

**ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำ
ต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของบราวนี่กรอบ**
Effects of Wheat Flour Substitution with Cricket Powder
(*Gryllus bimaculatus*) on Physical, Chemical and Sensory Properties of
Brownie Brittle

ตรีรัตน์ เกื้อจันทร์¹ ธัญวรัตน์ วรรัตน์¹ ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์^{1*} และ ดวงกมล แสงธีรกิจ²

Treerat Kueachan¹, Thanvarat Worrarat¹, Parisut Chalermchaiwat^{1*} and Duangkamon Sangteerakij²

Received: 29 November 2022, Revised: 28 January 2023, Accepted: 8 February 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพและการยอมรับของบราวนี่กรอบ ผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำที่เป็นวัตถุดิบในการทดลองนี้มีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 57.30 และมีปริมาณฮีستามีน 17.59 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งปลอดภัยต่อการบริโภค ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำในบราวนี่กรอบที่ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (ค่าสี และค่าความแข็ง) คุณภาพทางเคมี (ปริมาณน้ำอิสระ ความชื้น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า และพลังงาน) พบว่าปริมาณผงจิ้งหรีดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ และเถ้าเพิ่มขึ้น แต่ค่าความสว่าง (L*) ปริมาณน้ำอิสระ และคาร์โบไฮเดรตของผลิตภัณฑ์ลดลง บราวนี่กรอบที่มีปริมาณผงจิ้งหรีดมากที่สุด (ร้อยละ 30) ให้ค่าความแข็งน้อยที่สุด ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าบราวนี่กรอบทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีดที่ร้อยละ 20 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด (7.90) บราวนี่กรอบผสมผงจิ้งหรีดที่พัฒนาได้มีปริมาณน้ำอิสระ และค่าความแข็ง เท่ากับ 0.34 และ 10.49 นิวตัน (N) ตามลำดับ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ประกอบไปด้วย ความชื้น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ และเถ้า เท่ากับร้อยละ 3.57, 52.92, 21.89, 9.40, 10.15 และ 1.76 (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ ค่าพลังงานที่วิเคราะห์จากเครื่อง Bomb Calorimeter เท่ากับ 5.35 กิโลแคลอรีต่อกรัม

คำสำคัญ: บราวนี่กรอบ, ผงจิ้งหรีด, โปรตีน, ประสาทสัมผัส

¹ สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

¹ Food and Nutrition program, Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand.

² สาขาวิชาการจัดการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

² Food management program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Muang, Nakhon Pathom 73000, Thailand.

* ผู้เขียนที่ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): fagrpsch@ku.ac.th

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the effect of cricket powder content on the quality and acceptance of brownie brittle. Tong-Dam cricket powder, used as a raw material in this experiment, had a protein content of 57.30 and 17.59 mg/kg of histamine, which is safe for consumption. The research also aimed to investigate the effect of substituting wheat flour with cricket powder in brownie brittle at 0 (control formula), 10, 20 and 30% of the total flour weight. The result from physical analysis (color and texture) and chemical analysis (a_w , moisture, carbohydrate, fat, protein, crude fiber, ash and energy) showed that increasing the cricket powder increased the protein, fat, crude fiber, and ash content. However, it decreased the lightness (L^*), a_w and carbohydrate content of the product. Brownie brittle with the highest amount of cricket powder (30%) had the least hardness. The sensory evaluation conducted using a 9-point hedonic scale revealed that brownie brittle products with 20% replacement of wheat flour with cricket powder had the highest overall liking score (7.90). The developed brownie brittle with cricket powder had the a_w and hardness value of 0.34 and 10.49 N, respectively. In addition, the developed products contained moisture, carbohydrate, fat, protein, crude fiber and ash of 3.57%, 52.92%, 21.89%, 9.40%, 10.15%, and 1.76% (wet basis), respectively. The energy value determined by Bomb calorimeter was found to be 5.35 Kcal/g.

Key words: brownie brittle, cricket powder, protein, sensory

บทนำ

จิ้งหรีด เป็นแมลงที่รับประทานเป็นอาหารได้ (Edible insects) จัดเป็นแหล่งอาหารที่มีศักยภาพที่สำคัญในอนาคต เนื่องจากเป็นแหล่งของโปรตีนที่สามารถทดแทนเนื้อสัตว์ได้ (Van Huis *et al.*, 2013; Levia and Martinezb, 2017) ประกอบด้วยโปรตีนที่มีกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกายครบทุกชนิด โดยจิ้งหรีดสด 100 กรัม ให้โปรตีนอยู่ในช่วง 13.10 - 17.15 กรัม (Ritvanen *et al.*, 2020) ในขณะที่ผงจิ้งหรีดให้โปรตีนร้อยละ 46.76 - 70.00 น้ำหนักแห้ง (Ghosh *et al.*, 2017) นอกจากนั้นยังประกอบด้วยไขมันคุณภาพดี โดยมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (Polyunsaturated fatty acid, PUFA) สูง จึงเป็นแหล่งพลังงานให้แก่ร่างกายได้ อีกทั้งยังมีแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี เป็นต้น (Zielinska *et al.*,

2015; Kouřimská and Adámková, 2016) จิ้งหรีดจัดเป็นหนึ่งในแมลงเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย สามารถเพาะเลี้ยงได้ทุกภาคของประเทศ แต่นิยมเพาะเลี้ยงมากในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ขอนแก่น บุรีรัมย์ นครราชสีมา สกลนคร และนครพนม เป็นต้น โดยเฉพาะจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำ (*Gryllus bimaculatus*) เป็นจิ้งหรีดขนาดกลาง บางพื้นที่เรียก จิโหล่น ลำตัวกว้างประมาณ 0.70 เซนติเมตร ยาวประมาณ 3 เซนติเมตร ตามธรรมชาติมี 3 สี คือ สีดำ สีทอง และสีอำพัน โดยลักษณะที่เด่นชัดคือ จะมีจุดสีเหลืองที่โคนปีก 2 จุด (Association for the Development of Environmental Quality, 2020) เป็นจิ้งหรีดพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมเลี้ยงเนื่องจากเลี้ยงง่าย ขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว และพบว่าปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายและมี

ปริมาณโปรตีนมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับจิ้งหรีดพันธุ์ทองแดง (Ritvanen *et al.*, 2020) การรับประทานโปรตีนทางเลือกจากแมลงนับเป็นการช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) ที่เป็นสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน โดยการเลี้ยงโคที่มีน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ผลิตก๊าซเรือนกระจก 2.80 กิโลกรัม การเลี้ยงสุกรน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ผลิตก๊าซเรือนกระจก 1.13 กิโลกรัม ในขณะที่แมลงที่รับประทานน้ำหนัก 1 กิโลกรัม นั้นผลิตก๊าซเรือนกระจกเพียง 2 กิโลกรัม นั่นเป็นเพราะการเลี้ยงแมลงใช้อาหาร น้ำ และพื้นที่น้อยกว่า (Fleming, 2018) รวมถึงกระแสความนิยมของโปรตีนทางเลือก และอาหารแห่งอนาคตที่เพิ่มมากขึ้นในปัจจุบันจึงทำให้ผู้คนหันมาสนใจโปรตีนทางเลือกจากแมลงที่รับประทานได้มากขึ้น โดยผลิตภัณฑ์จิ้งหรีดที่ได้รับความนิยมในตลาดโลกมีหลายชนิด ทั้งในรูปแบบการบริโภคทั้งตัว เช่น การนำไปทำเป็นจิ้งหรีดทอด คั่ว อบกรอบ เป็นต้น และในรูปแบบอาหารแปรรูปด้วยการนำผงจิ้งหรีดไปใส่ในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ขนมปัง (Andrea *et al.*, 2018) พาสต้า (Carcea, 2020) โปรตีนบาร์ (Ribeiro *et al.*, 2019) บิสกิต (Smarzyński *et al.*, 2021) และเครื่องดื่ม (French, 2020) เป็นต้น ซึ่งตลาดผงจิ้งหรีดทั่วโลกมีมูลค่า 10 ล้านดอลลาร์สหรัฐในปี พ.ศ. 2561 และคาดการณ์ว่าจะมีมูลค่าสูงถึง 30 ล้านดอลลาร์สหรัฐภายในสิ้นปี พ.ศ. 2568 โดยในช่วงปี พ.ศ. 2562 - 2568 มีอัตราเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปีอยู่ที่ร้อยละ 16.80 (Sarawit, 2020; Market watch, 2022) แสดงให้เห็นถึงโอกาสในการทำธุรกิจทางด้านแมลงทั้งของเกษตรกรและผู้ประกอบการ ทั้งนี้การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากผงจิ้งหรีดทั้งในและต่างประเทศยังคงมีขีดจำกัดเนื่องจาก สัตว์ กลิ่น กลิ่นรส และรสชาติเฉพาะตัวของจิ้งหรีด ดังนั้นการเสริมผงจิ้งหรีดในผลิตภัณฑ์จึง

ควรคำนึงถึงความเข้ากันได้ผลิตภัณฑ์และการยอมรับของผู้บริโภคเป็นสำคัญด้วย

บราวนี่กรอบ (brownie brittle) เป็นรูปแบบหนึ่งของบราวนี่ ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นบางกรอบ เป็นของว่างที่นิยมของผู้บริโภคกลุ่มวัยรุ่นและวัยทำงาน Mordor Intelligence (2023) รายงานว่าบราวนี่อยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์ขนมหวานที่มีแนวโน้มอัตราการเติบโตรายปีแบบผสม ตั้งแต่ พ.ศ. 2561 - 2571 อยู่ที่ร้อยละ 7.70 และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดในแถบเอเชียแปซิฟิก โดยได้แรงหนุนจากความตระหนักด้านสุขภาพของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้น ซึ่งบราวนี่โดยทั่วไปมีส่วนผสมหลักคือ แป้งสาลี ช็อกโกแลต เนย ไข่ น้ำตาล และนมสด (Phol, 2017) ซึ่งมีแป้งสาลีเป็นส่วนประกอบหลัก มีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตสูง หากรับประทานในปริมาณมากอาจจะส่งผลให้เกิดโรคอ้วน และโรคไม่ติดต่อเรื้อรังได้ ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาบราวนี่กรอบ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่รักสุขภาพในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บราวนี่กรอบที่ผลิตจากแป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลี บราวนี่กรอบเพื่อสุขภาพจากถั่วสามสี บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยพืชมันเทศลิ้มวง และผลิตภัณฑ์บราวนี่ปราศจากกลูเตน เป็นต้น (Khumme *et al.*, 2017; Boonsean *et al.*, 2021; Hongpan *et al.*, 2021) แต่จะเห็นได้ว่ายังไม่มีรายงานวิจัยที่มีการนำผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองแดงมาใช้ในบราวนี่กรอบ ซึ่งจากการตรวจสอบเอกสารในช่วงต้นนั้นจะเห็นได้ว่าผงจิ้งหรีดสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะปริมาณโปรตีน ใยอาหาร และแร่ธาตุ ในผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบได้ อีกทั้งลักษณะของผงจิ้งหรีดที่มีสีดำ สามารถเข้ากันได้ดีกับสีของบราวนี่กรอบด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบที่มีส่วนผสมของผงจิ้งหรีด โดยการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบ และเป็นการสร้างความหลาย

หลายให้กับผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากจิ้งหรีด เป็นการเพิ่มมูลค่าและเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำ

