

การพัฒนาเม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้เสริมโปรตีนจากผงจิ้งหรีด Development of Cocoa-Flavored Konjac Pearls Enriched with Protein from Cricket Powder

ศตายุ อิมกมลไมตรี¹ พิชชาพร พรหมศิริ¹ ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์^{2*} และนิภาพร กุลณา³
Satayu Imkamomnaitri¹ Pichaporn Promsiri¹ Parisut Chalermchaiwat^{2*} and Nipapond Kunna³

Received 5 ธันวาคม 2568 Revised 29 มิถุนายน 2569 Accepted 13 กรกฎาคม 2569

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้เสริมโปรตีนจากผงจิ้งหรีด โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) เพื่อศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีดที่ร้อยละ 0 2.5 5 และ 7.5 ของน้ำหนักทั้งหมด ต่อคุณภาพทางกายภาพ (ค่าสี และเนื้อสัมผัส) เคมี (ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และพลังงาน) และประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ของเม็ดไข่มุกบุกลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) และค่าความแข็งของเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้ที่เสริมผงจิ้งหรีดมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE) อยู่ในช่วง 5.69-6.44 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม นอกจากนี้ การเสริมผงจิ้งหรีดยังทำให้ปริมาณโปรตีน ไขมัน และเส้นใยหยาบเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณความชื้นและเถ้าลดลง ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า เม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้ที่เสริมผงจิ้งหรีดร้อยละ 2.5 มีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ดังนั้นการเสริมผงจิ้งหรีดร้อยละ 2.5 เป็นระดับที่เหมาะสมในการพัฒนาเม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้ เนื่องจากช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโดยผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) ให้พลังงานสะสม 131 กิโลแคลอรี และยังคงการยอมรับของผู้บริโภคไว้ได้

คำสำคัญ : ผงจิ้งหรีด, ไข่มุกบุก, โปรตีน

¹ นักศึกษาปริญญาตรี, คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

¹ Undergraduate, Faculty of Agriculture, Kasetsart University

² รองศาสตราจารย์, คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

² Assoc. Prof. Dr., Faculty of Agriculture, Kasetsart University

³ อาจารย์, วิทยาลัยอาชีวศึกษาเสาวภา สถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร

³ Lecturer, Saowapha Vocational College, Institute of Vocational Education

* ผู้ประสานงานนิพนธ์ e-mail: fagrpsch@ku.ac.th

Abstract

This study aimed to develop cocoa-flavored konjac pearls enriched with cricket powder. A Completely Randomized Design (CRD) was employed to investigate the effects of incorporating cricket powder at levels of 0%, 2.5%, 5%, and 7.5% (w/w) on the physical (color and texture), chemical (moisture, protein, fat, ash, crude fiber, and energy content), and sensory (using a 9-point hedonic scale) qualities of the product. The results showed that increasing the level of cricket powder caused a decrease in lightness (L^*) of the konjac pearls, while redness (a^*), yellowness (b^*), and hardness increased significantly ($p \leq 0.05$). The cocoa-flavored konjac pearls fortified with cricket powder exhibited color difference (ΔE) values ranging from 5.69 to 6.44 compared with the control. In addition, cricket powder fortification increased protein, fat, and crude fiber contents, whereas moisture and ash contents decreased. Sensory evaluation revealed that cocoa-flavored konjac pearls fortified with 2.5% cricket powder showed no significant difference in overall acceptability compared with the control. Therefore, fortification with 2.5% cricket powder was considered an appropriate level for developing cocoa-flavored konjac pearls, as it enhanced nutritional value. One serving (30 g) of the developed product provided an energy value of 131 kcal while maintaining consumer acceptance.

Keywords: Cricket powder, Konjac pearl, Protein

1. บทนำ

ขนมไข่มุก เริ่มเป็นที่รู้จักครั้งแรกในประเทศไทยเมื่อ พ.ศ. 2544 และได้รับความนิยมในกลุ่มวัยรุ่น อย่างไรก็ตามด้วยข้อจำกัดทางรสชาติที่ยังไม่หลากหลายทำให้ความนิยมลดลง จนกระทั่ง พ.ศ. 2554 ธุรกิจขนมไข่มุกกลับมาเติบโตอีกครั้ง เนื่องจากมีดัดแปลงสามารถใส่เครื่องดื่มได้หลากหลายมากขึ้น ไม่จำกัดแค่ชาและชาผลไม้เท่านั้น แต่ยังสามารถรับประทานคู่กับเครื่องดื่มชนิดอื่นได้ เช่น ชาไทย นมสด กาแฟ และโกโก้ ทำให้ขนมไข่มุกเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมอย่างมากในประเทศไทย สอดคล้องกับรายงานของวัฒนพงศ์ ใจวัฒน์ (2565) ที่รายงานว่า ตลาดขนมไข่มุกในประเทศไทยมีขนาดใหญ่ถึง 749 ล้านบาทหรือประมาณ 26,522 ล้านบาท และไทยเป็นประเทศที่มีการบริโภคขนมไข่มุกสูงที่สุดเมื่อเทียบกับประเทศอื่นในอาเซียน อย่างไรก็ตาม ความนิยมดังกล่าวมาพร้อมกับข้อกังวลด้านสุขภาพ เนื่องจากมีดัดแปลงส่วนใหญ่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตเชิงเดี่ยวและให้พลังงานสูง การบริโภคขนมไข่มุกในปริมาณมากหรือเป็นประจำอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อภาวะโภชนาการเกินและโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (กองส่งเสริมความรู้และสื่อสารสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2562) เพื่อตอบสนองต่อกระแสการบริโภคอาหาร

