

การพัฒนาคุกกี้โดยใช้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีบางส่วน

DEVELOPMENT OF COOKIES USING PARTIAL SUBSTITUTION OF WHEAT FLOUR WITH JACKFRUIT (*ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS*) SEED FLOUR

จุฑามาศ มุลวงศ์^{1*}, อีรินทร์ ฉายศิริโชติ² และ ธนิดา ชั่วเจริญ¹

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร 10300

²คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Jutamas Moolwong^{1*}, Teerin Chysirichote² and Thanida Chuacharoen¹

¹Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok 10300

²Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute
of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

*E-mail: jutamas.mo@ssru.ac.th

Received: 08-09-2022

Revised: 13-02-2023

Accepted: 13-02-2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขนาดอนุภาคของแป้งเมล็ดขนุนต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้โดยใช้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 20 40 และ 60 โดยศึกษาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเปรียบเทียบกับคุกกี้เนยสดสูตรมาตรฐาน ผลการทดลองพบว่าคุกกี้สูตรทดแทนร้อยละ 20 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมและลักษณะปรากฏสูงที่สุด รองลงมาคือ สี กลิ่น รสชาติ โดยลักษณะเนื้อสัมผัสได้คะแนนต่ำสุด จากนั้นศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคแป้งเมล็ดขนุน 3 ระดับ คือ <0.3 มิลลิเมตร 0.3-0.5 มิลลิเมตร และ 0.5-0.8 มิลลิเมตร ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ พบว่าคุกกี้สูตรแป้งเมล็ดขนุนขนาดอนุภาค 0.5-0.8 มิลลิเมตร ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด รองลงมาคือ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่น สี ตามลำดับ จากนั้นนำคุกกี้สูตรที่ได้มาวิเคราะห์ค่าสี เนื้อสัมผัส และอัตราการแผ่ขยาย พบว่าคุกกี้มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น เนื้อสัมผัสกรอบเพิ่มขึ้น และอัตราการแผ่ขยายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับคุกกี้สูตรมาตรฐาน ผลการทดสอบทางด้านเคมีพบว่า การเติมแป้งเมล็ดขนุนเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการทางด้านโปรตีน เส้นใย และไขมันมากขึ้น ส่วนผลการทดสอบทางจุลินทรีย์พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมด <1x10⁴ CFU/g ยีสต์และรา <100 CFU/g และ *E.coli* <3 MPN/g ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์คุกกี้ ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากแป้งเมล็ดขนุนเพื่อทดแทนแป้งสาลีสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการสำหรับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุกกี้เนยได้

คำสำคัญ: แป้งเมล็ดขนุน คุกกี้ ขนาดอนุภาคแป้ง การทดแทนแป้งสาลีบางส่วน

ABSTRACT

The objective of this research was to study the effect of the particle size of jackfruit seed flour on cookie texture that was partially substituted with wheat flour at ratios of 20%, 40%, and 60%. The study used sensory evaluation in terms of appearance, color, taste, texture, and overall liking attributes compared with a standard butter cookie. The results showed the formulation of the cookie substituted with 20% of jackfruit seed flour received the most scores of overall liking and appearance, followed by color and taste attributes and texture received the least, respectively. Subsequently, the effect of jackfruit seed flour particle size defined as <0.3 mm, 0.3-0.5 mm and 0.5-0.8 mm on the texture of the cookies were studied. The results showed the cookie substituted with 0.5-0.8 mm particle size of the flour received mostly accept scores of overall liking, appearance, texture, taste, and color, respectively. Then, the most accepted cookie was evaluated physically in terms of color, texture, and spread ratio. The cookies had darker brown, crispier, and significantly smaller than the control cookies. For chemical analysis, it was obviously seen that the substitution of wheat flour with jackfruit seed flour increased protein, fiber, and ash including moisture contents in the cookie. The microbiological qualities found in the total plate counts of the cookies were $<1 \times 10^4$ CFU/g, yeast and mold counts were <100 CFU/g and *E.coli* was also <3 MPN/g, which were acceptable according to the national regulations of cookie products. Thus, using jackfruit seed waste as flour to partially substitute wheat flour is a promising way to enhance nutritional value of bakery products especially butter cookies.

Keywords: Jackfruit seed flour, Cookies, Flour particle size, Wheat flour partial substitution

บทนำ

คูกี้เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่คนไทยนิยมบริโภคกันอย่างกว้างขวาง โดยมีลักษณะกรอบ ร่วน รสหวาน ขนาด รูปร่าง กลิ่นรส แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของคูกี้ วัตถุดิบหลักคือแป้งสาลีซึ่งมีกลูเตนเป็นส่วนประกอบสำคัญ ทำหน้าที่ให้โครงสร้างแก่ผลิตภัณฑ์ (Tanasombun et al., 2014) เมื่อร่างกายได้รับกลูเตนจะผลิตสารแอนติบอดีออกมาทำลายเนื้อเยื่อของลำไส้เล็กเกิดอาการอักเสบ ทำให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานผิดปกติ หรือที่เรียกว่า โรคภูมิแพ้กลูเตน (Coeliac disease) ซึ่งสามารถทำให้บรรเทาได้โดยลดการรับประทานอาหารที่มีส่วนประกอบของกลูเตน (Murray, 1999) ขนุนเป็นผลไม้ทางเศรษฐกิจเพื่อการบริโภคส่งออกทั้งในประเทศและต่างประเทศที่สำคัญของประเทศไทย รัฐบาลมีการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการแปรรูปในระดับอุตสาหกรรม เช่น ขนุนทอด ขนุนอบแห้ง ขนุนในน้ำเชื่อม ขนุนบรรจุกระป๋อง เป็นต้น (Subanmanee, 2021) จากภาคอุตสาหกรรมการแปรรูปขนุนมีเมล็ดขนุนที่เป็นของเหลือทิ้งปริมาณร้อยละ 10-15 โดยน้ำหนักของขนุนทั้งหมด เมล็ดของขนุนสุกเป็นอาหารที่มีประโยชน์ให้พลังงานและโปรตีนสูง รวมทั้งมีเกลือแร่และวิตามิน คาร์โบไฮเดรตในเมล็ดขนุนเป็นประเภท polysaccharides เชิงเส้น ประกอบด้วยอะมิโลสและอะมิโลเพคตินที่เป็นคุณสมบัติของแป้งและยังช่วยบำรุงสมอง ลดความเครียด ช่วยลดความดัน เพราะมีโพแทสเซียมสูง ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคหัวใจ เมล็ดขนุนยังมีสารฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระประเภทสารพอลิฟีนอล (Polyphenol)

