

ผลของการใช้ผงจิ้งหรีด (*Acheta domesticus* L.) ทดแทนแป้งสาลีบางส่วน
ต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของคุกกี้ข้าวพองหอมมะลิ

Effects of Partial Substitution of Wheat Flour with Cricket (*Acheta domesticus* L.) Powder on the Physicochemical Characteristics of Puffed Jasmine Rice Cookies

อรรณพ ทศนอุดม¹ สมจิตต์ หอมจันทร์² และวรรณภา สระพินครบุรี^{1*}

Unnop Tassanaudom¹ Somjit Homchan² and Wannapa Srapinkornburee^{1*}

Received: August 3, 2021; Revised: November 25, 2021; Accepted: November 26, 2021

บทคัดย่อ

ลักษณะทางเคมีกายภาพ และกลิ่นรสเฉพาะตัวของจิ้งหรีด ยังคงเป็นปัญหาหลักในผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมโปรตีนจากจิ้งหรีด งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาสูตรต้นแบบคุกกี้ข้าวพองเสริมโปรตีนจิ้งหรีด และศึกษาผลของปริมาณผงจิ้งหรีดต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมโปรตีนจิ้งหรีด ผลการศึกษาพบว่า คุกกี้ข้าวพองเสริมผงจิ้งหรีดร้อยละ 30 ทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตรได้รับคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก โดยจำนวนผู้ทดสอบชิมที่ให้คะแนน 7 - 9 สูงถึงร้อยละ 80.54 - 85.25 และร้อยละ 74 - 84 เห็นว่าคุณลักษณะในแต่ละด้านอยู่ในระดับที่พอดีแล้ว การเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดทำให้ค่าการสูญเสียจากการอบ (Bake Loss) ค่าสัดส่วนการขยายตัว (Spread Ratio) และค่า Spread Factor ลดลง 2.90 g/ 100 g ร้อยละ 2.03 และ 2.03 แต่จะทำให้ค่าความแข็ง (Hardness) และค่า Fracturability เพิ่มสูงขึ้น (ร้อยละ 17 และ 6.4) และทำให้ความหนาของชั้นคุกกี้และรูพรุนของเนื้อคุกกี้เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของคุกกี้จับตัวกันแน่น และแตกยากขึ้น ทั้งนี้คุกกี้ข้าวพองเสริมผงจิ้งหรีดร้อยละ 30 มีคุณภาพและความปลอดภัยเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 237 และ 416 และยังสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนคุกกี้ (มพช. 118/2555)

คำสำคัญ : จิ้งหรีด; คุกกี้; ข้าวพอง; ข้าวหอมมะลิ; เคมีกายภาพ

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก

² คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

¹ Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Phitsanulok

² Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok

* Corresponding Author E - mail Address: wannapa_noo@rmutl.ac.th

Abstract

Physicochemical characteristic and unique flavor of cricket powder were the major factors that cause a serious problem in development of high protein snack foods. This study was aimed to develop puffed jasmine rice cookies enriched with cricket protein and investigated effect of cricket powder on physicochemical characteristics of cricket protein enriched cookies. The results showed that the substitution with cricket powder at 30 % had the highest mean hedonic scores ranged from ‘like moderately’ to ‘like very much’ for all attributes. The hedonic scores (7 - 9) were obtained from 80.54 - 85.25 % of total panelists. The acceptability of each attribute was rated as just right intensity by 74 - 84 % of total panelists. Elevated flour replacement led to decreasing in bake loss, spread ratio and spread factor as 2.90 g/100g, 2.03 and 2.03 %, however, hardness and fracturability were increased (17 and 6.4 %). Increasing of thickness and fine porosity of cookies lead to denser resulting in higher force requirement to crack cookie samples. The quality and safety of developed cricket powder cookie were in accordance with the Notification of the Ministry of Public Health (No. 237 and 416) as well as specification guideline by Thai Community Product Standards (TCPS 118/2012: cookies).

Keywords: Cricket (*Acheta domesticus* L.); Cookies; Puffed Rice; Jasmine Rice; Physicochemical

บทนำ

อุตสาหกรรมจิ้งหรีดเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่ออาหารในอนาคตของโลก ประเทศไทยเป็นประเทศแรกที่ได้พัฒนารูปแบบการเลี้ยงจิ้งหรีด ที่มีการกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มจิ้งหรีด (Good Agricultural Practices for Cricket Farm) จากมาตรการในประเทศเหล่านี้ ทำให้การเลี้ยงจิ้งหรีดที่เกษตรกรเคยเลี้ยงเป็นอาชีพเสริมหลังการทำนาเพื่อสร้างรายได้ในระดับชุมชนกลายเป็นอุตสาหกรรมจิ้งหรีดที่หารายได้จากการส่งออกไปยังต่างประเทศ [1] - [2] โดยพันธุ์ที่นิยมเลี้ยงเป็นฟาร์ม คือ จิ้งหรีดบ้าน (*Acheta domesticus* L.) หรือที่ชาวบ้านเรียก “แมงสะคิง” ซึ่งคาดว่าจะมีประมาณเกือบ 20,000 ครัวเรือนที่ทำฟาร์มเลี้ยง โดยกระจายอยู่ทุกภาคของประเทศ แต่พบมีการเลี้ยงจิ้งหรีดมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ [3] นอกจากจำหน่ายโดยตรงแล้ว จิ้งหรีดยังสามารถนำมาแปรรูปเชิงพาณิชย์ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การอบแห้ง การทอดกรอบ หรือแปรรูปเป็นผงเพื่อนำมาเสริมคุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เช่น ขนมปัง คุกกี้ และสปาเก็ตตี้ เป็นต้น [4] มีการนำจิ้งหรีดบ้านมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร 4 อย่าง คือ ข้าวเกรียบ คุกกี้ เส้นบะหมี่ และน้ำพริก โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ได้รับคะแนนความชอบอยู่เพียง 6.63 - 7.67 คะแนน โดยเฉพาะในคุกกี้ที่สามารถเติมผงจิ้งหรีดลงไปได้เพียงร้อยละ 12.53 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดเท่านั้นผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังให้การยอมรับไม่มากนักเนื่องจากรับรู้ถึงกลิ่นที่รุนแรงของจิ้งหรีด [5] ในปี พ.ศ. 2560 ได้มีการพัฒนาสูตรสำหรับบิสกิตจิ้งหรีด

เพื่อเสริมโปรตีนสำหรับเด็กชาวเคนยาที่เหมาะสมสำหรับโปรแกรมการให้อาหารในโรงเรียนและทดสอบการยอมรับของบิสกิตที่ผสมผงจิ้งหรีดร้อยละ 10 ในเด็กนักเรียนชาวเคนยาอายุ 5 - 10 ปี จำนวน 54 คน โดยเปรียบเทียบกับบิสกิตนม (ผสมนมผงร้อยละ 10) พบว่าคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของบิสกิตจิ้งหรีดได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าค่าเฉลี่ยในทุกคุณลักษณะ แต่ยังได้รับคะแนนความชอบต่ำกว่าบิสกิตนมในทุกด้าน การยอมรับของบิสกิตจิ้งหรีดอยู่ในระดับสูง และสามารถทานต่อเนื่องได้ระยะยาวตามเงื่อนไขที่กำหนดในการศึกษา [6] อย่างไรก็ตาม พบว่ากลิ่นรสเฉพาะตัวของจิ้งหรีด ยังเป็นปัญหาและอุปสรรคต่อการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มปริมาณหรือเป็นแหล่งของโปรตีนในผลิตภัณฑ์อาหาร รวมถึงยังส่งผลต่อคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคอีกด้วย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรคุกกี้ที่เป็นแหล่งโปรตีนจากจิ้งหรีดและยอมรับของผู้ทดสอบชิมศึกษาผลของปริมาณผงจิ้งหรีดต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพ และประเมินคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมโปรตีนจิ้งหรีด เพื่อเป็นต้นแบบขนมขบเคี้ยวโปรตีนสูงจากโปรตีนทางเลือกทดแทนโปรตีนเนื้อสัตว์ในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การพัฒนาสูตรคุกกี้ข้าวพองเสริมโปรตีนจิ้งหรีด

