

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่จากข้าวกล้องจิ๊บแดง อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์

Development of Wide Rice Noodles Product from Red Jib Brown Rice in
Nangrong District, Buriram Province

ประภาพันท์ ศิริขันธ์แสง* กันตยา อ่อนเย็น และ ศศิธร ศรีแก้ว

Prapaparn Sirikhansaeng* Kantaya Onyen and Sasithon Sikaeo

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ประเทศไทย

Biology Program, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University, Thailand

*E-mail prapaparn.sk@bru.ac.th Tel. (+66)44611221 ORCID: 0009-0000-8658-0373

(Received 10/02/2025, Revised 13/12/2025, Accepted 16/12/2025)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่จากข้าวกล้องจิ๊บแดง โดยใช้อัตราส่วนแป้งข้าวกล้องจิ๊บแดงร้อยละ 5–50 (โดยน้ำหนักแป้งข้าวเจ้า) เปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน ศึกษาการคืนรูป คุณภาพทางประสาทสัมผัส ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และองค์ประกอบทางเคมีของเส้นก๋วยเตี๋ยว ผลการทดลองพบว่า สูตรที่มีแป้งข้าวกล้องจิ๊บแดงร้อยละ 50 ให้สีของเส้นเข้มที่สุด ขณะที่ความหนาของเส้นทุกสูตรไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.04 ± 0.01 ถึง 0.05 ± 0.01 มิลลิเมตร ระยะเวลาการคืนรูปที่เหมาะสมคือ 4 นาที การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบ 30 คน พบว่าคะแนนการยอมรับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสูตรร้อยละ 30 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด เท่ากับ 4.50 ± 0.68 คะแนน การทดสอบการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีค่าเท่ากับ 2.32 มิลลิกรัม GAE/100 กรัม การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า ค่าเถ้าไม่แตกต่างกัน ขณะที่ความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) โดยสรุป สูตรที่มีแป้งข้าวกล้องจิ๊บแดงร้อยละ 30 เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ เนื่องจากมีการยอมรับทางประสาทสัมผัสดี และมีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสม

คำสำคัญ: ข้าวกล้องจิ๊บแดง เส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ การคืนรูป คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

Abstract

This study aimed to develop wide rice noodles incorporating red jib brown rice flour at levels of 5–50% (based on the weight of rice flour), in comparison with a control. The rehydration properties, sensory quality, antioxidant activity determined by the DPPH assay, and chemical composition of the noodles were investigated. The results showed that noodles formulated with 50% red jib brown rice flour exhibited the darkest color, whereas no significant differences in noodle thickness were observed among all formulations, with mean values ranging from 0.04 ± 0.01 to 0.05 ± 0.01 mm. The optimum rehydration time was 4 minutes. Sensory evaluation conducted by 30 panelists revealed that acceptance scores differed significantly among the formulations ($p < 0.05$), with the 30% formulation receiving the highest overall acceptability score (4.50 ± 0.68). Antioxidant activity evaluated by the DPPH method was 2.32 mg GAE/100 g. Chemical composition analysis indicated no significant differences in ash content, whereas moisture, protein, fat, dietary fiber, and carbohydrate contents differed significantly at the 95% confidence level ($p < 0.05$). In conclusion, the formulation containing

30% Red Jib brown rice flour was the most suitable for the development of wide rice noodles due to its high sensory acceptability and appropriate nutritional value.

Keywords: Red Jib brown rice, wide rice noodles, rehydration noodles, sensory quality

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ในการเพาะปลูกข้าวนานปี 62,098,142 ไร่ (Office of Agricultural Economics, 2025) และสามารถส่งออกข้าวได้มากถึง 9,186,005 ตัน มูลค่า 208,873.81 ล้านบาท (Thai Rice Exporters Association, 2025) จากข้อมูลเบื้องต้นจะเห็นได้ว่า ประเทศไทยมีศักยภาพและความสามารถในการผลิตและส่งออกข้าว และข้าวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยมาเป็นเวลานาน แต่ปัจจุบันการผลิตและการส่งออกข้าวต้องประสบปัญหาหลายประการ โดยเฉพาะปัญหาความไม่มีเสถียรภาพของระดับราคา และการแข่งขันจากประเทศที่มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่า ซึ่งส่งผลกระทบต่อเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ดังนั้นอุตสาหกรรมการแปรรูปข้าวจึงเป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยเหลือเกษตรกร โดยช่วยเพิ่มความต้องการข้าวเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์แปรรูปข้าว เช่น ผลิตภัณฑ์ข้าวกึ่งสำเร็จรูป เช่น โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป หรืออาหารจานเดียวประเภทข้าวแช่แข็งในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ข้าวผัด โดยในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้รับความนิยมมาก โดยเฉพาะในตลาดที่พัฒนาแล้ว เช่น ญี่ปุ่น สหภาพยุโรป และสหรัฐอเมริกา ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว และอาหารแช่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการหมัก ได้แก่ ข้าวหมาก ขนมหัน และผลิตภัณฑ์ประเภทสุรา เช่น สาโท เป็นต้น เส้นก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว นอกจากจะใช้บริโภคภายในประเทศแล้ว ยังสามารถส่งออกไปขายยังต่างประเทศได้ด้วย แป้งข้าว (Starch) และสตาร์ชข้าวตัดแปร สามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารทอด เช่น โดนัท และไก่ชุบแป้งทอด จะช่วยลดการร่อนน้ำมันของอาหารทอดได้เป็นอย่างดี (Naivikul, 2004) และจากรายงานตลาดอาหารโลกในปี พ.ศ. 2558 ระบุว่า กระแสการรักษาสุขภาพของคนไทยได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น โดยคนไทยนิยมเลือกบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ เช่น อาหารไขมันต่ำ อาหารไขมันไม่อิ่มตัว อาหารที่มีรสไม่จัดจ้านหรืออาหารที่ใส่มูลผลล้งานกับร่างกาย และกระแสความนิยมในอาหารประเภทอาหารเกษตรอินทรีย์ (Organic food) หรืออาหารคลีน (Clean food) ก็ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน (Pluphrach & Smith, 2020)

