

การพัฒนาอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจิ้งหรีดผงทดแทนน้ำตาลด้วยอิริทริทอล Development of Red Jasmine Brown Rice Gel Food Supplemented with Cricket Powder and Sweetened with Erythritol

ชลธิชา มงคลสนธิ¹ ศรัณญา สุวรรณอังกูร² และปณณปณณ ไชจกาน^{1,*}
Chonthicha Mongkhonson¹, Saranya Suwanangul², and Pannapapol Jaichakan^{1,*}

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และการจัดการเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000
²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

¹Division of Food Science and Technology Management, Faculty of Science and Technology,
Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000, Thailand

²Program in Food Science and Technology, Faculty of Engineering and Agro-Industry,
Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

Received: 28-05-2026, Revised: 07-06-2026, Accepted: 07-06-2026, Published: 08-06-2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจิ้งหรีดผงโดยใช้อิริทริทอลทดแทนน้ำตาลบางส่วน เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารทางเลือกสำหรับผู้สูงอายุและผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ จึงทำการศึกษาผลของการเสริมจิ้งหรีดผงในระดับร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ของส่วนผสมทั้งหมดต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเจล ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มปริมาณจิ้งหรีดผงส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของอาหารเจลลดลง ขณะที่ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) และค่าความแน่นเนื้อเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมจิ้งหรีดผง ในขณะที่ค่า pH ลดลงเล็กน้อย ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาพบว่าผลิตภัณฑ์ทุกสูตรมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และฟิคอลโคลิฟอร์มอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ปลอดภัยต่อการบริโภค ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 50 คนพบว่าสูตรที่เสริมจิ้งหรีดผงร้อยละ 15 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดในด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.10 ± 1.39 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ดังนั้น การเสริมจิ้งหรีดผงในระดับร้อยละ 15 จึงเป็นระดับที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดง เนื่องจากให้สมดุลที่ดีระหว่างคุณค่าทางโภชนาการ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ และการยอมรับของผู้บริโภคสูงสุด ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการต่อยอดเป็นอาหารเชิงหน้าที่และอาหารทางเลือกสำหรับผู้สูงอายุในอนาคต

คำสำคัญ : ข้าวกล้องหอมมะลิแดง, จิ้งหรีดผง, อาหารเจล, อาหารผู้สูงอายุ, อิริทริทอล

Abstract

This research aimed to develop a gel food product from red jasmine brown rice supplemented with cricket powder using erythritol as a partial sugar substitute to enhance nutritional value and develop an alternative functional food for elderly consumers and health-conscious individuals. The effects of cricket powder supplementation at levels of 0, 5, 10, 15, and 20% of the total formulation on the physical, chemical, microbiological, and sensory

properties of the gel product were investigated. The results demonstrated that increasing cricket powder levels significantly decreased lightness (L^*) and redness (a^*) values, while yellowness (b^*) and firmness values significantly increased ($P \leq 0.05$). In addition, total soluble solids tended to increase with increasing cricket powder content, whereas pH values slightly decreased. Microbiological analysis revealed that all formulations complied with food safety standards, with low levels of total viable count, yeast and mold, and fecal coliform bacteria. Sensory evaluation conducted by 50 untrained panelists indicated that the formulation containing 15% cricket powder received the highest scores for appearance, color, texture, and overall acceptability, with an overall liking score of 7.10 ± 1.39 , corresponding to a moderate to high preference level. Therefore, supplementation with 15% cricket powder was considered the most suitable level for developing red jasmine brown rice gel food, as it provided a good balance between nutritional enhancement, product quality, and consumer acceptance. The developed product has potential for further application as a functional food and alternative food product for elderly consumers in the future.

Keywords: Red jasmine brown rice, Cricket powder, Gel food, Food for the Elderly, Erythritol

1. บทนำ

ปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้ความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้สูงอายุและผู้ป่วยเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอาหารที่มีลักษณะนิ่ม เคี้ยวและกลืนได้ง่าย เพื่อช่วยลดความเสี่ยงต่อการสำลักและปัญหาการกลืนลำบาก (dysphagia) ซึ่งพบได้บ่อยในผู้สูงอายุ อาหารประเภทเจลได้รับความนิยมอย่างมากเนื่องจากมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว มีความคงตัว สามารถรูปได้ และมีเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมต่อการบริโภคของผู้สูงอายุ โครงสร้างของอาหารเจลเกิดจากระบบคอลลอยด์ที่มีการสร้างโครงข่ายสามมิติของสารก่อเจล ทำให้สามารถกักเก็บน้ำ และคงลักษณะของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ ทั้งนี้ สมบัติทางกายภาพของเจลขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารก่อเจล รวมถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบอาหาร (Giura et al., 2023) นอกจากนี้เนื้อสัมผัสที่เหมาะสมแล้ว อาหารสำหรับผู้สูงอายุน่าจะต้องมีคุณค่าทางโภชนาการที่เพียงพอ โดยเฉพาะโปรตีน วิตามิน แร่ธาตุ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เพื่อช่วยลดความเสี่ยงของภาวะขาดสารอาหารและการสูญเสียมวลกล้ามเนื้อในผู้สูงอายุ