พัฒนาสูตรต้นแบบคุกกี้ข้าวพองเสริมโปรตีนจิ้งหรีด จากสูตรอ้างอิง (คุกกี้ข้าวพองรสคัมย่า) โดยผันแปรปริมาณจิ้งหรีดผง (ที่ไม่สกัดน้ำมันออก จากหางุ่นส่วนจำกัด ฟาร์มจิ้งหรีดชุกติกาญจน์ ตำบลท่าชัย อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย) 3 ระดับ คือ ร้อยละ 15 30 และ 45 ทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตรอ้างอิง (ตารางที่ 1) ทำการผลิตคุกกี้ข้าวพองทั้ง 4 สูตร โดยร่อนแป้งด้วยตะแกรงร่อน จากนั้นนำแป้งที่ผ่านการร่อนแล้วเทลงในตะแกรงร่อนแป้งอีกครั้งหนึ่ง แล้วนำมารวมกับผงฟู ผงคัมย่า (ตราสดี) และผงจิ้งหรีด พักไว้ ตีเนยสดเค็มกับน้ำตาลจนขึ้นฟู เติมน้ำตาลให้เข้ากันอีกครั้ง ค่อย ๆ ใส่ส่วนผสมแป้งที่พักไว้ลงในโถตี แล้วตีให้เข้ากัน จึงใส่ข้าวพองที่เตรียมไว้ลงไป ตีผสมให้เข้ากันอีกครั้ง จากนั้นตักส่วนผสมที่ได้วางลงในถาด ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร และแต่งหน้าคุกกี้ด้วยฟริกซ์ฟ้าแดง ตะไคร้ และใบมะกรูดซอย นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เมื่อคุกกี้สุกแล้วให้ตักคุกกี้ออกแล้วนำมาพักไว้บนตะแกรง รอจนคุกกี้เย็น จึงเก็บใส่กล่องพลาสติก นำตัวอย่างที่ได้ทั้ง 4 ตัวอย่างมาทำการวัดค่าสี (L^* , a^* , b^* , C^* และ h) ด้วยเครื่อง Hunter Lab (Colorflex®, Hunter Association Laboratory, Inc., America) ปริมาณความชื้น [7] และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (a_w) ด้วยเครื่องวัดค่า Water Activity (Series 3TE, Aqua Lab, America)

2. การศึกษาผลของปริมาณผงจิ้งหรีดต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของคุกกี้ข้าวพอง

นำคุกกี้ที่ผลิตได้ทั้ง 4 สูตร มาชั่งน้ำหนัก (Weight: g) และวัดขนาดชั้นคุกกี้ ได้แก่ ความหนา (Thickness: mm) และความกว้าง (Diameter: mm) ด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์แบบดิจิตอล (150 mm digital caliper 0.01 mm, Mitutoyo (Thailand) Co., Ltd.) คำนวณค่า Spread Ratio โดยนำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหารด้วยความหนาในหน่วยมิลลิเมตร [8] - [9] ค่า Spread Factor จากอัตราส่วนค่า Spread Ratio ของตัวอย่างทดลอง (T_n) และตัวอย่างควบคุม (T_c) $\times 100$ [10] - [11] Bake Loss

จากผลต่างของน้ำหนักคุกกี้ก่อนเข้าอบและหลังอบ (จำนวน 5 ชิ้น) โดยนำมาหาค่าเฉลี่ย แล้วคิดเป็นร้อยละ เทียบกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักของคุกกี้ก่อนอบ [12] วัดค่าความแข็ง (Hardness: g.force) และค่าการแตกออกจากกัน (Fracturability: g.force) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) (TA.XT.Plus, Stable Micro Systems Ltd., England) โดยใช้วิธีทดสอบแบบ Texture Profile Analysis (TPA) ใช้หัววัดแบบ Cylinder Probe ขนาด 2 mm (p/2) วัดแรงกด (Compression) มีสภาวะในการวัด ดังนี้ อัตราความเร็วก่อนวัด (Pre Test Speed) 0.5 mm/s อัตราเร็วขณะวัด (Test speed) 0.5 mm/s อัตราเร็วหลังวัด (Post Test Speed) 0.5 mm/s แรง Trigger Force 5 g เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในคุกกี้ทั้ง 4 สูตร

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของคุกกี้ข้าวพองหอมมะลิและคุกกี้ข้าวพองหอมมะลิที่เติมผงโปรตีนจิ้งหรีด ทดแทนแป้งสาลี

คุกกี้ข้าวพองหอมมะลิ ส่วนผสม	(ควบคุม)	คุกกี้ข้าวพองหอมมะลิ ที่เติมผงโปรตีนจิ้งหรีด		
		สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
1. แป้งสาลี	500 g	425 g	350 g	275 g
2. เนยสด	350 g	350 g	350 g	350 g
3. น้ำตาล	250 g	250 g	250 g	250 g
4. ผงฟู	3.40 g	3.40 g	3.40 g	3.40 g
5. ไข่ไก่	100 g	100 g	100 g	100 g
6. ผงโปรตีนจิ้งหรีด	-	75 g (15 %)	150 g (30 %)	225 g (45 %)
7. ผงต้มยำ	60 g	60 g	60 g	60 g
8. ข้าวพองหอมมะลิ	150 g	150 g	150 g	150 g
9. พริกชี้ฟ้าแดง	50 g	10 g	10 g	10 g
10. ตะไคร้	50 g	15 g	15 g	15 g
11. ใบมะกรูด	50 g	2 g	2 g	2 g

3. การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

นำคุกกี้ที่ผลิตได้ทั้ง 4 สูตร มาทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่มีความคุ้นเคยกับการบริโภคจิ้งหรีด หรือผลิตภัณฑ์แปรรูปจากจิ้งหรีดจำนวน 10 คน ด้วยวิธี 9 Point Hedonic Scale ที่กำหนดคะแนนความชอบ จาก 1 คะแนน (ไม่ชอบมากที่สุด) ไปจนถึง 9 คะแนน (ชอบมากที่สุด) ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นหอม ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวม จากนั้นคัดเลือกตัวอย่างที่ได้มาทำการทดสอบความชอบร่วมกับ วิธีสเกลวัดความพอดี (Just About Right Scale) อีกครั้ง ด้วยผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 50 คน ในคุณลักษณะเช่นเดียวกันกับข้างต้น [13] - [14] คัดเลือกตัวอย่างที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด หรือแนวโน้มของคะแนนดังกล่าวสูงที่สุดไปศึกษาในขั้นต่อไป

4. การประเมินคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์

นำตัวอย่างคุกกี้ข้าวพองเสริมโปรตีนจิ้งหรีดที่คัดเลือกได้ และคุกกี้สูตรอ้างอิงมาวิเคราะห์คุณลักษณะด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ได้แก่ ค่าสี (L^* a^* b^* C^* และ h) ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทีวิตี (a_w) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง Hand Refractometer (2373-E04, ATAGO, ATAGO Co., Ltd., Japan) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) [7] ปริมาณเกลือ [7] จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อยีสต์และรา *Escherichia coli* *Staphylococcus aureus* *Clostridium perfringens* *Bacillus cereus* และ *Salmonella* spp. [15]

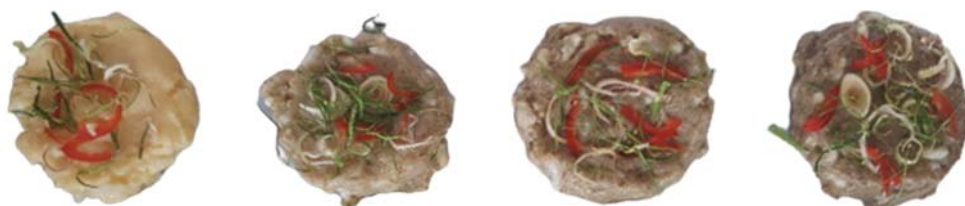
การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

1. การพัฒนาสูตรคุกกี้ข้าวพองเสริมโปรตีนจิ้งหรีด

ลักษณะปรากฏสีน้ำตาลดำออกเข้มขึ้นของคุกกี้ข้าวพองรสตั๋มยาที่เติมและไม่เติมผงโปรตีนจิ้งหรีด จะแปรผันตรงกับปริมาณผงจิ้งหรีดที่เติมลงไปทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตร ทั้งในคุกกี้ก่อนอบและหลังอบ (รูปที่ 1) การเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตร จะส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของคุกกี้ข้าวพองรสตั๋มยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณลักษณะด้านสี ทั้งนี้พบว่าการเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดจะแปรผันตรงกับค่าสีที่เพิ่มขึ้นของคุกกี้ และทำให้ค่าสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับคุกกี้ข้าวพองรสตั๋มยาที่ไม่เสริมผงจิ้งหรีด โดยพบว่าการเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตร จะทำให้คุกกี้มีค่า a^* และค่า C^* เพิ่มขึ้น จาก 6.44 - 6.52 เพิ่มขึ้นเป็น 6.76 - 8.68 และจาก 26.47 - 26.59 เพิ่มขึ้นเป็น 27.77 - 32.47 ตามลำดับ ในขณะที่ค่า L^* ค่า b^* และค่า h จะลดลง (ตารางที่ 2) ทั้งนี้การเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตร ยังส่งผลให้ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของคุกกี้มีแนวโน้มลดลง โดยปริมาณผงจิ้งหรีดที่เติมลงไปในระดับต่าง ๆ จะทำให้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 มีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ด้วย ดังตารางที่ 2