ก๋วยเตี๋ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่คนไทยนิยมบริโภคเป็นอาหารรองจากข้าวได้จากการแปรรูปแป้งข้าวเจ้า โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นอาหารที่ให้พลังงานและราคาถูก ก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากข้าวมียหลายชนิด เช่น ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก และเส้นหมี่ การผลิตก๋วยเตี๋ยวของไทยนิยมใช้ปลายข้าวเป็นวัตถุดิบ แล้วนำไปโม่เปียกจากนั้นจึงนำไปใส่พิมพ์แล้วนึ่งในอุโมงค์เพื่อทำเป็นแผ่นบาง เมื่อสุกแล้วจึงนำมาตัดเป็นแผ่นและผึ่งให้พอรอบ ปัจจุบันมีการพัฒนากรรมวิธีการผลิตโดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยจึงทำให้สามารถผลิตเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ได้ สำหรับการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ผลิตได้โดยนำปลายข้าวขาวมาโม่กับน้ำจนได้แป้งละเอียด จากนั้นนำน้ำแป้งไปเกลี่ยบนผ้าขาวบาง นึ่งในไอน้ำร้อน เมื่อสุกจะได้แผ่นก๋วยเตี๋ยว นำมาวางเรียงซ้อนกัน แล้วทาผิวด้วยน้ำมันเพื่อไม่ให้แผ่นแป้งติดกัน แล้วจึงตัดเป็นเส้นตามขนาดที่ต้องการ โดยส่วนใหญ่มีความกว้างประมาณ 1 นิ้ว (Rodmui, 2010) ปัจจุบันมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีความหลากหลายมากขึ้น เช่น ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมโปรตีนจากไข่ไก่ ซึ่งสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์ รวมทั้งยังเป็นอาหารสุขภาพที่ช่วยป้องกันการเกิดภาวะขาดโปรตีนเนื่องจากไข่ไก่เป็นแหล่งอาหารทางเลือกที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (Phonpannawit & Klomjoho, 2024) จากที่กล่าวมาข้างต้น หากมีการนำผลผลิตข้าวที่ได้มาทำการแปรรูปให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ที่มีความหลากหลายและมีคุณภาพก็จะเป็นแนวทางหนึ่งที่สำคัญที่ช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิตของข้าว และช่วยป้องกันปัญหาผลผลิตข้าวล้นตลาดได้ กลุ่มเกษตรอินทรีย์บ้านลิ้มทอง เลขที่ 82/1 หมู่ 4 บ้านลิ้มทอง ตำบลหนองโสบ อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ก็เป็นอีกหนึ่งชุมชนที่มีการผลิตข้าวอินทรีย์หลากหลายชนิด เช่น ข้าวจีบ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวหอมมะลิ เป็นต้น โดยเฉพาะข้าวสุกรวง เจ้าข้าบตันขาว (จีบ) เจ้าข้าบตันแดง (จีบ) มะลิแดง ตาแห้งขาวพระเทพ ตาเจริญ และป่องแก้ว จัดว่าเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองของอำเภอนางรอง (Patitungkho et al., 2015) โดยปกติทางกลุ่มดำเนินการผลิตและจำหน่ายข้าวในรูปแบบข้าวสารบรรจุถุงเป็นหลัก อีกทั้งยังทำหน้าที่เป็นแหล่งเรียนรู้สำหรับเยาวชนในท้องถิ่น และมีโรงสีข้าวของตนเองเพื่อใช้ในการแปรรูปผลผลิตข้าวเพื่อจำหน่าย อย่างไรก็ตาม ทางกลุ่มยังขาดองค์ความรู้ด้านการ

แปรรูปข้าวให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย ซึ่งการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าวใหม่มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้นจะเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มมูลค่าและส่งเสริมรายได้จากผลผลิตข้าวของกลุ่ม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาและแปรรูปเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่จากข้าวกล้องงอกดิบแดง รวมถึงการศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ คุณค่าทางโภชนาการ และลักษณะทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่จากข้าวกล้องงอกดิบแดง เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าและยกระดับศักยภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวในชุมชนอย่างยั่งยืน

