

ผลของแป้งข้าวกล้องไร่นครและผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพของ เอ็กซ์ทรูเดตขนมขบเคี้ยว

Effects of Nakhon Upland Brown Rice Flour and Cricket Powder on Quality of Extruded Snacks

สุภาสิต ชุกกลิ่น*

Supasit Chooklin*

Received: 9 September 2021, Revised: 5 February 2023, Accepted: 30 March 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนาเอ็กซ์ทรูเดตจากแป้งข้าวกล้องไร่นคร (ข้าวเม็ดยาวและข้าวสังข์หยด) และผงจิ้งหรีดด้วยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์สกรูคู่ โดยศึกษาปริมาณของผงจิ้งหรีด (0-20% w/w) และปริมาณของแป้งข้าวกล้องไร่นคร (0-30% w/w) ด้วยสภาวะคงที่ คือ อุณหภูมิบารเล 1-6 (40-130°C) อุณหภูมิตาย (145°C) ความเร็วรอบสกรู (450 rpm) และความชื้นสารป้อน (12% w/w) พบว่า แป้งข้าวกล้องเม็ดยาวมีสีม่วงเข้ม ขนาดอนุภาค 250 μm ค่าสี L^* , a^* และ b^* เป็น 48.26, 4.91 และ 0.87 ตามลำดับ ค่าการต้านออกซิเดชัน (6.94 mg vitamin C/g Dry weight (DW)) และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (0.74 mg Gallic acid equivalent (GAE)/g DW) มากกว่าแป้งข้าวกล้องสังข์หยด (0.53 ± 0.04 mg vitamin C/g DW และ 0.03 ± 0.01 mg GAE/g DW) ส่วนผงจิ้งหรีดมีองค์ประกอบทางเคมีโดยเฉพาะปริมาณโปรตีน (60.40% โดยน้ำหนักเปียก) และไขมัน (16.92% โดยน้ำหนักเปียก) สูง การเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดและปริมาณของแป้งข้าวกล้องไร่นครส่งผลต่อเอ็กซ์ทรูเดตโดยทำให้มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ค่าการพองตัวลดลง และมีค่า L^* และ b^* ลดลง แต่ a^* เพิ่มขึ้น ที่สัดส่วนของผงจิ้งหรีด 5% w/w ได้เอ็กซ์ทรูเดต (การพองตัวสูงและความแข็งต่ำ) เหมาะสมที่สุด การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องไร่นคร (ข้าวเม็ดยาวและข้าวสังข์หยด) ระหว่าง 0-40% w/w ส่งผลให้เอ็กซ์ทรูเดตมีค่าการพองตัว ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ลดลง แต่ค่าความหนาแน่นรวมและค่าความแข็งเพิ่มขึ้น โดยที่แป้งข้าวกล้องไร่นคร 30% (ข้าวเม็ดยาว 5%, ข้าวสังข์หยด 15%) และผงจิ้งหรีด 5% พบว่าเอ็กซ์ทรูเดตมีค่าคะแนนความชอบรวมสูงสุด (7.67) และคุณค่าทางโภชนาการของเอ็กซ์ทรูเดตที่ขนาดบรรจุ 30 g มีค่าพลังงานเท่ากับ 110 kcal, น้ำตาลเท่ากับ < 1 g, ไขมันเท่ากับ 1.5 g, และโซเดียมเท่ากับ 100 mg ตามลำดับ

คำสำคัญ: ข้าวกล้องไร่นคร, ขนมขบเคี้ยว, ผงจิ้งหรีด, เอ็กซ์ทรูเดต

สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80240
Program in Food Technology and Innovation, Faculty of Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Thungyai, Nakhon Si Thammarat 80240, Thailand.

* ผู้รับผิดชอบประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): supasit.c@rmutsv.ac.th

ABSTRACT

In this study, extrudate made from Nakhon upland brown rice flour (Med Fay rice and Sung Yod rice) and cricket powder was developed using twin screw extruder. Effects of cricket powder content (0-20% w/w) and upland brown rice flour content (0-30% w/w) were determined. Barrel temperature 1-6 (40-130°C), die temperature (145°C), screw speed (450 rpm) and feed moisture (12% w/w) of extruder conditions were controlled at a constant value throughout the study. It was found that Med Fay rice flour had dark purple color, particle size of 250 μm , and color (L^* , a^* and b^*) was 48.26, 4.91 and 0.87, respectively. Antioxidant activity value was 6.94 mg vitamin C/g DW and total phenolic content was 0.74 mg GAE/g DW of Med Fay brown rice which had more than Sung Yod brown rice (0.53 ± 0.04 mg vitamin C/g DW and 0.03 ± 0.01 mg GAE/g DW). Proximate analysis of cricket powder showed a high protein and fat at 60.40% and 16.92% by wet weight, respectively. Increasing cricket powder content and upland brown rice flour content significantly affected the properties of extrudate. Results showed that hardness increased but expansion decreased with increasing cricket powder content and upland brown rice flour content. Moreover, L^* and b^* values decreased but a^* value increased. The high expansion and low hardness were considered as optimum property of extrudate which was found at 5% cricket powder. Increasing the Nakhon upland brown rice flour content (Med Fay rice and Sang Yod rice) up to 0-40% w/w led to a decrease in expansion ratio and color values (L^* , a^* and b^*). However, bulk density and hardness value were increased. It was found that the extrudate had the highest overall liking score (7.67) at 30% (w/w) Nakhon brown rice flour content (Med Fay rice at 5%, Sang Yod rice at 15%) and 5%w/w cricket powder. Based on the nutritional value analysis, the extrudate having the package size of 30 g showed 110 kcal energy value, < 1 g sugar value, .5 g fat value, and 100 mg sodium value, respectively.