(ก) ก่อนอบร้อยละ 0 (ข) ก่อนอบร้อยละ 15 (ค) ก่อนอบร้อยละ 30 (ง) ก่อนอบร้อยละ 45



(จ) หลังอบร้อยละ 0 (ฉ) หลังอบร้อยละ 15 (ช) หลังอบร้อยละ 30 (ฅ) หลังอบร้อยละ 45

รูปที่ 1 ลักษณะปรากฏของคุกกี้ข้าวพองหอมมะลิที่ไม่เติมและเติมผงโปรตีนจิ้งหรีดร้อยละ 15 30 และ 45 ทดแทนแป้งสาลี

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางกายภาพของคุกกี้ข้าวพองหอมมะลิที่ไม่เติมและเติมผงโปรตีนจิ้งหรีด ทดแทนแป้งสาลี

ลักษณะทางกายภาพ	คุกกี้ข้าวพองหอมมะลิเติมผงโปรตีนจิ้งหรีด			
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 15	ร้อยละ 30	ร้อยละ 45
L*	67.97±0.09 ^a	56.30±0.04 ^b	48.60±0.03 ^c	44.30±0.04 ^d
a*	6.48±0.04 ^c	6.84±0.08 ^c	7.26±0.08 ^b	8.44±0.24 ^a
b*	31.76±0.08 ^a	27.72±0.06 ^b	26.72±0.06 ^c	24.52±0.08 ^d
C*	26.53±0.06 ^d	27.85±0.08 ^c	31.28±0.01 ^b	32.31±0.16 ^a
h (degree: h°)	78.52±0.83 ^a	76.38±0.09 ^b	73.87±0.18 ^c	72.36±0.58 ^d
moisture (%)	3.86±0.15 ^a	3.41±0.09 ^b	3.24±0.09 ^b	2.85±0.01 ^c
a _w	0.376±0.000 ^a	0.344±0.003 ^b	0.312±0.002 ^b	0.272±0.001 ^c

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±) จากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ
ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่า L* (Lightness) แสดงถึงความเป็นสีขาวและสีดำ มีค่าตั้งแต่ 0 - 100 (ดำ - ขาว) ส่วนค่า a* เป็นค่าที่แสดงถึงความเป็นสีเขียว (ลบ) และสีแดง (บวก) มีค่าตั้งแต่ (-60) - 60 และค่า b* แสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน (ลบ) และสีเหลือง (บวก) มีค่าตั้งแต่ (-60) - 60 เช่นเดียวกับค่า a* [16] ในขณะที่ค่า h หรือ Hue Angle (h°) ของคุกกี้ข้าวพองรสตั้มยาที่เสริมและไม่เสริมผงโปรตีนจิ้งหรีด ที่วัดได้อยู่ในช่วง 71.78 - 79.35° แสดงถึง สีส้มแดงถึงเหลือง (ค่าองศาที่สูงจะออกสีเหลืองมากกว่า) โดยค่า h หรือ Hue Angle (h°) เป็นค่าเฉดสี ที่แสดงสีที่แท้จริงของวัตถุ ซึ่งเป็นมุมในการตกกระทบ

ของค่า a^* [17] ในขณะที่ค่า C^* (Chroma) เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความอิ่มตัวของสีมีค่าอยู่ในช่วง 0 - 60 โดยหากมีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง วัตถุไม่มีสีชัดเจน (เทา) แต่หากมีค่าเข้าใกล้ 60 หมายถึง วัตถุมีสีเข้ม [16] ซึ่งจากผลการศึกษาค้นคว้าพบว่าคูกี้ข้าวพองรสตั๋มยี่ห้อที่เสริมผงจิ้งหรีดจะมีค่า C^* สูงกว่าในตัวอย่างคูกี้ที่ไม่เสริมผงโปรตีนจิ้งหรีด อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้พบว่าปริมาณความชื้นและค่า a_w ในคูกี้จะลดลงเมื่อเสริมผงจิ้งหรีดทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตรที่ร้อยละ 15 30 และ 45 ตามลำดับ โดยปริมาณความชื้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กลุ่มเบเกอรี่ ซึ่งหากผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูงจะทำให้อายุการเก็บรักษาลดลง เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวส่งเสริมให้เกิดการเจริญและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์และนำไปสู่การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ [10], [18] - [19] ในขณะที่ค่า a_w ซึ่งหมายถึงปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์นำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญ โดยหากอาหารมีค่า a_w ต่ำ จะเกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้น้อยลง [11], [20] ดังนั้นการเสริมผงจิ้งหรีดทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตรคูกี้ จึงมีแนวโน้มทำให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นด้วย

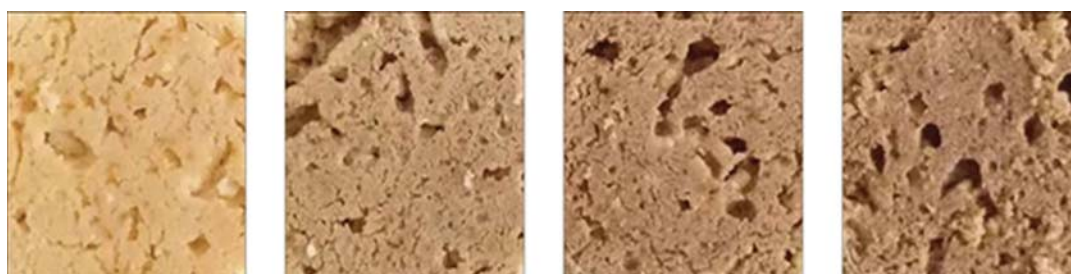
2. การศึกษาผลของปริมาณผงจิ้งหรีดต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของคูกี้ข้าวพอง

การเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดลงไปทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตรทั้ง 3 ระดับ (ร้อยละ 15 30 และ 45) ไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่าง ($p > 0.05$) ของน้ำหนักและการเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคูกี้หลังอบ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 13.20 - 15.19 กรัม และ 49.73 - 51.12 มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดทำให้ความหนาของชั้นคูกี้เพิ่มมากขึ้นแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าหลังผ่านการอบคูกี้จะมีเนื้อสัมผัสที่กรอบร่วน มีความหนาและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชั้นเพิ่มขึ้นจากเดิม 8.01 - 9.02 มิลลิเมตร เป็น 10.03 - 13.02 มิลลิเมตร และ 41.01 - 44.02 มิลลิเมตร เป็น 47.01 - 51.03 มิลลิเมตร ตามลำดับ (รูปที่ 2(ก)) นอกจากนี้ยังพบว่าทำให้เกิดรูพรุนขนาดเล็ก ๆ (Fineness Porous) ของเนื้อคูกี้เพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตร (รูปที่ 2(ข)) ทั้งนี้จะสามารถมองเห็นรูพรุนขนาดเล็ก ๆ ได้ชัดเจนขึ้นเมื่อนำมาปรับเป็นภาพระดับสีเทา (Gray Scale) (รูปที่ 2(ค))

