

การพัฒนาเทมเป้จากธัญพืชผสมเห็ดนางฟ้าภูฐาน

Development of Tempeh from Grains Mixed with Grey Oyster Mushroom (*Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Sing.)

จิรนนท์ กล่อมมนรา แก้วรักษา¹ พัชรีย์ หล่งหม่าน² และ ชวนพิศ เรืองจรัส^{2*}
Cheeranun Klomnara Kaewraksa¹, Patcharee Lungmann²
and Chuanpit Ruangcharus^{2*}

Received: 26 June 2024

Revised: 8 April 2025

Accepted: 30 March 2026

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการใช้ประโยชน์จากเห็ดนางฟ้าภูฐาน (*Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Sing.) ซึ่งเป็นเห็ดที่สำคัญทางเศรษฐกิจ มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและเป็นฟร็อบโอติก จึงเป็นเห็ดที่น่าสนใจสำหรับนำมาผลิตเป็นอาหารสุขภาพ เช่น เทมเป้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเห็ดนางฟ้าภูฐานสำหรับใช้เป็นหัวเชื้อและวัตถุดิบในการผลิตเทมเป้ โดยศึกษาชนิดของธัญพืชและหัวเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตเทมเป้เห็ดนางฟ้าภูฐาน นำเทมเป้ที่ได้มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยศึกษาธัญพืช 4 ชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วแดง และ ถั่วเขียว หมักด้วยหัวเชื้อ 3 ชนิด ได้แก่ ผงหัวเชื้อรา *Rhizopus oligosporus* (ทางการค้า) หัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เจริญบนอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) และหัวเชื้อรา *R. oligosporus* ผสมหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เจริญบนอาหาร PDA พบว่าเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เจริญบนอาหาร PDA ไม่สามารถใช้เป็นหัวเชื้อในการทำเทมเป้ได้ แต่เห็ดนางฟ้าภูฐานสดผสมธัญพืช 4 ชนิดใช้เป็นวัตถุดิบแล้วนำมาหมักด้วยหัวเชื้อรา *R. oligosporus* ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เทมเป้ได้ ผลการศึกษาเทมเป้ถั่วเหลืองผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสดในอัตราส่วน 1:1 (75 กรัม:75 กรัม) มีปริมาณไขมัน 1.02 กรัม คาร์โบไฮเดรต 12 กรัม คอลเลสเตอรอล 0.47 มิลลิกรัม และพลังงานทั้งหมด 95.64 กิโลแคลอรี และจำนวน

¹สาขาวิชาวัฒนธรรมสังคมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี ประเทศไทย 84100

¹Program in Social innovation for sustainable development, Faculty of Humanities and Social Sciences, Suratthani Rajabhat University, Suratthani, Thailand 84100

²สาขาวิชาวัฒนธรรมทางการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี ประเทศไทย 84100

²Program in Agricultural Innovation, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University, Suratthani, Thailand 84100

*ผู้รับผิดชอบประสานงาน (Corresponding author) e-mail: chuanpit.rua@sru.ac.th

จุลินทรีย์ทั้งหมด 1.9×10^7 CFU/g ซึ่งมีย่าน้อยกว่าเหมาเป็ดเห็ดหลินสูตรดั้งเดิม เมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าเหมาเป็ดเห็ดหลินผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสดมีคะแนนความพึงพอใจความชอบโดยรวมเท่ากับ 4.85 ± 0.37 ซึ่งมีระดับความพึงพอใจโดยรวมสูงกว่าเหมาเป็ดเห็ดหลินสูตรดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้นเหมาเป็ดเห็ดนางฟ้าภูฐานสดผสมธัญพืชจึงมีความแปลกใหม่สำหรับผู้บริโภคที่ดูแลสุขภาพและเป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเห็ดนางฟ้าภูฐานให้มีความหลากหลายมากขึ้น

คำสำคัญ: เหมาเป็ด เห็ดนางฟ้าภูฐาน เห็ดหลิน การหมัก

ABSTRACT

This study explored the feasibility of utilizing grey oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Sing.) as both a fermentation starter and raw material in tempeh production. Grey oyster mushroom, a commercially valuable edible mushroom with high nutritional content and prebiotic properties, was examined for its suitability in developing a novel health food alternative. The study evaluated four legume varieties (soybeans, peanuts, red beans, and mung beans) in combination with three fermentation starter: commercial *Rhizopus oligosporus* inoculum, grey oyster mushroom mycelium cultured on Potato Dextrose Agar (PDA), and a mixture of both cultures. Results indicated that while grey oyster mushroom mycelium grown on PDA could not independently function as a tempeh fermentation starter, fresh grey oyster mushrooms successfully served as a co-fermentation substrate with all tested legumes when using *R. oligosporus* as the fermentation starter. The grey soybean-oyster mushroom tempeh (1:1 ratio; 75 g:75 g) contained 1.02 g of fat, 12 g of carbohydrates, 0.47 mg of cholesterol, and provided 95.64 kcal of energy per serving, with a total bacterial count of 1.9×10^7 CFU/g slightly lower than traditional soybean tempeh. Sensory evaluation revealed superior consumer acceptance for the grey soybean-oyster mushroom tempeh, with an overall preference score of 4.85 ± 0.37 , significantly higher than traditional soybean tempeh ($p < 0.05$). This study provides foundational information for developing diverse oyster mushroom-based products that cater to health-conscious consumers.

