

การประเมินคุณภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของพาสต้าปราศจากกลูเตนที่ทำจากแป้งข้าวเหนียวดำและแป้งมันสำปะหลัง

Quality and Sensory Evaluation of Gluten-Free Pasta Made from Black Glutinous Rice Flour and Cassava Starch

ติณณภพ สมพงษ์, น้อมจิตต์ สุธิบุตร, สรรชนีย์ เต็มเปี่ยม และ สุภาศร มาแสวง*

Tinnapop Sompong, Nomjit Sutheebut, Sansanee Tempaim and Supuksorn Masavang*

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

*Corresponding author; E-mail: supuksorn.m@rmutp.ac.th

Received: 03 February 2025 /Revised: 04 April 2025 /Accepted: 04 April 2025

บทคัดย่อ

แป้งข้าวเหนียวดำและแป้งมันสำปะหลังมีศักยภาพในการใช้ทดแทนแป้งสาลีเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการเพื่อเป็นทางเลือกในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตน งานวิจัยนี้ศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียวดำและแป้งมันสำปะหลัง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 60:40 70:30 และ 80:20 ในการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตน ร่วมกับการเติมแซนแทน ร้อยละ 3 ทำการตรวจสอบและเปรียบเทียบคุณภาพการต้มสุก ค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และการประเมินทางประสาทสัมผัสของพาสต้า โดยผลการทดลองแสดงว่า การเพิ่มสัดส่วนแป้งข้าวเหนียวดำและลดแป้งมันสำปะหลังช่วยลดเวลาในการต้มสุกและเพิ่มการขยายของเส้นพาสต้าต้มสุก แต่ส่งผลให้มีการสูญเสียระหว่างการต้มมากขึ้น ค่าสีของพาสต้ามีความเปลี่ยนแปลงตามปริมาณแป้งข้าวเหนียวดำ โดยค่าความสว่างลดลงเนื่องจากปริมาณของแป้งข้าวเหนียวดำที่เพิ่มขึ้น ด้านลักษณะเนื้อสัมผัส พาสต้าสูตร 70:30 มีความแข็งแรง ค่าการยึดติด ความยืดหยุ่น ค่าพลังงานในการบดเคี้ยวใกล้เคียงสูตรควบคุมที่สุด การทดสอบทางประสาทสัมผัสระบุว่าพาสต้าปราศจากกลูเตนสูตร 70:30 ได้รับการยอมรับใกล้เคียงกับสูตรควบคุม ซึ่งผลการวิจัยทำให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์นี้อาจเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภคอาหารปราศจากกลูเตนได้

คำสำคัญ: พาสต้าปราศจากกลูเตน แป้งข้าวเหนียวดำ แป้งมันสำปะหลัง

Abstract

Black glutinous rice flour and tapioca starch have potential as substitutes for wheat flour to enhance nutritional value and serve as alternatives in developing gluten-free pasta products. This research investigated the ratios of black glutinous rice flour and tapioca starch in three proportions: 60:40, 70:30, and 80:20, combined with 3% xanthan gum, in the production of gluten-free pasta. The study examined cooking quality, color, texture characteristics, and sensory evaluation of the pasta. The results showed that increasing the proportion of black glutinous rice flour and decreasing tapioca starch reduced cooking time and increased the expansion of cooked pasta. However, this also resulted in greater cooking losses. The pasta's color changed with the amount of black glutinous rice flour, with brightness decreasing due to anthocyanins in black rice. In terms of texture, the 70:30 formulation had hardness, adhesiveness, elasticity, and chewing energy values closest to the control formula. Sensory testing indicated that the 70:30 gluten-free pasta formulation received acceptance comparable to the control formula. The deep purple color and natural aroma enhanced consumer acceptance, making this product a promising innovation in the gluten-free food market.

Keywords: Gluten-free pasta, Glutinous rice flour, Cassava starch

บทนำ

ข้าวเป็นอาหารหลักสำหรับผู้คนในหลายประเทศประเทศไทยและประเทศในเอเชีย โดยมักบริโภคในรูปแบบข้าวสุกหรือใช้เป็นส่วนประกอบในขนมหวาน ในช่วงที่ผ่านมา ข้าวสี เช่น ข้าวดำ ข้าวแดง หรือข้าวสีม่วง ได้รับความสนใจมากขึ้นเนื่องจากมีสารสำคัญที่พบในชั้นเยื่อหุ้มเมล็ดที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ¹ โดยเฉพาะในข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa* L.) มีลักษณะเมล็ดสีม่วงเข้ม ซึ่งมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลักที่พบในข้าวดำคือแอนโทไซยานิน ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ สารนี้ให้สีแก่เมล็ดข้าวและมีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพ เช่น การป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด

รวมถึงมะเร็งบางชนิด²⁻³ มันสำปะหลังเป็นพืชในเขตร้อนที่มักใช้เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตอาหาร แป้งมันสำปะหลังทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบหลักในให้ความชื้นหนืด การพองตัว และให้คุณภาพเนื้อสัมผัสตามต้องการของผลิตภัณฑ์อาหาร อย่างไรก็ตาม แป้งมันสำปะหลังมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าข้าวสาลี จึงไม่สามารถทดแทนข้าวสาลีได้ในบางแง่มุม เนื่องจากขาดโปรตีนกลูเตน⁴

ปัจจุบัน ผลิตภัณฑ์พาสต้าได้รับความนิยมจากกลุ่มอายุต่าง ๆ ทั่วโลก เนื่องจากนำมาใช้ปรุงอาหารได้หลากหลายมีรสชาติแตกต่างกันจากซอสและซूपที่ใช้ สะดวก และง่ายต่อการขนส่ง ผลิตภัณฑ์พาสต้าผลิตจากแป้งเซโมลินา ซึ่งไม่ด้วย



