



Research Article

Study the appropriate ratio of wheat flour and buckwheat flour to develop a healthy steamed bun product.

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งผสมระหว่างแป้งสาลีและแป้งบัควีต เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ซาลาเปาเพื่อสุขภาพ

อรรถัย ชุ่มเย็น¹, ร่ายวดี ผดุงกาญจน์¹, กิติภูมิ นิลจันทร์^{1*}

Orrathai Chumyen¹, Rayawadi Phadungkan¹, Kitipoom Nilchan^{1*}

¹คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ, กรุงเทพมหานคร, 10120

¹Faculty of Liberal Arts Rajamangala University of Technology Krungthep, Bangkok, 10120

Article Info

Received 22 October
2025

Revised 24 December
2025

Accepted 26 December
2025

Abstract

This study investigated the effects of wheat flour substitution with buckwheat flour at different ratios on the quality of steamed buns (salapao). A control sample prepared with 100% wheat flour was compared with composite flour samples containing wheat flour to buckwheat flour ratios of 60:40, 70:30, and 80:20. Sensory evaluation was performed by 30 untrained panelists using a 9-point hedonic scale. The data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) at a significance level of $p \leq 0.05$. The control sample exhibited significantly higher lightness (L^*) values and volume than all composite samples, while increasing the proportion of buckwheat flour resulted in reduced lightness and volume. In contrast, hardness and chewiness increased significantly with higher levels of buckwheat flour, whereas springiness and cohesiveness decreased. The sample containing the highest proportion of buckwheat flour (60:40) showed the greatest hardness and chewiness values. No significant differences in overall acceptability were observed among the samples ($p > 0.05$); nevertheless, the 60:40 sample received the highest mean overall liking score. Chemical analysis revealed that buckwheat flour incorporation significantly increased protein, dietary fiber, ash, and fat contents, while carbohydrate content decreased. The 60:40 sample contained the highest protein (6.57%) and dietary fiber (7.81%) levels. These results indicate that partial substitution of wheat flour with buckwheat flour at a ratio of 60:40 can enhance the nutritional profile of steamed buns without adversely affecting consumer acceptability, despite changes in physical and textural properties.

Keywords: Buckwheat flour, Steamed bun, Health products

*Corresponding Author. Email: kitipoom.n@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนแป้งผสมระหว่างแป้งสาลีและแป้งบัควีตต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซาลาเปา โดยเปรียบเทียบสูตรควบคุม (แป้งสาลี 100%) กับสูตรผสมแป้งสาลีต่อแป้งบัควีตในอัตราส่วน 60:40, 70:30 และ 80:20 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสดำเนินการโดยผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ใช้วิธี 9-point hedonic scale และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ $p \leq 0.05$ ผลการศึกษาพบว่า สูตรควบคุมมีความสว่าง (L^*) และปริมาตรสูงสุด ขณะที่การเพิ่มแป้งบัควีตส่งผลให้ค่าความสว่างและปริมาตรลดลงอย่างมีนัยสำคัญ พร้อมทั้งทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น และค่าความยืดหยุ่นและความยืดเกาะภายในลดลง โดยสูตรที่ใช้แป้งบัควีตในสัดส่วนสูงสุด (60:40) ให้ค่าความแข็งและความเคี้ยวได้สูงที่สุด ด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส คะแนนความชอบโดยรวมของซาลาเปาทุกสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตาม สูตรที่ 1 (60:40) ให้คะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมสูงที่สุด ด้านคุณสมบัติทางเคมี การเติมแป้งบัควีตช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีน โยอาหาร ธาตุ และไขมัน ขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยสูตรที่ 1 มีโปรตีน (6.57%) และโยอาหาร (7.81%) สูงที่สุด จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า การใช้แป้งบัควีตในอัตราส่วน 60:40 สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของซาลาเปาได้ โดยยังคงการยอมรับของผู้บริโภคในระดับที่ดี แม้คุณสมบัติทางกายภาพและเนื้อสัมผัสจะเปลี่ยนแปลงไปจากสูตรควบคุม

คำสำคัญ: แป้งบัควีต, ซาลาเปา, ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

1. บทนำ

ในปัจจุบัน ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและส่งเสริมสุขภาพมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารดั้งเดิมให้มีคุณสมบัติด้านโภชนาการที่ดีขึ้นโดยไม่ลดทอนการยอมรับของผู้บริโภค ซาลาเปาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหนึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในกลุ่มผู้บริโภคชาวเอเชีย เนื่องจากมีลักษณะเนื้อนุ่ม รับประทานง่าย และสามารถพัฒนาสูตรได้หลากหลาย [1,2] อย่างไรก็ตาม ซาลาเปาโดยทั่วไปผลิตจากแป้งสาลีเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง แต่มีโยอาหารและคุณค่าทางโภชนาการอื่น ๆ ค่อนข้างต่ำ จึงเป็นข้อจำกัดสำคัญต่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

บัควีต มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Fagopyrum esculentum* Moench อยู่ในวงศ์ Polygonaceae เป็นธัญพืชเทียมที่ได้รับความนิยมสูงอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูง มีกรดอะมิโนจำเป็นที่ครบถ้วน และเป็นแหล่งของแร่ธาตุหลายชนิด เช่น ทองแดง แมงกานีส เหล็ก โพแทสเซียม โซเดียม และสังกะสี [3-6] นอกจากนี้ บัควีตยังเป็นแหล่งของวิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 6 และวิตามินอี รวมถึงมีโยอาหารสูง และมีสารประกอบชีวภาพ เช่น กรดฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งรูตินและเคอร์ซีติน ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและมีศักยภาพในการส่งเสริมสุขภาพ [7-10] ด้วยคุณสมบัติ

