

ผลของการใช้ผงจึงหรือและแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำทดแทนแป้งสาลีต่อคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของคุกกี้เนยกระเทียม

Effects of Substitution of Wheat Flour with Cricket Powder and Low Glycemic Index (GI) Rice Flour on the Physical and Chemical Characteristics of Garlic Butter Cookies

สุดา ชูถิ่น¹ กาญจนา เหลืองสุวาลัย² และ อังสุมา แก้วคอต^{2,*}

Suda Choothin¹, Kanjana Luangsuwalai² and Aungsuma Kaewkot^{2,*}

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ บ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ 10600

² สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ บ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ 10600

¹ Food Technology Program, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok 10600

² Agricultural Technology Program, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok 10600

รับเรื่อง: 2 กันยายน 2566 Received: 2 September 2023

ปรับแก้ไข: 30 พฤศจิกายน 2566 Revised: 30 November 2023

รับตีพิมพ์: 30 พฤศจิกายน 2566 Accepted: 30 November 2023

* Corresponding author: kaewkot@hotmail.com

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: ผงจึงหรือได้รับความนิยมและถูกนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร สำหรับแป้งข้าว กข43 เป็นข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำและมีค่าดัชนีน้ำตาลอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ จึงเป็นวัตถุดิบทางเลือกที่นำเสนอมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตอาหารปราศจากกลูเตนและลดค่าดัชนีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ผงจึงหรือและแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำทดแทนแป้งสาลีต่อคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของคุกกี้

วิธีดำเนินการวิจัย: ทำการแปรผันปริมาณแป้งทั้งหมด 4 สูตร ได้แก่ สูตรแป้งสาลีร้อยละ 100 (สูตรควบคุม) และสูตรทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำเสริมจึงหรือผงในอัตราส่วน 80:10, 75:15 และ 70:20 ปริมาณร้อยละ 90 ของน้ำหนักแป้งสาลี วางแผนแบบการทดลองสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย: ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ พบว่า การแปรผันจึงหรือผงในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและลดแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำลงส่งผลให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบ สี ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และค่าความแข็งของคุกกี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบ ความสว่าง (L^*) ความเป็นสีเหลือง (b^*) และความแข็งของคุกกี้มีค่าลดลง ขณะที่ วอเตอร์แอกทิวิตีและค่าความเป็นสีแดง (a^*) มีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับผลการศึกษาคุณภาพทางเคมีพบว่า การแปรผันจึงหรือผงในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและลดแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำลงส่งผลให้ปริมาณความชื้น โปรตีน และเยื่อใยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยทำให้ปริมาณความชื้น โปรตีน และเยื่อใยของคุกกี้มีค่าสูงขึ้น

สรุป: มีความเป็นไปได้ในการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำเสริมจิ้งหรีดผงในปริมาณร้อยละ 70:20 ของน้ำหนักแป้งสาลี เพื่อเพิ่มโปรตีนในผลิตภัณฑ์คุกกี้

คำสำคัญ: จิ้งหรีดผง, แป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำ, คุกกี้, ลักษณะทางกายภาพและเคมี

ABSTRACT

Background and Objectives: Cricket powder is a popular ingredient and is used in food products. For RD43, rice flour has a low amylose content and a low glycemic index (GI) lower than other rice varieties. It is an interesting alternative ingredient to replace wheat flour in the production of gluten-free food products and reduce GI in the product. This research aimed to determine the effects of substituting wheat flour with cricket powder and low GI rice flour on the physical and chemical characteristics of cookies.

Methodology: Varying amounts of flour were used in four formulas, which consist of a 100% wheat flour formula (Control), and formulas that replaced wheat flour with low GI rice flour, adding cricket powder in proportions of 80:10, 75:15, and 70:20 by the 90% wheat flour weight, respectively. The experiment was assigned in a completely randomized design. Duncan's new multiple range test was used to compare the difference in the average values at the 95% confidence level.

Main Results: The results of physical properties showed that increasing the amount of cricket powder and reducing low GI rice flour in cookies resulted in significant differences in the bake loss, color, water activity, and hardness of cookies ($P < 0.05$). By the bake loss, lightness (L^*), yellowness (b^*), and hardness (g) of cookies decreased, while water activity and redness (a^*) increased. The chemical properties showed that increasing the amount of cricket powder and reducing low GI rice flour in cookies resulted in significant differences in the cookies' moisture, protein, and fiber ($P < 0.05$), leading to an increase in moisture, protein, and fiber content of the cookies.

Conclusions: There is a possibility to replace wheat flour with low GI rice flour, adding cricket powder in a ratio of 70:20 by wheat flour weight, to increase protein in cookie products.

Keywords: Cricket powder, low glycemic index (GI) rice flour, cookie, physical and chemical characteristics

บทนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ขนมอบ เช่น คุกกี้ แครกเกอร์ บิสกิต และเค้ก ได้รับความนิยมอย่างมาก ทั้งรับประทานเป็นอาหารทานเล่นและเป็นของขวัญหรือของฝากในโอกาสต่าง ๆ เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย ราคาไม่แพง ทำให้ความต้องการของผู้บริโภคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Chongcharoenyanon, 2016) โดยคุกกี้เป็นขนมอบที่นิยมรับประทานเป็นอาหารว่างคู่กับเครื่องดื่มประเภทนม ชา หรือกาแฟ เนื่องด้วยมีขนาดชิ้นเล็ก รูปร่างแบน พกพาสะดวก มีรสชาติที่หลากหลาย คุกกี้มีคุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้ ความชื้นร้อยละ 2.10 โปรตีนร้อยละ 6.05 ไขมันร้อยละ 17.10 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 74.27 เถ้าร้อยละ 0.48 และพลังงาน 475.19 กิโลแคลลอรี่ต่อ 100 กรัม (Asadi *et al.*, 2021) นอกจากนี้ คุกกี้ยังมีค่าความแข็ง ค่าอัตราการแผ่กระจายตัว ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ค่าความสว่าง ความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลือง ดังนี้ 2,266.10 (กรัม), 7.09, 0.30, 71.49, 10.74 และ 37.53 ตามลำดับ (Liu *et al.*, 2017; Asadi *et al.*, 2021) อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจดูแลสุขภาพมากขึ้น (Singthong, 2019) ทำให้คุกกี้ซึ่งมีส่วนผสมหลักที่ให้พลังงานสูงแต่มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างต่ำจึงไม่เหมาะกับผู้ที่ต้องการควบคุมอาหารหรือผู้ที่ใส่ใจสุขภาพ (Chongcharoenyanon, 2016)

นอกจากนี้ คุกกี้ทั่วไปยังมีกลูเตนจากแป้งสาลีที่ส่งผลให้ผู้แพ้กลูเตนมีอาการของโรคซีเลียค (Celiac disease) ซึ่งการแพ้กลูเตนเป็นโรคที่รักษาไม่หาย แต่มีวิธีการป้องกัน คือ หลีกเลี่ยงอาหารที่มีกลูเตน หรือผลิตภัณฑ์ที่มาจากข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ และข้าวโอ๊ต (Chongcharoenyanon, 2016; Pichai and Ratmanee, 2018) ทำให้ปัจจุบันความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารปราศจากกลูเตนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงมีความสนใจนำเอาวัตถุดิบที่ไม่มีส่วนประกอบของกลูเตน ได้แก่ ข้าว พืชหัวหรือพืชตระกูลถั่ว และข้าวโพด มาใช้ทดแทนแป้งข้าวสาลีในการผลิตอาหารปราศจาก

