



การพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวกล้องภาคใต้เสริมโปรตีนด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทราซัน

สุภาชิต ชุกกลิ่น*

หลักสูตรเทคโนโลยีและนวัตกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช ประเทศไทย 80240

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 22 เมษายน 2567

แก้ไข: 23 พฤษภาคม 2567

ตอบรับการตีพิมพ์: 16 กรกฎาคม 2567

ตีพิมพ์ออนไลน์: 30 กรกฎาคม 2567

คำสำคัญ

พาสต้า

กลูเตน

ข้าวกล้อง

โปรตีนทางเลือก

เอ็กซ์ทราซัน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวกล้องภาคใต้ (ข้าวเม็ดยาว 62 ข้าวสังข์หยดและข้าวเล็บนก) ด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทราซันเสริมโปรตีน พบว่า คุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของแป้งข้าวกล้องภาคใต้มีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ข้าวกล้องเม็ดยาว 62 มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (1.02 mg vitamin C/g DW) และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (0.83 mg GAE/g DW) สูงสุด การพัฒนาเส้นพาสต้าจากข้าวกล้องภาคใต้โดยใช้แป้งข้าวกล้องเม็ดยาว 62 ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก) ทดแทนแป้งสาลีเพื่อผลิตเส้นพาสต้าด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทราซัน พบว่า การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องเม็ดยาวในเส้นพาสต้าจะมีค่า L^* , a^* และ b^* น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม แต่ค่าความแน่นเนื้อ ค่าความต้านแรงดึง เวลาในการปรุงและการสูญเสียการปรุงของเส้นพาสต้าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นพาสต้าทางการค้า โดยที่ปริมาณแป้งข้าวกล้องเม็ดยาว 62 ร้อยละ 20 มีคะแนนความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ส่วนการพัฒนาเส้นพาสต้าข้าวกล้องเม็ดยาว 62 เสริมโปรตีน (ผงจิ้งหรีด ถั่วเหลืองผง และไข่ขาวผง) ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก พบว่าสูตรพาสต้าจากแป้งข้าวกล้องเม็ดยาว 62 เสริมผงจิ้งหรีดและผงถั่วเหลืองร้อยละ 10 มีคะแนนความพึงพอใจทางด้านประสาทสัมผัสมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของโปรตีนที่ศึกษา

บทนำ

ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลกและยังเป็นอาหารหลักของประชากรสองในสามของประชากรโลก โดยเฉพาะประเทศในแถบภูมิภาคเอเชีย นอกจากนี้ข้าวยังจัดเป็นอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงเนื่องจากมีแป้งเป็นองค์ประกอบอยู่ถึงร้อยละ 90 จึงเป็นแหล่งของอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกายและยังมีโปรตีนอยู่ร้อยละ 9 ไชมันร้อยละ 1.50 รวมไปถึงวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิดอีกร้อยละ 1.50 ซึ่งข้าวกล้องเป็นข้าวชนิดหนึ่งที่มีการขัดสีน้อย ข้าวที่ได้อาจยังมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวเหลืออยู่มากจึงอุดมไปด้วยโปรตีน ไชมัน เส้นใยอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุมากกว่าข้าวขาว (Sriprapai et al., 2018)

ภาคใต้มีพื้นที่ชนบทไปด้วยชายฝั่งยาวไทยทางตะวันออกและชายฝั่งอันดามันทางตะวันตก และพื้นที่เป็นเทือกเขาและที่ราบลุ่มอาชีพรส่วนใหญ่ของชาวใต้ คือ ทำประมง ทำสวนยาง ปาล์มและผลไม้ และทำนา โดยการทำนาจะอาศัยพื้นที่ราบริมทะเล บริเวณลุ่มน้ำและที่ว่างระหว่างเทือกเขา โดยแหล่งปลูกข้าวที่สำคัญ คือ จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสงขลาและจังหวัดพัทลุง โดยจังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นแหล่งของทรัพยากรทางการเกษตร (ยาง ปาล์ม และข้าว) ที่สำคัญของภาคใต้ ข้าวที่ปลูกมีทั้งข้าวนาและข้าวไร่โดยข้าว

นาปลูกมากในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อ.ปากพนัง นิยมปลูกข้าวสายพันธุ์ คือ เล็บนกปัตตานี (ลักษณะเด่น คือ คุณภาพการสีและหุงต้มดี แปรรูปเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว คุณภาพดี มีความนุ่มเหนียว) ไชมันตรีน และสังข์หยดพัทลุง เป็นต้น ส่วนข้าวไร่มีการปลูกมากใน อ.ทุ่งสง ซึ่งข้าวไร่เกษตรกรจะปลูกแซมระหว่างต้นยางพาราก่อนที่จะเติบโตจนสามารถกรีดยได้ ข้าวสายพันธุ์ที่นิยมปลูก คือ ข้าวเม็ดยาว 62 และข้าวสังข์หยดซึ่งเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระโดยข้าวเม็ดยาว 62 มีปริมาณโปรตีน ไชมัน เส้นใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 7.25 2.55 0.77 1.73 และ 77.95 (% w/w) ตามลำดับ ค่าการต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 6.94 (mg vitamin C/g DW) และ 0.74 (mg GAE/g DW) ตามลำดับ สำหรับข้าวสังข์หยดปริมาณโปรตีน ไชมัน เส้นใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 8.81, 1.87, 4.45, 1.08 และ 73.72 (% w/w) ตามลำดับ ค่าการต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 0.53 (mg vitamin C/g DW) และ 0.03 (mg GAE/g DW) ตามลำดับ (Chooklin, 2023) เหมาะที่นำมาทำผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ เช่น เครื่องดื่ม ขนมอบ ขนมขบเคี้ยวและผลิตภัณฑ์พาสต้า เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์พาสต้าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่รับประทานเป็น

*Corresponding author

E-mail address: supasit.c@rmutsv.ac.th (S. Chooklin)

Online print: 30 July 2024 Copyright © 2024. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2024.33>