ดังกล่าว แป้งบัควีตจึงถูกนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายประเภท เช่น ขนมปัง บะหมี่ และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ [4,7] โดยองค์ประกอบทางโภชนาการของแป้งบัควีตต่อ 100 กรัม ประกอบด้วยโปรตีน 16.66 กรัม ไขมัน 3.42 กรัม คาร์โบไฮเดรต 72.19 กรัม โยอาหาร 0.58 กรัม และเถ้า 1.68 กรัม [11]

อย่างไรก็ตาม แป้งบัควีตไม่มีโปรตีนกลูเตน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญต่อการสร้างโครงสร้างของผลิตภัณฑ์แป้ง โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์แป้งที่ต้องอาศัยโครงข่ายกลูเตน (gluten network) ในการกักเก็บก๊าซและให้เนื้อสัมผัสที่นุ่มฟู [9,12] การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งบัควีตจึงอาจส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของซาลาเปา เช่น การขึ้นฟู ปริมาตร สี และลักษณะเนื้อสัมผัส รวมถึงความแข็ง ความยืดหยุ่น และความเคี้ยวได้ ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับรู้และการยอมรับของผู้บริโภค

แม้ว่าจะมีรายงานการใช้แป้งบัควีตในผลิตภัณฑ์แป้งอบและผลิตภัณฑ์อาหารประเภทอื่นอย่างแพร่หลาย [4,7,11] แต่ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้แป้งบัควีตในผลิตภัณฑ์แป้งนี้ เช่น ซาลาเปา ยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะในประเด็นของอัตราส่วนการทดแทนที่เหมาะสมซึ่งสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสและโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ การประเมินคุณภาพทาง

ประสาทสัมผัสร่วมกับการคุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีจึงมีความจำเป็น เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของผลิตภัณฑ์กับการรับรู้ของผู้บริโภคอย่างเป็นระบบ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวจ้าวในผลิตภัณฑ์ซาลาเปา โดยเปรียบเทียบสูตรควบคุมกับสูตรที่มีการเติมแป้งข้าวจ้าวในระดับที่แตกต่างกัน และประเมินผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณสมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมี เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาซาลาเปาที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้นและยังคงการยอมรับของผู้บริโภค

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วัตถุดิบในการทำซาลาเปา

แป้งสาลี ตราบัวแดง แป้งข้าวจ้าว ตราเพื่อนครัว ยีสต์ ตราเฟอร์มิแพน ผงฟู ตราเบสฟูดส์ น้ำตาลทราย ตรามิตรผล เนยขาว ตราโอพีครีม

ตารางที่ 1 ซาลาเปาสสูตรควบคุม และอัตราส่วนผสมของแป้งข้าวจ้าวที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีในซาลาเปาที่ระดับต่างกัน

วัตถุดิบ	ส่วนผสม แป้งสาลี : แป้งข้าวจ้าว (กรัม)			
	สูตรควบคุม	สูตรที่ 1 (60 : 40)	สูตรที่ 2 (70 : 30)	สูตรที่ 3 (80 : 20)
แป้งสาลี ตราบัวแดง	650	390	455	520
แป้งข้าวจ้าว	0	260	195	130
ยีสต์	15	15	15	15
ผงฟู	5	5	5	5
น้ำตาลทราย	150	150	150	150
น้ำเปล่า	380	380	380	380
เนยขาว	40	40	40	40

2.3 การทดสอบคุณภาพด้านสี

นำส่วนของผิวหน้าของซาลาเปา นำไปวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสีระบบ L* a* และ b* โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น Color Quest XE โดยค่า L* หมายถึงค่าความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว) +a* หมายถึงค่าความเป็นสีแดง และ -a* หมายถึงค่าความเป็นสีเขียว +b* หมายถึงค่าความเป็นสีเหลือง และ -b* หมายถึงค่าความเป็นสีน้ำเงิน จากนั้นคำนวณค่า ΔE โดยคำนวณจากสมการ $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{\frac{1}{2}}$

2.4 ปริมาตร ปริมาตรจำเพาะ และความหนาแน่นของซาลาเปา

1) ปริมาตรของซาลาเปา ด้วยการแทนที่ของเมล็ดงา ทำการหาปริมาตรของซาลาเปาโดยการนำซาลาเปาใส่ลงในภาชนะที่ทราบปริมาตรที่แน่นอน จากนั้นนำปริมาตรของภาชนะเป็นตัวตั้ง แล้วลบออกด้วยปริมาตรของเมล็ดงาที่ตวงได้จากกระบอกตวง จะเท่ากับปริมาตรของซาลาเปา

2) ปริมาตรของซาลาเปา คำนวณโดยใช้สูตร

ปริมาตรจำเพาะของซาลาเปา (cm^3/g) = ปริมาตรของซาลาเปา / น้ำหนักของซาลาเปา

3) ความหนาแน่นของซาลาเปา คำนวณโดยใช้สูตร

ความหนาแน่นของซาลาเปา (g/cm^3) = น้ำหนักของซาลาเปา/ ปริมาตรของซาลาเปา

2.5 การวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis, TPA)