กลูเตน และนับเป็นโอกาสที่ดีของประเทศไทย เนื่องจากข้าวไทยเป็นธัญพืชที่ปราศจากกลูเตน จึงสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ ได้ เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว ผลิตภัณฑ์อาหารเช้า ผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องสำเร็จรูป ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ และผลิตภัณฑ์ขนมหวานและขนมไทย เป็นต้น (Charoen, 2016) จากการศึกษาข้อมูลผลิตภัณฑ์ขนมอบ พบว่า แป้งข้าวที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งสาลีได้ร้อยละ 80-100 ควรเป็นแป้งข้าวที่มีอะมิโลสต่ำ (Namwat and Sangketkit, 2017) และข้าวพันธุ์ กข43 เป็นข้าวที่ให้ค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (Low glycemic index: low GI) อีกทั้งยังอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการและสารอาหารที่สมบูรณ์ ถือเป็นข้าวทางเลือกสำหรับผู้ใส่ใจสุขภาพ และกำลังเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศอย่างมาก (Rice Department, 2021) โดยการบริโภคข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำจะช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด จึงเหมาะกับผู้ป่วยโรคที่เป็นโรคเบาหวาน หรือผู้ที่ต้องการลดปริมาณน้ำตาล ทั้งยังช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคได้ด้วย (Nilkamheang, 2021) และสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ เส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นพาสต้า ขนมปัง และขนมเค้ก เป็นต้น จากการศึกษาของ Soontorntammarath (2022) พบว่า ปริมาณแป้งข้าวพันธุ์ กข43 ที่แตกต่างกันส่งผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมที่แตกต่างกัน โดยขนมทองม้วนแป้งข้าวพันธุ์ กข43 ที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนร้อยละ 75 คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุด เนื่องจากเนื้อสัมผัสมีความกรอบแข็ง

การบริโภคคุกกี้เป็นประจำโดยไม่คำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการที่จะได้รับอาจทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารไม่ครบถ้วน โดยเฉพาะโปรตีน ที่มีบทบาทต่อเจริญเติบโตและการซ่อมแซมเนื้อเยื่อของร่างกาย เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้มากขึ้นจึงมีการใช้วัตถุดิบที่ช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์

โดยปัจจุบันแมลงโปรตีน เช่น หนอน ตั๊กแตน และ จิ้งหรีด กำลังได้รับความนิยมและถูกนำมาใช้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอาหาร เนื่องจากแมลงเป็นอาหารที่ให้โปรตีนสูงประมาณร้อยละ 69 เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งโปรตีนอื่น ๆ ซึ่งผงจิ้งหรีดหรือแป้งจิ้งหรีด (Cricket powder or cricket flours) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำจิ้งหรีดมาอบแห้งแล้วบดเป็นผงละเอียดให้อยู่ในลักษณะผงแป้ง เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงได้ง่าย โดยจิ้งหรีดผงมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 45.8, 23.7, 6.6, 4.3 และ 19.6 ตามลำดับ รวมถึงแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น แคลเซียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม โซเดียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีสูงถึง 218, 1,224, 113, 312, 4.51, 4.06, 4.10 และ 13.5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของวัตถุแห้ง ตามลำดับ (Montowska *et al.*, 2019) ส่งผลให้แป้งจิ้งหรีดเป็นแหล่งโปรตีน กรดไขมันไม่อิ่มตัว ไอโอดีน ตลอดจนวิตามินและแร่ธาตุ ซึ่งสามารถนำมาเป็นส่วนผสมของอาหารได้หลายชนิด เช่น พิซซา พาสต้า มั้กกะโรนี บิสกิต และคุกกี้ เป็นต้น รวมถึงเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพต่าง ๆ จากการศึกษาของ Tassanaudom *et al.* (2021) พบว่า การเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดในคุกกี้ข้าวพองหอมมะลิทำให้ค่าการสูญเสียจากการอบ ค่าสัดส่วนการขยายตัว และค่า spread factor ลดลง 2.90 กรัมต่อ 100 กรัม ร้อยละ 2.03 และ 2.03 ตามลำดับ แต่จะทำให้ค่าความแข็งและค่าการแตกออกจกกันเพิ่มสูงขึ้น (ร้อยละ 17 และ 6.4) และทำให้ความหนาของชั้นคุกกี้และรูพรุนของเนื้อคุกกี้เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของคุกกี้จับตัวกันแน่น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการเสริมโปรตีนจิ้งหรีดในแป้งข้าวด้ชนี น้ำตาลต่ำเพื่อทดแทนการใช้แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้

เพื่อให้เป็นอาหารที่ไม่ได้ให้เพียงพลังงาน แต่ยังอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะโปรตีน เส้นใย รวมถึงแร่ธาตุต่าง ๆ ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับอาหารเพื่อสุขภาพ และเป็นทางเลือกให้แก่ผู้แพ้งลูเตน รวมทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าการใช้ประโยชน์จากข้าวด้ชนี น้ำตาลต่ำและแมลงโปรตีนอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

ศึกษาปริมาณแป้งข้าวด้ชนีน้ำตาลต่ำเสริมจิ้งหรีดผงเพื่อทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยกระเทียม โดยวางแผนแบบการทดลองสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) แบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 4 สูตร สูตรละ 2 ซ้ำ ทำการแปรผันปริมาณแป้ง ประกอบด้วย สูตรที่ 1 คือ สูตรแป้งสาลีร้อยละ 100 (สูตรควบคุม; C) และสูตรที่ 2-4 คือ สูตรที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวด้ชนีน้ำตาลต่ำเสริมจิ้งหรีดผงในปริมาณร้อยละ 90 ของน้ำหนักแป้งสาลี โดยมีอัตราส่วนแป้งข้าวด้ชนีน้ำตาลต่ำต่อจิ้งหรีดผง ดังนี้ 80:10 (RC1), 75:15 (RC2) และ 70:20 (RC3) และสูตรทดลองที่ 2-4 ได้ใส่แป้งข้าวโพดในปริมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้งสาลี มาเป็นส่วนผสมในสูตรเพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีการเกาะตัวกัน (Table 1) สำหรับองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของจิ้งหรีดผงจากบริษัท คริกเกต แลบ จำกัด มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 67, 19, 7 และ 7 ตามลำดับ โดยเริ่มดำเนินการทดลองตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2565 และสิ้นสุดการทดลองเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2566

Table 1 Formulation of garlic butter cookie

Ingredients	Formulas			
	C	RC1	RC2	RC3
Wheat flour (g)	165	–	–	–
Low glycemic index rice flour (g)	–	132	124	116
Cricket powder (g)	–	17	25	33
Corn flour (g)	–	16	16	16
Salted butter (g)	100	100	100	100
Granulated sugar (g)	30	30	30	30
Icing sugar (g)	50	50	50	50
Salt (tsp)	1/2	1/2	1/2	1/2
Egg (egg)	1	1	1	1
Fresh milk (g)	30	30	30	30
Minced garlic (g)	30	30	30	30
Oregano (g)	1.5	1.5	1.5	1.5
Baking powder (g)	1.3	1.3	1.3	1.3
Sodium bicarbonate (g)	1.5	1.5	1.5	1.5

C = wheat flour contents as 100 (Control), RC1 = low glycemic index (GI) rice flour added cricket powder contents as 80:10, RC2 = low GI rice flour added cricket powder contents as 75:15, RC3 = low GI rice flour added cricket powder contents as 70:20. Formulas 2–4 added corn flour contents as 10 by wheat flour weight.

ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยกระเทียม

การวิจัยครั้งนี้ใช้สูตรคุกกี้เนยกระเทียมพื้นฐานที่ได้ทดลองงานวิจัยเบื้องต้น (Preliminary test) แล้ว จากนั้น ศึกษาคุกกี้เนยกระเทียมที่มีการแปรผันแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำเสริมจึงหรือผงในระดับต่าง ๆ เพื่อทดแทนแป้งสาลี โดยใช้ส่วนผสมในการทำผลิตภัณฑ์คุกกี้ดังแสดงใน Table 1 และการศึกษาครั้งนี้ใช้แป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำสำเร็จรูปจากบี เนเจอร์ล และจึงหรือผงสำเร็จรูปจากบริษัท คริกเกต แลบ จำกัด สำหรับขั้นตอนในการทำผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยกระเทียมมีดังนี้ ซึ่งส่วนผสมทุกอย่างตามสูตร ร่อนส่วนผสมแห้งได้แก่ แป้งสาลี แป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำ จึงหรือผง โซเดียมไบคาร์บอเนต และผงฟู เข้าด้วยกัน นำมาพักไว้ จากนั้น ตีเนยด้วยความเร็วปานกลางจนเนยอ่อนตัวใส่น้ำตาลทรายละเอียดและน้ำตาลไอซิ่งทีละน้อยจนหมดและละลายเข้ากันดีกับเนย แล้วใส่ไข่ ตีด้วย

ความเร็วสูงจนเข้ากันดี จึงลดระดับความเร็วใส่กระเทียมบด เกลือ นมสด และผงออริกาโน ตีต่อจนเข้ากัน หลังจากนั้นนำส่วนผสมแป้งสาลี แป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำ โปรตีนจึงหรือผง โซเดียมไบคาร์บอเนต และผงฟูที่ร่อนไว้เทใส่รวมกัน แล้วตีด้วยความเร็วสูงให้พอเข้ากัน จะได้คุกกี้โด นำไปพักไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาดักส่วนผสมใส่ถุงสำหรับบีบคุกกี้ขนาด 18 นิ้ว และใช้หัวบีบคุกกี้โดลงบนกระดาษไขที่วางบนเครื่องชั่งดิจิทัล โดยกำหนดให้คุกกี้แต่ละชิ้นมีน้ำหนักโดยประมาณ 5 กรัม จากนั้น วางคุกกี้ลงในถาดก่อนนำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำถาดออกแล้วพักไว้ให้เย็น แยกคุกกี้ออกจากกระดาษไข และบรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน ถุงละ 1 ชิ้น ปิดผนึกในสภาวะปกติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30–33 องศาเซลเซียส) โดยเก็บไว้ในภาชนะที่มีฝาปิดสนิท เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านกายภาพ

สุ่มตัวอย่างคูกี้จากทั้งหมด 4 สูตร สูตรละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ชิ้น เพื่อนำมาศึกษาคุณลักษณะทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์คูกี้ ดังนี้

การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบ (Bake loss; ร้อยละ)

นำตัวอย่างคูกี้มาชั่งน้ำหนักคูกี้ก่อนอบ และชั่งน้ำหนักคูกี้หลังอบด้วยเครื่องชั่งดิจิทัลชนิดนิยมน 2 ตำแหน่ง (Sharma and Gujral, 2014) โดยวัดจำนวน 5 ชิ้นต่อ 1 ซ้ำ จากนั้น นำค่าน้ำหนักที่ได้มาคำนวณเป็นร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบ ดังสมการ

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100$$

อัตราการแผ่กระจายตัว (Spread ratio; D/T)

นำตัวอย่างคูกี้มาวัดความกว้าง (มิลลิเมตร) โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของคูกี้ 3 ตำแหน่งต่อคูกี้ 1 ชิ้น และความหนาของคูกี้ (มิลลิเมตร) โดยวัดความสูงของคูกี้ 3 ตำแหน่งต่อคูกี้ 1 ชิ้น ด้วยเครื่องเวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier caliper) วัดจำนวน 5 ชิ้นต่อ 1 ซ้ำ จากนั้น คำนวณค่าอัตราการแผ่กระจายตัว (Sharma *et al.*, 2013) ดังสมการ

$$\text{อัตราการแผ่กระจายตัว} = \frac{\text{ความกว้าง}}{\text{ความหนา}}$$

สี (Color)

นำตัวอย่างคูกี้มาวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-10 ประเทศญี่ปุ่น) แสดงค่าสีออกมาในรูปของ L*, a* และ b* (CIE Lab system) วัดจำนวน 5 ชิ้นต่อ 1 ซ้ำ โดยวัดสีที่ผิวหน้าคูกี้ด้านบนและบันทึกผล ค่าความสว่าง (L*) แสดงถึงความเป็นสีขาวและสีดำ มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ค่าความเป็นสีแดง (a*) แสดงถึงความเป็นสีเขียว (-) และสีแดง (+) มีค่าตั้งแต่ -120

ถึง 120 ส่วนค่าความเป็นสีเหลือง (b*) แสดงความเป็นสีน้ำเงิน (-) และสีเหลือง (+) มีค่าตั้งแต่ -120 ถึง 120 (Tekouyporn, 2011)

วอเตอร์แอกทิวิตี (Water activity; a_w)

นำตัวอย่างคูกี้ไปอบให้ละเอียด จากนั้น นำตัวอย่างใส่ในตลับพลาสติกสำหรับวัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตีให้ตัวอย่างกระจายอย่างสม่ำเสมอ แล้วนำตลับใส่กลับเข้าไปในเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (ยี่ห้อ Aqualab รุ่น Model Series 3 สหรัฐอเมริกา) โดยวัดจำนวน 5 ชิ้นต่อ 1 ซ้ำ และบันทึกผล

ความแข็ง (Hardness)

นำตัวอย่างคูกี้มาวัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA.XT2 สหราชอาณาจักร) ใช้หัววัดแบบกลม (Ball probe P/5S) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ตั้งค่าความเร็วก่อนวัดและขณะวัด 2 มิลลิเมตรต่อวินาที และความเร็วหลังวัด 10 มิลลิเมตรต่อวินาที เป็นระยะร้อยละ 70 ของความสูงตัวอย่าง และรายงานผลเป็นค่าความแข็งมีหน่วยเป็นกรัม (Chung *et al.*, 2014) โดยวัดจำนวน 10 ชิ้นต่อ 1 ซ้ำ และบันทึกผล

