PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index

บทความวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันเสริมอินูลิน

สุธาสินี ทองนอก*

สาขาวิชาการจัดการอาหารและบริการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80240

ข้อมูลบทความ

Article history
รับ: 25 พฤศจิกายน 2565
แก้ไข: 13 มีนาคม 2566
ตอบรับการตีพิมพ์: 22 มีนาคม 2566
ตีพิมพ์ออนไลน์: 25 เมษายน 2566

คำสำคัญ
ขนมพองกรอบ
อินูลิน
แป้งข้าวสังข์หยด
เอกซ์ทรูชัน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพจากข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบเสริมอินูลินที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน พบว่าข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุง มีค่า Water activity (a_w) เท่ากับ 0.56 ค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 61.75, 8.16 และ 13.06 ตามลำดับ องค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยความชื้น ไขมัน ใยอาหาร เถ้า โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 9.45, 2.58, 3.87, 1.25, 8.28 และ 74.57 ตามลำดับ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 102.41 mg GAE/100 g sample และ 921.32 mg TE/100 g sample ตามลำดับ ผลจากการเพิ่มปริมาณอินูลินร้อยละ 5, 10 และ 15 ส่งผลให้เส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นและค่าความแข็งลดลงแต่อัตราการพองตัวและค่า L* เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณอินูลิน จากการผลิตขนมขบเคี้ยวด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน การเพิ่มปริมาณอินูลินส่งผลต่อค่า a* และ b* ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสี และกลิ่น ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่คะแนนความชอบด้านความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยอินูลินร้อยละ 10 ได้คะแนนความชอบด้านความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุด คุณค่าทางโภชนาการของขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน พบว่า ผลิตภัณฑ์มีพลังงานทั้งหมด 110 กิโลแคลลอรี พลังงานจากไขมัน 10 กิโลแคลลอรี ไขมันทั้งหมด 1 กรัม โปรตีน 2 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 24 กรัม แคลเซียม 2.17 มิลลิกรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค

บทนำ

การบริโภคอาหารและการดำรงชีวิตของประชากรไทยในปัจจุบันส่งผลต่อความเสี่ยงสำหรับการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง หรือโรค NCDs (Non-Communicable diseases) เป็นโรคที่เกิดจากการใช้ชีวิตประจำวันที่ไม่เหมาะสม ประกอบด้วย โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดสมองและหัวใจ โรคมะเร็ง โรคถุงลมโป่งพอง โรคความดันโลหิตสูง และโรคอ้วนลงพุง (Phondongnok et al., 2015) โดยในปี พ.ศ. 2552 พบว่าประเทศไทยมีสถิติการเสียชีวิตและผลกระทบจากผู้ป่วยกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ร้อยละ 73 และในปี พ.ศ. 2573 คาดว่าจะมีผู้เสียชีวิตเพิ่มสูงขึ้นเป็นร้อยละ 85 (Office of the Health Promotion Fund, 2018) อันเนื่องมาจากการบริโภคอาหารที่มีไขมันสูงและเกินความจำเป็นของร่างกาย โดยเฉพาะการบริโภคขนมขบเคี้ยวระหว่างมื้ออาหารหรือทดแทนมื้ออาหารบางมื้อ ซึ่งสอดคล้องกับ Rattanasakornchai (2018) ที่รายงานว่าพฤติกรรมการบริโภคอาหารของนักเรียนอายุระหว่าง 6-14 ปี ส่วนใหญ่นิยมการบริโภคขนมขบเคี้ยวแทนการบริโภคอาหารเช้า และเลือกบริโภคขนมขบเคี้ยวที่มีของแถมและมีสีสันน่ารับประทาน จากสถิติโรคติดต่อไม่เรื้อรังปี 2552 ประชากรไทยเกือบ 1 ใน 3 เข้าข่ายภาวะน้ำหนักเกิน ส่วนอีกร้อยละ 8.5 เข้าข่ายโรคอ้วน และมีการคาดการณ์ว่าโรคความดันโลหิตสูงทั่วโลกเพิ่มขึ้นถึงเป็น 1.56 พันล้านคน ในปี พ.ศ. 2568 โดยสาเหตุส่วนใหญ่มาจากปัจจัยการดำเนินชีวิตที่เปลี่ยนไป เช่น การมีกิจกรรมทางกายน้อย การบริโภคอาหารที่มีส่วนประกอบของเกลือและไขมันสูง (Samaisong, 2020) เนื่องจากขนมขบเคี้ยวมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ แป้ง น้ำตาล ไขมัน และเกลือ ซึ่งให้พลังงานสูง