(Wongarun, 2019) งานวิจัยของ Wongarun (2019) แสดงคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดขนุนต้มสุก 100 กรัม ให้พลังงาน 140-185 แคลอรี เป็นคาร์โบไฮเดรต 38 กรัม โปรตีน 7 กรัม ไขมันน้อยกว่า 1 กรัม และไฟเบอร์ 1.5 กรัม

การใช้ประโยชน์จากเมล็ดขนุน เช่น ต้มรับประทาน ใส่ในอาหารประเภทแกงกะทิ แกงไตปลา หรือทำเป็นไส้ขนมต่าง ๆ แทนการใช้ถั่วหรือเผือก (Chuamsomphong et al. 2014) เมื่อเทียบกับปริมาณผลผลิตแล้วจะเห็นได้ว่าการนำมาใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย งานวิจัยของ Nutalai et al. (2014) ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนต่อคุณภาพคุกกี้ พบว่าที่ระดับการทดแทนร้อยละ 0 ถึง 20 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกับคุกกี้แป้งสาลีล้วน และเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนทำให้คุกกี้มีความแข็งลดลง ขนาดอนุภาคของแป้งสาลีมีความสำคัญต่อคุณภาพของคุกกี้ โดยแป้งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นส่งผลให้คุกกี้มีความแข็งลดลง (Belorio et al., 2019) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Barak et al., (2014) ทำการศึกษาขนาดอนุภาคของแป้ง โดยทำการบดเชิงกลให้มีขนาดอนุภาคเล็กลงและแยกขนาดด้วยตะแกรงร่อน พบว่าการบดเชิงกลเป็นสาเหตุทำให้เกิดการแตกหักเพิ่มขึ้นของเม็ดแป้งซึ่งส่งผลต่อการนำไปใช้ทำคุกกี้

ดังนั้นการนำเมล็ดขนุนไปแปรรูปเป็นแป้งเพื่อใช้กับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่จะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดขนุนได้ เนื่องจากแป้งเมล็ดขนุนมีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกับแป้งที่ได้จากธัญชาติ (Rengsutthi & Charoenrein, 2011) การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนที่ระดับสูงกว่าร้อยละ 20 จะช่วยลดสัดส่วนสารกลูเตนที่พบในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ได้อีกด้วย

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนบางส่วน ขั้นตอนแรกทำการศึกษาอัตราส่วนของแป้งเมล็ดขนุนที่ระดับร้อยละ 20 40 และ 60 ด้วยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาอัตราส่วนการทดแทนที่ดีที่สุด จากนั้นศึกษาขนาดอนุภาคของแป้งเมล็ดขนุนโดยการบดเชิงกลและแยกขนาดอนุภาคด้วยตะแกรงร่อนที่ระดับเล็กลงกว่า 0.3 มิลลิเมตร ขนาด 0.3 ถึง 0.5 มิลลิเมตร และขนาด 0.5 ถึง 0.8 มิลลิเมตร เพื่อลักษณะทางกายภาพของคุกกี้ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงต่อความต้องการของผู้บริโภคและยังเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกให้ผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ นำไปสู่การเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดขนุนและลดการสูญเสียผลผลิตทางการเกษตรได้อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาศักยภาพการผลิตผลิตภัณฑ์แปรรูปจากวัตถุดิบทางเกษตรให้กับเกษตรกรผู้ปลูกขนุน สร้างรายได้สร้างอาชีพและสามารถนำผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาไปต่อยอดเชิงพาณิชย์ได้อีกด้วย

วิธีการ

วัตถุดิบและอุปกรณ์

เมล็ดขนุน ตู้อบลมร้อน (Tray dryer) เครื่องวัดสี (Spectrophotometer รุ่น Color Quest XE) เครื่องบดละเอียด (รุ่น CT 293 Cyclotec) เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge รุ่น SUPRA 22K High-Speed Refrigerate Centrifuge) เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible spectrophotometer รุ่น Evolution 201) เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer TA.XT Plus, Texture Technologies Corporation, Scarsdale, NY, USA) และเครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (Aqualab 4TE)

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมแป้งเมล็ดขนุน

นำเมล็ดขนุนต้มมาปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นบางขนาดประมาณ 1.5 เซนติเมตร นำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำมาบดด้วยเครื่องบดละเอียด จากนั้นนำไปแยกขนาดด้วยตะแกรงร่อน

3 ขนาด คือ เล็กกว่า 0.3 มิลลิเมตร ขนาด 0.3 ถึง 0.5 มิลลิเมตร และขนาด 0.5 ถึง 0.8 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้ แป้งเมล็ดขนุนที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกันอย่างชัดเจน