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของผลิตภัณฑ์คูกี้เนยกระเทียมเพื่อหาคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเยื่อใยตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (2010) วิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ โดยใช้ตัวอย่างคูกี้จำนวน 10 ชิ้นต่อ 1 ซ้ำ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's new multiple range test ที่ระดับ

ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติ (SPSS)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการศึกษาคุณลักษณะทางด้านกายภาพ

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบ อัตราการแผ่กระจายตัว สี วอเตอร์แอกทิวตี้ ความแข็ง และความชื้นต่างของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยกระเทียม ทั้งหมด 4 สูตร ประกอบด้วย สูตรที่ 1 คือ สูตรแป้งสาลีร้อยละ 100 (สูตรควบคุม; C) และสูตรที่ 2-4 คือ สูตรที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวตังชนิดน้ำตาลต่ำเสริมสังหรีดผงในอัตราส่วน 80:10 (RC1), 75:15 (RC2) และ 70:20 (RC3) ปริมาณร้อยละ 90 ของน้ำหนักแป้งสาลี พบว่าค่าการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบ ค่าสี ค่าวอเตอร์แอกทิวตี้ และค่าความแข็งของคุกกี้เนยกระเทียมแต่ละสูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้น ค่าอัตราการแผ่กระจายตัวที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบ

การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยกระเทียมทั้ง 4 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$; Table 2) โดยการแปรผันผงสังหรีดในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและลดแป้งข้าวตังชนิดน้ำตาลต่ำส่งผลให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบลดลง ซึ่งสูตร C มีการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบสูงที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 22.93 ± 0.05 รองลงมา คือ สูตร RC1 (ร้อยละ 21.90 ± 0.22) และ สูตร RC2 (ร้อยละ 21.81 ± 0.24) ส่วนสูตร RC3 มีค่าการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 21.61 ± 0.10 โดยการลดลงของค่าการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบที่แปรผกผันกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณผงสังหรีด ทำให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ยังคงอยู่ได้ เนื่องจากผงสังหรีดมีความ

สามารถในการอุ้มน้ำที่ดีเป็นผลมาจากโปรตีนในสังหรีดซึ่งมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำเหนือกว่าแป้งสาลี จึงทำให้เกิดการระเหยของน้ำออกไปได้น้อยลง (Tassanaudom *et al.*, 2021) โดยสังหรีดผงปริมาณ 100 กรัม มีโปรตีนถึง 67.9 กรัม (Cricket Lab Co., Ltd, n.d.) ขณะที่ แป้งสาลี แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวตังชนิดน้ำตาลต่ำมีโปรตีนร้อยละ 11.5, 12.91 และ 6.85 ตามลำดับ (Jammek and Naivikul, 2010; Nilkamheang, 2021) นอกจากนี้ สังหรีดผงมีความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 1.40 กรัมต่อกรัม (Damasceno *et al.*, 2023) ขณะที่ แป้งสาลี แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวมีความสามารถในการอุ้มน้ำ 1.48, 2.36 และ 1.88 กรัมต่อกรัม ตามลำดับ (Carcelli *et al.*, 2020; Shevchenko and Litvynchuk, 2022) ดังนั้น การใช้แป้งข้าวและแป้งข้าวโพดร่วมกับสังหรีดผงส่งผลให้คุกกี้มีความสามารถในการอุ้มน้ำที่ดีกว่าคุกกี้แป้งสาลี จากผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Tassanaudom *et al.* (2021) ที่พัฒนาสูตรคุกกี้ข้าวพองเสริมโปรตีนสังหรีดร้อยละ 15, 30 และ 45 เพื่อทดแทนแป้งสาลี โดยพบว่าการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบแปรผกผันกับการเพิ่มปริมาณผงสังหรีด ซึ่งเป็นผลมาจากสังหรีดมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งสาลี เนื่องจากสังหรีดมีปริมาณโปรตีนที่สูง

อัตราการแผ่กระจายตัว

อัตราการแผ่กระจายตัวของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยกระเทียมทั้ง 4 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$; Table 2) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.496 ถึง 0.578 มิลลิเมตร การแปรผันผงสังหรีดในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและลดแป้งข้าวตังชนิดน้ำตาลต่ำไม่มีผลต่อค่าอัตราการแผ่กระจายตัว ซึ่งอัตราการแผ่กระจายตัวเป็นค่าที่บ่งบอกถึงอัตราส่วนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง (หนา) ของคุกกี้ โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ขนมอบต้องการให้มีค่าอัตราการแผ่กระจายตัวสูง ซึ่งคุกกี้จะมีค่าอัตราการแผ่กระจายตัวที่สูงขึ้นเมื่อ

ปริมาณโปรตีนที่ไม่ใช่กลูเตนเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งข้าว และแป้งข้าวโพดเป็นแป้งชนิดที่ไม่มีกลูเตนเป็นองค์ประกอบจะกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ผงฟูในสูตรน้อยกว่าแป้งสาลีที่มีกลูเตนซึ่งทำหน้าที่เก็บ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เอาไว้ เนื่องจากกลูเตนเป็น โปรตีนที่มีโครงสร้างเป็นร่างแหตาข่ายที่สามารถยึดจับ ระหว่างสายโปรตีนได้ด้วยพันธะไดซัลไฟด์ที่มีความแข็งแรงจึงทำให้รักษารูปร่างของคุกกี้ได้ ดังนั้น เมื่อไม่ใช่ แป้งสาลีแต่ใช้แป้งชนิดอื่นที่ไม่มีกลูเตนเป็นองค์ประกอบจะทำให้โดที่ได้มีโครงสร้างที่ไม่แข็งแรง ส่งผลให้อัตราการแผ่กระจายตัวของคุกกี้ที่ทำจากแป้งที่ไม่มี กลูเตนมากกว่าคุกกี้ที่ทำจากแป้งสาลี (Tassanaudom *et al.*, 2021) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของ

Sanom and Jangchud (2020) ที่ศึกษาผลของจังหวัด ผงที่มีต่อคุกกี้ข้าวเจ้าในปริมาณ ร้อยละ 25 และ 35 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณจังหวัดผงส่งผลให้ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจาก ปริมาณไขมันในจังหวัดผง ปกติแล้วในระหว่างการอบ คุกกี้อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจะทำให้ไขมันละลาย ซึ่งใน จังหวัดผงปริมาณ 100 กรัม จะมีไขมันและไขมันอิ่มตัว สูงถึง 19.7 และ 6.996 กรัม (Cricket Lab Co., Ltd, n.d.) จึงส่งผลให้คุกกี้แผ่ขยายตัวออกไปในลักษณะ แบบราบ ดังนั้น คุกกี้ที่มีแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำเสริม จังหวัดผงจึงมีอัตราการแผ่กระจายตัวที่สูงกว่าคุกกี้สูตร ควบคุมที่ผลิตจากแป้งสาลี