อาหารหลักมาแต่โบราณของชาวยุโรป และในปัจจุบันพาสตายังเป็นผลิตภัณฑ์ที่หลายประเทศบริโภคเป็นอาหารมื้อหลัก และได้รับความนิยมทั้งในแถบเอเชียและยุโรปอีกด้วย โดยพาสตานั้นทำมาจากแป้งเซโมลินา (Semolina) ซึ่งไม่ด้วยวิธีพิเศษจากแป้งสาลีชนิดดรัม นามาผสมกับน้ำนวดให้เข้ากัน แล้วนำเข้าเครื่องเอ็กสตรูเดอร์ ออกมาเป็นเส้นรูปต่างๆ กัน จะเห็นได้ว่าแป้งสาลีเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ที่ใช้ในการผลิตพาสต้า ทำให้พาสตายังคงมีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างน้อย โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต คือ แป้งสาลีและไข่ไก่ น้ำ และอาหารประเภทพาสต้าถูกจัดไว้ในกลุ่มอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ เนื่องจากมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตสูง มีปริมาณสารอาหาร และใยอาหารต่ำ (Limroongreungrat et al., 2017) นอกจากนี้แป้งสาลีผลิตจากข้าวสาลีซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นไปด้วย ดังนั้นหากสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น โดยการนำข้าวกล้องมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์พาสต้า นอกจากจะเป็นการเพิ่มคุณค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์แล้วยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตพาสต้าได้อีกด้วย นอกจากนี้แป้งข้าวกล้องยังมีองค์ประกอบของสารประกอบโพลีฟีนอล ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการช่วยลดภาวะเครียดที่เกิดจากออกซิเดชัน และมีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าข้าวขาว และการเสริมสารอาหารเชิงหน้าที่ (function ingredients) เช่น เส้นใย วิตามินและโปรตีน โดยเฉพาะโปรตีนจากพืช (ถั่ว) และสัตว์ (แมลง) เมื่อนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าสดจะมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ (Sriprapai et al., 2018)

งานวิจัยนี้จึงทำการผลิตผลิตภัณฑ์พาสต้าแป้งข้าวกล้องภาคใต้เสริมโปรตีนด้วยเครื่องเอ็กสตรูเดอร์สกรูคู่เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของแป้งข้าวกล้องภาคใต้และชนิดโปรตีนที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์พาสต้า

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. การเตรียมแป้งข้าวกล้องภาคใต้และแหล่งโปรตีน

นำข้าวเปลือก (เล็บนกปัตตานี สังข์หยดพัทลุง และเม็ดฝ้าย 62) ได้จากวิสาหกิจชุมชนบ้านหนองคล้าสามัคคี อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช ไปกระเทาะเปลือกด้วยเครื่องกระเทาะเปลือกส่วนของแหล่งโปรตีนจากพืช (ถั่วเหลืองจากร้านค้าในพื้นที่ จ.นครศรีธรรมราช) และสัตว์ (จิ้งหรีดบ้าน จากวิสาหกิจชุมชนปลูกผักปลอดสารพิษ จังหรีดนายทั้ง อ.เชียรใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช และไข่ขาวผงจากร้านค้าในพื้นที่ จ.นครศรีธรรมราช) นำข้าวที่ผ่านการกระเทาะเปลือก ถั่วเหลืองและจิ้งหรีดบ้านมาบดด้วยเครื่องบดละเอียดคัดขนาดด้วยตะแกรงร่อน (Mesh no. 60) แล้วเก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ปิดสนิทที่อุณหภูมิ 4°C ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพ

2. การวิเคราะห์คุณภาพแป้งข้าวกล้องภาคใต้

2.1 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ด้วยวิธี AOAC (2000) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระตามวิธีของ Brand-Williams et al. (1995) และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดตามวิธีของ Singleton et al. (1999)

2.2 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab นำตัวอย่างเส้นพาสต้าที่ได้จากกระบวนการ

เอ็กสตรูชันและผ่านการบดด้วยเครื่องบด นำผงของตัวอย่างที่ได้บรรจุใส่ในอุปกรณ์ใส่ตัวอย่าง และวัดสีโดยใช้เครื่องวัดสี บันทึกค่าสี L^* , a^* และ b^* ในระบบ CIE Lab โดยค่า L^* คือ ค่าความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว) ค่า a^* คือ ค่าสีแดง-เขียว (+ = สีแดง, - = สีเขียว) และค่า b^* คือ ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (+ = สีเหลือง, - = สีน้ำเงิน)

3. การพัฒนาสูตรพาสต้าจากแป้งข้าวกล้องภาคใต้

3.1 ศึกษาปริมาณแป้งข้าวกล้องภาคใต้ที่เหมาะสมที่ใช้เติมในพาสต้า

นำแป้งข้าวกล้องภาคใต้ (ข้อ 1) มาใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าเพื่อทำผลิตภัณฑ์พาสต้า โดยแปรปริมาณแป้งข้าวกล้องภาคใต้ที่ใช้ทดแทนแป้งเจ้าข้าว 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยนำหนักผสมแป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง เกลือ น้ำมันพืช น้ำที่อัตราส่วนร้อยละ 61 (ปรับลดตามแป้งข้าวกล้องร้อยละ 10-40), 10, 20, 1, 3 และ 5 ตามลำดับ โดยผลิตพาสต้าโดยใช้เครื่องเอ็กสตรูเดอร์สกรูคู่ (Twin screw extruder) ระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot plant) ปรับอุณหภูมิ (Barrel temperature) 1-6 และตาย (Die) เท่ากับ 40, 80, 90, 120, 80, 70 และ 60°C ตามลำดับ อัตราการป้อนและความเร็วรอบสกรูเท่ากับ 6 และ 100 rpm ตามลำดับ นำเส้นพาสต้าที่ได้มาทำให้แห้ง โดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C นาน 4 hr (ความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 10) บรรจุพาสต้าในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนและปิดผนึกให้สนิทเพื่อรอการวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

1) คุณภาพหลังการต้ม (Cooking quality) ได้แก่ เวลาที่เหมาะสมในการต้มพาสต้าให้สุก (Cooking time) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking Yield) ตามวิธี AOAC (2000)

2) คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab คุณลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส Texture Analyzer วัดค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และค่าความต้านทานต่อการดึงขาด (Tensile strength) ของพาสต้า ด้วยเครื่อง Texture Analyzer ตามวิธี AACC Method (AACC, 2000) ด้วยความเร็ว 0.17 mm/sec ระยะทาง 4.5 mm โดยค่าความแน่นเนื้อมีหน่วยเป็น กรัม และความต้านทานต่อการดึงขาด มีหน่วยเป็น นิวตัน

3. คุณภาพทางประสาทสัมผัส นำพาสต้าที่เตรียมได้มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้วิธีการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน โดยการเตรียมตัวอย่างพาสต้าที่ใช้ในการทดสอบใช้เวลาในการต้มพาสต้า ให้สุกตามเวลาที่ได้จากการทดลอง

3.1 วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ทำการ ทดลอง 3 ซ้ำเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.2 ศึกษาชนิดของโปรตีนที่เหมาะสมที่ใช้เติมในพาสต้าโดยแปรชนิดโปรตีน 3 ชนิด คือ ไข่ขาวผง ผงถั่วเหลือง และผงจิ้งหรีด ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ทำพาสต้าเช่นเดียวกับข้อ 3.1 (แป้งข้าวกล้องภาคใต้ที่