2. การเตรียมคุกกี้

ซึ่งส่วนผสมตามสูตรต่าง ๆ (ตารางที่ 1) วิธีทำเริ่มจากร่อนแป้งสาลีกับผงฟูเตรียมไว้ จากนั้นตีเนยกับน้ำตาลให้ขึ้นฟู ใส่ไข่ไก่ กลิ่นวานิลลา เกลือ ลงไปตีผสมให้เข้ากัน ใส่แป้งสาลีและแป้งเมล็ดขนุนลงในส่วนผสมตีให้ส่วนผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันอีกครั้ง นำส่วนผสมที่ได้มาชั่งน้ำหนักขึ้นละ 10 กรัมแล้วนำไปกดให้ขึ้นรูป นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที พักให้เย็นและเก็บตัวอย่างคุกกี้เพื่อใช้ทดสอบต่อไป

3. การหาสูตรมาตรฐานคุกกี้เนย

ขั้นตอนการเตรียมคุกกี้ดัดแปลงสูตรจาก Seniwong Na Ayutthaya (1998), Keeariyo (2019) และ Wilamas et al. (2008) โดยทำการปรับน้ำหนักส่วนผสมเป็นร้อยละ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นบุคคลทุกกลุ่มวัย จากนั้นศึกษาหาอัตราส่วนแป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้ที่ได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบมากที่สุด

ตารางที่ 1 สูตรพื้นฐานคุกกี้ 3 สูตร

ส่วนผสม	น้ำหนักส่วนผสม (ร้อยละ)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งสาลีเอนกประสงค์	37.07	36.99	33.58
เนยสด	27.80	32.89	35.98
น้ำตาลทราย	21.62	17.27	19.19
ผงฟู	0.77	1.37	1.20
ไข่ไก่	12.36	10.96	9.60
กลิ่นวนิลลา	0.39	0.34	0.29
เกลือ	-	0.17	0.15

หมายเหตุ : สูตรที่ 1 ดัดแปลงจาก Seniwong Na Ayutthaya (1998); สูตรที่ 2 ดัดแปลงจาก Keeariyo (2019); สูตรที่ 3 ดัดแปลงจาก Wilamas et al. (2008) น้ำหนักส่วนผสมคิดเป็นร้อยละทั้งหมด

4. การหาอัตราส่วนแบ่งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลี

นำสูตรคุกกี้ที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดมาทำการศึกษาหาอัตราส่วนของแบ่งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลี โดยมีอัตราส่วนการทดแทนแป้งสาลีด้วยแบ่งเมล็ดขนุน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 20 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้งสาลี (ตารางที่ 2) จากนั้นนำคุกกี้ที่ได้ไปทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ จากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นบุคคลทุกกลุ่มวัย เพื่อนำสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดไปศึกษาขนาดอนุภาคของแบ่งเมล็ดขนุนในคุกกี้ต่อไป

ตารางที่ 2 อัตราส่วนของแบ่งเมล็ดขนุนที่ใช้ทดแทนแป้งสาลี

ส่วนผสม	น้ำหนักส่วนผสม (ร้อยละ)			
	สูตรควบคุม	สูตรที่ 1 (ร้อยละ 20)	สูตรที่ 2 (ร้อยละ 40)	สูตรที่ 3 (ร้อยละ 60)
แบ่งเมล็ดขนุน	-	7.41	14.83	22.24
แป้งสาลีอเนกประสงค์	37.07	29.71	22.24	14.83
เนยจืด	27.80	27.80	27.80	27.80
น้ำตาลทราย	21.62	21.62	21.62	21.62
ผงฟู	0.77	0.77	0.77	0.77
ไข่ไก่	12.36	12.36	12.36	12.36
กลิ่นวนิลา	0.39	0.39	0.39	0.39

หมายเหตุ : น้ำหนักส่วนผสมคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักทั้งหมด; สูตรที่ 1 หมายถึงทดแทนแป้งสาลีด้วยแบ่งเมล็ดขนุนร้อยละ 20, สูตรที่ 2 หมายถึงทดแทนแป้งสาลีด้วยแบ่งเมล็ดขนุนร้อยละ 40 และสูตรที่ 3 หมายถึงทดแทนแป้งสาลีด้วยแบ่งเมล็ดขนุนร้อยละ 60 ตามลำดับ

5. ศึกษาผลของขนาดอนุภาคของแบ่งเมล็ดขนุนต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของคุกกี้

นำสูตรคุกกี้ที่มีอัตราส่วนของแบ่งเมล็ดขนุนที่ระดับความชอบมากที่สุดมาทำการศึกษาขนาดอนุภาคของเมล็ดแบ่งขนุนในคุกกี้ โดยมีอนุภาคขนาดเมล็ดแบ่ง 3 ขนาด ได้แก่ เล็กกว่า 0.3 มิลลิเมตร ขนาด 0.3 ถึง 0.5 มิลลิเมตร และขนาด 0.5 ถึง 0.8 มิลลิเมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการผลิตแบ่งเมล็ดขนุนทั้งหมด 3 ครั้ง และนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นบุคคลทุกกลุ่มวัย เพื่อศึกษาอิทธิพลของอนุภาคขนาดของเมล็ดแบ่งที่แตกต่างกันต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้

6. ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของคุกกี้แบ่งเมล็ดขนุน

ทำการวิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่อง Colorimeter รุ่น Chroma meter CR-400 โดยนำตัวอย่างคุกกี้ใส่ในถุง พลาสติก วัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสีส่องไปบนตัวอย่าง รายงานผลเป็นค่า L^* a^* และ b^* โดยค่า L^* หมายถึง