การวัดค่าเนื้อสัมผัสของซาลาเปาด้วยเครื่องวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร ได้แก่ ค่าความแข็ง (hardness) ค่ายึดเกาะภายใน (cohesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) และค่าความเคี้ยวได้ (Chewiness) โดยเครื่อง Texture Analyzer ผู้ผลิต Stable Micro Systems รุ่น TA.XTplusC ด้วยหัววัด Cylindrical probe (P/25) เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร เตรียมตัวอย่างแป้งซาลาเปาหนึ่งใหม่ แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที และนำตัวอย่างมาวางบนกึ่งกลางของเครื่องวิเคราะห์ โดยสภาวะของการวัดมีดังต่อไปนี้ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัววัด (test speed) 5 mm/s, trigger force (10 g) และ ระดับการกดหัววัดลงไปในตัวอย่าง (strain) 75 % ทำการวัดทั้งหมด 12 ซ้ำ จากนั้นเปรียบเทียบลักษณะดังกล่าวระหว่างผลิตภัณฑ์แป้งซาลาเปาสตรควบคุมกับสูตรที่ใช้แป้งบัวควิดทดแทนแป้งสาลี ที่ร้อยละ 20, 30 และ 40

2.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของซาลาเปา ได้แก่ ความชื้น ด้วยวิธี AOAC. (2023) 925.10 โปรตีน ด้วยวิธี In-house method TM-CH0017 based on AOAC. (2023) 992.23 ไขมัน ด้วยวิธี AOAC. (2023) 922.06 เถ้า ด้วยวิธี AOAC. (2023) 923.03 โยอาหาร ด้วยวิธี AOAC. (2023) 985.29 สำหรับคาร์โบไฮเดรตใช้การคำนวณ ดังสมการ คาร์โบไฮเดรต (%) = $100 - (\text{ความชื้น} (\%) + \text{โปรตีน} (\%) + \text{ไขมัน} (\%) + \text{โยอาหาร} (\%) + \text{เถ้า} (\%))$

2.7 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของซาลาเปา โดยใช้วิธีให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale ในด้านสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยมีผู้ประเมินจำนวน 30 คน ประกอบด้วยอาจารย์ บุคลากร และนักศึกษาคณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ทั้งนี้ มีการจัดลำดับการเสิร์ฟตัวอย่างแบบสุ่ม และนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี ANOVA โดยทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

2.8 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) และการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomize complete block design; RCBD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p \leq 0.05$)

2.9 การขอจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการพิจารณาและอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยมีเลขที่โครงการจริยธรรมวิจัย หมายเลขโครงการ 0011/2568 เมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568

3. ผลการศึกษา

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งผสมระหว่างแป้งสาลีและแป้งบัวควิด เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ซาลาเปาเพื่อสุขภาพ โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งผสมระหว่างแป้งสาลีและแป้งบัวควิดที่ส่งผลต่อคุณภาพของซาลาเปาเพื่อสุขภาพ ได้แก่ สูตรควบคุม (แป้งสาลี 100%) สูตรที่ 1 (แป้งสาลี : แป้งบัวควิด = 60 : 40) สูตรที่ 2 (แป้งสาลี : แป้งบัวควิด = 70 : 30) และสูตรที่ 3 (แป้งสาลี : แป้งบัวควิด = 80 : 20) และเพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ภายนอก เคมี และการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซาลาเปาเพื่อสุขภาพ ผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์ผลการศึกษาได้ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินการยอมรับของผู้บริโภค ด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งผสมระหว่างแป้งสาลี และแป้งข้าวจ้าว
ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซาลาเปาเพื่อสุขภาพ

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ส่วนผสม แป้งสาลี : แป้งข้าวจ้าว			
	สูตรควบคุม	สูตรที่ 1 (60 : 40)	สูตรที่ 2 (70 : 30)	สูตรที่ 3 (80 : 20)
สี ^{ns}	6.77±2.05	6.67±2.01	6.73±1.55	6.20±1.56
กลิ่น (จากการดมกลิ่น)	7.50±1.17 ^a	6.97±1.40 ^{ab}	7.43±1.41 ^a	6.77±1.16 ^b
กลิ่นรส (กลิ่นที่เกิดขึ้นระหว่างการเคี้ยวในปาก) ^{ns}	7.47±1.53	7.50±0.97	7.07±1.68	6.77±2.10
รสชาติ	7.60±1.61 ^a	7.43±1.28 ^{ab}	6.60±1.25 ^c	6.57±1.65 ^{cd}
เนื้อสัมผัส	7.90±1.15 ^a	7.30±1.15 ^{ab}	6.93±1.99 ^b	7.20±1.27 ^{ab}
ความชอบโดยรวม ^{ns}	7.23±1.74	7.53±1.28	7.27±1.36	6.87±1.20

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่มีตัวอักษร^{a-d} ในแนวนอนต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ^{ns} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

3.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งผสมระหว่างแป้งสาลี และแป้งข้าวจ้าวต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซาลาเปาเพื่อสุขภาพ โดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของซาลาเปาที่ผลิตจากอัตราส่วนแป้งสาลีและแป้งข้าวจ้าวที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 2) พบว่าคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรส และความชอบโดยรวมของซาลาเปาทุกสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.20–6.77, 6.77–7.50 และ 6.87–7.53 ตามลำดับ

สำหรับคุณลักษณะด้านกลิ่น พบว่าซาลาเปาสูตรควบคุมและสูตรที่ 2 ให้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีคะแนนสูงกว่าสูตรที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ขณะที่สูตรที่ 1 ไม่แตกต่างจากสูตรอื่น ในด้านรสชาติ ซาลาเปาสูตรควบคุมและสูตรที่ 1 ให้คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สำหรับคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส พบว่าซาลาเปาสูตรควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด และแตกต่างจากซาลาเปาสูตรที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ขณะที่สูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ของอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งผสมระหว่างแป้งสาลี และแป้งข้าวจ้าวต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซาลาเปาเพื่อสุขภาพ