เพื่อสุขภาพ งานวิจัยที่ผ่านมาได้มุ่งพัฒนาเม็ดไข่มุกทางเลือกโดยการปรับเปลี่ยนแหล่งคาร์โบไฮเดรตหรือเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เช่น การทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งถั่วขาวเพื่อลดอัตราการย่อยแป้งเป็นน้ำตาล (นวลรัตน์ ฐานกิตติคุณ และคณะ, 2564) การใช้แป้งข้าวกล้องงอกและแป้งข้าวเหนียวด่างอกเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ (ดวงรัตน์ สนั่น และคณะ, 2566) และการพัฒนาผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกจากควินัวและบุกเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนและลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเม็ดไข่มุก (สุทัศน์ สุวรรณ และคณะ, 2568) นอกจากนี้การพัฒนาเม็ดไข่มุกจากผงบุกยังได้รับความสนใจ เนื่องจากผงบุกมีเส้นใยอาหารสูงและให้พลังงานต่ำ อันเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก อย่างไรก็ตามแม้ว่างานวิจัยดังกล่าวจะช่วยลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตหรือเพิ่มเส้นใยอาหารในเม็ดไข่มุกได้แต่ยังคงมีข้อจำกัดสำคัญ คือ เม็ดไข่มุกทางเลือกส่วนใหญ่ยังมีปริมาณโปรตีนต่ำ และยังไม่สามารถตอบโจทย์แนวคิดอาหารสุขภาพที่มุ่งเน้นการเพิ่มโปรตีนควบคู่กับการลดคาร์โบไฮเดรตได้อย่างครบถ้วน ดังนั้น การแสวงหาแหล่งโปรตีนทางเลือกที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกได้อย่างเหมาะสมจึงเป็นประเด็นที่ควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติม

แมลงบริโภคได้ โดยเฉพาะจิ้งหรีดเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกที่กำลังได้รับความสนใจในระดับสากล เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูง มีกรดไขมันที่เป็นประโยชน์ และมีเส้นใยอาหาร อีกทั้งการผลิตยังใช้ทรัพยากรน้อยและปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่าการเลี้ยงสัตว์เพื่อการปศุสัตว์ (องุ่น ลีวานิช และคณะ, 2544; ธิรัตน์ พันโท, 2563; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2567) งานวิจัยที่ผ่านมาได้รายงานการนำผงจิ้งหรีดไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น บราวนีกรอบ โปรตีนบาร์ เฟลกล์ กราโนล่าบอล และบิสกิต (ตรีรัตน์ เกื้อจันทร์ และคณะ, 2567; Ribeiro, J. et al., 2019; ปาลิตา ไม้ประเสริฐ และคณะ, 2567; Smarzynski, K. et al., 2021) อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่พบรายงานการนำผงจิ้งหรีดมาใช้ในการพัฒนาเม็ดไข่มุกโดยตรง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการประยุกต์ใช้ผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำร่วมกับผงบุกในการพัฒนาเม็ดไข่มุกทางเลือก ซึ่งไม่เพียงช่วยลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตและเพิ่มเส้นใยอาหารเท่านั้นแต่ยังมุ่งเพิ่มปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ อันเป็นการเติมเต็มช่องว่างของงานวิจัยเดิม และเป็นแนวทางใหม่ในการพัฒนาเม็ดไข่มุกเพื่อสุขภาพที่ตอบโจทย์ทั้งด้านโภชนาการ การยอมรับของผู้บริโภค และความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของปริมาณผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสในไข่มุกบุกรสโกโก้

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 การผลิตเม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้

การผลิตเม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้ได้จากการนำผง Konjac Jelly Powder (ผงวุ้นคาราจีแนนสำเร็จรูปผสมบุก) ตรา JBU ปริมาณ 12 กรัม ผงโกโก้ ตรามือ ปริมาณ 8 กรัม

ผสมน้ำดื่ม 120 มิลลิลิตร นำไปตั้งไฟให้เดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเทใส่พิมพ์ไขมุกรูปทรงกลมขนาดกว้าง 5 มิลลิเมตร สูง 6 มิลลิเมตร วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 5 นาที จนไขมุกบุงเซตตัว จากนั้นนำแช่ตู้เย็น (อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 นาที ได้เป็นไขมุกบุงรสโกโก้

3.2 การศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีดในเม็ดไขมุกบุงรสโกโก้ต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส

3.2.1 การศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีดในเม็ดไขมุกบุงรสโกโก้ ผงจิ้งหรีดเตรียมได้จากการนำจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำโตเต็มวัย จากเปี่ยมสุขฟาร์ม จังหวัดชัยนาท ไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดเป็นผงด้วยเครื่องบด Fitz mill ยี่ห้อ Fitzpatrick รุ่น E-187 ประเทศอินเดีย และร่อนผ่านตะแกรงที่ความละเอียด 60 Mesh (250 ไมครอน) บรรจุใส่ถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน ตามวิธีการของ ตริรัตน์ เกื้อจันทร์ และคณะ (2567) ทำการศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีดที่เสริมลงในเม็ดไขมุกบุงรสโกโก้ โดยผสมผงจิ้งหรีดร่วมกับผงบุกและส่วนผสมอื่น ๆ ก่อนกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) โดยศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีดที่ร้อยละ 2.5 5 และ 7.5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด โดยมีไขมุกบุงรสโกโก้ที่ไม่มีการเสริมผงจิ้งหรีดเป็นสูตรควบคุม รายละเอียดของสูตรแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของไขมุกบุงรสโกโก้ที่มีปริมาณผงจิ้งหรีดที่แตกต่างกัน