Table 2 Physical properties of garlic butter cookie

Physical properties	Formulas				P-value
	C	RC1	RC2	RC3	
Bake loss (%)	22.93 ± 0.05 ^a	21.90 ± 0.22 ^b	21.81 ± 0.24 ^{bc}	21.61 ± 0.10 ^c	0.000
Spread ratio (mm)	0.496 ± 0.08	0.532 ± 0.15	0.552 ± 0.08	0.578 ± 0.05	0.646
Color					
Lightness (L*)	74.75 ± 0.72 ^a	60.97 ± 0.37 ^b	57.20 ± 0.44 ^c	55.74 ± 0.36 ^d	0.000
Redness (a*)	2.98 ± 0.55 ^d	5.63 ± 0.44 ^c	6.17 ± 0.34 ^b	6.67 ± 0.19 ^a	0.000
Yellowness (b*)	26.69 ± 1.29 ^a	18.87 ± 0.97 ^b	17.28 ± 0.63 ^c	17.17 ± 0.42 ^c	0.000
Water activity	0.414 ± 0.003 ^a	0.371 ± 0.004 ^c	0.373 ± 0.002 ^c	0.405 ± 0.003 ^b	0.000
Hardness (g)	1,959.34 ± 284.01 ^a	1,030.43 ± 319.54 ^b	756.82 ± 209.82 ^c	748.04 ± 77.39 ^c	0.000

Means (± Standard deviation) with different superscript letters in the same row are significant different (P < 0.05). C = wheat flour contents as 100 (Control), RC1 = low glycemic index (GI) rice flour added cricket powder contents as 80:10, RC2 = low GI rice flour added cricket powder contents as 75:15, RC3 = low GI rice flour added cricket powder contents as 70:20. Formulas 2–4 added corn flour contents as 10 by wheat flour weight.

สี จากผลการศึกษาค่าสีของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนย กระทบทั้ง 4 สูตร ได้แก่ ความสว่าง (L*) ความเป็น สีแดง (a*) และความเป็นสีเหลือง (b*) พบว่า มีความ ต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05; Table 2) โดยค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองลดลงเมื่อ

การแปรผันจังหวัดผงในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและลดแป้ง ข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำลง โดยสูตร C มีค่าความสว่างและ ค่าความเป็นสีเหลืองสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 74.75 ± 0.72 และ 26.69 ± 1.29 รองลงมา คือ สูตร RC1 (60.97 ± 0.37 และ 18.87 ± 0.97) สูตร RC2 (57.20 ± 0.44 และ 17.28 ± 0.63) และสูตร RC3 (55.74 ± 0.36

และ 17.17 ± 0.42) ตามลำดับ ($P = 0.000$) สำหรับค่าความเป็นสีแดง พบว่าเพิ่มขึ้นเมื่อแปรรูปผงจึงหรือในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและลดแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำลง โดยสูตร RC3 มีค่าความเป็นสีแดงสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 6.67 ± 0.19 รองลงมา คือ สูตร RC2 สูตร RC1 และสูตร C ซึ่งมีค่าความเป็นสีแดงเท่ากับ 6.17 ± 0.34 , 5.63 ± 0.44 และ 2.98 ± 0.55 ตามลำดับ สีของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยสำคัญต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้า นอกจากนี้ สียังสื่อถึงความสดใหม่ รสชาติ ความน่ารับประทาน และคุณภาพของอาหาร ดังนั้น การประเมินและการวัดค่าสีจึงเป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่สำคัญสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร จากผลการศึกษาพบว่า การแปรรูปผงจึงหรือในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและลดแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำ จะส่งผลให้คุกกี้มีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากจึงหรือผงมีลักษณะสีน้ำตาลดำ จึงส่งผลทำให้คุกกี้มีค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองลดลง ในขณะที่ค่าสีแดงเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sanom and Jangchud (2020) ที่ศึกษาผลของปริมาณจึงหรือผงและโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อคุณภาพของคุกกี้แป้งข้าวเจ้า โดยแปรรูปแหล่งโปรตีน 2 ชนิด คือ จึงหรือผงร้อยละ 25 และ 35 ร่วมกับโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 0, 25 และ 35 พบว่า การเพิ่มปริมาณจึงหรือผงส่งผลให้คุกกี้มีค่า L^* และ b^* ลดลง และสีของวัตถุดิบเมื่อได้รับความร้อนในขณะที่อบคุกกี้ ส่งผลทำให้คุกกี้มีสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) อีกด้วย (Inchuen *et al.*, 2018)

วอเตอร์แอกทิวิตี

ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยกระเทียมทั้ง 4 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$; Table 2) โดยการแปรรูปผงจึงหรือในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและลดแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีสูงขึ้นแต่มีค่าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ซึ่งสูตร C มี

ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.414 ± 0.003 รองลงมา คือ สูตร RC3 (0.405 ± 0.003) และสูตร RC2 (0.373 ± 0.002) ส่วนสูตร RC1 มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.371 ± 0.004 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณน้ำในอาหารที่จุลินทรีย์นำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้และใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ (Sandulachi, 2012) โดยผลิตภัณฑ์ประเภทคุกกี้ที่มีความชื้นร้อยละ 3 ถึง 5 จะมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีประมาณ 0.3 (Liu *et al.*, 2017) สำหรับผลิตภัณฑ์คุกกี้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีอยู่ในช่วง 0.3 ถึง 0.4 ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าวอเตอร์แอกทิวิตี อาจเกิดจากผลของการรีโทรเกรดชันของอะไมโลสในเจลแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำ เนื่องจากเมื่ออะไมโลสเกิดการเรียงผลึกใหม่ จะเกิดการซินเนอริซิส (Syneresis) ซึ่งเป็นการขับน้ำที่เคยจับอยู่ออกจากโมเลกุลอะไมโลสออกมาอยู่รอบ ๆ ผลึก ทำให้ปริมาณน้ำที่ถูกอุ้มอยู่ในเจลแป้งเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณอะไมโลสในแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำลดลง ทำให้การเกิดซินเนอริซิสลดลง ปริมาณน้ำที่ถูกอุ้มอยู่ในเจลแป้งจึงเพิ่มขึ้น (Kengkhetkit *et al.*, 2019) ร่วมกับแป้งข้าวโพดและจึงหรือผงมีความสามารถในการอุ้มน้ำที่ดี ดังนั้น คุกกี้ที่แปรรูปผงจึงหรือในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและลดแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำจึงมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีที่เพิ่มขึ้น

ความแข็ง

ความแข็งของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยกระเทียมทั้ง 4 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$; Table 2) โดยการแปรรูปผงจึงหรือในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและลดแป้งข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำส่งผลให้ค่าความแข็งลดลง ซึ่งสูตร C มีค่าความแข็งสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ $1,959.34 \pm 284.01$ กรัม รองลงมาคือ สูตร RC1 สูตร RC2 และสูตร RC3 โดยมีค่าความแข็งเท่ากับ $1,030.43 \pm 319.54$, 756.82 ± 209.82 และ 748.04 ± 77.39 กรัม ตามลำดับ ความแข็งเป็นผลประกอบกัน

ของคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ซึ่งรวมไปถึงขนาด รูปร่าง จำนวน และการจัดเรียงตัวของโครงสร้างของ สารนั้น ๆ บ่งชี้ถึงแรงที่ใช้ในการทำให้คูกักเหนยแตกหัก (KhumKhom, 2018) ดังนั้น ความแข็งของอาหารจึง มีความจำเป็นและสำคัญอย่างมากต่อการยอมรับของ ผู้บริโภค (Sirilert, 2007) และจากผลการศึกษาค้นคว้า พบว่า การแปรผันผงจิ้งหรีดในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและลด แปะข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำส่งผลให้คูกักมีค่าความแข็ง ลดลง อาจเป็นผลจากแป๊ะข้าวไม่มีกลูเตนเป็นองค์ ประกอบ ทำให้โดที่ได้อาจมีโครงสร้างที่ไม่แข็งแรง และ ปริมาณอะไมเลสในแป๊ะข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำซึ่งมีผลต่อ ความแข็งและร่วน อีกทั้งปริมาณเยื่อใยจากจิ้งหรีดผง ที่สูงอาจส่งผลต่อลักษณะความแข็งของคูกัก เนื่องจาก เป็นเยื่อใยที่เรียกว่า ไคติน (Chitin) ซึ่งมีคุณสมบัติใน การอู่มน้ำ เมื่อจับกับน้ำแล้วเกิดการพองตัวคล้าย พองน้ำ และส่งผลให้คุณลักษณะเนื้อสัมผัสด้อยลง โดย มีเนื้อสัมผัสแน่นและร่วนมากขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษา ของ Sanom and Jangchud (2020) ที่พบว่า คูกัก แปะข้าวเจ้าที่มีจิ้งหรีดผงในปริมาณร้อยละ 25 และ 35 มีค่าความแข็งลดลง โดยมีค่าเท่ากับ 6.52 ± 0.76 และ 4.95 ± 0.58 ตามลำดับ เนื่องจากมีลักษณะร่วน แตกหักง่าย มีเนื้อหยาบ และอ่อนตัวเร็ว จึงมีการนำ แป๊ะชนิดอื่นมาใช้ร่วมด้วย

อย่างไรก็ตาม ปริมาณไขมันยังเป็นส่วนที่ สำคัญต่อคุณลักษณะด้านความแข็ง กลิ่นรส และ ลักษณะที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์คูกัก โดยการลดหรือ เพิ่มปริมาณไขมันจะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ คูกัก (Drewnowski *et al.*, 1998) เนื่องจากไขมัน มีหน้าที่จับอากาศที่เกิดขึ้นในระหว่างการตีส่วนผสมให้อยู่ในรูปเซลล์และฟองอากาศ เซลล์อากาศเหล่านี้จะ ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่กักเก็บไว้ออกมา ในระหว่างการอบ ส่งผลให้เกิดการขยายตัวของ โครงสร้าง ผลิตภัณฑ์จึงมีปริมาตรเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ ลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แน่น ร่วน และมีขนาดของโพรง หรือรูอากาศค่อนข้างใหญ่ (Waring, 1988) โดยจิ้งหรีด ผงปริมาณ 100 กรัม มีไขมันถึง 19 กรัม (Cricket Lab

Co., Ltd, n.d.) ขณะที่ แป๊ะสาลิมีไขมันอยู่ที่ร้อยละ 1 เท่านั้น (Jammek and Naivikul, 2010) นอกจากนี้ การวิจัยในครั้งนี้มีการใช้แป๊ะข้าวโพดในสูตรร้อยละ 10 เพื่อให้คูกักมีความคงตัวมากขึ้นจากสารไฮโดร คอลลอยด์เพื่อทดแทนกลูเตนในแป๊ะสาลิ อีกทั้งแป๊ะ ข้าวโพดทำให้เนื้อสัมผัสของคูกักมีค่าความแข็งลดลง เนื่องจากแป๊ะข้าวโพดมีปริมาณอะไมเลสสูง ประมาณ ร้อยละ 28 (Swinkels, 1985) และมีปริมาณแอมิโล แพคตินสูง จึงทำให้การขยายตัวของผลิตภัณฑ์เพิ่ม มากขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นต่ำ และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มี ความกรอบเมื่อผ่านความร้อน จึงทำให้แรงกระทำใน การทำให้ผลิตภัณฑ์แตกหักของผลิตภัณฑ์ลดลง (Jomduang and Mohamed, 1994)

ผลการศึกษาคุณลักษณะทางเคมี

จากการศึกษาคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเยื่อใยของผลิตภัณฑ์คูกัก เหยยกระเทียมทั้ง 4 สูตร พบว่า ปริมาณความชื้น โปรตีน และเยื่อใยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้น ปริมาณไขมันที่มีความแตกต่างกัน อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ความชื้น

ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์คูกัก เหยยกระเทียมทั้ง 4 สูตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($P < 0.05$; Table 3) โดยการแปรผันผง จิ้งหรีดในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและลดแป๊ะข้าวดัชนีน้ำตาล ต่ำลงส่งผลให้ค่าความชื้นเพิ่มขึ้น แต่มีค่าน้อยกว่าเมื่อ เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม โดยสูตร C มีค่าความชื้น สูงที่สุด (ร้อยละ 2.04 ± 0.06) รองลงมา คือ สูตร RC3 สูตร RC2 และสูตร RC1 มีค่าความชื้นร้อยละ 1.88 ± 0.05 , 1.80 ± 0.01 และ 1.78 ± 0.01 ตามลำดับ ซึ่ง มีผลไปในทิศทางเดียวกับค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และ สอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบ โดย การแปรผันผงจิ้งหรีดในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า ความชื้นเพิ่มขึ้น อาจเป็นผลจากผงจิ้งหรีดมีความ

สามารถในการอุ้มน้ำที่ดี เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนและเยื่อใยที่สูง จึงสามารถดูดซับน้ำได้ดี ส่งผลต่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีสัดส่วนของน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ภายในโครงสร้างคุกกี้เพิ่มขึ้นด้วย (Alflen *et al.*, 2016) โดยผลิตภัณฑ์คุกกี้จะมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 4 ของน้ำหนัก นอกจากนี้ ปริมาณความชื้นเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อลักษณะกายภาพของคุกกี้ด้านความกรอบ ความแข็ง และความนุ่มอีกด้วย

โปรตีน

ปริมาณโปรตีนของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยกระเทียมทั้ง 4 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$; Table 3) โดยการแปรผันผง

จึงหรือในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและลดแป้งข้าวตังนี้น้ำตาลต่ำลงส่งผลให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ซึ่งสูตร RC3 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 10.04 ± 0.07 รองลงมา คือ สูตร RC2 (ร้อยละ 8.71 ± 0.12) และสูตร RC1 (ร้อยละ 7.80 ± 0.07) ตามลำดับ ส่วนสูตร C มีปริมาณโปรตีนต่ำที่สุด ร้อยละ 6.71 ± 0.04 โปรตีนเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและการซ่อมแซมเนื้อเยื่อของร่างกาย นอกจากนี้ การบริโภคโปรตีนในปริมาณที่เหมาะสมต่อความต้องการของร่างกายสามารถแก้ปัญหาทุพโภชนาการจากภาวะทุพโภชนาการต่ำได้ โดยปกติร่างกายต้องการโปรตีน 50 กรัมต่อวัน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับเพศ อายุ และการทำกิจกรรมในระหว่างวัน (Department of Health, 2020)