Key words: upland brown rice in Nakhon, extruded snack, cricket powder, extrudate

บทนำ

ขนมขบเคี้ยวในท้องตลาดส่วนใหญ่มีคาร์โบไฮเดรตและไขมันเป็นองค์ประกอบหลักมีปริมาณโปรตีนต่ำ ซึ่งไม่เป็นที่นิยมสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ ดังนั้น ผู้ผลิตสินค้าจึงมีการปรับตัวโดยผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคที่รักสุขภาพเพิ่มขึ้น เช่น ขนมขบเคี้ยวที่ไม่ผ่านการทอด ขนมขบเคี้ยว โซเดียมต่ำและขนมขบเคี้ยวประเภทโปรตีนสูง (Food Intelligence Center, 2016) ในขณะที่ผู้บริโภคมีความนิยมใน

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวประเภทโปรตีนสูง แต่ในประเทศไทยผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวโปรตีนสูงมีค่อนข้างน้อย ยังคงนำเข้าจากต่างประเทศและราคาค่อนข้างสูง (Suriya and Worrasuwannarak, 2016) ตัวอย่างขนมขบเคี้ยวโปรตีนสูงที่มีในท้องตลาด เช่น ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งโปรตีนสูง ขนมขบเคี้ยวแปรรูปจากเนื้อหมู และขนมขบเคี้ยวจากเนื้อปลา (Sriwilai *et al.*, 2018) ปัจจุบันอาหารหรือขนมที่มีส่วนประกอบของแมลง เริ่มได้รับความนิยมเนื่องจากมีคุณค่าทางสารอาหารจำนวนมากมีโปรตีน

สูงไม่แพ้โปรตีนจากเนื้อสัตว์หลัก รวมทั้งมีแร่ธาตุ แคลเซียม ไฟเบอร์ วิตามินสูง และไขมันต่ำ (Trade Policy and Strategy Office, 2022) แมลงถือเป็น แหล่งอาหารที่มีรสชาติเป็นเอกลักษณ์ มีโปรตีน วิตามิน และกรดอะมิโนหลายชนิดในปริมาณสูง อีกทั้งยังมีไขมันต่ำจึงเป็นที่นิยมสำหรับการบริโภค ในกลุ่มผู้บริโภคใน หลายประเทศการศึกษา ค้นคว้าวิจัยแหล่งโปรตีนทางเลือก พบว่า แมลงเป็น แหล่งที่สำคัญและมีศักยภาพที่จะเป็นโปรตีนทดแทน เนื้อสัตว์ได้เพราะใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงสั้น ประมาณ 1-2 เดือน (Jampchanya *et al.*, 2007; Hanboonsong *et al.*, 2013) จึงหริตถือเป็นแมลง เศรษฐกิจของไทยที่มีศักยภาพสูง กำลังการผลิตใน ระยะ 2-3 ปีมีการขยายอย่างมาก โดยมีมูลค่าเกือบ 1,000 ล้านบาท/ปี และยังเป็นอาหารที่กำลังได้รับความสนใจจากผู้บริโภคทั้งในประเทศและ ต่างประเทศ โดยสายพันธุ์ที่นิยมเลี้ยง คือ จิ้งหริต ทองแดงลาย (สะคั้ง) และจิ้งหริตทองคำ พบว่า มีปริมาณ โปรตีน 63.52% และ 56.76% (w/w) ปริมาณไขมัน 16.41% และ 20.30% (w/w) ตามลำดับ โดยสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์และ ส่วนผสมได้หลากหลาย ช่วยเพิ่มมูลค่าสินค้าจำพวก ขนมอบเคี้ยว (Promkhan *et al.*, 2020) ซึ่งขนมอบ เคี้ยวต่าง ๆ จากกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน (Extrusion) จะใช้อุณหภูมิที่สูงแต่ระยะเวลาสั้นจึงสามารถ คงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารเอาไว้ได้ อีกทั้ง สามารถทำให้เกิดการพองกรอบ โดยไม่ต้องอาศัย การทอดด้วยน้ำมันจึงเหมาะที่จะนำมาพัฒนาเป็น อาหารเพื่อสุขภาพ (Liang *et al.*, 2013) การผลิต เอ็กซ์ทรูเดตในอุตสาหกรรมอาหารขบเคี้ยว ส่วนมาก จะใช้แป้งข้าวสาลีเป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ นำเข้าจากต่างประเทศ ในประเทศไทยข้าวกล้องเป็น วัตถุดิบที่น่าสนใจ

ภาคใต้มีพื้นที่ที่خابไปด้วยชายฝั่งอ่าวไทย ทางตะวันออกและชายฝั่งอันดามันทางตะวันตก และ พื้นที่ที่เป็นเทือกเขาและที่ราบลุ่ม อาชีพส่วนใหญ่ของ ชาวได้คือ ทำประมง ทำสวนยาง ปาล์มและผลไม้ และ ทำนา โดยการทำนาจะอาศัยพื้นที่ที่ราบริมทะเล บริเวณ ลุ่มน้ำและที่ว่างระหว่างเทือกเขาโดยแหล่งปลูกข้าวที่ สำคัญคือจังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสงขลาและ จังหวัดพัทลุง โดยจังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นแหล่ง ของทรัพยากรทางการเกษตร (ยาง ปาล์มและข้าว) ที่ สำคัญของภาคใต้ ข้าวที่ปลูกมีทั้งข้าวนาและข้าวไร่ โดยข้าวนาปลูกมากในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อ.ปากพนัง นิยมปลูกข้าวสายพันธุ์ คือ เล็บนกปัตตานี ไชยครั้นและสังข์หยดพัทลุง เป็นต้น ส่วนข้าวไร่มีการ ปลูกมากใน อ.ทุ่งสง ซึ่งข้าวไร่เกษตรกรจะปลูกแซม ระหว่างคันยางพาราก่อนที่จะเคิบโคจนสามารถกรีดได้ ข้าวสายพันธุ์ที่นิยมปลูก คือ ข้าวเม็ดฝ้าย ข้าวเหนียวดำ และข้าวสังข์หยดซึ่งเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ทางอาหาร (วิตามิน แร่ธาตุและสารต้านออกซิเดชัน) เหมาะที่นำมาทำผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ เช่น เครื่องดื่ม ขนมอบ ขนมอบเคี้ยวและผลิตภัณฑ์พาสต้า เป็นต้น สำหรับการผลิตเอ็กซ์ทรูเดตเนื่องจากเป็น วัตถุดิบที่หาง่ายในประเทศ ให้การพองตัวที่ดีมีรสจืด และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้ผลิตผลทางการเกษตร (Chaiyakul *et al.*, 2009) ข้าวไร่เป็นข้าวพื้นเมืองที่ เกษตรกรนิยมปลูกเป็นพืชแซมในระหว่างแถว ยางพาราและปาล์มน้ำมันในภาคใต้เนื่องจาก เจริญเติบโตได้ในสภาพดินที่ไม่มีน้ำขัง สามารถ ปรับตัวได้ดีต่อสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เนื่องจาก พื้นที่การทำนาในสภาพนาสวนในภาคใต้ลดน้อยลงทำ ให้การปลูกข้าวไร่ มีความสำคัญต่อความมั่นคง ทางด้านอาหารมากขึ้น ข้าวไร่พันธุ์เม็ดฝ้ายมีพื้นที่ปลูก ส่วนใหญ่ในอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็น ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงดำ ผลผลิตสูง คุณภาพเมล็ด ทางกายภาพและการสีดีมาก ข้าวหุงสุกนุ่ม ก่อนข้าง