วัตถุดิบ	สูตรควบคุม	ผงจิ้งหรีด	ผงจิ้งหรีด	ผงจิ้งหรีด
	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ
	0	2.5	5	7.5
ผงวุ้นคาราจีแนนสำเร็จรูปผสมบุก	12	12	12	12
ผงโกโก้	8	8	8	8
น้ำดื่ม	120	120	120	120
ผงจิ้งหรีด	0	3.5	7	10.5

จากนั้นนำไปประเมินคุณภาพต่าง ๆ ดังนี้

1. คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ตามระบบ CIE และ ค่า ΔE คือค่าความแตกต่างของสี คำนวณดังสมการ (1)

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

โดย ΔL^* , Δa^* และ Δb^* คือ ค่าสีที่แตกต่างกันในค่า L^* , a^* และ b^* ระหว่างตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างทดสอบ โดยที่ L^* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว) $+a^*$ หมายถึง ค่าความเป็นสีแดง และ $-a^*$ หมายถึง ค่าความเป็นสีเขียว $+b^*$ หมายถึง ค่าความเป็นสีเหลือง และ $-b^*$ หมายถึง ค่าความเป็นสีน้ำเงิน ทดสอบด้วยเครื่อง Hunter Lab Colorimeter ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex EZ ประเทศสหรัฐอเมริกา ทำการวัดค่า จำนวน 3 ซ้ำ และวัดค่าเนื้อสัมผัส ใช้วิธีการ Texture profile analysis (TPA)

ดัดแปลงมาจากนวัตน์ ฐานกิตติคุณ และคณะ (2564) โดยวัดค่า Hardness (ค่าความแข็ง) Adhesiveness (ค่าความสามารถในการเกาะติดเพดานปาก) Springiness (ค่าความยืดหยุ่น) Cohesiveness (ค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน) Gumminess (ค่าความเหนียว) และ Chewiness (ค่าการทนต่อการเคี้ยว) ด้วยเครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA.XT Plus ประเทศอังกฤษ ทำการวัดด้วยหัววัดอะคริลิก SMS P/25 โดยกำหนดค่า pre-test speed = 1 mm/s, test speed = 5 mm/s, post-test speed = 5 mm/s, target mode = strain, strain = 75%, time = 3s, trigger force = auto force 5 g. ทำการวัดค่า จำนวน 10 ซ้ำ

2. คุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น รายงานเป็นร้อยละโดยน้ำหนักเปียก (%wet basis) โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ และเถ้า รายงานเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง (%dry basis) ตามวิธีการของ AOAC (2019) และค่าพลังงานสะสม โดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter ยี่ห้อ PARR รุ่น 6100 ประเทศสหรัฐอเมริกา รายงานเป็นหน่วยกิโลแคลอรีต่อกรัม (kcal/g) ทำการวัดค่า จำนวน 3 ซ้ำ

3. ประเมินทางประสาทสัมผัส การประเมินทางประสาทสัมผัสดำเนินการโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (untrained panelists) จำนวน 50 คน อายุระหว่าง 18–25 ปี โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกคือ เคยบริโภคผลิตภัณฑ์ขนมปังมาก่อน สามารถบริโภคแมลงได้ และไม่มีประวัติการแพ้อาหารจากแมลงหรือส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตเม็ดขนมปังบุกรสโกโก้ผสมผงจิ้งหรีด

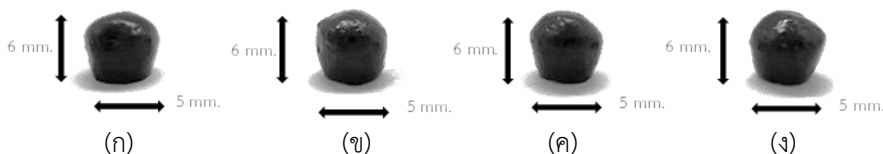
ผู้เข้าร่วมการทดสอบทุกคนเข้าร่วมการศึกษาโดยสมัครใจ และได้รับการชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการทดสอบ และรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ก่อนเข้าร่วมการทดสอบ โดยผู้เข้าร่วมสามารถยุติการเข้าร่วมการทดสอบได้ตลอดเวลา ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะถูกนำเสนอในภาพรวมโดยไม่เปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เข้าร่วม การประเมินความชอบใช้วิธีการให้คะแนนแบบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) โดยคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด คุณลักษณะที่ประเมินประกอบด้วย สี กลิ่น รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวม โดยดำเนินการทดสอบ 2 รูปแบบ ได้แก่ 1) การชิมเม็ดขนมปังบุกรสโกโก้เพียงอย่างเดียว และ 2) การชิมเม็ดขนมปังบุกรสโกโก้ร่วมกับนมสดจืดทางการค้า

3.2.2 การวิเคราะห์ทางสถิติ การศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีดในเม็ดขนมปังบุกรสโกโก้ต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมี มาจากการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized completely block design: RCBD) โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีดในเม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้