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมแป้งข้าวกล้องงอกดิบแดง

เตรียมแป้งโดยการนำข้าวมาคั่วสิ่งสกปรกออก แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำไปคั่วให้ละเอียดโดยใช้ Hammer mill ร่อนด้วยตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 80 (80 mesh) แล้วบรรจุลงถุงพลาสติกไว้ใช้สำหรับการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวต่อไป โดยวิธีการนี้ดัดแปลงมาจาก Aomsin et al. (2022)

2.2 การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่

การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจะใช้แป้งข้าวกล้องงอกดิบแดงจากข้อ 2.1 ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ตัวอย่างสูตรละ 3 ซ้ำ โดยใช้อัตราส่วนแป้งข้าวกล้องงอกดิบแดงร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 และ 50 (โดยน้ำหนักแป้งข้าวเจ้า) เปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน (Table 1) โดยมีขั้นตอนการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ดังนี้ ซึ่งดัดแปลงมาจาก Rodmui (2010) แสดงดัง Figure 1 และวัดความหนาของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตได้โดยใช้เครื่องเวอร์เนียคาลิเปอร์

Table 1 Formulation of wide rice noodles

Ingredient	Formulation of wide rice noodles								
	control (g)	5% (g)	10% (g)	15% (g)	20% (g)	25% (g)	30% (g)	40% (g)	50% (g)
Rice flour	240	228	216	204	192	180	168	144	120
Red Jib brown rice flour	-	12	24	36	48	60	72	96	120
Cassava flour	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Water	350	350	350	350	350	350	350	350	350

2.3 การศึกษาการคืนรูปเส้นก๋วยเตี๋ยว

เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการอบแห้งแล้วทั้ง 8 สูตรมาทดสอบการคืนรูปโดยการต้มให้สุกด้วยน้ำเปล่าที่เดือด อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส ทดลองซ้ำสูตรละ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 50 กรัม เพื่อหาระยะเวลาเหมาะสมที่จะทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวสุกแบบพอดี มีความเหนียวและความยืดหยุ่น ไม่แข็งกระด้าง และไม่เละจนเกินไป (Aomsin et al., 2022)

2.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสดำเนินการโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นผู้บริโภคที่มีการบริโภคเส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นประจำ ทำการประเมินเปรียบเทียบเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการปรุงสุกจากสูตรทดลองทั้ง 8 สูตร โดยใช้วิธีการทดสอบแบบการยอมรับ (Acceptance Test) ด้วยมาตราส่วนเฮโดนิค 5 ระดับ (5-point hedonic scale) กำหนดให้คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 5 หมายถึง ชอบมากที่สุด ทั้งนี้ การประเมินครอบคลุมคุณลักษณะด้าน ลักษณะปรากฏ สี ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม (Aomsin et al., 2022) ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสูตรทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

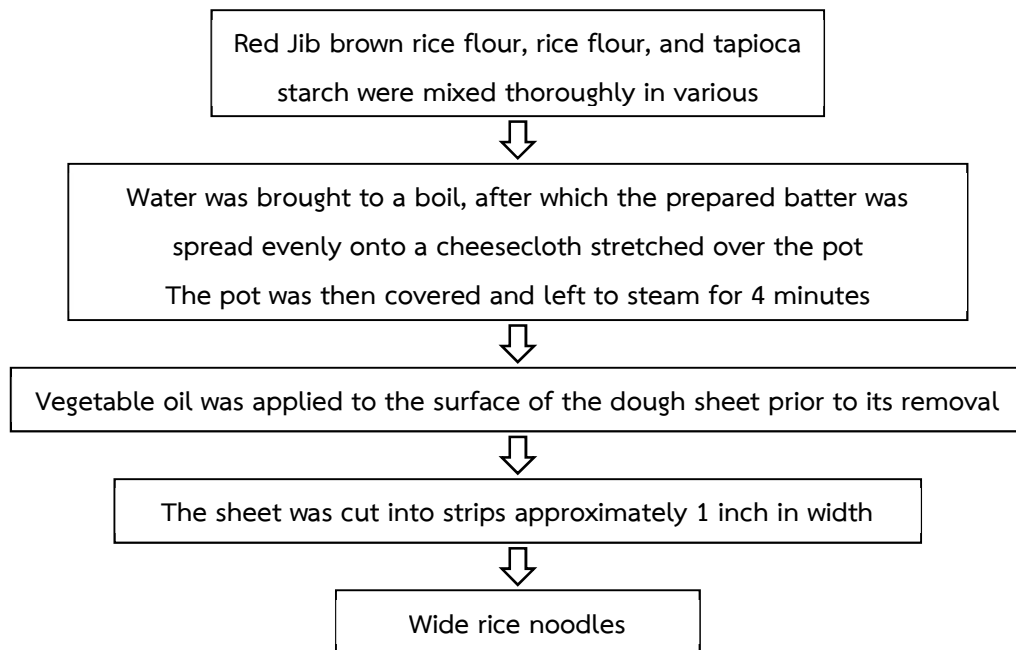


Figure 1 Procedure process for producing wide rice noodles

2.5 การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH) สกัดตัวอย่างสำหรับนำมาวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ โดยชั่งตัวอย่างแบ่งข้าวจีบ 20 กรัม จากนั้นเติมอะซิโตนความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 80 มิลลิลิตร ผสมเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำมากรอง นำสารสกัดเก็บในขวดสีชาเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์โดยนำตัวอย่างสารสกัด 1 มิลลิลิตร เติมน้ำละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันนาน 15 วินาที ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร และคำนวณหาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิกรายงานผลเป็นมิลลิกรัม GAE/100 กรัม โดยทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ (ดัดแปลงจาก Liaotrakoon et al., 2021) แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