เหมาะสม) วิเคราะห์คุณภาพดังนี้ การวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้ม AOAC (2000) ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส Texture Analyzer และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้วิธีการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale พิจารณาเลือกชนิดของโปรตีนที่เหมาะสมที่ใช้เติมในผลิตภัณฑ์พาสต้าข้าวกล้องภาคใต้เสริมโปรตีนจากคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

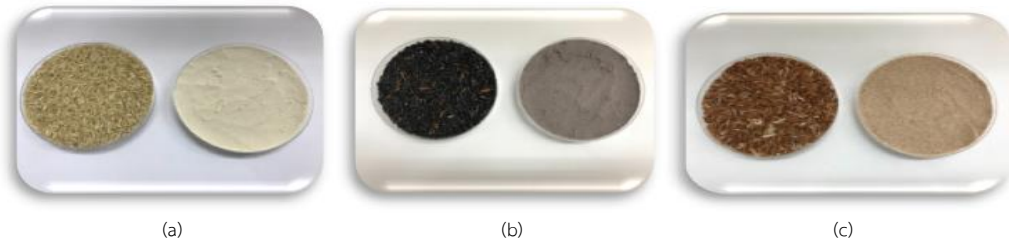


Figure 1 Brown rice flour in Southern (a) Med Fai 62 (b) Sung Yod Phatthalung (c) Leb Nok Pattani

จาก Figure 1 พบว่า แป้งข้าวกล้องภาคใต้ทั้ง 3 ชนิด มีลักษณะปรากฏที่ต่างกัน โดยแป้งข้าวกล้องเม็ดฝ้าย 62 มีลักษณะสีม่วงแดงเข้ม แป้งข้าวกล้องสังข์หยดมีลักษณะสีน้ำตาลแดงเข้ม ส่วนแป้งข้าวกล้องเล็บนกปัตตานีมีสีขาวน้ำตาลอ่อน

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของแป้งข้าวกล้องเม็ดฝ้าย 62 แสดงดัง Table 1 พบว่า แป้งข้าวกล้องเม็ดฝ้าย 62 มีลักษณะสีม่วงเข้ม ขนาดอนุภาค 250 μm มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 48.42, 4.56 และ 0.67 ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของแป้งข้าวกล้องเม็ดฝ้าย 62 แสดงดัง Table 1 พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องเม็ดฝ้าย 62 ประกอบด้วยค่าโปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้าและคาร์โบไฮเดรตเท่ากับร้อยละ 10.59, 1.69, 8.00 , 0.97 และ 75.87 ตามลำดับ สำหรับการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของแป้งข้าวกล้องเม็ดฝ้ายเท่ากับ 1.02 mg vitamin C/g DW และ 0.83 mg GAE/g DW ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Chooklin (2023) ศึกษาผลของแป้งข้าวกล้องไรนคร (ข้าวเม็ดฝ้าย 62 และข้าวสังข์หยด) และผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพของเอ็กชัทรูเดตขนมขบเคี้ยว พบว่า ลักษณะปรากฏของแป้งข้าวกล้องเม็ดฝ้ายมีสีม่วงเข้ม คุณลักษณะทางกายภาพ (ขนาดอนุภาค 250 μm มีค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 48.26, 4.91 และ 0.87 ตามลำดับ) ส่วนคุณลักษณะทางเคมี (ปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้าและคาร์โบไฮเดรตเท่ากับร้อยละ 7.25, 2.55, 0.77, 1.73 และ 77.95 (w/w) ตามลำดับ) สำหรับการต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของแป้งข้าวกล้องเม็ดฝ้ายเท่ากับ 6.94 mg vitamin C/g DW และ 0.74 mg GAE/g DW ตามลำดับ สำหรับการศึกษาในงานวิจัยดังกล่าว

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของข้าวกล้องสังข์หยดแสดงดัง Table 1 พบว่า ข้าวกล้องสังข์หยดมีลักษณะสีน้ำตาลเข้ม ขนาดอนุภาค 250 μm มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 63.32, 9.23 และ 13.53 ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของแป้งข้าวกล้องสังข์หยดแสดงดัง Table 1 พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของข้าวกล้องสังข์หยดประกอบด้วยค่าโปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลการเตรียมแป้งข้าวกล้องภาคใต้

ผลการเก็บตัวอย่างข้าวกล้องทั้ง 3 ชนิด ที่ปลูกในภาคใต้ ได้แก่ ข้าวเม็ดฝ้าย 62 ข้าวสังข์หยดพัทลุง และ ข้าวเล็บนกปัตตานี นำมาผ่านการเตรียมแป้งข้าวกล้องภาคใต้ได้ตัวอย่างแป้งข้าวกล้อง (Figure 1)

ร้อยละ 10.28, 2.98, 9.30, 1.65 และ 73.77 ตามลำดับ สำหรับค่าการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวกล้องสังข์หยดเท่ากับ 0.94 mg vitamin C/g DW และ 0.44 mg GAE/g DW ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Chooklin (2023) ศึกษาผลของแป้งข้าวกล้องไรนครและผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพของเอ็กชัทรูเดตขนมขบเคี้ยว พบว่า ข้าวกล้องสังข์หยดมีสีของข้าวแดงอ่อน ขนาดอนุภาค 250 μm มีค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 79.81, 3.69 และ 14.17 ตามลำดับ ปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเท่ากับร้อยละ 8.81, 1.87, 4.45, 1.08 และ 73.72 (w/w) ตามลำดับ สำหรับการต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของแป้งข้าวกล้องสังข์หยดเท่ากับ 0.53 mg vitamin C/g DW และ 0.03 mg GAE/g DW ตามลำดับ

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของข้าวกล้องเล็บนกปัตตานีแสดงดัง Table 1 พบว่า ข้าวกล้องเล็บนกปัตตานีมีลักษณะสีขาวครีม ขนาดอนุภาค 250 μm มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 84.19, 1.43 และ 12.68 ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของข้าวกล้องเล็บนกปัตตานี แสดงดัง Table 1 พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของข้าวกล้องเล็บนกปัตตานี ประกอบด้วยค่าโปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้าและคาร์โบไฮเดรตเท่ากับร้อยละ 10.22, 2.22, 1.45 , 1.56 และ 75.45 ตามลำดับ สำหรับการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวกล้องเล็บนกปัตตานี เท่ากับ 0.68 mg vitamin C/g DW และ 0.15 mg GAE/g DW ตามลำดับ

ดังนั้นข้าวกล้องเม็ดฝ้าย 62 จึงถูกเลือกนำไปศึกษาต่อเนื่องจากมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (1.02 mg vitamin C/g DW) และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด (0.83 mg GAE/g DW)