เหนียว ในปัจจุบันมีกลุ่มเกษตรกรผลิตข้าวไร่จำหน่ายเป็นผลิตภัณฑ์ ในรูปของข้าวกล้อง โดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านหนองคล้าสามัคคี ตำบลเขาโร อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช (Posiri *et al.*, 2020)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ใช้แป้งข้าวกล้องไร่นคร และผงจิ้งหรีดเป็นส่วนผสมในการผลิตเอ็กซ์ทรูเดตด้วยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์สกรูคู่ รวมทั้งวิเคราะห์คุณภาพของข้าวกล้องไร่นครและผงจิ้งหรีด นอกจากนี้ยังได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพเอ็กซ์ทรูเดตสำหรับผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องไร่นครเสริมผงจิ้งหรีด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

นำข้าวเปลือกไร่นคร (ข้าวเม็ดยาวและข้าวสังข์หยด) ต.เขาโร อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช ไปกระเทาะเปลือกด้วยเครื่องกระเทาะข้าวเปลือก (รุ่น NW 1000 TURBO) นำข้าวกล้องที่ได้ไปบดด้วยเครื่องบดและคัดขนาดด้วยตะแกรงคัดขนาด (Mesh no.60) แล้วจึงเก็บในถุงชนิดอะลูมิเนียมฟอยด์แบบปิดสนิท อุณหภูมิ 4°C (Chooklin, 2013) นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและทางด้านเคมี

นำจิ้งหรีด (สายพันธุ์ทองแดงลายหรือสะตังระยะตัวเต็มวัย) จากฟาร์มนายทั้ง อ.เชียรใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช มาแช่ในน้ำเย็น ตักออกด้วยกระชอนใส่ลงในน้ำสะอาด ล้างด้วยน้ำ 3 ครั้ง นำไป

ลวกในน้ำต้มเดือด (10 min) อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (80°C, 8 hr) บดด้วยเครื่องปั่น (WF-10B) เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ปิดสนิทที่อุณหภูมิ 4°C ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพ

2. วิเคราะห์คุณภาพของข้าวไร่นครและผงจิ้งหรีด

วิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) โดยใช้เครื่อง Hunter Lab ค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_w) และวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) ประกอบด้วย ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ AOAC (2000) ความสามารถในการต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH (2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl scavenging activity) ตามวิธีทดสอบของ Brand-Williams *et al.* (1995)

3. ศึกษาอัตราส่วนของผงจิ้งหรีดและข้าวไร่นครต่อคุณภาพของเอ็กซ์ทรูเดต

นำแป้งข้าวไร่นครและผงจิ้งหรีด (ข้อ 1) บดผสมกับแป้งข้าวเจ้า เกล็ดข้าวโพด น้ำมันพืช น้ำตาล และแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ในเครื่องผสม จากนั้นนำส่วนผสมดังกล่าวแสดงในตารางที่ 1 - 2 ไปแปรรูป โดยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูคู่ (Twin Screw Extruder, CTE-D22L32) ใช้ด้าย (วงกลม 1 รู ขนาด 4 mm) ป้อนส่วนผสมด้วยอัตรา 10 rpm ความชื้นของวัตถุดิบผสม 12 (%w/w) ความเร็วรอบสกรู 450 rpm อุณหภูมิบาร์เรล 40, 100, 120, 130, 130, 130 และคาย 145°C ตามลำดับ

ตารางที่ 1 สูตรของเอ็กซ์ทราคตจากผงจิ้งหรีด

ส่วนผสม (ร้อยละ)	สูตรควบคุม	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ผงจิ้งหรีด	0	5	10	20
แป้งข้าวเจ้า	40	35	30	20
แป้งข้าวกล้องเมล็ดฝ้าย	5	5	5	5
เกล็ดข้าวโพด	46	46	46	46
น้ำมันพืช	3	3	3	3
น้ำตาลทราย	5	5	5	5
แคลเซียมคาร์บอเนต	1	1	1	1

ที่มา: คัดแปลงจาก Arsanahsark *et al.* (2021)

ตารางที่ 2 สูตรของเอ็กซ์ทราคตจากข้าวไร่นครและผงจิ้งหรีด

ส่วนผสม (ร้อยละ)	สูตรควบคุม	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
แป้งข้าวกล้องสังข์หยด	0	3.75	7.5	15	30	20
แป้งข้าวกล้องเมล็ดฝ้าย	0	1.25	2.5	5	10	20
ผงจิ้งหรีด	5	5	5	5	5	5
แป้งข้าวเจ้า	40	35	30	20	0	0
เกล็ดข้าวโพด	46	46	46	46	46	46
น้ำมันพืช	3	3	3	3	3	3
น้ำตาลทราย	5	5	5	5	5	5
แคลเซียมคาร์บอเนต	1	1	1	1	1	1

ที่มา: คัดแปลงจาก Arsanahsark *et al.* (2021)

4. ศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ ทางด้านเคมีและทางด้านประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากเอ็กซ์ทราคตเสริมผงจิ้งหรีด

นำเอ็กซ์ทราคตที่ได้ (ข้อ 3) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ ทางด้านเคมีและทางด้านประสาทสัมผัส ดังนี้

1. คุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ ความแข็ง (Hardness) โดยเครื่อง Texture analyzer (TA.XTplus) สี (L^* , a^* และ b^*) โดยเครื่อง Spectrophotometer

น้ำอิสระ (a_w) ความหนาแน่น (Bulk density) คัดแปลงมาจากวิธีการของ Chanlat *et al.* (2011) อัตราการขยายตัว (Expansion ratio) วัดโดยใช้เวอร์เนียร์จากตัวอย่างเอ็กซ์ทราคตจำนวน 10 ตัวอย่าง

2. คุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น (Moisture content) ตามวิธีของ AOAC (2000) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic) ตามวิธีของ Singleton *et al.* (1999) กิจกรรมการต้านออกซิเดชัน (Antioxidant activity) ตามวิธีของ

Brand-Williams *et al.* (1995) ข้อมูลโภชนาการ (Nutrition information) ตามวิธีของ AOAC (2000)

3. คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ แบบวิธี 9 - point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบไม่ได้ผ่านการฝึกฝน 50 คน

5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางเนื้อสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Randomized completely block design (RCBD) สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพประสาทสัมผัส ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. คุณภาพของข้าวไร่นครและผงจิ้งหรีด

1.1 คุณภาพทางด้านกายภาพและทางด้านเคมีข้าวไร่นคร

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและทางด้านเคมีของแป้งข้าวกล้องเม็ดยาว (ตารางที่ 3) พบว่า แป้งข้าวกล้องเม็ดยาวมีสีม่วงเข้ม ขนาดอนุภาค 250 μm มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 48.26, 4.91 และ 0.87 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยข้าวมีสีจากการศึกษาของ Somto (2004) ที่รายงานว่า คุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมีและความคงตัวของข้าวที่มีรงควัตถุมีค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 61.8, 3.16 และ 0.65 ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์

คุณภาพทางด้านเคมีของแป้งข้าวกล้องเม็ดยาวแสดงดังตารางที่ 3 พบว่า องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) แป้งข้าวกล้องเม็ดยาว ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้าและคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 7.25%, 2.55%, 0.77%, 1.73% และ 77.95% (w/w) ตามลำดับ สำหรับการต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของแป้งข้าวกล้องเม็ดยาวเท่ากับ 6.94 mg vitamin C/g DW และ 0.74 mg GAE/g DW ตามลำดับ ในการศึกษาของ Somto (2004) ที่ศึกษาคุณลักษณะทางเคมีของข้าวท่าไร่ สันป่าตอง พบว่า ค่าโปรตีน ไขมัน เถ้าและคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 6.68%, 2.86%, 1.16% และ 89.30% (w/w) ตามลำดับ และในงานวิจัยของ Posiri *et al.* (2020) ได้ศึกษาข้าวเจ้าพันธุ์เม็ดยาว พบว่า ข้าวกล้องเม็ดยาวมีสีม่วงดำ ปริมาณโปรตีน 9.44% และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 294.43 mg/kg

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและทางด้านเคมีของแป้งข้าวกล้องสังข์หยดแสดงดังตารางที่ 3 พบว่า แป้งข้าวกล้องสังข์หยดมีสีของข้าวแดงอ่อน ขนาดอนุภาค 250 μm มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 79.81, 3.69 และ 14.17 ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของแป้งข้าวกล้องสังข์หยดแสดงดังตารางที่ 3 พบว่า องค์ประกอบทางด้านเคมีแป้งข้าวกล้องสังข์หยด ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 8.81%, 1.87%, 4.45%, 1.08% และ 73.72% (w/w) ตามลำดับ เช่นเดียวกับในการศึกษาของ Chooklin (2013) ที่วิเคราะห์คุณสมบัติข้าวกล้องสังข์หยด พบว่า ค่าโปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้าเท่ากับ 10.36%, 2.67%, 4.51%, 1.42% (w/w) ตามลำดับ สำหรับการต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของแป้งข้าวกล้องสังข์หยดเท่ากับ 0.53 mg vitamin C/g DW และ 0.03 mg GAE/g DW ตามลำดับ ดังนั้น

ข้าวกล้องเมล็ดฝ้ายจึงถูกเลือกนำไปศึกษาต่อเนื่องจาก ฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่ากล้องสังข์หยด
มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณ

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางด้านเคมีของแป้งข้าวกล้องไร่นคร

คุณสมบัติ	แป้งข้าวกล้อง	
	เมล็ดฝ้าย	สังข์หยด
		
ทางด้านกายภาพ		
- ค่าสี		
L*	48.26±0.01	79.81±0.19
a*	4.91±0.02	3.69±0.09
b*	0.87±0.01	14.17±0.07
- ขนาดอนุภาค (µm)	250	250
ทางด้านเคมี		
- ความชื้น (%w/w)	10.52±0.15	10.70±0.45
- โปรตีน (%w/w)	7.25±0.09	8.81±0.06
- ไขมัน (%w/w)	2.55±0.08	1.87±0.34
- เส้นใย (%w/w)	0.77±0.90	4.45±0.13
- เถ้า (%w/w)	1.73±0.02	1.08±0.06
- คาร์โบไฮเดรต (%w/w)	77.95±0.05	73.72±0.03
- น้ำอิสระ (a _w)	0.52±0.01	0.44±0.01
- การต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH (mg vitamin C/g DW)	6.94±0.11	0.53±0.04
- ฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/g DW)	0.74±0.009	0.03±0.01

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่า SD (3 ซ้ำ)

1.2 คุณภาพทางด้านกายภาพและทางด้านเคมีของผงจิ้งหรีด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของผงจิ้งหรีด (ตารางที่ 4) พบว่า ผงจิ้งหรีดอบแห้งมีสีน้ำตาลเข้ม ขนาดอนุภาค 1 mm มีค่าสี (L*, a* และ b*) เท่ากับ 32.13, 6.40 และ 14.85 ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Bassett (2018) ศึกษาเปรียบเทียบ

คุณสมบัติเชิงหน้าที่ คุณค่าทางโภชนาการและด้านประสาทสัมผัสของผงจิ้งหรีดอบแห้ง (แบบพ่นฝอยและตู้อบ) พบว่า ค่าสี (L*, a* และ b*) เท่ากับ 34.68 10.58 และ 19.72 ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของผงจิ้งหรีด (ตารางที่ 4) พบว่า ผงจิ้งหรีดมีปริมาณโปรตีนและไขมันสูงโดยมีค่า 60.40% และ 16.92% (w/w) ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ

Bassett (2018) ที่รายงานว่าจิ้งหรีดมีปริมาณโปรตีนและไขมัน 65.875 และ 17.70% (w/w) ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Udomsil *et al.* (2019)

