



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

บทความวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากส่วนเหลือทิ้งของหน่อไม้

เปรมประชา ดรชัย¹ สุนทร โชคสวัสดิ์ธนะกิจ² ภาณุทัต สวัสดิ์ถาวร³ และ พรพิชญ ธรรมปัทม^{4*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000 ประเทศไทย

²สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000 ประเทศไทย

³สาขาวิชาการจัดการ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000 ประเทศไทย

⁴สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000 ประเทศไทย

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 1 ธันวาคม 2567

แก้ไข: 31 มกราคม 2568

ตอบรับการตีพิมพ์: 3 มีนาคม 2568

ตีพิมพ์ออนไลน์: 2 พฤษภาคม 2568

คำสำคัญ

ขนมขบเคี้ยว

การพัฒนาผลิตภัณฑ์

ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิต

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากส่วนเหลือทิ้งของหน่อไม้ โดยใช้ประโยชน์จากส่วนเหลือทิ้งที่ได้จากการตัดแต่งหน่อไม้ ศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของหน่อไม้ (ร้อยละ 30–50) แป้งข้าวหอมมะลิ (ร้อยละ 30–50) และไข่ไก่ (ร้อยละ 20–40) ต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ 14 สูตร ผลการศึกษาพบว่าสูตรที่ดีที่สุดประกอบด้วยหน่อไม้ แป้งข้าวหอมมะลิ และไข่ไก่ในสัดส่วนร้อยละ 31.40, 30.00 และ 38.60 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้รับค่าความชอบรวมสูงสุด 7.10 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ใน 100 กรัม ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ใยอาหาร ความชื้น ไขมัน และเถ้า ในปริมาณ 54.09, 17.15, 9.42, 7.86, 6.52 และ 4.96 กรัม ตามลำดับ สำหรับลักษณะทางกายภาพผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 54.96 ค่า a* เท่ากับ 8.45 และค่า b* เท่ากับ 21.04 ด้านฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging อยู่ที่ร้อยละ 51.65 และตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราที่น้อยกว่า 10 cfu/g ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำหน่อไม้ส่วนเหลือทิ้งมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

บทนำ

ขนมขบเคี้ยวมักเป็นอาหารที่ทำซื้อได้ง่ายและรับประทานได้ทันที ทำให้เป็นตัวเลือกที่นิยมในสังคมที่มีวิถีชีวิตเร่งรีบ (Hess et al., 2016) นักวิจัยระบุว่าในหลายวัฒนธรรมขนมขบเคี้ยวช่วยเติมเต็มช่วงเวลาที่พักผ่อนอาหารหลักหรือใช้เป็นของทานเล่นในระหว่างวัน (Goyal & Singh, 2007) การผลิตขนมขบเคี้ยวเป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมอาหารที่มีการเติบโตสูง ซึ่งส่งผลให้เกิดการสร้างงานและสร้างรายได้ในระบบเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และอเมริกาเหนือ ขนมขบเคี้ยวมักได้รับการส่งเสริมการขายในรูปแบบที่ดึงดูดผู้บริโภคผ่านสื่อและช่องทางต่าง ๆ โดยเฉพาะในกลุ่มเด็กและวัยรุ่นซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายหลัก (Harris et al., 2009) การใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีสีสันและการจัดโปรโมชันช่วยกระตุ้นความต้องการซื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Wang et al., 2023)

ขนมขบเคี้ยวส่วนใหญ่ประกอบด้วยไขมัน น้ำตาล และเกลือสูง ซึ่งการบริโภคในปริมาณมากอาจก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคอ้วน โรคหลอดเลือด โรคเบาหวาน และโรคหัวใจ (Njike et al., 2016) โดยเฉพาะการบริโภคในเด็กเล็กซึ่งอาจส่งผลเสียต่อพัฒนาการด้านร่างกายและสมอง (Swinburn et al., 2011) การรับประทานขนมขบเคี้ยวบ่อย ๆ อาจส่งผลให้เกิดพฤติกรรมทานอาหารที่ไม่สมดุล ลดการทานอาหารมื้อหลัก และเพิ่มความเสี่ยง

ในการขาดสารอาหารที่จำเป็น (Kerver et al., 2006) ดังนั้นผู้ผลิตขนมขบเคี้ยวจึงมีการตอบสนองต่อความต้องการที่เปลี่ยนแปลง เช่น การใช้วัตถุดิบออร์แกนิก การเพิ่มปริมาณโปรตีนและใยอาหาร การลดน้ำตาลและโซเดียม ส่งผลให้เกิดนวัตกรรมใหม่ ๆ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ดีต่อสุขภาพมากขึ้น (Pangaribowo & Gerber, 2016) มูลค่าการตลาดขนมขบเคี้ยวในประเทศไทย พ.ศ. 2568 คาดว่ามีมูลค่าทางการตลาดอยู่ที่ 50,400 ล้านบาท ซึ่งมีมูลค่าทางการตลาดเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 2 จากปี พ.ศ. 2567 (Chalermsanyakorn, 2024)