Keywords: Tempeh; Grey oyster mushroom; Soybean; Fermentation

บทนำ

เห็ดนางฟ้าภูฐาน มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Sing. เป็นเห็ดเศรษฐกิจที่นิยมรับประทาน เนื่องจากเห็ดชนิดนี้เพาะได้ง่าย มีเวลาในการเพาะสั้น เก็บเกี่ยวผลผลิตดอกเห็ดจำนวนมากต่อก่อน [1] ดอกเห็ดให้เนื้อนุ่ม นำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด เช่น แกงเลียง และต้มยำ เป็นต้น มีคุณค่าทางโภชนาการที่อุดมไปด้วยโปรตีน 3.38 กรัม ไขมัน 0.07 กรัม คาร์โบไฮเดรต 4.47 กรัม น้ำ 90.27 กรัม เส้นใยอาหาร 0.47 กรัม แคลเซียม 1.90 กรัม ฟอสฟอรัส 87.44 กรัม เหล็ก 0.85 กรัม วิตามินบี₁ 0.006 มิลลิกรัม และวิตามินบี₂ 0.08 มิลลิกรัม โดยเฉพาะมีกรดอะมิโนที่จำเป็น (กรดอะมิโนหน่วยเป็นมิลลิกรัม/กรัม

ของ Crude protein nitrogen) ได้แก่ Isoleucine, Leucine, Lysine, Methionine, Cystine, Phenylalanine, Tyrosine, Threonine, Tryptophan และ Valine ปริมาณ 78, 68.1, 73.5, 62.5, 62.5, 137.8, 137.8, 88, 91 และ 76.1 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ และยังช่วยในการขับถ่าย การดูดซึม ลดปริมาณคอเลสเตอรอล ช่วยรักษาผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจ [2] จึงมีการนำเห็ดนางฟ้าภูฐานมาบริโภคโดยตรงและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายชนิด เช่น แหนม เห็ดหอม น้ำพริก ข้าวเกรียบ ข้าวคลุก เป็นต้น สำหรับผู้ที่บริโภคเนื้อสัตว์ บริโภคอาหารประเภทมังสวิรัติ หรืออาหารเพื่อสุขภาพ มักใช้เห็ดเป็นวัตถุดิบหลักทดแทนเนื้อสัตว์ งานวิจัยของ Zhuang [3] พบว่าในเห็ดนางฟ้าภูฐานมีสารโพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharides) หลายชนิดที่มีฤทธิ์ต้านมะเร็งได้

ธัญพืชเป็นพืชที่นำเอาส่วนของเมล็ดมาใช้ประโยชน์ มีหลายประเภท โดยพืชตระกูลถั่วเป็นหนึ่งในธัญพืชที่มีพลังงานสูง มีโอเมก้า 3 ช่วยต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณน้ำมันและโปรตีนสูง สำหรับการใช้ประโยชน์จากพืชตระกูลถั่วที่นิยมนำไปใช้เป็นส่วนประกอบอาหารสัตว์มีวิจัยและนำมาแปรรูปเป็นอาหารมนุษย์ เช่น การทำนมถั่วเหลือง เนยถั่ว เต้าหู้ การทำโปรตีนเกษตร ฯลฯ พืชในตระกูลถั่วสามารถแบ่งออกตามการผลิตได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ถั่วที่ปลูกภายในประเทศใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด เช่น วุ้นเส้น ข้าวหิรัญ ถั่วชิก เป็นต้น การใช้ประโยชน์จากถั่วที่นำมาแปรรูปเพื่อให้เกิดอาหารทดแทนเนื้อสัตว์อีกสิ่งหนึ่งก็คือ เทมเป้ (Tempeh) ที่มีแหล่งกำเนิดมาจากประเทศอินโดนีเซีย และเป็นอาหารที่นิยมรับประทานกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ประเทศ อินโดนีเซีย มาเลเซีย สิงคโปร์ และ ฟิลิปปินส์ เกิดจากการหมักเมล็ดถั่วด้วยเชื้อราสกุล *Rhizopus* โดยเฉพาะราในสายพันธุ์ *Rhizopus oligosporus* จนกระทั่งเกิดเส้นใยสีขาวขึ้นปกคลุมตลอด ซึ่งระหว่างการหมักนี้จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในเมล็ดถั่ว ทั้งกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการที่ดีขึ้นอันเนื่องมาจากการถูกย่อยภายในเมล็ดถั่วที่เพิ่มสูงขึ้น คุณภาพของเทมเป้ขึ้นอยู่กับคุณภาพวัตถุดิบ หัวเชื้อที่ใช้ และสภาพในการหมัก [4] ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้หัวเชื้อรา *R. oligosporus* ร่วมกับหัวเชื้อชนิดอื่นในการผลิตเทมเป้ มีการรายงานของ Martinez-Medina *et al.* [5] พบว่าเห็ดมีโปรตีน 19-39 % และคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าเชื้อรา และเป็นอาหารฟังก์ชันที่เป็นทางเลือกของอาหารสุขภาพที่มีคุณสมบัติเฉพาะของคุณค่าทางอาหารสูง มีสารต้านอนุมูลอิสระ และเบตากลูแคน ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกัน เห็ดนางฟ้าภูฐานสามารถนำมาเป็นหัวเชื้อในอาหารหมักได้ เห็ดเป็นพรีไบโอติก ซึ่งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นหากนำเห็ดนางฟ้าภูฐานมาผสมกับเชื้อราจะส่งเสริมการเจริญของเชื้อราให้เติบโตดี นอกจากนี้การใช้เส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานหมักถั่วเหลืองช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหาร [6, 7] ดังนั้นเทมเป้ธัญพืชผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานจึงเป็นทางเลือกของอาหารสุขภาพ อาหารฟังก์ชันที่มีคุณสมบัติเฉพาะของคุณค่าทางอาหารสูง ที่ได้รับความนิยมต่อไปในอนาคต สามารถใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการประกอบอาหารแทนการบริโภคเนื้อสัตว์ สามารถผลิตเองได้ง่าย และราคาไม่แพง จึงเหมาะสมในการนำมาศึกษาเพื่อพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง งานวิจัยนี้จึงมีความสนใจศึกษาเห็ดนางฟ้าภูฐานเพื่อใช้เป็นหัวเชื้อและวัตถุดิบในการผลิตเทมเป้โดยศึกษาชนิดของธัญพืชและหัวเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตเทมเป้ โดยการวิเคราะห์ทางกายภาพเคมีและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เทมเป้สูตรดั้งเดิมกับผลิตภัณฑ์เทมเป้ธัญพืชผสมเห็ดนางฟ้าภูฐาน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเห็ดนางฟ้าภูฐานให้มีความหลากหลายสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการดูแลสุขภาพมากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐาน

การเตรียมหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานทำได้ 2 วิธี โดยวิธีที่ 1. นำดอกเห็ดนางฟ้าภูฐานมาตัดเป็นชิ้นและวางบนอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วันหรือจน

ปรากฏเส้นใย และวิธีที่ 2. นำเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เจริญบนอาหาร PDA จากวิธีที่ 1 โดยการตัดชิ้นวงขนาด 1x1 เซนติเมตร จำนวน 5 ชิ้นมาเพาะบนเมล็ดข้าวฟ่างที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที ปริมาณ 150 กรัม บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วันหรือจนปรากฏเส้นใย

2. การเตรียมเมล็ดธัญพืชในการผลิตเห็ดแปะ

การผลิตเห็ดแปะดัดแปลงจาก Wikandari [4] และ Janiszewska *et al.* [8] โดยการเตรียมเมล็ดธัญพืช 4 ชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วแดง และถั่วลิสง ชนิดละ 500 กรัม มาล้างและแช่น้ำ 20 ชั่วโมง และเปลือกถั่วออกนำมาต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาที เทน้ำทิ้งและนำไปปรับ pH ให้ได้เท่ากับ 5 ด้วยน้ำส้มสายชูกลั่น 5 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ประมาณ 6-7 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักธัญพืช

3. การศึกษาธัญพืชที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดแปะโดยใช้หัวเชื้อชนิดต่างๆ

3.1 การศึกษาธัญพืชที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดแปะโดยใช้ผงหัวเชื้อรา *R. oligosporus* (ทางการค้า)

นำเมล็ดธัญพืช 4 ชนิดตามที่อธิบายในข้อ 2 มาหมักโดยใช้ผงหัวเชื้อรา *R. oligosporus* (ทางการค้า) ปริมาณ 15 กรัมต่อถั่ว 500 กรัม (ตามสูตรหัวเชื้อทางการค้า) แล้วแบ่งใส่ถุง ถุงละ 150 กรัม บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 40 ชั่วโมง ตรวจสอบลักษณะปรากฏจากความหนาแน่นของเส้นใย ลักษณะการเกาะรวมตัวกัน โดยการสังเกตความแน่นของก้อนเห็ดแปะแล้วกดด้วยนิ้วมือ และประเมินกลิ่นโดยผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกอบรม 3 คน เปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) 509/2547 ในหัวข้อลักษณะปรากฏ กลิ่น และรสชาติ

3.2 การศึกษาธัญพืชที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดแปะโดยใช้หัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เจริญบนอาหาร PDA

นำเมล็ดธัญพืช 4 ชนิดตามที่อธิบายในข้อ 2 มาหมักโดยใช้เส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เจริญบนอาหาร PDA ตามที่อธิบายในข้อ 1 วิธีที่ 1 โดยการตัดชิ้นวงขนาด 1x1 เซนติเมตร จำนวน 5 ชิ้นต่อถั่ว 150 กรัม บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 40 ชั่วโมง ตรวจสอบลักษณะปรากฏจากความหนาแน่นของเส้นใย ลักษณะการเกาะรวมตัวกันโดยการสังเกตความแน่นของก้อนเห็ดแปะด้วยการกดด้วยนิ้วมือ และประเมินกลิ่นโดยผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกอบรม 3 คน เปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) 509/2547 ในหัวข้อลักษณะปรากฏ กลิ่น และรสชาติ

3.3 การศึกษาธัญพืชที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดแปะโดยใช้เชื้อรา *R. oligosporus* ผสมหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เจริญบนอาหาร PDA

นำเมล็ดธัญพืช 4 ชนิดตามที่อธิบายในข้อ 2 มาหมักโดยใช้หัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานตามที่อธิบายในข้อ 1 วิธีที่ 1 โดยการตัดชิ้นวงขนาด 1x1 เซนติเมตร อย่างละ 5 ชิ้นต่อถั่ว 150 กรัม ผสมผงหัวเชื้อรา *R. Oligosporus* ทางการค้า ปริมาณ 15 กรัมต่อถั่ว 500 กรัม (ตามสูตรหัวเชื้อทางการค้า) แล้วแบ่งใส่ถุง ถุงละ 150 กรัม บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 40 ชั่วโมง ตรวจสอบลักษณะปรากฏจากความหนาแน่นของเส้นใย ลักษณะการเกาะรวมตัวกันและกลิ่นของธัญพืชทั้ง 4 ชนิด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) 509/2547

4. การศึกษาปริมาณหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานในเมล็ดข้าวฟ่างที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดแปะ

นำเมล็ดธัญพืช 4 ชนิดตามที่อธิบายในข้อ 2 มาหมักโดยใช้หัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานในเมล็ดข้าวฟ่างตามที่อธิบายในข้อ 1 วิธีที่ 2 ปริมาณ 5, 10 และ 15 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สังเกตการเจริญของเส้นใยทุกๆ 8 ชั่วโมง ลักษณะการเกาะรวมตัวกันและกลิ่นของธัญพืชทั้ง 4 ชนิด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) 509/2547

5. การศึกษาปริมาณหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานบนอาหาร Potato Dextrose Agar ที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดแปะ

นำเมล็ดธัญพืชที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดแปะจากหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานในเมล็ดข้าวฟ่างที่ได้จากข้อ 4 คือ ถั่วลิสงมาหมักด้วยหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เจริญบนอาหาร PDA ตัดชิ้นวันขนาด 1x1 เซนติเมตร ปริมาณ 5, 10 และ 15 ชิ้น ต่อถั่วลิสง 150 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ ผสมให้เข้ากันบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 40 ชั่วโมง สังเกตการเจริญของเส้นใยต่างๆ 8 ชั่วโมง ลักษณะการเกาะรวมตัวกันและกลิ่นของธัญพืชทั้ง 4 ชนิด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) 509/2547

6. การศึกษาการผลิตเห็ดแปะจากวัตถุดิบธัญพืชผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานโดยใช้หัวเชื้อรา *R. oligosporus* (ทางการค้า)

การศึกษการผลิตเห็ดแปะจากวัตถุดิบธัญพืช ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วแดง และ ถั่วเขียว ผสมกับเห็ดนางฟ้าภูฐานสดและอีกชุดการทดลองเป็นธัญพืชแต่ละชนิดข้างต้น ผสมกับเห็ดนางฟ้าภูฐานอบแห้ง ซึ่งใช้อัตราส่วนของถั่ว:เห็ดนางฟ้าภูฐาน เป็น 1:1 (75 กรัมถั่ว:75 กรัมเห็ดนางฟ้าภูฐานสด) โดยใช้หัวเชื้อรา *R. oligosporus* (ทางการค้า) ที่เจริญบนอาหาร PDA นำมาตัดชิ้นวันเป็นชิ้นละ 1x1 เซนติเมตร จำนวน 5 ชิ้น ต่อถั่ว 150 กรัม บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ศึกษาลักษณะทางกายภาพ สังเกตไอน้ำและความร้อนที่เกิดขึ้นภายในถุงพลาสติกโดยการสัมผัสด้วยมือและสังเกตการควบแน่นของไอน้ำบนผนังถุง ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้กิจกรรมการหมัก บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องหมัก และชั่งน้ำหนักถุงหมักก่อนและหลังการหมักเพื่อประเมินการสูญเสียน้ำหนัก

7. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์

นำเห็ดแปะที่มีการเจริญของเส้นใยเชื้อราดีที่สุดจากข้อ 6 คือ เห็ดแปะถั่วเหลืองสูตรดั้งเดิม และ เห็ดแปะถั่วเหลืองผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสด ในอัตราส่วน 1:1 (75:75 กรัม) หมักด้วยหัวเชื้อ *R. oligosporus* (ทางการค้า) มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ โดยคัดเลือกจากผลิตภัณฑ์เห็ดแปะที่ได้รับคะแนนจากผู้ทดสอบมากที่สุดมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใยอาหาร เถ้า ความชื้น คาร์โบไฮเดรต โดยวิธี AOAC [9]

8. การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดแปะถั่วเหลืองและเห็ดแปะถั่วเหลืองผสมเห็ดนางฟ้าสด

นำเห็ดแปะสดที่ได้จาก ข้อ 6 คือ เห็ดแปะถั่วเหลืองสูตรดั้งเดิม และ เห็ดแปะถั่วเหลืองผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสดในอัตราส่วน 1:1 (75:75 กรัม) หมักด้วยหัวเชื้อ *R. oligosporus* (ทางการค้า) หั่นเป็นชิ้น ขนาด 2x3 เซนติเมตร แช่น้ำเกลือ 3% เป็นเวลา 5 นาทีวางทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำไปคลุกกับแป้งทอดกรอบที่ผสมน้ำ นำไปทอดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที นำผลิตภัณฑ์เห็ดแปะทอดไปทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น รส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์โดยผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ใช้แบบทดสอบแบบ 5-point Hedonic scale โดย 1 = ไม่ชอบมาก 2 = ไม่ชอบ 3 = ปานกลาง 4 = ชอบ 5 = ชอบมาก

ผลการวิจัย

การผลิตเห็ดแปะหมักด้วยหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานและเชื้อรา *R. oligosporus* มีการศึกษาชนิดของธัญพืชที่ใช้ในการผลิตเห็ดแปะ ปริมาณหัวเชื้อ การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยผลการศึกษา มีดังนี้

1. ผลการศึกษาวิจัยพืชที่เหมาะสมในการผลิตเห็บโดยใช้หัวเชื้อชนิดต่างๆ

1.1 ผลการศึกษาวิจัยพืชที่เหมาะสมในการผลิตเห็บโดยใช้ผงหัวเชื้อรา *R. Oligosporus* (ทางการค้า)

การศึกษาชนิดของธัญพืชจำพวกถั่ว 4 ชนิดได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วแดงและถั่วเขียว หมักโดยใช้หัวเชื้อ *R. oligosporus* (ทางการค้า) เพื่อหาชนิดของถั่วที่เหมาะสมในการหมักเห็บ พบว่าถั่วชนิดต่างๆ หมักด้วยหัวเชื้อ *R. oligosporus* เกิดเส้นใยบนเมล็ดถั่วเรียงตามลำดับดังนี้ คือ ถั่วเหลือง เกิดเส้นใยมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วแดง และถั่วลิสง ตามลำดับ โดยถั่วเหลืองมีการเปลี่ยนแปลงเร็วที่สุด เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง เกิดปรากฏเส้นใยสีขาวเกาะเมล็ดถั่ว รองลงมาคือ ถั่วเขียวปรากฏเส้นใยที่เวลา 24 ชั่วโมง แต่ปริมาณความหนาแน่นของเส้นใยน้อยกว่าถั่วเหลือง ต่อมาที่เวลา 32 ชั่วโมง เกิดเส้นใยบนถั่วแดงและถั่วลิสง แต่ถั่วลิสงมีการเจริญของเส้นใยน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่า เมื่อครบเวลา 40 ชั่วโมง ถั่วชนิดต่างๆ สามารถหมักและเกิดผลิตภัณฑ์เห็บได้

1.2 ผลการศึกษาวิจัยพืชที่เหมาะสมในการผลิตเห็บโดยใช้หัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เจริญบนอาหาร PDA

