

การพัฒนาเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งโดยทดแทนแป้งข้าวบางส่วนด้วยแป้งข้าวพิษณุโลก 80 และแป้งถั่วดำ

Development of dried rice noodles through partial substitution of rice flour with Phitsanulok 80 rice flour and black-eyed pea flour

อารีย์ ประจันสุวรรณ¹ และรสสุคนธ์ วงษ์ดอกไม้^{2*}

Aree Prachansuwan¹ and Rossukon Wongdokmai^{2*}

Received: 3 April 2025 ; Revised: 16 July 2025 ; Accepted: 1 October 2025

บทคัดย่อ

เส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในหมู่ผู้บริโภค เนื่องจากรับประทานง่ายและประกอบอาหารได้หลากหลายรูปแบบ อย่างไรก็ตาม เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีจำหน่ายในปัจจุบันผลิตจากข้าวขัดขาว ซึ่งมีคาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารหลัก ในขณะที่โปรตีน ใยอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุ มีปริมาณน้อย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจากแป้งข้าวหักพันธุ์พิษณุโลก 80 โดยนำแป้งข้าวหักมาทดแทนแป้งข้าวเจ้า ร้อยละ 24.54 32.85 และ 41.00 ในสูตรต้นแบบ และพัฒนาสูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจากแป้งข้าวหักพันธุ์พิษณุโลก 80 ผสมแป้งถั่วดำทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน โดยทดแทนแป้งในสูตรด้วยแป้งถั่วดำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 11.49 17.24 และ 22.98 ของน้ำหนักทั้งหมด จากนั้นนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 5 คนและประเมินการยอมรับในผลิตภัณฑ์โดยบุคคลทั่วไปจำนวน 50 คน โดยใช้ 9-point hedonic scale และ 5-point hedonic scale ตามลำดับ นอกจากนี้ วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการ ผลการวิจัยพบว่าสูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง ที่มีแป้งข้าวหัก ร้อยละ 24.54 และแป้งถั่วดำร้อยละ 11.49 ได้รับความชอบจากผู้เชี่ยวชาญและบุคคลทั่วไปสูงสุด (ค่าเฉลี่ย 7.60 และ 4.22) เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งที่พัฒนาขึ้นมีค่า Water activity (a_w) เฉลี่ยอยู่ที่ 0.33 ซึ่งถือว่ามีความชื้นในระดับต่ำ แต่มีลักษณะเนื้อสัมผัสในแง่ความแน่นเนื้อสูงกว่าสูตรต้นแบบ นอกจากนี้ ยังพบว่า มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นร้อยละ 33.62 และใยอาหารเพิ่มขึ้น ร้อยละ 25.85 เมื่อเปรียบเทียบเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งที่พัฒนาขึ้นกับสูตรต้นแบบ จึงอาจเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภคที่ต้องการผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น เพื่อตอบสนองต่อแนวโน้มการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพในปัจจุบัน

คำสำคัญ: เส้นก๋วยเตี๋ยว, ข้าวหักพันธุ์พิษณุโลก 80, แป้งถั่วดำ, การทดแทนบางส่วน, การประเมินทางประสาทสัมผัส

Abstract

Rice noodles are widely popular among consumers due to their convenience and versatility in various dishes. However, most commercially available rice noodles are produced from polished rice, which mainly provides carbohydrates, while protein, dietary fiber, vitamins, and minerals remain at low levels. This study aimed to develop dried rice noodle formulations using broken rice flour from the Phitsanulok 80 variety. Broken rice flour was used to substitute rice flour in the base formulation at 24.54%, 32.85%, and 41.00%. Additionally, formulations were improved by incorporating black-eyed pea flour at three substitution levels (11.49%, 17.24%, and 22.98% of total weight). The developed rice noodles were then evaluated for sensory quality by five trained panelists and for consumer acceptance by 50 general

¹ สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

¹ Institute of Nutrition, Mahidol University, Nakhon Pathom

² Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University

* Corresponding author: Rossukon Wongdokmai, Email : rossukon.won@uru.ac.th

consumers, using the 9-point and 5-point hedonic scales, respectively. Their physical properties and nutritional values were also analyzed. The results showed that the dried rice noodle formulation containing 24.54% broken rice flour and 11.49% black-eyed pea flour achieved the highest preference scores from both trained panelists and consumers (mean scores of 7.60 and 4.22). The developed noodles had an average water activity (aw) of 0.33, indicating low moisture content, and exhibited greater firmness than the control formulation. Nutritional analysis further revealed increases of 33.62% in protein and 25.85% in dietary fiber compared with the control. These findings suggest that dried rice noodles developed with Phitsanulok 80 broken rice flour and black-eyed pea flour could serve as a novel alternative for health-conscious consumers, aligning with current healthy eating trends.