ผงจิ้งหรีดเตรียมได้จากการนำจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำโตเต็มวัย จากเปี่ยมสุขฟาร์ม จังหวัดชัยนาท ไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดเป็นผงด้วยเครื่องบด Fitz mill (Fitzpatrick, รุ่น E-187 India) และร่อนผ่านตะแกรงที่ความละเอียด 60 Mesh (250 ไมครอน) บรรจุใส่ถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 2 องศาเซลเซียส) จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ ดังนี้

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีการของ AOAC (2019) วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ตามวิธีการของ Kjeldahl Method (AOAC, 2019) คำนวณหาปริมาณโปรตีนได้จากร้อยละของโปรตีน = ร้อยละไนโตรเจน x Kjeldahl factor (6.25) วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

วิเคราะห์ปริมาณฮิสตามีน (Histamine) ด้วยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (AOAC, 2019) รายงานหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg) วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

2. ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำในผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบ

2.1 การเตรียมสูตรบราวนี่กรอบ

ในการทดลองนี้บราวนี่กรอบมีการใช้สูตรและกรรมวิธีการผลิตตามวิธีการของ Phol (2017) เนื่องจากมีรายงานวิจัยของ Jintananaruemit *et al.* (2020) ได้ทำการศึกษาก่อนหน้านี้และพบว่าบราวนี่กรอบสูตรนี้ได้รับความนิยมความชอบโดยรวมสูงสุด วัตถุดิบในการผลิตบราวนี่กรอบ ประกอบไปด้วย

แป้งสาลีเนกประสงค์ เนย ช็อกโกแลตชิพ น้ำตาลทราย ผงโกโก้ ไข่ขาว กลิ่นวานิลลา เบกกิ้งโซดา เกลือ นมสด และน้ำเปล่า (Table 1) กรรมวิธีในการผลิตเริ่มจากการเปิดเตาอบที่ 180 องศาเซลเซียส เตรียมถาดอบรองด้วยแผ่นซีลีโคน นำเนย และช็อกโกแลตชิพใส่ในชาม สแตนเลส นำไปตั้งบนหม้อน้ำร้อน คนให้ละลายดี ใส่ผงโกโก้ น้ำตาลทราย ไข่ขาว ร่อนแป้ง เบกกิ้งโซดา และเกลือใส่ลงไปคนให้เข้ากัน แล้วใส่กลิ่นวานิลลา คนให้เข้ากันดี ตามด้วยนมสด และน้ำสะอาด นำส่วนผสมบราวนี่ไปตลงบนถาดอบขนาดกว้าง x ยาว เท่ากับ 55x42 เซนติเมตร โดยให้เนื้อบราวนี่มีความหนา 1 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปอบเป็นเวลา 13 นาที แล้วใช้มีดตัดแบ่ง ตัดแบ่งบราวนี่ขนาดกว้าง x ยาว เท่ากับ 1x1.5 นิ้ว พักให้เย็นลงบนถาด 3 นาที แล้วนำมาบรรจุใส่ถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน ปิดสนิท เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพในขั้นตอนต่อไป

2.2 ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำในผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบ

ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำในบราวนี่กรอบ โดยวางแผนการทดลองแบบ สุ่มสมบูรณ์ (Complete Block Design; CRD) ศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีด 3 ระดับ คือร้อยละ 10 (B1), 20 (B2) และ 30 (B3) ของน้ำหนักแป้ง โดยมีสูตรที่ไม่ใส่ผงจิ้งหรีดเป็นสูตรควบคุม (Control) ส่วนผสมของบราวนี่กรอบ แสดงดัง Table 1 จากนั้นนำไปประเมินคุณภาพต่าง ๆ ดังนี้

2.2.1 คุณภาพทางกายภาพ

วัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Colourflex ประเทศสหรัฐอเมริกา วัดค่าสีในระบบ CIE Lab โดยค่าสี L* (ค่าความสว่างมีค่า 0-100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ ค่า 100 หมายถึง วัตถุที่มีค่าความสว่างสีขาว) ค่าสี a* (+ หมายถึง วัตถุที่มีสีแดง, - หมายถึง วัตถุที่มีสีเขียว) ค่าสี b* (+ หมายถึง

วัตถุที่มีสีเหลือง, - หมายถึง วัตถุที่มีสีน้ำเงิน) วัดค่า
ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

วัดค่าเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่องวัดค่าเนื้อ
สัมผัส (Texture analyzer) รุ่น TA.XT plus, Stable Micro
Systems Texture analyzer ประเทศอังกฤษ ตามวิธีการ
ของ Keeratipibul *et al.* (2008) โดยนำบราวนี่กรอบ
ขนาดกว้าง × ยาว 1×1.5 นิ้ว มาวัดค่าความแข็ง ด้วย
หัววัด cylinder probe (P/2) รายงานผลเป็นหน่วยนิวตัน
(N) วัดค่าตัวอย่างละ 5 ซ้ำ

2.2.2 คุณภาพทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ
ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ
และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการของ AOAC (2019) วัด
ค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

วัดค่าปริมาณน้ำอิสระ ด้วยเครื่องวัด
วอเตอร์แอกทิวิตี (Water activity) ยี่ห้อ Aqualab รุ่น
RS-232 ประเทศสหรัฐอเมริกา วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

วัดค่าพลังงานสะสม โดยใช้เครื่อง

Bomb Calorimeter ยี่ห้อ PARR รุ่น 6100 ประเทศ
สหรัฐอเมริกา รายงานเป็นหน่วยกิโลแคลอรีต่อกรัม
(kcal/g) วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

2.2.3 การประเมินทางประสาทสัมผัส

การประเมินทางประสาทสัมผัส ด้วย
วิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale)
กับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนกลุ่มเป้าหมาย อายุ
ระหว่าง 18-35 ปี จำนวน 50 คน ซึ่งเป็นนิสิตและ
บุคลากรของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน
กรุงเทพมหานคร โดยมีข้อกำหนดว่าต้องเป็นผู้ที่
สามารถบริโภคแมลงได้และไม่มีอาการแพ้ต่อ
ส่วนผสมของบราวนี่กรอบ และต้องเป็นผู้ทดสอบชิม
ที่เคยรับประทานบราวนี่กรอบมาก่อน คุณลักษณะที่ทำให้
การประเมินความชอบ ได้แก่ สี ความกรอบ รสชาติ
กลิ่นรส และความชอบโดยรวม