2.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นก๋วยเตี๋ยว

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต (AOAC International, 2000) โดยส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 การเตรียมแป้งข้าวกุ้งจีบแดง

จากการนำข้าวกุ้งจีบแดงไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง แล้วนำไปบดให้ละเอียดโดยใช้ Hammer mill แล้วนำไปร่อนด้วยตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 80 สามารถผลิตแป้งข้าวกุ้งจีบแดงได้แสดงดัง Figure 2

3.2 การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่

จากการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่โดยใช้อัตราส่วนแป้งข้าวกุ้งจีบแดงร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 และ 50 (โดยน้ำหนักแป้งข้าวกุ้ง) พบว่า สามารถผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ได้ และเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ผลิตได้มีความเหนียวนุ่ม และมีความหนาใกล้เคียงกัน แต่จะมีความแตกต่างกันในด้านสี เส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ใช้อัตราส่วนแป้งข้าวกุ้งจีบแดงที่มากจะมีสีเข้มมากกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ใช้อัตราส่วนแป้งข้าวกุ้งจีบแดงในปริมาณที่น้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Weenuttranon et al. (2024) ที่ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่อบแห้งแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งข้าวกุ้ง

เสริมผงดกแดด พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมียืดที่เพิ่มขึ้นไปในทางสีม่วงแดง การวัดความหนาในแต่ละสูตรจำนวน 3 ซ้ำ โดยในแต่ละซ้ำจะทำการวัดทั้งหมด 3 ตำแหน่ง ด้วยเครื่องเวอร์เนียคาลิเปอร์ พบว่า มีความหนาใกล้เคียงกันทุกสูตร โดยค่าความหนาเฉลี่ยทั้ง 3 ซ้ำในเส้นก๋วยเตี๋ยวละเส้นมาตรฐาน, ร้อยละ 5, ร้อยละ 10, ร้อยละ 15, ร้อยละ 20, ร้อยละ 25, ร้อยละ 30, ร้อยละ 40 และร้อยละ 50 มีค่าเท่ากับ 0.04 ± 0.01 , 0.04 ± 0.01 , 0.05 ± 0.01 , 0.04 ± 0.01 , 0.05 ± 0.01 , 0.05 ± 0.01 , 0.04 ± 0.01 , 0.05 ± 0.01 และ 0.04 ± 0.01 มิลลิเมตร ตามลำดับ และในแต่ละสูตรของการทำเส้นก๋วยเตี๋ยจะได้เส้นก๋วยเตี๋ยทั้งหมด 650 กรัม โดยผลการทดลองแสดงดัง Figure 3