วิธีพิเศษจากแป้งข้าวสาลีชนิดดรัม โปรตีนกลูเตนในแป้งสาลีมีบทบาทสำคัญในการกำหนดคุณภาพของพาสต้าที่สามารถสร้างโครงสร้างและให้เนื้อสัมผัสที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์อาหารได้⁵ อย่างไรก็ตามพาสต้าจากข้าวสาลีไม่เหมาะสำหรับผู้ที่เป็นโรคเซลิแอค (Coeliac disease) เนื่องจากระบบภูมิคุ้มกันของผู้ป่วยมีอาการผิดปกติที่ทำให้เกิดโรคลำไส้แปรปรวนซึ่งเกิดจากการกินโปรตีนกลูเตน⁶ เนื่องจากข้าวไม่มีโปรตีนกลูเตน ข้าวจึงเป็นอาหารที่ปลอดภัยสำหรับผู้ที่ได้รับผลกระทบจากโรคเซลิแอค และมักถูกนำมาใช้ในการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตน ทั้งในรูปแบบข้าวเพียงอย่างเดียวหรือร่วมกับวัตถุดิบอื่นที่ไม่มีกลูเตนชนิดอื่นและ/หรือวัตถุดิบอาหารอื่น ๆ เช่น กว๊ากัม แชนแทนกัม เป็นต้น⁷⁻⁸ ก่อนหน้านี้มีรายงานผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าว เช่น การใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งควินัวและแป้งจากเมล็ดผักโขม (Amaranth seed) ในอัตราส่วน 5:4:1 ทำให้เส้นสปาเก็ตตี้ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด⁹ การพัฒนาเส้นอุ้งเตี๋โยที่ใช้แป้งข้าว 88% ร่วมกับแป้งมันฝรั่ง 15% ทดแทนแป้งสาลีในสูตรดั้งเดิมทำให้เส้นยังคงความเหนียวหนึบและขาดยาก¹⁰ การเพิ่มโปรตีนและเส้นใยด้วยแป้งข้าวและแป้งถั่วปากอ้าในพาสต้าปราศจากกลูเตนและยังปรับปรุงคุณภาพหลังการต้มของพาสต้าให้มีเนื้อสัมผัสที่ดีไม่เปื่อยยุ่ย¹¹ การทดแทนแป้งสาลีในพาสต้าปราศจากกลูเตนด้วยแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวและเสริมด้วยแชนแทนกัม 2% ทำให้เส้นพาสต้ามีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับสูตรที่ใช้แป้งสาลีมากที่สุด⁸ การใช้แป้งมันสำปะหลัง 80%

ร่วมกับแป้งข้าวโพด 20% เสริมด้วยแชนแทนกัม 0.8% และโปรตีนอัลบูมิน (Albumin) 1.5% ทำให้คุณภาพการต้มสุกของพาสต้าปราศจากกลูเตนดีขึ้นและมีคุณภาพที่ดีในระหว่างเก็บรักษา 8 เดือน¹² นอกจากนี้การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเหนียวดำบางส่วนพบว่าระดับการของข้าวเหนียวดำที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เพิ่มสารฟีนอลิกและคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ แต่ทำให้ค่า ระยะเวลาในการต้มสุก (Cooking time) ลดลงในขณะที่มีการสูญเสียของแข็งระหว่างการต้ม (Cooking loss) สูงขึ้น และระดับการทดแทนแป้งข้าวเหนียวที่ 40% ได้รับคะแนนความชอบจากผู้บริโภคมากที่สุด¹³

ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจด้านสุขภาพเพิ่มขึ้นส่งผลต่อการขยายตัวของตลาดอาหารเพื่อสุขภาพ จึงมีการพัฒนาสูตรการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตนเพื่อเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภคที่ผานความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรมอาหาร แม้ว่าจะมีการพัฒนาพาสต้าหลายประเภทจากข้าวขาว ข้าวกล้อง และธัญพืชชนิดอื่นๆ แต่ยังไม่พบรายงานเกี่ยวกับการพัฒนาพาสต้าปราศจากกลูเตนที่ใช้แป้งข้าวเหนียวดำร่วมกับแป้งมันสำปะหลังเสริมแชนแทนกัม การศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวดำและแป้งมันสำปะหลังเสริมแชนแทนกัม พร้อมทั้งประเมินคุณภาพการสุก คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของพาสต้าที่ผ่านการปรุงสุก ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าและใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบในประเทศไทยในการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตน



วิธีการวิจัย

1. วัตถุดิบ

แป้งข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa* L.) ที่ใช้ในการศึกษานี้ถูกซื้อเป็นเมล็ดข้าวสารในครั้งเดียวจากวิสาหกิจชุมชนศูนย์ข้าวชุมชนบ้านอู่แสงอำเภอรามัน จังหวัดศรีสะเกษ ประเทศไทย ข้าวถูกเก็บไว้ในถุงพลาสติกสุญญากาศและเก็บรักษาไว้ในที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้งานในภายหลัง กระบวนการบดข้าวโดยใช้เครื่องบดแบบ Cross Beater Mill SK 300 จากนั้นนำไปร่อนตะแกรงด้วยเครื่อง AS 200 control B (Retsch, Haan, Germany) โดยใช้ตะแกรงขนาด 60 เมช เพื่อให้ได้แป้งที่ละเอียด สำหรับส่วนผสมอื่น ๆ เช่น แป้งมันสำปะหลังตราแมวดวง (บริษัทเกรียงไกร (เกียงไต้) จำกัด) แป้งสาลีอเนกประสงค์ตราว่าว (United Flour Mill Public Co., Ltd.) ไข่ไก่ตราซีพี ซีเล็คชั่น (บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) แชนแทนกัม ตราแม็กกาแรต (บริษัท เจอร์ เอฟ แอนด์ บี จำกัด) เกลือตราชูngthip (บริษัท เกลืออุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด) และน้ำมันมะกอกธรรมชาติ (Bertilli®, Deoleo-The Olive Oli Company) ที่ใช้ในการผลิตพาสต้าสูตรควบคุมและสูตรปราศจากกลูเตนถูกซื้อจากซูเปอร์มาร์เก็ตในท้องถิ่น

2. การผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวดำและแป้งมันสำปะหลัง

ส่วนผสมที่เป็นของแข็งถูกผสมเข้าด้วยกัน ได้แก่ แป้งข้าวเหนียวดำ แป้งมันสำปะหลัง แชนแทนกัม และเกลือ ถูกผสมด้วยมือ จากนั้นเติมน้ำมันมะกอกและน้ำจนได้แป้งโดว์ที่มีเนื้อเนียน