ผลการผลิตเม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้สูตรควบคุม และสูตรเสริมปริมาณผงจิ้งหรีดที่ร้อยละ 2.5 5 และ 7.5 พบว่าลักษณะของเม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้ ทั้งสูตรควบคุม และสูตรที่เสริมโปรตีนจากผงจิ้งหรีด มีขนาดเท่ากันคือกว้าง 5 มิลลิเมตร สูง 6 มิลลิเมตร ตามรูปทรงของแม่พิมพ์ เม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้มีสีดำ และมองเห็นการกระจายตัวของผงจิ้งหรีดในเม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 เม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้ที่เสริมผงจิ้งหรีดในปริมาณที่ต่างกันได้แก่ ร้อยละ 0 (ก) ร้อยละ 2.5 (ข) ร้อยละ 5 (ค) และ ร้อยละ 7.5 (ง)

4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

4.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ผลการศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีดแสดงดังตารางที่ 2 พบว่า เมื่อปริมาณผงจิ้งหรีดเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 2.5 5 และ 7.5 ตามลำดับ ทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ในขณะที่ ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น (b^*) ไข่มุกบุกรสโกโก้เสริมผงจิ้งหรีดที่ได้ทั้ง 3 สูตร มีค่าความแตกต่างของสี (ΔE) เท่ากับ 6.44 5.74 และ 6.00 ตามลำดับ ซึ่งค่าความแตกต่างของสี ΔE ที่มากแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ยังมีสีที่แตกต่างจากสูตรควบคุมมากขึ้นด้วย ผลการวัดค่าเนื้อสัมผัส พบว่า เมื่อปริมาณผงจิ้งหรีดเพิ่มขึ้น ค่าความสามารถในการเกาะติดเพดานปาก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่ค่าความแข็ง ค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน ค่าความเหนียว และค่าการทนต่อการเคี้ยว สูงขึ้นตามปริมาณผงจิ้งหรีดที่เพิ่มขึ้น

4.2.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี จากการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้ที่พัฒนาได้และเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า การเสริมผงจิ้งหรีดร้อยละ 2.5 5 และ 7.5 ส่งผลให้ปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ และพลังงานสะสมของเม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) โดยสูตรที่เสริมผงจิ้งหรีดร้อยละ 7.5 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ และพลังงานสะสมเพิ่มขึ้นร้อยละ 261.45 160.70 78.10 และ 11.03 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ความชื้น เถ้า และคาร์โบไฮเดรตมีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม โดยลดลงร้อยละ 4.98 22.30 และ 57.19 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของเม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้ที่เสริมผงจิ้งหรีด

คุณภาพทางกายภาพ	ผงจิ้งหรีด (ร้อยละ)			
	0	2.5	5	7.5
ค่าสี				
L*	19.80±0.34 ^a	14.52±0.45 ^c	15.91±0.16 ^b	15.97±0.33 ^b
a*	6.66±0.46 ^b	9.14±0.38 ^a	8.74±0.61 ^a	8.49±0.02 ^a
b*	4.75±0.34 ^c	7.47±0.35 ^b	8.35±1.16 ^{ab}	8.98±0.52 ^a
ΔE*	-	6.44±0.61 ^a	5.74±0.98 ^c	6.00±0.57 ^b
ค่าเนื้อสัมผัส				
ค่าความแข็ง (N)	423.88±29.06 ^b	326.03±29.06 ^d	361.43±19.34 ^c	471.48±57.83 ^a
ค่าความสามารถในการเกาะ	-1.76±0.44	-1.66±0.53	-1.28±0.64	-1.45±0.87
ติดเพดานปาก (g.sec) ^{ns}				
ค่าความยืดหยุ่น	0.47±0.07 ^a	0.39±0.04 ^b	0.36±0.04 ^b	0.41±0.38 ^b
ค่าความสามารถเกาะ	0.27±0.02 ^b	0.19±0.01 ^d	0.23±0.22 ^c	0.31±0.03 ^a
รวมตัวกัน				
ค่าความเหนียว	114.83±8.85 ^b	41.40±6.06 ^d	82.66±11.52 ^c	144.62±25.28 ^a
ค่าการทนต่อการเคี้ยว	53.55±11.35 ^a	16.43±3.50 ^c	29.81±5.13 ^b	59.28±13.70 ^a
คุณภาพทางเคมี				
ความชื้น (%wet basis)	81.33±0.91 ^a	81.12±0.13 ^a	78.52±0.42 ^b	77.28±0.89 ^c
โปรตีน (%dry basis)	7.16±1.39 ^d	16.29±1.63 ^c	22.27±0.22 ^b	25.88±1.39 ^a
ไขมัน (%dry basis)	2.01±0.18 ^c	2.10±0.25 ^c	3.56±0.31 ^b	5.24±0.35 ^a
เส้นใยหยาบ (%dry basis)	20.09±1.45 ^c	20.79±1.12 ^{bc}	24.08±1.28 ^b	35.78±3.15 ^a
เถ้า (%dry basis)	8.07±1.10 ^a	6.75±0.28 ^b	6.24±0.18 ^b	6.27±0.24 ^b
คาร์โบไฮเดรต (%dry basis)	62.67±0.42 ^a	54.07±2.93 ^b	43.85±1.60 ^c	26.83±0.92 ^d
พลังงานสะสม (kcal/g)	4.26±0.79 ^d	4.37±0.53 ^c	4.58 ±0.25 ^b	4.73±0.21 ^a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b, c, d ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