หน่อไม้ (*Bambusa vulgaris*) เป็นผลผลิตจากต้นไผ่เป็นไม้ยืนต้นมีอายุยืนยาว มีเหง้าใต้ดิน แตกกิ่งขึ้นเป็นกอ ออกหน่อเหนือดิน มีกาบหุ้มหน่อสีเหลืองอมเขียว หน่อไม้เป็นพืชที่ได้รับความนิยมในการบริโภคเป็นอาหารทั้งในประเทศไทยและประเทศอื่น ๆ ทำให้มีการเพิ่มพื้นที่ในการเพาะปลูกมากขึ้นทุกปี และได้ขยายไปในหลายจังหวัดทั่วทุกภาคของประเทศไทย นอกจากหน่อไม้จะใช้บริโภคสดภายในประเทศแล้ว ยังมีส่วนหนึ่งได้ส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ในรูปผลิตภัณฑ์หน่อไม้ต้ม หน่อไม้ดอง หน่อไม้ในน้ำเกลือ หน่อไม้แห้ง และหน่อไม้สดแช่แข็ง (Kusalaruk & Limsangouan, 2015) ประเทศไทยสามารถสร้างรายได้จากการส่งออกรวม 422.09 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2562 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 24.9 ในปี พ.ศ. 2563 โดยเฉพาะกลุ่มตลาดรัสเซีย สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย แคนาดา

*Corresponding author

E-mail address: Thammapat.p@gmail.com (P. Thammapat)

Online print: 2 May 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.6>

และเกาหลีใต้ จากแนวโน้มทางการตลาดที่เพิ่มสูงขึ้นมาโดยตลอด ส่งผลให้หลายภาคส่วนได้ให้การสนับสนุนสร้างป่าเศรษฐกิจชุมชนและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้ ทั้งในอุตสาหกรรมครัวเรือนและอุตสาหกรรมโรงงาน (Pakeechai & Charoenphun, 2021)

หน่อไม้ที่นิยมบริโภคในประเทศไทยมีหลายชนิด เช่น ไม้รวก ไม้ตง ไม้หวาน แต่ชนิดที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย คือ หน่อไม้ตง (*Dendrocalamus asper*) เนื่องจากไม้ตงเป็นไม้โตเร็วสามารถขึ้นได้ดีในดินเกือบทุกชนิด จึงมีการปลูกกันโดยทั่วไป ซึ่งปัจจุบันได้มีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มมากขึ้นและได้ขยายไปในหลายจังหวัดทั่วทุกภาค นอกจากนี้ยังเป็นพืชที่ให้โปรตีนสูง ให้ไขมันและน้ำตาลต่ำรับประทานแล้วไม่อ้วน มีเส้นใยมากจึงช่วยในการย่อยอาหาร ช่วยกระตุ้นการบีบตัวของลำไส้ ป้องกันอาการท้องผูก มีวิตามินและกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (Kusalaruk & Limsangouan, 2015) และยังมีสรรพคุณทางยาที่สำคัญ เช่น ขับพิษได้ผิวหนัง ขับผื่นหัด แก้กษัย ขี้ปัสสาวะ ละลายเสมหะ แก้ไอบำรุงกำลัง แก้อาการร้อนต่าง ๆ ได้ดี เพราะมีฤทธิ์เย็นเช่นเดียวกับกับเห็ด และเป็นผักมีคุณค่าทางอาหารสูง ทั้งโปรตีน วิตามิน และที่สำคัญมีกรดอะมิโนที่ร่างกายผลิตเองไม่ได้ มีเส้นใยสูงที่เป็นประโยชน์ต่อระบบขับถ่าย ทำให้ระบบขับถ่ายเป็นปกติ ป้องกันมะเร็งลำไส้ได้อีกด้วย (Mahayotpanya & Phoungchandang, 2015)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้เป็นแนวทางที่น่าสนใจในการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบจากธรรมชาติที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง โดยหน่อไม้ถือเป็นพืชที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจสูงเนื่องจากมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์และสามารถแปรรูปได้ในหลายรูปแบบ เช่น หน่อไม้แช่แข็งและกระป๋อง (Pakeechai & Charoenphun, 2021; Singhal et al., 2013) ผลิตภัณฑ์ หน่อไม้ดองเต้าเจี้ยว (Yunchalad et al., 2007) หน่อไม้แปรรูปในภาชนะปิดสนิท (Yunchalad et al., 2007) และหน่อไม้อบแห้ง (Chattiang, 2020) ซึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้ทำให้เกิดของเหลือทิ้ง (by-product) ที่สามารถนำมารับประทานได้เป็นจำนวนมาก Roxana et al. (2023) ได้กล่าวถึงการใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งส่วนใหญ่ก็นำไปใช้สำหรับอุตสาหกรรมอาหารเฉพาะทางหรืออาหารเพื่อสุขภาพเป็นหลัก แต่การนำมาใช้ประโยชน์ในด้านขนมขบเคี้ยวยังมีน้อยมาก จากหลักการและเหตุผลดังกล่าวข้างต้นดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นอบกรอบจากหน่อไม้และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ รวมไปถึงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับเด็กและผู้บริโภคในการรับประทานขนมขบเคี้ยวที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ หน่อไม้ตงที่มีอายุเก็บเกี่ยวทางการค้า (น้ำหนัก 1.50-2.00 กิโลกรัมต่อหน่อ) และปราศจากโรคและแมลง ได้จากตลาดในท้องถิ่น อ.เสลภูมิ จ.ร้อยเอ็ด

2. การเตรียมวัตถุดิบ

2.1 การเตรียมหน่อไม้

1) นำหน่อไม้ตงที่มีอายุเก็บเกี่ยวทางการค้ามาทำ

การปอกเปลือก ตัดแต่งส่วนที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ และล้างทำความสะอาด