ในปี พ.ศ. 2564 ขนมขบเคี้ยวมีอัตราการเจริญเติบโต ร้อยละ 7.10 จากปี พ.ศ. 2563 มีมูลค่าตลาดรวม 45,338 ล้านบาท (Eurominitor International, 2022) โดยปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการบริโภคขนมขบเคี้ยว คือกระแสสื่อสังคมออนไลน์ (Social media) ซึ่งผู้บริโภคสามารถเข้าถึงแหล่งอาหารได้ง่าย ประกอบกับทิศทางการบริโภคอาหารของผู้บริโภคในปัจจุบันเปลี่ยนไป โดยหันมาให้ความสำคัญเกี่ยวกับอาหารและสุขภาพมากขึ้น ซึ่งนอกจากผู้บริโภคจะมีความต้องการอาหารว่างที่มีใยอาหาร และโปรตีนสูงแล้ว (Waratornpaibul, 2014) ยังมีความต้องการขนมขบเคี้ยวที่สามารถบริโภคแทนอาหารมื้อหลักได้ (Snackification) ซึ่งกระบวนการผลิตขนมขบเคี้ยวที่นิยมใช้คือกระบวนการเอกซ์ทรูชัน (Extrusion) ที่ผลิตด้วยเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ (Extruder) เป็นการใช้อุณหภูมิสูงระยะเวลา

*Corresponding author
E-mail address: sutasinee.s@rmutsv.ac.th (S. Thongnok)
Online print: 25 April 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. https://doi.org/10.14456/paj.2023.3

สั้น ลักษณะของขนมขบเคี้ยวจะมีความพองตัวโดยที่ไม่ผ่านกระบวนการทอดที่ใช้น้ำมัน ลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบและการเพิ่มปริมาณใยอาหารจากอินูลิน (Inulin) เป็นใยอาหารที่สกัดจากพืชและสามารถละลายน้ำได้ประกอบด้วยพอลิเมอรของฟรุคโตสอาจมีน้ำตาลกลูโคสอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ ถ้ามีน้ำตาลกลูโคสจะมีเพียง 1 โมเลกุล อยู่ที่ปลายด้านใดด้านหนึ่ง มีระดับการเกิดพอลิเมอร (Degree of polymerization, DP) เท่ากับ 2-60 ซึ่งยึดเกาะกันด้วยพันธะ β-2,1 ที่ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในกระเพาะอาหาร แต่สามารถถูกย่อยได้โดยแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ อินูลินมีค่าดัชนีน้ำตาลในอาหาร (Glycemic Index) ต่ำ จึงช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด นอกจากนี้มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกอาหารของแบคทีเรียที่มีประโยชน์อยู่ในลำไส้ใหญ่มนุษย์ ทำให้แบคทีเรียเหล่านี้เพิ่มจำนวนมากขึ้น จึงช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคและช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกาย

ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันเสริมอินูลิน ซึ่งน่าสนใจอย่างยิ่งเพราะสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่รักสุขภาพในยุคปัจจุบัน

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

กระบวนการผลิตแป้งจากข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุง

นำข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด Pin mill แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช ได้แป้งข้าวขนาด 250 ไมครอน เก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมสำหรับการผลิตขนมขบเคี้ยวในข้อต่อไป

การศึกษาปริมาณของอินูลินที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดกรอบพองใยอาหารสูงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน

ศึกษาอัตราส่วนของอินูลิน (DPO Thailand, Ltd.) ร้อยละ 5, 10 และ 15 ของส่วนประกอบในการผลิต (แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้องสังข์หยด เกล็ดข้าวโพด น้ำมันพืช แคลเซียมคาร์บอเนต และน้ำร้อยละ 29, 20, 46, 3, 1 และ 1 ตามลำดับ) ด้วยแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยใช้ชุดการทดลองที่ไม่เติมอินูลินเป็นตัวควบคุม นำส่วนผสมที่ได้ไปแปรรูปเป็นขนมขบเคี้ยวด้วยเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ชนิดสกรูคู่ที่สภาวะความชื้นร้อยละ 11 ความเร็วรอบของสกรู 380 รอบต่อนาที อุณหภูมิบาร์เรล 140 องศาเซลเซียส (ดัดแปลงตามวิธีของ Devi et al., 2013) นำเอกซ์ทรูเดตที่ได้ไปอบไล่ความชื้นด้วยตู้อบความร้อนแบบถาด (Tray Dryer) อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที แล้วจึงนำเอกซ์ทรูเดตเก็บในถุงพอลีเอทีลีนที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) นำไปตรวจสอบคุณภาพต่าง ๆ ดังนี้