Figure 2 Red Jib brown rice flour

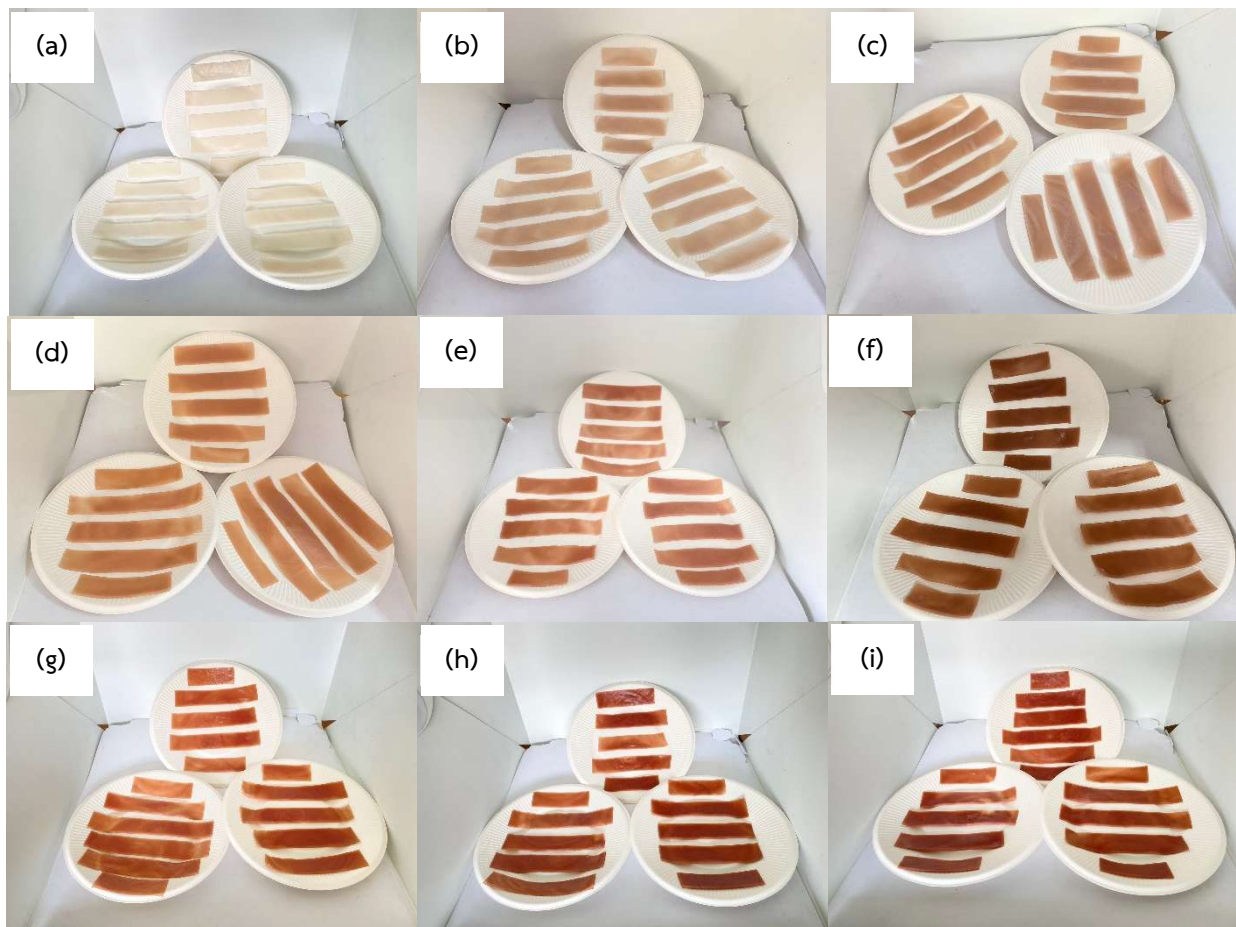


Figure 3 Control for wide rice noodles (a) and formulation of wide rice noodles using a percentage of Red ib brown rice flour at 5% (b), 10%(c), 15% (d), 20% (e), 25% (f), 30% (g), 40% (h), and 50% (i) Each formulation is shown in three replicates

3.3 การศึกษาการคืนรูปเส้นก๋วยเตี๋ยว

จากการศึกษาการคืนรูปของเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยการนำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการอบแห้งทั้งหมด 8 สูตร มาทดสอบการคืนรูปโดยการต้มให้สุกด้วยน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทำการทดลองสูตรละ 3 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นแผ่นแบ่งแต่ละตัวอย่างให้มีน้ำหนักเท่ากับ 50 กรัม พบว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดคือ 4 นาที สูตรที่ใกล้เคียงสูตรมาตรฐานมากที่สุด คือสูตรจากแป้งข้าวกล้องจิ๊บแดงที่ผสมในอัตราส่วนร้อยละ 40 เนื่องจากมีความเหนียวและยืดหยุ่นได้ดี เส้นคืนรูปได้ง่าย ถึงแม้ว่าขนาดของความหนาของเส้นก๋วยเตี๋ยวจะมีค่าใกล้เคียงกันทุกสูตร และจากผลการทดลองพบว่า ทุกสูตรใช้ระยะเวลาในการคืนรูปเท่ากันคือ 4 นาที ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยของ Sirilert (2010) ที่ทำการศึกษการพัฒนาเนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กและการลวกสุกไว้ โดยพบว่า การทดแทนอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังในก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเพิ่มมากขึ้น ปริมาณอะไมโลสจะเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าความหนืดของส่วนผสมลดลง และระดับการทดแทนแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 40 จะให้ลักษณะปรากฏด้านเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวเหนียวและไม่แข็งกระด้าง ให้ระยะเวลาในการลวกสุกเท่ากับ 20.74 วินาที โดยสามารถลดระยะเวลาในการลวกสุกของเส้นก๋วยเตี๋ยวลงได้ แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาดังกล่าวเป็นการศึกษาเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ซึ่งเส้นก๋วยเตี๋ยวจะมีขนาดเล็กกว่า อาจจะทำให้ใช้ระยะเวลาในการลวกสุกเร็วกว่าเนื่องจากมีขนาดเล็กกว่า ซึ่งการศึกษาการคืนรูปเส้นก๋วยเตี๋ยวแสดงดัง Table 2

Table 2 The cooking time for wide rice noodles made from Red Jib brown rice flour at a temperature of 100°C

Formulation of wide rice noodles	The characteristics of wide rice noodles	The cooking time to fully cook wide rice noodles (minute)
control	The noodles are chewy and soft	4
5%	The noodles are too tough and thick	4
10%	The noodles are chewy, elastic, and slightly rough	4
15%	The noodles are crispy, firm, and slightly rough	4
20%	The noodles are thin and chewy	4
25%	The noodles are thin and chewy	4
30%	The noodles are chewy and soft	4
40%	The noodles are chewy and soft	4
50%	The noodles are chewy and soft	4