ค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 -100, ค่า a^* หมายถึง อยู่ในทิศของสีแดงและ $-a^*$ หมายถึง อยู่ในทิศของสีเขียว ส่วนค่า b^* หมายถึง อยู่ในทิศของสีเหลืองและ $-b^*$ หมายถึง อยู่ในทิศของสีน้ำเงิน นอกจากนี้ยังทำการวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง โดยใช้หัวทดสอบแบบหัวตัด เพื่อวัดความแข็งและความกรอบของคุกกี้ ความเร็วที่ใช้ทดสอบคือ 2.5 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยตัวอย่างที่ใช้ในการวัดต้องมีขนาดที่เท่ากัน จากนั้นทำการวัดค่าอัตราการแผ่ตัว (Spread ratio) โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์วัดขนาดคุกกี้หลังจากการอบ (AACC, 2000)

7. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้แบ่งเมล็ดขนุน

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณไขมัน โปรตีน โยอาหาร เถ้า คาร์โบไฮเดรต และความชื้น (AOAC, 2000)

8. ศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของคุกกี้แบ่งเมล็ดขนุน

ทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate counts) และปริมาณยีสต์ และรา (Yeast and mold counts) และ *E. coli* ตามวิธี FDA (2001)

9. ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของคุกกี้แบ่งเมล็ดขนุน

ประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD แล้วนำผลที่ได้ไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบมี 9 ระดับ (9-point hedonic scale) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนทุกกลุ่มวัย จำนวน 30 คน

10. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS version 26 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาสูตรมาตรฐานของคุกกี้จำนวน 3 สูตร (ตารางที่ 3) พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบ สูตรที่ 1 มากที่สุด โดยพบว่าคะแนนความชอบจากการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ (คะแนน 7.4) และสี (คะแนน 7.5) ในระดับปานกลาง และความชอบด้านกลิ่น (คะแนน 6.9) รสชาติ (คะแนน 6.9) และเนื้อสัมผัส (คะแนน 6.9) ในระดับชอบเล็กน้อย ส่วนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง (คะแนน 7.3) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 1 เพื่อนำมาศึกษาการปรับปรุงสูตรผสมแบ่งเมล็ดขนุนในคุกกี้

ตารางที่ 3 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้สูตรพื้นฐาน 3 สูตร

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัส		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ลักษณะปรากฏ	7.4 ± 1.1^a	7.0 ± 1.2^a	6.1 ± 1.5^b
สี	7.5 ± 1.1^a	6.9 ± 1.3^b	5.9 ± 1.7^c
กลิ่น ^{ns}	6.9 ± 1.4	6.9 ± 1.3	6.7 ± 1.7
รสชาติ ^{ns}	6.9 ± 1.5	6.9 ± 1.3	6.7 ± 1.7
เนื้อสัมผัส ^{ns}	6.9 ± 1.4	6.6 ± 1.4	6.3 ± 1.5
ความชอบโดยรวม	7.3 ± 1.1^a	7.2 ± 1.1^a	6.5 ± 1.4^b

หมายเหตุ : ^{a, b, c} ตัวอักษรต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95; ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4 พบว่าสูตรที่ได้รับการชอบจากผู้ทดสอบมากที่สุดคือ สูตรที่ 1 ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนที่ร้อยละ 20 ต่อน้ำหนักแป้งสาลี อย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสูตรที่ผสมแป้งเมล็ดขนุนได้คะแนนความชอบมากกว่าสูตรควบคุม (ไม่มีแป้งเมล็ดขนุน) โดยพบว่าการใช้แป้งเมล็ดขนุนที่ ร้อยละ 20 ทำให้เนื้อสัมผัสกรอบกว่าคุกกี้สูตรควบคุม ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 1 เพื่อนำไปศึกษาผลของอนุภาคของแป้งเมล็ดขนุนต่อคุณลักษณะทางกายภาพของคุกกี้ งานวิจัย Nutalai et al. (2014) ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 ถึง 20 ด้วยแป้งเมล็ดขนุน พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกับคุกกี้แป้งสาลีล้วน ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากงานวิจัยนี้

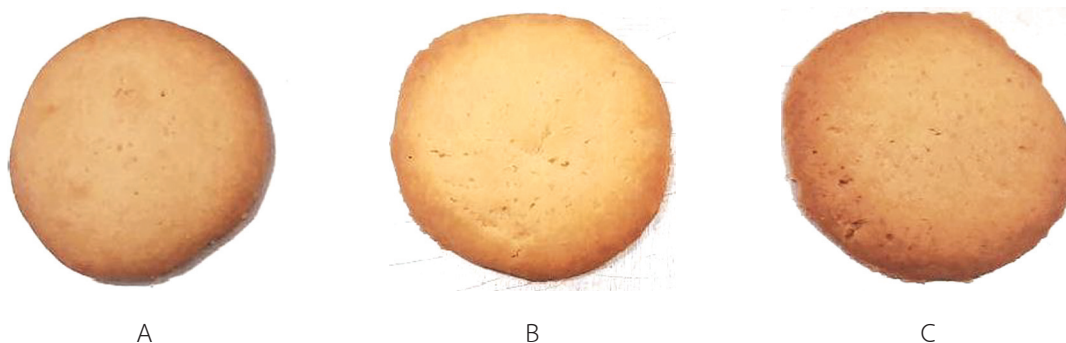
ตารางที่ 4 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของคุกกี้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลี 3 ระดับ

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัส			
	สูตรควบคุม	สูตรที่ 1 (ร้อยละ 20)	สูตรที่ 2 (ร้อยละ 40)	สูตรที่ 3 (ร้อยละ 60)
ลักษณะปรากฏ	5.9 ± 1.4^b	7.4 ± 1.2^a	6.0 ± 1.9^b	5.5 ± 1.8^b
สี	5.8 ± 1.3^b	7.3 ± 1.2^a	5.6 ± 2.0^{bc}	5.0 ± 1.8^c
กลิ่น	6.7 ± 1.4^a	6.8 ± 1.3^a	5.8 ± 1.3^b	5.3 ± 1.4^b
รสชาติ	5.7 ± 1.4^b	6.4 ± 1.3^a	5.7 ± 1.9^b	5.6 ± 1.6^b
เนื้อสัมผัส	5.6 ± 1.5^{ab}	6.3 ± 1.5^a	5.3 ± 2.0^b	5.6 ± 1.9^{ab}
ความชอบโดยรวม	5.8 ± 1.2^b	7.3 ± 1.2^a	5.4 ± 1.7^b	5.3 ± 1.7^b

