

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการแปรรูปก้านเห็ดเหลือทิ้งจากโรงงาน เป็นขนมขบเคี้ยวเพื่อพัฒนาผู้ประกอบการ

Optimization of Formulation Ratios for Snack Production from Mushroom Stem By-Products to Support Entrepreneurial Development

รักชนก ภูวพัฒน์^{1*}

Rugchanok Puwaphut^{1*}

(Received: 6 January 2026; Revised: 28 June 2026; Accepted: 28 June 2026)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการแปรรูปก้านเห็ดนางฟ้า ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงาน ให้เป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว (snack) เพื่อเพิ่มมูลค่าและสนับสนุนการพัฒนาผู้ประกอบการ โดยทำการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์จำนวน 4 ชุด โดยมีอัตราส่วนของก้านเห็ดนางฟ้าและมันฝรั่งต่าง ๆ กัน และประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบจำนวน 30 คน รวมถึงการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ผลการศึกษาพบว่า สูตรชุดที่ 3 ได้รับการยอมรับสูงสุด โดยผู้ทดสอบมีความชอบจำนวน 25 คน จาก 30 คน เนื่องจากมีรสชาติกลืน และเนื้อสัมผัสที่เหมาะสม เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในปริมาณสุทธิ 30 กรัม พบว่า ให้พลังงาน 110 กิโลแคลอรี มีโปรตีน 3 กรัม ไขมันทั้งหมด 2.5 กรัม และโซเดียม 150 มิลลิกรัม ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ก้านเห็ดนางฟ้ามีศักยภาพในการนำมาแปรรูปเป็นขนมขบเคี้ยวที่มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นทางเลือกเพื่อสุขภาพ อีกทั้งยังสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และนำไปต่อยอดเชิงพาณิชย์เพื่อพัฒนาผู้ประกอบการได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ก้านเห็ดนางฟ้า ขนมขบเคี้ยว วัสดุเหลือทิ้ง ผู้ประกอบการ

¹ มหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์

¹ Princess of Naradhiwas University

*Corresponding Author, E-mail: Rugchanok.p@pnu.ac.th

Abstract

This research aimed to determine the optimal formulation ratios for processing oyster mushroom stems, a by-product from mushroom processing factories, into snack products to add value and support entrepreneurial development. Four snack formulations were developed and evaluated through sensory analysis conducted by 30 panelists. The nutritional compositions of each formulation was also analyzed. The results indicated that formulation 3 achieved the highest consumer acceptance, with 25 out of 30 panelists expressing a preference for it due to its favorable taste, aroma, and texture. Nutritional analysis of a 30 g serving revealed an energy content of 110 kcal, a protein content of 3 g, a total fat content of 2.5 g, and a sodium content of 150 mg. These findings demonstrate that oyster mushroom stems have strong potential as a functional ingredient in snack production, offering nutritional benefits and serving as a healthier snack alternative. In addition, the utilization of mushroom stem by-products contributes to agricultural waste valorization and creates opportunities for sustainable entrepreneurial development.

Keywords: oyster mushroom stem, snack product, by-products, entrepreneurship

บทนำ

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงเห็ดนับเป็นภาคการเกษตรที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจฐานรากของประเทศไทย โดยเฉพาะในระดับวิสาหกิจชุมชนและผู้ประกอบการรายย่อย เห็ดเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงอุดมไปด้วยโปรตีน เส้นใยอาหาร วิตามิน และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการแปรรูปและการบริโภคเห็ดสด มักเกิดเศษเหลือทิ้งในรูปของก้านเห็ดเป็นจำนวนมาก ซึ่งโดยทั่วไปถูกนำไปใช้ประโยชน์ในระดับต่ำ เช่น เป็นอาหารสัตว์หรือถูกกำจัดเป็นของเสีย ส่งผลให้เกิดการสูญเสียทรัพยากรชีวภาพที่ยังมีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์เชิงมูลค่าเพิ่ม ก้านเห็ดมีองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการที่ใกล้เคียงกับส่วนดอกเห็ด โดยเฉพาะปริมาณเส้นใยอาหารและโพลีแซ็กคาไรด์ (Heleno, S. A. et al., 2015) ซึ่งมีคุณสมบัติในการส่งเสริมสุขภาพ อีกทั้งยังมีโครงสร้างเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปประเภทขนมขบเคี้ยวซึ่งเป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราการเติบโตสูงและเป็นที่นิยมในกลุ่มผู้บริโภคทุกช่วงวัย โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพที่เน้นวัตถุดิบจากธรรมชาติและการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตาม การ