คุณภาพ	ส่วนผสม แป้งสาลี : แป้งข้าวจ้าว			
	สูตรควบคุม	สูตรที่ 1 (60 : 40)	สูตรที่ 2 (70 : 30)	สูตรที่ 3 (80 : 20)
คุณภาพทางกายภาพ				
การวัดค่าสี				
ค่าสี L*	84.97±0.23 ^a	75.35±0.44 ^b	77.89±0.72 ^c	79.16±0.24 ^d
ค่าสี a*	-0.22±0.23 ^a	2.10±0.12 ^b	1.73±0.07 ^c	1.03±0.05 ^d
ค่าสี b*	12.17±0.16 ^a	15.73±0.31 ^b	14.70±1.17 ^{bc}	14.32±0.08 ^c
ปริมาตร (cm ³)	85.00±3.33 ^a	70.00±3.33 ^b	75.67±0.89 ^b	70.00±3.33 ^b
ปริมาตรจำเพาะ (cm ³ / g)	0.35±0.01 ^a	0.43±0.02 ^b	0.40±0.00 ^{ba}	0.43±0.02 ^{bc}
ความหนาแน่น (g / cm ³)	2.83±0.11 ^a	2.33±0.11 ^b	2.52±0.03 ^{bc}	2.33±0.11 ^{bd}
Hardness (N)	51.23±8.69 ^a	140.00±14.73 ^b	125.96±9.143 ^c	124.46±7.64 ^{cd}
Springiness	0.95±0.02 ^a	0.68±0.18 ^b	0.56±0.21 ^{bc}	0.53±0.15 ^{cd}
Cohesiveness	0.26±0.02 ^a	0.22±0.02 ^b	0.19±0.01 ^c	0.19±0.01 ^{cd}
Chewiness	12.75±3.24 ^a	20.89±5.93 ^b	13.58±5.84 ^{ac}	12.20±3.25 ^{ad}

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่มีตัวอักษร^{a-d} ในแนวนอนต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ของอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งผสมระหว่างแป้งสาลี และแป้งบัวควิตต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซาลาเปาเพื่อสุขภาพ

จากผลการศึกษาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ของอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งผสมระหว่างแป้งสาลี และแป้งบัวควิต ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซาลาเปาเพื่อสุขภาพ ดังแสดงในตารางที่ 3 การประเมินคุณสมบัติทางกายภาพประกอบด้วย การวัดค่าสี ปริมาตร ปริมาตรจำเพาะ ความหนาแน่น และการวัดค่าเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง (Hardness) ค่ายึดเกาะภายใน (Cohesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) และค่าความเคี้ยวได้ (Chewiness) มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 ผลของการวัดค่าสีของซาลาเปา

ซาลาเปาสูตรควบคุมมีค่าความสว่าง (L^*) สูงที่สุด (84.97 ± 0.23) ซึ่งแสดงถึงความสว่างที่มากกว่าเมื่อเทียบกับซาลาเปาทั้งสามสูตรที่มีการเติมแป้งบัวควิต ในทางตรงกันข้าม ซาลาเปาสูตรที่ 1 ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งบัวควิตสูงที่สุด มีค่าความสว่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (75.35 ± 0.44)

ซาลาเปาสูตรควบคุมแสดงค่าความเป็นสีเขียวมากกว่าซาลาเปาทุกสูตรที่มีการเติมแป้งบัวควิต (-0.22 ± 0.23) สำหรับซาลาเปาสูตรที่ 1 ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งบัวควิตสูงสุด พบว่ามีค่าความเป็นสีแดงมากกว่าซาลาเปาสูตรที่มีอัตราส่วนของแป้งบัวควิตน้อยกว่า (2.10 ± 0.12)

ซาลาเปาที่มีการเติมแป้งบัวควิตทุกสูตรให้ค่าความเป็นสีเหลืองสูงกว่าสูตรควบคุม โดยสูตรควบคุมมีค่าความเป็นสีเหลืองต่ำที่สุด (12.17 ± 0.16) ทั้งนี้ พบว่าซาลาเปาสูตรที่มีการเติมแป้งบัวควิตในอัตราส่วนสูงสุด (ซาลาเปาสูตรที่ 1) ให้ค่าความเป็นสีเหลืองสูงที่สุด (15.73 ± 0.31) และเมื่อปริมาณแป้งบัวควิตลดลง ค่าความเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ

จากข้อมูลดังกล่าว เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน และความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ค่าสี L^* a^* b^* ของซาลาเปาสูตรควบคุม ซาลาเปาสูตรที่ 1 ซาลาเปาสูตรที่ 2 และซาลาเปาสูตรที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.2.2 ปริมาตร ปริมาตรจำเพาะ และความหนาแน่น

อัตราส่วนแป้งสาลีและแป้งบัวควิตมีผลต่อปริมาตรของซาลาเปาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยซาลาเปาสูตรควบคุมมีค่าปริมาตรสูงที่สุด (85.00 ± 3.33) และแตกต่างจากซาลาเปาทุกสูตรที่มีการเติม

แป้งบัวควิต ซึ่งมีค่าปริมาตรอยู่ในช่วง $70.00-75.67 \text{ cm}^3$ ทั้งนี้ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าปริมาตรระหว่างสูตรที่มีการเติมแป้งบัวควิตด้วยกัน ($p > 0.05$)

ในด้านปริมาตรจำเพาะ ซาลาเปาสูตรควบคุมมีค่าปริมาตรจำเพาะต่ำที่สุด (0.35 ± 0.01) และแตกต่างจากสูตรที่มีการเติมแป้งบัวควิตบางสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่มีการเติมแป้งบัวควิตให้ค่าปริมาตรจำเพาะอยู่ในช่วง $0.40-0.43 \text{ cm}^3/\text{g}$ อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าปริมาตรจำเพาะระหว่างสูตรผสมแป้งบัวควิตบางคู่