1. การสกัดตัวอย่างเอกซ์ทรูเดตเพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

สกัดตัวอย่างเอกซ์ทรูเดตตามวิธีของ Chalermchaiwat et al. (2015) โดยชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ใส่สารละลายเมทานอล (ความเข้มข้นร้อยละ 100) กวนผสมที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำไปแยกส่วนใสออกด้วยการหมุนเหวี่ยง (ความเร็วรอบ 2500 x g นาน 10 นาที) จากนั้นนำส่วนผสมที่เหลือไปสกัดซ้ำ 2 ครั้งตามวิธีข้างต้น ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยเมทานอล

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดตามวิธีของ Chalermchaiwat et al. (2015) โดยปิเปตสารสกัดตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 1 ปริมาณ 0.50 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง เติม Folin-Ciocalteau's reagent 2.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 3 นาที เติม Sodium carbonate ร้อยละ 7.5 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาในที่มืด ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที วัดค่าด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร) จำนวน 3 ซ้ำ รายงานหน่วยเป็น มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/100 กรัม โดยน้ำหนักแห้ง สารมาตรฐานที่ใช้ในการเทียบ คือ กรดแกลลิก (Gallic acid)

3. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH ตามวิธีของ Chalermchaiwat et al. (2015) โดยปิเปตสารสกัดของตัวอย่างที่ได้จากการเตรียมในข้อ 1 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.2 มิลลิโมล ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที วัดค่าโดยใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร) จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้โทรลอกซ์ (Trolox) เป็นสารมาตรฐานในการเทียบฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน

4. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

4.1 ค่าสี (L* a* และ b*)

วิเคราะห์โดยเครื่อง Hunter Lab ได้แก่ ค่าสี L* (ความสว่าง) a* (สีแดง) b* (สีเหลือง) ทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

4.2 ค่าความหนาแน่น (Bulk density)

ดัดแปลงตามวิธีการของ Chanlat et al. (2011) โดยการใช้กระบอกตวง เทตัวอย่างลงไปประมาณ 2/3 ของกระบอกตวง จากนั้นเคาะ 15 ครั้ง เติมตัวอย่างที่เหลือให้ล้นกระบอกตวง แล้วทำการเคาะอีก 5 ครั้ง ปาดตัวอย่างที่เกินขอบกระบอกตวง ชั่งน้ำหนักแล้วนำค่าไปหารด้วยปริมาตรจะได้ค่าความหนาแน่น วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

4.3 อัตราการพองตัว (Expansion ratio)

ดัดแปลงตามวิธีการของ Ding et al. (2005) รายงานหน่วยเป็นเท่า วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยคำนวณได้จาก อัตราการพองตัวเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางเอกซ์ทรูเดตหารด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าดาย

4.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)

โดยวัดค่าความแข็ง (Hardness) ดัดแปลงตามวิธีการของ Chalermchaiwat et al. (2015) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ใช้หัววัดแบบ P50 หน่วยเป็นนิวตัน (N) วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

4.5 ปริมาณเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber)

วิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำตามวิธีของ AACC (2010)

5. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ใช้วิธีการแบบ 9-point hedonic scale ประเมินในด้านสี

กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวมกับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน เกณฑ์การตัดสิน คือ หากผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในระดับต่ำกว่า 5 คะแนน (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ) ถือว่าชุดการทดลองนั้นไม่ผ่านการคัดเลือก

6. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

นำขนมขบเคี้ยวที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อที่ 5 มาทำการการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ปริมาณความชื้น และคุณค่าทางโภชนาการ (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางกายภาพ ที่ได้จากการศึกษาปริมาณของอินูลินที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดกรอบพองใยอาหารสูงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุง แสดงดัง Table 1 พบว่า ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) มีค่า 0.56 การวิเคราะห์คุณภาพแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุง พบว่า ค่า a_w มีค่าต่ำกว่า 0.60 นั้น แสดงให้เห็นว่าแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงเป็นอาหารประเภทของแห้งและมีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ เนื่องจากแบคทีเรียเกือบทุกชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.9 และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.7 (Rattanapanone, 2008) ด้านความชื้น มีค่าร้อยละ 9.45 ซึ่งมีความชื้นอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมของธัญชาติ ธัญชาติจะมีความชื้นอยู่ในช่วงระหว่าง ร้อยละ 8-14 (Dehghan-Shoar et al., 2010) ค่าความสว่าง (L*) มีค่า 61.75 ค่าความเป็นสีแดง (a*) มีค่า 8.16 เนื่องจากข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงมีสีแดงจนถึงแดงเข้มในเมล็ดเดียวกัน ข้าวสารเป็นข้าวที่มีเมล็ดสีขาวปนแดงหรือสีชมพู (Banchuen et al., 2009) จึงส่งผลให้มีค่าความเป็นสีแดง (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มีค่า 13.06 จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่า ปริมาณไขมันในแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงมีค่าร้อยละ 2.53 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Banchuen et al. (2009) พบว่าปริมาณไขมันแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงเท่ากับร้อยละ 2.24 ปริมาณใยอาหารเท่ากับร้อยละ 3.87 เนื่องจากข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงเป็นข้าวที่มีใยอาหารสูงกว่าข้าวชนิดอื่น ปริมาณเถ้าเท่ากับร้อยละ 1.25 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 8.28 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 74.57 สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด มีค่า 102.41 mg GAE/100 g sample ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ส่วนมากจะพบในธัญพืชไม่ขัดสี เพราะข้าวสายพันธุ์ที่มีสีจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าข้าวสายพันธุ์สีขาว (Moongngarm, 2012) เนื่องจากสารแอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุสีแดงที่อยู่บริเวณเยื่อหุ้มเมล็ดของข้าว มีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันซึ่งมีเฉพาะในข้าวที่มีสีเข้มและไม่พบในข้าวขัดขาว ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH มีค่า 921.32 mg TE/100 g sample

Table 1 Physical and chemical properties of Sung Yod Phatthalung brown rice flour

Quality	Values
Physical properties	
Water activity (a_w)	0.56±0.00
Color values	
L*	61.75±0.84
a*	8.16±0.09
b*	13.06±0.35
Chemical properties	
Moisture (%)	9.45±0.18
Fat (%)	2.58±0.32
Fiber (%)	3.87±0.07
Ash (%)	1.25±0.09
Protein (%)	8.28±0.06
Carbohydrate (%)	74.57±0.19
Total phenolic content (mg GAE/100 g sample)	102.41±0.04
Antioxidant activity (mg TE/100 g sample)	921.32±0.56

ผลการศึกษาปริมาณของอินูลินต่อคุณภาพขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน

ผลการศึกษาปริมาณของอินูลินต่อคุณภาพขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน แสดงดัง Table 2 ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และเส้นใยอาหาร พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณอินูลินส่งผลให้เส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นแต่กลับไม่พบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากการผลิตขนมขบเคี้ยวด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน ใช้อุณหภูมิสูงในการผลิต (140 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้ไม่พบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากจะสลายตัวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ส่วนผสมเมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิบาร์เรลนานส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลง สภาวะการผลิตที่มีปริมาณความชื้นของตัวอย่างป้อน ส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงเนื่องจากการเกิดโพลิเมอไรเซชั่นของสารประกอบ ฟีนอลิก

ทั้งหมดทำให้ความสามารถในการสกัดและการสลายตัวเนื่องจากความร้อนแตกต่างกัน (Xu et al., 2016)

ผลการศึกษาปริมาณของอินูลินต่อคุณภาพขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน แสดงดัง Table 3 ได้แก่ ค่าความหนาแน่น อัตราการพองตัว ค่าความแข็ง และค่าสี พบว่าการเพิ่มปริมาณอินูลินจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 5, 10 และ 15 ตามลำดับนั้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความหนาแน่นลดลง จาก 0.40 เป็น 0.34, 0.29 และ 0.23 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ สอดคล้องกับอัตราการพองตัวเพิ่มขึ้น จาก 1.52 เป็น 1.75, 1.94, 2.12 และ 2.64 เท่า ตามลำดับ แสดงดัง Figure 1 ซึ่งค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ประเภทกรอบพองจะสัมพันธ์กับการพองตัวของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่มีการพองตัวต่ำจะมีความหนาแน่นสูง ส่วนค่าความแข็งลดลงเกิดจากจากอินูลินซึ่งเป็นเส้นใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ดี จึงอาจไปแทรกตัวอยู่ในโครงสร้างเจลสตาร์ช ซึ่งการเติมเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ส่งผลให้ลักษณะของโดมีความเหนียวลดลง โดยอินูลินจะไปสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ จึงทำให้โครงสร้างของสตาร์ชลดลง ขนมขบเคี้ยวที่ได้จึงมีลักษณะพองตัวและมีค่าความแข็งที่ต่ำ (Peressini et al., 2015) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kaewjun (2015) ที่รายงานว่า การเติมอินูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ตั้งแต่ร้อยละ 8 ขึ้นไป ในผลิตภัณฑ์ข้าวแผ่นกรอบมีผลทำให้เนื้อสัมผัส (ค่าความแข็ง) ของข้าวแผ่นกรอบลดลง ด้านค่าความสว่าง (L*) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณอินูลินส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเกิดจากอินูลินมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว

ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9-point hedonic scale ทดสอบในผู้บริโภค 30 คน ในคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวม ของขนมขบเคี้ยวชนิดกรอบพอง ใยอาหารสูงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันที่ปริมาณอินูลินระดับต่าง ๆ Table 4 พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสี และกลิ่น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่คะแนนความชอบด้านความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยอินูลินร้อยละ 10 ได้คะแนนความชอบด้านความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุด เนื่องจากอินูลินเป็นเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำจึงสามารถช่วยลดความเหนียวของโครงสร้างของโดขนมขบเคี้ยวจึงพองตัวได้ดี สอดคล้องกับคุณภาพทางกายภาพด้านอัตราการพองตัวและความแข็ง ในขณะที่อินูลินร้อยละ 15 ขนมขบเคี้ยวมีการพองตัวและมีฟองอากาศมากเกินไป อีกทั้งอินูลินมีส่วนช่วยให้ความรู้สึกในปาก (Mouthfeel) นอกจากนี้อินูลินที่ใช้ยังช่วยให้รสหวานที่เป็นธรรมชาติแก่ผลิตภัณฑ์อีกด้วย และช่วยทำให้สามารถรับรสชาติในปากได้ดีขึ้น (Charoenkul, 2010) ดังนั้นปริมาณอินูลินร้อยละ 10 จึงเหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน (Central Laboratory, 2022) แสดงดัง Table 5 และฉลากโภชนาการแสดงดัง Figure 2 พบว่า ผลิตภัณฑ์มีพลังงานทั้งหมด 110 กิโลแคลอรี พลังงานจากไขมัน 10 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 1 กรัม โปรตีน 2 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 24 กรัม แคลเซียม 2.17 มิลลิกรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน ไม่พบไขมันอิ่มตัวและโคเลสเตอรอล โดยมีไขมันอิ่มตัว 0 กรัม โคเลสเตอรอล 0 กรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค หากเทียบคุณค่าทางโภชนาการที่ทดสอบจากห้องปฏิบัติการกลางต่อหน่วยบริโภคเดียวกันของขนมขบเคี้ยวที่นิยมบริโภคในท้องตลาด มีพลังงานทั้งหมด 160 กิโลแคลอรี พลังงานจากไขมัน 80 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 9 กรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ดังนั้นขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันเป็นขนมขบเคี้ยวที่มีการใช้ประโยชน์จากข้าวพื้นเมืองภาคใต้และเหมาะที่เป็นขนมทางเลือกเพื่อสุขภาพ

Table 2 Total phenolic compound, antioxidant activity and fiber content of extruded snack at different inulin content

Inulin (%)	Total phenolic content (mg GAE/100 g sample)	Antioxidant activity (mg TE/100 g sample)	Fiber (% w/w)
0	ND	ND	3.21 ± 0.24^{d}
5	ND	ND	3.64 ± 0.17^{c}
10	ND	ND	4.03 ± 0.35^{b}
15	ND	ND	4.33 ± 0.56^{a}

Remark $^{a-d}$ Different letters on the same column mean there are statistically significant differences ($p<0.05$).
ND = Not detected.

Table 3 Physical properties of extruded snack at different inulin contents

Inulin (%)	Density (g/cm^3)	Expansion ratio	Hardness (N)	Color value		
				L*	a*^{ns}	b*^{ns}
0	0.40 ± 0.01^{a}	1.52 ± 0.05^{d}	15.85 ± 0.10^{a}	61.42 ± 0.37^{a}	8.16 ± 0.29	13.49 ± 0.27
5	0.34 ± 0.01^{b}	1.75 ± 0.13^{c}	15.67 ± 0.12^{a}	61.50 ± 0.12^{a}	8.23 ± 0.17	13.52 ± 0.33
10	0.29 ± 0.01^{c}	1.94 ± 0.07^{b}	14.22 ± 0.10^{b}	61.57 ± 0.59^{a}	8.25 ± 0.07	13.44 ± 0.14
15	0.23 ± 0.01^{d}	2.12 ± 0.08^{a}	13.01 ± 0.26^{c}	62.98 ± 0.63^{b}	8.25 ± 0.32	13.56 ± 0.11

Remark $^{a-d}$ Different letters on the same column mean there are statistically significant differences ($p<0.05$).
^{ns} Mean no statistically significant difference ($p>0.05$).

