วนและกระด้างมากขึ้น จากผลการทดสอบผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีด้านเนื้อสัมผัสของคุกกี้เนยที่ใช้แป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลีปรากฏว่าสูตรที่ใช้แป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลีในระดับร้อยละ

ละ 80 มีความใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุดและเป็นสูตรที่มีค่าเนื้อสัมผัสเฉลี่ยเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยเมื่อทดแทนแป้งสาลีในระดับร้อยละ 0 มีค่าความแข็งสูงสุดเนื่องจากมีส่วนผสมของแป้งสาลีเพียงอย่างเดียวเลยทำให้คุกกี้เนยสูตรนี้มีความแข็งมากที่สุด

4. คำนวณคุณค่าทางโภชนาการของคุกกี้จากแป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลี

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ (1 หน่วยบริโภค 30 กรัม) ของคุกกี้เนยสูตรพื้นฐานแป้งสาลี (ร้อยละ 100 ของปริมาณแป้งทั้งหมด) และคุกกี้เนยที่ใช้แป้งข้าวช่อชิง (ร้อยละ 80 ของปริมาณแป้งทั้งหมด)

รายการ	คุกกี้เนยสูตรพื้นฐานแป้งสาลี (ร้อยละ 100)	คุกกี้เนยที่ใช้แป้งข้าวช่อชิง (ร้อยละ 80)	หน่วย
พลังงาน	130.03	144.26	กิโลแคลอรี
คาร์โบไฮเดรต	10.44	15.62	กรัม
น้ำตาล	4.64	5.65	กรัม
โปรตีน	1.63	2.30	กรัม
ไขมัน	8.64	7.2	กรัม
น้ำ	2.64	1.38	กรัม
คอเลสเตอรอล	21.26	19.95	มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	23.54	24.54	มิลลิกรัม
โซเดียม	112.96	96.10	มิลลิกรัม
แคลเซียม	39.98	69.17	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	60.46	54.52	มิลลิกรัม
วิตามินเค	45.75	50.23	มิลลิกรัม

ตารางที่ 5 แสดงผลการคำนวณคุณค่าทางโภชนาการของคุกกี้เนยคุกกี้เนยสูตรพื้นฐานแป้งสาลี (ร้อยละ 100) และคุกกี้เนยที่ใช้แป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลีในระดับร้อยละ 80 (1 หน่วยบริโภค 30 กรัม) ซึ่งพบว่าคุกกี้เนยสูตรพื้นฐานแป้งสาลี (ร้อยละ 100) มีคุณค่าทางสารอาหารได้แก่ พลังงาน เท่ากับ 130.03 คาร์โบไฮเดรต น้ำตาล โปรตีน ไขมัน และน้ำ เท่ากับ 10.44, 4.64, 1.63, 8.64 และ 2.64 กรัม ตามลำดับ และมีคอเลสเตอรอล โพแทสเซียม โซเดียมแคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินเค เท่ากับ 21.26, 23.54, 112.96, 39.98, 60.46 และ 45.75 มิลลิกรัม ตามลำดับ และคุกกี้เนยที่ใช้แป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 80 ได้แก่ พลังงาน เท่ากับ 144.26 กิโลแคลอรี มีคาร์โบไฮเดรต น้ำตาล โปรตีน ไขมัน น้ำ เท่ากับ 15.62, 5.65,

2.30 , 7.20 และ 1.38 กรัม และมีคอเลสเทอรอล โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินเค เท่ากับ 19.95, 24.54, 96.10, 69.17, 54.52 และ 50.23 มิลลิกรัม ตามลำดับ ซึ่งคุกกี้เนยที่ใช้แบ่งข้าวช่อขิง ทดแทนแป้งสาลี ร้อยละ 80 มีพลังงาน คาร์โบไฮเดรต น้ำตาล โปรตีน โพแทสเซียม แคลเซียม วิตามินเค สูงกว่าคุกกี้เนยสูตรพื้นฐาน (แป้งสาลี ร้อยละ 100 ของปริมาณแบ่งทั้งหมด)