Table 1 Brownie brittle recipe

Ingredients	Control	B1	B2	B3
Wheat flour (g)	110	99	88	77
Cricket powder (g)	-	11	22	33
Unsalted butter (g)	60	60	60	60
Chocolate chips (g)	160	160	160	160
Sugar (g)	150	150	150	150
Cocoa powder (g)	15	15	15	15
Egg white (eggs)	2	2	2	2
Vanilla extract (g)	5	5	5	5
Baking soda (g)	1.25	1.25	1.25	1.25
Salt (g)	1.25	1.25	1.25	1.25
Milk (g)	10	10	10	10
Water (g)	5	5	5	5

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) สำหรับการประเมินทางประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลการเตรียมผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำ

ผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีปริมาณความชื้น เท่ากับ ร้อยละ 5.24 ± 0.01 มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ ร้อยละ 57.30 ± 0.05 ใกล้เคียงกับรายงานการศึกษาของ Mafu *et al.* (2022) ที่พบว่า จิ้งหรีดพันธุ์ทองดำมีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 55.11 และ Phesatcha *et al.* (2022) พบว่ามีปริมาณโปรตีนเท่ากับ ร้อยละ 54.10 ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าการศึกษาของ Montowska *et al.* (2019) ที่รายงานว่าผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองแดงลาย (สะตัง) *Acheta domesticus* มีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 42–45.80 จะเห็นได้ว่าปริมาณโปรตีนในผงจิ้งหรีดพันธุ์ต่าง ๆ จะอยู่ในช่วงร้อยละ 46.76 – 70 (Ghosh *et al.*, 2017)

สำหรับฮีสตามีนเป็นเอมีนชนิดหนึ่งมีคุณสมบัติที่ทนความร้อนได้ สามารถผลิตได้จากแบคทีเรียบางชนิดโดยจะเปลี่ยนฮีสทิดีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่งไปเป็นฮีสตามีน ซึ่งเป็นสารก่อภูมิแพ้ในระบบทางเดินอาหารและระบบทางเดินหายใจ อาจทำให้เกิดอาการผื่นคันตั้งแต่เล็กน้อย เช่น ผื่นแดง ลมพิษ อาเจียน หอบหืด หรือมีอาการ

มากจนถึงขั้นเสียชีวิตได้ สามารถพบในอาหารประเภทโปรตีนรวมถึงแมลงที่อาจเกิดการปนเปื้อนในขั้นตอนการประกอบอาหาร (Department of medical science, 2013) ผลการวิเคราะห์ปริมาณฮีสตามีนในผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีปริมาณ เท่ากับ 17.59 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคตามรายงานขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013) ที่รายงานว่าปริมาณฮีสตามีนที่ปลอดภัยต่อการบริโภคจะต้องไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

2. ผลของปริมาณผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพทางกายภาพเคมี และประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบ

2.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบ

ผลการวัดค่าสี พบว่า บราวนี่กรอบสูตร control มีค่าความสว่าง (L^*) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับบราวนี่กรอบที่มีผงจิ้งหรีดทั้ง 3 สูตร โดยบราวนี่กรอบสูตร control มีค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุด และค่าความสว่างลดลงเมื่อมีการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีด (Table 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tassanaudom *et al.* (2021) พบว่าการเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้ข้าวพองแปรผันโดยตรงกับค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ โดยการเพิ่มของปริมาณผงจิ้งหรีดส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม แต่เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีดจนถึงร้อยละ 30 พบว่า ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และ ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ไม่มีความแตกต่างกันกับบราวนี่กรอบสูตร control

ผลการวัดค่าความแข็ง แสดงดัง Table 2 พบว่าสูตรที่มีการทดแทนด้วยปริมาณผงจิ้งหรีดมาก

ที่สุด (ร้อยละ 30) ทำให้ความสามารถในการยึดเกาะกันของวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบลดน้อยลง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งแรงลดลง การทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าบราวนี่กรอบสูตร B3 มีค่าความแข็งแรงน้อยที่สุด (6.74 N) เนื่องจากมีปริมาณผงจิ้งหรีดมากที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ Sanom and Jangchud (2020) รายงานว่าปริมาณของผงจิ้งหรีดที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าความแข็งแรงของคุกกี้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และรายงานการศึกษา

ของ Pauter *et al.* (2018) พบว่าการเติมผงจิ้งหรีดลงในมัพฟินทำให้ค่าความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม เนื่องจากความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์เบเกอร์ขึ้นอยู่กับปริมาณอะมิโนเพคตินและอะมิโลสของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก ดังนั้นปริมาณของแป้งสาลีที่ลดลงจึงส่งผลต่อความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ (Gómez *et al.*, 2003; Martinez-Cervera *et al.*, 2011; Pauter *et al.*, 2018)

Table 2 Physical properties of brownie brittle

Treatment	Physical properties			Hardness (N)
	Color value			
	L*	a*	b*	
Control	27.46 $\pm$ 0.31 ^a	7.94 $\pm$ 0.70 ^a	5.42 $\pm$ 0.79 ^a	9.62 $\pm$ 0.27 ^a
B1	26.75 $\pm$ 0.07 ^b	6.61 $\pm$ 0.16 ^b	4.26 $\pm$ 0.24 ^b	10.02 $\pm$ 0.23 ^a
B2	25.83 $\pm$ 0.12 ^c	6.56 $\pm$ 0.36 ^b	4.29 $\pm$ 0.25 ^b	10.49 $\pm$ 0.41 ^a
B3	27.05 $\pm$ 0.11 ^b	7.34 $\pm$ 0.52 ^{ab}	5.21 $\pm$ 0.61 ^a	6.74 $\pm$ 1.43 ^b

Mean $\pm$ SD with different lowercase superscripts in each column are significantly ($p \leq 0.05$) different.