ดังตารางที่ 4 ดังนั้น ผงจิ้งหรีดเป็นแหล่งของสารอาหารสำคัญโดยเฉพาะโปรตีนและไขมันจึงเหมาะจะนำไปใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ

ตารางที่ 4 คุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางด้านเคมีของผงจิ้งหรีดอบแห้ง

คุณสมบัติ	สายพันธุ์		
	ทองแดงลาย ^a	ทองแดงลาย ^b	ทองคำ ^b
ทางกายภาพ			
- ค่าสี			
L*	32.13±0.42	na	na
a*	6.40±0.14	na	na
b*	14.85±0.30	na	na
- ขนาดอนุภาค (mm)	1.00	na	na
ทางเคมี			
- ความชื้น (%w/w)	12.64±0.01	6.30±0.04	3.00±0.03
- โปรตีน (%w/w)	60.40±0.25	71.70±0.50	60.70±0.40
- ไขมัน (%w/w)	16.92±4.07	10.40±0.10	23.40±0.10
- เส้นใย (%w/w)	12.93±0.57	4.60±0.20	10.0±0.30
- เถ้า (%w/w)	3.81±0.05	5.40±0.30	2.80±0.06
- คาร์โบไฮเดรต (%w/w)	6.23±0.69	1.60±0.10	0.10±0.01
- น้ำอิสระ (a _w)	0.48±0.01	na	na

หมายเหตุ: ^a งานวิจัยนี้ ^b Udomsil *et al.* (2019) na: ไม่ได้วิเคราะห์

2. ผลของอัตราส่วนของผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพของเอ็กซ์ทราคต

การศึกษาปริมาณผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพของเอ็กซ์ทราคต แสดงดังตารางที่ 5 พบว่า การเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีด 0-20 (%w/w) ส่งผลให้ลักษณะปรากฏของเอ็กซ์ทราคตที่ได้มีสีเข้มขึ้นตามปริมาณของผงจิ้งหรีดสามารถอธิบายได้ว่าเกิดมาจากลักษณะของผงจิ้งหรีดมีสีน้ำตาลเข้ม แต่ค่า L* ลดลงจาก 70.84 เป็น 54.18 ส่วนค่า a* เพิ่มขึ้นจาก 6.89 เป็น 9.04 และค่า b* ลดลงจาก 37.64 เป็น 25.72 ตามปริมาณผงจิ้งหรีดที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับ Alam *et al.* (2019) ซึ่งศึกษาผลของ

กระบวนการเอ็กซ์ทราคชัน ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์เอ็กซ์ทราคตเสริมแมลง พบว่า ค่า L* ลดลงจาก 59.10 เป็น 29.7 ค่า a* เพิ่มขึ้นจาก 1.90 เป็น 4.60 และค่า b* ลดลงจาก 26.20 เป็น 4.30 ตามปริมาณแมลงที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าการฟองตัวมีค่าลดลงจาก 5.13 เป็น 2.61 การฟองตัวของผลิตภัณฑ์อาหารในระบบเอ็กซ์ทราคชันเกิดจากความแตกต่างของความดันตรงบริเวณหน้าแปลนและความดันบรรยากาศภายนอก โดยการฟองตัวเกิดขึ้นเนื่องจากองค์ประกอบที่เป็นแก๊สเกิดเจลาตินในเซชัน แป้งสุกและหลอมเหลวที่บริเวณหลังหน้าแปลน เมื่อความดันในเครื่องเพิ่มสูงขึ้น และแป้ง

ที่หลอมเหลวถูกผลักดันผ่านหน้าแปลนมาสู่ความดันบรรยากาศที่ต่ำกว่าทำให้น้ำในอาหารเกิดการระเหยตัวอย่างรวดเร็ว ในขณะที่เดียวกันก็ดันเนื้อเยื่ออาหารให้โป่งพองออกเกิดโครงสร้างที่เป็นรูพรุน ผลลัพธ์จึงมีการพองตัวขึ้น ค่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.15 เป็น 3.41 kN เมื่อปริมาณผงจึงหรีดเพิ่มขึ้นจาก 0% เป็น 20% (w/w) สอดคล้องกับ Azzollini *et al.* (2018) ที่ศึกษาผลของสูตรและสภาวะของกระบวนการต่อโครงสร้างขนาดจุลภาค ลักษณะเนื้อสัมผัสและการย่อยขนมขบเคี้ยวเสริมแมลงซึ่ง พบว่า ค่าความแข็งขนมขบเคี้ยวจะมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.12 เป็น 0.49 kN เมื่อปริมาณแมลงเพิ่มขึ้น จาก 0% เป็น 20% (w/w) เนื่องจากความเป็นรูพรุนในตัวอย่างลดลงต่ำกว่า 50% จากปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้น 2% เมื่อปริมาณโปรตีน

เพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการพองตัวลดลง และมีความหนาแน่นสูง เนื่องมาจากแป้งเกิดการรวมตัวกับโปรตีนหากให้ความร้อนทำให้โมเลกุลโปรตีนเกิดอันตรกิริยา (Interaction) กับสายอะไมโลส ส่งผลให้แป้งมีอัตราการดูดซับน้ำลดลง การเกิดเจลลาตินในช่องสตาร์ชต่ำ จึงทำให้เม็ดแป้งมีอัตราการพองตัวลดลง นอกจากนี้ ปริมาณไขมันในผงโปรตีนจะส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะและคุณสมบัติของแป้งโดยไขมัน จะลดการจับตัวกับ น้ำของแป้งทำให้ความสามารถในการพองตัวของเม็ดแป้งลดลงเช่นกัน (Sriwilai *et al.*, 2018) ดังนั้น ปริมาณผงจึงหรีดที่ 5% (w/w) ได้นำไปศึกษาต่อเพราะมีค่าการพองตัวสูงสุด และค่าความแข็งที่ไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุม

ตารางที่ 5 ผลของปริมาณผงจึงหรีดต่อคุณสมบัติทางด้านกายภาพเอ็กซ์ทรูเดต

ผงจึงหรีด (%)	ความแข็ง (kN)	อัตราการพองตัว	สี		
			L*	a*	b*
0	0.15 ^c ± 0.04	5.13 ^a ± 0.13	70.84 ^a ± 0.11	6.89 ^d ± 0.06	37.64 ^a ± 0.53
5	0.16 ^c ± 0.02	4.14 ^b ± 0.02	68.56 ^b ± 0.16	7.67 ^c ± 0.04	29.91 ^b ± 0.05
10	0.88 ^b ± 0.01	3.70 ^c ± 0.02	62.60 ^c ± 0.14	8.42 ^b ± 0.08	29.02 ^c ± 0.08
15	1.06 ^b ± 0.01	2.73 ^d ± 0.05	59.96 ^d ± 0.13	8.42 ^b ± 0.08	28.21 ^d ± 0.04
20	3.41 ^a ± 0.27	2.61 ^d ± 0.06	54.18 ^c ± 0.32	9.04 ^a ± 0.01	25.72 ^c ± 0.15

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

3. ผลของปริมาณแป้งข้าวกล้องไร่นครต่อคุณภาพของเอ็กซ์ทรูเดต

การศึกษ ปริมาณแป้งข้าวกล้องไร่นคร (0-40% w/w) ปริมาณผงจึงหรีด 5% w/w ต่อคุณภาพของเอ็กซ์ทรูเดต แสดงดังภาพที่ 1 และตารางที่ 6 พบว่า ลักษณะโครงสร้างภายในที่เป็นรูพรุนของเอ็กซ์ทรูเดตแต่ละสูตรจะแตกต่างกัน ส่วนลักษณะจากภายนอกด้าน สี ของเอ็กซ์ ทรูเดต มีการ

เปลี่ยนแปลงจากสีเหลืองทองเป็นน้ำตาลเข้มมากขึ้นตามปริมาณของแป้งข้าวกล้องไร่นครทั้ง 2 สายพันธุ์ที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางด้านเคมีของเอ็กซ์ทรูเดตแป้งข้าวกล้องไร่นครทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่า ค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 6.59-7.82% (w/w) ค่าการพองตัวมีค่าลดลง เนื่องมาจากแป้งข้าวกล้องมีปริมาณใยอาหารและไขมันค่อนข้างสูงซึ่งใยอาหารจะขัดขวางการพองตัวเม็ดแป้งทำให้

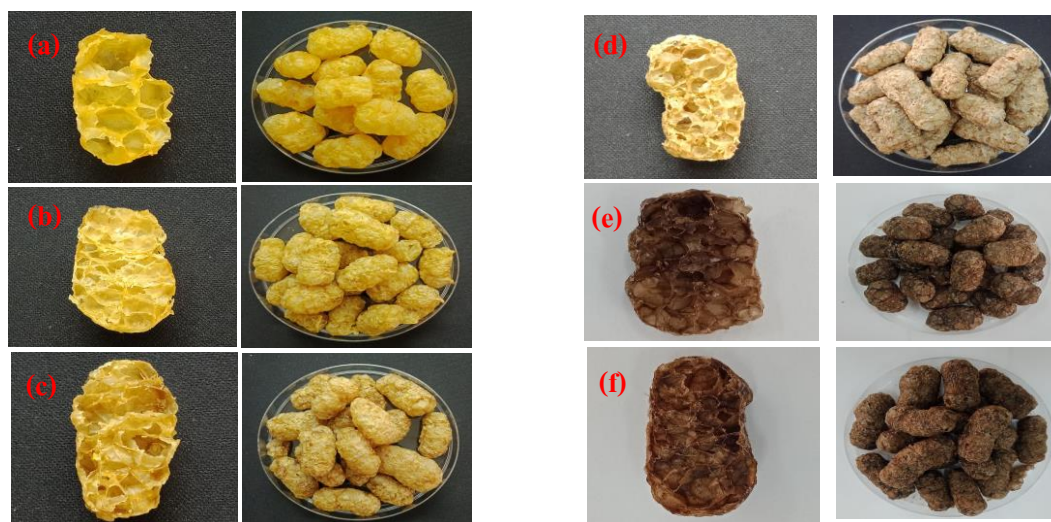
ผลิตภัณฑ์พองตัวได้น้อยและไม่สม่ำเสมอ และองค์ประกอบของไขมันอาจจะลดการพองตัวของเม็ดแป้งโดยไปขัดขวางการดูดซึมน้ำของแป้ง (Lekjing *et al.*, 2019) ส่วนความหนาแน่นรวมมีค่าเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นรวมเป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงการพองตัวของผลิตภัณฑ์ โดยที่เอ็กซ์ทรูเดที่พองตัวได้มากจะมีค่าความหนาแน่นรวมต่ำ ในขณะที่เอ็กซ์ทรูเดที่พองตัวน้อยจะมีความหนาแน่นรวมสูง ลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นสมบัติที่สำคัญสมบัติหนึ่งของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีผลต่อการตัดสินใจและการเลือกซื้อของผู้บริโภคโดยลักษณะเนื้อสัมผัสนี้เกิดขึ้นจากการที่แป้งได้รับความร้อนและความดัน

ภายในเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ทำให้อุณหภูมิภายในอาหารเกิดการระเหยตัวออกไปและเกิดการพองตัวขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์ออกจากเครื่องแล้ว การพองตัวนี้สัมพันธ์กับความแข็ง และความกรอบของผลิตภัณฑ์โดยการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยการวัดแรงตัดสูงสุดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์แตกหักเลียนแบบการเคี้ยวด้วยฟันแปรผลในเทอมของความแข็ง พบว่า ค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้น แต่ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) มีค่าลดลงเนื่องมาจากสารสีจำพวกแอนโทไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุตามธรรมชาติที่มีอยู่แล้วในแป้งข้าวกล้อง (Lekjing *et al.*, 2019) (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 คุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางด้านเคมีเอ็กซ์ทรูเดแป้งข้าวกล้องไร้เนย