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้เนยสูตรพื้นฐาน เพื่อคัดเลือกสูตรมาตรฐานของคุกกี้เนย แสดงให้เห็นว่า คุกกี้เนยทั้ง 4 สูตรมีคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกคุณลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น สี และความชอบโดยรวม ทั้งนี้เกิดจากอัตราส่วนของวัตถุดิบในสูตรมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทั้งในด้านโครงสร้าง เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (Zannini *et al.*, 2021) โดยสูตรที่ 2 มีสัดส่วนแป้งสาลีต่ำกว่าสูตรอื่นเล็กน้อย (ร้อยละ 38) และมีปริมาณไข่สูงที่สุด (ร้อยละ 19) ขณะที่ปริมาณน้ำตาลต่ำกว่าสูตรอื่น (ร้อยละ 15) องค์ประกอบดังกล่าวอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้สูตรที่ 2 ได้คะแนนสูงด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และรสชาติ เนื่องจากไข่มีบทบาทเป็นอิมัลซิไฟเออร์ ช่วยให้โครงสร้างเนื้อคุกกี้มีความละเอียดและยึดเกาะดี ลดความร่วน (Lomolino *et al.*, 2020) ขณะเดียวกัน การมีสัดส่วนไขมันจากเนยในระดับเหมาะสม (ร้อยละ 25) ส่งผลให้คุกกี้มีความนุ่มและให้กลิ่นหอมเฉพาะตัว ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของคุกกี้เนย ด้านกลิ่นและสี สูตรที่ 1 ได้คะแนนสูงสุด อาจเนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลสูงกว่า (ร้อยละ 19) ซึ่งส่งเสริมการเกิดกลิ่นหอมจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างการอบ และเพิ่มความเข้มของสีผิวผลิตภัณฑ์ โดยปฏิกิริยาเมลลาร์ดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการพัฒนาสีและกลิ่นในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (Martins *et al.*, 2020) นอกจากนี้ ลักษณะเด่นของสูตรที่ 2 คือ รูปร่างกลมสม่ำเสมอ เนื้อสัมผัสนุ่ม ละเอียด ไม่ร่วน มีสีขาวนวล และมีกลิ่นหอมเนยชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 92-2539 ที่กำหนดให้ผลิตภัณฑ์ต้องมีรูปร่างสม่ำเสมอ ไม่แตกหักหรือเสียรูป และมีสีที่สม่ำเสมอ ไม่ไหม้หรือมีสีเข้มผิดปกติ ดังนั้น การคัดเลือกสูตรที่ 2 เป็นสูตรที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

การศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแบ่งข้าวช่อขิงในระดับต่าง ๆ (ร้อยละ 0, 40, 60, 80 และ 100) ส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับ Adebiyi *et al.* (2021) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงชนิดของแป้งมีผลโดยตรงต่อโครงสร้าง เนื้อสัมผัส และการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์คุกกี้ ด้านลักษณะปรากฏ พบว่าการทดแทนร้อยละ 80 และ 100 ได้คะแนนสูงและไม่แตกต่างกันทางสถิติ แม้มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแบ่งข้าวช่อขิง ทั้งนี้อาจเนื่องจากแบ่งข้าวช่อขิงเป็นข้าวสีที่มีสารประกอบ ฟีนอลิกและรงควัตถุธรรมชาติในชั้นรำ ส่งผลให้สีของคุกกี้มีความเข้มข้นเป็นเหลืองอมน้ำตาล แตกต่างจากคุกกี้แป้งสาลีที่มีสีเหลืองนวล (Goufo and Trindade, 2014) นอกจากนี้ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนในระหว่างการอบ ยังมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลมากขึ้นเมื่อมีองค์ประกอบของสารตั้งต้นแตกต่างกัน (Damodaran *et al.*, 2017) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Adebiyi *et al.* (2021) รายงานว่าการใช้แป้งธัญพืชไม่ขัดสีจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มข้น นอกจากนี้ การใช้