ข้าวกล้องหอมมะลิแดงเป็นข้าวมีสีที่ได้รับความนิยมในฐานวัตถุดิบอาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากอุดมไปด้วยสารสำคัญทางชีวภาพหลายชนิด ได้แก่ แอนโทไซยานิน ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแกมมาโอไรซานอล ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและช่วยลดความเสี่ยงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคหัวใจ เบาหวาน และมะเร็ง (Mbanjo et al., 2020; Yamuangmorn & Prom-u-Thai, 2021) นอกจากนี้ ข้าวมีสียังเป็นแหล่งของ วิตามินบี ธาตุเหล็ก สังกะสี และกรดไขมันจำเป็น ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการทำงานของระบบประสาทและระบบภูมิคุ้มกัน อีกทั้งยังมีรายงานว่า การบริโภคข้าวมีสีสามารถช่วยลดภาวะเครียดออกซิเดชันและชะลอความเสื่อมของเซลล์ได้ (Tiozon et al., 2021) ด้วยคุณสมบัติด้านโภชนาการและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพดังกล่าว ข้าวกล้องหอมมะลิแดงจึงมีศักยภาพสูงในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเชิงหน้าที่สำหรับผู้สูงอายุ

ในด้านแหล่งโปรตีน จิ้งหรีดจัดเป็นแมลงเศรษฐกิจที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะปริมาณโปรตีนที่สูงถึงประมาณร้อยละ 55–70 ของน้ำหนักแห้ง อีกทั้งยังมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน และเป็นแหล่งของวิตามินบี 12 ธาตุเหล็ก และแคลเซียมในปริมาณสูง (Orkusz, 2021) โปรตีนจากจิ้งหรีดยังมีความสามารถในการย่อยได้ดี

และมีศักยภาพในการใช้เป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกสำหรับอาหารแห่งอนาคต (future food) เนื่องจากการผลิตแมลงใช้ทรัพยากรต่ำและปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าการผลิตปศุสัตว์แบบดั้งเดิม (van Huis, 2020) ปัจจุบันจึงมีการนำผงจิ้งหรีดมาใช้เสริมในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น พาสตา ขนมอบ และเครื่องดื่ม เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและโปรตีนในผลิตภัณฑ์ (Musika et al., 2024) นอกจากนี้ การใช้ผงจิ้งหรีดในผลิตภัณฑ์อาหารยังสอดคล้องกับแนวโน้มการบริโภคอาหารที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ในปัจจุบัน ผู้บริโภคยังให้ความสำคัญกับการควบคุมปริมาณน้ำตาลและพลังงานในอาหารมากขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มผู้สูงอายุ ผู้ป่วยโรคเบาหวาน และผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลจึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย อิริทริทอล (erythritol) เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ที่ให้พลังงานต่ำ มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ และไม่ส่งผลต่อระดับน้ำตาลในเลือด จึงเหมาะสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพและอาหารสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน นอกจากนี้ อิริทริทอลยังมีรสหวานใกล้เคียงน้ำตาลทราย และไม่ก่อให้เกิดฟันผุ ทำให้สามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Mazi & Stanhope, 2023)

จากข้อมูลดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจิ้งหรีดผง โดยใช้อิริทริทอลทดแทนน้ำตาลบางส่วน เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของจิ้งหรีดผงต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารเจลต้นแบบ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุและผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

2. วัสดุและวิธีการทำวิจัย

2.1 การเตรียมน้ำข้าวกล้องหอมมะลิแดง

นำข้าวกล้องสายพันธุ์หอมมะลิแดง จากจังหวัดพระนครศรีอยุธยา มาทำความสะอาดและบดด้วยเครื่องบดอเนกประสงค์ (รุ่น 800A, ประเทศจีน) จนได้ผงแป้งข้าวที่มีความละเอียดสม่ำเสมอ จากนั้นชั่งผงแป้งข้าวปริมาณ 100 กรัม ผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:8 (น้ำหนักต่อปริมาตร) แล้วนำไปให้ความร้อนด้วยเครื่องปั่นอเนกประสงค์ (HOMEATE, ประเทศไทย) เป็นเวลา 25 นาที จนได้สารแขวนลอยของข้าวที่มีลักษณะเนื้อเดียวกัน หลังจากนั้นเทใส่ภาชนะและปล่อยให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง ก่อนนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารเจล

2.2 การผลิตอาหารเจลผสมจิ้งหรีดผง

ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจิ้งหรีดผง แสดงดังตารางที่ 1 โดยเริ่มจากละลายแคปไซซิน-คาราจีแนนในน้ำ แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมอิริทริทอล น้ำตาลทราย และอินูลินลงไป พร้อมกวนอย่างต่อเนื่องและให้ความร้อนต่ออีก 2 นาที จนสารทั้งหมดละลายสมบูรณ์ หลังจากนั้นเติมผงจิ้งหรีดลงในสูตรทดลองที่ระดับแตกต่างกันจำนวน 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด แล้วทำการกวนจนผงจิ้งหรีดกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นเติมน้ำข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่เตรียมไว้ลงไป และให้ความร้อนต่อเป็นเวลา 15 นาที โดยทำการกวนตลอดเวลาเพื่อป้องกันการตกตะกอนและช่วยให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อครบเวลาการให้ความร้อน นำผลิตภัณฑ์ที่ยังร้อนบรรจุลงในถ้วยพลาสติก ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นปิดฝาและนำไปเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเซ็ตตัว ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ต่อไป

ตารางที่ 1 สูตรส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจึงหรือผง

วัตถุดิบ	น้ำหนัก (กรัม)				
	ชุดควบคุม	ร้อยละ 5	ร้อยละ 10	ร้อยละ 15	ร้อยละ 20
ผงจึงหรือ	0	5	10	15	20
น้ำข้าวกล้องหอมมะลิแดง	25	25	25	25	25
แคปปา-คาราจีแนน (kappaKR®, อินโดเนเซีย)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
น้ำตาลทราย (มิตรผล, ประเทศไทย)	5	5	5	5	5
อีริทริทอล (ERYLITE, ฝรั่งเศส)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
อินูลิน (Orafti®, เบลเยียม)	6	6	6	6	6
น้ำสะอาด	60	60	60	60	60

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

วิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างอาหารเจลด้วยเครื่องวัดสีระบบ CIE Lab* (Minolta Chroma Meter CR-300, Kyoto, Japan) โดยรายงานผลในรูปค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดงหรือสีเขียว (a^*) และค่าความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (b^*) ซึ่งค่า L^* แสดงระดับความสว่างของตัวอย่าง ค่า a^* แสดงค่าความเป็นสีแดง ($+a^*$) และสีเขียว ($-a^*$) ส่วนค่า b^* แสดงค่าความเป็นสีเหลือง ($+b^*$) และสีน้ำเงิน ($-b^*$) ทำการวัดตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ และรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

วิเคราะห์ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของอาหารเจลด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส Texture Analyzer (Brookfield CT3 10K, USA) โดยใช้หัววัดทรงกระบอก (Cylindrical probe) ขนาด 25.4 มิลลิเมตร (TA11/1000) กำหนดค่า trigger load เท่ากับ 5 กรัม ความเร็วในการทดสอบ (test speed) เท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที และความเร็วในการคืนตัว (return speed) เท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยใช้ load cell ขนาด 1,000 กรัม ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ และรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids; TSS) ของตัวอย่างอาหารเจลด้วยเครื่องดิจิทัลรีแฟรกโตมิเตอร์ รุ่น N-10E Digital Refractometer (Atago, Japan) และรายงานผลเป็นองศาบริกซ์ ($^{\circ}\text{Brix}$) วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter รุ่น Sartorius PB-20 (Sartorius, Gottingen, Germany) โดยทำการปรับเทียบเครื่องด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานก่อนการวิเคราะห์ และวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ (total titratable acidity; TTA) ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (2005) โดยรายงานผลในรูปของร้อยละกรดซิตริก (% citric acid)

2.5 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total viable count) ยีสต์และรา (yeasts and molds) และฟิโคไลฟอร์ม (fecal coliform) ของตัวอย่างอาหารเจล ตามวิธีมาตรฐานของ U.S. Food and Drug Administration (2001) โดยรายงานผลในรูปหน่วยโคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง (colony forming units per gram; CFU/g) การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดดำเนินการโดยวิธี pour plate technique บนอาหาร Plate Count Agar (PCA) และบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ส่วนการวิเคราะห์ยีสต์และราใช้ Potato Dextrose Agar (PDA) และบ่มที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