2) ทำการต้มด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาที

3) นำหน่อไม้ตงที่ผ่านการต้มแช่ในน้ำเย็นทันที หลังจากนั้นทำการสับและปั่นให้ละเอียด เพื่อเตรียมสำหรับเป็นส่วนผสมต่อไป

2.2 การเตรียมสารช่วยให้ความคงตัวหรือสารสำหรับยัดเกาะ

1) สารช่วยให้ความคงตัวหรือสารสำหรับยัดเกาะในการศึกษาครั้งนี้ใช้ แป้งข้าวหอมมะลิ ซื้อมาจากตลาดในท้องถิ่น อ.เมือง จ.มหาสารคาม

2) ทำการละลายแป้งข้าวหอมมะลิในน้ำที่อัตราส่วน แป้งข้าวหอมมะลิต่อน้ำที่อัตราส่วน 1 : 4 หลังจากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที เพื่อเตรียมสำหรับเป็นส่วนผสมต่อไป

3. การหาสูตรผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

การศึกษาค้นคว้าส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้ จาก 3 ปัจจัย คือ หน่อไม้ร้อยละ 30-50 ปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิละเอียด ร้อยละ 30-50 และปริมาณไข่ไก่ร้อยละ 20-40 ตามลำดับ โดยกำหนดสูตรพื้นฐานดัง Table 1 จัดกรรมวิธีการทดลองแบบ Mixture design (Table 2) หลังจากนั้นทำการผสมและนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นขนาด 4x7x0.1 เซนติเมตร และอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส (organoleptic test) โดยศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้เพื่อหาสูตรที่ดีที่สุด ใช้ผู้บริโภคทั่วไปอายุตั้งแต่ 18-60 ปี จำนวน 100 คน โดยใช้ 9-point hedonic scale วัดคะแนนความชอบคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม ค่าคะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ดังนี้ (Nicolas et al., 2010)

9	หมายถึง	ชอบมากที่สุด
8	หมายถึง	ชอบมาก
7	หมายถึง	ชอบปานกลาง
6	หมายถึง	ชอบเล็กน้อย
5	หมายถึง	เฉย ๆ
4	หมายถึง	ไม่ชอบเล็กน้อย
3	หมายถึง	ไม่ชอบปานกลาง
2	หมายถึง	ไม่ชอบมาก
1	หมายถึง	ไม่ชอบมากที่สุด

สร้างสมการถดถอย quadratic canonical polynomial แบบ Scheffe ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Design expert version 6 จากนั้นคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยสร้างกราฟ contour plot ของค่าการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดของผลิตภัณฑ์

4. การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์สูตรที่ดีที่สุด

4.1 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH scavenging assay โดยดูค่าการละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์

3 มิลลิลิตร ลงในสารสกัดจากตัวอย่าง 150 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-visible spectrophotometer) ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร (Mokbel et al., 2005) เพื่อคำนวณหา % radical scavenging จากสมการ

$$\% \text{ DPPH radical scavenging} = [(X-Y)/X] \times 100$$

เมื่อ Y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง
X คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ control

4.2 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

การวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter lab รุ่น CQXE/SAV-2 ตามระบบสีแบบ CIE system โดยแสดงค่าเป็น L* a* และ b* โดยทำการสุ่มตัวอย่างมา 3 ซ้ำ และทำการวิเคราะห์ค่าสีแผ่นละ 3 ตำแหน่ง (Pathare et al., 2013)

L* แสดงค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว)

a* แสดงค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว

ค่า a เป็นบวกจะแสดงค่าสีแดง

ค่า a เป็นลบจะแสดงค่าสีเขียว

b* แสดงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน

ค่า b เป็นบวกจะแสดงค่าสีเหลือง

ค่า b เป็นลบจะแสดงค่าสีน้ำเงิน

4.3 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีประกอบด้วย ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และใยอาหาร (AOAC, 2002)

4.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ประกอบด้วยปริมาณ จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ตามวิธีของ AOAC (2002) การวิเคราะห์ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โดยเจือจางตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 25 กรัมในสารละลายเปปโตนร้อยละ 0.10 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำของเหลวปริมาตร 1 มิลลิลิตร ของตัวอย่างที่ทำการเจือจางแล้วไปทำการเจือจางต่อด้วยสารละลายเปปโตนร้อยละ 0.10 หลอดละ 9 มิลลิลิตร ทำการเจือจางต่อเนื่องจนได้ระดับความเจือจาง (dilution) ที่ 10^{-5} ดูดตัวอย่างแต่ละค่าความเจือจางมา 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อ สำหรับการตรวจสอบปริมาณยีสต์ และรา เติมนกตรทาร์ทริก (ร้อยละ 10 w/v) 1.1 มิลลิลิตร (เพื่อป้องกันการเจริญของแบคทีเรีย) ในขวดอาหาร potato dextrose agar (PDA) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ส่วนการตรวจสอบ

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (PCA) ปล่อยอาหารเลี้ยงเชื้อให้มีอุณหภูมิลดลงจนถึง 42-45 องศาเซลเซียส เทอาหาร PDA และ PCA ลงในจานเลี้ยงเชื้อทุกจานทันที หมุนจานไป มาให้อาหารเลี้ยงเชื้อผสมเข้ากันกับตัวอย่าง ปล่อยทิ้งให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งและนำไปบ่ม สำหรับอาหาร PDA บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 3-5 วัน ส่วนอาหาร PCA บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีของยีสต์และราบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และแบคทีเรียบนจานอาหาร PCA ที่เกิดขึ้นในแต่ละค่าความเจือจาง บันทึกผลและคำนวณปริมาณยีสต์และราต่อกรัมของอาหาร (cfu/g) และแบคทีเรียต่อกรัมอาหาร