3.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ระบบ 5 คะแนน (5 Point Hedonic Scale) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ผลการศึกษาทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ทางด้านความชอบโดยรวมพบว่า สูตรที่มีการผสมแป้งข้าวกล้องจิ๊บแดงในอัตราส่วนร้อยละ 30 มีค่าคะแนนสูงที่สุดคือ 4.50 ± 0.68 รองลงมาคือ สูตรแป้งข้าวกล้องจิ๊บแดงในอัตราส่วนร้อยละ 15, ร้อยละ 20, ร้อยละ 40, สูตรมาตรฐาน, ร้อยละ 5, ร้อยละ 25, ร้อยละ 10 และร้อยละ 50 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ± 0.71 , 4.30 ± 0.65 , 4.27 ± 0.78 , 4.23 ± 0.63 , 4.23 ± 0.68 , 4.17 ± 0.79 , 4.13 ± 0.73 และ 4.10 ± 0.84 คะแนน ตามลำดับ และเมื่อนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีการ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) พบว่า การยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคในด้านต่าง ๆ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยผลการทดสอบทางด้านสีในสูตรร้อยละ 25 มีค่าคะแนนสูงที่สุด คือ 3.90 ± 1.03 คะแนน กลิ่นในสูตรร้อยละ 30 และร้อยละ 50 มีค่าคะแนนสูงที่สุด คือ 4.00 ± 0.95 และ 4.03 ± 0.85 คะแนน รสชาติในสูตรร้อยละ 30 มีค่าคะแนนสูงที่สุด คือ 4.27 ± 0.83 คะแนน การทดสอบคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสในสูตรร้อยละ 25 มีค่าคะแนนสูงที่สุด คือ 4.40 ± 0.67 คะแนน และความชอบโดยรวม ในสูตรร้อยละ 30 มีค่าคะแนนสูงที่สุด คือ

4.50±0.68 คะแนน ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Rodmui (2010) ที่ทำการศึกษากาการแปรผันอัตราส่วนแป้งข้าวหอมนิลเพื่อทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน ผลการทดลองพบว่า เมื่อพิจารณาคะแนนด้านความชอบโดยรวมของก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ทุกกลุ่มทดลองพบว่า สูตรที่ทดแทนแป้งข้าวหอมนิลที่อัตราส่วนร้อยละ 25 ได้รับค่าคะแนนความชอบโดยรวมจากผู้บริโภคสูงสุดกว่ากลุ่มทดแทนแป้งข้าวหอมนิลที่อัตราส่วนอื่น ๆ ซึ่งการศึกษากาการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคในด้านต่าง ๆ แสดงดัง Table 3

Table 3 Sensory acceptability tests of rice noodles from Red Jib brown rice flour

Sensory acceptability tests of rice noodles from Red Jib brown rice flour					
Formulation of wide rice noodles	Color	Smell	Taste	Texture	Overall acceptance
control	3.83±0.99 ^b	3.53±0.90 ^s	3.90±0.99 ^c	3.73±0.94 ^f	4.23±0.63 ^c
5%	3.63±1.03 ^c	3.70±0.92 ^f	4.13±0.97 ^b	4.00±0.79 ^d	4.23±0.68 ^c
10%	3.63±1.03 ^c	3.83±0.91 ^d	3.80±0.71 ^d	4.00±0.95 ^d	4.13±0.73 ^d
15%	3.50±0.82 ^e	3.73±0.78 ^e	3.93±0.78 ^c	4.20±0.85 ^c	4.33±0.71 ^b
20%	3.63±0.93 ^b	3.90±0.88 ^c	3.80±0.85 ^d	4.17±0.83 ^c	4.30±0.65 ^b
25%	3.90±1.03 ^a	3.97±0.85 ^b	4.17±0.70 ^b	4.40±0.67 ^a	4.17±0.79 ^d
30%	3.83±0.99 ^b	4.00±0.95 ^a	4.27±0.83 ^a	4.33±0.92 ^b	4.50±0.68 ^a
40%	3.53±1.01 ^d	3.60±0.97 ^d	3.97±0.93 ^c	3.93±0.98 ^e	4.27±0.78 ^c
50%	3.50±0.97 ^e	4.03±0.85 ^a	3.87±1.07 ^d	4.20±0.96 ^c	4.10±0.84 ^d

Note: The numbers followed by different lowercase letters in each column indicate a statistically significant difference at the 95% confidence level ($p < 0.05$) when tested using the Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

3.5 การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

จากการศึกษาการวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH) ซึ่งใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐานในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า มีค่าเท่ากับ 2.32 มิลลิกรัม GAE/100 กรัม ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อยสอดคล้องกับการทดลองของ Patitungkho et al. (2023) ที่ศึกษาของค์ประกอบทางเคมีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวจีบมะลิดำ และดอกมะขาม พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยเทคนิค DPPH และ FRAP ในข้าวมะลิดำมีค่ามากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 82.44 และ 55.44 มิลลิกรัม Fe/100 กรัมสารสกัด รองลงมาคือ ข้าวดอกมะขามเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 78.23 และ 52.18 มิลลิกรัม Fe/100 กรัมสารสกัด ส่วนในข้าวจีบมีค่าน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 78 และ 51.96 มิลลิกรัม Fe/100 กรัมสารสกัด