^{ns} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

4.2.3 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า การเสริมผงจิ้งหรีดในผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้ทำให้ค่าคะแนนความชอบต่อคุณลักษณะต่าง ๆ ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้ที่ไม่ได้เสริมผงจิ้งหรีด สูตรที่เสริมผงจิ้งหรีดร้อยละ 0 และ 2.5 มีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ในขณะที่สูตรที่เสริมผงจิ้งหรีดร้อยละ 5 และ 7.5 นั้นมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับไม่ชอบเล็กน้อยในคุณลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ ความยืดหยุ่นและความชอบโดยรวม (ตารางที่ 3) แต่เมื่อนำเม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้ไปบริโภคร่วมกับนมส่งผลให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะเพิ่มขึ้น เนื่องจากนมจะช่วยปรับปรุงรสชาติ และกลบกลิ่นเฉพาะตัวของจิ้งหรีดไปได้บางส่วน โดยไข่มุกบุกรสโกโก้ที่มีปริมาณผงจิ้งหรีดร้อยละ 2.5 เมื่อบริโภคร่วมกับนมส่งผลให้มีคะแนนความชอบด้านสี รสชาติ ความยืดหยุ่น และความชอบโดยรวม ไม่มีความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ในขณะที่สูตรที่มีการเสริมผงจิ้งหรีดมากที่สุด คือ ร้อยละ 7.5 มีคะแนนความชอบน้อยที่สุดในทุกคุณลักษณะ

ตารางที่ 3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้ที่เสริมผงจิ้งหรีด

คุณภาพ	ผงจิ้งหรีด (ร้อยละ)			
	0	2.5	5	7.5
คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
เม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้				
สี	6.48±1.79 ^{ab}	6.70±1.46 ^a	6.20±1.63 ^{bc}	5.86±1.70 ^c
กลิ่น	6.30±1.40 ^a	5.70±1.63 ^{bc}	5.34±1.86 ^{bcd}	5.12±1.98 ^d
รสชาติ	6.00±1.55 ^a	5.92±1.08 ^a	4.48±1.71 ^b	4.24±1.77 ^c
ความยืดหยุ่น	6.10±1.75 ^{ab}	5.62±1.31 ^{bc}	5.22±1.58 ^{cd}	4.90±1.89 ^d
ความชอบโดยรวม	6.42±1.57 ^a	5.92±1.08 ^b	5.24±1.73 ^c	4.76±1.77 ^d
เม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้				
บริโภคร่วมกับนม				
สี	6.60±1.56 ^{ab}	6.70±1.46 ^a	6.48±1.53 ^{ab}	6.30±1.64 ^{ab}
กลิ่น	6.36±1.48 ^a	5.78±1.58 ^b	5.70±1.66 ^{bc}	5.20±1.76 ^d
รสชาติ	6.36±1.48 ^a	6.20±1.34 ^a	5.80±1.69 ^c	4.50±1.94 ^{cd}
ความยืดหยุ่น	6.26±1.66 ^a	5.96±1.24 ^{ab}	5.24±1.62 ^{cd}	4.90±1.92 ^d
ความชอบโดยรวม	6.52±1.55 ^a	6.26±0.96 ^{ab}	5.32±1.79 ^c	4.70±1.85 ^d

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b, c, d ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

5. อภิปรายผล

จากการศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสในไข่มุกบุกรสโกโก้ พบว่าเมื่อปริมาณผงจิ้งหรีดเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 2.5 5 และ 7.5 ตามลำดับนั้น ทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น (b^*) เนื่องมาจากผงจิ้งหรีดที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้มีลักษณะเป็นผงหยาบสีน้ำตาลดำ ผลสอดคล้องกับการศึกษาของมาริษา ภูภิณญกุล และคณะ (2563) ที่รายงานว่าเมื่อเพิ่มปริมาณจิ้งหรีดปน ร้อยละ 10 ทำให้สีของคุกกี้ มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น และรายงานของ Smarzynski, K. et al. (2021) ที่พบว่าการใช้ผงจิ้งหรีดในบิสกิตชอร์ตเค้กที่ร้อยละ 2 6 และ 10 ส่งผลให้บิสกิตมีสีเข้มขึ้นทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลงเช่นกัน โดยไข่มุกบุกรสโกโก้เสริมผงจิ้งหรีดที่ได้ทั้ง 3 สูตร มีค่าความแตกต่างของสี ΔE ที่เพิ่มขึ้นนั้น แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ยังมีสีที่แตกต่างจากสูตรควบคุมมากขึ้นด้วย โดยค่าความแตกต่างของสี ΔE ที่มากกว่า 3 เป็นค่าที่ทำให้ผู้บริโภคสามารถมองเห็นความแตกต่างของสีได้ด้วยตาเปล่า (Zielinska, E. et al., 2021) ผลการวัดค่าเนื้อสัมผัส พบว่า เมื่อปริมาณผงจิ้งหรีดเพิ่มขึ้น ค่าความสามารถในการเกาะติด