นำก้านเห็ดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ขนมอบเคี้ยวจำเป็นต้องอาศัยการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต เช่น วิธีการเตรียมวัตถุดิบ สภาวะการให้ความร้อน อุณหภูมิและระยะเวลาในการอบหรือทอด การปรุงรส และการลดความชื้น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสที่เหมาะสม รวมถึงมีความปลอดภัยต่อการบริโภคและสามารถเก็บรักษาได้ในระยะเวลาที่เหมาะสม หากขาดการศึกษาทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ อาจทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอหรือไม่สามารถแข่งขันในเชิงพาณิชย์ได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีความสำคัญในการศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการแปรรูปก้านเห็ดให้เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบเคี้ยวโดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้บริโภค นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสามารถนำไปใช้เป็นองค์ความรู้ต้นแบบในการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ผู้ประกอบการรายย่อย วิสาหกิจชุมชน และผู้ประกอบการธุรกิจนวัตกรรมอาหาร ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ลดของเสียในกระบวนการผลิต และส่งเสริมการพัฒนาผู้ประกอบการตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และการพัฒนาอย่างยั่งยืนในระยะยาว

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการทำขนมอบเคี้ยวจากก้านเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง
2. เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของขนมอบเคี้ยวจากก้านเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

วิธีการวิจัย

1. การเก็บก้านเห็ด

ก้านเห็ดที่ใช้ในการศึกษานี้ได้มาจากโรงงานแปรรูปเห็ดนางฟ้าเชิงพาณิชย์ในพื้นที่ อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี ซึ่งดำเนินการผลิตเห็ดทอดเพื่อจำหน่ายในตลาดและอุตสาหกรรมอาหาร โดยก้านเห็ดเกิดจากกระบวนการตัดแต่งดอกเห็ดก่อนบรรจุจำหน่าย ซึ่งจัดเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตตามปกติของโรงงาน ก้านเห็ดถูกคัดเลือก จะเป็นก้านเห็ดที่เหลือจากการตัดแต่งในวันเดียวกัน ไม่ผ่านการล้างสารเคมีหรือการปรุงแต่งใด ๆ ไม่มีลักษณะเน่าเสีย มีสี กลิ่น และเนื้อสัมผัสปกติ และไม่มีการปนเปื้อนของสิ่งแปลกปลอม เช่น ดิน ทราย หรือเศษพลาสติก ส่วนก้านเห็ดที่ไม่ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวจะถูกคัดออกทันที

2. การเก็บรวบรวมตัวอย่าง

ก้านเห็ดถูกเก็บรวบรวมจากสายการผลิตหลังขั้นตอนการตัดแต่งดอกเห็ด โดยใช้ภาชนะพลาสติกเกรดอาหาร (food-grade plastic) ที่สะอาดและผ่านการฆ่าเชื้อเบื้องต้น ภาชนะบรรจุถูกปิดฝาอย่างมิดชิด และติดฉลากระบุวันที่ เวลา และแหล่งที่มาอย่างชัดเจนในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง จะสุ่มเก็บก้านเห็ดในปริมาณ

ประมาณ 10 กิโลกรัมต่อรอบการผลิต ในระหว่างการเก็บก้นเห็ด ผู้ปฏิบัติงานสวมถุงมือ หน้ากากอนามัย และหมวกคลุมผมตามหลักสุขาภิบาลอาหาร (Good Hygiene Practices: GHP) เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม หลังจากการเก็บรวบรวม ก้นเห็ดถูกขนส่งไปยังห้องปฏิบัติการภายในระยะเวลาไม่เกิน 2 ชั่วโมง โดยบรรจุในภาชนะที่ควบคุมอุณหภูมิ (4 ± 2 องศาเซลเซียส) เพื่อลดการเสื่อมสภาพและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เมื่อถึงห้องปฏิบัติการ ก้นเห็ดถูกนำมาตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพ กลิ่น และการปนเปื้อน จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดไหลผ่าน และสะเด็ดน้ำ ก่อนนำไปใช้ในกระบวนการทดลองเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวต่อไป