สูตร	คุณสมบัติทางด้านกายภาพ					คุณสมบัติทางด้านเคมี	
	อัตราการใช้พองตัว	สี			ความแข็ง (kN)×10 ⁻³	ความหนาแน่นรวม (g/mL)×10 ⁻²	ความชื้น (%)
		L*	a*	b*			
ควบคุม	3.91 ^a ±0.15	57.91 ^a ±1.42	7.77 ^a ±0.30	35.81 ^a ±0.42	5.51 ^c ±1.90	3.85 ^c ±0.0009	7.49 ^a ±0.17
1	3.67 ^b ±0.04	53.19 ^b ±1.40	4.30 ^c ±0.12	21.65 ^b ±0.55	7.17 ^b ±2.22	4.56 ^b ±0.0016	7.82 ^a ±0.07
2	3.45 ^c ±0.18	46.90 ^c ±0.02	5.37 ^b ±0.02	21.65 ^{cb} ±0.55	7.25 ^b ±2.32	5.38 ^a ±0.0041	6.74 ^b ±0.21
3	3.40 ^c ±0.11	43.80 ^d ±0.67	5.30 ^b ±0.11	17.79 ^c ±0.34	7.61 ^b ±1.69	5.59 ^a ±0.0028	7.09 ^b ±0.02
4	3.22 ^d ±0.20	37.85 ^c ±1.27	5.31 ^b ±0.08	17.44 ^c ±0.04	8.29 ^a ±1.78	5.70 ^a ±0.0014	6.59 ^c ±0.03
5	3.00 ^e ±0.17	35.30 ^c ±0.30	5.93 ^b ±0.04	12.15 ^d ±0.27	8.42 ^a ±4.50	5.83 ^a ±0.0038	6.73 ^c ±0.15

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)



ภาพที่ 1 ลักษณะปรากฏเอ็กซ์ทรูเดตแป้งข้าวกล้องไร่นคร: (a) สูตรควบคุม (b) สูตรที่ 1 (c) สูตรที่ 2 (d) สูตรที่ 3 (e) สูตรที่ 4 (f) สูตรที่ 5

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบ โดยรวมของผลิตภัณฑ์เอ็กซ์ทรูเดตที่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องไร่นครเสริมผงจิ้งหรีดในปริมาณแตกต่างกันได้แสดงผลในตารางที่ 7 พบว่า ผลิตภัณฑ์เอ็กซ์ทรูเดตจากข้าวไร่นครมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สีและความชอบรวมลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม เนื่องจากผลิตภัณฑ์เอ็กซ์ทรูเดตจากข้าวไร่นคร

มีลักษณะการพองตัวไม่ดีไม่สม่ำเสมอ และสีจะเข้มมากขึ้น ในขณะที่ความชอบด้านกลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เอ็กซ์ทรูเดตสูตรที่ 3 (แป้งข้าวกล้องไร่นคร 30% (เมล็ดในฝ้าย 5%, สังข์หยด 15%)) ได้รับคะแนนเนื้อสัมผัสและความชอบรวมไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุม เอ็กซ์ทรูเดตมีคะแนนความชอบรวมสูงสุด (7.67) เปรียบเทียบกับตัวอย่างทดลองอื่น ๆ

ตารางที่ 7 คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของเอ็กซ์ทรูเดตข้าวไร่นคร

สูตร	คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รส	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
ควบคุม	7.53 ^a	7.40 ^a	7.50 ^{ab}	7.93 ^a	7.70 ^a
1	7.20 ^{ab}	7.37 ^a	7.53 ^{ab}	7.70 ^a	7.23 ^b
2	7.20 ^{ab}	7.43 ^a	7.20 ^b	7.60 ^a	7.23 ^b
3	7.30 ^{ab}	7.43 ^a	7.73 ^a	7.80 ^a	7.67 ^a
4	6.93 ^b	7.30 ^a	7.43 ^{ab}	7.93 ^a	7.30 ^{ab}
5	6.90 ^b	7.30 ^a	7.40 ^{ab}	7.67 ^a	7.23 ^b

เมื่อนำผลิตภัณฑ์เอ็กซ์ทราคต์ที่เหมาะสม (สูตรที่ 3) ปริมาณบรรจุ 30 กรัม ไปวิเคราะห์ผลากโภชนาการ (บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด) พบว่า มีค่าพลังงาน 110 kcal น้ำตาล

< 1 g ไขมัน 1.5 g และ โซเดียม 100 mg (ภาพที่ 2) ตามลำดับ

ฉลากโภชนาการไทย (ย่อ)

ข้อมูลโภชนาการ	
หนึ่งหน่วยบริโภค : 1 ถ้วย (30 กรัม)	
จำนวนหน่วยบริโภคต่อถ้วย : 1	
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค	
พลังงานทั้งหมด 110 กิโลแคลอรี	
ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *	
ไขมันทั้งหมด 1.5 ก.	2%
คอเลสเตอรอล น้อยกว่า 5 มก.	1%
โปรตีน 3 ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 22 ก.	7%
น้ำตาล น้อยกว่า 1 ก.	
โซเดียม 100 มก.	5%

* ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี

คุณค่าทางโภชนาการต่อ 1 ถ้วย

พลังงาน	น้ำตาล	ไขมัน	โซเดียม
110	น้อยกว่า 1	1.5	100
กิโลแคลอรี	กรัม	กรัม	มิลลิกรัม
*6%	*1%	*2%	*5%

* คิดเป็นร้อยละของปริมาณสูงสุดที่บริโภคได้ต่อวัน

ภาพที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของเอ็กซ์ทราคต์ข้าวไร้นครเสริมผงจิ้งหรีด

สรุป

คุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวกล้องไร้นครทั้งสองสายพันธุ์ (เมล็ดฝ้ายและสังข์หยด) เป็นข้าวที่มีสี ขนาดอนุภาค 250 μm ค่า L^* เท่ากับ 48.26-79.81 ค่า a^* เท่ากับ 3.69-4.91 และค่า b^* เท่ากับ 0.87-14.17 ส่วนคุณสมบัติทางเคมีของแป้งข้าวกล้องไร้นครทั้งสองสายพันธุ์มีค่าโปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้าและคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 7.25-8.81%, 1.87-2.55%, 0.77-4.45%, 1.08-1.73% และ 73.72-77.95% (w/w) ตามลำดับ ค่าการต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของแป้งข้าวกล้องเมล็ดฝ้าย (6.94 mg vitamin C/g DW และ 0.74 mg GAE/g DW) มีค่าสูงกว่าแป้งข้าวกล้องสังข์หยด (0.53 mg vitamin C/g DW และ 0.03 mg GAE/g DW) สำหรับผงจิ้งหรีดมีสีน้ำตาลเข้ม ขนาดของอนุภาค 1 mm ค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 32.13 6.40 และ 14.85 ตามลำดับ และมี