หมายเหตุ : ^{a, b, c} ตัวอักษรต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95; สูตรควบคุม (แป้งสาลี 37.07 กรัม); สูตรที่ 1 ร้อยละ 20 (แป้งเมล็ดขนุน 7.41 กรัม : แป้งสาลี 29.66 กรัม) สูตรที่ 2 ร้อยละ 40 (แป้งเมล็ดขนุน 14.83 กรัม : แป้งสาลี 22.24 กรัม) สูตรที่ 3 ร้อยละ 60 (แป้งเมล็ดขนุน 22.24 กรัม : แป้งสาลี 14.83 กรัม)



ภาพที่ 1 แป้งเมล็ดขนุน (A) เล็กกว่า 0.3 มิลลิเมตร (B) ขนาด 0.3 ถึง 0.5 มิลลิเมตร
(C) ขนาด 0.5 ถึง 0.8 มิลลิเมตร



ภาพที่ 2 คุกกี้แป้งเมล็ดขนุนที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน (A) เล็กกว่า 0.3 มิลลิเมตร (B) ขนาด 0.3 ถึง 0.5 มิลลิเมตร
(C) ขนาด 0.5 ถึง 0.8 มิลลิเมตร ทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 20

จากภาพที่ 1 แป้งเมล็ดขนุนที่ผ่านการบดเชิงกลและแยกขนาดอนุภาค 3 ระดับ เพื่อนำไปใช้ศึกษาขนาดอนุภาคของแป้งเมล็ดขนุนต่อคุณภาพของคุกกี้ จากภาพที่ 1A แป้งเมล็ดขนุนมีลักษณะเป็นผงสีอ่อนและลักษณะละเอียดมาก เมื่อมีขนาดเพิ่มขึ้นพบว่าผงมีความหยาบเพิ่มมากขึ้นและมีสีเข้มขึ้น (ภาพที่ 1B และ 1C) ตามลำดับ โดยแป้งเมล็ดขนุนทั้ง 3 ขนาดสามารถแยกแยะความแตกต่างได้ด้วยการมองด้วยตาเปล่าซึ่งมีความแตกต่างเพียงพอที่จะนำไปใช้ศึกษาต่อไป และภาพที่ 2 คุกกี้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 20 โดยใช้แป้งเมล็ดขนุนที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน คุกกี้ที่ใช้แป้งเมล็ดขนุนที่มีขนาดเพิ่มขึ้นมีลักษณะเป็นโพรงอากาศและรูพรุนมากขึ้น

การศึกษาขนาดอนุภาคของแป้งเมล็ดขนุน (ตารางที่ 5) พบว่าแป้งเมล็ดขนุนขนาดอนุภาค 0.5 ถึง 0.8 มิลลิเมตร ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด โดยมีความชอบปานกลางทั้งในลักษณะปรากฏ (คะแนน 7.8) สี (คะแนน 7.1) กลิ่น (คะแนน 7.2) รสชาติ (คะแนน 7.6) เนื้อสัมผัส (คะแนน 7.6) และความชอบโดยรวม (คะแนน 7.9) การทดลองจะเห็นได้ว่าคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมจากทั้ง 3 ขนาดอนุภาคของแป้งเมล็ดขนุนไม่มีความแตกต่างกัน แต่ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่าขนาดของเม็ดแป้งมีความสำคัญต่อความชอบด้านเนื้อสัมผัสในคุกกี้อย่างมาก เช่น แป้งเมล็ดขนุนขนาดเล็กกว่า 0.3 มิลลิเมตร มีลักษณะเนื้อแป้งเมล็ดขนุนที่ละเอียดมากส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้แน่นและแข็ง ส่วนแป้งเมล็ดขนุนขนาด 0.3 ถึง 0.5 มิลลิเมตร และขนาด 0.5 ถึง 0.8 มิลลิเมตร มีความละเอียดเล็กกว่าจึงทำให้มีพื้นที่ในการขยายตัวและพองในระหว่างการอบมากกว่าทำให้เนื้อสัมผัสของคุกกี้มีรูพรุนและ

กรอบร่วนพอดี เนื่องจากขนาดอนุภาคของแป้งเล็กน้อยทำให้การยึดเกาะกันของอนุภาคขณะที่ทำการผสมโดลดลง และยังลดความคงรูปของโดอีกด้วย (Boz, 2019; Belorio et al., 2019)

ตารางที่ 5 ขนาดอนุภาคแป้งเมล็ดขนุนต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของคุกกี้

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัส		
	(<0.3 มิลลิเมตร)	(0.3-0.5 มิลลิเมตร)	(0.5-0.8 มิลลิเมตร)
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.4 ± 1.1	7.6 ± 1.1	7.8 ± 1.1
สี	7.2 ± 1.1 ^b	7.9 ± 0.9 ^a	7.1 ± 1.2 ^b
กลิ่น ^{ns}	7.6 ± 1.3	7.4 ± 1.1	7.2 ± 1.3
รสชาติ ^{ns}	7.4 ± 1.3	7.7 ± 1.1	7.6 ± 0.9
เนื้อสัมผัส	6.8 ± 1.2 ^b	7.3 ± 1.5 ^{ab}	7.6 ± 1.2 ^a
ความชอบโดยรวม ^{ns}	7.6 ± 0.9	7.9 ± 0.9	7.9 ± 1.0