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้จาก 3 ปัจจัย คือ หน่อไม้ร้อยละ 30-50 ปริมาณ แป้งข้าวหอมมะลิร้อยละ 30-50 และปริมาณไข่ไก่ร้อยละ 20-40 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าเมื่อลดปริมาณหน่อไม้และแป้งข้าวหอมมะลิจะทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้ที่ได้มีความชอบกลืน สี รสชาติ ลักษณะปรากฏ ความกรอบและความชอบโดยรวมสูงขึ้น (Table 3 และ Figure 1) การเติมไข่ไก่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีและกลิ่นดีขึ้น เมื่อพิจารณาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้ในด้านกลิ่น สี รสชาติ เนื้อสัมผัส ความกรอบ และความชอบโดยรวม โดยการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสใช้วิธี 9-point hedonic scale (Nicolas et al., 2010) ในการพิจารณาสูตรที่เหมาะสมเพื่อนำไปผลิตต่อไป จากการหาพื้นผิวตอบสนองขององค์ประกอบที่เหมาะสม (Figure 2) ภายใต้อุณหภูมิสูงสุดของแกนในการทำนายค่าความชอบโดยรวมสูงสุดของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้ได้ค่าสูงสุดเท่ากับ 7.10 โดยใช้ปริมาณหน่อไม้ร้อยละ 31.40 ปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิร้อยละ 30 และปริมาณไข่ไก่ร้อยละ 38.60 ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโมเดลที่ใช้ในการทำนายมีความเหมาะสม เนื่องจากผลที่ได้จากการทำนายสูตรที่ดีที่สุดและผลจากการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบสูตรที่ดีที่สุดมีค่าใกล้เคียงกัน (Table 4) และสามารถนำสมการทำนายไปใช้ในการทำนายสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าการยอมรับด้านลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้ได้ (Table 5) ซึ่งสมการในการทำนายสามารถใช้ปรับเปลี่ยนปริมาณของสูตรในส่วนผสมและสามารถทำนายผลทางประสาทสัมผัสได้

Table 1 The basic formula for developing snack product from edible bamboo shoots

Ingredient	Amount (g)	%
Seasoning	14	48.12
Sugar	10	34.36
Butter	5	17.18
Salt	0.1	0.34
Sum	29.1	100.00