Keywords: Noodles, broken rice of Phitsanulok-80 variety, black-eyed pea flour, partial substitution, sensory evaluation

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาการเจ็บป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังจำนวนมาก โดยในปี 2566 อัตราผู้ป่วยเบาหวานที่ได้รับการวินิจฉัยรายใหม่ อยู่ที่ 549.8 คนต่อประชากรแสนคน ซึ่งเพิ่มจากปี 2565 ที่มีอัตราผู้ป่วยเบาหวานรายใหม่ 541 คนต่อประชากรแสนคน (กองโรคไม่ติดต่อ, 2566) หนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดโรคอ้วน โรคเบาหวาน ภาวะไขมันในเลือดสูง คือ การบริโภคอาหารที่ไม่ส่งเสริมสุขภาพ มีใยอาหารต่ำ ไขมันสูง น้ำตาลสูง จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการบริโภคอาหารที่มาจากพืช โดยเฉพาะพืชตระกูลถั่ว จะช่วยป้องกันความเสี่ยงของการเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และโรคหัวใจและหลอดเลือด (Thorisdottir *et al.*, 2023) อย่างไรก็ตาม จากฐานข้อมูลปริมาณอาหารที่คนไทยบริโภค (Food consumption survey) พบว่า คนไทยบริโภคถั่วเมล็ดแห้งต่าง ๆ เฉลี่ยเพียงวันละ 10.9 กรัม (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2559) ซึ่งต่ำกว่าคำแนะนำของ American Heart Association ที่แนะนำให้บริโภคถั่ว 5 ออนซ์หรือประมาณ 140 กรัมต่อสัปดาห์ (U. S. Department of Agriculture, 2020) การเพิ่มการบริโภคพืชตระกูลถั่ว อาจจะเป็นแนวทางหนึ่งในการป้องกันและลดความเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังได้

ถั่วดำ หรือ black eyed peas หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าถั่วลันเตา เป็นถั่วพุ่มชนิดหนึ่ง (Cowpeas) ที่มีการปลูกอยู่เกือบทุกภาคโดยเฉพาะในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย มีลักษณะทนแล้ง ปลูกง่ายและมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น มักปลูกหลังเก็บเกี่ยวข้าว ช่วยในการปรับปรุงดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น ส่วนมากนิยมบริโภคในรูปแบบของผักสดและเมล็ดแห้งปรุงสุกเท่านั้น ยังไม่มีการนำไปแปรรูปเพื่อผลิตเป็นอาหารรูปแบบอื่น ๆ (วิลาสลักษณ์ ว่องไว และคณะ, 2557) จากตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พบว่าถั่วดำ 100 กรัม มีคาร์โบไฮเดรต 57.9 กรัม โปรตีน 26.6 กรัม ไขมัน 2.4 กรัม

ใยอาหาร 1.7 กรัม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับคุณค่าทางโภชนาการกับข้าวเจ้าขัดขาว พบว่ามีใยอาหารสูงกว่าข้าวเจ้า โดยข้าวเจ้ามีคาร์โบไฮเดรต 79.47 กรัม โปรตีน 7.02 กรัม ไขมัน 1.15 กรัม และใยอาหาร 0.7 กรัม (สำนักโภชนาการ กรมอนามัย, 2561) อย่างไรก็ตาม ข้าวหักบางชนิด เช่น ข้าวหักพันธุ์พิษณุโลก 80 เป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีค่าดัชนีน้ำตาลเท่ากับ 59.5 (สุนันทา วงศ์ปิยชน และคณะ, 2560) ซึ่งถือว่ามีความดัชนีน้ำตาลปานกลาง และข้าวหักเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวเจ้าพันธุ์พิษณุโลก 80 เมื่อขายจะมีราคาถูกจึงนำไปขายเป็นอาหารสัตว์เท่านั้น ดังนั้นเกษตรกรจึงมีความสนใจที่จะนำเอาข้าวหักดังกล่าวมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าและรายได้