Table 4 Sensory quality of extruded snack at different inulin contents

Inulin (%)	Sensory quality				
	Color	Odor	Crispness	Flavor	Overall liking
0	7.85±0.27^{ns}	7.72±0.64^{ns}	7.14±0.35^{c}	7.21±0.74^{c}	6.93±0.91^{c}
5	7.90±0.71^{ns}	7.78±0.27^{ns}	7.18±0.47^{c}	7.16±0.36^{c}	7.02±0.52^{c}
10	7.83±0.32^{ns}	7.74±0.53^{ns}	7.78±0.41^{a}	7.55±0.68^{a}	7.59±0.54^{a}
15	7.92±0.63^{ns}	7.80±048^{ns}	7.52±0.28^{b}	7.37±0.65^{b}	7.24±0.68^{b}

Remark $^{a-d}$ Different letters on the same column mean there are statistically significant differences ($p<0.05$).
^{ns} Mean no statistically significant difference ($p>0.05$).

Table 5 Nutritional value of extruded snack from Sung Yod Phatthalung brown rice flour by extrusion

Test item	per 100 g	per Serving	% RDI
Energy (kcal)	366.37	110	-
Energy from fat (kcal) *	23.49	10	-
Total fat (g) *	2.61	1	2
Saturated fat (g)	0.94	0	0
Cholesterol (mg)	0.98	0	0
Protein (g) %N x 6.25 *	5.77	2	-
Total carbohydrate (g)	79.95	24	8
Dietary fiber (g)	0.97	0	0
Sugar (g)	6.70	2	-
Sodium (mg)	316.64	95	5
Vitamin A (μg)	Not Detected	(0.00)	0
Beta-carotene(μg) *	Not Detected	(0.00)	-
Vitamin B1 (mg)	Not Detected	(0.00)	0
Vitamin B2 (mg)	0.30	(0.09)	6
Calcium (mg)	7.233	(2.17)	0
Iron (mg)	Not Detected	(0.00)	0
Ash (g)	1.05	-	-
Moisture (g) *	10.62	-	-

Remark: Central Laboratory (2022)

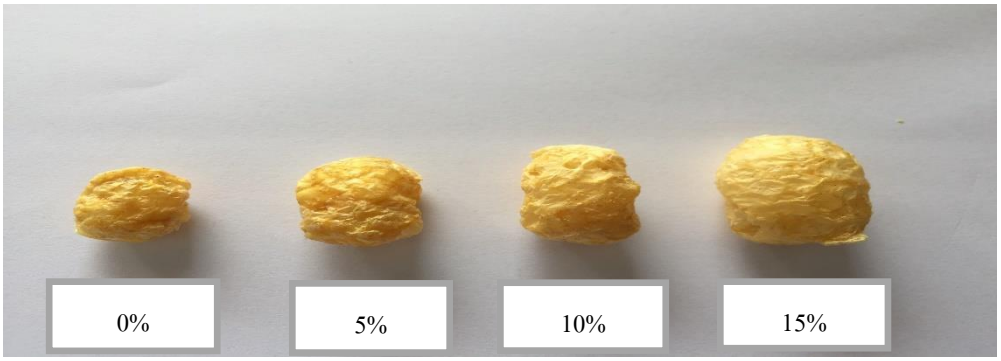

Figure 1 Extruded snack at different inulin content.

Nutrition Information

Serving size : 1 bag (30 g)
Serving per bag : 1

Amount per serving
Total energy 110 kcal (Energy from fat 10 kcal)

	(Percent Thai RDI)*
Total fat 1 g.	2%
Saturated fat 0 g.	0%
Cholesterol 0 mg.	0%
Protein 2 g.	
Total carbohydrate 24 g.	8%
Dietary fiber 0 g.	0%
Sugars 2 g.	
Sodium 95 mg.	5%

(Percent Thai RDI)*

Vitamin A	0%	**Vitamin B1**	0%
Vitamin B2	6%	**Calcium**	0%
Iron	0%		

*Percent Thai Recommended Daily Intakes for population over 6 years of age are based on a 2,000 kcal diet

Energy needs vary by individuals. If your activities require energy of 2,000 kcal per day, your daily diet should provide the following nutrients

Total fat	less than	65	g.
Saturated fat	less than	20	g.
Cholesterol	less than	300	mg.
Total carbohydrate		300	g.
Dietary fiber		25	g.
Sodium	less than	2,000	mg.