การศึกษาชนิดของธัญพืชจำพวกถั่ว 4 ชนิดได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วแดง และ ถั่วเขียวหมักโดยใช้หัวเชื้อนางฟ้าที่เพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 40 ชั่วโมง ถั่วทั้ง 4 ชนิดไม่มีการเจริญของเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐาน และเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น เชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นเจริญบนเมล็ดถั่ว โดยเฉพาะแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุให้ถั่วเกิดกลิ่นและเน่าเสีย

1.3 ผลการศึกษาวิจัยพืชที่เหมาะสมในการผลิตเห็บโดยใช้เชื้อรา *R. oligosporus* ผสมหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เจริญบนอาหาร PDA

การศึกษาชนิดของธัญพืชจำพวกถั่ว 4 ชนิดได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วแดง และ ถั่วเขียว หมัก โดยใช้เส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ผสมหัวเชื้อ *R. oligosporus* พบว่าการเกิดเส้นใยบนเมล็ดถั่วต่างๆ เรียงลำดับ คือ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วแดงและถั่วลิสง ตามลำดับ โดยถั่วเหลืองเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง มีการเปลี่ยนแปลงเร็วที่สุด พบเส้นใยสีขาวเจริญบนเมล็ดถั่วเหลือง รองลงมาคือ ถั่วเขียว เริ่มปรากฏเส้นใยเจริญเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง แต่ปริมาณความหนาแน่นของเส้นใยน้อยกว่าถั่วเหลือง ลำดับถัดไปคือถั่วแดงและสุดท้ายคือถั่วลิสง มีการเจริญของเส้นใยน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่าเมื่อหมักถั่วชนิดต่างๆ ครบเวลา 40 ชั่วโมง ถั่วชนิดต่างๆ สามารถหมักและเกิดผลิตภัณฑ์เห็บได้ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การเจริญของเส้นใยเห็ดโดยใช้หัวเชื้อและธัญพืชชนิดต่างๆ

เวลา (ชั่วโมง)	<i>R.oligosporus</i>				เห็ดนางฟ้าภูฐาน				<i>R.oligosporus</i> กับเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐาน			
	ถั่วเหลือง	ถั่วแดง	ถั่วลิสง	ถั่วเขียว	ถั่วเหลือง	ถั่วแดง	ถั่วลิสง	ถั่วเขียว	ถั่วเหลือง	ถั่วแดง	ถั่วลิสง	ถั่วเขียว
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	++	+	+	+	-	-	-	-	++	+	+	+
32	++	+	+	++	-	-	-	-	++	+	+	++
40	++	++	++	++	-	-	-	-	++	++	++	++

หมายเหตุ: - = ไม่พบเส้นใย, + = มีเส้นใยบาง, ++ = มีเส้นใยหนาแน่น

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เจริญบนอาหาร PDA เพียงอย่างเดียวไม่สามารถสร้างเส้นใยในธัญพืชทั้ง 4 ชนิดได้ ในขณะที่หัวเชื้อรา *R. oligosporus* และหัวเชื้อผสมสามารถสร้างเส้นใยได้ทั้งหมดโดยถั่วเหลืองให้ผลดีที่สุด

2. ผลการศึกษาปริมาณหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานในเมล็ดข้าวฟ่างที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดแปะ

เมล็ดธัญพืชจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วแดง และถั่วลิสง หมักโดยใช้เชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานในรูปเมล็ดข้าวฟ่างที่น้ำหนัก 5, 10 และ 15 กรัม ต่อถั่ว 150 กรัม บ่มเป็นเวลา 4 วัน ศึกษาลักษณะทางกายภาพโดยสังเกตเส้นใยของเห็ดที่เจริญในเมล็ดถั่วต่างๆ 8 ชั่วโมง ผลการศึกษามีดังนี้

2.1 ปริมาณหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานในเมล็ดข้าวฟ่างปริมาณ 5 กรัม หมักในถั่วชนิดต่าง ๆ

จากการนำถั่วทั้ง 4 ชนิด หมักด้วยหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เพาะในเมล็ดข้าวฟ่าง โดยเริ่มต้นที่ 5 กรัม พบว่าถั่วลิสงเมื่อเวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง ปรากฏการเจริญของเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานเกิดขึ้นและมีลักษณะที่จับตัวเกาะเป็นก้อนและเมื่อเวลาผ่านไป 88 ชั่วโมง เกิดการเจริญของเส้นใยหนาแน่นและจับกันเป็นก้อนหนาแน่นมากขึ้น ถั่วเขียว ถั่วแดง และถั่วเหลือง ไม่พบการเจริญของเส้นใยและไม่เกิดลักษณะเป็นก้อน จากผลการศึกษาการใช้หัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เพาะจากเมล็ดข้าวฟ่างมีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เห็ดแปะได้ จึงทำการคัดเลือกถั่วลิสงมาศึกษาอัตราส่วนหัวเชื้อที่เหมาะสม และระยะเวลาในการเกิดผลิตภัณฑ์เห็ดแปะ

2.2 หัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานในเมล็ดข้าวฟ่างปริมาณ 10 และ 15 กรัม หมักในถั่วลิสง

จากผลจากการศึกษา 2.1 พบว่า ถั่วลิสงเป็นธัญพืชที่เส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เพาะบนเมล็ดข้าวฟ่างสามารถเจริญได้ จึงศึกษาปริมาณหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานจากเมล็ดข้าวฟ่างในปริมาณ 10 และ 15 กรัม ต่อถั่วลิสง 150 กรัม บ่มที่อุณหภูมิห้อง และสังเกตการเจริญของเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐาน พบว่าปริมาณหัวเชื้อ 10 กรัม ปรากฏเส้นใยเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เวลา 24 ชั่วโมง แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาการหมักจนครบ 88 ชั่วโมง ผลปรากฏว่าถั่วลิสงมีกลิ่น และไม่เกิดผลิตภัณฑ์เห็ดแปะ ปริมาณหัวเชื้อ 15 กรัมปรากฏเส้นใยเชื้อเห็ดนางฟ้า