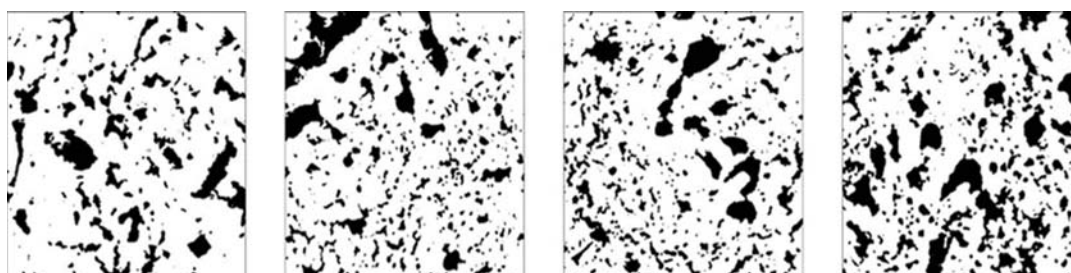
คูกี้ข้าวพองเสริมผงจิ้งหรีดทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตรทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีค่าการสูญเสียจากการอบ (Bake Loss) ลดลงและแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ซึ่งแปรผกผันกับการเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีด (ลดลง 1.01 2.90 และ 4.17 g/100 g ตามลำดับ) ทั้งนี้การเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดยังส่งผลให้ค่าสัดส่วนการขยายตัว (Spread Ratio) และค่า Spread Factor มีแนวโน้มลดลง คือ ร้อยละ 1.13 - 11.5 และในช่วง 1.13 - 11.5 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างคูกี้สูตรอ้างอิง (ไม่มีการทดแทนแป้งสาลีในสูตรด้วยผงจิ้งหรีด) (ตารางที่ 3) นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตรจะส่งผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพและเนื้อสัมผัส โดยพบว่าจะทำให้ค่าความแข็ง (Hardness) และค่าการแตกออกจากกัน (Fracturability) ของคูกี้เพิ่มสูงขึ้น และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดที่ร้อยละ 15 30 และ 45 ทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตรจะให้ค่าความแข็งของคูกี้เพิ่มขึ้นในช่วง 753 - 3,103 g.force หรือมีความแข็งเพิ่มคิดเป็นร้อยละ 7 17 และ 30 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างคูกี้สูตรอ้างอิง ในขณะที่ค่าการแตกออกจากกันจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 2.1 6.4 และ 21.1 ในตัวอย่างคูกี้ที่เพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดร้อยละ 15 30 และ 45 ตามลำดับ (ในช่วง 129 - 1,290 g.force) แสดงให้เห็นว่ายิ่งเพิ่มปริมาณผงโปรตีนจิ้งหรีดลงไปจะทำให้เนื้อสัมผัสของคูกี้จับตัวกันแน่น และแตกยากขึ้น ดังตารางที่ 3



(ก) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนา



(ข) ลักษณะรูพรุนที่ปรากฏ



(ค) ภาพถ่ายสีเทาส่งแสดงแผนที่การเกิดรูพรุน

รูปที่ 2 ภาพถ่ายหลังอบคุกกี้ข้าวพองหอมมะลิที่ไม่เติมและเติมผงโปรตีนจิ้งหรีดร้อยละ 15 30 และ 45 ทดแทนแป้งสาลี

การเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดลงไปทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตรมีแนวโน้มทำให้ความหนาของชั้นคุกกี้เพิ่มมากขึ้น ($p \leq 0.05$) ในขณะที่เส้นผ่านศูนย์กลางของคุกกี้ทั้งสูตรควบคุมและทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีด ยังคงมีขนาดที่ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยผลการศึกษาครั้งนี้มีความแตกต่างจากการทดแทนแป้งสาลีด้วย Amaranth Flour ในคุกกี้ที่พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของคุกกี้จะเพิ่มมากขึ้นแต่ความหนาของชั้นคุกกี้กลับลดลง [12] ซึ่งปกติแล้วในระหว่างการอบคุกกี้ความร้อนจะทำให้ไขมันละลาย ส่งผลให้คุกกี้แผ่ขยายตัวออกไปในแนวราบ จากนั้นจะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผงฟู โดยกลูเตนในแป้งสาลีจะทำหน้าที่กักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นเอาไว้ เนื่องจากกลูเตนเป็นโปรตีนที่มีโครงสร้างเป็นร่างแหตาข่ายจากการยึดจับกันระหว่างสายโปรตีนด้วยพันธะไดซัลไฟด์ที่มีความแข็งแรง จึงทำให้รักษารูปร่างของคุกกี้ได้ ดังนั้นเมื่อใช้แป้งชนิดอื่นที่ไม่มีกลูเตนเป็นองค์ประกอบจะทำให้โดที่ได้มีโครงสร้างที่ไม่แข็งแรง [21]

อัตราการแผ่ตัวของคุกกี้ที่ทำจากแป้งที่ไม่มีกลูเตนจึงมากกว่าคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลีล้วน ดังนั้นคุกกี้จึง ترد ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ จึงควรจะมีอัตราการแผ่ตัวสูงกว่าคุกกี้สูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมผงจึง ترد ลงไปทดแทนปริมาณแป้งสาลี (มีความหนาน้อยกว่า) แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ใช้ผงจึง ترد ซึ่งมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity) และค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (Oil Holding Capacity) เท่ากับ 1.76 และ 1.42 g/g powder ตามลำดับ [22] ในขณะที่แป้งสาลีมีค่าดังกล่าวนี้เท่ากับ 1.31 และ 1.12 g/g powder ตามลำดับ [23] อีกทั้งผงจึง ترد มีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 65 ไขมันร้อยละ 16.1 [22] และเส้นใยร้อยละ 5.7 ซึ่งสูงกว่าแป้งสาลีและแป้งชนิดอื่น ๆ มาก โปรตีนในสัดส่วนที่มากขึ้นจึงทำให้ค่าการแผ่ขยายตัวลดลง [24] นอกจากนี้การแผ่ขยายของคุกกี้ยังขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของโด [25] โดยค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและน้ำมันที่สูงจะช่วยให้ส่วนผสมต่าง ๆ ของคุกกี้รวมตัวกันเป็นโดได้ง่ายขณะผสม อีกทั้งยังช่วยให้ส่วนผสมขึ้นขึ้น จึงเพิ่มความแข็งแรงให้กับโด ด้วยเหตุนี้คุกกี้ที่มีการเติมผงจึง ترد ลงไปทดแทนปริมาณแป้งสาลีจึงไม่ขยายตัว (ขยายตัวได้น้อย) โดยเฉพาะมิติด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง เมื่อเปรียบเทียบกับคุกกี้สูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมผงจึง ترد ลงไปทดแทนปริมาณแป้งสาลี และเนื่องจากปริมาณกลูเตนที่ลดลงความสามารถในการกักเก็บก๊าซจึงน้อยลงตามไปด้วย ส่งผลได้จากการที่รูพรุนในคุกกี้สูตรควบคุมที่มีจำนวนรูพรุนขนาดใหญ่มากกว่าและกระจายทั่วทั้งชิ้น ในขณะที่คุกกี้เสริมผงจึง ترد มีจำนวนรูพรุนขนาดเล็กกว่า แต่พบว่ามีรูพรุนขนาดเล็กอยู่หนาแน่น ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของคุกกี้ที่เสริมผงจึง ترد มีเนื้อแน่นมากกว่าคุกกี้สูตรควบคุม ดังนั้นจึงต้องใช้แรงมากกว่าในการทำให้คุกกี้แตกหัก ส่งผลให้ค่าความแข็งและค่าแรงที่ใช้ในการทำให้คุกกี้แตกหักสูงขึ้นตามลำดับ เมื่อเพิ่มปริมาณผงจึง ترد ลงไปทดแทนปริมาณแป้งสาลี

ส่วนการลดลงของค่าการสูญเสียระหว่างการอบ Bake Loss ซึ่งแปรผกผันกับการเพิ่มปริมาณผงจึง ترد ถือเป็นผลดีที่ทำให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ยังคงตัวอยู่ได้ จากความสามารถในการอุ้มน้ำของผงจึง ترد ที่เป็นโปรตีนซึ่งมีความสามารถในการอุ้มน้ำเหนือกว่าของแป้งสาลี [11] จึงทำให้เกิดการระเหยของน้ำออกไปได้น้อยลงในขั้นตอนของการอบ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chauhan, A., Saxena, D. C., and Singh, S. [12] ที่ทำการพัฒนาสูตรคุกกี้จากแป้งผักโขม (Amaranth Flour) ทดแทนแป้งสาลีที่ปริมาณร้อยละ 20 40 60 80 และ 100 โดยพบว่าค่าการสูญเสียจากการอบจะลดลงเนื่องจากสัดส่วนของแป้งผักโขมเพิ่มขึ้นในส่วนผสม ซึ่งเป็นผลจากแป้งผักโขมที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าเมื่อเทียบกับแป้งสาลี เนื่องจากแป้งดังกล่าวมีโปรตีนที่สูง การเพิ่มปริมาณผงจึง ترد ส่งผลให้ค่าสัดส่วนการขยายตัว (Spread Ratio) และค่า Spread Factor มีแนวโน้มลดลง โดย Spread Factor เป็นค่าที่บอกลักษณะคุณภาพของคุกกี้ที่มีการเติมส่วนผสมอื่น ๆ ลงไปเทียบกับสูตรควบคุมที่มีความแตกต่างกันเล็กน้อยเพียงโด [10] ในขณะที่ค่า Spread Ratio ซึ่งเป็นอัตราส่วนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนา (สูง) ของคุกกี้ โดยทั่วไปต้องการให้ค่าดังกล่าวนี้มีค่าสูง [12], [26] - [27] และมีรายงานว่าค่า Spread Ratio ของคุกกี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณโปรตีนที่ไม่ใช่แป้งสาลี (Non-Wheat Protein) เพิ่มขึ้น [28] ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ใช้โปรตีนจากแมลง (จึง ترد) ในการเสริมโปรตีนแก่ผลิตภัณฑ์คุกกี้ ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างจากโปรตีนพืชที่ได้จากเมล็ดธัญพืชชนิดต่าง ๆ ทั้งในส่วนของปริมาณและชนิดของกรดอะมิโนที่มีอยู่ จึงทำให้สมบัติของโปรตีนแตกต่างกันไปด้วย ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของความสามารถในการอุ้มน้ำ การเกิดโฟม หรือการเสถียรภาพของโปรตีน [11] ดังนั้นปริมาณผงจึง ترد ที่สามารถใช้ทดแทนแป้งสาลีในสูตรได้เหมาะสม คือ ที่ปริมาณร้อยละ 30 ของปริมาณแป้งสาลีในสูตร โดยจะทำให้ได้คุกกี้ที่มีลักษณะปรากฏที่ดึงดูดผู้บริโภคทั้งด้านรูปร่าง และสี รวมถึงเนื้อสัมผัสที่เหมาะสม