Energy (kcal) per gram: Fat 9; Protein 4; Carbohydrate 4

Figure 2 Nutrition label of extruded snack made from Sang Yod Phatthalung brown rice flour.
Remark: Central Laboratory (2022)

สรุปผลการวิจัย

คุณภาพของแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุง มีค่า a_w เท่ากับ 0.56 ค่าความสว่าง (L*) มีค่า 61.75 ค่าความเป็นสีแดง (a*) มีค่า 8.16 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มีค่า 13.06 มีไขมันร้อยละ 2.53 ใยอาหารร้อยละ 3.87 เถ้าร้อยละ 1.25 โปรตีนร้อยละ 8.28 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 74.57 สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่า 102.41 mg GAE/100 g sample ค่าการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH มีค่า 921.32 mg TE/100 g sample ปริมาณอินูลินที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นในขณะเดียวกันไม่พบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันใช้อุณหภูมิสูงในการผลิต (140 องศาเซลเซียส) ทำให้เกิดการสลายตัวด้วยความร้อน การเพิ่มปริมาณอินูลินส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความหนาแน่นลดลง สอดคล้องกับอัตราการพองตัวเพิ่มขึ้น คุณภาพทางประสาทสัมผัส ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสี และกลิ่น ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ $p>0.05$ ส่วนคะแนนความชอบด้านความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวมพบค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p\leq0.05$ โดยอินูลินร้อยละ 10 ได้คะแนนความชอบด้านความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุด ปริมาณอินูลิน ร้อยละ 10 จึงเหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน คุณค่าทางโภชนาการของขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน มีพลังงานทั้งหมด 110 กิโลแคลอรี พลังงานจากไขมัน 10 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 1 กรัม โปรตีน 2 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 24 กรัม แคลเซียม 2.17 มิลลิกรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน ไม่พบไขมันอิ่มตัวและโคเลสเตอรอล โดยมีไขมันอิ่มตัว 0 กรัม โคเลสเตอรอล 0 กรัม ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ดังนั้นขนมขบเคี้ยวชนิดพองกรอบที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันเป็นขนมขบเคี้ยวที่มีการใช้ประโยชน์จากข้าวพื้นเมืองภาคใต้ และเหมาะที่เป็นขนมทางเลือกเพื่อสุขภาพเนื่องจากมีปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้นและพลังงานต่ำ

References

American Association of Cereal Chemists (AACC). (2010). *AACC Approved methods of analysis* (11th ed.). Minnesota: American Association of Cereal Chemists International.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2000). *Official methods of analysis of AOAC international* (17th ed.). Maryland: Association of Official Analytical Chemists.

Banchuen, J., Thammarutwasik, P., Ooraikul, B. Wuttijumnong, P., & Sirivongpaisal. P. (2009). Effect of germinating processes on bioactive component of Sangyod Muang Phatthalung rice. *Thai Journal of Agricultural Science*, *42*(4), 191-199.

Central Laboratory. (2022). *Test results for puffed snack* (Research report). Hat Yai,: Songkhla.

Chalermchaiwat, P., Jangchud, K., Jangchud, A., Charunuch, C., & Priyawiwatkul, W. (2015). Antioxidant activity, free gamma-aminobutyric acid content, selected physical properties and consumer acceptance of germinated brown rice extrudates as affected by extrusion process. *LWT - Food Science and Technology*, *64*(1), 490-496.

Chanlat, P., Songsermpong, S., Charunuch, C., & 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. doi:10.2202/1556-3758.2328

Charoenkul., A. (2010). *Introduction to food processing.* Bangkok: University of the Thai Chamber of Commerce.

Dehghan-Shoar, Z., Hardacre, A. K., & Brennan, C. S. (2010). The physico-chemical characteristics of extruded snacks enriched with tomato lycopene. *Food Chemistry, 123*(4)*,* 1117-1122.

Devi, N. L., Shobha, S., Tang, X., Shaur, S. A., Dogan, H., & Alavi, S. (2013). Development of protein-rich sorghum-based expanded snacks using extrusion technology. *International Journal of Food Properties*, *16*(2), 263-276.

Ding, Q. B., Ainsworth, P., Tucker, G., & Marson, H. (2005). The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-expanded snacks. *Journal of Food Engineering,* 66(3), 283–289.