ขณะที่การวิเคราะห์ฟิคอลโคลิฟอร์มใช้วิธีมาตรฐานบนอาหาร Violet Red Bile Agar (VRBA) และบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.6 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจิ้งหรีดผงมาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยผู้บริโภครวมไปจำนวน 50 คน อายุระหว่าง 45–60 ปี เนื่องจากเป็นกลุ่มประชากรที่กำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุและมีแนวโน้มเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคอาหาร เช่น ประสิทธิภาพในการบดเคี้ยว การกลืนอาหาร และการรับรู้รสชาติที่ลดลงในอนาคต โดยทำการประเมินคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-point hedonic scale ซึ่งกำหนดให้คะแนน 9 หมายถึง “ชอบมากที่สุด” คะแนน 5 หมายถึง “เฉย ๆ” และคะแนน 1 หมายถึง “ไม่ชอบมากที่สุด” ก่อนการทดสอบ ตัวอย่างทั้งหมดถูกเตรียมและเสิร์ฟในปริมาณเท่ากัน ภายใต้อุณหภูมิเดียวกัน และสุ่มรหัสตัวอย่างด้วยตัวเลข 3 หลัก เพื่อป้องกันอคติในการประเมิน ผู้ทดสอบได้รับน้ำดื่มสำหรับล้างปากระหว่างการทดสอบแต่ละตัวอย่าง จากนั้นนำข้อมูลคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

2.7 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดลองในแต่ละขั้นตอนวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยกำหนดจำนวนซ้ำสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยา จำนวน 3 ซ้ำ ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) โดยกำหนดให้ผู้ทดสอบชิมเป็นบล็อก เพื่อลดความแปรปรวนที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างบุคคล นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 23.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)

3. ผลและอภิปรายผลการวิจัย

3.1 คุณภาพทางกายภาพของอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจิ้งหรีดผง

ภาพที่ 1 แสดงลักษณะปรากฏของอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจิ้งหรีดผงในระดับต่าง ๆ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณจิ้งหรีดผงในสูตรผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ค่าสีของอาหารเจลมีแนวโน้มเข้มขึ้นอย่างชัดเจน และเนื้อเจลมีลักษณะแน่นขึ้นตามระดับการเสริมจิ้งหรีดผง และจากตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณจิ้งหรีดผงมีผลต่อค่าสีและค่าความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ค่าสี L^* ของอาหารเจลมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มระดับการเสริมจิ้งหรีดผง โดยสูตรควบคุมมีค่าความสว่างสูงที่สุด (47.37 ± 0.40) ขณะที่สูตรที่เสริมจิ้งหรีดผงร้อยละ 20 มีค่าความสว่างต่ำที่สุด (40.46 ± 0.17) แสดงให้เห็นว่าการเติมจิ้งหรีดผงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น เนื่องจากผงจิ้งหรีดมีสีน้ำตาลเข้มซึ่งเกิดจากองค์ประกอบของโปรตีน ไขมัน และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างกระบวนการอบแห้ง (Maillard reaction) สอดคล้องกับรายงานของ Musika et al. (2024) ที่พบว่าการเสริมผงจิ้งหรีดในผลิตภัณฑ์พาสต้าจากข้าว Riceberry ส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนของค่าสี a^* พบว่าสูตรควบคุมมีค่า a^* สูงที่สุด และค่าดังกล่าวลดลงตามระดับการเสริมจิ้งหรีดผง ทั้งนี้อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของเม็ดสีในระบบอาหาร รวมถึงการเจือจางของสารแอนโทไซยานินจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเมื่อมีการเติมผงจิ้งหรีดในปริมาณที่สูงขึ้น ขณะที่ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับการเสริมจิ้งหรีดผง โดยสูตรที่เสริมจิ้งหรีดผงร้อยละ 20 มีค่าสี b^* สูงที่สุด

(12.84±0.35) ซึ่งอาจสัมพันธ์กับสีตามธรรมชาติของผงจิ้งหรีดและปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างการให้ความร้อน



ภาพที่ 1 อาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจิ้งหรีดผงที่ระดับต่าง ๆ

ตารางที่ 2 คุณภาพทางกายภาพของอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจิ้งหรีดผง