สำหรับค่าความหนาแน่น พบว่าซาลาเปาสูตรควบคุมมีค่าความหนาแน่นสูงที่สุด (2.83 ± 0.11) และแตกต่างจากซาลาเปาสูตรที่มีการเติมแป้งบัวควิตทุกสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ขณะที่ซาลาเปาสูตรที่มีการเติมแป้งบัวควิตมีค่าความหนาแน่นลดลง อยู่ในช่วง $2.33-2.52 \text{ g/cm}^3$ และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสูตรที่มีการเติมแป้งบัวควิต ($p > 0.05$)

3.2.3 การวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis; TPA) มีรายละเอียดดังนี้

ค่าความแข็ง (Hardness) ซาลาเปาสูตรควบคุมมีค่าต่ำที่สุด (51.23 ± 8.69) และแตกต่างจากสูตรที่มีการเติมแป้งบัวควิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยซาลาเปาสูตรที่ 1 ให้ค่าความแข็งสูงที่สุด (140.00 ± 14.73)

ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ซาลาเปาสูตรควบคุมมีค่าสูงที่สุด (0.95 ± 0.02) และแตกต่างจากสูตรที่มีการเติมแป้งบัวควิตทุกสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 3 ให้ค่าความยืดหยุ่นต่ำที่สุด (0.53 ± 0.15)

ค่ายึดเกาะภายใน (Cohesiveness) ซาลาเปาสูตรควบคุมมีค่าสูงที่สุด (0.26 ± 0.02) และแตกต่างจากซาลาเปาสูตรที่มีการเติมแป้งบัวควิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่มีการเติมแป้งบัวควิตมีค่ายึดเกาะภายใน อยู่ในช่วง $0.19-0.22$

ค่าความเคี้ยวได้ (Chewiness) พบว่าซาลาเปาสูตรที่ 1 มีค่าสูงที่สุด (20.89 ± 5.93) และแตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ของอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งผสมระหว่างแป้งสาลี และแป้งข้าวจ้าวต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซาลาเปาเพื่อสุขภาพ

คุณภาพ	ส่วนผสม แป้งสาลี : แป้งข้าวจ้าว			
	สูตรควบคุม	สูตรที่ 1 (60 : 40)	สูตรที่ 2 (70 : 30)	สูตรที่ 3 (80 : 20)
คุณภาพทางเคมี				
ความชื้น (%)	36.30±0.04 ^a	36.16±0.02 ^b	36.85±0.07 ^c	35.40±0.04 ^d
โปรตีน	5.60±0.03 ^a	6.57±0.04 ^b	6.26±0.02 ^c	6.10±0.02 ^d
เถ้า	0.53±0.02 ^a	0.77±0.02 ^b	0.68±0.02 ^c	0.65±0.03 ^{cd}
ไขมัน	3.57±0.02 ^a	4.49±0.03 ^b	4.05±0.04 ^c	4.20±0.03 ^d
ใยอาหาร	5.82±0.04 ^a	7.81±0.02 ^b	6.91±0.10 ^c	6.13±0.02 ^d
คาร์โบไฮเดรต	48.18±0.12 ^a	44.20±0.10 ^b	45.25±0.02 ^c	47.52±0.08 ^d

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่มีตัวอักษร^{a-d} ในแนวนอนต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ของอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งผสมระหว่างแป้งสาลี และแป้งข้าวจ้าวต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซาลาเปาเพื่อสุขภาพ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของซาลาเปาที่ผลิตจากอัตราส่วนแป้งสาลีและแป้งข้าวจ้าวที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4 พบว่าค่าความชื้นของซาลาเปาอยู่ในช่วง 35.40–36.85% โดยสูตรที่ 2 (70:30) มีค่าความชื้นสูงที่สุด (36.85±0.07) และแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ปริมาณโปรตีนของซาลาเปาเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมแป้งข้าวจ้าว โดยสูตรที่ 1 ให้ค่าปริมาณโปรตีนสูงที่สุด (6.57±0.04) ขณะที่สูตรควบคุมมีค่าต่ำที่สุด (5.60±0.03) และค่าปริมาณโปรตีนของแต่ละสูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สำหรับปริมาณเถ้า พบว่าสูตรที่ 1 มีค่าปริมาณเถ้าสูงที่สุด (0.77±0.02) ขณะที่สูตรควบคุมมีค่าต่ำที่สุด (0.53±0.02) โดยค่าปริมาณเถ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนแป้งข้าวจ้าว และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ปริมาณไขมันของซาลาเปามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมแป้งข้าวจ้าว โดยสูตรที่ 1 มีค่าปริมาณไขมันสูงที่สุด (4.49±0.03) และแตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในสูตรที่มีการเติมแป้งข้าวจ้าว โดยสูตรที่ 1 มีค่าปริมาณใยอาหารสูงที่สุด (7.81±0.02) ขณะที่สูตรควบคุมมีค่าต่ำที่สุด (5.82±0.04) และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบว่าซาลาเปาแต่ละสูตรมีค่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรควบคุมมีค่าสูงที่สุด (48.18±0.12) ขณะที่สูตรที่ 1 มีค่าต่ำที่สุด (44.20±0.10)

4. อภิปรายผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แป้งสาลีผสมกับแป้งข้าวจ้าว ในสัดส่วนต่าง ๆ ต่อคุณภาพของซาลาเปาเพื่อสุขภาพ ทั้งในด้านคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี เพื่อพัฒนาซาลาเปาให้มีลักษณะที่เหมาะสมต่อผู้บริโภคกลุ่มที่ใส่ใจสุขภาพ โดยผลการวิจัยสามารถอภิปรายได้ดังนี้

4.1 ด้านการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสการยอมรับของผู้บริโภค

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของซาลาเปาที่ผลิตจากอัตราส่วนแป้งสาลีและแป้งข้าวจ้าวที่แตกต่างกัน พบว่า คะแนนด้านสี กลิ่นรส และความชอบโดยรวมของซาลาเปาทุกสูตรไม่แตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แม้ว่าชาลาเปาสูตรที่ 1 จะให้ค่าคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยสูงที่สุดก็ตาม ผลดังกล่าวสะท้อนว่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนไม่จำเป็นต้องแสดงถึงความแตกต่างเชิงสถิติของการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภค ซึ่งเป็นลักษณะที่พบได้ทั่วไปในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีการปรับปรุงในระดับปานกลาง [13]

เมื่อพิจารณาในรายคุณลักษณะ พบว่า สูตรควบคุมให้คะแนนด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสสูงกว่าสูตรที่มีการเติมแป้งบักวีตบางสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม ชาลาเปาสูตรที่ 1 ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมในหลายคุณลักษณะสำคัญ แสดงให้เห็นว่าแม้การเติมแป้งบักวีตจะส่งผลต่อการรับรู้ด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสในบางระดับ แต่ยังไม่รุนแรงเพียงพอที่จะลดการยอมรับของผู้บริโภคโดยรวม ผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Brites et al. [13] ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีการใช้แป้งบักวีตผสมสามารถรักษาระดับการยอมรับโดยรวมไว้ได้ แม้ว่าคุณลักษณะเชิงประสาทสัมผัสบางด้านจะเปลี่ยนแปลงไปจากสูตรที่ใช้แป้งสาลีเพียงอย่างเดียว

ที่น่าสนใจคือ การที่ชาลาเปาสูตรที่ 1 ให้คะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยสูงที่สุด ไม่ได้เกิดจากการที่ทุกคุณลักษณะได้รับการประเมินสูงกว่าสูตรควบคุมอย่างสม่ำเสมอ แต่เป็นผลจากการที่คะแนนของหลายคุณลักษณะยังอยู่ในช่วงที่ผู้บริโภคยอมรับได้ และไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมในเชิงสถิติ ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพที่ตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือ ไม่จำเป็นต้องสะท้อนความแตกต่างในการรับรู้และการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคอย่างเป็นสัดส่วนหรือโดยตรงเสมอไป [14]

ดังนั้น ผลการทดลองในงานวิจัยนี้ไม่สามารถสรุปเชิงสาเหตุได้ว่าความชอบโดยรวมที่สูงขึ้นของชาลาเปาสูตรที่ 1 เกิดจากคุณลักษณะใดคุณลักษณะหนึ่งโดยเฉพาะ เช่น กลิ่นเฉพาะของแป้งบักวีต เนื่องจากคะแนนด้านกลิ่นและกลิ่นรสไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์โดยรวมชี้ให้เห็นว่า การเติมแป้งบักวีตในสัดส่วนที่เหมาะสมสามารถคงระดับการยอมรับของผู้บริโภคไว้ได้ โดยไม่ส่งผลเชิงลบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาลาเปา

4.2 ด้านคุณภาพทางกายภาพ

4.2.1 การวัดค่าสี

ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งบักวีตส่งผลให้ค่า L^* ของชาลาเปาลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยสูตรที่มีแป้งบักวีตในสัดส่วนสูงให้ค่า

ความสว่างต่ำที่สุด ขณะที่สูตรที่มีแป้งบักวีตในสัดส่วนต่ำให้ค่า L^* สูงกว่า แสดงให้เห็นว่าปริมาณแป้งบักวีตมีอิทธิพลต่อความสว่างของชาลาเปาอย่างชัดเจน สำหรับค่าสีแดง-เขียว (a^*) พบว่าชาลาเปาสูตรควบคุมให้ค่า a^* เป็นค่าติดลบ ขณะที่ชาลาเปาสูตรที่มีการเติมแป้งบักวีตให้ค่า a^* เป็นค่าบวก แสดงถึงการเปลี่ยนเฉดสีจากโทนเขียวไปสู่โทนแดงมากขึ้น โดยค่า a^* มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อปริมาณแป้งบักวีตลดลง กล่าวคือ ชาลาเปาสูตรที่ 1 ให้ค่า a^* สูงที่สุด รองลงมาคือชาลาเปาสูตรที่ 2 และชาลาเปาสูตรที่ 3 ตามลำดับ สะท้อนให้เห็นว่าปริมาณแป้งบักวีตมีบทบาทต่อความเข้มของเฉดสีแดงของชาลาเปาอย่างชัดเจน ในด้านค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) พบว่าชาลาเปาสูตรควบคุมมีค่า b^* ต่ำกว่าชาลาเปาสูตรที่มีการเติมแป้งบักวีต แสดงให้เห็นว่าการใช้แป้งบักวีตมีผลทำให้เฉดสีเหลืองของชาลาเปาเด่นชัดขึ้น โดยชาลาเปาสูตรที่มีแป้งบักวีตในสัดส่วนสูงให้ค่า b^* สูงกว่า ชาลาเปาสูตรที่มีปริมาณแป้งบักวีตต่ำ สะท้อนถึงอิทธิพลของปริมาณแป้งบักวีตต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์

แนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Olcay และ Ozulku [15] ที่ระบุว่า การใช้แป้งผสมจากธัญพืชทางเลือก เช่น บักวีต ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มีความสว่างลดลง และมีเฉดสีแดง-เหลืองเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งสาลีเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ปริมาณแป้งบักวีตมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของชาลาเปา โดยการเพิ่มสัดส่วนแป้งบักวีตส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์มีความเข้มและเด่นชัดมากขึ้น ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับสีตามธรรมชาติของแป้งบักวีตและลักษณะของแป้งผสมในสูตร

4.2.2 ปริมาตร ปริมาตรจำเพาะ และความหนาแน่น

ผลการศึกษาพบว่า สูตรควบคุมซึ่งใช้แป้งสาลี 100% ให้ค่าปริมาตรสูงที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากสูตรที่มีการเติมแป้งบักวีต ($p \leq 0.05$) ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการแทนที่แป้งสาลีด้วยแป้งบักวีตส่งผลให้ความสามารถในการขึ้นฟูของชาลาเปาลดลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Koehler และ Wieser [16] ที่ระบุว่าผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ใช้แป้งจากธัญพืชที่ไม่มีกลูเตนมักให้ปริมาตรลดลง เนื่องจากการขาดโครงสร้างกลูเตนในการกักเก็บก๊าซ

เมื่อพิจารณาเฉพาะชาลาเปาสูตรที่มีการเติมแป้งบักวีต พบว่าค่าปริมาตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสูตร แสดงให้เห็นว่าภายในช่วงอัตราส่วนแป้งบักวีตที่ศึกษา ระดับสัดส่วนของแป้งบักวีตยังไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของปริมาตรอย่างชัดเจน

ในด้านปริมาตรจำเพาะและความหนาแน่น พบว่าซาลาเปาสูตที่มี การเติมแป้งบัวตึงให้ค่าปริมาตรจำเพาะสูงกว่า และมีค่าความหนาแน่นต่ำกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์อันเป็นผลจากการแทนที่ แป้งสาลีด้วยแป้งที่ไม่มีกลูเตน อย่างไรก็ตาม ภายในกลุ่มสูตรที่มีการเติมแป้งบัวตึง ความแตกต่างของค่าปริมาตรจำเพาะและความหนาแน่นยังไม่เด่นชัด ซึ่งควรพิจารณาพร้อมกับปัจจัยด้านโครงสร้างของแป้งผสมและความแปรปรวนในกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

4.2.3 การวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis)

จากผลการศึกษาพบว่า การเติมแป้งบัวตึงส่งผลต่อสมบัติเนื้อสัมผัสของซาลาเปาอย่างมีนัยสำคัญ โดยซาลาเปาสูตที่มีแป้งบัวตึงให้ค่าความแข็งสูงกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะซาลาเปาสูตที่ 1 ซึ่งมีค่าความแข็ง (Hardness) เพิ่มขึ้นเกือบ 3 เท่า สะท้อนถึงการสูญเสียโครงสร้างกลูเตนและการเกิดโครงสร้างเนื้อที่แน่นขึ้น ขณะเดียวกัน ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) และ ความเหนียวแน่นของโครงสร้าง (Cohesiveness) ลดลงอย่างเด่นชัดในสูตรที่มีแป้งบัวตึง โดยซาลาเปาสูตที่ 2 และซาลาเปาสูตที่ 3 ให้ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ต่ำกว่า 0.6 แสดงถึงความสามารถในการคืนรูปของเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ลดลงอย่างมาก ผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Zhu [17] ที่ระบุว่าแป้งบัวตึงไม่สามารถสร้างโครงสร้างเส้นใยต่อเนื่องแบบกลูเตน ส่งผลให้เนื้อผลิตภัณฑ์มีความแข็งและความยืดหยุ่นลดลง นอกจากนี้ ค่าความเหนียวขณะเคี้ยว (Chewiness) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสูตรที่มีแป้งบัวตึง โดยเฉพาะซาลาเปาสูตที่ 1 ซึ่งสะท้อนถึงลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นและต้องใช้แรงในการเคี้ยวมากขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Coda et al. [18] เกี่ยวกับผลของแป้งธัญพืชที่ไม่ผ่านการขัดสีต่อการเพิ่มความแน่นและความเคี้ยวของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

4.3 อภิปรายผลด้านคุณภาพทางเคมี

4.3.1 ความชื้น ซาลาเปาสูตที่ 2 มีค่าความชื้นสูงที่สุด (36.85%) และแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม ความชื้นที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวไม่ได้สะท้อนถึงความนุ่มของเนื้อผลิตภัณฑ์ เนื่องจากผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (TPA) พบว่าสูตรที่มีความชื้นสูงยังคงให้ค่าความแข็งสูงกว่าสูตรควบคุมอย่างชัดเจน ผลดังกล่าวบ่งชี้ว่าความชื้นเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอในการกำหนดลักษณะเนื้อสัมผัสของซาลาเปา แต่โครงสร้างของแป้งผสมและการขาดโครงสร้างกลูเตนมีบทบาทสำคัญต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

4.3.2 โปรตีน สูตรที่มีการเติมแป้งบัวตึงทุกสูตรให้ปริมาณโปรตีนสูงกว่าสูตรควบคุม โดยซาลาเปาสูตที่ 1 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด (6.57%) เมื่อเทียบกับซาลาเปาสูตควบคุม (5.60%) แสดงให้เห็นว่าแป้งบัวตึงสามารถเสริมคุณค่าทางโปรตีนของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานของ Bonafaccia et al. [19] ที่ระบุว่าแป้งบัวตึงมีกรดอะมิโนจำเป็นสูง โดยเฉพาะไลซีน ซึ่งพบในแป้งสาลีในปริมาณจำกัด