3.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นก๋วยเตี๋ยว

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยทำการวิเคราะห์ค่าความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต พบว่า ค่าความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต ในแต่ละสูตรมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะค่าความชื้น เถ้า โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต โดยความชื้นมีค่าเท่ากับ 53.50±0.50, 53.80±0.14, 53.70±0.21, 53.90±0.57, 54.30±0.28, 54.10±0.49, 54.30±0.99, 54.40±0.35 และ 54.60±0.07 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ ในสูตรมาตรฐาน และสูตรที่แปรผันอัตราส่วนแป้งข้าวก้อง จีบแดงร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 และ 50 (โดยน้ำหนักแป้งข้าวเจ้า) ตามลำดับ เถ้า พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.02±0.00, 0.02±0.00, 0.02±0.00, 0.02±0.00, 0.02±0.00, 0.02±0.00, 0.03±0.00, 0.03±0.00 และ 0.03±0.00 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ ในสูตรมาตรฐาน และสูตรที่แปรผันอัตราส่วนแป้งข้าวก้องจีบแดงร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 และ 50 (โดยน้ำหนักแป้งข้าวเจ้า) ตามลำดับ และคาร์โบไฮเดรต พบว่า มีค่าเท่ากับ 42.00±0.43, 41.76±0.13, 42.00±0.21, 42.20±0.51, 42.10±0.33, 41.90±0.50, 41.40±0.95, 41.30±0.40 และ 41.10±0.21 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ ในสูตรมาตรฐาน และสูตรที่แปรผันอัตราส่วนแป้งข้าวก้องจีบแดงร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 และ 50 (โดยน้ำหนักแป้ง

ข้าวเจ้า) ตามลำดับ และจากการนำผลการทดลองมาวิเคราะห์สถิติด้วยวิธีการ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) พบว่า ถ้ามียาค่าไม่แตกต่างกัน ส่วนค่าความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยความชื้นในแป้งสุตรร้อยละ 40 และร้อยละ 50 มีค่ามากที่สุดคือ 54.40 ± 0.35 และ 54.60 ± 0.07 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ โปรตีนในแป้งมาตรฐานและสุตรร้อยละ 5 มีค่ามากที่สุดคือ 3.03 ± 0.02 และ 3.10 ± 0.01 กรัม/100 กรัม ไขมันในแป้งสุตรมาตรฐานมีค่ามากที่สุดคือ 1.07 ± 0.84 กรัม/100 กรัม เส้นใยในแป้งสุตรร้อยละ 30 มีค่ามากที่สุดคือ 0.31 ± 0.11 กรัม/100 กรัม และคาร์โบไฮเดรตในแป้งสุตรร้อยละ 15 มีค่ามากที่สุดคือ 42.20 ± 0.51 กรัม/100 กรัม ซึ่งแตกต่างจากการทดลองของ Rodmui (2010) ที่ศึกษาการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวหอมนิล พบว่า ถึงแม้จะมีการแปรรูปปริมาณแป้งข้าวหอมนิลในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวที่แตกต่างกัน แต่ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ แสดงดัง Table 4

Table 4 The results of the chemical composition analysis of rice noodles made from Red Jib brown rice flour

Formulation of wide rice noodles	Moisture (g/100g)	Ash (g/100 g)	Protein (g/100 g)	Fat (g/100 g)	Fiber (g/100 g)	Carbohydrate (g/100 g)
control	53.50 ± 0.50^g	0.02 ± 0.00^{ns}	3.03 ± 0.02^a	1.07 ± 0.84^a	0.08 ± 0.04^c	42.00 ± 0.43^b
5%	53.80 ± 0.14^e	0.02 ± 0.00^{ns}	3.10 ± 0.01^a	0.93 ± 0.11^b	0.22 ± 0.10^b	41.76 ± 1.30^d
10%	53.70 ± 0.21^f	0.02 ± 0.00^{ns}	2.84 ± 0.03^b	0.93 ± 0.21^b	0.21 ± 0.19^b	42.00 ± 0.21^b
15%	53.90 ± 0.57^d	0.02 ± 0.00^{ns}	2.75 ± 0.01^c	0.86 ± 0.12^c	0.07 ± 0.05^c	42.20 ± 0.51^a
20%	54.30 ± 0.28^b	0.02 ± 0.00^{ns}	2.66 ± 0.01^d	0.67 ± 0.06^d	0.06 ± 0.00^c	42.10 ± 0.33^g
25%	54.10 ± 0.49^c	0.02 ± 0.00^{ns}	2.70 ± 0.0^c	0.86 ± 0.12^c	0.14 ± 0.12^c	41.90 ± 0.50^c
30%	54.30 ± 0.99^b	0.03 ± 0.00^{ns}	2.70 ± 0.00^c	0.92 ± 0.14^b	0.31 ± 0.11^a	41.40 ± 0.95^e
40%	$54.40 \pm 0.35^{a,b}$	0.03 ± 0.00^{ns}	2.82 ± 0.06^b	0.83 ± 0.09^c	0.22 ± 0.01^b	41.30 ± 0.40^f
50%	54.60 ± 0.07^a	0.03 ± 0.00^{ns}	2.83 ± 0.04^b	0.87 ± 0.11^c	0.22 ± 0.01^b	41.10 ± 0.21^g

Note: The numbers followed by different lowercase letters in each column indicate a statistically significant difference at the 95% confidence level ($p < 0.05$) when tested using the Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