แป้งข้าวช่อจึงสามารถคงลักษณะรูปร่างของคุกกี้ให้ใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐานได้ในระดับหนึ่ง ทั้งนี้อาจเนื่องจากคุกกี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการโครงสร้างกลูเตนสูงเหมือนขนมปัง การลดปริมาณกลูเตนจากแป้งสาลีจึงไม่ส่งผลกระทบต่อรูปร่างโดยรวม และสามารถคงรูปทรงได้ดีในระหว่างการอบ อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวช่อมากขึ้น พบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวและการแผ่ตัวของคุกกี้ โดยสูตรที่มีการทดแทนในระดับสูงอาจมีการแผ่ตัวลดลง ส่งผลให้คุกกี้มีความหนามากขึ้น และมีผิวหน้าที่ไม่เรียบสม่ำเสมอ ทั้งนี้เนื่องจากแป้งข้าวช่อไม่มีโปรตีนกลูเตน ซึ่งมีบทบาทในการสร้างโครงข่ายยืดหยุ่นในโด เมื่อขาดโครงสร้างดังกล่าว จะส่งผลให้การกระจายตัวของก๊าซและการคงรูปของผลิตภัณฑ์ระหว่างการอบแตกต่างกันไปจากสูตรที่ใช้แป้งสาลีเพียงอย่างเดียว (Mancebo *et al.*, 2016) ในขณะที่ ด้านเนื้อสัมผัส พบว่าการทดแทนในระดับ ร้อยละ 0–80 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการใช้แป้งข้าวช่อทดแทนบางส่วนยังสามารถคงโครงสร้างและความเกาะตัวของคุกกี้ได้ ทั้งนี้ เนื่องจากคุกกี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการโครงสร้างกลูเตนต่ำ (short dough system) การลดปริมาณกลูเตนจึงไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างมากเท่ากับผลิตภัณฑ์ขนมปัง (Manley, 2011) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gallagher *et al.* (2004) รายงานว่าผลิตภัณฑ์เบเกอรี่บางประเภทสามารถใช้แป้งปราศจากกลูเตนทดแทนบางส่วนได้โดยไม่กระทบต่อคุณภาพเชิงประสาทสัมผัสอย่างชัดเจน นอกจากนี้ Zannini *et al.* (2021) รายงานว่าผลิตภัณฑ์คุกกี้สามารถใช้แป้งปราศจากกลูเตนทดแทนบางส่วนได้โดยยังคงคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านรสชาติ พบว่าระดับ ร้อยละ 0 และ 80 ได้คะแนนสูงสุด และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวช่อมากขึ้น เนื่องจากเมื่อปริมาณแป้งข้าวสาลีเพิ่มขึ้น สารประกอบฟีนอลิกบางชนิดอาจให้รสฝาดเล็กน้อย ส่งผลต่อการรับรู้รสชาติของผู้บริโภค (Goufo and Trindade, 2014) ด้านกลิ่นและสี พบว่าสูตรที่ไม่มีการทดแทน (ร้อยละ 0) ได้คะแนนสูงที่สุด และคะแนนลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวช่อ ทั้งนี้ เนื่องจากแป้งสาลีและเนยเป็นแหล่งของสารระเหยที่ให้กลิ่นหอมเฉพาะของคุกกี้เนย ขณะที่การเพิ่มแป้งข้าวสาลีทำให้กลิ่นเนยเด่นชัดลดลง และสีผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (Damodaran *et al.*, 2017)

นอกจากนี้ จากผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพด้านค่าสี ($L^* a^* b^*$) แสดงให้เห็นว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวช่อจึงมีผลต่อค่าความสว่างและโทนสีของคุกกี้ โดยค่าความสว่าง (L^*) ของสูตรร้อยละ 0 มีค่าสูงสุด (26.64) และลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวช่อจนต่ำสุดที่ระดับร้อยละ 100 (13.10) แสดงถึงความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากแป้งข้าวช่อเป็นข้าวสาลีที่มีสารประกอบฟีนอลิกและรงควัตถุธรรมชาติสะสมในชั้นรำ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นเมื่อใช้ในปริมาณมาก (Goufo and Trindade, 2014) นอกจากนี้ ระหว่างกระบวนการอบยังเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดและคาราเมลไลเซชัน ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น โดยเฉพาะเมื่อมีองค์ประกอบของน้ำตาลและกรดอะมิโนที่เหมาะสม (Damodaran *et al.*, 2017) ค่าสีแดง (a^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งข้าวช่อเพิ่มขึ้น โดยพบว่าสูตรร้อยละ 60 ให้ค่าสูงสุด (23.36) แสดงให้เห็นว่าเม็ดสีธรรมชาติในข้าวช่อ เช่น สารกลุ่มฟีนอลิกและแคโรทีนอยด์ มีบทบาทต่อการเพิ่มโทนสีแดง-น้ำตาลในผลิตภัณฑ์ (Goufo and Trindade, 2014) สอดคล้องกับงานวิจัยที่รายงานว่า การใช้แป้งข้าวกล้องหรือข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ส่งผลให้ค่า a^* เพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทน (Gallagher *et al.*, 2004) สำหรับค่าสีเหลือง (b^*) พบว่าสูตรร้อยละ 0, 60, 80 และ 100

ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าการเพิ่มแป้งข้าวช่อชิงไม่ได้ส่งผลต่อความเป็นสีเหลืองอย่างชัดเจน ยกเว้นสูตรร้อยละ 40 ที่มีค่าแตกต่างจากสูตรอื่น อาจเนื่องจากอัตราส่วนของแป้งสาลีและแป้งข้าวช่อชิงในระดับดังกล่าวส่งผลให้สีโดยรวมอ่อนลงมากกว่าสูตรอื่น ทั้งนี้ สีเหลืองของคุกกี้ส่วนหนึ่งเกิดจากเนยและปฏิกิริยาทางความร้อนระหว่างการอบ (Manley, 2011) ดังนั้น การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวช่อชิงในระดับร้อยละ 80 จึงเป็นระดับที่เหมาะสม

จากผลการวิเคราะห์ค่า water activity (a_w) และปริมาณความชื้นของคุกกี้เนยที่ใช้แป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลีในระดับต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่า สูตรที่ใช้แป้งข้าวช่อชิงร้อยละ 100 มีค่า a_w สูงที่สุด (0.54) ขณะที่สูตรที่มีการทดแทนในระดับร้อยละ 60-80 มีค่า a_w ต่ำลง (0.44–0.46) แนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับอาจเนื่องจากการใช้แป้งจากธัญพืชไม่ขัดสีหรือแป้งปราศจากกลูเตนส่งผลต่อการกระจายตัวของน้ำในระบบอาหาร เนื่องจากไม่มีโครงสร้างกลูเตนช่วยกักเก็บน้ำ ทำให้สมดุลของน้ำอิสระเปลี่ยนแปลง (Xu *et al.*, 2020) การเพิ่มขึ้นของค่า a_w ในระดับการทดแทนร้อยละ 100 อาจเกิดจากความสามารถในการจับน้ำของใยอาหารและแป้งในข้าวช่อชิง ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสถานะน้ำในผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Bchir *et al.* (2020) พบว่าการใช้แป้งธัญพืชเต็มเมล็ดในผลิตภัณฑ์ขนมอบสามารถเพิ่มการกักเก็บน้ำและเปลี่ยนแปลงค่า a_w ได้อย่างมีนัยสำคัญ ในด้านความชื้น พบว่าปริมาณความชื้นลดลงตามระดับการทดแทนแป้งข้าวช่อชิง โดยสูตรควบคุมมีค่าความชื้นสูงที่สุด และลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวช่อชิง สอดคล้องกับรายงานของ Martínez *et al.* (2021) ที่ระบุว่าผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ใช้แป้งปราศจากกลูเตนจะมีความสามารถในการกักเก็บน้ำต่ำกว่าแป้งสาลี เนื่องจากขาดโครงสร้างโครงข่ายโปรตีนกลูเตน นอกจากนี้ Gao *et al.* (2022) รายงานว่าองค์ประกอบของใยอาหารในธัญพืชไม่ขัดสีมีผลต่อการระเหยของน้ำในระหว่างการอบ ส่งผลให้ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลง

ด้านเนื้อสัมผัส พบว่าค่าความแข็ง (Hardness) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งข้าวช่อชิง โดยสูตรควบคุมมีค่าความแข็งสูงที่สุด ขณะที่สูตรร้อยละ 100 มีค่าความแข็งต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าการลดปริมาณแป้งสาลีส่งผลให้โครงสร้างผลิตภัณฑ์อ่อนตัวลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Renzetti *et al.* (2020) พบว่าการลดกลูเตนในผลิตภัณฑ์ขนมอบทำให้โครงสร้างอ่อนตัวและเพิ่มความเปราะ นอกจากนี้ Cappa *et al.* (2020) รายงานว่าการใช้แป้งทางเลือกในคุกกี้ เช่น แป้งข้าวหรือแป้งธัญพืช ทำให้ค่าความแข็งลดลงและเพิ่มความร่วน เนื่องจากไม่มีโครงสร้างโครงข่ายโปรตีนที่ช่วยยึดเกาะโครงสร้างอาหาร ขณะเดียวกัน การลดลงของความชื้นอาจส่งผลต่อเนื้อสัมผัส โดยน้ำทำหน้าที่เป็น plasticizer เมื่อปริมาณน้ำลดลงจะทำให้โครงสร้างเปราะและแตกหักง่ายขึ้น (Gao *et al.* 2022) อย่างไรก็ตาม สูตรที่มีการทดแทนแป้งข้าวช่อชิงในระดับร้อยละ 80 มีค่าความแข็งใกล้เคียงกับสูตรร้อยละ 60 และอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการยอมรับของผู้บริโภค แสดงให้เห็นว่าการทดแทนในระดับปานกลางสามารถรักษาสมาดุลของโครงสร้างได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sakač *et al.* (2021) และ Di Cairano *et al.* (2022) ที่รายงานว่าการใช้แป้งธัญพืชไม่ขัดสีทดแทนแป้งสาลีในระดับปานกลาง (ร้อยละ 50–80) จะให้คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุดในด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับ

คุณค่าทางโภชนาการของคูกี้ที่ใช้แป้งข้าวช่อชิงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 80 (1 หน่วยบริโภค 30 กรัม) มีพลังงาน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน โพลีแซคคาไรด์ แคลเซียม และวิตามินเคสูงขึ้น เนื่องจากข้าวช่อชิงเป็น ข้าวกล้องหรือข้าวสีที่ยังคงชั้นรำและจมูกข้าวไว้ ซึ่งเป็นแหล่งสะสมของแร่ธาตุ วิตามิน และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (FAO, 2013) โดยข้าวกล้องและข้าวสีมีปริมาณแร่ธาตุ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพลีแซคคาไรด์ และเหล็ก สูงกว่าข้าวขัดสี ดังนั้น การใช้แป้งข้าวช่อชิงในสูตรคูกี้จึงมีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณแร่ธาตุ โดยเฉพาะ แคลเซียมและโพลีแซคคาไรด์ที่พบว่าสูงกว่าสูตรพื้นฐาน สอดคล้องกับรายงานที่ระบุว่า การบริโภคธัญพืชไม่ขัดสีมีความสัมพันธ์กับการได้รับแร่ธาตุที่เพียงพอและลดความเสี่ยงโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (WHO, 2003) นอกจากนี้ แป้งข้าวช่อชิงมีคุณค่าทางสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าข้าวหอมมะลิทั่วไปถึง 6 เท่า มีวิตามินและธาตุเหล็กสูงกว่าข้าวกล้องทั่วไป 6 เท่าและ 2.17 เท่า (มูลนิธิเกษตรกรรมยั่งยืน, 2567) ดังนั้น การทดแทนแป้งสาลีด้วย แป้งข้าวช่อชิงในระดับร้อยละ 80 ส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้อยู่ในระดับยอมรับได้ และช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นแนวทางที่ดีในการใช้วัตถุดิบท้องถิ่นเพื่อเพิ่มมูลค่าทางโภชนาการ

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคูกี้ในสูตรพื้นฐานทั้ง 4 สูตร พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกคุณลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น สี และความชอบโดยรวม โดยสูตรที่ 2 ให้คะแนนอยู่ในระดับสูงที่สุด และถูกคัดเลือกเป็นสูตรมาตรฐานสำหรับการศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวช่อชิงในระดับร้อยละ 0, 40, 60, 80 และ 100 พบว่ามีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยระดับร้อยละ 80 ให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด และมีคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส และรสชาติได้ใกล้เคียงสูตรมาตรฐาน ในขณะที่ คุณลักษณะทางกายภาพด้านสี (L^* a^* b^*) พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวช่อชิง ค่าความสว่าง (L^*) ลดลงอย่างต่อเนื่อง แสดงถึงความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่า a^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และค่า b^* ไม่แตกต่างกันในหลายระดับการทดแทน ด้านคุณค่าทางโภชนาการ พบว่าคูกี้ที่ใช้แป้งข้าวช่อชิงร้อยละ 80 มีพลังงาน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน โพลีแซคคาไรด์ แคลเซียม และวิตามินเคสูงกว่าสูตรพื้นฐาน ดังนั้น การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวช่อชิงในระดับร้อยละ 80 ส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้อยู่ในระดับยอมรับได้ และช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นแนวทางที่ดีในการใช้วัตถุดิบท้องถิ่นเพื่อเพิ่มมูลค่าทางโภชนาการ

เอกสารอ้างอิง

- กินทังวัน. (2565). สูตรคูกี้ง่ายๆ. <https://web.facebook.com/gintangwan>.
 คิม. (2565). สูตรคูกี้ในกรอบ. <https://www.youtube.com/watch?v=TvzZQItAfhl>.
 มาปิ้ง. (2564). สูตรคูกี้โฮมเมด. https://www.youtube.com/results?search_query.
 มูลนิธิเกษตรกรรมยั่งยืน. (2567). ข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการข้าวช่อชิง. สืบค้น 2568, ตุลาคม 15, จาก <https://sathai.org/?p=601>.