ตารางที่ 3 ลักษณะทางเคมีกายภาพคุกกี้ข้าวพองหอมมะลิที่ไม่เติมและเติมผงโปรตีนจิ้งหรีดทดแทนแป้งสาลี

ลักษณะทางเคมีกายภาพ	คุกกี้ข้าวพองหอมมะลิเติมผงโปรตีนจิ้งหรีด			
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 15	ร้อยละ 30	ร้อยละ 45
น้ำหนัก (g)	14.14±1.05 ^{ns}	13.56±0.68 ^{ns}	13.56±0.36 ^{ns}	14.30±0.34 ^{ns}
ความหนา (mm)	11.22±0.45 ^b	11.21±0.45 ^b	11.42±0.89 ^b	12.61±0.55 ^a
เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	49.82±1.30 ^{ns}	49.23±1.65 ^{ns}	49.63±0.89 ^{ns}	49.62±0.89 ^{ns}
ค่าการสูญเสียจากการอบ (g/100 g)	12.50±1.09 ^a	11.49±1.12 ^b	9.60±1.29 ^c	8.33±1.11 ^d
ค่าสัดส่วนการขยายตัว (Diameter/Thickness)	4.44 ^a	4.39 ^a	4.35 ^a	3.93 ^b
ค่า Spread factor (%)	100 ^a	98.87 ^a	97.97 ^a	88.51 ^b
ความแข็ง (g.force)	10,732.25±415.87 ^d	11,485.44±484.45 ^c	12,564.02±616.02 ^b	13,835.78±774.74 ^a
ค่าการแตกออกจากกัน (g.force)	6,104.81±17.66 ^d	6,233.16±291.75 ^c	6,495.53±225.94 ^b	7,394.38±398.51 ^a

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±) จากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ
ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3. การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ผลิตได้ทั้ง 4 ตัวอย่าง พบว่าคะแนนความชอบของคุกกี้ข้าวพองที่เสริมและไม่เสริมผงโปรตีนจิ้งหรีดไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ด้านกลิ่นหอม ความกรอบ และรสชาติ แต่มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ในคุณลักษณะด้านสีและความชอบรวม (ตารางที่ 4) โดยพบว่าคุกกี้ข้าวพองที่ไม่เสริมผงโปรตีนจิ้งหรีดจะได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมสูงกว่าคุกกี้ข้าวพองที่เสริมผงโปรตีนจิ้งหรีดร้อยละ 15 30 และ 45 แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะในกลุ่มของคุกกี้ข้าวพองที่เสริมผงโปรตีนจิ้งหรีด พบว่าผงโปรตีนจิ้งหรีดที่เติมลงไปทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตรทั้ง 3 ระดับ ไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่าง ($p > 0.05$) ของคะแนนความชอบด้านความชอบรวม ดังนั้นจึงคัดเลือกคุกกี้ข้าวพองรสตั๋ยม้าเสริมผงโปรตีนจิ้งหรีดร้อยละ 30 ทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตรเป็นสูตรที่ใช้ในการศึกษาต่อไป เนื่องจากเป็นปริมาณที่มีแนวโน้มเพียงพอต่อการเป็นขนมขบเคี้ยวเสริมโปรตีนซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกเพื่อสุขภาพ

ตารางที่ 4 พบว่าการเติมผงจิ้งหรีดลงในผลิตภัณฑ์คุกกี้จะทำให้ความชอบต่อคุณลักษณะต่าง ๆ ได้คะแนนต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับคุกกี้สูตรอ้างอิงที่ไม่เติมผงจิ้งหรีดลงไป สอดคล้องกับผลการศึกษานของ Anutrakinchai, S., Gawborisut, S., and Hanboonsong, Y. [5] ที่รายงานว่าคุกกี้จิ้งหรีดที่มีการเติมผงจิ้งหรีดลงไปร้อยละ 12.53 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ย 7.39 ± 1.10 คะแนน จากผู้บริโภครที่เป็นอาสาสมัครจำนวน 30 คน โดยถึงแม้ว่าจะได้รับคะแนนที่ระดับ 7 - 9 จากผู้ทดสอบชิมร้อยละ 84.21 (%choice at level 7 - 9) ก็ตาม แต่พบว่าเมื่อทานเข้าไปจะรู้สึกถึงกลิ่นรสและผงของจิ้งหรีดปนอยู่เล็กน้อย จึงเสนอให้ควรปรับปรุงสูตรโดยปั่นจิ้งหรีดให้เป็นผงละเอียดมากขึ้น และปรับกลิ่นรสโดยการเติมกลิ่นวนิลาหรือกลิ่นหอมอื่น ๆ เพื่อกลบกลิ่นจิ้งหรีด ซึ่งคาดว่าจะทำให้ผู้บริโภคยอมรับมากขึ้น นอกจากนี้ผลการศึกษานของ Homann, A. M., Ayieko, M. A., Konyole, S. O., and

Roos, N. [6] ที่ได้พัฒนาสูตรสำหรับบิสกิตจิ้งหรีดที่เหมาะสม (เปรียบเทียบกับบิสกิตนมที่มีลักษณะคล้ายกัน) สำหรับโปรแกรมการให้อาหารในโรงเรียนและทดสอบความสามารถในการยอมรับของบิสกิตในเด็กนักเรียนชาวเคนยาที่มีความเสี่ยงต่อภาวะโภชนาการต่ำ (การขาดสารอาหาร) จากการขาดแคลนนมผงซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนมาตรฐานที่มีราคาแพงและไม่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ ทำการศึกษาแบบสุ่ม โดยให้เด็กอายุ 5 - 10 ปี จำนวน 54 คน ทานบิสกิตปริมาณ 100 กรัม (ช่วง 98 - 102 กรัม) ที่ผสมผงจิ้งหรีดร้อยละ 10 หรือนมผงร้อยละ 10 ในช่วงวันที่มีการเรียน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้จิ้งหรีดบ้าน (*Acheta domesticus*) ซึ่งอุดมไปด้วยสารอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการ ได้แก่ โปรตีน กรดไขมันไม่อิ่มตัว วิตามินเอและบี 12 ธาตุเหล็ก และสังกะสี ซึ่ง Homann, A. M., Ayieko, M. A., Konyole, S. O., and Roos, N. [6] ได้รายงานว่าจะเน้นความชอบของบิสกิตจิ้งหรีดต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับบิสกิตนม ทั้งในส่วนของคุณลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวม (แต่ได้รับคะแนนสูงกว่าค่าเฉลี่ย คือ 2.5 คะแนน) และถึงแม้ว่าได้รับคะแนนความชอบต่ำกว่าบิสกิตนมในทุกด้าน แต่กลับพบว่าความชอบของบิสกิตจิ้งหรีดอยู่ในระดับสูง คือ มากกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนเด็กทั้งหมด (54 คน) และสามารถทานต่อเนื่องได้ระยะยาวตามเงื่อนไขที่กำหนดในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ มากกว่าร้อยละ 75 ของวันที่มีการเรียนนาน 4 สัปดาห์

ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยกระดับการยอมรับของคุกกี้ข้าวพองเสริมผงจิ้งหรีด โดยใช้การทดสอบความชอบ (9 Point Hedonic Scale) ร่วมกับสเกลวัดความพอดี (Just About Right Scale) และเพิ่มจำนวนผู้ทดสอบชิม เพื่อให้ได้ข้อมูลหรือทิศทางในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลการศึกษพบว่าผู้ทดสอบชิมมีความชื่นชอบในทุกคุณลักษณะ (สี กลิ่นหอมเฉพาะตัว ความกรอบรสชาติ และความชอบรวม) ของคุกกี้ข้าวพองเสริมผงจิ้งหรีดร้อยละ 30 ทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตรในระดับ “ชอบมาก” และจากผลคะแนนความรู้สึกที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าพบว่า ผู้บริโภคกว่าร้อยละ 70 ให้คะแนนความรู้สึกต่อคุณลักษณะทั้ง 5 ด้าน อยู่ในระดับพอดี (ตารางที่ 5) ทั้งนี้การทำการทดสอบโดยใช้คะแนนความชอบรวมกับความรู้สึกนี้ เป็นวิธีการใหม่ที่น่าสนใจในการศึกษาค้นคว้า เพื่อลดปัญหาจากคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเพียงอย่างเดียวที่ไม่สามารถอธิบายความชอบของผู้บริโภคได้อย่างครบถ้วน ว่าคะแนนความชอบดังกล่าวนั้นอยู่ในระดับที่น้อยไป พอดี หรือมากเกินไป ซึ่งนักวิจัยจะสามารถนำผลการประเมินความรู้สึกนี้ไปใช้ปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้รับคะแนนความชอบเพิ่มขึ้นได้ในการทดสอบครั้งต่อไป ในกรณีที่คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะนั้น ๆ ได้รับคะแนนความรู้สึกที่น้อยไป หรือมากเกินไป

ตารางที่ 4 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของคุกกี้ข้าวพองหอมมะลิที่ไม่เติมและเติมผงโปรตีนจิ้งหรีดทดแทนแป้งสาลี

ลักษณะที่ประเมิน	คะแนนความชอบของคุกกี้ข้าวพองหอมมะลิเติมผงโปรตีนจิ้งหรีด			
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 15	ร้อยละ 30	ร้อยละ 45
สี	7.90±0.57 ^a	6.40±1.51 ^b	5.20±1.48 ^c	5.70±0.95 ^{bc}
กลิ่นหอม	6.60±1.84 ^{ns}	5.60±2.22 ^{ns}	5.30±1.77 ^{ns}	5.90±2.28 ^{ns}
ความกรอบ	7.90±1.20 ^{ns}	7.70±1.25 ^{ns}	6.90±1.97 ^{ns}	7.10±1.66 ^{ns}
รสชาติ	6.70±0.95 ^{ns}	6.90±1.20 ^{ns}	6.10±1.91 ^{ns}	6.50±1.35 ^{ns}
ความชอบรวม	7.50±1.18 ^a	6.60±1.07 ^{ab}	6.10±1.60 ^b	6.40±1.35 ^b

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±) จากผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน
ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 5 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของคุกกี้ข้าวพองหอมมะลิเติมผงโปรตีนจิ้งหรีดร้อยละ 30 ด้วยวิธีการทดสอบความชอบร่วมกับสเกลวัดความพอดี

ลักษณะที่ประเมิน	คะแนนความชอบเฉลี่ย	คุกกี้ข้าวพองหอมมะลิเติมผงโปรตีนจิ้งหรีดร้อยละ 30			ร้อยละของจำนวนผู้ทดสอบชิมที่ให้คะแนนความชอบระดับ 7 - 9 คะแนน
		ร้อยละสเกลวัดความพอดีของจำนวนผู้ทดสอบชิม			
		น้อยเกินไป	พอดี	มากเกินไป	
สี	8.25±1.40	18.00	76.00	6.00	82.23
กลิ่นหอม	8.27±1.63	11.00	74.00	15.00	80.54
ความกรอบ	8.12±2.14	10.00	80.00	10.00	85.25
รสชาติ	8.72±1.78	17.00	79.00	4.00	83.48
ความชอบรวม	8.54±1.49	13.00	84.00	3.00	84.35

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±) จากผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน
เกณฑ์ความพอดีที่ $\geq$ ร้อยละ 70

จากตารางที่ 5 พบว่าคะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทุกด้านของคุกกี้ข้าวพองเสริมผงจิ้งหรีดร้อยละ 30 ทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตรมีคะแนนค่อนข้างสูง (ชอบปานกลางถึงชอบมาก) โดยมีร้อยละของผู้ทดสอบชิมที่ให้ระดับคะแนน 7 - 9 (%choice at level 7 - 9) สูงถึง 80.54 - 85.25 ประกอบกับผู้ทดสอบชิมถึงร้อยละ 74 - 84 เห็นว่าคุณลักษณะในแต่ละด้านอยู่ในระดับที่พอดีแล้ว ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์คุกกี้ข้าวพองเสริมผงจิ้งหรีดร้อยละ 30 ทดแทนปริมาณแป้งสาลีในสูตรนี้ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิม โดยมีส่วนประกอบ ได้แก่ แป้งอเนกประสงค์ เนยสดเค็ม น้ำตาลทราย ผงฟู ไข่ไก่ จิ้งหรีด (ผง) ผงคัมย้า ข้าวพอง พริกชี้ฟ้าแดงซอย ตะไคร้ซอย และใบมะกรูดซอย ปริมาณ 350 350 250 3.40

100 150 60 150 10 15 และ 2 กรัม ตามลำดับ สามารถผลิตเป็นคุกกี้ที่มีขนาดขึ้น ได้จำนวน 80 ชิ้น (1 กิโลกรัม) ภายใต้การทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ ต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 366.30 บาทต่อกิโลกรัม สูงกว่าคุกกี้สูตรอ้างอิง (ไม่เสริมผงจิ้งหรีด) ร้อยละ 53.40 ซึ่งมีต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมอยู่ที่ 238.80 บาท ทั้งนี้การให้ความรู้แก่ผู้บริโภค (Consumer Education) ให้รู้จักผลิตภัณฑ์คุกกี้ข้าวพองเสริมผงจิ้งหรีด และคุณค่า หรือประโยชน์จากการบริโภค จะส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่รู้จักและแพร่หลายและได้รับการยอมรับมากยิ่งขึ้น

4. การประเมินคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์

คุกกี้ข้าวพองเสริมผงจิ้งหรีด จัดเป็นอาหารสำเร็จรูปพร้อมบริโภคทันที (ตามพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522) โดยหมายถึง อาหารที่ผลิตเรียบร้อยพร้อมบริโภคที่บรรจุในภาชนะพร้อมจำหน่ายได้ทันที ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 237 [29] - [30] ส่วนมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนคุกกี้ (มพช. 118/2555) [31] ยังให้นิยามที่สอดคล้องตามพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 [32] ว่าหมายถึง ขนมอบชนิดหนึ่งที่ทำจากแป้งสาลีหรือแป้งสาลีผสมกับแป้งชนิดอื่น ผสมกับน้ำตาล ไขมัน หรือน้ำมัน ไข่ เบกกิ้งโซดา (โซเดียมไบคาร์บอเนต) ผงฟูหรือเบกกิ้งเพาเดอร์ (โซเดียมไบคาร์บอเนต ผสมกรดหรือเกลือของกรด) นม วัตถุแต่งกลิ่นรส เกลือ อาจมีส่วนผสมอื่น เช่น โกโก้ เมล็ดธัญพืช สมุนไพร ผลไม้แห้ง กุ้งแห้ง ป่น ปลาหยองป่น ผสมให้เข้ากัน ทำเป็นชิ้นโดยการหยอด ท้น ปั้น กดด้วยพิมพ์ หรือวิธีอื่นที่เหมาะสม แล้วนำไปอบจนสุก อาจใส่ไส้หรือตกแต่งหน้าด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น แยม ผลไม้ น้ำตาลไอซิ่ง ช็อคโกแลต ธัญพืช ลูกเกด ถั่ว ผลไม้แห้ง ก่อนหรือหลังอบ [32]

ผลการตรวจสอบคุณภาพและความปลอดภัยของคุกกี้ข้าวพองหอมมะลิ และคุกกี้ข้าวพองหอมมะลิที่เติมผงโปรตีนจิ้งหรีดร้อยละ 30 ทดแทนแป้งสาลี (ตารางที่ 6) พบว่าเป็นไปตามมาตรฐานอาหารสำเร็จรูปพร้อมบริโภคทันที ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 237 และตามบัญชีหมายเลข 1 (รายการที่ 38) รายชื่ออาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข และบัญชีหมายเลข 3 มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (ผลิตภัณฑ์ที่ 6(3) อาหารสำเร็จรูปพร้อมบริโภคอื่น) แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 416) พ.ศ. 2563 เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน หลักเกณฑ์เงื่อนไข และวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค [32] และยังสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนคุกกี้ (มพช. 118/2555) ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม คือ มีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 3.24 - 3.86 (ไม่เกินร้อยละ 7 ของน้ำหนัก) เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.46 - 2.84 log CFU/g (น้อยกว่า 1×10^4 CFU/g) ไม่พบยีสต์และรา (ไม่เกิน 100 CFU/g) *Escherichia coli* (น้อยกว่า 3 MPN/g) และจุลินทรีย์ก่อโรคชนิดต่าง ๆ ได้แก่ *Staphylococcus aureus* *Clostridium perfringens* *Bacillus cereus* และ *Salmonella* spp.*