2.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี แสดงดัง Table 3 พบว่า ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของสูตร control สูตรที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีดร้อยละ 10 (B1) และ 20 (B2) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่สูตรที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีดร้อยละ 30 (B3) มีค่า a_w น้อยที่สุด สอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ Tassanaudom *et al.* (2021) และ Sanom and Jangchud (2020) ที่รายงานว่าค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณของผงจิ้งหรีดที่เติมลงไปมีปริมาณเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามค่า a_w ของบราวนี่กรอบทั้ง 4 สูตรอยู่ในช่วง 0.30 - 0.35

ใกล้เคียงกับค่า a_w ของผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำที่นำมาใช้ในการทดลองนี้ที่เท่ากับ 0.36 ซึ่งมีค่า a_w ตรงตามเกณฑ์มาตรฐานของขนมปังกรอบ (มผช. 523/2563 และ มอก.เอส 96-2563) (Ministry of Industry, 2020a; 2020b) โดยค่าปริมาณน้ำอิสระของอาหาร มีความเกี่ยวข้องกับการเจริญของจุลินทรีย์ ทั้งแบคทีเรียยีสต์ และรา ดังนั้นเมื่อลดค่า a_w ให้ต่ำกว่า 0.60 ซึ่งเป็นช่วงที่จุลินทรีย์ทุกชนิดไม่สามารถเจริญได้ แสดงให้เห็นว่าจะทำให้อาหารปลอดภัยจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น (Public Health England, 2020) การเติมผงจิ้งหรีดลงไปในส่วนผสมทำให้มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจาก

ในผงจิ้งหรีดมีปริมาณของใยอาหารถึงร้อยละ 10 (Udomsil *et al.*, 2019) ซึ่งมีความสามารถในการเก็บกักความชื้นไว้ได้มากกว่าแป้งสาลีที่มีปริมาณของใยอาหารเพียงร้อยละ 3 (Jaekel *et al.*, 2012; Suten *et al.*, 2021)

ผลการศึกษาปริมาณคาร์โบไฮเดรตของบรวนี่กรอบพบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณของผงจิ้งหรีดในส่วนผสมเพิ่มขึ้น โดยบรวนี่กรอบสูตร control มีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดเนื่องจากมีส่วนผสมของแป้งสาลีมากที่สุด และเมื่อเพิ่มปริมาณของผงจิ้งหรีดร้อยละ 10, 20 และ 30 ส่งผลให้ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตในผลิตภัณฑ์ลดลงจากร้อยละ 58.31 เป็นร้อยละ 56.32, 52.92 และ 50.70 น้ำหนักเปียก ตามลำดับ สอดคล้องกับปริมาณของโปรตีนที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณของผงจิ้งหรีดในสูตร โดยบรวนี่กรอบสูตร B3 ซึ่งเป็นสูตรที่มีการทดแทนด้วยผงจิ้งหรีดปริมาณมากที่สุด (ร้อยละ 30) มีปริมาณโปรตีนมากที่สุด และ บรวนี่กรอบสูตร control มีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุด สอดคล้องกับ Phupinyokul *et al.* (2020) ที่ประยุกต์ใช้จิ้งหรีดทองแดงลายในผลิตภัณฑ์คุกกี้จิ้น ผลการศึกษาพบว่าเมื่อเติมผงจิ้งหรีดลงในผลิตภัณฑ์คุกกี้จิ้นทำให้ปริมาณโปรตีนของคุกกี้เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 6.69 เป็น 12.91 ซึ่งผลการศึกษาปริมาณไขมันเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดเนื่องจากผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำมีปริมาณไขมันร้อยละ 23.40 น้ำหนักแห้ง Udomsil *et al.* (2019) ผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาการใช้ผงจิ้งหรีดทดแทนแป้งสาลีในขนมปังของ Mafu *et al.* (2022) รายงานว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีดในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณโปรตีน ไขมัน และเกลือแร่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

โดยสูตรที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีดมากที่สุดคือ ร้อยละ 30 จากน้ำหนักแป้งมีปริมาณโปรตีนไขมัน และเกลือแร่มากที่สุด เนื่องจากจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำมีปริมาณโปรตีน ไขมันและเกลือแร่ ร้อยละ 60.7, 23.4 และ 2.80 น้ำหนักแห้ง (Udomsil *et al.*, 2019) ถึงแม้ว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะลดลงแต่พบว่าปริมาณของเส้นใยหยาบของบรวนี่กรอบมีเพิ่มขึ้น ตามรายงานการศึกษาของ Udomsil *et al.* (2019) พบว่าจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำมีปริมาณเส้นใยหยาบ ร้อยละ 10 น้ำหนักแห้ง ผลการศึกษาพบว่าบรวนี่กรอบที่เติมผงจิ้งหรีด ร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง มีปริมาณเส้นใยหยาบเพิ่มขึ้นเท่ากับ ร้อยละ 9.36, 9.65, 10.15 และ 11.61 ตามลำดับ Stull *et al.* (2018) ได้ศึกษาการเติมผงจิ้งหรีดลงไปในอาหารเช้า ซึ่งประกอบไปด้วยมัมฟฟิน 1 ชิ้นและผงช็อกโกแลตมอลต์ชงดื่ม 1 แก้ว โดยอาหารเช้าสูตรที่มีการเติมผงจิ้งหรีดมีปริมาณใยอาหาร ร้อยละ 5.57 ต่อสูตร และอาหารเช้าที่ไม่ได้เติมผงจิ้งหรีด มีปริมาณใยอาหาร ร้อยละ 3.37 ต่อสูตร ผลการศึกษาพบว่าการบริโภคผงจิ้งหรีด 25 กรัมต่อวัน และบริโภคต่อเนื่องเป็นเวลา 14 วันมีความปลอดภัย และไม่พบผลข้างเคียง อีกทั้งผงจิ้งหรีดยังช่วยในการเจริญเติบโตของเชื้อ *Bifidobacterium animalis* spp. ซึ่งเป็นเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติก (Probiotic) ได้อีกด้วย

ผลการศึกษาปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์พบว่าเมื่อมีการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีดส่งผลให้ปริมาณของเถ้าเพิ่มขึ้นเช่นกัน เนื่องจากจิ้งหรีดอุดมไปด้วยโซเดียม 450.1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง ฟอสฟอรัส 906.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง โพแทสเซียม 1065.2 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง (Phesatcha *et al.*, 2021) บรวนี่กรอบทั้ง 4 สูตร มีปริมาณพลังงานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากการทดลอง

ครั้งนี้ ผงจิ้งหรีดที่นำมาใช้ในการทดแทนแป้งสาลีให้พลังงานใกล้เคียงกับแป้งสาลี โดยผงจิ้งหรีด 1 กรัม ให้พลังงาน 4.47 กิโลแคลอรี (Phesatcha *et al.*, 2022)

แป้งสาลี 1 กรัม ให้พลังงาน 3.39 กิโลแคลอรี (Ministry of Public Health, 2018)

Table 3 Chemical properties of brownie brittle with cricket powder

Chemical properties	Treatment			
	Control	B1	B2	B3
Water activity (a_w)	0.35±0.01 ^a	0.33±0.01 ^a	0.34±0.02 ^a	0.30±0.01 ^b
Moisture content (%wet basis)	1.87±0.02 ^d	2.21±0.02 ^c	3.57±0.01 ^a	2.59±0.02 ^b
Carbohydrate (%wet basis)	58.31±0.01 ^a	56.32±0.01 ^b	52.92±0.01 ^c	50.70±0.01 ^d
Fat (%wet basis)	21.08±0.43 ^b	21.64±0.48 ^{ab}	21.89±0.33 ^{ab}	22.60±0.34 ^a
Protein (%wet basis)	7.78±0.18 ^d	8.44±0.40 ^c	9.40±0.08 ^b	10.47±0.44 ^a
Crude fiber (%wet basis)	9.36±0.00 ^d	9.65±0.00 ^c	10.15±0.00 ^b	11.61±0.00 ^a
Ash (%wet basis)	1.61±0.02 ^c	1.66±0.01 ^{bc}	1.76±0.03 ^{ab}	1.83±0.10 ^a
Energy ^{ns} (Kcal/g)	5.24±0.03	5.36±0.10	5.35±0.06	5.36±0.07

Mean ± SD with different lowercase superscripts in each row are significantly ($p \leq 0.05$) different.

ns = indicates a non-significant effect ($p > 0.05$).

2.3 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของบราวนี่กรอบ พบว่าการใช้ผงจิ้งหรีดทดแทนแป้งสาลีในบราวนี่กรอบไม่ส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านสี โดยคะแนนความชอบทางด้านสีของบราวนี่กรอบทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่ด้านความกรอบ รสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตร control ได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวมน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับบราวนี่กรอบสูตรอื่น และบราวนี่กรอบสูตร B2 (ผงจิ้งหรีด ร้อยละ 20) ได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวมมากที่สุด โดยมีระดับคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.90) แสดงดัง Table 4 ผล

การศึกษาเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับรายงานการศึกษาของ Mafu *et al.* (2022) ที่พบว่า การเพิ่มปริมาณของผงจิ้งหรีด ร้อยละ 20 ในขนมปังได้รับคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อนำสูตรนี้มาเปรียบเทียบกับขนมปังทางการค้าพบว่ายังได้รับคะแนนความชอบน้อยกว่าในทุกคุณลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม ในขณะที่ผลจากการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากขึ้น นั่นอาจเป็นเพราะผงจิ้งหรีดทองคำเข้ากันได้ดีกับผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบส่งผลให้ลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านความ

กรอบ รสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวมเป็นที่ยอมรับมากขึ้นกว่าสูตรที่ไม่มีผงจิ้งหรีด

ดังนั้น ผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบที่พัฒนาได้ และได้รับคะแนนความชอบสูงสุด คือ สูตรที่มีปริมาณผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำทดแทนแป้งสาลี ร้อยละ

20 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เป็นสี่เหลี่ยมขนาด 1×1.5 นิ้ว ความหนา 1 มิลลิเมตร สีน้ำตาลเข้ม กลิ่นรสช็อกโกแลต มีความกรอบ แสดงดัง Figure 1 ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระ และค่าความแข็ง เท่ากับ 0.34 และ 10.49 นิวตัน (N) ตามลำดับ

Table 4 Sensory evaluation of brownie brittle with cricket powder

Treatment	Sensory attributes				
	Color ^{ns}	Crispiness	Taste	Flavor	Overall liking
Control	7.70±1.26	7.48 ± 1.66 ^b	6.58±1.87 ^b	6.62±1.66 ^b	6.72 ± 1.44 ^c
B1	7.60±1.26	8.12 ± 1.17 ^a	7.56±1.50 ^a	7.38±1.49 ^a	7.62 ± 1.19 ^{ab}
B2	7.82±1.11	7.84 ± 1.21 ^{ab}	7.76±1.15 ^a	7.58±1.12 ^a	7.90 ± 0.91 ^a
B3	7.84±1.26	7.94± 1.50 ^{ab}	7.12±1.81 ^{ab}	7.02±1.78 ^{ab}	7.12± 1.71 ^{bc}

Mean ± SD with different lowercase superscripts in each column are significantly ($p \leq 0.05$) different.

ns = indicates a non-significant effect ($p > 0.05$).