หมายเหตุ : ^{a, b, c} ตัวอักษรต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95; ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านสีของคุกกี้ (ตารางที่ 6) พบว่าคุกกี้สูตรแป้งเมล็ดขนุนที่มีขนาดอนุภาค 0.5 ถึง 0.8 มิลลิเมตร มีค่าความสว่างเท่ากับ 71.90 ค่าความเป็นสีแดงเท่ากับ 6.71 และค่าความเป็นสีเหลืองเท่ากับ 26.03 ซึ่งต่ำกว่าคุกกี้จากแป้งสาลีทั่วไป เพราะก่อนอบแป้งเมล็ดขนุนมีสีเหลืองเข้มกว่าแป้งสาลีที่มีสีเหลืองอ่อน เมื่อผ่านการอบด้วยความร้อนทำให้เกิดปฏิกิริยา non-enzymatic browning ส่งผลให้สีของคุกกี้แป้งเมล็ดขนุนมีสีที่เข้มคล้ำกว่าคุกกี้ทั่วไป ซึ่งส่งผลให้ค่าสีเหลืองมีความแตกต่างกัน แต่ค่าความสว่างและค่าสีแดงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 งานวิจัยของ Hasan et al. (2010) ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุน พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของแป้งเมล็ดขนุนมีผลต่อสีของคุกกี้โดยยิ่งเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดขนุนทำให้สีของคุกกี้มีสีน้ำตาลเข้มเพิ่มขึ้น (Hasan et al., 2010) การเปลี่ยนแปลงสีของแป้งเมล็ดขนุนเมื่อผ่านความร้อนเกิดจากปฏิกิริยา non-enzymatic browning โดยอุณหภูมิและปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เป็นปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยานี้ (Azeez et al., 2015) ดังนั้นการใช้แป้งเมล็ดขนุนในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่จึงต้องคำนึงถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์ด้วย

ตารางที่ 6 ค่าสีของแป้งเมล็ดขนุนและคุกกี้ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนร้อยละ 20 ต่อน้ำหนักแป้งสาลี

ตัวอย่าง	ค่าสี		
	L*	a*	b*
แป้งเมล็ดขนุน	89.06 ± 0.11	0.69 ± 0.06	11.55 ± 0.02
คุกกี้แป้งสาลี	72.38 ± 0.75 ^a	7.88 ± 0.60 ^a	29.01 ± 0.45 ^a
คุกกี้ผสมแป้งเมล็ดขนุน	71.90 ± 2.79 ^a	6.71 ± 1.54 ^a	26.03 ± 0.94 ^b

หมายเหตุ : ^{a, b} ตัวอักษรต่างกันในแนวนอน หมายถึง คุกกี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 7) พบว่าคุกกี้แป้งสาลีมีค่าความแข็ง (Hardness) 17.97 นิวตัน และความกรอบ (Crispness) 36.16 นิวตัน ในขณะที่คุกกี้สูตรแป้งเมล็ดขนุนที่มีขนาดอนุภาค 0.5 ถึง 0.8 มิลลิเมตร มีค่าความแข็ง 17.35 นิวตัน, ความกรอบ 49.27 นิวตัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าความแข็งของคุกกี้ทั้งสองแบบไม่แตกต่างกัน แต่ความกรอบของคุกกี้ผสมแป้งเมล็ดขนุนนั้นมีความกรอบมากกว่าคุกกี้แป้งสาลี ดังนั้นการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนส่งผลให้คุกกี้มีความกรอบเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากรูพรุนและช่องว่างในเนื้อคุกกี้

ตารางที่ 7 ลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนร้อยละ 20 ต่อน้ำหนักแป้งสาลี

ตัวอย่าง	ความแข็ง (นิวตัน) ^{ns}	ความกรอบ (นิวตัน)
คุกกี้แป้งสาลี	17.97 ± 2.05	36.16±3.04 ^b
คุกกี้ผสมแป้งเมล็ดขนุน	17.35 ± 2.17	49.27±3.89 ^a

หมายเหตุ : ^{a, b} ตัวอักษรต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95; ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากน้ำหนักและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของคุกกี้ (ตารางที่ 8) พบว่าคุกกี้แป้งสาลีมีน้ำหนัก 8.16 กรัม หรือลดลงร้อยละ 18.4 และมีอัตราการแผ่ขยายร้อยละ 33.1 เปรียบเทียบกับคุกกี้ผสมแป้งเมล็ดขนุนมีน้ำหนัก 8.62 กรัม หรือลดลงร้อยละ 13.8 และมีอัตราการแผ่ขยายร้อยละ 29.4 ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องของน้ำหนักและอัตราการแผ่ขยาย โดยคุกกี้ผสมแป้งเมล็ดขนุนมีน้ำหนักที่เยอะกว่าและมีอัตราการแผ่ขยายที่เล็กกว่าคุกกี้แป้งสาลี แสดงให้เห็นว่าการเติมแป้งเมล็ดขนุนส่งผลให้คุกกี้มีความหนาแน่นมากขึ้น เนื่องจากกลูเตนในแป้งสาลีสามารถสร้างโครงร่างกักเก็บอากาศและน้ำ เมื่อทำการอบจึงทำให้น้ำระเหยออกจากโครงร่างทำให้น้ำหนักของคุกกี้ลดลงมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลของค่า a_w ที่คุกกี้แป้งสาลีมีค่าต่ำกว่าคุกกี้ที่มีแป้งเมล็ดขนุนเป็นส่วนผสม และนอกจากการเติมแป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีทำให้โครงสร้างของกลูเตนน้อยลง ยังส่งผลให้คุกกี้สามารถอุ้มน้ำได้ดี เนื่องจากแป้งสามารถดูดซับน้ำอิสระไว้ได้ในบางส่วน ส่วนความแตกต่างของอัตราการแผ่ขยาย พบว่าแตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากแป้งเมล็ดขนุนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการไหลของโดคุกกี้ (Wikström & Bohlin, 1999)