พืชน้ำมัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่ค่าความแข็งแรง ค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน ค่าความเหนียว และค่าการทนต่อการเคี้ยวของเม็ดไขมันงอกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณผงจิ้งหรีดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของอรณพ ทศนอุดม และคณะ (2564) ที่พบว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีดในสูตรคุกกี้ข้าวพองหอมมะลิที่ระดับร้อยละ 15 30 และ 45 ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม สะท้อนให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดมีผลทำให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นมากขึ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดในเม็ดไขมันงอกส่งผลให้ค่าความยืดหยุ่นลดลง เนื่องมาจากผงจิ้งหรีดมีปริมาณโปรตีนและเส้นใยอาหารสูง โดยตรีรัตน์ เกื้อจันทร์ และคณะ (2567) รายงานว่าจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 57.30 ใกล้เคียงกับรายงานของ Stone, A. K. et al. (2019) ที่พบว่าผงจิ้งหรีดมีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 65 ซึ่งโปรตีนในปริมาณสูงนี้มีผลต่อการลดความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) และความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (Oil holding capacity) ของระบบเจล ส่งผลให้โครงสร้างของเม็ดไขมันงอกมีความยืดหยุ่นลดลง โดยผลดังกล่าวยังสอดคล้องกับการศึกษาของอรณพ ทศนอุดม และคณะ (2564) ที่รายงานว่าการเติมผงจิ้งหรีดทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ทำให้ปริมาณกลูเตนลดลง ส่งผลให้ความสามารถในการกักเก็บก๊าซและการแผ่ขยายตัวของผลิตภัณฑ์ลดลง นอกจากนี้ ผงจิ้งหรีดยังมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเส้นใยอาหารสูงกว่าแป้งสาลีและแป้งชนิดอื่น ซึ่งส่งผลให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นมากขึ้นและลดความสามารถในการยืดตัวของเนื้อสัมผัสโดยรวม

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า การเสริมผงจิ้งหรีดในผลิตภัณฑ์เม็ดไขมันงอกรสโกโก้ส่งผลให้คะแนนความชอบด้านคุณลักษณะต่าง ๆ ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่ได้เสริมผงจิ้งหรีด โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบอยู่ในช่วง 4-6 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับไม่ชอบเล็กน้อยถึงชอบเล็กน้อย ทั้งนี้ สุกฤดา อนุตระกูลชัย และคณะ (2557) รายงานว่า คุกกี้ที่เติมผงจิ้งหรีดร้อยละ 12.53 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดได้รับคะแนนความชอบในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก อย่างไรก็ตาม ผู้ทดสอบชิมยังสามารถรับรู้กลิ่นรสและเนื้อสัมผัสเฉพาะของผงจิ้งหรีดได้ ผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการเติมผงจิ้งหรีดอาจส่งผลต่อการรับรู้ทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค แม้ว่าการยอมรับของผลิตภัณฑ์อาจแตกต่างกันไปตามชนิดของผลิตภัณฑ์ สูตร และปริมาณผงจิ้งหรีดที่ใช้ นอกจากนี้ผลการศึกษาของอรณพ ทศนอุดม และคณะ (2564) รายงานว่าคุกกี้ข้าวพองหอมมะลิที่มีการเติมผงจิ้งหรีด ร้อยละ 0 15 30 และ 45 ได้รับคะแนนความชอบในช่วง 5-7 ซึ่งอยู่ในระดับเฉย ๆ ถึงชอบปานกลางทั้งนี้อาจเป็นเพราะผงจิ้งหรีดมีกลิ่นรสเฉพาะตัวที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันที่เป็นองค์ประกอบในจิ้งหรีด (Ribeiro, J. C. et al., 2019) ซึ่งอาหารที่ใช้เลี้ยงจิ้งหรีดก็เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการโตขึ้นซึ่งเป็นองค์ประกอบของแมลง (พงศ์พิพัฒน์ สนม และกมลวรรณ แจ้งชัด, 2563) ส่งผลให้มีค่าคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะลดลง แต่เมื่อนำเม็ดไขมันงอกรสโกโก้ไปบริโภคพร้อมกับนมส่งผลให้คะแนนความชอบเพิ่มขึ้นในทุกคุณลักษณะ เนื่องจากนมจะช่วยปรับปรุงรสชาติ และกลบกลืนเฉพาะตัวของจิ้งหรีดไปได้บางส่วน โดยไขมันงอกรสโกโก้ที่ปริมาณผงจิ้งหรีด ร้อยละ 2.5 เมื่อบริโภคพร้อมกับนม ส่งผลให้มีคะแนนความชอบด้านสี รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรควบคุม

($p > 0.05$) ในขณะที่สูตรที่มีการเสริมผงจิ้งหรีดมากที่สุด คือ ร้อยละ 7.5 มีคะแนนความชอบน้อยที่สุดในทุกคุณลักษณะ

จากการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกบุกที่พัฒนาได้และเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่าการเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดจากร้อยละ 2.5 5 และ 7.5 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ และพลังงาน สูงขึ้น เนื่องจากผงจิ้งหรีดมีโปรตีนสูง ถึง 60 กรัมต่อ 100 กรัม (Duda, A. et al., 2019) ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย ปริมาณร้อยละ 46-96 ของกรดอะมิโนทั้งหมด (มาริษา ภูภิญญกุล และคณะ, 2563) นอกจากนั้นจิ้งหรีดยังเป็นแหล่งของพลังงาน เส้นใยอาหาร และแร่ธาตุที่สำคัญ ได้แก่ เหล็ก สังกะสี และแมงกานีส เป็นต้น (Ghosh, S. et al., 2017) สอดคล้องกับการศึกษาของ สุทธิดา สุเด็น และคณะ (2564) ที่กล่าวว่า การเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีด ร้อยละ 30 ของน้ำหนักส่วนผสมแห้งทั้งหมดในผลิตภัณฑ์บราวนี่ พบว่ามีโปรตีนเพิ่มขึ้น 2.06 เท่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม และจากการศึกษาของพงศ์พิพัฒน์ สนม และกมลวรรณ แจ่มชัด (2563) ที่กล่าวว่าทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยจิ้งหรีดผงร้อยละ 25 ในผลิตภัณฑ์คุกกี้ส่งผลให้มีปริมาณโปรตีนมากถึงร้อยละ 26.14 จึงจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นแหล่งของโปรตีนทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค

6. องค์ความรู้ใหม่

งานวิจัยนี้ก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ผงจิ้งหรีด ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นส่วนประกอบในการพัฒนาเม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้เสริมผงจิ้งหรีด ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การเสริมผงจิ้งหรีดสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะปริมาณโปรตีน และตอบสนองต่อแนวโน้มการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพโดยไม่ส่งผลกระทบต่อในวงกว้าง องค์ความรู้ที่ได้จึงช่วยเติมเต็มช่องว่างของงานวิจัยเดิมที่มุ่งเน้นเพียงการลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตหรือเพิ่มเส้นใยอาหาร โดยขยายขอบเขตการประยุกต์ใช้โปรตีนจากแมลงไปสู่ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเชิงหน้าที่ (Functional beverage components) องค์ความรู้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารทางเลือกที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนสนับสนุนการประยุกต์ใช้โปรตีนจากแมลงในอุตสาหกรรมอาหารและการพัฒนาอาหารใหม่อย่างยั่งยืนในอนาคต

7. สรุป

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า สามารถนำผงจิ้งหรีดมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้ให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นได้ โดยการเสริมผงจิ้งหรีดร้อยละ 2.5 เป็นสูตรที่มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจากสูตรควบคุม เท่ากับ 2.28 เท่า เม็ดไข่มุกบุกรสโกโก้เสริมผงจิ้งหรีดหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) มีพลังงานสะสม เท่ากับ 131 กิโลแคลอรี ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้นี้จึงมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้เป็น ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหรืออาหารเพื่อสุขภาพ และเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการใช้โปรตีนจากแมลงเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกในอุตสาหกรรมอาหารอย่างยั่งยืน

8. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์จากการวิจัย ในการทำวิจัยครั้งต่อไป

8.1 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

ควรส่งเสริมการนำผงจิ้งหรีดมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ และต่อยอดสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรมและเชิงพาณิชย์ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบและขยายโอกาสทางการตลาดของผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ

8.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

เพื่อเป็นการต่อยอดงานวิจัยนี้ควรศึกษาทิศทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ไข่มุกบุก ด้วยการใช้สเกลวัดความพอดี (Just about right Scale) เพื่อให้ได้ข้อมูลหรือทิศทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้นได้ รวมทั้งศึกษาความคงตัวและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เพื่อรองรับการพัฒนาไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์และสนับสนุนการใช้แมลงบริโภคได้เป็นแหล่งอาหารแห่งอนาคต

9. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทำวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

10. เอกสารอ้างอิง

- กองส่งเสริมความรู้และสื่อสารสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2562, สิงหาคม 26). กรมอนามัย เผยชามไข่มุกพลังงานสูง ชีตูด 1 แก้ว รับพลังงานสูงถึง 360 กิโลแคลอรี แนะเลียง ดีต่อสุขภาพ. <https://multimedia.anamai.moph.go.th/news/news260862-2/>
- ดวงรัตน์ สนนาค, ริวิสรา ชื่นประไพ, ปาริสุทธิ์ เณลิมชัยวัฒน์ และดวงกมล แสงธีรกิจ. (2566). ผลของแซนแทนกัมและกัวร์กัมต่อคุณภาพของเม้ดไข่มุกจากการใช้แป้งข้าวกล้องงอก และแป้งข้าวเหนียวคั่วทอดแทนแป้งมันสำปะหลัง. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร*, 17(1), 14-26.
- ตรีรัตน์ เกื้อจันทร์, ธัญวรัตน์ วรรัตน์, ปาริสุทธิ์ เณลิมชัยวัฒน์ และดวงกมล แสงธีรกิจ. (2567). ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของบราวนี่กรอบ. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, 16(2), 316-329.