วัฒนธรรมอาหารจีนเป็นที่แพร่หลายในประเทศไทย ส่งผลทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคในหมู่คนไทยเพิ่มมากขึ้น จากฐานข้อมูลปริมาณอาหารที่คนไทยบริโภค (Food consumption survey) ปี 2563 พบว่าคนไทยบริโภคเส้นก๋วยเตี๋ยวในปริมาณเฉลี่ย 108 กรัมต่อวัน (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2559) ซึ่งเส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งข้าวเจ้าเป็นส่วนประกอบหลักโดยมากมักใช้ข้าวหักเป็นวัตถุดิบ (วิภา สุโรจนะเมธากุล, 2541) เมื่อนำมาแปรรูปเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว จึงจำเป็นต้องมีการขัดขาวเอาส่วนของรำข้าวออกจนหมด เพื่อให้ได้เส้นสีขาวน่ารับประทาน แต่เมื่อวิเคราะห์สารอาหารกลับพบว่ามีคาร์โบไฮเดรตและพลังงานเป็นหลัก มีสารอาหารอื่น ๆ เหลืออยู่ไม่มากนัก

จากการศึกษาที่ผ่านมา มีการใช้แป้งถั่วเพื่อเสริมคุณค่าในอาหารหลากหลายผลิตภัณฑ์ ในปี 2018 Adeyeye ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่ทำมาจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งถั่วเหลืองโดยพบว่าการแทนที่แป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งถั่วเหลืองร้อยละ 15 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด (Adeyeye, 2020) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Bolarinwa และ Oyesiji ที่ได้ศึกษาเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งถั่วเหลือง พบว่าสูตรที่เสริมแป้งถั่วเหลืองร้อยละ 10

และ 15 ได้คะแนนการยอมรับสูงสุด (Bolarinwa & Oyesiji, 2021) อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งถั่วโดยตรง มีเพียงการใช้โปรตีนที่สกัดจากถั่วเหลืองร้อยละ 5 ทดแทนแป้งข้าวเจ้าเท่านั้น (Ojukwu *et al.*, 2020)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งด้วยการใช้แป้งถั่วดำผสมกับแป้งข้าวหักพิษณุโลก 80 โดยนำวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีมูลค่าน้อยมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพและเพิ่มมูลค่าของเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งโดยการทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนด้วยแป้งข้าวหักพิษณุโลก 80 ผสมแป้งถั่วดำที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

การทดลอง

1. การศึกษาสูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งต้นแบบ

ศึกษาสูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งต้นแบบ โดยเริ่มต้นจากการสืบค้นจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้สูตร N01, N02 และ N03 ส่วนผสมแสดงใน Table 1 ทดลองทำโดยมีกระบวนการดังนี้ นำแป้งข้าวเจ้า ยีห่อชวนชม สตาร์ชท้าวยายม่อม ยีห่อแมวดำดาวเทียม สตาร์ชมันสำปะหลัง ยีห่อแมวดำดาวเทียม ผสมรวมกันให้อ่างผสม เทน้ำสะอาดปริมาณ 260 กรัม ลงไปทีละน้อย ใช้มีอนวดแบ่งให้เข้ากันดี คนจนส่วนผสมเข้ากันดี ตั้งไฟจนน้ำเดือด ลดไฟกลาง ใช้กระบวยตักน้ำแบ่งและเทลงถาด นำไปนึ่ง 3 นาที เมื่อแผ่นแบ่งสุกจะมีลักษณะใส จากนั้นลอกแผ่นแบ่งวางบนตะแกรง นำไปผึ่งให้แห้ง ทาน้ำมันที่แผ่นแบ่งเพื่อไม่ให้แผ่นติดกัน ห่อด้วยผ้าขาวบางพับไว้ 1 คืนที่อุณหภูมิห้องแล้วนำมาตัดเป็นเส้นขนาด 0.3-0.5 ซม. ทำให้แห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

Table 1 The formulation of dry noodles from Phitsanulok-80 broken rice flour blended with black-eyed pea flour partially substituted with rice flour and control formula.