ตารางที่ 8 น้ำหนักและอัตราการแผ่ขยายของคูกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนร้อยละ 20 ต่อน้ำหนักแป้งสาลี (คูกี้ก่อนอบมีน้ำหนัก 10 กรัม และรัศมี 3.5 เซนติเมตร)

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (กรัม)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของคูกี้ที่หลังอบ (เซนติเมตร)
คูกี้แป้งสาลี	8.16 ± 0.13^b	4.66 ± 0.05^a
คูกี้ผสมแป้งเมล็ดขนุน	8.62 ± 0.05^a	4.53 ± 0.11^b

หมายเหตุ : ^{a, b, c} ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งเมล็ดขนุนและคูกี้ผสมแป้งเมล็ดขนุน (ตารางที่ 9 และ ตารางที่ 10) คือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เส้นใย เถ้า และปริมาณน้ำอิสระ ^wa เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคูกี้แป้งสาลีกับคูกี้แป้งเมล็ดขนุน พบว่าการเติมแป้งเมล็ดขนุนในส่วนผสมช่วยให้คูกี้มีคุณค่าทางโภชนาการอาหารมากขึ้น ได้แก่ โปรตีน ร้อยละ 5.34 เส้นใยอาหาร ร้อยละ 0.51 และเถ้า ร้อยละ 1.12 ส่วนค่าคาร์โบไฮเดรตคูกี้ผสมแป้งเมล็ดขนุนมีค่าต่ำกว่าคูกี้แป้งสาลี องค์ประกอบของแป้งสาลีจากงานวิจัยของ Kulkarni et al. (2012) รายงานว่าแป้งสาลีประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 10.55 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าโปรตีนที่มีอยู่ในแป้งเมล็ดขนุนตามตารางที่ 9 ร้อยละ 13.59 ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบแป้งเมล็ดขนุนกับแป้งสาลีในปริมาณที่เท่ากันและนำไปทดแทนในคูกี้จึงทำให้ค่าโปรตีนในคูกี้ผสมแป้งเมล็ดขนุนมีค่าสูงกว่าคูกี้แป้งสาลิล้วนนั่นเอง การเติมแป้งเมล็ดขนุนในคูกี้ส่งผลให้ความชื้นมีค่ามากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับคูกี้ตัวควบคุม การดูดน้ำกลับของวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบหลักเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ผ่านการแปรรูปให้เป็นผงหรือแป้งจะดูดความชื้นง่ายขึ้น (Chuacharoen et al., 2021)

ตารางที่ 9 องค์ประกอบทางเคมีของตัวแป้งเมล็ดขนุน

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ
โปรตีน	13.59 ± 0.11
คาร์โบไฮเดรต	60.39 ± 0.00
ไขมัน	0.23 ± 0.03
เส้นใยอาหาร	19.25 ± 0.92
เถ้า	4.01 ± 0.01
ความชื้น	2.50 ± 0.00

ตารางที่ 10 องค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้แบ่งเมล็ดขนุน

องค์ประกอบทางเคมี	คุกกี้แบ่งสาลี	คุกกี้ผสมแบ่งเมล็ดขนุน
โปรตีน	4.58 ± 0.05^b	5.34 ± 0.00^a
คาร์โบไฮเดรต	65.11 ± 0.00^a	62.39 ± 0.00^b
ไขมัน	27.90 ± 1.91	28.13 ± 1.06
เส้นใยอาหาร	0.29 ± 0.05^b	0.51 ± 0.10^a
เถ้า	0.78 ± 0.05^b	1.12 ± 0.07^a
ความชื้น	1.33 ± 0.28^b	2.50 ± 0.50^a
น้ำอิสระ (a_w)	0.28 ± 0.06^b	0.47 ± 0.02^a

หมายเหตุ : ^{a, b} ตัวอักษรต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95; ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์คุกกี้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคุกกี้แบ่งสาลีกับคุกกี้แบ่งเมล็ดขนุน พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดเล็กกว่า 1×10^4 CFU/g ยีสต์และราเล็กกว่า 100 CFU/g และ *E.coli* เล็กกว่า 3 MPN/g ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของคุกกี้ TISI. 118/2555 (Thai industrial standards institute: TISI, 2012)

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์จุลินทรีย์ของคุกกี้แบ่งสาลีกับคุกกี้แบ่งเมล็ดขนุน

ตัวอย่าง	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	ยีสต์และรา (CFU/g)	<i>E.coli</i> (MPN/g)
คุกกี้แบ่งสาลี	เล็กกว่า 1×10^4	เล็กกว่า 100	เล็กกว่า 3
คุกกี้ผสมแบ่งเมล็ดขนุน	เล็กกว่า 1×10^4	เล็กกว่า 100	เล็กกว่า 3

หมายเหตุ : มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของคุกกี้ (TISI.118/2555) กำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 CFU/g ยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 CFU/g และจำนวน *E.coli* เล็กกว่า 3 MPN/g