3.วิธีการแปรรูป

น้ำมันฝรั่งและก้นเห็ด มาล้างให้สะอาด แล้วหั่นเป็นชิ้นเล็ก นึ่งให้สุก บดทุกอย่างให้ละเอียด จากนั้นเติมเกลือป่น แป้งสาลี และแป้งมันสำปะหลัง คลุกให้เข้ากันจนกว่าแป้งจะเนียน นวดไม่ติดมือ โดยแบ่งการศึกษาสิ่งทดลองออกเป็น 4 สิ่งการทดลอง ได้แก่

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบของชุดการทดลอง

องค์ประกอบ	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	ชุดการทดลองที่ 4
ก้นเห็ดนางฟ้า	80	75	65	55
มันฝรั่ง	10	10	20	30
เกลือป่น	2	2	2	2
แป้งมันสำปะหลัง	5	7.5	7.5	7.5
แป้งสาลี	5	7.5	7.5	7.5

นำไปทำเป็นแผ่นบางขนาด 8 มิลลิเมตร บนถาดพลาสติก (ถุงร้อน) โดยประกบถาดพลาสติกทั้งบนและล่างของส่วนผสม บ่มด้วย Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 นาที นำพลาสติกแผ่นบนออก แล้วนำมามบ่มต่อที่สภาวะเดิมอีก 3 ชั่วโมง ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ลอกพลาสติกด้านล่างออก จากนั้นบ่มต่อที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้กรอบด้วยเครื่อง Microwave ที่ 500 วัตต์ เป็นเวลา 60 วินาที

4. วิธีการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ (Nutritional Analysis)

4.1 การเตรียมตัวอย่าง (Sample Preparation) ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากก้นเห็ดนางฟ้าสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงสุดจากการทดสอบด้านประสาทสัมผัส ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ โดยทำการบดตัวอย่างให้ละเอียดและเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นบรรจุในภาชนะปิดสนิทและเก็บรักษาในอุณหภูมิห้องที่แห้งและมีด เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของสารอาหารก่อนการวิเคราะห์

4.2 การวิเคราะห์พลังงาน (Energy Content) ค่าพลังงานของตัวอย่างถูกคำนวณจากปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต โดยใช้ปัจจัยการคำนวณพลังงานตามมาตรฐาน Atwater system และอ้างอิงวิธีการทดสอบตาม AOAC (1993)

4.3 การวิเคราะห์ไขมันทั้งหมดและไขมันอิ่มตัว (Total Fat and Saturated Fat) ปริมาณไขมันทั้งหมดของตัวอย่างถูกวิเคราะห์โดยใช้วิธีการสกัดไขมันตามมาตรฐาน AOAC (2023) ส่วนปริมาณไขมันอิ่มตัวทำการวิเคราะห์โดยวิธีภายในห้องปฏิบัติการ (In-house method) ที่พัฒนาจาก AOAC (2023)

4.4 การวิเคราะห์โปรตีน (Protein Content) ปริมาณโปรตีนถูกวิเคราะห์โดยใช้วิธี Kjeldahl method เพื่อหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และคำนวณเป็นโปรตีน

4.5 การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตและน้ำตาล (Total Carbohydrate and Total Sugars) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดถูกคำนวณโดยวิธี difference method ขณะที่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดวิเคราะห์ตาม AOAC (2023)

4.6 การวิเคราะห์คอเลสเตอรอล (Cholesterol Content) การวิเคราะห์คอเลสเตอรอลดำเนินการโดยใช้วิธีภายในห้องปฏิบัติการที่พัฒนาจาก AOAC (2023) เพื่อประเมินความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ในเชิงสุขภาพ