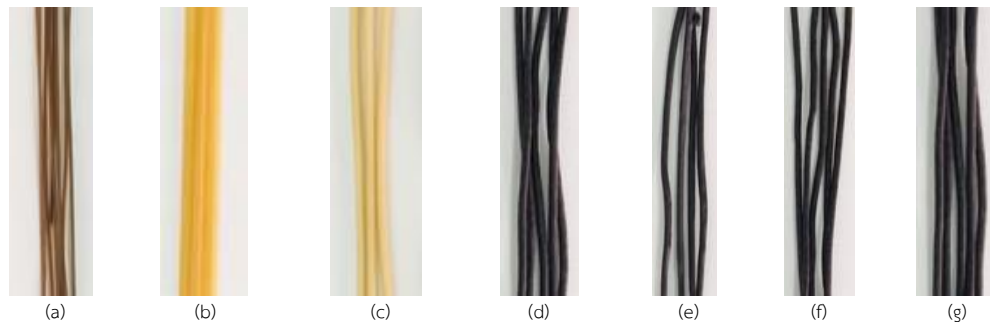
2. ผลการพัฒนาสูตรพาสต้าจากแป้งข้าวกล้องภาคใต้

2.1 ปริมาณแป้งข้าวกล้องภาคใต้ที่เหมาะสมที่ใช้เติมในพาสต้า แป้งข้าวกล้องที่ใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าเพื่อทำผลิตภัณฑ์พาสต้า โดยแปรปริมาณแป้งข้าวกล้องที่ใช้ทดแทนแป้งสาลี 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก ดังแสดงใน Figure 2

Table 1 Physical and chemical properties of brown rice in Southern

Properties	Types		
	Med Fai 62 (MF)	Sung Yod (SY)	Leb Nok Pattani (LNP)
Physical			
- Color value			
L*	48.42±0.21 ^c		
a*	4.56±0.03 ^b	63.32±0.17 ^b	84.19±0.04 ^a 1.43±0.02 ^c
b*	0.67±0.16 ^c	9.23±0.02 ^a	12.68±0.08 ^b
- Particle size (µm) ^{ns}	250	13.53±0.11 ^a 250	250
Chemical			
- Moisture (%)	10.87±0.51 ^b	11.30±1.39 ^a	10.53±0.31 ^b
- Protein (%)	10.59±0.34 ^a	10.28±0.05 ^b	10.22±0.00 ^b
- Fat (%)	1.69±0.30 ^c	2.98±0.12 ^a	2.22±0.60 ^b
- Crude fiber (%)	8.00±9.65 ^b	9.30±16.97 ^a	1.45±0.61 ^c
- Ash (%)	0.97±0.02 ^c	1.65±0.01 ^a	1.56±0.05 ^b
- Carbohydrate (%)	75.87±1.0 ^a	73.77±1.27 ^b	75.45±0.82 ^a
- Water activity (a _w)	0.52±0.03 ^b	0.64±0.02 ^a	0.51±0.01 ^b
- Antioxidant by DPPH (mg vitamin C/g DW)	1.02±0.01 ^a	0.94±0.00 ^b	0.68±0.02 ^c
- Total phenolic (mg GAE/g DW)	0.83±0.02 ^a	0.44±0.01 ^b	0.15±0.01 ^c

Values are mean ± SD of triplicate samples (n=3)

Different superscript letters in the same row indicate significant difference ($p<0.05$)**Figure 2** Extruded pasta fortified Med Fai (MF) 62 brown rice flour (a) commercial pasta (riceberry) (b) commercial pasta (wheat rice) (c) control (d) MF-10 % (e) MF-20 % (f) MF-30 % (g) MF-40 %.

ค่าสีของเส้นพาสต้าเป็นค่าคุณภาพหนึ่งที่มีความสำคัญซึ่งจากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพเส้นพาสต้า แสดงดัง Table 2 พบว่า ค่า L*, a* และ b* มีค่าอยู่ระหว่าง 19.04-23.67 1.42-4.09 และ -1.72-0.26 ตามลำดับ สำหรับเส้นพาสต้าที่เติมแป้งข้าวกล้องเม็ดฝ้าย 62 ส่วนพาสต้าทางการค้าจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่จะมีค่า L* น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องเม็ดฝ้าย 62 ในเส้นพาสต้าจะมีค่า L* น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม เช่นเดียวกับค่า a* และค่า b* เส้นพาสต้าจากการเติมแป้งข้าวกล้องเม็ดฝ้าย 62 จะมีลักษณะสีม่วงเข้ม เนื่องจากแป้งข้าวกล้องเม็ดฝ้าย 62 มีสารสีของแอนโทไซยานิน การศึกษาของ Chan et al. (2022) ศึกษาการผลิตพาสต้าปราศจากกลูเตนจากผลพลอยได้ข้าวดำด้านเคมีกายภาพ คุณค่าทาง

โภชนาการ และประสาทสัมผัส พบว่า ค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 45.51, 7.75 และ 2.28 ตามลำดับ เส้นพาสต้ามีลักษณะเป็นสีน้ำตาลจากการเติมแป้งข้าวดำ Sriprapai et al. (2018) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าสดจากแป้งข้าวกล้อง พบว่า สูตรควบคุมและ สูตรที่มีการใส่ปริมาณแป้งข้าวกล้องที่ระดับต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเมื่อมีการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องมากขึ้นส่งผลให้ค่าสีแดง (a*) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า ความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) ลดลงเนื่องจากข้าวกล้องมีรงควัตถุชนิดแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีแดงน้ำเงิน หรือม่วง ดังนั้นการใช้ปริมาณแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีมากขึ้นจึงส่งผลให้พาสต้าชนิดราวีโอลีแบบสดมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจส่งผลทำให้ค่าสีเหลืองและค่าความสว่างมีค่าลดลง

Table 2 Physical properties of extruded Med Fai (MF)62 brown rice pasta with different percentages of MF

Sample	Color		
	L*	a*	b*
Commercial (riceberry)	30.22±1.28 ^c	5.31±0.31 ^b	10.62±2.07 ^c
Commercial (wheat rice)	51.48±0.12 ^b	12.62±0.41 ^a	35.33±1.03 ^a
Control	58.53±0.38 ^a	4.98±0.16 ^b	24.15±0.47 ^b
MF-10 %	19.04±1.80 ^e	1.42±0.31 ^e	-0.32±1.35 ^d
MF-20 %	19.41±0.16 ^e	1.59±0.09 ^e	-1.72±0.08 ^d
MF-30 %	23.67±2.52 ^d	3.20±0.61 ^d	0.26±1.99 ^d
MF-40 %	22.21±0.18 ^d	4.09±0.07 ^c	-0.54±0.05 ^d

Values are mean ± SD of triplicate samples (n=3).