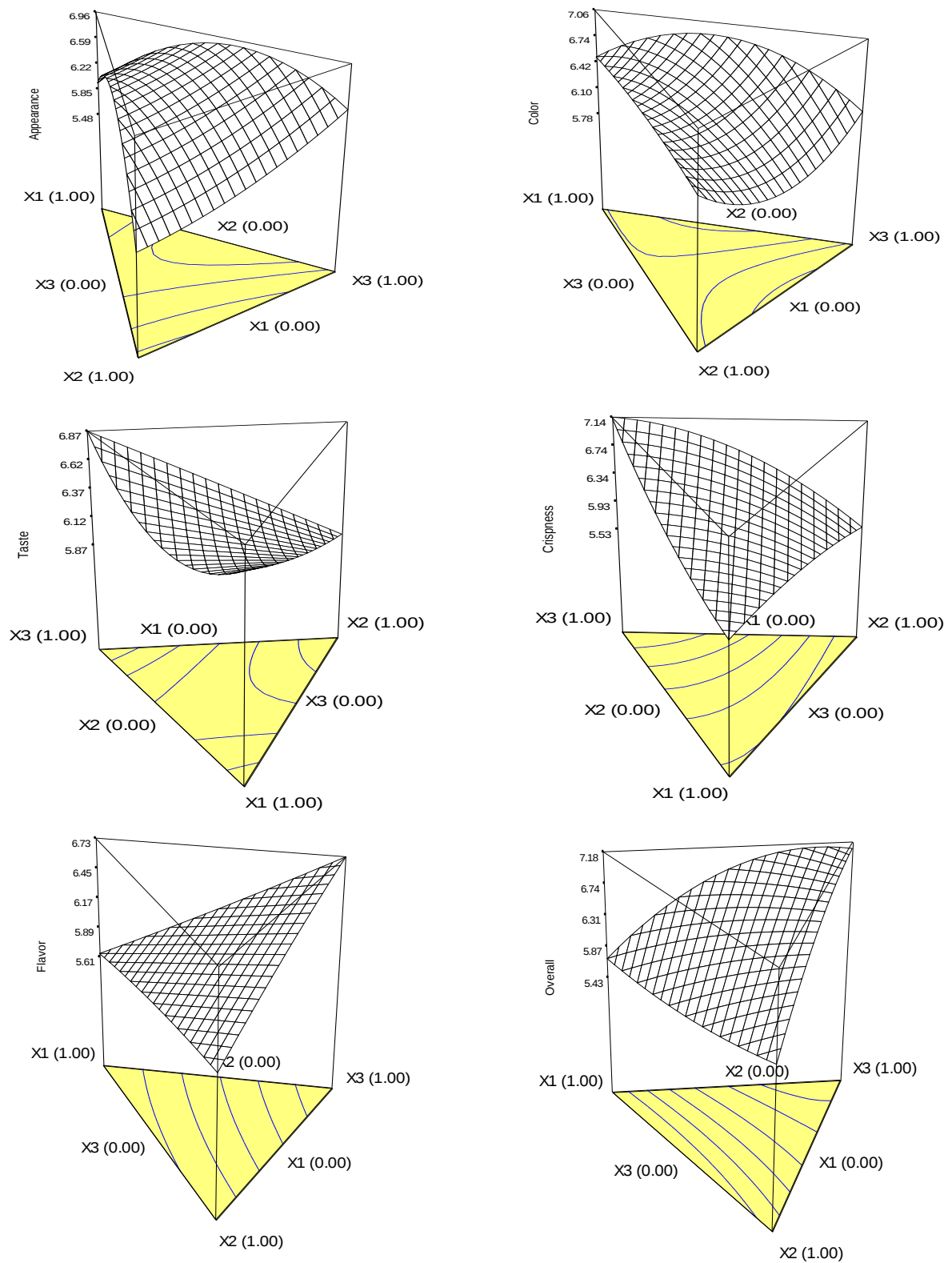


Figure 1 Response surface of organoleptic test of snack product from edible bamboo shoots.

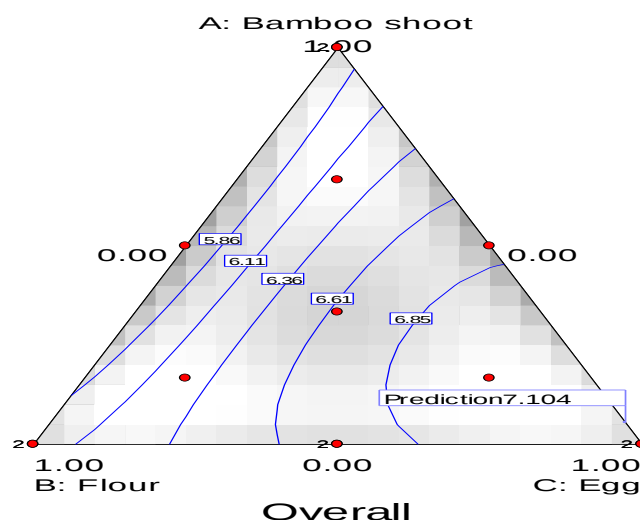


Figure 2 The score accepted at 7.10 of attribute sensory evaluation formula of snack product from edible bamboo shoots.

2. คุณภาพของผลิตภัณฑ์สูตรที่ดีที่สุด

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้สูตรที่ดีที่สุด คือ การใช้ปริมาณหน่อไม้ แป้งข้าวหอมมะลิ และไข่ไก่ร้อยละ 31.40, 30.00 และ 38.60 ตามลำดับ ผลการศึกษพบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้มีคุณค่าทางโภชนาการในด้านปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน โยอาหาร ความชื้น ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 54.09, 17.15, 9.42, 7.86, 6.52 และ 4.96 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (Table 6) มีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 54.96 ค่า a^* เท่ากับ 8.45 และค่า b^* เท่ากับ 21.04 ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีค่อนข้างสว่างจากการเติมส่วนผสมของหน่อไม้ที่ไม่เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากเอนไซม์ เนื่องจากเอนไซม์ พอลิ ฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO) ถูกทำลายไปในขั้นตอนการต้มหน่อไม้ในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ (Bal et al., 2011) และผลิตภัณฑ์มีสีออกสีน้ำตาล-เหลือง (Table 5) ในขณะที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging เท่ากับร้อยละ 51.65 ซึ่งสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูงกว่าร้อยละ 50 นับว่ามีบทบาทสำคัญในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้งในระบบของอาหาร (food system) และร่างกายมนุษย์ (human body) ในระบบของอาหารนั้นจะมีส่วนช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและน้ำมันในอาหาร และกำจัดหรือลดอนุมูลอิสระจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในขั้นทุติยภูมิ (secondary state) ซึ่งจะมีส่วนช่วยรักษาคุณภาพของอาหารด้านต่าง ๆ เช่น เนื้อสัมผัส กลิ่นรส คุณค่าทางโภชนาการและการเปลี่ยนแปลงสีของอาหารในระหว่างการแปรรูปและเก็บรักษา

นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของโปรตีนและอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างโปรตีนและหมู่คาร์บอนิลของอนุพันธ์ลิพิด (Elias et al., 2008)

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้สูตรที่ดีที่สุดมีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง (17.15 กรัมต่อ 100 กรัม) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดอื่น ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหม่อนผสมลำไยชนิดแห้งมีปริมาณโปรตีน 7.50 กรัมต่อ 100 กรัม (Thamee et al., 2018) ขนมขบเคี้ยวจากแป้งข้าวกล้องงอกสังขยัดพริกมีปริมาณโปรตีน 8.28 กรัมต่อ 100 กรัม (Thongnok et al., 2023) ข้าวเกรียบเสริมส่วนเหลือทิ้งจากมันเทศมีปริมาณโปรตีน 9.94 กรัมต่อ 100 กรัม (Dornchai et al., 2023) นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้ที่พัฒนาขึ้นยังมีปริมาณไขมันค่อนข้างต่ำ (6.52 กรัมต่อ 100 กรัม) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดอื่น ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหม่อนผสมลำไยชนิดแห้งมีปริมาณไขมัน 8.12 กรัมต่อ 100 กรัม (Thamee et al., 2018) ขนมขบเคี้ยวชนิดแห้งเสริมปลาชีวก้าวตากแห้งมีปริมาณไขมัน 8.12 กรัมต่อ 100 กรัม (Treeinthong et al., 2024)

ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราพบปริมาณน้อยกว่า 10 cfu/g ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมกรอบจากธัญชาติ (มอก. 1534-2541) ที่กำหนดให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดพบได้ไม่เกิน 1×10^4 cfu/g ส่วนยีสต์และราพบได้ไม่เกิน 10 cfu/g (Thai Industrial Standards Institute, 2022)

Table 2 Variables (factors) used for mixture design of product

Coded- variable levels			Natural-variable levels		
Z ₁	Z ₂	Z ₃	X ₁ (Bamboo shoot, %)	X ₂ (Flour, %)	X ₃ (Egg, %)
0.00	0.50	0.50	30.00	40.00	30.00
1.00	0.00	0.00	50.00	30.00	20.00
0.00	0.00	1.00	30.00	30.00	40.00
0.67	0.17	0.17	43.40	33.40	23.40
0.50	0.00	0.50	40.00	30.00	30.00
0.17	0.17	0.67	33.40	33.40	33.40
0.33	0.33	0.33	36.60	36.60	26.60
1.00	0.00	0.00	50.00	30.00	20.00
0.00	0.00	1.00	30.00	30.00	40.00
0.50	0.50	0.00	40.00	40.00	20.00
0.00	1.00	0.00	30.00	50.00	20.00
0.00	0.50	0.50	30.00	40.00	30.00
0.17	0.67	0.17	33.40	43.30	23.40
0.00	1.00	0.00	30.00	50.00	20.00

Table 3 Organoleptic test of snack product from edible bamboo shoots

Coded- variable levels			Organoleptic test					
			Appearance	Color	Taste	Crispness	Flavor	Overall
30.00	40.00	30.00	5.77±0.92	5.73±1.08	6.40±0.56	6.74±0.78	6.35±0.58	6.77±0.85
50.00	30.00	20.00	5.96±0.65	6.50±0.64	6.68±0.84	5.93±0.82	5.67±0.76	5.92±0.74
30.00	30.00	40.00	6.40±0.74	6.23±0.98	6.87±0.96	7.12±0.94	6.75±0.92	7.14±1.02
43.40	33.40	23.40	6.50±0.68	6.67±0.54	6.47±0.82	5.63±0.80	5.70±0.90	6.34±1.08
40.00	30.00	30.00	7.00±0.54	6.86±0.76	6.40±0.86	6.20±0.76	6.21±0.84	6.80±0.86
33.40	33.40	33.40	6.17±0.98	6.23±0.86	6.47±0.64	6.45±0.98	6.42±1.04	6.93±0.72
36.60	36.60	26.60	6.60±1.02	6.53±0.94	6.30±0.52	6.18±1.06	6.17±0.86	6.53±0.80
50.00	30.00	20.00	5.96±0.62	6.50±0.70	6.63±0.80	5.93±0.80	5.67±0.58	6.47±0.64
30.00	30.00	40.00	6.40±0.78	6.23±0.86	6.87±0.98	7.07±0.72	6.70±0.64	7.10±0.72
40.00	40.00	20.00	6.47±0.96	6.37±0.82	6.23±1.04	6.07±0.90	5.82±0.68	5.56±0.68
30.00	50.00	20.00	5.43±0.57	6.33±0.70	5.96±0.90	5.64±0.96	5.74±0.90	5.87±0.70
30.00	40.00	30.00	5.75±0.76	5.73±0.78	6.40±0.84	6.74±0.72	6.28±0.82	6.67±0.96
33.40	43.30	23.40	6.37±0.90	6.40±0.80	5.93±0.76	6.09±1.02	6.03±0.78	6.42±0.90
30.00	50.00	20.00	5.45±0.85	6.33±0.98	5.84±1.02	5.56±0.84	5.94±0.98	6.07±0.78

Data is shown as mean values ± standard deviation and was obtained from one hundred panelists.

Table 4 Predicted and observed values for response variables of the suitable formula of snack product from edible bamboo shoots

Response variable	Critical values of independent variables			Stationary point	Predicted value	Observed value ^a
	X ₁	X ₂	X ₃			
	(Bamboo shoot, %)	(Flour, %)	(Egg, %)			
Overall	31.40	30.00	38.60	Maximum	7.10	7.20 ± 0.92

^aData is shown as mean values ± standard deviation and was obtained from one hundred panelists.

Table 5 Regression coefficients of predicted polynomial model for response variable

Organoleptic test	Equation	R ²
Appearance	$Y = 5.95X_1 + 5.48X_2 + 6.35X_3 + 3.33X_1X_2 + 2.91X_1X_3 - 0.57X_2X_3 - 0.50X_1X_2X_3$	0.9167
Color	$Y = 6.50X_1 + 6.35X_2 + 6.21X_3 - 0.05X_1X_2 + 1.85X_1X_3 - 2.20X_2X_3 + 6.04X_1X_2X_3$	0.9691
Taste	$Y = 6.68X_1 + 5.87X_2 + 6.87X_3 - 0.23X_1X_2 - 1.72X_1X_3 + 0.01X_2X_3 + 0.19X_1X_2X_3$	0.9575
Crispness	$Y = 5.82X_1 + 5.61X_2 + 7.14X_3 + 1.04X_1X_2 - 0.25X_1X_3 + 1.59X_2X_3 - 8.31X_1X_2X_3$	0.9439
Flavor	$Y = 5.64X_1 + 5.85X_2 + 6.73X_3 + 0.17X_1X_2 - 0.08X_1X_3 + 0.16X_2X_3 - 0.01X_1X_2X_3$	0.9635
Overall	$Y = 5.71X_1 + 5.99X_2 + 7.10X_3 - 0.86X_1X_2 + 1.56X_1X_3 + 0.70X_2X_3 + 5.80X_1X_2X_3$	0.9485

X₁ (Bamboo shoot), X₂ (Flour), X₃ (Egg).