Components	Content (% of total weight)								
	Control			Noodles from Phitsanulok-80 broken rice flour			Noodles from Phitsanulok-80 broken rice flour blended with black-eyed pea flour		
	N01	N02	N03	P01	P01	P03	M01	M02	M03
Rice flour	82.00	62.50	27.27	57.46	49.15	41.00	45.97	40.22	34.48
Arrowroot starch	-	18.75	18.18	-	-	-	-	-	-
Black-eyed pea flour	-	-	-	-	-	-	11.49	17.24	22.98
Phitsanulok-80 broken rice flour	-	-	-	24.54	32.85	41.00	24.54	24.54	24.54
Tapioca starch	18.00	18.75	54.55	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00

2. การพัฒนาสูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง

2.1 การเตรียมแป้งข้าวหักพิษณุโลก 80

นำข้าวหักพิษณุโลก 80 มาคัดแยกสิ่งสกปรกออก จากนั้นนำไปเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 8 ชั่วโมง แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดธัญพืชให้ละเอียดเป็นผงแป้ง นำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 Mesh บรรจุถุงเพื่อเตรียมผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวต่อไป

2.2 การเตรียมแป้งถั่วดำ

นำถั่วดำมาคัดแยกสิ่งสกปรก จากนั้นนำไปล้างน้ำแล้วแช่น้ำ 6-8 ชั่วโมง นำไปต้มให้สุกที่อุณหภูมิ น้ำเดือดที่ความดันบรรยากาศที่จังหวัดอุดรดิษฐ์ซึ่งจะใกล้เคียง 100 องศาเซลเซียส เวลา 40 นาที นำไปปั่นให้ละเอียด อบให้

แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง เมื่อถั่วแห้งดีแล้ว นำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดธัญพืช นำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 80 Mesh บรรจุใส่ถุงเพื่อนำไปใช้ผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง

2.3 การพัฒนาเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจากแป้งข้าวหักพิษณุโลก 80 ทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน

นำแป้งข้าวหักพิษณุโลก 80 มาทดแทนแป้งข้าวเจ้า 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 24.54 32.85 และ 41.00 ดังแสดงใน Table 1 นำส่วนผสมทั้งหมดผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวตามวิธีในข้อ 1 หลังจากได้เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งแล้ว นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลานาน 3 นาที และนำไปหยุดการสุกของเส้นโดยจุ่มในน้ำเย็นทันที และพักให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำไป

ทดสอบทางประสาทสัมผัสวิธี 9-Point Hedonic Scaling Test ในด้านลักษณะภายนอก สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมกับผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝน 5 คน คัดเลือกสูตรได้คะแนนสูงสุดเป็นสูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวที่นำไปพัฒนาต่อ

2.4 การพัฒนาเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจากแป้งข้าวหักพันธุ์พิษณุโลก 80 ผสมแป้งถั่วดำทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน

การวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยกำหนดปริมาณแป้งถั่วดำที่ใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าเป็นปัจจัยในการทดลอง (treatment) จำนวน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 11.49, 17.24 และ 22.98 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยสูตร M01, M02 และ M03 ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 1

นำส่วนผสมทั้งหมดผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวตามวิธีในข้อ 1 หลังจากได้เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งแล้ว นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลานาน 3 นาที และนำไปหยุดการสุกของเส้นโดยจุ่มในน้ำเย็นทันที และพักให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสวิธี 9-Point Hedonic Scaling Test ในด้านลักษณะภายนอก สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมกับผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝน 5 คน คัดเลือกสูตรได้คะแนนสูงสุดเป็นสูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งที่เหมาะสม นำไปทดสอบการยอมรับในผลิตภัณฑ์จากบุคคลทั่วไป จำนวน 50 คน ด้วยวิธี 5-Point Hedonic Scale โดยโครงการวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ เลขที่ 002/2022