- ธิดารัตน์ พันโท. (2563). แผลงกินได้: คุณค่าทางโภชนาการและการแปรรูปเพื่อนำไปใช้ประโยชน์. *วารสารอาหาร*, 50(1), 5-12.
- นวรรตน์ ฐานกิตติคุณ, พรทิพย์ พสุกมลเศรษฐ์ และปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์. (2564, 10-12 มีนาคม). ผลของการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งถั่วขาวต่อสมบัติทางกายภาพ ประสาทสัมผัส และฤทธิ์การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในผลิตภัณฑ์เม้ดไข่มุก [เอกสารนำเสนอ]. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 59 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ประเทศไทย.
- ปาลิตา ไม้ประเสริฐ, ชนกานต์ พยัคฆ์พันธ์, ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์, พรพวตา จันทโร, ปัทมา หิรัญโยธาส และดวงกมล แสงธีรกิจ. (2567). การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นเพลกส์ผสมผงจิ้งหรีด และการประยุกต์ในกราโนล่าบอล. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, 16(3), 772-784.
- พงศ์พิพัฒน์ สนม และกมลวรรณ แจ้งชัด. (2563). ผลของจิ้งหรีด ผงโปรตีนถั่วเหลืองสกัด และ แขนแทนกัมที่มีต่อคุณภาพคุกกี้แป้งข้าวเจ้า. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*, 14(2), 72-84.
- มาริษา ภูัญญกุล, ภูวดล หมอกยา และวิชา ตริสุวรรณ. (2563, มิถุนายน 25-26). การศึกษาลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีของจิ้งหรีดทองแดงลาย และ การประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์คุกกี้จิ้น [เอกสารนำเสนอ]. การประชุมวิชาการ บัณฑิตศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 10. มหาวิทยาลัยศิลปากร บัณฑิตวิทยาลัย, ประเทศไทย
- วัฒนพงศ์ ไจว์วัฒน์. (2565, สิงหาคม 17). รายงานชี้ตลาดขนมไข่มุกของไทยใหญ่เป็นอันดับ 2 ในอาเซียน เจ้าใหญ่อยู่กับเจ้าเล็กได้. <https://positioningmag.com/1396605>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2567, เมษายน 23). แผลง : อาหารแห่งอนาคต. <https://www.ipst.ac.th/knowledge/61703/20240423-01.html>
- สุกฤตา อนุตระกูลชัย, สมสมสร แก้วบริสุทธิ์ และยุพา หาญบุญทรง. (2557). การลดต้นทุน และเพิ่มมูลค่าการเลี้ยงจิ้งหรีดบ้าน. *วารสารแก่นเกษตร*, 42(3), 329-336.
- สุทธิดา สุเต็น, นันท์ยง เฟื่องขจรฟูง, ปัทมา หิรัญโยธาส, จิราพร วิญญุตตานนท์ และธิดารัตน์ แสนพรม. (2564). ผลของปริมาณผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพทางเนื้อสัมผัส คุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของบราวนี่ฟลาวมั้นสำปะหลัง. *วารสารวิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี*, 18(1), 42-51.
- สุทัศน์ สุวรรณ, ภพ เปียदनอก, ปัทมา อ่อนคำผาง, อัยยาดา วีระดิ, สุราษฎร์รัตน์ ชลกาญจน์, ปาณิสร์ พันธุ์เอี่ยม, ภัทรภา จันน้ำท่วม และณัฐพัชร ทับทิม. (2568). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เม้ดไข่มุกจากควินัวและบุก “บุก คาโบควินัว”. *วารสารวิชาการรัตนบุศย์*, 7(1), 107-114.
- องุ่น ลีวานิช, ยงยุทธ ไวกุล, อาจันต์ รัตนพันธุ์ และยุพา หาญบุญทรง. (2544). การสำรวจ แผลงกินได้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *วารสารแก่นเกษตร*, 29(1), 35-44.

- อรณพ ทศนอุดม, สมจิตต์ หอมจันทร์ และวรรณภา สระพินครบุรี. (2564). ผลของการใช้ผงจิ้งหรีด (*Acheta domesticus* L.) ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของคุกกี้ข้าวพองหอมมะลิ. *วารสาร มทร.อีสาน ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 14(3), 117-134.
- AOAC. (2019). *Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists* (18th ed.). Washington DC: Gaithersburg.
- Duda, A., Adamczak, J., Chelminska, P., Juskiewicz, J. & Kowalczewski, P. (2019). Quality and nutritional/textural properties of durum wheat pasta enriched with cricket powder. *Foods Journal*, 8(2), 46.
<https://doi.org/10.3390/foods8020046>
- Ghosh, S., Lee, S.M., Jung, C. & Meyer Rochow, V.B. (2017). Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *Journal of Asia Pacific Entomology*, 20(2), 686-694.
<https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.04.003>
- Ribeiro, J. C., Lima, R. C., Maia, M. R. G., Almeida, A. A., Fonseca, A. J. M., Cabrita, A. R. J. & Cunha, L. M. (2019). Impact of defatting freeze-dried edible crickets (*Acheta domesticus* and *Gryllodes sigillatus*) on the nutritive value, overall liking and sensory profile of cereal bars, *LWT- Food Science and Technology*, 113, 1-7.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108335>
- Smarzynski, K., Sarbak, P., Kowalczewski, P. L., Rozanska, M. B., Rybicka, I., Polanowska, K., Fedko, M., Kmiecik, D., Masewicz, L., Nowicki, M., Lewandowicz, J., Jezowski, P., Kacaniova, M., Slachcinski, M., Piechota, T. & Baranowska, H.M. (2021). Low-field NMR study of shortcake biscuits with cricket powder, and their nutritional and physical characteristics. *Molecules*, 26(17), 5417.
<https://doi.org/10.3390/molecules26175417>
- Stone, A. K., Tanaka, T. & Nickerson, M. T. (2019). Protein quality and physicochemical properties of commercial cricket and mealworm powders. *Journal of Food Science and Technology*, 56(7), 3355-3363.
<https://doi.org/10.1007/s13197-019-03818-2>
- Zielinska, E., Pankiewicz, U. & Sujka, M. (2021). Nutritional, physiochemical, and biological value of muffins enriched with edible insects flour. *Antioxidants (Basel)*, 10(1122), 1-17.
<https://doi.org/10.3390/antiox10071122>