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

จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพเส้นพาสต้าจากการศึกษาปริมาณแป้งข้าวกล้องเม็ดยาว 62 แสดงดัง Table 3 พบว่า ค่าความชื้นของพาสต้าทางการค้าและพาสต้าผสมข้าวกล้องเม็ดยาว มีค่าอยู่ที่ร้อยละ 2.71-6.55 ตามลำดับ ซึ่งความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นาน การศึกษาของ Charoenthaikij et al. (2018) ศึกษาคุณสมบัติเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสของพาสต้าข้าวกล้องปราศจากกลูเตนเสริมโปรตีนไข่ขาว พบว่า ปริมาณความชื้นของพาสต้าข้าวกล้องปราศจากกลูเตนมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 4.70-6.20 โดยน้ำหนักเปียก ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานพาสต้าขององค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Food and Drug Administration, FDA)

ค่าปริมาณน้ำอิสระของพาสต้าทางการค้าและพาสต้าผสมข้าวกล้องเม็ดยาว มีค่าอยู่ที่ 0.28-0.77 ตามลำดับ ซึ่งพาสต้าจะจัดอยู่ใน

กลุ่มอาหารแห้ง จึงบ่งชี้ได้ว่าผลิตภัณฑ์พาสต้าทั้งหมดไม่เสี่ยงต่อการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่าย และมีอายุการเก็บรักษานาน

ค่าความแน่นเนื้อของพาสต้าทางการค้าและพาสต้าผสมแป้งข้าวกล้องเม็ดยาว 62 มีค่าอยู่ที่ 2.54-15.20 นิวตัน ค่าความต้านแรงดึงของพาสต้าทางการค้าและพาสต้าผสมแป้งข้าวกล้องเม็ดยาว 62 มีค่าอยู่ที่ 0.44-0.94 นิวตัน การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องเม็ดยาวในเส้นพาสต้าทำให้ค่าความแน่นเนื้อและค่าความต้านแรงดึงเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นพาสต้าทางการค้า การศึกษาของ Srirajan et al. (2021) ศึกษาการเตรียมสเปกตรัมเสริมแป้งถั่วเหลืองกำจัดไขมัน แป้งดัดแปรและผงเปลือกทุเรียนด้วยเอ็กส์ทราซัน พบว่า ค่าการต้านทานแรงดึงของสเปกตรัมแป้งข้าวปุ้นสูงจะเพิ่มขึ้นกับการเติมปริมาณผงเปลือกทุเรียนจาก 0.13-0.19 N

Table 3 Chemical properties and characteristic of extruded Med Fai (MF) 62 brown rice pasta with different percentages of MF

Sample	Chemical and physical properties			
	Moisture content (%)	Water activity	Firmness (N)	Tensile strength (N)
Commercial (riceberry)	5.12±0.29 ^b	0.28±0.01 ^d	3.42±0.39 ^d	0.44±0.15 ^e
Commercial (wheat rice)	2.71±0.06 ^c	0.29±0.01 ^d	2.54±0.00 ^d	0.66±0.03 ^{cd}
Control	5.90±0.35 ^{ab}	0.67±0.09 ^b	7.52±1.23 ^c	0.86±0.06 ^{ab}
MF-10 %	3.29±0.05 ^c	0.77±0.02 ^a	11.44±1.16 ^b	0.51±0.05 ^{de}
MF-20 %	4.84±0.50 ^b	0.64±0.05 ^{bc}	12.50±1.83 ^b	0.56±0.04 ^{de}
MF-30 %	6.55±0.88 ^a	0.58±0.02 ^c	13.64±0.52 ^{ab}	0.75±0.12 ^{bc}
MF-40 %	5.64±1.18 ^{ab}	0.59±0.03 ^c	15.20±2.12 ^a	0.94±0.04 ^a

Values are mean ± SD of triplicate samples (n=3).

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

ผลการวิเคราะห์คุณภาพการปรุง (Cooking quality) เส้นพาสต้าแป้งข้าวกล้องเม็ดยาว 62 แสดงดัง Table 4 พบว่า เวลาในการปรุงสุก (Cooking time) ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 13.40-30.60 min การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องเม็ดยาว 62 มากขึ้นทำให้เวลาในการปรุงสุกของเส้นพาสต้าสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

การสูญเสียการปรุง (Cooking loss) เป็นดัชนีของความสามารถต่อการแตกตัวระหว่างการปรุงพาสต้า ถูกนำมาใช้เพื่อบ่งชี้ประสิทธิภาพการปรุงอาหารโดยรวมของพาสต้า เนื่องจากการขาดกลูเตนในพาสต้าแป้งข้าวกล้องเม็ดยาว 62 โมเลกุลของแป้งจะมีความสามารถในการสร้างเมทริกซ์น้อยลง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปมีการสูญเสียการปรุงอาหารสูง การสูญเสียการปรุงของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.28-10.25 % ส่วนน้ำหนักการปรุงของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 22.14-59.77 g การศึกษาของ Rungsardthong et al. (2021) ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและการปรุงของเอ็กส์ทราเตตสเปกตรัมข้าวเสริมเส้นใยเปลือกมะม่วง พบว่า เวลาการปรุงสุกของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 11.00-11.50 min และการสูญเสียการปรุง

ของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 7.74-10.27 % ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับของบะหมี่ทางการค้า (< 12.50 % โดยน้ำหนักเปียก)

Table 5 แสดงผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเส้นพาสต้าแป้งข้าวกล้องเม็ดยาว 62 พบว่า ระดับคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์พาสต้าทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องเม็ดยาว 62 ส่งผลให้คะแนนความชอบลดลงเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า โดยที่สูตรเส้นพาสต้าที่ผสมแป้งข้าวกล้องเม็ดยาว 62 ร้อยละ 20 มีคะแนนความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสสูงสุด (7.90) เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ดังนั้นจึงเลือกสภาวะดังกล่าวไปดำเนินการศึกษาต่อไป

2.2 ศึกษาชนิดของโปรตีนที่เหมาะสมที่ใช้เติมในพาสต้า

ดำเนินการโดยแปรชนิดโปรตีน 3 ชนิด คือ ผงจิ้งหรีด ผงถั่วเหลือง และไข่ขาวผง ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก พบว่า ผงโปรตีนจากแหล่งโปรตีนแต่ละชนิดมีลักษณะปรากฏแตกต่างกัน (Figure 3)

เมื่อนำผงโปรตีนมาเสริมในผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้าแป้งข้าวกล้องเม็ดยาว 62 ร้อยละ 20 ด้วยกระบวนการเอ็กส์ทราซัน แสดงดัง Figure 4

Table 4 Cooking quality of extruded Med Fai (MF) 62 brown rice pasta with different percentage of MF

Sample	Cooking quality		
	Cooking time (min)	Cooking loss (%)	Cooking weight (g)
Commercial (riceberry)	13.40±0.20 ^f	5.53±0.37 ^e	56.53±0.25 ^b
Commercial (wheat flour)	18.30±0.20 ^e	2.28±0.10 ^f	55.13±0.06 ^b
Control	30.60±0.30 ^a	10.25±0.09 ^a	22.14±0.14 ^f
MF-10 %	21.30±0.20 ^d	9.87±0.09 ^b	29.40±0.07 ^e
MF-20 %	22.40±0.20 ^c	5.72±0.05 ^e	59.77±0.09 ^a
MF-30 %	22.50±0.20 ^c	6.84±0.02 ^d	50.83±0.07 ^c
MF-40 %	25.30±0.20 ^b	8.36±0.03 ^c	33.88±0.04 ^d

Values are mean ± SD of triplicate samples (n=3).