4.7 การวิเคราะห์แร่ธาตุ (Mineral Analysis) ปริมาณโซเดียมและโพแทสเซียมในตัวอย่างถูกวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) หรือเทคนิคที่เทียบเท่า ตามวิธีภายในห้องปฏิบัติการที่อ้างอิง AOAC (2023)

4.8 การวิเคราะห์ความชื้นและเถ้า (Moisture and Ash Content) ความชื้นของตัวอย่างวิเคราะห์โดยวิธีอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ส่วนปริมาณเถ้าวิเคราะห์โดยการเผาตัวอย่างในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสตาม AOAC (2023)

ผลการวิจัย

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากก้านเห็ดทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่าคุณลักษณะด้านรสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบของผู้บริโภคมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน (ตารางที่ 2) ดังนั้น ชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2 ได้รับการประเมินว่ามีรสชาติเห็ดเข้มข้นและรสชาติเห็ดเข้มข้นตามลำดับ มีกลิ่นเห็ดแรงมากและแรง อีกทั้งมีเนื้อสัมผัสไม่นุ่มเย็น ส่งผลให้ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับต่ำ โดยมีผู้ชอบเพียง 2 และ 3 คน จากผู้ทดสอบทั้งหมด 30 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 และ 10.00 ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ 3 ได้รับการประเมินว่ามีรสชาติดีมาก กลิ่นอยู่ในระดับพอดี และมีเนื้อสัมผัสดี ส่งผลให้ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด โดยมีผู้ชอบจำนวน 25 คน จากทั้งหมด 30 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 ขณะที่ไม่มีผู้ไม่

ชอบเพียง 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ส่วนชุดการทดลองที่ 4 แม้จะได้รับการประเมินว่ามีรสชาติดี กลิ่นน้อย และเนื้อสัมผัสดี แต่มีจำนวนผู้ชอบลดลงเหลือ 20 คน จากทั้งหมด 30 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 และมีผู้ไม่ชอบ 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ชุดการทดลองที่ 3 เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด เนื่องจากมีความสมดุลระหว่างรสชาติ กลิ่น และเนื้อสัมผัส ส่งผลให้มีคะแนนความชอบสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น จึงเหมาะสมสำหรับการคัดเลือกเป็นสูตรต้นแบบเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

ตารางที่ 2 ผลของส่วนประกอบและปริมาณของขนมขบเคี้ยวจากก้านเห็ดต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชุดการทดลอง	ลักษณะรสชาติ	ลักษณะกลิ่น	เนื้อสัมผัส	จำนวนผู้ชิม (คน)	ชอบ (คน)	ไม่ชอบ (คน)
ชุดที่ 1	รสชาติเห็ดเข้มข้นมาก	แรงมาก	ไม่เนียน	30	2	28
ชุดที่ 2	รสชาติเห็ดเข้มข้น	แรง	ไม่เนียน	30	3	27
ชุดที่ 3	รสชาติดีมาก	พอดี	ดี	30	25	5
ชุดที่ 4	รสชาติดี	น้อย	ดี	30	20	10

นำชุดการทดลองที่ 3 ซึ่งเป็นชุดที่มีผลดีที่สุดต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส จากการทดสอบกับจำนวน 30 คน ได้ผลตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการของชุดการทดลองที่ 3 ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม)

รายการทดสอบ	ต่อ 100 กรัม	ต่อ 1 หน่วยบริโภค (30 กรัม)	%RDI*	วิธีทดสอบอ้างอิง
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	385.90	110	-	AOAC (1993)
ไขมันทั้งหมด (กรัม)	9.10	2.5	4	AOAC (2023)
ไขมันอิ่มตัว (กรัม)	6.34	2.0	10	In-house method TE-CH-208 based on AOAC (2023)
คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	1.55	0	0	In-house method TE-CH-143 based on AOAC (2023)
โปรตีน (กรัม) (%N × 6.25)	9.49	3.0	-	In-house method TE-CH-042 based on AOAC (2023)
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (กรัม)	66.51	20	7	AOAC (1993)
น้ำตาลทั้งหมด (กรัม)	1.85	<1	-	AOAC (2023)
โซเดียม (มิลลิกรัม)	487.15	150	8	AOAC (2023)
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	384.95	115	3	AOAC (2023)
เส้นใย (กรัม)	2.42	-	-	AOAC (2023)
ความชื้น (กรัม)	12.48	-	-	AOAC (2023)