ฐานที่เวลา 16 ชั่วโมง แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาการหมักจนครบ 88 ชั่วโมง ผลปรากฏว่าถั่วลิสงมีกลิ่น และไม่เกิดผลิตภัณฑ์เหม็น

3. ผลการศึกษาปริมาณหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานบนอาหาร PDA ที่เหมาะสมในการผลิตเห็ด

จากผลการทดลองในข้อ 2.2 ถั่วลิสงที่หมักด้วยหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เพาะบนเมล็ดข้าวฟ่าง ปรากฏเส้นใยเจริญบนเมล็ดถั่วลิสงได้ แต่หากเมื่อเวลาผ่านไปไม่เกิดผลิตภัณฑ์เหม็น เกิดกลิ่นเน่าบนเมล็ดถั่ว จึงได้ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐาน โดยนำหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เจริญบนอาหาร PDA ตัดเป็นชิ้นขนาด 1x1 เซนติเมตร จำนวน 5, 10 และ 15 ชิ้น ต่อถั่วลิสง 150 กรัม บ่มเป็นเวลา 4 วัน ศึกษา ลักษณะทางกายภาพ โดยสังเกตเส้นใยของเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เจริญในเมล็ดถั่วลิสงทุกๆ 8 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เจริญบนอาหาร PDA ที่ใช้ปริมาณ 5, 10 และ 15 ชิ้น ไม่ปรากฏการเจริญของเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานบนถั่วลิสงที่ทำการศึกษา

4. ผลการศึกษาการผลิตเห็ดจากวัตถุดิบธัญพืชผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานโดยใช้หัวเชื้อรา *R. Oligosporus* (ทางการค้า)

จากการศึกษาการผลิตเห็ดจากวัตถุดิบธัญพืช ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วแดง และ ถั่วเขียวผสมกับเห็ดนางฟ้าภูฐานสดและอีกชุดการทดลองผสมกับเห็ดนางฟ้าภูฐานอบแห้ง ในอัตราส่วนหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานเป็น 1:1 หมักด้วยเชื้อรา *R. oligosporus* (ทางการค้า) ที่เจริญบนอาหาร PDA นำมาตัดชิ้นเป็นชิ้นละ 1x1 เซนติเมตร จำนวน 5 ชิ้น ต่อถั่ว 150 กรัม บ่มเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ศึกษาลักษณะทางกายภาพ โดยสังเกตเส้นใยเห็ดที่เจริญบนถั่วชนิดต่างๆ ทุกๆ 8 ชั่วโมง ลักษณะที่ปรากฏของเห็ดถั่วเหลืองผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสด ในอัตราส่วน 1:1 (75:75 กรัม) หมักด้วยหัวเชื้อ *R. oligosporus* (ทางการค้า) พบว่าเห็ดนางฟ้าภูฐานผสมถั่วเหลืองมีเส้นใยเจริญได้ดีที่สุด (ภาพที่ 1) และจากการติดตามอุณหภูมิภายในถุงหมัก พบว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 25 °C เป็น 32-35 °C ภายใน 24 ชั่วโมงแรก และมีการควบแน่นของไอน้ำบนผนังถุงอย่างชัดเจน น้ำหนักถุงหมักลดลงประมาณ 8-12% จากน้ำหนักเริ่มต้น เนื่องจากการสูญเสียไอน้ำระหว่างการหมัก ผลการศึกษาการผลิตเห็ดจากวัตถุดิบธัญพืชผสมกับเห็ดนางฟ้าภูฐานอบแห้งในอัตราส่วน 1:1 (75:75 กรัม) หมักด้วยหัวเชื้อ *R. oligosporus* (ทางการค้า) ไม่ปรากฏเส้นใยบนวัตถุดิบที่หมัก จึงนำผลิตภัณฑ์เห็ดถั่วเหลืองสูตรดั้งเดิมและเห็ดถั่วเหลืองผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพ เคมิ และจุลินทรีย์และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ ในขั้นตอนถัดไป



(ก)

(ข)

ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมปังที่มีการเจริญของเส้นใยที่ดีที่สูตร คือ (ก) ขนมปังกล้วยสุตริงเดิม และ (ข) ขนมปังกล้วยผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสด โดยขนมปังจากกล้วยแดง กล้วยเขียว และกล้วยสีทองที่หมักด้วยหัวเชื้อ *R. oligosporus* มีลักษณะเส้นใยสีขาวคล้ายกัน แต่มีความหนาแน่นน้อยกว่าขนมปังกล้วย

5. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์

คณะผู้วิจัยได้นำตัวอย่างขนมปังกล้วยสุตริงเดิมและขนมปังกล้วยผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสดในอัตราส่วน 1:1 (75:75 กรัม) หมักด้วยหัวเชื้อ *R. oligosporus* (ทางการค้า) ส่งวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ณ กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมปัง 100 กรัม

รายการทดสอบ	ขนมปังกล้วย (สูตรดั้งเดิม)	ขนมปังกล้วย ผสมเห็ดนางฟ้าภู ฐานสด	วิธีทดสอบ
โปรตีน	15.54 g	9.62 g/100g	AOAC
ไขมัน	1.304 g	1.02 g/100g	AOAC
ความชื้น	64.43 g	76.53 g/100g	AOAC
เถ้า	1.23 g	0.83 g	AOAC
คาร์โบไฮเดรต	17.49 g	12.00 g	Calculation
เส้นใยอาหาร	2.38 g	1.96 g	Fiber analyzer (ANKOM ²⁰⁰)
พลังงานทั้งหมด	143.86 kcal	95.64 kcal	Calculation
คลอโรเลสเทอรอล	0.75 mg	0.47 mg	AOAC (2019)
โซเดียม	5.71 mg	6.02 mg	AOAC (2019)
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด	8.60×10^6 CFU/g	1.90×10^7 CFU/g	AOAC (2012)
<i>Staphylococcus aureus</i>	2.00×10^3 CFU/g	9.50×10^3 CFU/g	BAM (2001)
<i>Escherichia coli</i>	< 3 MPN/g	< 3 MPN/g	BAM (2002)
<i>Salmonella</i> sp.(25g)	Negative	Negative	BAM (2007)