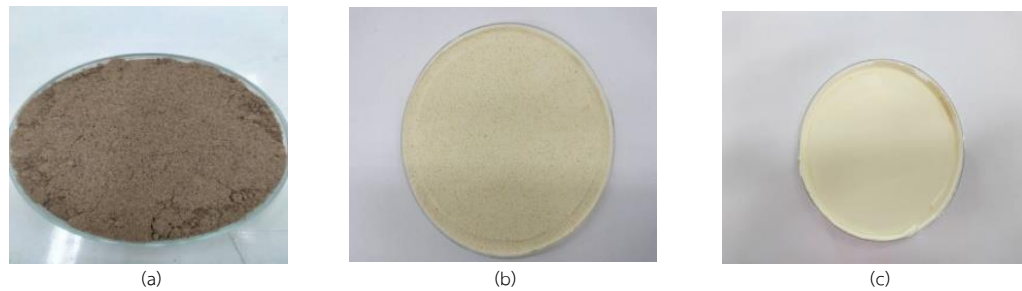
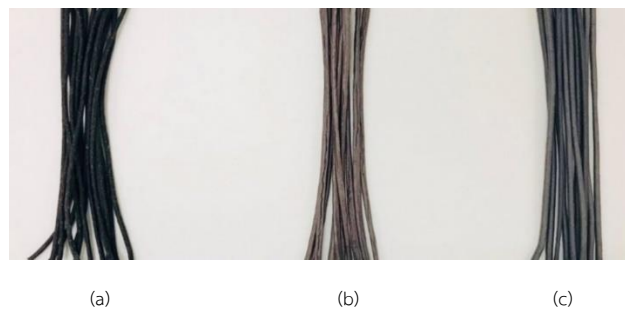
Different superscript letters in the same column indicate significant difference ($p<0.05$).

Table 5 Sensory properties extruded Med Fai 62 brown rice pasta with different % of MF

Sample	Sensory test				
	Color	Odor	Flavor	Texture	Overall liking
Commercial (riceberry)	8.03±0.83 ^a	7.90±0.66 ^a	7.93±0.58 ^a	8.33±0.60 ^a	8.40±0.49 ^a
Commercial (wheat rice)	8.00±0.98 ^a	7.96±0.96 ^a	7.66±0.71 ^{ab}	7.86±0.93 ^b	8.56±0.50 ^a
Control	7.60±1.06 ^b	5.33±1.89 ^b	6.46±1.67 ^c	6.90±1.62 ^c	6.73±1.11 ^c
MF-10 %	5.90±1.47 ^c	5.36±1.44 ^b	5.73±1.76 ^d	7.30±0.74 ^{bc}	7.00±0.74 ^{bc}
MF-20 %	5.86±1.45 ^c	5.50±1.57 ^b	5.96±1.51 ^d	7.96±0.96 ^b	7.90±0.80 ^b
MF-30 %	5.86±1.45 ^c	5.43±1.52 ^b	5.90±1.47 ^d	6.83±0.94 ^c	6.73±0.94 ^c
MF-40 %	5.86±1.45 ^c	5.46±1.76 ^b	5.93±1.50 ^d	6.56±0.93 ^d	6.43±1.13 ^d

Values are mean ± SD of triplicate samples (n=3).

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

**Figure 3** Type of protein (a) cricket powder: CP (b) soybean powder: SBP (c) white egg powder: WEP.**Figure 4** Pasta fortified protein from extruded Med Fai 62 brown rice pasta at flour content 20 % (a) CP-10 % (b) SBP-10 % (c) WEP-10 %

ในบรรดาคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส ค่าสีเป็นหนึ่งในคุณลักษณะที่ประเมินได้ง่ายที่สุด จากการศึกษารวตค่าสี (Table 6) พบว่า ค่า L^* ของเส้นพาสต้าข้าวกล้องเม็ดยาว 62 เสริมโปรตีน พบว่า ค่า L^* , a^* และ b^* มีค่าอยู่ระหว่าง 19.41-30.40, -0.44-2.14 และ -1.72-1.79 ตามลำดับ การเติมไข่ขาวผงร้อยละ 10 มีค่าความสว่างมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับทุกตัวอย่าง การเติมผงจิ้งหรีด (CP)

ในการผลิตพาสต้าไม่ส่งผลต่อค่าสี ตัวอย่างพาสต้าที่มี CP มีสีเข้มไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุม ส่วนการเติมผงถั่วเหลือง (SBP) และไข่ขาวผง (WEP) มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม การศึกษาของ Duda et al. (2019) ศึกษาคุณภาพด้านทางโภชนาการและคุณสมบัติเนื้อสัมผัสของพาสต้าแป้งสาลี durum ที่เสริมผงจิ้งหรีด พบว่า พาสต้าที่เติมผงจิ้งหรีดร้อยละ 10 มีค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ

51.22, 7.42 และ 12.72 ตามลำดับ Ansari et al. (2013) ศึกษาผลของแป้งถั่วเหลืองกำจัดไขมัน แชนแทนกัมและอนุหภูมิกระบวนการต่อคุณภาพของสปาเกตตี้ พบว่า ผลิตภัณฑ์สปาเกตตี้เติมแป้งถั่วเหลืองกำจัดไขมันร้อยละ 10 มีค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 52.40, 8.40 และ 35.65 ตามลำดับ

Table 7 แสดงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเส้นพาสต้าข้าวกล้องเม็ดยา 62 เสริมโปรตีน พบว่า ค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์พาสต้าอยู่ระหว่าง 1.73-5.75 % และ 0.53-0.64 ตามลำดับ ส่วนค่าความแน่นเนื้อและการต้านทานแรงดึงมีค่าสูงสุดในตัวอย่างควบคุม ในขณะที่ Duda et al. (2019) ศึกษาคุณภาพด้านทางโภชนาการและคุณสมบัติเนื้อสัมผัสของพาสต้าแป้งสาลีธรรมที่เสริมผงจิ้งหรีด พบว่า พาสต้าที่เติมผงจิ้งหรีดร้อยละ 10 มีค่าความแน่นเนื้อ 4.13 N และแรงเหวี่ยงทั้งหมด 0.33 N/mm x s Ansari et al. (2013) ศึกษาผลของแป้งถั่วเหลืองกำจัดไขมัน แชนแทนกัมและอนุหภูมิกระบวนการต่อคุณภาพของสปาเกตตี้ พบว่า ผลิตภัณฑ์สปาเกตตี้เติมแป้งถั่วเหลืองกำจัดไขมันร้อยละ 10 มีค่าความแน่นเนื้อ 1.87 N Detchewa & Naivikul (2018) ศึกษาคุณสมบัติทางสัณฐานวิทยาและคุณค่าโภชนาการของสปาเกตตี้ปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าว ผงโปรตีนไข่ขาวและโปรตีนไอโซเลตถั่วเหลือง พบว่า ผลิตภัณฑ์สปาเกตตี้ปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเติมผงโปรตีนไข่ขาวร้อยละ 5 และโปรตีนไอโซเลตถั่วเหลืองร้อยละ 5 มีค่าความแน่นเนื้อ 1.91 N และค่าการต้านทานแรงดึงเท่ากับ 0.08 N