เป็นเนื้อเดียวกัน โดว์ที่ได้แต่ละสูตรมีน้ำหนักประมาณ 600 กรัม ทำการเตรียมโดว์สูตรละ 3 ซ้ำ จากนั้นพักแป้งโดว์ไว้ 20 นาที นำแป้งโดว์มารีดผ่านเครื่องรีดพาสต้า (Pluselectric®, ประเทศจีน) โดยปรับช่องว่างของลูกกลิ้งที่ละเอียดจนเหลือประมาณ 1 มิลลิเมตร นำแผ่นแป้งโดว์ที่ได้ตัดผ่านอุปกรณ์ตัดเพื่อให้ได้เส้นพาสต้าแบบเฟตตูชินี (Fettuccine) ขนาดกว้าง 5 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร การทดลองแบบปัจจัยเดียวถูกออกแบบโดยใช้อัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียวดำต่อแป้งมันสำปะหลัง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 60:40, 70:30 และ 80:20 เพื่อผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตน พาสต้าสูตรควบคุมถูกเตรียมโดยใช้แป้งสาลีอเนกประสงค์ เกลือและน้ำมันมะกอก รายละเอียดของสูตรพาสต้าทั้ง 4 สูตร แสดงไว้ใน Table 1

3. การประเมินคุณภาพพาสต้าหลังการต้ม (Cooking quality)¹⁴

3.1 เวลาการต้ม (Cooking time)

ตัวอย่างพาสต้าสดน้ำหนัก 10 กรัม ถูกต้มในน้ำเดือด 200 มิลลิตร ในปิกเกอร์ที่มีกระจกนาฬิกาปิด ทำการจับเวลาที่ใช้ในการต้มที่ทำให้เส้นพาสต้าสุก โดยตรวจสอบตัวอย่างทุก 30 วินาที เวลาการต้มที่เหมาะสมหมายถึงระยะเวลาที่จำเป็นในการทำให้อุณหภูมิในตัวอย่างเกิดการเจลาติไนซ์ โดยพิจารณาจากการหายไปของแกนสีขาวที่บีบแข็งด้านในของพาสต้าเมื่อกระหว่งสไลด์กระจก 2 แผ่น

Table 1 Formulation of gluten-free pasta composed of black glutinous rice flour and cassava starch in various %ratio.

Ingredients (g/100 g)	Formulation (%Ratio of black glutinous rice flour and cassava starch)			
	Control	60:40	70:30	80:20
Black glutinous rice flour	-	50	59	67
Cassava starch	-	34	17	20
Wheat flour	37	-	-	-
Whole egg fresh	20	-	-	-
Xanthan gum	-	3	3	3
Salt	1	1	1	1
Extra virgin olive oil	3	3	3	3
Water	10	10	10	10

3.2 การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการต้ม (Cooking loss)

การประเมินปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม โดยนำน้ำจากการต้มเส้นพาสต้าในการวิเคราะห์ผลผลิตหลังการต้มสุก (Cooking yield) ไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อขจัดความชื้นจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ นำของแข็งที่เหลืออยู่ไปชั่งน้ำหนัก และทำการคำนวณดังสมการดังนี้

$$\text{การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการต้ม (\%)} = \left(\frac{\text{น้ำหนักของแข็งหลังอบ}}{\text{น้ำหนักพาสต้าก่อนต้ม}} \right) \times 100$$

3.3 การขยายตัวของพาสต้าเนื่องจากการต้ม (Volume expansion)

การขยายตัวของปริมาตรพาสต้าในระหว่างการต้มถูกวัดโดยใช้กระบอกตวงที่เติมโทลูอินจนถึงปริมาตรที่กำหนดไว้ เริ่มต้นด้วยการนำตัวอย่างที่ยังไม่ได้หุงหนัก 10 กรัม ใส่ลงในกระบอกผ่านทางด้านบน เคาะเบา ๆ เพื่อไล่ฟองอากาศ และจดบันทึกการเพิ่มขึ้นของปริมาตรหลังจากนั้น ทำการวัดปริมาตร

ของพาสต้าที่ผ่านการต้มแล้วในลักษณะเดียวกัน การเพิ่มขึ้นของปริมาตรถูกคำนวณตามสมการดังนี้

$$\text{การขยายตัวของพาสต้าเนื่องจากการต้ม} = \left(\frac{\text{ปริมาตรของพาสต้าหลังต้ม}}{\text{ปริมาตรของพาสต้าก่อนต้ม}} \right) \times 100$$

4. การวัดค่าสี

ค่าสีของพาสต้าถูกประเมินด้วยเครื่องวัดสีแบบพกพา (Portable colorimeter) (Konica Minolta รุ่น CR-400, Japan) ในโหมดสะท้อนแสง (Reflectance mode) โดยใช้แสงสว่างมาตรฐาน D65 และตำแหน่งของผู้สังเกตมาตรฐานที่มุม 2 องศา ค่าความสว่าง (L^*), ค่าสีแดง-เขียว (a^*) และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) ของตัวอย่างแต่ละชิ้นถูกวัดโดยใช้ระบบสี CIE-LAB การวัดแต่ละครั้งตัวอย่างถูกวัดบนพื้นผิวของพาสต้าที่ต้มสุกแล้วในตำแหน่งแบบสุ่ม 10 จุด บนพื้นผิวของพาสต้า ทำการวัด 3 ครั้งต่อจุด และใช้ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองทั้งหมดในการรายงานผล

5. การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture quality)

การวิเคราะห์โปรไฟล์เนื้อสัมผัส (TPA) ของตัวอย่างพาสต้าเมื่อปรุงสุกได้รับการดำเนินการโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส TA-XT2i (Stable Micro Systems, London, UK) ที่ติดตั้งกับเซลล์โหลด 25 กก. สำหรับการวิเคราะห์ TPA ตัวอย่างพาสต้าจำนวน 20 เส้น ถูกต้มในน้ำเดือด 1,000 มิลลิลิตรเป็นเวลา 4 นาที ตัวอย่างพาสต้าได้รับการวัดเนื้อสัมผัส 5 นาทีหลังจากการปรุงเพื่อหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในพาสต้าเมื่อต้มเสร็จแล้ว การวิเคราะห์โปรไฟล์เนื้อสัมผัส (TPA) ของพาสต้าที่ผ่านการต้มและตัดให้มีความยาว 4 ซม. ถูกดำเนินการด้วยการทดสอบแบบกดอัด (Compression) 2 รอบ ใช้หัววัดสแตนเลสทรงบอกลิ้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. (P/50) ความเร็วก่อนการทดสอบ (Pre-Test speed), ความเร็วขณะทดสอบ (Test speed) และความเร็วหลังการทดสอบ (Post-Test speed) อยู่ที่ 5.0 มิลลิเมตร/วินาทีตามลำดับ ระยะการกดอัด (strain) อยู่ที่ 75% ของขนาดเดิม พร้อมกับแรงกระตุ้น (Trigger force) 5 กรัม ระยะเวลาพัก 5 วินาทีถูกกำหนดระหว่างการบีบครั้งแรกและครั้งที่สอง การทดสอบดำเนินการใน 10 ซ้ำจากแต่ละตัวอย่าง และรายงานผลค่าความแข็ง (Hardness) ค่าการยึดติด (Adhesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) และค่าพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยว (Chewiness) และค่าพลังงานที่ทำให้อาหารแตก (Gumminess)