4.3.3 โยอาหาร ปริมาณโยอาหารเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในสูตรที่มีการเติมแป้งบัวตึง โดยซาลาเปาสูตที่ 1 ให้ค่าโยอาหารสูงที่สุด (7.81%) สะท้อนศักยภาพของแป้งบัวตึงในฐานะแหล่งโยอาหาร ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของธัญพืชที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเชิงหน้าที่

4.3.4 ไขมัน ปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในสูตรที่มีแป้งบัวตึง โดยซาลาเปาสูตที่ 1 ให้ค่าไขมันสูงที่สุด (0.77%) แสดงถึงปริมาณ ไขมันที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ เช่น แมกนีเซียม เหล็ก และสังกะสี ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของแป้งบัวตึง ผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Alvarez-Jubete et al. [20] ที่ระบุว่าแป้งบัวตึงมีแร่ธาตุสูงและช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์แป้ง

4.3.5 ไขมันและคาร์โบไฮเดรต การเติมแป้งบัวตึงส่งผลให้ปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบของแป้งบัวตึงที่มีไขมันสูงกว่าแป้งสาลี อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของไขมันดังกล่าวไม่ได้ส่งผลให้เนื้อผลิตภัณฑ์มีความนุ่มขึ้นตามทฤษฎี เนื่องจากผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (TPA) แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสยังคงแข็งขึ้น อันเป็นผลจากการขาดโครงสร้างกลูเตนและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในของแป้งผสม ในขณะเดียวกัน ปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนการแทนที่แป้งสาลีด้วยแป้งบัวตึง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการเสร็จได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ประจำปีงบประมาณเงินรายได้ 2568

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2004). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน: ซาลาเปา (มผช. 505/2547)*. กรุงเทพฯ: สมอ.
2. สำนักพิมพ์แสงแดด. (2013). *ต้มข้าวจี๊วเป็นอาชีพ*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์พิมพ์ดี จำกัด.
3. Singh, M., Malhotra, N., & Sharma, K. (2020). Buckwheat (*Fagopyrum sp.*) genetic resources: What can they contribute towards nutritional security of a changing world? *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67(7), 1639–1658.
4. Stamatovska, V., Nakov, G., Uzunoska, Z., Kalevska, T., & Menkinoska, M. (2018). Potential use of some pseudocereals in the food industry. *ARTTE*, 6, 54–61.
5. Khan, F., Arif, M., Khan, T. U., Khan, M. I., & Bangash, J. A. (2013). Nutritional evaluation of common buckwheat of four different villages of Gilgit- Baltistan. *ARPJ Journal of Agricultural and Biological Science*, 8, 264–266.
6. Golob, A., Stibilj, V., Kreft, I., & Germ, M. (2015). The feasibility of using Tartary buckwheat as a Se-containing food material. *Journal of Chemistry*, 2015, Article 246042.
7. Mir, N. A., Riar, C. S., & Singh, S. (2018). Nutritional constituents of pseudocereals and their potential use in food systems: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 170–180.
8. Fabjan, N., Rode, J., Košir, I. J., Wang, Z., Zhang, Z., & Kreft, I. (2003). Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) as a source of dietary rutin and quercetin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 6452–6455.
9. Wijngaard, H. H., & Arendt, E. K. (2006). Buckwheat—Review. *Cereal Chemistry*, 83, 391–401.
10. Frutos, M. J., Rincón-Frutos, L., & Valero-Cases, E. (2019). Rutin. In *Nonvitamin and nonmineral nutritional supplements* (pp. 111–117). Academic Press.
11. Mohajan, S., Munna, M. M., Orchy, T. N., Hoque, M. M., & Farzana, T. (2019). Buckwheat flour fortified bread. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 54(4), 347–356.
12. Békés, F., Schoenlechner, R., & Tömösközi, S. (n.d.). Ancient wheats and pseudocereals for possible use in cereal-grain dietary intolerances. In C. Wrigley et al. (Eds.), *Cereal grains: Assessing and managing quality* (2nd ed.).
13. Brites, L. T., Rebellato, A. P., Meinhart, A. D., Godoy, H. T., Pallone, J. A., & Steel, C. J. (2022). Technological, sensory, nutritional and bioactive potential of pan breads produced with refined and whole grain buckwheat flours. *Food Chemistry*: X, 13, 100243.
14. Torbica, A., Hadnadev, M., & Dapčević, T. (2010). Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food Hydrocolloids*, 24(6–7), 626–632.
15. Olcay, H. S., & Ozulku, G. (2025). Improvement of storage stability of barley, buckwheat and lupin composite flour by microwave treatment and its influence on functional properties of bread. *Food Chemistry: X. Advance Trends in Food Science & Technology* online publication.
16. Koehler, P., Wieser, H., & Konitzer, K. (Eds.). (2014). *Celiac disease and gluten: Multidisciplinary challenges and opportunities*. Academic Press.
17. Zhu, F. (2021). Buckwheat proteins and peptides: Biological functions and food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 155–167.
18. Coda, R., Rizzello, C. G., & Gobbetti, M. (2010). Use of sourdough fermentation and pseudo- cereals and leguminous flours for the making of a functional bread enriched of γ -aminobutyric acid (GABA). *International Journal of Food Microbiology*, 137(2–3), 236–245.
19. Bonafaccia, G., Marocchini, M., & Kreft, I. (2003). Composition and technological properties of the flour and bran from common and Tartary buckwheat. *Food Chemistry*, 80(1), 9–15.
20. Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2010). Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, 21(2), 106–113.