Table 6 Chemical, physical, microorganism and antioxidant properties of snack product from edible bamboo shoots

Chemical, physical, microorganism and antioxidant properties		Content
Chemical properties		
Carbohydrate (g/100g)		54.09±1.35
Protein (g/100g)		17.15±0.94
Fiber (g/100g)		9.42±0.56
Moisture (g/100g)		7.86±0.62
Lipid (g/100g)		6.52±0.40
Ash (g/100g)		4.96±0.24
Physical properties		
Color		
	L	54.96±0.32
	a*	8.45±0.18
	b*	21.04±0.20
Antioxidant activity		
	DPPH radical scavenging (% inhibition)	51.65±1.80
Microorganism		
	Total plate count (cfu/g)	<10
	Yeast and mold (cfu/g)	<10

Data is shown as mean values ± standard deviation and was obtained from triplicate samples.

สรุปผลการวิจัย

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากหน่อไม้สูตรที่ดีที่สุดที่ผู้บริโภคให้การยอมรับคือ เมื่อใช้ปริมาณหน่อไม้ แบ่งข้าวหอมมะลิ และไข่ไก่ร้อยละ 31.40, 30.00 และ 38.60 ตามลำดับ ทำให้มีค่าความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 7.10 โดยผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการในด้านปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน โยอาหาร ความชื้น ไขมัน และเถ้าเท่ากับ 54.09, 17.15, 9.42, 7.86, 6.52 และ 4.96 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ มีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 54.96 ค่า a* เท่ากับ 8.45 และค่า b* เท่ากับ 21.04 ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging เท่ากับร้อยละ 51.65 ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราพบน้อยกว่า 10 cfu/g

References

- Association Official Analytical Chemists (AOAC). (2002). *Official methods of analysis of AOAC International*. Maryland, United States: Gaithersburg.
- Bal, L. M. Kar, A., Satya, S., & Naik, S. N. (2011). Kinetics of colour change of bamboo shoot slices during microwave drying. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(4), 827-833. doi:10.1111/j.1365-2621.2011.02553.
- Chalermksanyakorn, L. (2024). Industry analysis and outlook. *Kresearch*, 12, 1-6. (in Thai)
- Chattiang, T., Nualkaekul, S., Kerdpi boon, S., Ingkasupart, P. & Supaphon, P. (2020). Characteristics of dried bamboo shoot stick and its rehydration. *Thai Science and Technology Journal*, 29, 850-864. (in Thai)
- Dornchai, P., Phusoomta, R., Patatayo, O. & Thammapat, P. (2023). Development of rice crispy fortified with sweet potato and protein from insect. *Prawarun Agricultural Journal*, 20(1), 11-1. doi: 10.14456/paj.2023.2. (in Thai)

- Elias, R. J., Kellerby, S. S., & Decker, E. A. (2008). Antioxidant activity of proteins and peptides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(5), 430-441. doi: 10.1080/10408390701425615.
- Goyal, R. K., & Singh, J. (2007). Consumer perception about fast food in India: An exploratory study. *British Food Journal*, 109(2), 182-195. doi: 10.1108/00070700710725536.
- Harris, J. L., Bargh, J. A., & Brownell, K. D. (2009). Priming effects of television food advertising on eating behavior. *Health Psychology*, 28(4), 404-413. doi: 10.1037/a0014399.
- Hess, J. M., Jonnalagadda, S. S., & Slavin, J. L. (2016). What is a snack, why do we snack, and how can we choose better snacks? A review of the definitions of snacking, motivations to snack, contributions to dietary intake, and recommendations for improvement. *Advances Nutrition*, 7(3), 466-475. doi: 10.3945/an.115.009571.
- Kerver, J.M., Yang, E.J., Obayashi, S., Bianchi, L., & Song, W.O. (2006). Meal and snack patterns are associated with dietary intake of energy and nutrients in US adults. *Journal of the American Dietetic Association*, 106(1), 46-53. doi: 10.1016/j.jada.2005.09.045.
- Kusalaruk, W., & Limsangouan, N. (2015). Nutrition and nutraceutical of *Bambusa burmanica* gamble and *Thyostachys siamensis* gamble shoots. *Thai Agriculture Research Journal*, 33(2), 169-178. (in Thai)
- Mahayotpanya, C., & Phoungchandang, S. (2015). Study of physical and chemical properties and desorption isotherms for bamboo shoots (*Dendrocalamus asper* Backer). *Proceedings of the 34th National Graduate Research Conference* (pp. 591-599). Khon Kaen, Thailand: Khon Kaen University. (in Thai)