- สำนักงานเกษตรอำเภอเทพา. (2567). รายงานข้อมูลการผลิตข้าวในพื้นที่อำเภอเทพา จังหวัดสงขลา. สืบค้น 2568, สิงหาคม 5, จาก <https://songkhla.doe.go.th/thepha/wp-content/uploads/sites/20/2025/12>.
- สำนักประชาสัมพันธ์จังหวัดสงขลา. (2569). การส่งเสริมผลิตภัณฑ์จากข้าวพื้นเมืองในจังหวัดสงขลา. สืบค้น 2568, กันยายน 25, จาก <https://songkhla.prd.go.th/th/page/item/index/id/12>.
- อามี. (2564). สูตรคุกกี้เนย. <https://www.youtube.com/watch?v=e1354i9UWOs>.
- Adebisi, J. A., Obadina, A. O., Adebo, O. A., & Kayitesi, E. (2021). Fermented and malted millet products in Africa: Expedition from traditional/ethnic foods to industrial value-added products. *Heliyon*, 7(3), e06517.
- Bchir, B., Besbes, S., Attia, H., & Blecker, C. (2020). Effect of pear, apple and date fibres on dough rheology, texture and sensory characteristics of cookies. *LWT*, 131, 109721.
- Cappa, C., Kelly, J. D., & Ng, P. K. W. (2020). Quality of gluten-free cookies formulated with different flour blends. *Foods*, 9(5), 660.
- Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R. (2017). *Fennema's food chemistry* (5th ed.). CRC Press.
- Di Cairano, M., Galgano, F., Tolve, R., Caruso, M. C., & Condelli, N. (2022). Focus on gluten-free biscuits: Ingredients and issues. *Food Chemistry*, 367, 130739.
- FAO. (2013). *Rice and human nutrition*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gallagher, E., Gormley, T. R., & Arendt, E. K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*, 15(3–4), 143–152.
- Gao, J., Brennan, M. A., Mason, S. L., & Brennan, C. S. (2022). Effect of dietary fibre on physicochemical properties and texture of baked products: A review. *Food Hydrocolloids*, 124, 107268.
- Gisslen, W. (2013). *Professional baking* (6th ed.). John Wiley & Sons.
- Goufo, P., & Trindade, H. (2014). Rice antioxidants: Phenolic acids, flavonoids, anthocyanins and proanthocyanidins. *Food Science & Nutrition*, 2(2), 75–104.
- Lomolino, G., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2020). Innovative approaches for gluten-free baked goods: Role of eggs and emulsifiers. *Food Chemistry*, 305, 125499.
- Mancebo, C. M., Rodriguez, P., & Gomez, M. (2016). Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten-free sugar-snap cookies. *LWT - Food Science and Technology*, 67, 127–132.

- Manley, D. (2011). *Manley's technology of biscuits, crackers and cookies* (4th ed.). Woodhead Publishing.
- Martínez, M. M., Díaz, Á., & Gómez, M. (2021). Gluten-free bakery products: Challenges and opportunities. *Trends in Food Science & Technology*, 108, 139–148.
- Mir, S. A., Shah, M. A., & Mir, M. M. (2017). Understanding the role of wheat gluten in food products. *Food Science and Nutrition*, 5(3), 435–447.
- Oko, A. O., & Ugwu, S. I. (2011). The proximate and mineral compositions of five major rice varieties in Abakaliki, South-Eastern Nigeria. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 3(2), 25–27.
- Renzetti, S., Courtin, C. M., Delcour, J. A., & Arendt, E. K. (2020). Oxidative and structural changes in gluten-free dough systems. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(1), 1–14.
- Sakač, M., Torbica, A., Hadnađev, M., & Hadnađev, T. D. (2021). Composite flour cookies: Quality and sensory properties. *Journal of Cereal Science*, 98, 103165.
- Sompong, R., Siebenhandl-Ehn, S., Linsberger-Martin, G., & Berghofer, E. (2011). Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. *Food Chemistry*, 124(1), 132–140.
- World Health Organization (WHO). (2003). *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases*. WHO Press.
- Zannini, E., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2021). Gluten-free bakery products: Technology and nutritional aspects. *Foods*, 10(2), 299.