6. การประเมินทางประสาทสัมผัส

การศึกษานี้ดำเนินการกับผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ไม่มีการฝึกฝน 50 คน โดยคัดเลือก

เฉพาะผู้ที่เคยบริโภคพาสต้าชนิดใดก็ตาม บุคคลที่แพ้หรือไม่ชอบส่วนผสมใด ๆ ที่ใช้ในสูตรถูกคัดออก ตัวอย่างเส้นพาสต้าต้มสุกน้ำหนัก 50 กรัมถูกจัดเตรียมในถ้วยพลาสติกสีขาวพร้อมฝาปิดซึ่งติดป้ายรหัส 3 หลักแบบสุ่มในลำดับแบบโมนาดิก (Monadic sequence) และมีรสชาติในขวดแยกต่างหากให้สำหรับแต่ละคนเพื่อเติมลงในพาสต้า รวมทั้งมีน้ำหนึ่งแก้วสำหรับล้างรสชาติในปาก ตัวอย่างพาสต้าได้รับการประเมินในด้านลักษณะภายนอก สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความพึงพอใจโดยรวม โดยวิธี 9-point hedonic scale มีเกณฑ์ในการให้ คะแนนคือ ชอบที่สุด = 9 คะแนน ชอบมาก = 8 คะแนน ชอบปานกลาง = 7 คะแนน ชอบเล็กน้อย = 6 คะแนน เฉย ๆ = 5 คะแนน ไม่ชอบเล็กน้อย = 4 คะแนน ไม่ชอบปานกลาง = 3 คะแนน ไม่ชอบมาก = 2 คะแนน ไม่ชอบที่สุด = 1 คะแนน¹⁵

7. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การศึกษานี้ใช้การออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี และการออกแบบแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส การประเมินค่าความแปรปรวนของการทดลองโดยใช้การทดสอบ Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS (IBM SPSS statistics 23)

ผลการวิจัยและอภิปราย

1. คุณภาพการต้มสุกของเส้นพาสต้า (Cooking quality)

คุณภาพการต้มสุกเป็นหนึ่งในคุณสมบัติที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค เวลาต้มสุกของสูตรควบคุมมีค่าสูงที่สุด เมื่อมีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเหนียวดำและแป้งมันสำปะหลัง พบว่าเมื่อเติมแป้งข้าวเหนียวดำปริมาณมากขึ้นในขณะที่ยังมีแป้งมันสำปะหลังลดลง ส่งผลให้เส้นพาสต้าใช้เวลาในการต้มให้สุกถึงแกนกลางเส้นลดลงจาก 6.32 นาที ของพาสต้าที่อัตราส่วนร้อยละ 60:40 เป็น 5.32 นาที สำหรับพาสต้าที่อัตราส่วนร้อยละ 80:20 หลายการศึกษาที่เกี่ยวข้องระบุว่าเวลาในการปรุงพาสต้ามีช่วงตั้งแต่ 5 ถึง 13 นาที (Table 1) ซึ่งค่าเวลาในการต้มพาสต้าให้สุกที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับปัจจัยที่หลากหลาย เช่น อุณหภูมิการเกิดเจลลิตินของแป้ง รูปร่าง และขนาดของแป้งโดว์ เช่น พาสต้าที่ใช้แป้งสาลีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในสัดส่วน 98:2, 95:5, 90:10 และ 85:15 (w/w) ใช้เวลาเฉลี่ยในการต้ม 5 นาที¹⁶ ส่วนพาสต้ารูปทรงเพนเนที่ใช้แป้งเซโมลินา และเพิ่มเส้นใยข้าวโอ๊ตใช้เวลาในการต้มที่เหมาะสมมีช่วงตั้งแต่ 7 ถึง 13.5 นาที¹⁷ ผลใน Table 2 แสดงให้เห็นว่าเวลาในการต้มสุกของเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนที่ผลิตด้วยปริมาณแป้งข้าวดำที่เพิ่มขึ้นและแป้งมันสำปะหลังที่ลดลง อาจเป็นผลจากปริมาณอะมิโลสที่แตกต่างกันของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลังส่งผลต่ออุณหภูมิการเกิดเจลลิตินในเซชัน โดยแป้งข้าวเหนียวมีอะมิโลสร้อยละ 1.85-2.00 และอุณหภูมิการเกิดเจลลิตินในเซชัน 66-68 องศาเซลเซียส¹⁸ ในขณะที่แป้งมันสำปะหลังมีอะมิโลสร้อยละ 17-21 และอุณหภูมิการเกิดเจลลิตินในเซชัน 71-74 องศาเซลเซียส¹⁹ อีกทั้ง Cornejo-Ramírez และคณะ²⁰ รายงานว่าแป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูง และมีปริมาณของสายโซ่สั้นของอะมิโลเพกตินน้อยในขณะที่มีสายโซ่ยาวของอะมิโลเพกตินมากส่งผลให้อุณหภูมิการเกิดเจลลิตินในเซชันเพิ่มขึ้น อีกทั้งแป้งข้าวบาสมาดิมีอะมิโลสสูงจะมีความยาวเฉลี่ยของโมเลกุลอะมิโลเพกตินสูงกว่าเมื่อเทียบกับพาสต้าที่มีอะมิโลสต่ำ สาเหตุนี้อาจทำให้ข้าว At-405 ที่มีอะมิโลสต่ำสามารถเกิดเจลลิตินได้ง่ายและต้องการพลังงานความร้อนน้อยกว่าสำหรับการเกิดเจลลิตินซึ่งเมื่อเทียบกับข้าวสายพันธุ์ที่มีอะมิโลสสูง²¹