ปริมาณจิ้งหรีดผง	ค่าสี			ค่าความแน่นเนื้อ (g)
	L^*	a^*	b^*	
ชุดควบคุม	47.37±0.40 ^a	14.23±0.32 ^a	11.13±0.41 ^b	37.42±1.90 ^d
ร้อยละ 5	46.01±0.27 ^b	12.24±0.68 ^b	11.87±0.44 ^b	53.57±1.80 ^c
ร้อยละ 10	44.77±0.55 ^c	11.27±0.40 ^c	12.14±0.47 ^b	63.44±3.84 ^b
ร้อยละ 15	42.28±0.49 ^d	11.02±0.53 ^c	12.11±0.64 ^b	65.31±2.04 ^{ab}
ร้อยละ 20	40.46±0.17 ^e	10.10±0.20 ^d	12.84±0.35 ^a	68.20±2.77 ^a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

นอกจากนี้ ผลการศึกษาดังกล่าวยังสอดคล้องกับรายงานของ Kim et al. (2019) ซึ่งพบว่าการเติมโปรตีนจากแมลงในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถส่งผลต่อคุณลักษณะด้านสีและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะการลดลงของค่าความสว่างและการเพิ่มความเข้มของโครงสร้างอาหาร เนื่องจากองค์ประกอบของโปรตีนและเส้นใยจากแมลงสามารถเกิดปฏิกิริยสัมพันธ์กับสารไฮโดรคอลลอยด์ในระบบอาหารได้ ขณะเดียวกัน Zhao et al. (2025) รายงานว่า ข้าวมีสีโดยเฉพาะข้าวสีแดงและข้าวสีม่วง มีองค์ประกอบของสารฟีนอลิกและแอนโทไซยานินสูง ซึ่งส่งผลต่อสีของผลิตภัณฑ์อาหารและสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนหรือเมื่อมีการเติมส่วนผสมที่มีโปรตีนสูง นอกจากนี้ สารประกอบฟีนอลิกยังสามารถเกิดปฏิกิริยากับโปรตีน ส่งผลต่อความคงตัวของระบบเจลและคุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ได้

สำหรับค่าความแน่นเนื้อ พบว่า การเพิ่มระดับจิ้งหรีดผงส่งผลให้ค่าความแน่นเนื้อของอาหารเจลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสูตรควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อต่ำที่สุด (37.42±1.90 กรัม) ขณะที่สูตรที่เสริมจิ้งหรีดผงร้อยละ 20 มีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด (68.20±2.77 กรัม) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโปรตีนจากจิ้งหรีดสามารถเกิดปฏิกิริยสัมพันธ์กับโครงสร้างของแคปตา-คาราจีแนน ส่งผลให้โครงข่ายเจลมีความแข็งแรงและหนาแน่นมากขึ้น นอกจากนี้ อินูลินที่ใช้ในสูตรยังอาจมีส่วนช่วยเสริมความคงตัวของโครงข่ายเจลและเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์อีกด้วย การเพิ่มขึ้นของค่าความแน่นเนื้อในสูตรที่มีการเสริมจิ้งหรีดผงอาจอธิบายได้จากความสามารถของโปรตีนในการสร้างโครงข่ายร่วมกับแคปตา-คาราจีแนน ซึ่งช่วยเพิ่มความแข็งแรงของโครงข่ายเจล สอดคล้องกับรายงานของ Melini et al. (2017) ที่พบว่า การเสริมโปรตีนทางเลือกในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถช่วยปรับปรุงโครงสร้าง เนื้อสัมผัส

และความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ได้ โดยเฉพาะในระบบอาหารกึ่งแข็งและอาหารเจล อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการเพิ่มปริมาณจึงหรือผงจะช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อของอาหารเจล แต่ระดับที่สูงเกินไปอาจส่งผลต่อคุณลักษณะด้านสีและการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้น การเลือกปริมาณจึงหรือผงที่เหมาะสมจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเจลที่มีทั้งคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดี

3.2 คุณภาพทางเคมีของอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจึงหรือผง

จากตารางที่ 3 แสดงคุณภาพทางเคมีของอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจึงหรือผง พบว่า ปริมาณจึงหรือผงมีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมจึงหรือผง โดยสูตรที่เสริมจึงหรือผงร้อยละ 20 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดสูงที่สุด ($12.77 \pm 0.00^\circ\text{Brix}$) รองลงมาคือสูตรที่เสริมจึงหรือผงร้อยละ 15, 10, 5 และชุดควบคุม ตามลำดับ ขณะที่สูตรควบคุมและสูตรที่เสริมจึงหรือผงร้อยละ 5 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจึงหรือผงประกอบด้วยสารที่สามารถละลายน้ำได้หลายชนิด เช่น โปรตีนเปปไทด์ กรดอะมิโน น้ำตาล และแร่ธาตุ เมื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Kim et al. (2019) ที่พบว่าการเติมโปรตีนจากแมลงในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และส่งผลต่อสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ Orkusz (2021) รายงานว่า จึงหรือเป็นแหล่งโปรตีนและสารอาหารที่มีองค์ประกอบของสารประกอบที่ละลายน้ำได้ในระดับสูง ซึ่งสามารถส่งผลต่อคุณสมบัติทางเคมีและคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารได้โดยตรง