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของขนมขบเคี้ยวจากก้านเห็ดสูตรที่ 3 พบว่า ผลิตภัณฑ์มีพลังงาน 385.90 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม หรือให้พลังงานประมาณ 110 กิโลแคลอรีต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) ซึ่งจัดเป็นอาหารว่างที่ให้พลังงานในระดับปานกลาง ด้านไขมัน พบว่ามีไขมันทั้งหมด 9.10 กรัมต่อ 100 กรัม หรือ 2.5 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค คิดเป็นร้อยละ 4 ของปริมาณสารอาหารอ้างอิงต่อวัน (%RDI) โดยในจำนวนนี้เป็นไขมันอิ่มตัว 2.0 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค คิดเป็นร้อยละ 10 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน ขณะที่ปริมาณคอเลสเตอรอลเท่ากับ 0 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ไม่มีคอเลสเตอรอล ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ดีต่อผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ ในส่วนของโปรตีน ผลิตภัณฑ์มีโปรตีน 9.49 กรัมต่อ 100 กรัม หรือ 3.0 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค สะท้อนให้เห็นว่าก้านเห็ดสามารถเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ได้ ด้านคาร์โบไฮเดรต พบว่ามีปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 66.51 กรัมต่อ 100 กรัม หรือ 20 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค คิดเป็นร้อยละ 7 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน ขณะที่มีน้ำตาลทั้งหมดน้อยกว่า 1 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำตาลต่ำ สำหรับแร่ธาตุ พบว่ามีโซเดียม 150 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค คิดเป็นร้อยละ 8 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน และมีโพแทสเซียม 115 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค คิดเป็นร้อยละ 3 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อการทำงานของ

ร่างกาย นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ยังมีใยอาหาร 2.42 กรัมต่อ 100 กรัม และมีความชื้นร้อยละ 12.48 ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ประเภทขนมขบเคี้ยว ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากก้านเห็ดสูตรที่ 3 เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสม ให้พลังงานในระดับปานกลาง มีโปรตีนจากเห็ด ไม่มีคอเลสเตอรอล มีน้ำตาลต่ำ และมีแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย จึงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างเพื่อสุขภาพและเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้จากการเพาะเห็ดได้ต่อไป

อภิปรายผล

ผลการศึกษาด้านประสาทสัมผัสสอดคล้องกับงานวิจัยหลายฉบับที่รายงานว่า การใช้วัตถุดิบจากเห็ดในสัดส่วนที่สูงเกินไปอาจทำให้เกิดกลิ่นเฉพาะ ซึ่งส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (Kalac, 2016; Mattila et al., 2001) โดยสูตรชุดที่ 1 และ 2 มีปริมาณก้านเห็ดสูง ส่งผลให้ผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่ชอบผลิตภัณฑ์ ในขณะที่สูตรชุดที่ 3 ซึ่งมีการปรับสัดส่วนก้านเห็ดให้เหมาะสม แสดงให้เห็นว่าการควบคุมอัตราส่วนของวัตถุดิบมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อเนื้อสัมผัสและรสชาติของขนมขบเคี้ยวซึ่งสอดคล้องกับงานของ Elleuch et al. (2011) ที่รายงานว่า การผสมใยอาหารจากเห็ดในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจำเป็นต้องคำนึงถึงสมดุลระหว่างคุณค่าทางโภชนาการและความยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้านคุณค่าทางโภชนาการ ผลการทดลองพบว่าขนมขบเคี้ยวจากก้านเห็ดมีปริมาณไขมันต่ำ โปรตีนในระดับปานกลาง และโซเดียมไม่สูงเกินเกณฑ์ RDI ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Heleno et al. (2015) ที่ระบุว่าเห็ดเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากมีไขมันต่ำและมีแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์