Figure 1 Developed brownie brittle with cricket powder

สรุป

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถนำผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำมาใช้ในการทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ บราวนี่กรอบให้มีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับได้ โดยการใส่ผงจิ้งหรีดที่ปริมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักแป้ง สามารถเข้ากันได้ดีกับสี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และรสชาติของผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบ ได้รับการยอมรับโดยมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง อีกทั้งในด้านคุณค่าทางโภชนาการส่งผลให้ปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ และเถ้า

เพิ่มขึ้นจากสูตรบราวนี่กรอบปกติถึง 1.2, 1.04, 1.08 และ 1.09 เท่า ตามลำดับ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางการนำผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำของไทยมาพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากแมลง ซึ่งเป็นการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากจิ้งหรีด แหล่งโปรตีนแห่งอนาคต ช่วยเพิ่มมูลค่า และความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ และส่งเสริมสุขภาพได้อีกทางหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทำวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Andrea, O., Milanović, V., Cardinali, F., Roncolini, A., Garofalo, C., Clementi, F., Pasquini, M., Mozzon, M., Foligni, R., Raffaelli, N., Zamporlini, F. and Aquilanti, L. 2018. Bread enriched with cricket powder (*Acheta domesticus*): A technological, microbiological and nutritional evaluation. **Innovative Food Science & Emerging Technologies** 48: 150-163.
- AOAC. 2019. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis of AOAC International**. 21sted. Washington DC.
- Association for the Development of Environmental Quality. 2020. **Two-spotted Cricket**. Available Source: <https://adeq.or.th/two-spotted-cricket/>, November 11, 2022. (in Thai)
- Boonsean, S., Boonbai, N., Poonyim, S., Sirisubjareon, A., Ngamnikom, P. and Surin, S. 2021. Development of healthy brownie from three colored beans. **RMUTT Research Journal** 20(1): 30-39. (in Thai)
- Carcea, M. 2020. Quality and Nutritional/Textural Properties of Durum Wheat Pasta Enriched with Cricket Powder. **Foods** 9(9): 1-4.

- Department of medical science. 2013. **Department of Science warns allergic patients eating fried insects is dangerous**. Available Source: <http://bqsf.dmsc.moph.go.th/bqsfWeb/wp-content/uploads/2017/Publish/consumer-report/2557/14%20O%20ct%2056.pdf>, January 20, 2023. (in Thai)
- Fleming, S. 2018. **Good grub: why we might be eating insects soon**. Available Source: <https://www.weforum.org/agenda/2018/07/good-grub-why-we-might-be-eating-insects-soon/>, November 1, 2022.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013. **Public Health Risks of Histamine and other Biogenic Amines from Fish and Fishery Products; Meeting report**. Available Source: https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agns/pdf/Histamine/Histamine_AdHocfinal.pdf, October 11, 2022.
- French, P. 2020. **Tokyo startup launches cricket-flavoured beer**. Available Source: <https://www.thedrinksbusiness.com/2020/02/tokyo-startup-launches-cricket-flavoured-beer/>, January 20, 2023.
- Ghosh, S., Lee, S.M., Jung, C. and Meyer-Rochow, V.B. 2017. Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. **Journal of Asia-Pacific Entomology** 20: 686-694.
- Gómez, M., Ronda, F., Blanco, C.A., Caballero, P.A. and Apesteguia, A. 2003. Effect of dietary fiber on dough rheology and bread quality.

- European Food Research and Technology** 216: 51-56.
- Hongpan, N., Chainarong, K. and Kalawong, S. 2021. Study of partial substitution levels of wheat flour with purple sweet potato puree on qualities of brownies. **Burapha Science Journal** 26(3): 1745-1761. (in Thai)
- Jaekel, L. Z., Batista da Silva, C., Steel, C. J. and Chang, Y. K. 2012. Influence of xylanase addition on the characteristics of loaf bread prepared with white flour or whole grain wheat flour. **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas** 32(4): 844-849.
- Jintananaruemit, P., Techakriengkrai, T., Jamphon, A., Duangnum, S., Maneerattanasuporn, T. and Pasukamonset, P. 2020. Product development of crispy brownies fortified with bio calcium from Tuna bone powder. **Journal of science KKU** 48(4): 492-501. (in Thai)
- Keeratipibul, S., Luangsakul, N. and Lertsachayam, T. 2008. The effect of Thai glutinous rice cultivars grain length and cultivating locations on the quality of rice cracker (arare). **LWT-Food Science and Technology** 41: 1934-1943.
- Khummee, V., Akaraeaktalin, A., Lauraj, C. and Rungrueang, C. 2017. Development of brownies cracker by using banana flour substituted wheat flour, pp. 937-946. *In The 4th National Academic Conference*. Research and development institute, Kamphaeng Phet Rajabhat University. (in Thai)
- Kouřimská, L. and Adámková, A. 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. **NFS Journal** 4: 22-26.
- Levia, A. J. and Martinezb, J. J. I. 2017. The high level of protein content reported in insects for food and feed is overestimated. **Journal of Food Composition and Analysis** 62: 184-188.
- Mafu, A., Ketnawa, S., Phongthai, S., Schönlechner, R. and Rawdkuen, S. 2022. Whole wheat bread enriched with cricket powder as an alternative protein. **Foods** 11 (2142): 1-13.
- Market watch. 2022. **Cricket Protein Powders Market Share 2022 Trends, Growth Rate Analysis, Industry Demand, Development Plans, Strategies and Top Regions Forecast till 2025**. Available Source: <https://www.marketwatch.com/press-release/cricket-protein-powders-market-share-2022-trends-growth-rate-analysis-industry-demand-development-plans-strategies-and-top-regions-forecast-till-2025-2022-06-03>, August 1, 2022.
- Martinez-Cervera, S., Salvador, A., Muguerza, B., Moulay, L. and Fiszman, S. M. 2011. Cocoa fibre its application as a fat replacer in chocolate muffins. **Journal of Food Science and Technology** 44: 729-736.
- Ministry of Industry. 2020a. **Thai Community Product Standard: Crackers and Biscuits (523/2563)**. Available Source: [https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0523_63\(%E0%B8%82%E0%B8%99%E0%B8%A1%E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%81%E](https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0523_63(%E0%B8%82%E0%B8%99%E0%B8%A1%E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%81%E)