ปริมาณโปรตีน (60.40%w/w) และไขมัน (16.92%w/w) ที่สูง การเพิ่มปริมาณผงจิ้งหรีดและปริมาณข้าวกล้องไร้นครเมืองนครจะส่งผลต่อเอ็กซ์ทราคต์ทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ส่วนค่าการพองตัวลดลง และค่าสีมีค่า L^* และ b^* ลดลง แต่ค่า a^* เพิ่มขึ้น ผลของสัดส่วนของผงจิ้งหรีดและข้าวกล้องเมล็ดฝ้าย 5% (w/w) จะได้เอ็กซ์ทราคต์ (ค่าการพองตัวสูงและค่าความแข็งต่ำ) เหมาะสมที่สุด โดยการเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องไร้นครจะส่งผลให้เอ็กซ์ทราคต์มีค่าการพองตัว ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ลดลง แต่ค่าความหนาแน่นรวมและค่าความแข็งเพิ่มขึ้น โดยที่แป้งข้าวกล้องไร้นครเมืองนคร 30% (w/w) และผงจิ้งหรีด 5% (w/w) ได้เอ็กซ์ทราคต์มีค่าคะแนนความชอบรวมสูงสุด (7.67) และคุณค่าทางโภชนาการของเอ็กซ์ทราคต์ (ขนาดบรรจุ 30 g) มีค่าพลังงาน น้ำตาล

ไขมันและโซเดียมเท่ากับ 110 kcal, < 1 g, 1.5 g และ 100 mg ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- Alam, M.R., Scampicchio, M., Angeli, S. and Ferrentino, G. 2019. Effect of hot melt extrusion on physical and functional properties of insect based extruded products. **Journal of Food Engineering** 259: 44-51.
- AOAC. 2000. **Official Methods of AOAC International**. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Inc, USA.
- Arsanahsark, P., Kongthong, S. and Chooklin, S. 2021. Utilization of Anchovy Head Residues Supplemented with Protein and Calcium in Food Products. **RMUTSV Research Journal** 13(1): 201-215. (in Thai)
- Azzollini, D., Derossi, A., Fogliano, V., Lakemond, C.M.M. and Severini, C. 2018. Effects of formulation and process conditions on microstructure, texture and digestibility of extruded insect-riched snacks. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** 45: 344-353.
- Bassett, F.S. 2018. Comparison of functional, nutritional, and sensory properties of spray-dried and oven-dried cricket (*Acheta domesticus*) powder. Master Thesis of science, Brigham Young University.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food Science and Technology** 28(1): 25-30.
- Chaiyakul, S., Jangchud, K., Jangchud, A. and Wuttijumnong, P. 2009. Effect of extrusion on physical and chemical properties of high protein glutinous rice-base snack. **LWT-Food Science and Technology** 42(3): 781-787.
- Chanlat, N., Songsermpong, S., Charunuch, C. and Naivikul, O. 2011. Twin - screw extrusion of pre-germinated brown rice: physicochemical properties and γ -aminobutyric acid content (GABA) of extruded snacks. **International Journal of Food Engineering** 7(4): 1-15.
- Chooklin, S. 2013. Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from brown rice and their antioxidant activities. **Kasetsart Journal (Natural Science)** 47: 864-873.
- Food Intelligence Center. 2016. **Snack Industry**. Available Source: http://www.fic.nfi.or.th/foodindustry_ceo_view.php?smid=1327, August 28, 2021. (in Thai)
- Hanboonsong, Y., Jamjanya, T. and Durst, P. 2013. **Six-legged livestock: edible insect farming, collection and marketing in Thailand**. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Thailand.
- Jampchanya, T., Thaworanukulkit, C. and Utthamawetin, P. 2007. **Production of edible insects for economy and nutrition of community: crickets**. Available Source: https://www.agkb.lib.ku.ac.th/kku/search_detail/result/160790, February 23, 2023. (in Thai)
- Lekjing, S., Noonim, P., Boottajean, S. and Chantawong, P. 2019. Effect of substitution of wheat flour with Sangyod brown rice flour

- on physicochemical and sensory qualities in snack product. **Khon Kaen Agriculture Journal** 47: 679-684. (in Thai)
- Liang, Y., Hosahalli, S. and Ramaswamy, J.B. 2013. Protein rich extruded products prepared from soy protein isolate-corn flour blends. **LWT-Food Science and Technology** 50: 279-289.
- Posiri, D., Jumruskarn, R., Plaiduang, S., Suwanno, S., Boonyanupong, U., Klinmanee, C., Thongdej, O., Sengsim, P., Kaewnango, E., Rattana, P., Wongpiyachon, S., Cheapun, K., Sukviwat, W. and Wasusun, A. 2020. Med Fai 62, a Non-glutinous Rice Variety. **Thai Rice Research Journal** 11(1): 44-57. (in Thai)
- Promkhan, S., Saithi, S. and Wongbasg, C. 2020. Effect of drying conditions and shelf life of crispy cricket product. **Khon Kaen Agriculture Journal** 48(1): 1-12. (in Thai)
- Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods Enzymol** 299: 152-179.
- Somto, S. 2004. Physical and chemical characteristics and stability of Thai pigmented rice. Master Thesis of Food Technology, Silpakom University. (in Thai)
- Sriwilai, S., Chalermchaiwat, P., Siriwong, N. and Chantaro, P. 2018. The influence of barrel temperature and feed moisture on chemical, physical and sensory quality of high protein extrudates from khao dawk mali 105 brown rice flour. **King Mongkut's Agricultural Journal** 36(3): 158-167. (in Thai)
- Suriya, K. and Worrasuwanrak, C. 2016. **Brown Rice and Whey Protein on Physical and Chemical Properties of Product**. Available Source: https://www.agro.cmu.ac.th/agro60/school/fst/601499/research_exercise_journal/file_upload/551310012.pdf, August 28, 2021. (in Thai)
- Trade Policy and Strategy Office. 2022. **Insect protein alternatives and value-added of agricultural products**. Available Source: <http://www.tpso.moc.go.th/th/node/11829>, July 18, 2022. (in Thai)
- Udomsil, N., Imsoonthornruksa, S., Gosalawit, C. and Ketudat-Cairns, M. 2019. Nutritional values and functional properties of house cricket (*Acheta domesticus*) and field cricket (*Gryllus bimaculatus*). **Food Science and Technology Research** 25(4): 597-605.