จากการศึกษาการตรวจสอบคุณภาพของเส้นพาสต้าหลังการต้ม (Cooking quality) พบว่า พาสต้าแป้งข้าวกล้องเม็ดยาเสริมโปรตีน มีระยะเวลาการปรุง (Cooking time) อยู่ที่ 16.00-19.00 min เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโปรตีนที่ศึกษา น้ำหนักหลังปรุงสุก (Cooking weight) อยู่ที่ร้อยละ 15.86-27.80 และการสูญเสียระหว่าง

การปรุง อยู่ที่ 22.76-24.32 g (Table 8) ในขณะที่ Duda et al. (2019) ศึกษาคุณภาพด้านทางโภชนาการและคุณสมบัติเนื้อสัมผัสของพาสต้าแป้งสาลีธรรมที่เสริมผงจิ้งหรีด พบว่า ผลิตภัณฑ์พาสต้าที่เติมผงจิ้งหรีดร้อยละ 10 มีระยะเวลาการปรุง น้ำหนักการปรุงและการสูญเสียการปรุง เท่ากับ 6.35 min, 1.78 g/g และ 2.96 % ตามลำดับ Ansari et al. (2013) ศึกษาผลของแป้งถั่วเหลืองกำจัดไขมัน แชนแทนกัมและอนุหภูมิกระบวนการต่อคุณภาพของสปาเกตตี้ พบว่า ผลิตภัณฑ์สปาเกตตี้เติมแป้งถั่วเหลืองกำจัดไขมันร้อยละ 10 มีน้ำหนักการปรุงและการสูญเสียการปรุงเท่ากับ 239.80 g และ 7.62 % ตามลำดับ Detchewa & Naivikul (2018) ศึกษาคุณสมบัติทางสัณฐานวิทยาและคุณค่าโภชนาการของสปาเกตตี้ปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าว ผงโปรตีนไข่ขาวและโปรตีนไอโซเลตถั่วเหลือง พบว่า ผลิตภัณฑ์สปาเกตตี้ปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเติมผงโปรตีนไข่ขาวร้อยละ 5 และโปรตีนไอโซเลตถั่วเหลืองร้อยละ 5 มีค่าระยะเวลาการปรุง การสูญเสียการปรุงและดัชนีการดูดซับน้ำเท่ากับ 13.60 min, 22.29 % และ 238.10 % ตามลำดับ

การประเมินผู้บริโภคด้านอาหารไม่เพียงแต่ขึ้นอยู่กับคุณค่าทางโภชนาการหรือผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพเท่านั้น แต่ยังรวมถึงลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ส่งผลโดยตรงต่อความชอบ การเลือก และความปรารถนาของผู้บริโภคด้วย คะแนนความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของพาสต้าแป้งข้าวกล้องเม็ดยาเสริมโปรตีน ด้านสีมีค่าคะแนนอยู่ที่ 7.03-8.57 ด้านกลิ่น 6.67-8.33 ด้านรสชาติ 6.93-8.70 ด้านเนื้อสัมผัส 6.93-8.73 และด้านความชอบรวม 6.93-8.60 จากการศึกษาปริมาณของโปรตีน พบว่า สูตรพาสต้าจากแป้งข้าวกล้องเม็ดยาเสริมจิ้งหรีดและเสริมผงถั่วเหลือง ร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชนิดของโปรตีนที่ศึกษา (Table 9)

Table 6 Physical properties of extruded pasta 20 % Med Fai 62 brown rice flour fortified different protein source

Sample	Color		
	L^*	a^*	b^*
Control	19.41±0.16 ^c	1.59±0.09 ^a	-1.72±0.08 ^b
CP-10 %	20.46±1.00 ^c	1.76±0.23 ^a	1.79±0.15 ^a
SBP-10 %	25.77±1.54 ^b	2.14±0.68 ^a	1.63±1.38 ^a
WEP-10 %	30.40±0.88 ^a	-0.44±0.55 ^b	-0.62±0.77 ^b

Values are mean ± SD of triplicate samples (n=3).

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

Table 7 Chemical and texture properties of extruded pasta 20 % Med Fai 62 brown rice flour fortified different protein source

Sample	Chemical properties			
	Moisture content (%)	Water activity	Firmness (N)	Tensile strength (N)
Control	4.84±0.50 ^a	0.64±0.05 ^{ab}	13.64±0.52 ^a	0.61±0.05 ^a
CP-10 %	5.75±0.06 ^a	0.70±0.02 ^a	8.62±0.82 ^b	0.52±0.05 ^b
SBP-10 %	1.73±0.76 ^b	0.59±0.04 ^{bc}	6.02±0.51 ^c	0.42±0.05 ^c
WEP-10 %	2.56±0.56 ^b	0.53±0.03 ^c	6.73±0.18 ^c	0.41±0.03 ^c

Values are mean ± SD of triplicate samples (n=3).

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

Table 8 Cooking quality of extruded pasta 20 % Med Fai 62 brown rice flour fortified different protein sources

Sample	Cooking Quality		
	Cooking time (min)	Cooking loss (%)	Cooking weight (g)
Control	22.40±0.20 ^a	11.36±0.03 ^a	29.77±0.09 ^a
CP-10 %	19.00±0.00 ^b	9.30±0.58 ^b	22.76±2.89 ^b
SBP-10 %	16.00±0.00 ^c	8.86±0.57 ^c	24.02±0.74 ^b
WEP-10 %	17.00±0.00 ^c	7.80±1.08 ^d	24.32±0.46 ^b

Values are mean ± SD of triplicate samples (n=3).

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

Table 9 Sensory test of extruded pasta 20 % Med Fai 62 brown rice flour fortified different protein sources

Sample	Sensory test				
	Color	Odor	Flavor	Texture	Overall liking
Control	5.86±1.45 ^d	5.50±1.57 ^d	5.96±1.51 ^c	7.96±0.96 ^b	7.90±0.80 ^b
CP-10 %	7.93±0.45 ^b	8.33±0.55 ^a	8.70±0.53 ^a	8.57±0.50 ^a	8.60±0.56 ^a
SBP-10 %	8.57±0.50 ^a	7.87±0.68 ^b	8.50±0.51 ^a	8.73±0.45 ^a	8.37±0.49 ^a
WEP-10 %	7.03±0.49 ^c	6.67±0.55 ^c	6.93±0.58 ^b	6.93±0.52 ^c	6.93±0.58 ^c

Values are mean ± SD of triplicate samples (n=3).