Eurominitor International. (2022). *Savoury snacks in Thailand.* Accessed January 30, 2023. Retrieved from https://www.euromonitor.com/savoury-snacks-in-thailand/report

Kaewjun, D. (2015). *Supplementation of prebiotic dietary fibers in rice cracker* (Master's thesis*)*. Nakhon Pathom: Silpakorn University. (in Thai)

Moongngarm, A. (2012). *Antioxidants in cereal grains*. Maha Sarakham: Mahasarakham University Press.(in Thai)

Office of the Health Promotion Fund. (2018). *Chronic non-communicable disease group*. Accessed December 6, 2023. Retrieved from http://www.thaihealth.or.th/microsite/categories/5/ncds/2/173/176-NCDs.html (in Thai)

Peressini, D., Foschia, M., Tubaro, F., & Sensidoni, A. (2015). Impact of soluble dietary fibre on the characteristics of extruded snacks. *Food Hydrocolloids, 43*(2), 73-81. doi: 10.1016/j.foodhyd.2014.04.036

Phondongnok, S., Rattanachaiwong, S., Wichai, C., & Thonrat, T. (2015). *Knowledge of belly obesity = metabolic syndrome*. Khon Kaen: Klang Nana Wittaya Printing Press. (in Thai)

Rattanapanone, N. (2008). *Food Chemistry* (3rd ed.). Bangkok: O.S. Printing House. (in Thai)

Rattanasakornchai, S. (2018). Factors affecting food consumption behavior of Mathayom Suksa 3 students in Mueang Chumphon District, Chumphon Province. *Thai Food and Drug Journal*, 22(1), 61-72. (in Thai)

Samaisong, N. (2020). Dietary management for prevention and reduction risk of non-communicable diseases. *Songklanagarind Journal of Nursing*, *40*(4), 122-130. (in Thai)

Waratornpaibul, T. (2014). Consumption behavior: Consumerism food and healthy-conscious food. *Panyapiwat Journal, 5*(2), 255-264. (in Thai)

Xu, E., Pan, X., Wu, Z., Long, J., Li, J., Xu, X., Jin, Z., & Jia, A. (2016). Response surface methodology for evaluation and optimization of process parameter and antioxidant capacity of rice flour modified by enzymatic extrusion. *Food Chemistry*, *212*(1), 146-154.

Research article

Development of puffed snack made from Sungyod Phatthalung brown rice flour by extrusion process fortified with inulin

Sutasinee Thongnok*

Program in Food and Service Management, Faculty of Agro - Industry, Rajamangala University Technology of Srivijaya, Thung Yai, Nakhon Si Thammarat, 80240

ARTICLE INFO

Article history
Received: 25 November 2022
Revised: 13 March 2023
Accepted: 22 March 2023
Online published: 25 April 2023

Keyword
Extruded snack
Inulin
Sungyod rice flour
Extrusion

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the chemical and physical properties of Sungyod Phatthalung brown rice and to develop an extruded snack products from the brown rice fortified inulin by an extrusion processing. It was found that a_w was 0.56 and color value (L*, a* and b*) of the brown rice was 61.75, 8.16 and 13.06, respectively. Moreover, proximate analysis in the brown rice consisted of moisture, fat, fiber, ash, protein and carbohydrate was 9.45 %, 2.58 %, 3.87 %, 1.25 %, 8.28 % and 74.57 %, respectively. Total phenolic compound and antioxidant activity with DPPH was 102.41 mg GAE/100 g sample and 921.32 mg TE/100 g sample. The effect of inulin content at 5 %, 10 % and 15 % had affected on increasing of fiber. The density and hardness of extruded snacks decreased with increasing the inulin content but the expansion ratio L* value increased. The inulin content did not significantly affect the a* and b* values of extruded snacks. The sensory evaluation was found that consumers' preferences for color and smell were not significantly different statistically ($p>0.05$). While the liking scores for crispiness, taste and overall liking were significantly different ($p<0.05$). 10 % of inulin received the highest scores for liking crispness, taste and overall liking. Nutritional value of extruded snack made from Sangyod Phatthalung brown rice flour by the extrusion process, it was found that the product has a total of 110 kcal, energy from fat 10 Kcal, total fat 1 g, Protein 2 g, Total Carbs 24 g, Calcium 2.17 mg per serving.

*Corresponding author
E–mail address: sutasinee.s@rmutsv.ac.th (S. Thongnok)

Online print: 25 April 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. https://doi.org/10.14456/paj.2023.3