Table 3 Chemical properties of garlic butter cookie

Chemical properties (%)	Formulas				P-value
	C	RC1	RC2	RC3	
Moisture	2.04 ± 0.06^a	1.78 ± 0.01^c	1.80 ± 0.01^c	1.88 ± 0.05^b	0.000
Protein	6.71 ± 0.04^d	7.80 ± 0.07^c	8.71 ± 0.12^b	10.04 ± 0.07^a	0.000
Fat	23.48 ± 0.13	23.26 ± 0.08	23.63 ± 0.24	23.56 ± 0.02	0.205
Fiber	0.49 ± 0.05^c	0.98 ± 0.16^b	1.22 ± 0.07^b	1.63 ± 0.15^a	0.003

Means (\pm Standard deviation) with different superscript letters in the same row are significant different ($P < 0.05$). C = wheat flour contents as 100 (Control), RC1 = low glycemic index (GI) rice flour added cricket powder contents as 80:10, RC2 = low GI rice flour added cricket powder contents as 75:15, RC3 = low GI rice flour added cricket powder contents as 70:20. Formulas 2–4 added corn flour contents as 10 by wheat flour weight.

ผงจึงหรือมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นแหล่งของโปรตีนที่สำคัญ ซึ่งผงจึงหรือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีโปรตีนสูงถึง 67.9 กรัมต่อ 100 กรัม (Cricket Lab Co., Ltd, n.d.) และประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายปริมาณร้อยละ 46–96 ของกรดอะมิโนทั้งหมด (Kouřimská and Adámková, 2016) จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าสามารถเสริมจึงหรือเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์คุกกี้ได้ เนื่องจากคุกกี้สูตรควบคุมมีปริมาณโปรตีนเพียงร้อยละ 6.71 ขณะที่คุกกี้ที่เสริมผงจึงหรือร้อยละ 10, 15 และ 20 มี

ปริมาณโปรตีนเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 1.09, 2.00 และ 3.33 ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Suten *et al.* (2021) ที่พบว่า ผลิตภัณฑ์บราวนี่ฟลาวมันสำปะหลังเสริมผงจึงหรือร้อยละ 30 มีโปรตีนเพิ่มขึ้น 2.06 เท่า เช่นเดียวกับการศึกษาของ Tassanaudom *et al.* (2021) ที่พบว่า คุกกี้ที่เสริมโปรตีนผงจึงหรือทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 30 มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.22 ดังนั้น การเสริมผงจึงหรือในคุกกี้จึงเป็นผลดีและเป็นอีกหนึ่งทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

ไขมัน

ปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนย 4 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$; Table 3) โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 23.26 ถึง 23.63 จากผลการศึกษาในครั้งนี้การเสริมผงจิ้งหรีดไม่ได้ส่งผลต่อปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์คุกกี้ เนื่องจากมีปริมาณไขมันใกล้เคียงกับคุกกี้ที่ผลิตจากแป้งสาลี (สูตรควบคุม) สอดคล้องกับการศึกษาของ Suten *et al.* (2021) ที่พบว่า ผลิตภัณฑ์บราวนี่ฟลาวมันสำหรับหลังเสริมผงจิ้งหรีดร้อยละ 30 มีปริมาณไขมันใกล้เคียงกับบราวนี่ที่ผลิตจากแป้งสาลี

เยื่อใย

จากผลการศึกษาปริมาณเยื่อใยของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยกระเทียมทั้ง 4 สูตร พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$; Table 3) โดยการแปรรูปผงจิ้งหรีดในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและลดแป้งข้าวตังชนิดน้ำตาลต่ำส่งผลให้ปริมาณเยื่อใยเพิ่มขึ้น ซึ่งสูตร RC3 มีปริมาณเยื่อใยสูงที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.63 ± 0.15 รองลงมา คือ สูตร RC2 สูตร RC1 และสูตร C โดยมีปริมาณเยื่อใยร้อยละ 1.22 ± 0.07 , 0.98 ± 0.16 และ 0.49 ± 0.05 ตามลำดับ เนื่องจากจิ้งหรีดผงปริมาณ 100 กรัม มีเยื่อใยสูงถึง 7.42 กรัม (Cricket Lab Co., Ltd, n.d.) และแป้งข้าวตังชนิดน้ำตาลต่ำมีเยื่อใยอยู่ที่ร้อยละ 2.25 (Nilkamheang, 2021) ขณะที่แป้งสาลีมีเยื่อใยน้อยกว่าร้อยละ 1 (Jammek and Naivikul, 2010) ดังนั้น การเพิ่มจิ้งหรีดผงในผลิตภัณฑ์คุกกี้ส่งผลให้มีปริมาณเยื่อใยเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Tassanaudom *et al.* (2021) ที่พบว่า คุกกี้ที่เสริมผงจิ้งหรีดทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 30 มีปริมาณเยื่อใยเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.52 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยกระเทียมทั้งหมด 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 คือ สูตรแป้งสาลีร้อยละ 100 (สูตรควบคุม; C) และสูตรที่ 2-4 คือ สูตรที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวตังชนิดน้ำตาลต่ำเสริมจิ้งหรีดผงในอัตราส่วน 80:10 (RC1), 75:15 (RC2) และ 70:20 (RC3) ปริมาณร้อยละ 90 ของน้ำหนักแป้งสาลี พบว่าการเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดและลดแป้งข้าวตังชนิดน้ำตาลต่ำลงเพื่อทดแทนปริมาณแป้งสาลีส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของคุกกี้ โดยทำให้การสูญเสียไอน้ำในระหว่างการอบ ความสว่าง ความเป็นสีเหลือง และความแข็งมีค่าลดลง ขณะที่ วอเตอร์แอกทิวิตีและความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่ออัตราการแผ่กระจายตัว สำหรับคุณภาพทางเคมีพบว่า ปริมาณความชื้น โปรตีน และเยื่อใยมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อปริมาณไขมัน ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ในการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวตังชนิดน้ำตาลต่ำเสริมจิ้งหรีดผง ซึ่งสามารถใช้ได้ถึงปริมาณร้อยละ 70:20 ของน้ำหนักแป้งสาลี โดยส่งผลให้คุกกี้มีปริมาณโปรตีนและเยื่อใยเพิ่มขึ้น และปราศจากกลูเตน เหมาะสำหรับเป็นทางเลือกให้กับผู้ที่ใส่ใจสุขภาพ แต่ลักษณะเนื้อสัมผัสจะด้อยลง อย่างไรก็ตาม ควรศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสเพิ่มเติม เนื่องจากการเสริมจิ้งหรีดในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์คุกกี้แข็ง ร่วน และมีกลิ่นซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความชอบของผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยแหล่งทุนภายในจากกองทุนสนับสนุนการวิจัยของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ประจำปีงบประมาณ 2565