ผลการเพิ่มขึ้นของใยอาหารในสูตรที่มีก้านเห็ดนางฟ้า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cheung (2013); Heleno et al. (2015) ที่รายงานว่าโครงสร้างผนังเซลล์ของเห็ดประกอบด้วย β -glucan และ polysaccharides ซึ่งเป็นแหล่งใยอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพระบบทางเดินอาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ใช้มันฝรั่งเป็นวัตถุดิบหลัก พบว่า ไม่สามารถให้ใยอาหารได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Elleuch et al. (2011) ที่ระบุว่าอาหารว่างจากแป้งและหัวพืชผ่านกระบวนการแปรรูปมักสูญเสียใยอาหารตามธรรมชาติ นอกจากนี้ การนำก้านเห็ดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตเห็ดมาใช้ ยังสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) และการพัฒนาอาหารอย่างยั่งยืน ตามที่กล่าวไว้ในงานของ Mirabella et al. (2014); Baiano (2014) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการแปรรูปของเหลือทางการเกษตรเป็นอาหารมูลค่าสูงสามารถเพิ่มรายได้ให้ผู้ประกอบการและลดของเสียได้อย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้น ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า สูตรขนมขบเคี้ยวจากก้านเห็ดนางฟ้าชุดที่ 3 มีศักยภาพทั้งในเชิงคุณค่าทางโภชนาการ การยอมรับของผู้บริโภค และการต่อยอดเชิงธุรกิจสำหรับผู้ประกอบการนวัตกรรมอาหาร

สรุปผลการทดลอง

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการพัฒนาขนมขี้เี่ยวจากก้านเห็ดนางฟ้า โดยเปรียบเทียบสูตรการผลิต 4 ชุด และประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการ และปริมาณใยอาหาร (dietary fiber) ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีข้อจำกัดด้านรสชาติ และกลิ่นเห็ดที่แรงเกินไป รวมถึงเนื้อสัมผัสไม่เนียน ส่งผลให้ผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ชุดการทดลองที่ 3 ให้การยอมรับสูงสุด โดยผู้ทดสอบ 30 คน มีความชอบถึง 25 คน เนื่องจากมีรสชาติ กลิ่น และเนื้อสัมผัสที่เหมาะสม ชุดการทดลองที่ 4 แม้มีการลดกลิ่นเห็ดลง แต่รสชาติไม่เข้มข้นเท่าชุดที่ 3 ทำให้การยอมรับลดลง เมื่อนำชุดการทดลองที่ 3 มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่าขนมขี้เี่ยว ขนาดบริโภค 30 กรัม ให้พลังงาน 110 กิโลแคลอรี มีโปรตีน 3 กรัม ไขมันทั้งหมด 2.5 กรัม โซเดียม 150 มิลลิกรัม และมีโพแทสเซียม 115 มิลลิกรัม แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของผลิตภัณฑ์ในฐานะอาหารว่างทางเลือก

รายการอ้างอิง (References)

- Baiano, A. (2014). Recovery of biomolecules from food wastes – A review. *Molecules*, 19(9), 14821–14842.
- Cheung, P. C. K. (2013). Mini-review on edible mushrooms as source of dietary fiber. *Food Science and Human Wellness*, 2(3–4), 162–166.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C. and Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications. *Food Chemistry*, 124(2), 411–421.
- Heleno, S. A., Ferreira, R. C., Antonio A. L., Queiroz, M. R. P., Barros, L. and Ferreira, I. C. F. R. (2015). Nutritional value, bioactive compounds and antioxidant properties of three edible mushrooms. *Food Chemistry*, 173, 274–280.
- Kalac, P. (2016). Edible mushrooms: Chemical composition and nutritional value. *Academic Press*.
- Mattila, P., Konko, K., Euroola, M., Pihlava, J. M., Astola, J., Vahteristo, L., Hietaniemi, V., Kumpulainen, J., Valtonen, M. and Piironen, V. (2001). Contents of vitamins, mineral

elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(5), 2343–2348.

Mirabella, N., Castellani, V., & Sala, S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste. *Journal of Cleaner Production*, 65, 28–41.