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการ

3.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การวัดค่า water activity (a_w) และการวัดค่าสี ที่ห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ส่วนค่าความแน่นเนื้อ (firmness) และค่าแรงเฉือน (work of shear) วัดด้วยเครื่อง Texture analyzer, Stable micro systems รุ่น TA HDplus, USA ใช้หัววัดแบบ Blade HDP/BS สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ Pre-Test Speed 2.00 mm/sec Test Speed 1.00 mm/sec Post-Test Speed 10.00 mm/sec Distance 1.5 mm Trigger Speed 5.0 g การวิเคราะห์ได้ทำที่ห้องปฏิบัติการอาคารนวัตกรรมเทคโนโลยีการแปรรูปผลผลิตทางเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยก่อนการวัดเนื้อสัมผัสมีการเตรียมตัวอย่าง ดังนี้ นำเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที และนำไปหยุดการ

สุกของเส้นโดยจุ่มในน้ำเย็นทันที และพักให้สะเด็ดน้ำ ซึ่งการวัดเนื้อสัมผัสต่อ 1 ซ้ำจะใช้เส้นทั้งหมด 5 เส้นวางเรียงต่อกัน โดยเส้นมีความยาวประมาณ 3-5 เซนติเมตร

3.2 คุณค่าทางโภชนาการ

วิเคราะห์โปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้าและใยอาหาร ด้วย Kjeldahl method (AOAC, 2023), Direct extraction method (AOAC, 2023), Drying method (AOAC, 2023), Drying ash method (AOAC, 2023) และ Enzymatic gravimetric method (AOAC, 2023) ตามลำดับ โดยห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ และสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล จากนั้น คำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต จากสูตร 100-ความชื้น-โปรตีน-ไขมัน-เถ้า และคำนวณพลังงาน โดยใช้ Atwater factor (4 กิโลแคลอรี สำหรับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต และ 9 กิโลแคลอรี สำหรับไขมัน)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการศึกษานำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean $\pm$ SD) การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่าง 2 กลุ่มใช้สถิติ Independent samples t-test ส่วนการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไปใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วย Tukey's test วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 19 โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการศึกษาสูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งต้นแบบ จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 5 คน พบว่า สูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวทั้ง 3 สูตร มีคะแนนเฉลี่ยโดยรวมมากกว่า 7 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงใน Table 2 เมื่อพิจารณาผลการทดสอบแต่ละด้านจะเห็นว่าสูตร N01 มีคะแนนด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส มากกว่า สูตร N02 และ N03 ซึ่งสูตร N01 จะมีลักษณะใส และมีเนื้อสัมผัสเหนียว เนื่องจากมีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมัน จึงใช้สูตรนี้เป็นสูตรก๋วยเตี๋ยวอบแห้งต้นแบบ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ (กนกอร พวงระย้า, 2560) ได้ศึกษาเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งลูกเดือยทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน พบว่าสูตรต้นแบบมีแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันเป็นส่วนประกอบเช่นกัน

Table 2 Sensory evaluation of the control noodle formula by trained panelists (n=5).

Characteristics	Control noodle formula		
	N01	N02	N03
Appearance ^{ns}	7.60±0.55	7.20±0.84	7.40±0.89
Color ^{ns}	7.20±0.45	7.20±0.45	7.20±0.45
Odor ^{ns}	7.20±0.45	6.80±0.45	6.80±0.45
Flavor ^{ns}	7.60±0.55	7.80±1.10	7.20±0.84
Texture ^{ns}	7.20±0.45	6.80±2.61	6.40±2.61
Overall ^{ns}	7.00±0.00	7.20±0.84	7.40±1.14

ns indicates no statistically significant difference (p -value > 0.05)

2. ผลการศึกษาเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งสูตรทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวหักพันธุ์พิษณุโลก 80

เมื่อนำเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งต้นแบบ (N01) มาทดแทนด้วยแป้งข้าวหักพันธุ์พิษณุโลก 80 ได้แก่ P01 P02 และ P03 ผลการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 5 คน แสดงใน Table 3 พบว่า ทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกันในด้านการยอมรับโดยรวม อย่างไรก็ตาม สูตร P01 มีค่าการยอมรับในด้านเนื้อสัมผัสสูงสุด (p -value ≤ 0.05) จึงใช้สูตรนี้ในการพัฒนาสูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวผสมแป้งถั่วดำต่อไป

3. ผลการศึกษาเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งสูตรทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวหักพันธุ์พิษณุโลก 80 ผสมแป้งถั่วดำ

เมื่อนำเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวหักพันธุ์พิษณุโลก 80 (P01) ผสมแป้งถั่วดำ 3 สูตร ได้แก่ M01 M02 และ M03 ผลการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 5 คน แสดงใน Table 3 และบุคคลทั่วไป จำนวน 50 คน แสดงใน Table 4 โดยพบว่า สูตร M01 และ M02 มีคะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนและบุคคลทั่วไปสอดคล้องกัน เมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝน พบว่า M01 มีคะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นสูตรที่มีแป้งถั่วดำร้อยละ 11.49 สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Bolarinwa และ Oyesiji ที่ได้ศึกษาเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งถั่วเหลือง พบว่าสูตรที่เสริมแป้งถั่วเหลืองร้อยละ 10 และ 15 ได้คะแนนการยอมรับสูงที่สุด และมีแนวโน้มการยอมรับเนื้อสัมผัสและกลิ่นที่ลดลงเมื่อเสริมแป้งถั่วเหลืองมากกว่าร้อยละ 20 (Bolarinwa & Oyesiji, 2021)

Table 3 Sensory evaluation of the noodles from Phitsanulok-80 broken rice flour and those blended with black-eyed pea flour partially substituted with rice flour by trained panelists.

Characteristics	Noodles from Phitsanulok-80 broken rice flour			Noodles from Phitsanulok-80 broken rice flour with black-eyed pea flour		
	P01	P02	P03	M01	M02	M03
Appearance ^{ns}	7.40±0.55	7.00±0.71	7.00±0.71	8.00±0.71	8.00±0.71	7.80±0.45
Color ^{ns}	7.40±0.55	7.20±0.55	7.20±0.45	7.40±1.14	7.60±0.55	7.60±0.55
Odor ^{ns}	7.20±0.45	7.00±0.71	7.00±0.71	7.40±0.55	7.40±0.55	7.00±0.00
Flavor ^{ns}	7.40±0.55	6.60±0.89	6.00±0.71	7.60±0.89	7.60±0.89	7.40±0.55
Texture	7.40±0.55 ^a	6.60±0.89 ^{ab}	6.00±0.71 ^b	7.80±0.84 ^a	7.60±0.55 ^b	7.40±0.55 ^c
Overall ^{ns}	7.40±0.55	6.80±0.84	6.60±0.55	7.60±0.89	7.60±0.55	7.20±0.45

Means within the same row with different superscripts differ significantly (p -value ≤ 0.05)

ns indicates no statistically significant difference (p -value > 0.05)

Table 4 Sensory evaluation of the noodles from Phitsanulok-80 broken rice flour and those blended with black-eyed pea flour partially substituted with rice flour by general consumers.

Characteristics	Noodles from Phitsanulok-80 broken rice flour blended with black-eyed pea flour		
	M01	M02	M03
Appearance	4.36±0.78 ^a	4.42±0.61 ^{ab}	4.20±0.70 ^{bc}
Color	4.28±0.76 ^a	4.24±0.67 ^{ab}	4.00±0.67 ^c
Odor ^{ns}	4.20±0.67	4.14±0.73	4.06±0.68
Flavor ^{ns}	4.02±0.84	4.06±0.84	3.70±0.99
Texture	3.86±0.95 ^a	3.86±0.86 ^a	3.40±1.01 ^b
Overall	4.22±0.71 ^a	4.16±0.71 ^a	3.78±0.76 ^b

Means within the same row with different superscripts differ significantly (p -value ≤ 0.05)

ns indicates no statistically significant difference (p -value > 0.05)

4. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการ

เมื่อนำสูตรต้นแบบ (N01) และสูตรทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวหักพันธุ์พิษณุโลก 80 ผสมแป้งถั่วดำดำ (M01) ไปวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ จากการวิเคราะห์ค่าสีพบว่า เมื่อทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวหักและแป้งถั่วดำ ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจะมีความสว่างลดลงโดยมีสีค่อนข้างดำเทา อาจเนื่องมาจากสีของเปลือกถั่วดำดำผสมกับจุดดำที่เมล็ดผสมกันทำให้แป้งถั่วมีสีเทา (Saha *et al.*, 2018) ส่วนปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 0.31-0.33 ซึ่งถือว่ามีความชื้นอยู่ในระดับต่ำ เป็นผลมาจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จึงได้ค่า a_w ที่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (ค่า a_w ควรน้อยกว่า 0.6) ซึ่งทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตไม่ได้ แสดงใน Table 5 นอกจากนี้ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่ามีความแข็งแรง (work of shear) ไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่ามีความเหนียวไม่แตกต่างกัน แต่ความแน่นเนื้อของสูตรทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวหักพันธุ์พิษณุโลก 80 ผสมแป้งถั่วดำดำมีความแน่นเนื้อมากกว่า เนื่องจากความแน่นเนื้อ

ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของโครงสร้างโปรตีน สอดคล้องกับการศึกษาของ Marana *et al.* (2023) พบว่าเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าที่มีโปรตีนสูงจะมีความแน่นเนื้อสูงกว่าเส้นพาสต้าที่ทำจากแป้งข้าวที่มีโปรตีนปกติ (Marana *et al.*, 2023) ดังนั้นการทดแทนด้วยแป้งถั่วดำดำทำให้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจึงอาจทำให้เนื้อสัมผัสมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวหักพันธุ์พิษณุโลก 80 ผสมแป้งถั่วดำดำ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐานพบว่า มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ร้อยละ 33.62 และมีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้น ร้อยละ 25.85 แสดงใน Table 5 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากถั่วดำดำมีโปรตีน 57.9 กรัม ใยอาหาร 1.7 กรัม (สำนักโภชนาการ กรมอนามัย, 2561) สอดคล้องกับการศึกษาของ Bolarinwa และ Oyesiji ที่ศึกษาพาสต้าที่ทำจากแป้งข้าวทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลือง พบว่าการทดแทนด้วยแป้งถั่วเหลืองร้อยละ 15 ได้คะแนนความชอบสูงสุดและมีปริมาณโปรตีนและใยอาหารสูงกว่าสูตรควบคุม (Bolarinwa & Oyesiji, 2021)

Table 5 The physical properties and nutritional value of the control noodle formula and noodles from Phitsanulok-80 broken rice flour blended with black-eyed pea flour partially substituted with rice flour.

Properties	Control noodle formula (N01)	Noodles from Phitsanulok-80 broken rice flour blended with black-eyed pea (M01)
Physical		
Color L*	65.68±0.61 ^a	60.81±0.62 ^b
a*	0.45±0.12 ^a	2.02±0.29 ^b
b*	1.94±0.22 ^a	1.09±0.10 ^b
Firmness (g force)	74.87±9.23 ^a	111.47±27.97 ^b
Work of Shear ^{ns} (g cm)	7.99±1.99	6.90±1.20
Water activity (a _w)	0.31±0.00 ^a	0.33±0.00 ^b
Nutrition value (per 100 g dry weight)		
Energy (kcal)	401.03±0.01 ^a	403.40±0.07 ^b
Protein (g)	7.02±0.08 ^a	9.38±0.11 ^b
Fat (g)	0.74±0.01 ^a	1.04±0.04 ^b
Carbohydrate (g)	91.58±0.09 ^a	89.12±0.04 ^b
Fiber (g)	3.25±0.17 ^a	4.09±0.18 ^b
Ash (g)	0.67±0.01 ^a	0.46±0.03 ^b

Means within the same row with different superscripts differ significantly (p -value ≤ 0.05)

ns indicates no statistically significant difference (p -value > 0.05)