4. สรุป

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า แป้งข้าวกล้องจีบแดงสามารถนำมาผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ได้ทุกอัตราส่วนที่ศึกษา (ร้อยละ 5–50) โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีลักษณะเหนียวนุ่มและมีความหนาใกล้เคียงกันทุกสูตร คือมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.04–0.05 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตาม สีของเส้นก๋วยเตี๋ยวมีความเข้มเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องจีบแดง โดยสูตรที่ใช้ร้อยละ 50 ให้สีเข้มที่สุด ผลการศึกษาค้นรูปพบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวทุกสูตรใช้ระยะเวลาในการค้นรูปเท่ากันคือ 4 นาที โดยสูตรที่มีการผสมแป้งข้าวกล้องจีบแดงร้อยละ 40 มีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐานมากที่สุด เนื่องจากมีความเหนียวและความยืดหยุ่นดี การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า สูตรที่มีการผสมแป้งข้าวกล้องจีบแดงร้อยละ 30 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด คือ 4.50 ± 0.68 คะแนน และการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า คุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) โดยสูตรร้อยละ 25 ให้คะแนนสูงสุดด้านสีและเนื้อสัมผัส ขณะที่สูตรร้อยละ 30 ให้คะแนนสูงสุดด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่ามีค่าเท่ากับ 2.32 มิลลิกรัม GAE/100 กรัม ซึ่งจัดอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ สอดคล้องกับลักษณะทางธรรมชาติของข้าวกล้องจีบแดงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสีเข้มชนิดอื่น และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า ค่าความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรตของเส้นก๋วยเตี๋ยวแต่ละสูตรมีค่าใกล้เคียงกัน โดยเถ้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ค่า

ความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) สูตรร้อยละ 40 และ 50 มีความชื้นสูงที่สุด สูตรมาตรฐานและร้อยละ 5 มีโปรตีนสูงที่สุด สูตรมาตรฐานมีไขมันสูงที่สุด สูตรร้อยละ 30 มีเส้นใยสูงที่สุด และสูตรร้อยละ 15 มีคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดีเนื่องจากการได้รับการสนับสนุนจากงานมูลฐาน Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ของกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม (สกว.) และผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่อำนวยความสะดวกในด้านสถานที่ รวมถึงวัสดุอุปกรณ์ในการทำการวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- AOAC International. (2000). *Official methods of analysis of AOAC International* (17th ed.).
- Aomsin, L., Rittiron, R., & Pochanagone, S. (2022). Development of rice Noodle product from Leuang Patew Chumphon rice. *Journal of Science and Technology*, 11(1), 30–38. [in Thai]
- Liaotrakoon, W., Liaotrakoon, V., & Wongsangtham, W. (2021). Effect of water chestnut flour contents and hot-air drying on physicochemical, antioxidative and sensory properties of noodle. *Burapha Science Journal*, 26(1). <https://journal.lib.buu.ac.th/index.php/science/article/view/7250> [in Thai]
- Naivikul, O. (2004). *Rice : Science and Technology* (4th ed.). Bangkok. Kasetsart University Press. [in Thai]
- Office of Agricultural Economics. (2025). Seasonal rice. <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/major%20rice%2066.pdf>
- Patitungkho, K., Patitungkho, S., & Laeid-on, K. (2015). *A survey of a variety of rice landraces for preservation and sustainable utilization of rice in Buriram province* [Research report]. Buriram Rajabhat University. [in Thai]
- Patitungkho, S., Patitungkho, K., & Laeid-on, K. (2023). Chemical composition and antioxidant activity of Jib, Mali-dam and Dok-makam rice. *Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal*, 16(1), 39–47. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/researchjournal2rmutto/article/view/257084> [in Thai]
- Phonpanawit, A., & Klomjoho, S. (2024). Development of noodle product protein fortification with watermeal (*Wolfia arrhiza* (L.) Wimm.). *Science Journal, Chandrakasem Rajabhat University*, 34(2), 160–169. <https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/scicru/article/view/3254> [in Thai]
- Pluphrach, K., & Smith, N. (2020). Behaviors and needs in healthy food products of consumer in Bangkok. *Dusit Thani College Journal*, 14(2), 307–322. <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/journaldtt/article/view/243439> [in Thai]
- Rodmui, A. (2010). The production of noodle from Hom Nin rice flour. *Journal of Food Technology*, 5(1), 64–71. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/JFTSU/article/view/38430> [in Thai]
- Sirilert, T. (2010). Development of rice noodle: Texture and quick blanching time. *Journal of Food Technology*, 5(1), 18–25. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/JFTSU/article/view/38389> [in Thai]
- Thai Rice Exporters Association. (2025). Ministry of Commerce. <http://www.thairiceexporters.or.th>
- Weenuttranon, J., Hirunyophat, P., Fuengkajornfung, N., Sanphom, T., Saeiam, K., Kumkoon, A., & Nachengtai, C. (2024). Development of dried wide strip noodles made from riceberry flour substituted for rice flour with silkworm pupae powder. *RMUTSB Academic Journal*, 12(2), 201–215. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsb-sci/article/view/262685> [in Thai]