ผลค่าการสูญเสียระหว่างการต้มเส้นพาสต้าใน Table 1 แสดงให้เห็นว่าสูตรพาสต้าที่อัตราส่วนร้อยละ 80:20 มีการสูญเสียระหว่างการต้มสูงที่สุด ในขณะที่สูตรที่อัตราส่วนร้อยละ 60:40 มีการสูญเสียต่ำที่สุด ซึ่งอาจเนื่องมาจากการขาดโครงสร้างโปรตีนเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่มีโปรตีนกลูเตนจากแป้งสาลีและโปรตีนจากไข่ ทำให้ค่าการสูญเสียของแข็งระหว่างการต้มต่ำกว่าพาสต้าปราศจากกลูเตนที่เม็ดเกิดการพองตัวมากเกินไปและการกระจายตัวส่วนผสมในเส้นพาสต้าในน้ำที่ใช้ต้ม²² ซึ่งในสูตรพาสต้าที่ทำการศึกษามีการเติมแทนแทนกันเพื่อปรับปรุงคุณภาพคุณภาพการต้มสุกของเส้นพาสต้าได้ จากการรายงานของ²³ ชี้ให้เห็นว่าการเติมแทนแทนกันและกัวร์กัมในเส้นบะหมี่ปราศจากกลูเตนจากแป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวโพดและแป้งถั่วเขียวส่งผลให้เส้นบะหมี่ใช้เวลาในการต้มให้สุกมากขึ้น ลดการสูญเสียระหว่างการต้ม และทำให้เส้นมีความแข็งแรงและเนื้อยืดเกาะกันดีขึ้น

ปริมาณการดูดซับน้ำระหว่างการหุงข้าว แสดงถึงการขยายตัวของปริมาตรของข้าวในระหว่างการหุง (Table 1) และมีความสัมพันธ์ความยึดเกาะ (Cohesiveness) ของเนื้อพาสต้าที่ต้มสุกแล้ว²⁴ ผลการทดลองพบว่าพาสต้าสูตรควบคุมมีค่าการขยายตัวของเส้นพาสต้าต้มสุกสูงกว่าพาสต้าสูตรปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งข้าวเหนียวดำและแป้งมันสำปะหลัง งานวิจัยก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่าธัญพืชที่มีปริมาณอะมิโลสสูงอย่างข้าวสาลีมีความสามารถในการยึदन้ำสูงกว่า

ธัญพืชที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ²⁵ ดังนั้นการดูดซับน้ำที่สูงขึ้นแสดงถึงการขยายตัวและขนาดที่ใหญ่ขึ้นของเม็ดแป้งที่สุกแล้ว²⁶ ผลการศึกษาจึงสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้เกี่ยวกับอัตราการดูดซับน้ำระหว่างการต้มของพาสต้าสูตรที่มีปริมาณแป้งข้าวเหนียวดำมากที่ร้อยละ 80:20 ซึ่งเป็นแป้งที่มีปริมาณอะมิโลส จึงเป็นเหตุผลเส้นพาสต้าดูดซับน้ำได้น้อยลงและใช้เวลาในการหุงนานกว่าพาสต้าสูตรที่ใช้แป้งข้าวเหนียวดำน้อยและแป้งมันสำปะหลังสูงที่อัตราส่วนร้อยละ 60:20

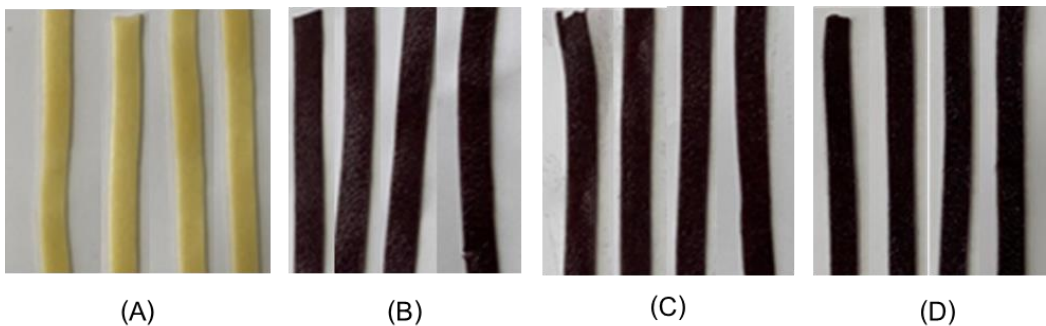


Figure 1. Image of cooked gluten-free pasta from glutinous rice flour and tapioca starch with different ratio: (A) Control, (B) 60:40, (C) 70:30, and (D) 80:20.

Table 2 Cooking quality of free gluten pasta with black glutinous rice flour and tapioca starch

Sample	Cooking time (min)	Cooking losses (%)	Volume Expansion (%)
Control	6.32 ^a ± 0.0	3.34 ^d ± 0.03	111.01 ^a ± 1.47
60:40	6.02 ^b ± 0.03	3.94 ^c ± 0.03	110.52 ^b ± 0.87
70:30	5.55 ^c ± 0.05	4.45 ^b ± 0.03	107.21 ^c ± 1.96
80:20	5.32 ^d ± 0.02	6.59 ^a ± 0.04	104.30 ^d ± 1.13

Different letters in the same column indicate significant difference ($p < 0.05$).

2. ค่าสีของพาสต้าปราศจากกลูเตน

อัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียวดำต่อแป้งมันสำปะหลังมีผลต่อค่าสีและลักษณะปรากฏของตัวอย่างพาสต้าดังแสดงใน Table 3 และ Figure 1 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงค่าสีของตัวอย่างพาสต้าที่ต้มสุกแล้วมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณแป้งข้าวเหนียวดำที่เติมลงในพาสต้าเนื่องจากแป้งมันสำปะหลังแป้งสุกจะไม่มีสีจึงไม่ส่งผลต่อสีที่เข้มขึ้นของพาสต้าเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม จากผลการทดลองพบว่าค่าความสว่าง (L^*) และค่าเหลือง-น้ำเงิน (b^*) ลดลงในขณะที่ค่าสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อปริมาณแป้งข้าวเหนียวดำเพิ่มขึ้น การเติมแป้งข้าวเหนียวดำทำให้ความสว่างของตัวอย่างพาสต้าโดยเฉลี่ยลดลงจาก 36.91 ที่อัตราส่วนร้อยละ 60:40 ไปจนถึง 33.38 ที่ระดับอัตราส่วน 80:20 (Table 3) ผลการทดลองเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าการเสริมด้วยแป้งข้าวเหนียวดำมีผลกระทบต่อความสว่างและความเหลืองของพาสต้าอย่างชัดเจน