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจากแป้งข้าวหักพันธุ์พิษณุโลก 80 ในอัตราส่วนร้อยละ 24.54 ผสมแป้งถั่วดำในอัตราส่วนร้อยละ 11.49 ทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสในระดับดี และมีคุณสมบัติทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ในด้านคุณค่าทางโภชนาการพบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรนี้ให้ปริมาณโปรตีนและใยอาหารสูงกว่าสูตรต้นแบบ ร้อยละ 33.62 และ 25.85 ตามลำดับ จึงอาจเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม การบริโภคอาหารควรมีความหลากหลายทั้งในแง่ของชนิดและปริมาณเพื่อให้ได้รับสารอาหารที่ครบถ้วน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ปีงบประมาณ 2567 (เลขที่ 009/2567) คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหลักสูตรอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ เครื่องมือ สถานที่สำหรับการทดลอง และอำนวยความสะดวกในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- กนกกร พวงระย้า. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งลูกเต๋อยทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน [Development of noodle products from Job's tears flour as a partial substitute for rice flour]. หลักสูตรศึกษาศาสตรสาขาศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- กองโรคไม่ติดต่อ. (2566). รายงานประจำปี พ.ศ. 2566 [Annual report 2023]. กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข.
- วิภา สุโรจนะเมธากุล. (2541). คุณสมบัติของข้าวและการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการผลิตก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ [Properties of rice and changes during noodle and rice vermicelli production]. เอกสารประกอบคำบรรยายโครงการฝึกอบรมเรื่องการพัฒนาเพื่อยกระดับอุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวและขนมจีนโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด (pp. 33–48). สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิลาสลักษณ์ ว่องไว, จัตรสุตา เชิงอักษร, ศิริพร หัสสรังสี, พัทธราภรณ์ ลีลาภิรมย์กุล, นิต ไซยมงคล, และพิมพ์นภา ขุนพิลึก. (2557). พัฒนาการผลิตถั่วลันเตาในระบบการปลูกพืชที่ดอนและที่สูง [Development of cowpea production in upland and highland cropping systems]. แก่นเกษตร, 42(ฉบับพิเศษ 2).

- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2559). ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย [Food consumption data of Thailand].
- สำนักโภชนาการ กรมอนามัย. (2561). ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย [Table of nutritional values of Thai foods]. กระทรวงสาธารณสุข.
- สุนันทา วงศ์ปิยชน, ศรีวัฒนา ทรงจิตสมบุรณ์, อังศุธร วสุสิทธิ์, วชิร สุขวิวัฒน์, และปราณี มณีนิล. (2560). ดัชนีน้ำตาลของข้าวไทย 12 พันธุ์ [Glycemic index of 12 Thai rice varieties]. *Thai Rice Research Journal*, 8(2).
- Adeyeye, S. A. O. (2020). Quality evaluation and acceptability of cookies produced from rice (*Oryza glaberrima*) and soybeans (*Glycine max*) flour blends. *Journal of Culinary Science & Technology*, 18(1), 54–66. <https://doi.org/10.1080/15428052.2018.1502113>
- AOAC. (2023). *Official methods of analysis of AOAC* (22nd ed.). Association of Official Analytical Chemists.
- Bolarinwa, I. F., & Oyesiji, O. O. (2021). Gluten-free rice-soy pasta: Proximate composition, textural properties and sensory attributes. *Heliyon*, 7(1), e06052. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06052>
- Marana, A. I. S., Morris, A., Prinyawiwatukul, W., Xu, Z., & King, J. M. (2023). High-protein rice flour in the development of gluten-free pasta. *Journal of Food Science*, 88, 1268–1279. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16522>
- Saha, A., Biswas, S., Roy, D. C., & Giri, U. (2018). Cowpea (black-eyed pea). In *Forage crops of the world, Volume I: Major forage crops* (pp. 183–204). Apple Academic Press.
- Thorisdottir, B., Arnesen, E. K., Bärebring, L., Dierkes, J., Lamberg-Allardt, C., Ramel, A., Nwaru, B. I., Söderlund, F., & Åkesson, A. (2023). Legume consumption in adults and risk of cardiovascular disease and type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Food & Nutrition Research*, 67. <https://doi.org/10.29219/fnr.v67.9541>
- U.S. Department of Agriculture. (2020). *Dietary guidelines for Americans 2020–2025*. https://www.dietaryguidelines.gov/sites/default/files/2020-12/Dietary_Guidelines_for_Americans_2020-2025.pdf
- Ojukwu, M., Tan, J. S., & Easa, A. M. (2020). Cooking, textural, and mechanical properties of rice flour-soy protein isolate noodles prepared using combined treatments of microbial transglutaminase and glucono- δ -lactone. *Journal of Food Science*, 85(9), 2720–2727. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15357>