ตารางที่ 6 ผลการประเมินคุณภาพคุกกี้ข้าวพองหอมมะลิที่เติม/ไม่เติมผงจิ้งหรีด และเกณฑ์คุณภาพตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง คุกกี้

ค่าพารามิเตอร์	คุกกี้ข้าวพองหอมมะลิ		ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 237 และ 416)	มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนคุกกี้ (118/2555)
	สูตรควบคุม	เติมผงโปรตีนจิ้งหรีดร้อยละ 30		
L*	67.97	48.60	-	-
a*	6.84	7.26	-	-
b*	31.76	26.72	-	-
C*	26.53	31.28	-	-
h (degree: h°)	78.52	73.87	-	-
ความแข็ง (g.force)	10,732.25	12,564.02	-	-
ค่าการแตกออกจากกัน (g.force)	6,104.81	6,495.53	-	-
ความชื้น (%)	3.86	3.24	-	<ร้อยละ 7 ของน้ำหนัก
a _w	0.376	0.312	-	-
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix)	20	20	-	-
เกลือ (mg)	570	570	-	-
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.74	7.03	-	-
ไขมัน (%)	21.90	25.27	-	-
โปรตีน (%)	6.69	12.91	-	-
เยื่อใย (%)	0.72	3.52	-	-
เถ้า (%)	1.70	2.35	-	-
คาร์โบไฮเดรต (%)	65.13	52.71	-	-
จุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g)	2.46	2.84	-	<1x10 ⁴ CFU/g
ยีสต์และรา (log CFU/g)	<100	<100	-	<100 CFU/g
<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)*	<3	<3	-	<3 MPN/g
<i>Staphylococcus aureus</i> (log CFU/g)**	<100	<100	ไม่พบใน 0.1 กรัม	<10 CFU/g
<i>Clostridium perfringens</i> (log CFU/g)***	<10	2.58	<1x10 ³ CFU/g	<1x10 ³ CFU/g
<i>Bacillus cereus</i> (CFU/g)**	<100	<100	<1x10 ³ CFU/g	<1x10 ³ CFU/g
<i>Salmonella</i> spp.****	ND	ND	ไม่พบใน 25 กรัม	ไม่พบใน 25 กรัม

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±) จากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ

*<3 คือ ไม่พบการเจริญของเชื้อที่ระดับความเจือจาง 10⁻¹ - 10⁻³ จากตัวอย่าง 25 กรัม โดยใช้เทคนิค MPN

***<10 คือ ไม่พบการเจริญของโคโลนีที่ระดับความเจือจาง 10⁻¹ จากตัวอย่าง 25 กรัม โดยใช้เทคนิค Pour Plate

**<100 คือ ไม่พบการเจริญของโคโลนีที่ระดับความเจือจาง 10⁻¹ จากตัวอย่าง 25 กรัม โดยใช้เทคนิค Spread Plate

ND คือ ไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

* คือ จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 416

โปรตีนเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการสร้างร่างกาย การเจริญเติบโต และการซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่เสียหาย ดังนั้นการเสริมโปรตีนจึงหัตถ์ในคูกก็ จึงเป็นผลทางด้ำนบวคต่อผู้บริโภค ซึ่งพบว่ ในการศึกษาด้ำนนี้สามารถเสริมโปรตีนได้เพิ่มขึ้นเกือบเท่าตัว จากเดิมที่คูกก็สูตรควบคุมมีปริมาณโปรตีนเพียงร้อยละ 6.69 ในขณะที่คูกก็ที่เสริมโปรตีนผงจ้หัตถ์ทดแทนแบ่งสลัร้อยละ 30 มีปริมาณโปรตีนสูงเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 6.22 สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wardlaw, G. M. [33] คูกก็ทดแทนแบ่งสลัวิด (ปริมาณโปรตีนร้อยละ 12.85) ด้วยแบ่งถั่วเหลือง (ปริมาณโปรตีนร้อยละ 38.50) จะมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นในช่วงร้อยละ 8.75 - 24.65 นอกจากปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นแล้ว ปริมาณความชื้นและค่า a_w ถือเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อคุณภาพของคูกก็ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มด้ำน ๑ ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า การเพิ่มปริมาณผงจ้หัตถ์ลงไปทดแทนปริมาณแบ่งสลัในสูตรทำให้ปริมาณความชื้นและค่า a_w ลดลง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Akhtar, S., Anjum, F., Rehman, S., Sheikh, M., and Farzana, K. [18] ที่รายงานว่าคูกก็ที่ทดแทนแบ่งสลัด้วยแบ่งถั่วเหลืองจะมีปริมาณความชื้นลดลงจากเดิมร้อยละ 9.85 เหลือในช่วงร้อยละ 7.24 - 8.30 เมื่อทดแทนแบ่งถั่วเหลืองในสูตรแบ่งสลัร้อยละ 20 - 50 ของน้ำหนักแบ่งสลั โดยปริมาณความชื้นสูงในผลิตภัณฑ์ขนมอบ มักส่งผลให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สั้นลง เนื่องจากความชื้นจะส่งเสริมให้เกิดการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ได้ง่ายขึ้น และนำไปสู่การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ [18] - [19] ดังนั้นการเติมผงโปรตีนจ้หัตถ์ลงในผลิตภัณฑ์คูกก็ นอกจากจะเสริมโปรตีนแก่ผลิตภัณฑ์แล้ว ยังส่งเสริมให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย

บทสรุป

การพัฒนาสูตรคูกก็ข้าวพองเสริมโปรตีนจ้หัตถ์จากสูตรอ้างอิงโดยผันแปรปริมาณจ้หัตถ์ผง 3 ระดับ คือ ร้อยละ 15 30 และ 45 ทดแทนปริมาณแบ่งสลัในสูตรอ้างอิง การเพิ่มปริมาณผงจ้หัตถ์ทดแทนปริมาณแบ่งสลัในสูตร จะส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของคูกก็ด้ำนนี้ ด้านสี คือ มีสีคล้ามากขึ้น ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของคูกก็มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากปริมาณกลูเตนที่ลดลงจากการเติมผงจ้หัตถ์ลงไปทดแทนปริมาณแบ่งสลั ทำให้ความสามารถในการกักเก็บก๊าซจึงน้อยลง คูกก็จึงมีเนื้อแน่นกว่าสูตรอ้างอิงโดยมีค่าความแข็ง (Hardness) และค่าการแตกออกจากกัน (Fracturability) ของคูกก็เพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่คูกก็ข้าวพองที่ไม่เสริมผงโปรตีนจ้หัตถ์จะได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมสูงกว่า แต่เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะในกลุ่มของคูกก็ข้าวพองที่เสริมผงโปรตีนจ้หัตถ์ พบว่ผงโปรตีนจ้หัตถ์ที่เติมลงไปทดแทนปริมาณแบ่งสลัในสูตรทั้ง 3 ระดับ ไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่าง ($p > 0.05$) ของคะแนนความชอบด้ำนความชอบรวม ดังนั้นจึงคัดเลือกคูกก็ข้าวพองรสตั้มยำเสริมผงโปรตีนจ้หัตถ์ร้อยละ 30 ทดแทนปริมาณแบ่งสลัในสูตร ทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยกระดับการยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยใช้การทดสอบความชอบ (9 Point Hedonic Scale) ร่วมกับสเกลวัดความพอดี (Just About Right Scale) และเพิ่มจำนวนผู้ทดสอบชิม ทั้งนี้คูกก็ข้าวพองเสริมผงจ้หัตถ์ร้อยละ 30 ทดแทนปริมาณแบ่งสลัในสูตร มีคุณภาพและความปลอดภัยของเป็นไปตามมาตรฐานอาหารสำเร็จรูปพร้อมบริโภคทันที ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 237 เรื่อง การแสดงฉลากของอาหารพร้อมปรุงและอาหารสำเร็จรูปพร้อมบริโภคทันที ฉบับที่ 416 เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน หลักเกณฑ์เงื่อนไข และวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของอาหารด้ำนจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และยังสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนคูกก็(มพช. 118/2555) ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านความหลากหลายทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล โครงการวิจัย เรื่อง “การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมโปรตีนจากผงจิ้งหรีด หนอนนก และหนอนนกยักษ์ สัญญาเลขที่ (BDC-PG2-160006)