ตารางที่ 3 คุณภาพทางเคมีของอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจึงหรือผง

ปริมาณจึงหรือผง	ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ได้ทั้งหมด ($^\circ\text{Brix}$)	pH
ชุดควบคุม	8.00 ± 0.00^d	7.78 ± 0.01^a
ร้อยละ 5	8.27 ± 0.23^d	7.71 ± 0.00^a
ร้อยละ 10	10.40 ± 0.00^c	7.63 ± 0.02^b
ร้อยละ 15	11.33 ± 0.23^b	7.49 ± 0.03^c
ร้อยละ 20	12.77 ± 0.00^a	7.11 ± 0.09^d

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

สำหรับค่า pH พบว่า ค่า pH ของอาหารเจลมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณจึงหรือผง โดยสูตรควบคุมมีค่า pH สูงที่สุด (7.78 ± 0.01) ขณะที่สูตรที่เสริมจึงหรือผงร้อยละ 20 มีค่า pH ต่ำที่สุด (7.11 ± 0.09) แสดงให้เห็นว่าการเติมจึงหรือผงมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเกิดจากองค์ประกอบของกรดอะมิโน กรดอินทรีย์ และสารประกอบไนโตรเจนที่พบในจึงหรือผง ซึ่งสามารถส่งผลต่อสมดุลกรด-ด่างของระบบอาหารได้ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานของ Musika et al. (2024) ซึ่งพบว่าการเติมผงจึงหรือในผลิตภัณฑ์อาหารจากข้าวมีสีสามารถส่งผลให้ค่า pH ของผลิตภัณฑ์ลดลง เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนจากแมลงและปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนกับองค์ประกอบอื่นในระบบอาหาร นอกจากนี้ การลดลงของค่า pH อาจส่งผลดีต่อความคงตัวของจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสภาวะที่มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นสามารถช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิดได้

3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจีเอ็มโด้

จากตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจีเอ็มโด้ โดยผู้ทดสอบชิมทั่วไปจำนวน 50 คน อายุระหว่าง 45–60 ปี ประเมินคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่า การเพิ่มจีเอ็มโด้จากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 5 และ 10 ไม่ได้ส่งผลให้คะแนนการยอมรับในทุกคุณลักษณะเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการเสริมจีเอ็มโด้ในระดับร้อยละ 5-10 ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์และผู้บริโภคยังคงให้การยอมรับได้ในระดับใกล้เคียงกับสูตรพื้นฐาน แต่อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏและสี พบว่า สูตรที่เสริมจีเอ็มโด้ร้อยละ 15 ได้คะแนนสูงที่สุด เท่ากับ 6.93 ± 1.43 คะแนน และ 6.77 ± 1.33 คะแนน ตามลำดับ และมีความแตกต่างจากสูตรที่เสริมจีเอ็มโด้ร้อยละ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเติมจีเอ็มโด้ในระดับที่เหมาะสมช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีสีและลักษณะปรากฏที่น่าสนใจ ขณะที่การเติมในระดับสูงเกินไปอาจทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มมากเกินไป ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค สำหรับคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส พบว่า สูตรที่เสริมจีเอ็มโด้ร้อยละ 15 ได้คะแนนสูงที่สุด (6.67 ± 1.87 คะแนน) และแตกต่างจากสูตรที่เสริมจีเอ็มโด้ร้อยละ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจสัมพันธ์กับค่าความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมจีเอ็มโด้ โดยสูตรที่เสริมในระดับสูงมากอาจมีเนื้อสัมผัสที่แน่นเกินไปสำหรับการบริโภคของผู้สูงอายุ ส่งผลให้คะแนนการยอมรับลดลง ในส่วนของคุณลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่า ทุกสูตรมีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 6.37–7.10 คะแนน ซึ่งจัดอยู่ในระดับ “ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง” แสดงให้เห็นว่าการเสริมจีเอ็มโด้ในผลิตภัณฑ์อาหารเจลไม่ได้ส่งผลกระทบต่อเชิงลบต่อการยอมรับของผู้บริโภคอย่างชัดเจน โดยเฉพาะสูตรที่เสริมจีเอ็มโด้ร้อยละ 15 ซึ่งได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด (7.10 ± 1.39 คะแนน)