- Mokbel, M., Saif, F., & Hashinaga, F. (2005). Antibacterial and antioxidant activities of banana (*Musa*, AAA cv. *cavendish*) fruits peel. *Asian Journal Biotechnology*, 2, 1-4. doi: <https://doi.org/10.3844/ajbbsp.2005.125.131>.
- Nicolas, L., Marquilly, C., & O'Mahony, M. (2010). The 9-point hedonic scale: Are words and numbers compatible?. *Food Quality and Preference*, 21(8), 1008-1015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.05.017>.
- Njike, V. Y., Smith, T. M., Shuval, O., Shuval, K., Edshteyn, I., Kalantari, V., & Yaroch, A.L. (2016). Snack food, satiety, and weight. *Advance Nutrition*, 7, 866-878. doi: 10.3945/an.115.009340.
- Pangaribowo, E. H. & Gerber, N. (2016). Innovations for food and nutrition security: Impacts and trends. *Food Systems*, 3, 41-64. doi: 10.1007/978-3-319-25718-13.
- Pakeechai, K., & Charoenphun, N. (2021). Bamboo shoot-processed food and the possibility of commercial production. *Thai Science and Technology Journal*, 29(5), 865-879. doi: 10.14456/tstj.2021.73. (in Thai)
- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Said, F. A. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 36-60. doi:10.1007/s11947-012-0867-9.
- Roxana, N. R., Veleşcu, I. D., Stoica, F., Usturoi, A., Arsenoaia, V. N., Crivei, I. C., et al. (2023). Application of agri-food by-products in the food industry. *Agriculture*, 13(8), 1-25. doi: 10.3390/agriculture13081559.
- Singhal, P., Bal, L., Satya, S., Sudhakar, P., & Naik, S. (2013). Bamboo Shoots: A novel source of nutrition and medicine. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53, 517-534. doi: 10.1080/10408398.2010.531488
- Swinburn, B. A., Sacks, G., & Hall, K. D. (2011). The global obesity pandemic: Shaped by global drivers and local environments. *The Lancet*, 378(9793), 804-814. doi: 10.1016/S0140-6736(11)60813-1.
- Thamee, T., Intipunya, P., Noppakun, M., & Buntam, D. (2018). The study of optimum ingredients of mulberry mixed bar with longan. *Thai Agricultural Research Journal*, 36(3), 240-254. doi: 10.14456/thaidoa-agres.2018.19. (in Thai)
- Thongnok, S. (2023). Development of puffed snack made from Sungyod Phatthalung brown rice flour by extrusion process fortified with inulin. *Prawarun Agricultural Journal*, 20(1), 19-26. doi: 10.14456/paj.2023.3. (in Thai)
- Thai Industrial Standards Institute. (2022). *Crispy cereal-based snacks (TIS 1534-2541)*. Bangkok, Thailand: Information and Communication Technology Center.
- Treeinthong, J., Samanros, A., & Wiriyaampaiwong, P. (2024). Product development of snack bar enriched with dried Thai river sprat (*Clupeichthys aesamensis*). *Prawarun Agricultural Journal*, 20(1), 96-105. doi: 10.14456/paj.2024.11. (in Thai)
- Wang, H., Gani, M.A. & Liu, C. (2023). Impact of snack food packaging design characteristics on consumer purchase decisions. *SAGE Journal*, 10, 1-15. doi: 10.1177/21582440231167.
- Yunchalad, M., Sathonsaowapark, S., & Supasri, R. (2007). Shoot processing of highland bamboo: Pickled bamboo shoot in fermented soybean. *Thai Journal of Forestry*, 26, 13-22. (in Thai)
- Yunchalad, M., Sathonsaowapark, S., Supasri, R., & Loawitool, N. (2007). Shoot processing of highland bamboo: Acidified bamboo shoot in hermetically sealed container. *Thai Journal of Forestry*, 26, 1-12. (in Thai)

Research article

Snack product development from by-product of edible bamboo shoots

Prempracha Dornchai¹ Sunton Choksawatthanakit² Phanutat Sawadthaworn³
and Pornpisanu Thammapat^{4*}

¹*Program in Management Engineering, Faculty of Engineering, Rajabhat Maha Sarakham University, Muang District, Maha Sarakham Province, 44000, Thailand*

²*Program in Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Muang District, Maha Sarakham Province, 44000, Thailand*

³*Program in Management, Faculty of Management, Rajabhat Maha Sarakham University, Muang District, Maha Sarakham Province, 44000, Thailand*

⁴*Program in Food Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Muang District, Maha Sarakham Province, 44000, Thailand*

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 1 December 2024

Revised: 31 January 2025

Accepted: 3 March 2025

Online published: 2 May 2025

Keyword

Snack

Product development

By-product

ABSTRACT

This study aimed to develop a snack product from bamboo shoots by utilizing leftover bamboo shoot trimmings. The research evaluated the optimal proportions of bamboo shoots (30–50%), jasmine rice flour (30–50%), and eggs (20–40%) to determine consumer preferences among 14 formulations. The results showed that the best formulation consisted of 31.40% bamboo shoots, 30.00% jasmine rice flour, and 38.60% eggs, achieving the highest overall liking score of 7.10. The nutritional content per 100 grams of the product included carbohydrates (54.09 g), protein (17.15 g), dietary fiber (9.42 g), moisture (7.86 g), fat (6.52 g), and ash (4.96 g). In terms of physical properties, the product exhibited color values of L* 54.96, a* 8.45, and b* 21.04. The antioxidant activity, measured using the DPPH radical scavenging method, was 51.56%. Additionally, total microbial counts and yeast and mold levels were found to be less than 10 cfu/g. This research demonstrates the potential of utilizing leftover bamboo shoot trimmings to create a nutritious and consumer-accepted snack product.

*Corresponding author

E-mail address: Thammapat.p@gmail.com (P. Thammapat)

Online print: 2 May 2025 Copyright © 2025. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2025.6>