เอกสารอ้างอิง

- Alflen, T.A., E. Quast, L.C. Bertan and E.M. Bainy. 2016. Partial substitution of wheat flour with taro (*Colocasia esculenta*) flour on cookie quality. Rev. Ciênc. Exatas Nat. 18(2): 202–212. <https://doi.org/10.5935/RECEN.2016.02.01>.
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). 2010. Official Method of Analysis of AOAC International. 18th edition. Association of Official Agricultural Chemists, Washington, D.C., USA.
- Asadi, S.Z., M.A. Khan and R.V. Chamarchy. 2021. Development and quality evaluation of cookies supplemented with concentrated fiber powder from chiku (*Manilkara zapota* L.). J. Food Sci. Technol. 58(5): 1839–1847. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04695-w>.
- Carcelli, A., E. Masuelli, A. Diantom, E. Vittadini and E. Carini. 2020. Probing the functionality of physically modified corn flour as clean label thickening agent with a multiscale characterization. Foods. 9(8): 1105. <https://doi.org/10.3390/foods9081105>.
- Charoen, A. 2016. Development of Khao Dawk Mali 105 Rice Flour Cake Filled with Passion Fruit Pastry Cream by Using Basil Seed Gum. MS Thesis, Thammasat University, Bangkok. (in Thai)
- Chongcharoenyanon, B. 2016. Functional properties of white kidney bean and application in bakery product. JFTSU. 11(1): 1–12. (in Thai)
- Chung, H.J., A. Cho and S.T. Lim. 2014. Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. LWT - Food Sci. Technol. 57(1): 260–266. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.01.018>.
- Cricket Lab Co., Ltd. n.d. Cricket protein power. Available Source: <http://thecricketlab.com/>, August 9, 2023. (in Thai)
- Damasceno, B.C., M. Nakajima, N. Taarji, I. Kobayashi, S. Ichikawa and M.A. Neves. 2023. Improvements in visual aspects and chemical, techno-functional and rheological characteristics of cricket powder (*Gryllus bimaculatus*) by solvent treatment for food utilization. Foods. 12(7): 1422. <https://doi.org/10.3390/foods12071422>.
- Department of Health. 2020. Dietary Reference Intake for Thais 2020. 1st edition. A.V. Progressive Ltd., Bangkok, Thailand. 484 pp. (in Thai)
- Drewnowski, A., K. Nordensten and J. Dwyer. 1998. Replacing sugar and fat in cookies: Impact on product quality and preference. Food Qual. Prefer. 9(1–2): 13–20. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(97\)00017-7](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(97)00017-7).

- Inchuen, S., T. Naratippakorn and S. Kheawruang. 2018. Effect of holy basil leaf powder on wheat flour property and cookies quality. *Khon Kaen Agr. J.* 46(Suppl. 1): 1387–1394. (in Thai)
- Jammek, J. and O. Naivikul. 2010. *Basic Banking Science and Technology*. 10th edition. Kasetsart University Press, Bangkok, Thailand. 224 pp. (in Thai)
- Jomduang, S. and S. Mohamed. 1994. Effect of amylose/amylopectin content, milling methods, particle size, sugar, salt and oil on the puffed product characteristics of a traditional Thai rice-based snack food (Khao Kriap Waue). *J. Sci. Food Agric.* 65(1): 85–93. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740650113>.
- Kengkhetkit, N., R. Mopoung, U. Tassanaudom and A. Yodphet. 2019. Effect of wheat flour content on characteristics of spicy fermented fish paste crackers. *Sci. Tech. Nakhon Sawan Raj. Uni. J.* 11(13): 1–14. (in Thai)
- Khumkhom, S. 2018. Effect of additional dried sesbania (*Sesbania javanica* Miq.) flowers powder on physical, nutritional and organoleptic characteristics of butter cookies. *Phranakhon Rajabhat Research Journal (Science and Technoogy)*. 13(1): 139–154. (in Thai)
- Kouřimská, L. and A. Adámková. 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS J.* 4: 22–26. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001>.
- Liu, S.X., D. Chan and J. Xu. 2017. Evaluation of gluten-free amaranth and navy bean flour blends on quality of sugar cookies. *J. Food Res.* 6(6): 63–73. <https://doi.org/10.5539/jfr.v6n6p63>.
- Montowska, M., P.Ł. Kowalczewski, I. Rybicka and E. Fornal. 2019. Nutritional value, protein and peptide composition of edible cricket powders. *Food Chem.* 289: 130–138. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.062>.
- Namwat, J. and C. Sangketkit 2017. Substitution of wheat four with briwn rice flour in banana cake, pp. 493–499. *In Proc. the Innovation and Technology Conference 2017*, December 25–26, 2017. (in Thai)
- Nilkamheang, T. 2021. Evaluation of the glycemic index of RD43-rice, and its products by means of *in vitro* glucose digestion mimic techniques. *JFTSU.* 16(1): 59–77. (in Thai)
- Pichai, S. and P. Ratmanee. 2018. Product development of gluten-free cracker. *Prawarun Agr. J.* 15(2): 289–296. (in Thai)
- Rice Department. 2021. RD43. Available Source: <https://www.thairicedb.com/rice-detail.php?id=27>, October 13, 2021. (in Thai)
- Sandulachi, E. 2012. Water activity concept and its role in food preservation. *Meridian Ingineresc.* 4: 40–48.

- Sanom, P. and K. Jangchud. 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. <https://doi.org/10.14456/jrmutp.2020.22>. (in Thai)
- Sharma, P. and H.S. Gujral. 2014. Cookie making behavior of wheat-barley flour blends and effects on antioxidant properties. LWT - Food Sci. Technol. 55(1): 301–307. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.08.019>.
- Sharma, P., V. Velu, D. Indrani and R.P. Singh. 2013. Effect of dried guduchi (*Tinospora cordifolia*) leaf powder on rheological, organoleptic and nutritional characteristics of cookies. Food Res. Int. 50(2): 704–709. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.03.002>.
- Shevchenko, A. and S. Litvynchuk. 2022. Functional properties of rice flour and its effect on conformation changes in the structure of wheat dough and bread. Scientific Works of NUFT. 28(6): 150–159. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2022-28-6-16>.
- Singthong, J. 2019. Development of healthy bread product from sunchoke (*Helianthus tuberosus* L.) flour. J. Sci. Tech. UBU. 21(1): 76–89. (in Thai)
- Sirilert, T. 2007. Evaluation of food textural properties. JFTSU. 3(1): 6–13. (in Thai)
- Soontorntammarath, K. 2022. The effects of RD43 rice flour substitution on the quality and acceptability of Kanom Tong Muan (Thai crispy rolls). Dhonburi Rajabhat University Journal. 16(1): 119–131. (in Thai)
- Suten, S., N. Fuengkajhornfung, P. Hirunyophat, J. Weenuttranon and T. Sanphom. 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)
- Swinkels, J.J.M. 1985. Composition and properties of commercial native starches. Starch. 37(1): 1–5 <https://doi.org/10.1002/star.19850370102>.
- Tassanaudom, U., S. Homchan and W. Srapinkornburee. 2021. Effects of partial substitution of wheat flour with cricket (*Acheta domesticus* L.) powder on the physicochemical characteristics of puffed jasmine rice cookies. RMUTI Journal. 14(3): 117–134. (in Thai)
- Tekouyporn, S. 2011. Biscuit Quality Evaluation on Physical Properties Using Image Analysis Technique. MS Thesis, Silpakorn University, Bangkok. (in Thai)
- Waring, S. 1988. Shortening replacement in cakes. Food Technol. 42(3): 114–117.