เมื่อระดับแป้งข้าวเหนียวดำเพิ่มขึ้น ข้าวสีกามีปริมาณแอนโทไซยานินสูงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวขาวและข้าวแดง ทำให้ข้าวสีกากลายเป็นแหล่งของสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สีดำของข้าวสีกาพบได้ไม่เพียงแต่ในเปลือกนอกเท่านั้น แต่ยังพบในเมล็ด, ลำต้น และใบด้วย ในข้าวสีกาบางประเภทสีดาจะพบเฉพาะในชั้นอะลูโรน (Aleurone) หรือชั้นนอกของเมล็ดข้าว¹⁶ ดังนั้นความเข้มของสีของพาสต้าจึงเกิดจากการเติมแป้งข้าวเหนียวที่มีสีของสารแอนโทไซยานินจึงส่งผลให้มีความสว่างในพาสต้าลดลงจากการเติมแป้งข้าวเหนียวดำเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Subanmanee and other¹³ ในเส้นพาสต้าที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวเหนียวดำ และ Sethi and other²⁷ ในการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนจากรำข้าว ที่ได้รายงานว่าการเติมแป้งรำข้าวหรือแป้งที่มีสีเข้มจะทำให้ค่า L^* ลดลงและส่งผลต่อสีโดยรวมของตัวอย่างพาสต้าปราศจากกลูเตน

Table 3 Color index of free gluten pasta with black glutinous rice flour and tapioca starch

Color values	Formulation (%Ratio of black glutinous rice flour and cassava starch)			
	Control	60:40	70:30	80:20
Lightness (L^*)	78.46 ^a ±0.37	36.96 ^b ±0.54	34.48 ^c ±0.18	33.38 ^d ±0.45
Redness (a^*)	-1.55 ^c ±0.13	7.51 ^b ±0.68	9.64 ^a ±0.29	8.10 ^b ±0.51
Yellowness (b^*)	18.03 ^a ±0.44	2.11 ^b ±0.06	1.17 ^b ±0.21	1.08 ^b ±0.14

Different letters in the same row indicate significant difference ($p < 0.05$).

3. ลักษณะเนื้อสัมผัสของพาสต้าปราศจากกลูเตน

ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ด้านเนื้อสัมผัสแสดงใน Table 4 พบว่าค่าความแข็ง (Hardness) ค่าการยึดติด (Adhesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) และค่าพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยว (Chewiness) สูงกว่าพาสต้าปราศจากกลูเตนทั้ง 3 สูตร ในขณะที่ค่าพลังงานที่ทำให้อาหารแตก (Gumminess) ต่ำที่สุด เมื่อเปรียบผลลักษณะเนื้อสัมผัสของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวดำและแป้งมันสำปะหลัง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเหนียวดำและลดแป้งมันสำปะหลังจะทำให้พาสต้าปราศจากกลูเตนแสดงแนวโน้มของค่าความแข็ง ค่าการยึดติด ค่าความยืดหยุ่น ค่าพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยว และค่าพลังงานที่ทำให้อาหารแตกลดลง และพาสต้าสูตรที่ใช้อัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียวดำและแป้งมันสำปะหลังที่ร้อยละ 70:30 มีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด โดยเฉพาะมีค่าความแข็งไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) จากสูตรควบคุม

ค่าความแข็ง (Hardness) และความยืดหยุ่น (Springiness) ของสูตรควบคุมมีค่าสูงกว่าสูตรอื่นเป็นผลจากกลูเตนในแป้งสาลีที่ทำให้โครงสร้างพาสต้ามีความแข็งแรงและมีความยืดหยุ่น ซึ่งในพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวดำและแป้งมันสำปะหลังที่มีการเติมแทนแทนร้อยละ 3 มีส่วนช่วยปรับปรุงความแข็งและความยืดหยุ่นของเส้นพาสต้าให้ใกล้เคียงกับพาสต้าสูตรควบคุมได้จากรายงานของ Singh and others²⁸ แสดงให้เห็นว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เตรียมด้วยแป้งถั่วเขียวร่วมกับข้าวโพดและแทนแทนก็มีผลสูญเสียระหว่างการหุงต้มต่ำกว่าเมื่อเทียบกับเส้นที่ไม่ได้เติมแทน

ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเกิดโครงสร้างเชิงซ้อนระหว่างอะมิโลสและไฮโดรคอลลอยด์ และกัมช่วยเพิ่มความสามารถของเม็ดแป้งถั่วเขียวและข้าวโพดในการพองตัวซึ่งอาจเกิดจากการยับยั้งการรั่วไหลของส่วนประกอบแป้งในระหว่างกระบวนการเจลาติไนเซชัน ส่วนค่าการยึดติด (Adhesiveness) ที่เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของแป้งข้าวเหนียวดำสูงและแป้งมันสำปะหลังต่ำในสูตร 80:20 อาจเป็นเพราะแป้งข้าวเหนียวที่มีอะมิโลสต่ำสามารถเกิดเจลาติไนเซชันได้ง่ายและต้องการพลังงานน้อยกว่าแป้งที่มีอะมิโลสสูง²¹ จึงอาจส่งผลให้เห็นพาสต้าสุกมากกว่าพาสต้าสูตรอื่น เม็ดแป้งมีการพองตัวมากและแตกเสียหายให้เกิดการสูญเสียแป้งบางส่วนออกไปยังบริเวณผิวของพาสต้าและในน้ำที่ใช้ต้มเส้นจึงอาจเกิดความเหนียวติดกันมากกว่าสูตรอื่น สำหรับค่าพลังงานที่ทำให้อาหารแตก (Gumminess) คือปริมาณแรงที่จำเป็นในการเคี้ยวอาหารแข็งในกิจกรรมการบดให้แตก และค่า Chewiness เป็นการคำนวณจากค่าความแข็ง (Hardness) การยึดติด (Adhesiveness) และความยืดหยุ่น (Elasticity) ส่วนค่าพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยว (Chewiness) คำนวณโดยนำค่าความแข็ง (Hardness) คูณด้วยค่าความเหนียวแน่น (Cohesiveness) ซึ่งแสดงเป็นแรงที่ใช้ในการบีบอัดอาหารเพื่อให้สามารถกลืนได้²⁹ จากนิยามของทั้งสองพารามิเตอร์ที่กล่าวมานี้บ่งชี้ว่าพาสต้าปราศจากกลูเตนทั้ง 3 สูตร ใช้แรงในการการเคี้ยวสำหรับการกลืนน้อยกว่าสูตรควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวดำและแป้งมันสำปะหลังที่มีความแข็งน้อยมีค่าความยืดหยุ่นต่ำกว่าสูตรควบคุมจึงใช้แรงในการบดเคี้ยวน้อยกว่า

Table 4 Texture profile analysis of cooked free gluten pasta with black glutinous rice flour and tapioca starch

Texture attributes	Formulation (%Ratio of black glutinous rice flour and cassava starch)			
	Control	60:40	70:30	80:20
Hardness (g)	23.52 ^a ±2.78	21.87 ^b ±2.11b	22.12 ^{ab} ±1.85a	20.68 ^b ±1.52
Adhesiveness (g.J)	-50.23 ^a ±23.31	-104.55 ^b ±17.51b	-146.68 ^c ±26.39	-185.48 ^d ±50.11
Springiness (%)	93.44 ^a ±7.20	72.09 ^{bc} ±3.46bc	79.72 ^b ±3.42	68.04 ^c ±11.56
Gumminess (g)	19.29 ^a ±1.38	18.14 ^a ±1.74a	18.01 ^a ±2.48	16.60 ^b ±1.38
Chewiness (m.J)	15.52 ^a ±1.85	13.66 ^{ab} ±1.75ab	14.05 ^b ±2.20	11.15 ^c ±2.67

Different letters in the same line indicate significant difference (p<0.05).

4. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการทราบถึงการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ใหม่นี้ (n = 50) โดยเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวดำและแป้งมันสำปะหลังกับพาสต้าสูตรดั้งเดิมที่ผลิตด้วยแป้งสาลี การประเมินทางประสาทสัมผัสของพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวดำและแป้งมันสำปะหลังได้รับการวิเคราะห์ในด้านลักษณะปรากฏ (Appearance) สี (Color) รสชาติ (Taste) เนื้อสัมผัส (Texture) และความชอบโดยรวม (Overall acceptability) (Table 4) ผลการประเมินพบว่าผู้ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวดำและแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วนร้อยละ 70:30 ใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุดในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวดำและแป้งมันสำปะหลังเป็น

พาสต้าที่แตกต่างจากสูตรควบคุมที่ใช้แป้งสาลีในสูตรการผลิต และยังไม่มีวางจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ในตลาด อาจเป็นผลิตภัณฑ์อาหารทางเลือกที่โดดเด่นในกลุ่มผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตน นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์นี้มีสีม่วงเข้มจากธรรมชาติของข้าวเหนียวดำที่มีสารแอนโทไซยานิน ซึ่งอาจทำให้ผู้บริโภครู้สึกว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์และปลอดภัยอีกด้วยจึงให้คะแนนด้วยสีสูงกว่าสูตรควบคุม ในด้านกลิ่น จากผลการศึกษาของ Ajarayasiri และ Chaiseri³⁰ พบว่าข้าวเหนียวมีกลิ่นหอมตามธรรมชาติที่เกิดจากสารประกอบให้กลิ่น ได้แก่ 2-acetyl-l-pyrroline, (E,E)-nona-2,4-dienal, 2,3-butanediol, 1-octen-3-ol และ 4-vinyl-2-methoxyphenol ที่สูงกว่าข้าวเหนียวสีขาวในทั้งข้าวสารและข้าวหุงสุก สารเหล่านี้ทำให้ผู้บริโภครู้สึกหอมและส่งผลต่อการรับรสหวาน จึงอาจทำให้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความสูงกว่าสูตรควบคุม แต่การเติมข้าวเหนียวดำในปริมาณมากเกินไปในสูตร 80:20 อาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นแรงเกินไปทำให้ผู้ทดสอบไม่คุ้นเคยจึงให้

คะแนนต่ำกว่าสูตร 70:30 ในการทดลองพาสต้าปราศจากประกอบด้วยกัมแทนแทนและแป้งมันสำปะหลังเพื่อปรับปรุงให้เส้นพาสต้ามีความยืดหยุ่นทดแทนโปรตีนกลูเตนในแป้งสาลี แต่ลักษณะเส้นพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวดำและ

แป้งมันสำปะหลังมีลักษณะที่อ่อนนุ่ม เส้นขาดง่ายกว่าสูตรควบคุม และมีความเหนียวติดกันเล็กน้อยจึงส่งผลได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและคะแนนความชอบโดยรวมต่ำกว่าสูตรควบคุมเล็กน้อย

Table 5 Sensory attributes of cooked free gluten pasta with black glutinous rice flour and tapioca starch

Sensory attributes	Formulation (%Ratio of black glutinous rice flour and cassava starch)			
	Control	60:40	70:30	80:20
Appearance	6.64 ^a ±0.48	6.32 ^b ±0.59	6.58 ^a ±0.50	6.22 ^b ±0.62
Color	6.28 ^b ±0.70	6.22 ^b ±0.82	7.04 ^a ±0.73	6.52 ^b ±0.61
Odor	6.66 ^a ±0.48	5.88 ^c ±0.77	6.12 ^{bc} ±0.56	6.20 ^b ±0.78
Taste	6.50 ^a ±0.51	5.62 ^c ±0.70	6.39 ^a ±0.71	5.92 ^b ±0.66
Texture	6.86 ^a ±0.64	5.32 ^c ±0.47	5.90 ^b ±0.49	5.36 ^c ±0.48
Overall acceptability	7.16 ^a ± 0.55	6.48 ^c ±0.50	6.94 ^b ±0.48	6.56 ^c ±0.50

Different letters in the same line indicate significant difference ($p < 0.05$).

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาคุณภาพพาสต้าปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งข้าวเหนียวดำและแป้งมันสำปะหลัง พบว่าการเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวเหนียวดำในสูตรพาสต้าปราศจากกลูเตนส่งผลให้ลดเวลาการต้มสุกและค่าการขยายตัวของเส้นพาสต้าแต่เพิ่มความแข็งของเส้นพาสต้าเนื่องจากแอนโทไซยานินในแป้งข้าวเหนียวดำ ในด้านเนื้อสัมผัส การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเหนียวดำและลดแป้งมันสำปะหลังในการผลิตเส้นพาสต้าส่งผลให้ค่าความแข็ง ค่าการยืดติด ค่าความยืดหยุ่น และค่าแรงที่ใช้ในการบิดให้อาหารแตก ในขณะที่ค่าแรงที่ใช้ในการบิดเคี้ยวอาหารลดลง ซึ่งการเติม

แทนแทนกัมช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงสูตรควบคุม การทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าสูตรพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวเหนียวดำและแป้งมันสำปะหลังสัดส่วน 70:30 ได้คะแนนใกล้เคียงสูตรควบคุมโดยอาจเป็นเพราะสีม่วงเข้มและกลิ่นหอมของข้าวข้าวเหนียวดำตามธรรมชาติ จากการศึกษาพาสต้าปราศจากข้าวเหนียวดำและแป้งมันสำปะหลังควรมีการปรับปรุงในส่วนคุณภาพของการสุกเพื่อลดการสูญเสียขณะต้มและปรุงปรุงเนื้อสัมผัสให้ใกล้เคียงสูตรที่ใช้แป้งสาลี โดยอาจเสริมโปรตีนหรือการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเส้นพาสต้าให้ดีขึ้น



กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณการสนับสนุนสิ่งอำนวยความสะดวก รวมถึงห้องปฏิบัติการในการทำวิจัยจากคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เอกสารอ้างอิง

1. Jiamyangyuen S, Nuengchamnonng N, Ngamdee P. Changes of anthocyanins in black rice flours prepared by cooking and pregelatinization. *CMU J Nat Sci* 2019;18:534-52.
2. He J, Giusti MM. Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annu Rev Food Sci Technol* 2010;1:163-87.
3. Massaretto IL, Meza SLR, Sinnecker P, Schmie M, Noldin JA, Wickert E, et al. Chemical, nutritional and sensory profiles of different pigmented rice varieties impacted by cooking process. *Res Soc Dev* 2022;11:e24411931799.
4. Purwadi R, Teguh CF, Mazaya D. Fermented cassava as an alternative flour for pasta noodle. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 16-17 Nov 2020; Bandung. Indonesia: IOP Publishing; 2021. p. 012042.

5. อรอนงค์ นัยวิกุล. ข้าวสาลี. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2540.
6. Marti A, Caramanico R, Bottega G, Pagani MA. Cooking behavior of rice pasta: Effect of thermal treatments and extrusion conditions. *LWT* 2013;54:229-35.
7. Marti A, Pagani MA, Seetharaman K. Understanding starch organisation in gluten-free pasta from rice flour. *Carbohydr Polym* 2011;84:1069-74.
8. ศุภศิษฏ์ มาแสง, จารีย์ กระแสบัว, สุพัตรา จันทา, จีระนันท์ วงศ์พิชญ. การศึกษาคุณภาพพาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียว. *วารสารคหกรรมศาสตร์และพัฒนกรรมอย่างยั่งยืน*. 2566;5:1-16.
9. Makdoud S, Rosentrater K. Development and testing of gluten-free pasta based on rice, quinoa and amaranth flours. *J Food Res* 2017;6:91-110.
10. Sugiyama K, Matsumoto D, Sakai Y, Inui T, Tarukawa C, Yamada M. Development of gluten-free rice flour noodles that suit the tastes of Japanese people. *Foods* 2022;11:1321.
11. Dib A, Wójtowicz A, Benatallah L, Zidoune MN, Mitrus M, Sujak A. Optimization of rice-field bean gluten-free pasta improved by the addition of

- hydrothermally treated rice flour. *IJFS* 2018;30:226-48.
12. Milde LB, Rivero DA, Chigal PS, Zubreski E, Chade M, Brumovsky LA. Changes in the physical, textural and chemical properties of the enriched pasta elaborated with cassava starch. *Int J Gastron Food Sci* 2021;25:100396.
13. Subanmanee N, Sarasuk C, Wongtom R, Khampaen W. Changes in the Physical, Chemical and Sensory Properties of Pasta Made by Partially Substituting Wheat Flour with Black Glutinous Rice Flour. *AJFAND* 2024;24:24138-60.
14. American association of cereal chemists. Approved methods of the AACC. Methods 66-50.01. St. Paul. 1999
15. Wichchukita S, O'Mahony M. The 9 -point hedonic scale and hedonic ranking in food science: some reappraisals and alternatives. *J Sci Food Agric* 2015;95:2167-78.
16. Kong S, Kim DJ, Oh SK, Choi IS, Jeong HS, Lee J. Black rice bran as an ingredient in noodles: Chemical and functional evaluation. *J Food Sci* 2012;77:C303-7.
17. Piwińska M, Wyrwicz J, Kurek MA, Wierzbicka A. Effect of drying methods on the physical properties of durum wheat pasta. *CyTA J Food* 2016;14:523-28.
18. Qiu S, Abbaspourrad A, Padilla-Zakour OI. Changes in the glutinous rice grain and physicochemical properties of its starch upon moderate treatment with pulsed electric field. *Foods* 2021;10:395.
19. Charles AL, Chang YH, Ko WC, Sriroth K, Huang TC. Influence of amylopectin structure and amylose content on the gelling properties of five cultivars of cassava starches. *J Agric Food Chem* 2005;53:2717-25.
20. Cornejo-Ramírez YI, Martínez-Cruz O, Del Toro-Sánchez CL, Wong-Corral FJ, Borboa-Flores J, Cinco-Moroyoqui FJ. The structural characteristics of starches and their functional properties. *CyTA J Food* 218;16:1003-17.
21. Kemashalini K, Prasantha BR, Chandrasiri KAKL. Physico-chemical properties of high and low amylose rice flour. *AFSE* 2018;2:115-24.
22. Alamprese C, Casiraghi E, Pagani MA. Development of gluten-free fresh egg pasta analogues containing buckwheat. *Eur Food Res Technol* 2007;22:205-13.
23. Kaur A, Shevkani K, Singh N, Sharma P, Kaur S. Effect of guar gum and xanthan gum on pasting and noodle-making



- properties of potato, corn and mung bean starches. *J Food Sci Technol* 2015;52:8113-21.
24. Sinthuja R, Prasantha BR, Hettiarachchi A. Comparative study of grain quality characteristics of some selected traditional and improved rice varieties in Sri Lanka: a review. *SLJFA* 2021;7:13-30.
25. Kim JM, Song JY, Shin M. Physicochemical properties of high amylose rice starches purified from Korean cultivars. *Starch-Stärke* 2010;62:262-8.
26. Faruq G, Prodhan ZH, Nezhadahmadi A. Effects of ageing on selected cooking quality parameters of rice. *Int J Food Prop* 2015;18:922-33.
27. Sethi S, Nanda SK, Bala M. Quality assessment of pasta enriched with anthocyanin-rich black rice bran. *J Food Process Preserv* 2020;44:1-12.
28. Singh N, Singh J, Sodhi NS. Morphological, thermal, rheological and noodle-making properties of potato and corn starch. *J Sci Food Agric* 2002;82:1376-83.
29. Szczesniak AS. Texture is a sensory property. *Food Qual Prefer* 2002;13:215-25.
30. Ajarayasiri J, Chaiseri S. Comparative study on aroma-active compounds in Thai, black and white glutinous rice varieties. *Agric Nat Resour* 2008;42:715-22.