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจีเอ็มโด้

ปริมาณ จีเอ็มโด้	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะ ปรากฏ	สี	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบ โดยรวม ^{ns}
ชุดควบคุม	6.30 ± 1.51^{ab}	6.40 ± 1.33^{ab}	6.50 ± 1.43	6.27 ± 1.57	6.17 ± 1.86^{ab}	6.37 ± 1.65
ร้อยละ 5	6.23 ± 1.38^{ab}	6.50 ± 1.41^{ab}	6.60 ± 1.50	6.33 ± 1.32	6.17 ± 1.78^{ab}	6.50 ± 1.61
ร้อยละ 10	6.27 ± 1.61^{ab}	6.53 ± 1.40^{ab}	6.60 ± 1.42	6.57 ± 1.67	6.50 ± 1.65^{ab}	6.57 ± 1.65
ร้อยละ 15	6.93 ± 1.43^a	6.77 ± 1.33^a	6.93 ± 1.28	7.00 ± 1.41	6.67 ± 1.87^a	7.10 ± 1.39
ร้อยละ 20	6.00 ± 1.66^b	5.97 ± 1.45^b	6.40 ± 1.52	6.17 ± 1.62	5.57 ± 2.02^b	6.57 ± 1.65

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ผลการศึกษาที่สอดคล้องกับรายงานของ Orkusz (2021) ที่พบว่าการใช้โปรตีนจากแมลงในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค หากมีการปรับสูตรและคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสให้เหมาะสม นอกจากนี้ Kim et al. (2019) รายงานว่า ระดับการเสริมโปรตีนจากแมลงที่เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโดยไม่ส่งผลกระทบต่อความชอบของผู้บริโภคมากนัก โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ที่มีการปรับแต่ง

เนื้อสัมผัสและรสชาติอย่างเหมาะสม ดังนั้น จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสสามารถสรุปได้ว่า การเสริมจิ้งหรีดผงในระดับร้อยละ 15 เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดง เนื่องจากให้คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด

3.4 คุณภาพด้านจุลชีววิทยาของอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจิ้งหรีดผง

จากตารางที่ 5 แสดงคุณภาพด้านจุลชีววิทยาของอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจิ้งหรีดผงพบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และฟิโคไลโคลิฟอร์มของผลิตภัณฑ์ทุกสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 2.18×10^2 ถึง 7.04×10^2 CFU/g ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระบวนการให้ความร้อนระหว่างการผลิตที่อุณหภูมิ 80 ± 3 องศาเซลเซียส สามารถช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นในระบบอาหารได้ นอกจากนี้ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส ยังช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาอีกด้วย ในส่วนของยีสต์และรา พบว่าทุกสูตรมีปริมาณน้อยกว่า 100 CFU/g ขณะที่ปริมาณฟิโคไลโคลิฟอร์มมีค่าน้อยกว่า 10 CFU/g ในทุกสูตร แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตมีสุขลักษณะที่ดี

ตารางที่ 5 คุณภาพด้านจุลชีววิทยาของอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจิ้งหรีดผง

ปริมาณจิ้งหรีดผง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/g)		
	จุลินทรีย์ทั้งหมด ^{ns}	ยีสต์และรา ^{ns}	ฟิโคไลโคลิฟอร์ม ^{ns}
ชุดควบคุม	$7.04 \pm 2.12 \times 10^2$	<100	<10
ร้อยละ 5	$5.65 \pm 2.34 \times 10^2$	<100	<10
ร้อยละ 10	$6.67 \pm 4.31 \times 10^2$	<100	<10
ร้อยละ 15	$5.32 \pm 2.18 \times 10^2$	<100	<10
ร้อยละ 20	$4.33 \pm 1.23 \times 10^2$	<100	<10

หมายเหตุ : ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานของ Kim et al. (2019) ที่พบว่าการใช้ผงโปรตีนจากแมลง ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนอย่างเหมาะสม ไม่ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงด้านจุลชีววิทยาเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ van Huis (2020) รายงานว่า แมลงที่ผ่านกระบวนการอบแห้งและแปรรูปอย่างถูกสุขลักษณะสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์อาหารได้อย่างปลอดภัย หากมีการควบคุมกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาที่เหมาะสม อีกทั้ง การใช้แคปไซซิน-คาร์ราจีแนนและอินูลินในสูตรผลิตภัณฑ์อาจมีส่วนช่วยเพิ่มความคงตัวของระบบอาหารและลดการแยกตัวของน้ำในผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถช่วยลดโอกาสในการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิดได้ นอกจากนี้ ค่า pH ของผลิตภัณฑ์ที่ลดลงเมื่อเพิ่มระดับจิ้งหรีดผงอาจส่งผลช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางกลุ่ม ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเสถียรภาพทางจุลชีววิทยาที่ดี ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาแสดงให้เห็นว่า การเสริมจิ้งหรีดผงในอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงไม่ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีคุณภาพด้านความปลอดภัยเหมาะสมต่อการบริโภค

4. สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงเสริมจึงหรือติดผง โดยใช้วิธีที่ลดทอนน้ำตาลบางส่วน เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารทางเลือกสำหรับผู้สูงอายุและผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ ผลการศึกษาพบว่า การเสริมจึงหรือติดผงมีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของอาหารเจลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อาหารเจลจากข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่เสริมจึงหรือติดผงในระดับสูงขึ้นมีแนวโน้มทำให้ค่า L^* ลดลง ขณะที่ค่า b^* และค่าความแน่นเนื้อเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมจึงหรือติดผง ในขณะที่ค่า pH มีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า สูตรที่เสริมจึงหรือติดผงร้อยละ 15 ได้รับคะแนนการยอมรับสูงที่สุดในด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า การเสริมจึงหรือติดผงในระดับร้อยละ 15 เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้และค่า pH อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเกิดโครงสร้างเจล ส่งผลให้ได้รับคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด ขณะที่การเสริมในระดับร้อยละ 20 แม้จะเพิ่มองค์ประกอบทางโภชนาการมากขึ้น แต่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีที่มากเกินไปจนส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการต่อยอดเป็นอาหารเชิงหน้าที่สำหรับผู้สูงอายุ ผู้ป่วยหรือผู้บริโภคที่ต้องการอาหารโปรตีนสูงและมีคุณค่าทางสุขภาพในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ เครื่องมือ อุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบคุณคณาจารย์และนักศึกษา ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส ตลอดจนให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้การสนับสนุนคำแนะนำ และเป็นกำลังใจในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้จนประสบผลสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. (2005). *Official methods of analysis* (18th ed.). Association of Official Analytical Chemists.
- Giura, L., Urtasun, L., Ansorena, D., & Astiasaran, I. (2023). Comparison between the use of hydrocolloids (xanthan gum) and high-pressure processing to obtain a texture-modified puree for dysphagia. *Food Research International*, 170, 112975.
- Kim, T. K., Yong, H. I., Kim, Y. B., Kim, H. W., & Choi, Y. S. (2019). Edible insects as a protein source: A review of public perception, processing technology, and research trends. *Food Science of Animal Resources*, 39(4), 521–540.
- Mazi, T. A., & Stanhope, K. L. (2023). Erythritol: An in-depth discussion of its potential to be a beneficial dietary component. *Nutrients*, 15(1), 204.
- Mbanjo, E. G. N., Kretschmar, T., Jones, H., Ereful, N., Blanchard, C., Boyd, L. A., & Sreenivasulu, N. (2020). The genetic basis and nutritional benefits of pigmented rice grain. *Frontiers in Genetics*, 11, 229.

- Melini, F., Melini, V., Luziatelli, F., & Ruzzi, M. (2017). Current and forward-looking approaches to technological and nutritional improvements of gluten-free bread with legume flours: A critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5), 1101–1122.
- Musika, J., Kapcum, C., Itthivadhanapong, P., Musika, T., Hanmontree, P., & Piayura, S. (2024). Enhancing nutritional and functional properties of gluten-free Riceberry rice pasta supplemented with cricket powder using D-optimal mixture design. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1417045.
- Orkusz, A. (2021). Edible insects versus meat-Nutritional comparison: Knowledge of their composition is the key to good health. *Nutrients*, 13(4), 1207.
- Tiozon, R. J. N., Sartagoda, K. J. D., Fernie, A. R., & Sreenivasulu, N. (2021). The nutritional profile and human health benefit of pigmented rice and the impact of post-harvest processes and product development on nutritional components: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(6), 1–22.
- U.S. Food and Drug Administration. (2001). *Bacteriological analytical manual (BAM)*. U.S. Department of Health and Human Services.
- van Huis, A. (2020). Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: A review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(1), 27–44.
- Yamuangmorn, S., & Prom-u-Thai, C. (2021). The potential of high-anthocyanin purple rice as a functional ingredient in human health. *Antioxidants*, 10(6), 833.
- Zhao, M., Xiao, X., Jin, D., Zhai, L., Li, Y., Yang, Q., Xing, F., Qiao, W., Yan, X., & Tang, Q. (2025). Composition and Biological Activity of Colored Rice—A Comprehensive Review. *Foods*, 14(8), 1394.