References

- [1] Meethong, K. (2018). **Cricket Powder: A Great Source of Protein for Exporting to Europe.** Access (15 May 2019). Available (https://www.sentangedtee.com/exclusive/article_72301)
- [2] Laoporn, A. and Jarernsiripornkul, S. (2020). Competitive Capability of Crickets Industry in Northeastern Part of Thailand. **MBA-KKU Journal**. Vol. 13, No. 1, pp. 79-93 (in Thai)
- [3] Hanboonsong, Y., Jamjanya, T., and Durst, P. B. (2013). **Six-Legged Livestock: Edible Insect Farming, Collection and Marketing in Thailand.** Bangkok Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific. (in Thai)
- [4] Hanboonsong, Y., Jamjanya, T., Tubtim, N., and Itthichan, L. (2019). **Guidance on Sustainable Cricket Farming: A Practical Manual for Farmers and Inspectors.** 2nd Edition. Bangkok, Thailand. Biodiversity Based Economy Development Office (Public Organization). (In Thai)
- [5] Anutrakinchai, S., Gawborisut, S., and Hanboonsong, Y. (2014). Cost Reduction and Value Adding for Farmed House Crickets. **Khon Kaen Agriculture Journal**. Vol. 42, No. 3, pp. 329-336
- [6] Homann, A. M., Ayieko, M. A., Konyole, S. O., and Roos, N. (2017). Acceptability of Biscuits Containing 10 % Cricket (*Acheta domesticus*) Compared to Milk Biscuits Among 5-10-year-old Kenyan Schoolchildren. **Journal of Insects as Food and Feed**. Vol. 3, No. 2, pp. 95-103. DOI: 10.3920/JIFF2016.0054
- [7] AOAC. (2005). **Official Method of Analysis.** 18th Edition. Washington D.C., USA. Association of Officiating Analytical Chemists.
- [8] Zoulias, E.I., Piknis, S., and Oreopoulou, V. (2000). Effect of Sugar Replacement by Polyols and Acesulfame-K on Properties of Low-Fat Cookies. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Vol. 80, Issue 4, pp. 2049-2056. DOI: 10.1002/1097-0010(200011)80:14<2049::AID-JSFA735>3.0.CO;2-Q
- [9] Kulthe, A. A., Pawar, V. D., Kotecha, P. M., Chavan, U. D., and Bansode, V. V. (2014). Development of High Protein and Low Calorie Cookies. **Journal of Food Science and Technology**. Vol. 51, Issue 1, pp. 153-157. DOI: 10.1007/s13197-011-0465-2
- [10] Ndife, J., Kida, F., and Fagbemi, S. (2014). Production and Quality Assessment of Enriched Cookies from Whole Wheat and Full Fat Soya. **European Journal of Food Science and Technology**. Vol. 2, No. 1, pp. 19-28

- [11] Wong, D. W. S. (1989). **Mechanism and Theory in Food Chemistry**. 1st Edition. New York, USA. AVI Book Van Nostrand Reinhold.
- [12] Chauhan, A., Saxena, D. C., and Singh, S. (2016). Physical, Textural, and Sensory Characteristics of Wheat and Amaranth Flour Blend Cookies. **Cogent Food & Agriculture**. Vol. 2, Issue 1, pp. 1125773. DOI: 10.1080/23311932.2015.1125773
- [13] Anprung, P. (2004). **The Principles of Sensory Simulation for Food Analysis**. 1st Edition. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University Press.
- [14] Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., and Ye, K. (2012). **Probability and Statistics for Engineers and Scientists**. 9th Edition. Boston, M.A., USA. Pearson Education, Inc.
- [15] APHA. (2001). **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 4th Edition. Downes, F. P. and Ito, K. A. (Eds). Washington D.C., USA. American Public Health Association.
- [16] Hunter Associates Laboratory Inc. (2016). **ColorFlex Coconut Color Meter, Hunterlab**. Access (12 May 2016). Available (<https://www.hunterlab.com/measurement-methods.html>.)
- [17] Donald, H. V. (1992). Relating Colorimeter Measurement of Plant Color to the Royal Horticultural Society Colour Chart. **HortScience**. Vol. 27, Issue 12, pp. 1256-1260. DOI: 10.21273/HORTSCI.27.12.1256
- [18] Akhtar, S., Anjum, F., Rehman, S., Sheikh, M., and Farzena, K. (2008). Effect of Fortification on the Physico-Chemical and Microbiological Stability of Whole Wheat Flour. **Food Chemistry**. Vol. 110, Issue 1, pp. 156-163. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.01.065
- [19] Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., and Attia, H. (2011). Dietary Fibre and Fibre-Rich By-Products of Food Processing: Characterisation, Technological Functionality and Commercial Applications. **Food Chemistry**. Vol. 124, Issue 2, pp. 411-421. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.077
- [20] Jay, J. M., Loessner, M. J., and Golden, D. A. (2005). **Modern Food Microbiology**. 7th Edition. New York, USA. Springer Science+Business Media, Inc.
- [21] Gallagher, E., Gormley, T. R., and Arendt, E. K. (2004). Recent Advances in the Formulation of Gluten-Free Cereal-Based Products. **Trends in Food Science & Technology**. Vol. 15, Issue 3-4, pp. 143-152. DOI: 10.1016/j.tifs.2003.09.012
- [22] Stone, A. K., Tanaka, T., and Nickerson, M. T. 2019. Protein Quality and Physicochemical Properties of Commercial Cricket and Mealworm Powders. **Journal of Food Science and Technology**. Vol. 56, pp. 3355-3363. DOI: 10.1007/s13197-019-03818-2
- [23] Felli, R., Yang, T. A., Abdullah, W. N. W., and Zzaman, W. (2018). Effects of Incorporation of Jackfruit Rind Powder on Chemical and Functional Properties of Bread. **Tropical Life Sciences Research**. Vol. 29, No. 1, pp. 113-126. DOI: 10.21315/tlsr2018.29.1.8
- [24] Pareyt, B., Wilderjans, E., Goesaert, H., Brijs, K., and Delcour, J. A. (2008). The Role of Gluten in a Sugar-Snap2cookie System: A Model Approach Based on Gluten-Starch Blends. **Journal of Cereal Science**. Vol. 48, Issue 3, pp. 863-869. DOI: 10.1016/j.jcs.2008.06.011

- [25] HadiNezhad, M. and Butler, F. (2009). Association of Glutenin Subunit Composition and Dough Rheological Characteristics with Cookie Baking Properties of Soft Wheat Cultivars. **Cereal Chemistry**. Vol. 86, Issue 3, pp. 339-349. DOI: 10.1094/CCHEM-86-3-0339
- [26] Finney, D. F., Morris, V. H., and Yamazaki, W. T. (1950). Macro Versus Micro Cookie Baking Procedures for Evaluating the Cookie Quality of Wheat Varieties. **Cereal Chemistry**. Vol. 27, pp. 42-46.
- [27] Kissel, L. and Prentice, M. (1979). Protein and Fibre Enrichment of Cookie Flour with Brewer's Spent Grains. **Cereal Chemistry**. Vol. 56, No. 4, pp. 261-265.
- [28] Singh, J., Singh, N., Sharma, T. R., and Saxena, S. K. (2003). Physicochemical, Rheological and Cookie Making Properties of Corn and Potato Flours. **Food Chemistry**. Vol. 83, Issue 3, pp. 387-393. DOI: 10.1016/S0308-8146(03)00100-6
- [29] Food and Drug Administration. (2001). **Notification of the Ministry of Public Health (No. 237) B.E. 2544 (2001)**. Re: Labelling of Ready-to-Cook Foods and Ready-to-Eat Foods. Bangkok. Ministry of Public Health.
- [30] Food and Drug Administration. (1979). **FOOD ACT B . E. 2522 Bangkok**. Ministry of Public Health.
- [31] Thai Industrial Standards Institute. (2012). **Thai community product standard: Cookies (TCPS. 118/2555)**. Ministry of Industry, Bangkok. (in Thai)
- [32] Food and Drug Administration. (2020). **Notification of the Ministry of Public Health (No.416) B.E.2563 (2020)**. Re: Prescribing the Quality or Standard, Principles, Conditions and Methods of Analysis for Pathogenic Microorganisms in Foods.
- [33] Wardlaw, G. M. (2004). **Perspectives in Nutrition**. 6th Edition. New York, U.S.A. McGraw Hill Companies.