สรุป

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาคุกกี้แบ่งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีบางส่วนร้อยละ 20 ได้รับคะแนนความชอบด้านประสาทสัมผัสมากที่สุด ส่วนการศึกษานาไดนาไมคของแป้งเมล็ดขนุนที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของคุกกี้พบว่าขนาดอนุภาคของแป้งเมล็ดขนุนส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ด้านความกรอบและความแข็ง แป้งเมล็ดขนุนที่มีอนุภาคเล็กทำให้เนื้อสัมผัสคุกกี้แน่นเนื้อ เพราะไม่มีโพรงอากาศ ทำให้ไม่กรอบ ส่วนขนาดอนุภาคแป้งเมล็ดขนุนที่ใหญ่ มีพื้นที่เป็นโพรงอากาศ ทำให้เนื้อสัมผัสคุกกี้กรอบกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์คุกกี้ผสมแบ่งเมล็ดขนุน จะเห็นว่าคาร์โบไฮเดรตและไขมันลดลง ส่วนเส้นใยอาหาร โปรตีน และเถ้าของคุกกี้ที่ทดแทน

แป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนนั้นมีปริมาณสูงกว่าคุกกี้เนย ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับคุกกี้ จากผลงานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดโดยใช้แป้งเมล็ดขนุนที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น เพื่อเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละมากกว่า 20 ได้ ซึ่งจะเป็นการใช้ประโยชน์จากเมล็ดขนุนเหลือทิ้งได้เพิ่มขึ้นอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา งบรายได้ประจำปีงบประมาณ 2564 สัญญาทุนเลขที่ 9633/2564

เอกสารอ้างอิง

- AACC. (2000). **American Association of Cereal Chemists** (10th ed.). Saint Paul, MN: Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist.
- AOAC. (2000). **Official methods of analysis** (17th ed.). Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.
- Azeez, S., Lasekan, O., Jinap, S., & Sulaiman, R. (2015). Effect of roasting conditions on the browning intensity and structural changes in jackfruit (*Artocarpus hetrophyllus*) seeds. **Journal of food science and technology**, 52(12), 8050-8058.
- Barak, S., Mudgil, D., & Khatkar, B. S. (2014). Effect of flour particle size and damaged starch on the quality of cookies. **Journal of Food Science and Technology** 51(7):1342–1348
- Belorio, M., Sahagún, M., & Gómez, M. (2019). Influence of flour particle size distribution on the quality of maize gluten-free cookies, **Foods**, 8(83).
- Boz H. (2019). Effect of flour and sugar particle size on the properties of cookie dough and cookie. **Czech Journal of Food Science**, 37, 120-127.
- Chuacharoen, T., Moolwong, J., & Chysirichote, T. (2021). Effects of maltodextrin on physicochemical properties of freeze-dried avocado powder. **Food Research**, 5(6), 178-186. (In Thai)
- Chuamsomphong, B., Kajornsaksirikul, P., Rosemode, W., & Khumkhom, S. (2014). Development of standard recipe for jujube tartetatin. **SDU Research Journal Sciences and Technology**, 7(2), 57-65. (In Thai)
- FDA. (2001). **Bacteriological analytical manual** (8th ed.). Retrieved from <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-07/documents/fda-bam-chap17.pdf> [2022, 7 Jul.]
- Hasan, S. M. K., Hossain, M. A., Hossain, M. J., Roy, J., & Sarker, M. S. H. (2010). Preparation of biscuit from jackfruit (*Artocarpus hetephyllus*) seed flour blended with wheat flour. **The Agriculturists**, 8(1), 10-18.
- Keeariyo, C. (2019) **Teaching material for bakery** (copy version). Bangkok: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. (In Thai)

- Kulkarni S. S., Desai A. D., Ranveer R. C., & Sahoo A. K. (2012). Development of nutrient rich noodles by supplementation with malted ragi flour. **International Food Research Journal**, 19(1), 309-313.
- Murray, J. A. (1999). The widening spectrum of celiac disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, 69, 354–365.
- Nutalai, P., Kaewsritthong, J., & Sirianganakul, S. (2014). **Effect of wheat flour substitution with jackfruit seed flour on qualities of cookies**. In Proceedings of 1st National Conference on Science Education to Inspire Innovation (pp. 225-227). Nakhon Pathom: Mahidol University. (In Thai)
- Rengsutthi, K. & Charoenrein, S. (2011). Physico-chemical properties of jackfruit seed starch (*Artocarpus heterophyllus*) and its application as a thickener and stabilizer in chilli sauce. **LWT – Food Science and Technology**, 44(5), 1309-1313.
- Seniwong Na Ayutthaya, K. (1998). **100 kinds of dessert recipes**. Bangkok: Pailin Publishing. (In Thai)
- Subanmanee, N. (2021). Properties of Pre-Gelatinize Jackfruit Seed Flour in Thai Glutinous Rice Balls (Bua loi). **Ubon Ratchathani University: Journal of Science and Technology**, 23(1), 61-70. (In Thai)
- Tanasombun, P., Siripanwattana, C., Prasengchom, S., & Ngamsangiam, N. (2014). Replacement of palmyra palm powder in fresh noodle. **SDU Research Journal Sciences and Technology**, 7(1), 105-123. (In Thai)
- Thai Industrial Standards Institute. (2012). **Thai community product standard on Cookies (TISI.118/2555)**. Retrieved from <https://www.tisi.go.th> [2022, 8 Aug.] (In Thai)
- Wilamas, T., Boonchuay, N., & Mongkolprasert, N. (2008). Substitution of wheat flour by oat flour in butter cookies to reduce rancidity. **Rajabhat Agricultural Journal**, 7(2) 39-48. (In Thai)
- Wikström, K., & Bohlin, L. (1999). Extensional flow studies of wheat flour dough. I. Experimental method for measurements in contraction flow geometry and application to flours varying in breadmaking performance. **Journal of Cereal Science**, 29(3), 217-226.
- Wongarun, W. (2019). Food Product Processing from Household Waste of Jackfruit Seeds in Nhong Plai Tang Community, Rai Kao District, Sam Roi Yod, Prachuap Khiri Khan. **EAU Heritage Journal Science and Technology**, 13(2), 132–144. (In Thai)