- 0%B8%A3%E0%B8%AD%E0%B8%9A). pdf, August 4, 2022. (in Thai)
- Ministry of Industry. 2020b. **Thai SMEs Standard: Biscuits and Crackers (96–2563)**. Available Source: <https://www.tisi.go.th/assets/website/pdf/tiss/96-2563.pdf>, August 4, 2022. (in Thai)
- Ministry of Public Health. 2018. **Food composition table of Thai foods**. Bureau of Nutrition, Ministry of Public Health, Bangkok. (in Thai)
- Montowska, M., Kowalczewski, P., Rybicka, I. and Fornal, E. 2019. Nutritional value, protein and peptide composition of edible cricket powders. **Food Chemistry** 289: 130-138.
- Mordor Intelligence. 2023. **Global Dessert Mixes Market – Growth, Trends, Covid-19 impact, and Forecasts (2023-2028)**. Available Source: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-dessert-mixes-market>, January 20, 2023.
- Pauter, P., Różańska, M.B., Wiza, P., Dworczak, S., Grobelna, N., Sarbak, P. and Kowalczewski, P. 2018. Effects of the replacement of wheat flour with cricket powder on the characteristics of muffins. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria** 17(3):227-233.
- Phesatcha, B., Phesatcha, K., Viennaxay, B., Matra, M., Totakul, P. and Wanapat, M. 2022. Cricket meal (*Gryllus bimaculatus*) as a protein supplement on in vitro Fermentation characteristics and methane mitigation. **Insects** 13(2): 129: 1-10.
- Phesatcha, K., Phesatcha, B., Chunwijitra, K. and Wanapat, M. 2021. Effect of local feed resources on the production performance and nutritional composition of the cricket (*Gryllus bimaculatus* De Geer). **Khon Kaen Agriculture Journal** 50(1): 548-557. (in Thai)
- Phol. 2017. **Brownie Brittle**. Available Source: <https://bit.ly/3zW6xmx>, August 12, 2022. (in Thai)
- Phupinyokul, M. Morkya, P. and Treesuwan, W. 2020. Physical properties and chemical composition of cricket and application in Chinese cookie, pp. 1-8. *In Proceedings of the 10th National and International Graduate Study Conference*. Silpakorn University, Graduate School. (in Thai)
- Public Health England. 2020. **Determination of water activity in food. National Infection Service Food Water and Environmental Microbiology Standard Method**. Available Source: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/864740/Determination_of_Water_Activity_in_Food__4_.pdf, January 22, 2023.
- Ribeiro, J. C., Lima, R. C., Maia, M. R. G., Almeida, A. A., Fonseca, A. J. M., Cabrita, A. R. J. and 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.
- Ritvanen, T., Pastell, H., Welling, A. and Raatikainen, M. 2020. The nitrogen-to-protein conversion factor of two cricket species - *Acheta domesticus*

- and *Gryllus bimaculatus*. **Agricultural and Food Science** 29: 1-5.
- Sanom, P. and Jangchud, K. 2020. Effect of cricket (*Acheta Domesticus*) powder, soy protein isolate and xanthan gum on the qualities of rice flour based cookies. **RMUTP Research Journal** 14(2): 72-84. (in Thai)
- Sarawit. 2020. "Cricket" is a hot alternative protein. Thai business opportunity to hit the world market. Available Source: <https://www.nstda.or.th/sci2pub/cricket-business/>, August 2, 2022. (in Thai)
- Smarzyński, K., Sarbak, P., Kowalczewski, P. Ł., Róžańska, M.B., Rybicka, I., Polanowska, K., Fedko, M., Kmiecik, D., Masewicz, Ł., Nowicki, M., Lewandowicz, J., Jeżowski, P., Kačániová, M., Ślachciński, M., Piechota, T. and Baranowska, H.M. 2021. Low-field NMR study of shortcake biscuits with cricket powder, and their nutritional and physical characteristics. **Molecules** 26(17): 1-18.
- Stull, V.J., Finer, E., Bergmans, R.S., Febvre, H.P., Longhurst, C., Manter, D.K., Patz, J.A. and Weir, T.L. 2018. **Scientific Report** 8 (10762): 1-13.
- Suten, S., Fuengkajhornfung, N., Hirunyophat, P., Weenuttranon, J. and Sanphom, T. 2021. Effects of house cricket (*Acheta domesticus*) powder on the texture, sensory properties and nutritional values of cassava flour-brownies. **PBRU Science Journal** 18(1): 42-51. (in Thai)
- Tassanaudom, U., Homchan, S. and Srapinkomburee, W. 2021. Effects of partial substitution of wheat flour with Cricket (*Acheta domesticus* L.) powder on the physicochemical characteristics of puffed Jasmine rice cookies. **RMUTJ Journal Science and Technology** 14(3): 117-134. (in Thai)
- Udomsil, N., Imsoonthornruksa, S., Goslawit, C. and Ketudat-Cairns, M. 2019. Nutritional Values and Functional Properties of House Cricket (*Acheta domesticus*) and Field Cricket (*Gryllus bimaculatus*). **Food Science and Technology Research** 25(4): 597-605.
- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. and Vantomme, P. 2013. **Edible insects: future prospects for food and feed security**. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Zielinska, Y., Baraniak, B., Karas, M., Rybczynska, K. and Akubczyk, A. 2015. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. **Food Research International** 77: 460-466.