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

สรุปผลการวิจัย

คุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของแป้งข้าวกล้องภาคใต้ ประกอบด้วย ข้าวเม็ดยาว 62 ข้าวเล็บบกปัตตานี และข้าวสังข์หยดพัทลุง มีค่าที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับสายพันธุ์ข้าวแต่ละชนิด การพัฒนาเส้นพาสต้าจากข้าวกล้องภาคใต้ แป้งข้าวกล้องที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีเพื่อผลิตเส้นพาสต้าปริมาณแป้งข้าวกล้องเม็ดยาว 62 ร้อยละ 20 มีคะแนนความพึงพอใจทางประสาทสัมผัส การสูญเสียการปรุงและแรงต้านการดึง ใกล้เคียงกับพาสต้าทางการค้ามากที่สุด การพัฒนาเส้นพาสต้าข้าวกล้องเม็ดยาวเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีดและเสริมผงถั่วเหลือง ร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของโปรตีนที่ศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.) ภายใต้งบประมาณประจำปี 2566 และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการนวัตกรรมอาหารและการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช (ทุ่งใหญ่) ที่อำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในการทำวิจัยครั้งนี้

References

- American Association of Cereal Chemists (AACC). (2000). *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists* (10th ed.). Saint Paul, Minnesota, United States: American Association of Cereal Chemists.
- Ansari, A., Kalbasi-Ashtari, A., & Gerami, A. (2013). Effects of defatted soy flour, xanthan gum, and processing temperatures on quality criteria of spaghetti. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15(2), 265-278.

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2000). *Official methods of analysis* (16th ed.). Washington D. C., United States: Association of Official Analytical Chemists.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. doi: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5
- Chan, P. V., Meza, S. L. R., Manfre, D. L., Venturini, A. C., Yoshida, C. M. P., Schmieles, M., & Sinnecker, P. (2022). Production of gluten-free pasta from black rice by-products: physicochemical, nutritional and sensory attributes. *Research, Society and Development*, 11(11), 1-12. doi: 10.33448/rsd-v11i11.34057
- Charoenthaikij, P., Prommin, A., Suratananon, A., Itthisophonkul, T., Naknaen, P., & Phongpa-ngan, P. (2018). Physicochemical properties and sensory quality of gluten-free brown rice pasta enriched with egg white protein. *The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 28(3), 627-638. doi: 10.14416/j.kmutnb.2018.04.004 (in Thai)
- Chooklin, S. (2023). Effects of Nakhon upland brown rice flour and cricket powder on quality of extruded snacks. *Rajamangala University Technology of Srivijaya Journal*, 15(3), 702-715. (in Thai)
- Detchewa, P., & Naivikul, O. (2018). Morphological and functional properties of gluten-free rice spaghetti based on rice flour, egg white protein powder and soy protein Isolate. *Microscopy and Microanalysis Research*, 31(1), 18-23. doi: 10.14456/microsc-microanal-res.2018.3
- Duda, A., Adamczak, J., Chelminska, P., Juszkievicz, J., &

- Kowalczewski, P. (2019). Quality and nutritional/textural properties of durum wheat pasta enriched with cricket powder. *Foods*, 8(2), 46. doi: 10.3390/foods8020046
- Limroongreungrat, K., Suksomboon, A., & Sangnak, A. (2017). *Development of functional rice pasta supplemented with pulse flour* (Report No.173196, 1-82). Chon buri, Thailand: Food Science and Technology Department, Faculty of Science, Burapha University. (in Thai)
- Rungsardthong, V., Namprakob, P., Korkerd, S., & Lamsal, B. (2021). Physical and cooking properties of extruded rice spaghetti supplemented with mango peel fibre. *Journal of Current Science and Technology*, 11(2), 230-239. doi: 10.14456/jcst.2021.24
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178. doi: 10.1016/S0076-6879(99)99017-1
- Srirajan, S., Mounmued, W., Rungsardthong, V., Vatanyoopaisarn, S., Thumthanaruk, B., Puttanlek, C., Uttapap, D., & Wongsa, J. (2021). Preparation of rice spaghetti with added defatted soy flour, modified starch and durian peel powdered by extrusion method. *Science, Engineering and Health Studies*, 15, 1-7. doi: 10.14456/sehs.2021.5
- Sriprapai, H., Boonchai, C., & Huadong, Y. (2018). Development of fresh pasta from brown rice flour. *Thai Journal of Science and Technology*, 7(1), 58-69. doi: 10.14456/tjst.2018.18 (in Thai)

Research article

Development of gluten-free pasta product from brown rice flour in Southern fortified protein by extrusion process

Supasit Chooklin

Food Technology and Innovation, Faculty of Agro – Industry, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat Campus, Amphoe Thungyai, Nakhon Si Thammarat Province, Thailand 80240

ARTICLE INFO

Article history

Received: 22 April 2024

Revised: 23 May 2024

Accepted: 16 July 2024

Online published: 30 July 2024

Keyword

Pasta

Gluten

Brown rice

Alternative protein

Extrusion

ABSTRACT

This research developed a gluten-free pasta product from Southern brown rice flour (Med Fai 62 rice, Sung Yod rice and Leb Nok rice) fortified with protein through an extrusion process. It was found that the physical, chemical, antioxidant and total phenolic properties of Southern brown rice flour has significantly different values ($p < 0.05$). Med Fai 62 brown rice had the highest antioxidant activity (1.02 mg vitamin C/g DW) and total phenolic content (0.83 mg GAE/g DW). Development of pasta from Southern brown rice using Med Fai 62 brown rice flour (0 %, 10 %, 20 %, 30 %, and 40 % w/w) to fortify wheat flour in pasta production with the extrusion process. It was found that increasing the amount of Med Fai 62 brown rice flour in the pasta had lower L^* , a^* and b^* values compared to the control sample. However, the firmness strength values, tensile strength value, cooking time and cooking loss of pasta are increased compared to commercial pasta. Based on the amount of brown rice flour mixed with 20 % Med Fai 62 flour, it received the highest sensory satisfaction scores. As for the development of Med Fai 62 brown rice pasta 62, fortified with protein (cricket powder, soybean powder, and egg white powder) at 10 % (w/w), It was found that the pasta recipe made from Med Fai 62 brown rice flour supplemented with 10 % cricket powder and soybean powder had the highest sensory satisfaction score when compared with the other protein amounts studied.

*Corresponding author

E-mail address: runchoo@gmail.com (S. Chooklin)

Online print: 30 July 2024 Copyright © 2024. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2024.33>