จากตารางที่ 2 เหมเป็ดหัวเหลืองผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสดในน้ำหนัก 100 กรัม มีปริมาณไขมัน 1.020 กรัม คาร์โบไฮเดรต 12 กรัม คอลเลสเตอรอล 0.47 มิลลิกรัม และ พลังงานทั้งหมด 95.64 kcal และ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.9×10^7 CFU/g ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเหมเป็ดหัวเหลืองสูตรดั้งเดิม จึงเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการลดไขมันและคอลเลสเตอรอลเพื่อรักษาสุขภาพ

6. การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เหมเป็ดหัวเหลืองและเหมเป็ดหัวเหลืองผสมเห็ดนางฟ้าสด ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างนำเหมเป็ด 2 ชนิด ได้แก่ เหมเป็ดหัวเหลืองสูตรดั้งเดิม และ เหมเป็ดหัวเหลืองผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสดในอัตราส่วน 1:1 (75:75 กรัม) หมักด้วยหัวเชื้อ *R. Oligosporus* (ทางการค้า) ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยหั่นเป็นชิ้น ขนาด 2x3 เซนติเมตร แช่น้ำเกลือ 3% เป็นเวลา 5 นาทีวางทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำไปคลุกกับแป้งทอดกรอบที่ผสมน้ำ ทอดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที นำผลิตภัณฑ์เหมเป็ดทอดไปทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น รส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์โดยผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ใช้แบบทดสอบแบบ 5-point Hedonic scale โดย 1 = ไม่ชอบมาก 2 = ไม่ชอบ 3 = ปานกลาง 4 = ชอบ 5 = ชอบมาก (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การประเมินทางประสาทสัมผัสของเหมเป็ดหัวเหลืองสูตรดั้งเดิมและเหมเป็ดหัวเหลืองผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสด

คุณลักษณะ	เหมเป็ดหัวเหลือง(สูตรดั้งเดิม)		เหมเป็ดหัวเหลืองผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสด	
	คะแนน	ระดับ	คะแนน	ระดับ
	ความพึงพอใจ	ความพึงพอใจ	ความพึงพอใจ	ความพึงพอใจ
1.สี	4.35 ± 0.49 ^a	มาก	4.20 ± 0.41 ^a	มาก
2.กลิ่น	4.10 ± 0.31 ^a	มาก	4.35 ± 0.49 ^a	มาก
3.รสชาติ	4.65 ± 0.49 ^a	มากที่สุด	4.75 ± 0.44 ^a	มากที่สุด
4.ความชอบโดยรวม	4.47 ± 0.39 ^a	มาก	4.85 ± 0.37 ^b	มากที่สุด

หมายเหตุ: ค่าที่มีตัวอักษร (a, b) ในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินประสาทสัมผัสเหมเป็ด 2 สูตร คือเหมเป็ดหัวเหลืองสูตรดั้งเดิมและเหมเป็ดหัวเหลืองผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสดในอัตราส่วน 1:1 (75:75 กรัม) หมักด้วยหัวเชื้อ *R. Oligosporus* (ทางการค้า) โดยผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ในประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้ สี กลิ่นของเหมเป็ด รสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่าเหมเป็ดสูตรดั้งเดิมได้รับคะแนนความพึงพอใจเท่ากับ 4.35±0.49, 4.10±0.31, 4.65±0.49 และ 4.47±0.39 ตามลำดับ เหมเป็ดหัวเหลืองผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสดได้รับคะแนนความพึงพอใจเท่ากับ 4.20±0.41, 4.35±0.49, 4.75±0.44 และ 4.85±0.37 จากผลระดับความพึงพอใจของผู้ทดสอบ พบว่าผู้ทดสอบมีระดับความพึงพอใจโดยรวมต่อเหมเป็ดหัวเหลืองผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสดมากที่สุด โดยผู้ทดสอบให้เหตุผลว่าเนื่องจากเหมเป็ดที่มีส่วนผสมของเห็ดนางฟ้าภูฐานสด เมื่อเคี้ยวจะมีความหนึบ เป็นรสสัมผัสที่แปลกใหม่

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาวิจัยที่ผสมผสานในการผลิตเห็ดแบบเห็ดฟางที่เห็ดฟางได้แก่ เห็ดหลิน เห็ดลิ้ง เห็ดแดง และเห็ดเขียว หมักโดยใช้หัวเชื้อ *R. oligosporus* (ทางการค้า) เกิดเส้นใยบนเมล็ดเห็ดชนิดต่างๆ เรียงลำดับ คือ เห็ดหลิน เห็ดเขียว เห็ดแดง และเห็ดลิ้ง ตามลำดับ โดยเห็ดหลินมีการเปลี่ยนแปลงเร็วที่สุด คือปรากฏเส้นใยสีขาวเกาะเมล็ดเห็ดที่เวลา 24 ชั่วโมง สอดคล้องกับ ณัฐกานต์ และคณะ [10] รายงานว่าการผลิตเห็ดแบบจากเห็ดผสมหลายชนิด ได้แก่ เห็ดหลิน เห็ดเขียว เห็ดแดง และเห็ดลิ้งหลายเชื้อ ในอัตราส่วนร้อยละ 40, 10, 10 และ 40 ตามลำดับ หมักด้วยหัวเชื้อรา *R. oligosporus* เป็นแนวทางเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์เห็ดเพื่อให้ผู้บริโภค และให้ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับเห็ดเห็ดหลินสูตรเดียว อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่าเมื่อครบเวลา 40 ชั่วโมง เห็ดชนิดต่างๆ สามารถหมักและเกิดผลิตภัณฑ์เห็ดได้ สำหรับการหมักเห็ดด้วยเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานไม่พบการเจริญของเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานเมื่อเวลาผ่านไป 40 ชั่วโมง และเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้นเชื้อจุลินทรีย์อื่นสามารถเจริญบนเมล็ดเห็ด เป็นสาเหตุให้เกิด กลิ่นและเน่า จึงหาวิธีการนำเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานผสมหัวเชื้อ *R. oligosporus* เพื่อหมักเห็ด พบว่าเกิดเส้นใยบนเมล็ดเห็ดที่เร็วที่สุด รองลงมาคือเห็ดเขียว เห็ดแดง และเห็ดลิ้ง ตามลำดับ

ผลการศึกษาหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานบนอาหาร PDA และวัสดุเพาะเพื่อใช้หมักเห็ด พบว่าหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เจริญบนอาหาร PDA ปริมาณ 5, 10 และ 15 ชิ้น ไม่ปรากฏการเจริญของเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐาน เนื่องจากสปอร์เห็ดมีขนาดเล็กมากและต้องใช้เวลาในการงอก หากต้องการให้เส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานเจริญได้ดีใน substrate ต้องเพิ่มจำนวนเชื้อเห็ดจากสปอร์ให้เป็นเส้นใย โดยใช้เทคนิค spawning ในข้าวฟ่างก่อน [2] จึงหาวิธีการนำเส้นใยเห็ดที่เจริญบนอาหาร PDA ไปศึกษาการทำเห็ดในรูปหัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เพาะในเมล็ดข้าวฟ่าง พบว่าหัวเชื้อเห็ดในเมล็ดข้าวฟ่างที่ 5 กรัม หมักในเห็ดลิ้ง ปรากฏการเจริญของเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานและมีการจับตัวเกาะเป็นก้อนที่เวลา 72 ชั่วโมง และเมื่อเวลาผ่านไป 88 ชั่วโมง เกิดเส้นใยหนาแน่นและจับกันเป็นก้อนหนาแน่นมากขึ้น สำหรับเห็ดเขียว เห็ดแดง และเห็ดหลิน ไม่พบการเจริญของเส้นใย

การหมักเห็ดฟางจาก เห็ดชนิดต่างๆด้วยเชื้อรา *R. oligosporus* การศึกษาพบว่าเห็ดเห็ดหลินผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสออัตราส่วน 1:1 (75:75 กรัม) มีลักษณะทางกายภาพดีที่สุด พบเส้นใยเจริญที่เวลา 24 ชั่วโมง เส้นใยปรากฏชัดและเริ่มมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนในเวลา 40 ชั่วโมง จากนั้นได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการพบว่าเห็ดเห็ดหลินผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสดมีปริมาณไขมัน 1.02 กรัม คาร์โบไฮเดรต 12 กรัม คอลเลสเตอรอล 0.47 มิลลิกรัม และพลังงานทั้งหมด 95.64 kcal และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.9×10^7 CFU/g ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเห็ดเห็ดหลินสูตรดั้งเดิมซึ่งสอดคล้องกับ กับ ณัฐกานต์ และคณะ [10] รายงานว่าการผลิตเห็ดแบบจากเห็ดผสมหลายชนิด ได้แก่ เห็ดหลิน เห็ดเขียว เห็ดแดง และเห็ดลิ้งหลายเชื้อ หมักด้วยหัวเชื้อรา *R. oligosporus* เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เกลือ และคาร์โบไฮเดรต พบว่าเห็ดเห็ดหลินผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานมีความชอบจากผู้บริโภคไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากเห็ดเห็ดหลินสูตรเดียว แสดงถึงศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ และการศึกษาของ USDA Food Data Central [11] รายงานว่าเห็ด (tempeh) เป็นอาหารหมักพื้นเมืองของประเทศอินโดนีเซีย ผลิตจากเห็ดหลินลอกเปลือกโดยกระบวนการหมักของเชื้อรา *R. oligosporus* ในเห็ดแปด 100 กรัม มีพลังงานประมาณ 192 กิโลแคลอรี โปรตีน 20.29 กรัม ไขมัน 10.8 กรัม และคาร์โบไฮเดรต 7.64 กรัม รวมถึงมีวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม โพแทสเซียม และวิตามินบี 12 ซึ่งเห็ดสามารถนำมาทำอาหารแทนเนื้อสัตว์ได้เป็นอย่างดี โดยเห็ดแบบจากเห็ดหลินที่ผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสดดีกว่าเห็ดเห็ดหลิน (สูตรดั้งเดิม) เนื่องจากเห็ดนางฟ้าภูฐานเป็นพรีไบโอติก ซึ่งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นเมื่อ

นำมาผสมกับเชื้อราจะส่งเสริมการเจริญของเชื้อราให้เติบโตดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhang et al. [6] และเห็ดนางฟ้าภูฐานมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพปีตากุลแคนซึ่งมีคุณสมบัติกระตุ้นภูมิคุ้มกัน นอกจากนี้พบว่าเห็ดเป็นอาหารฟังก์ชันที่เป็นทางเลือกของอาหารสุขภาพที่มีคุณสมบัติเฉพาะของคุณค่าทางอาหารสูง มีสารต้านอนุมูลอิสระและเบตากลูแคน ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Martinez-Medina et al. [5] จากงานวิจัยนี้เห็ดนางฟ้าภูฐานที่สร้างเส้นใยบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ไม่สามารถใช้เป็นหัวเชื้อทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เห็ดแปรรูปเมื่อศึกษาการหมักกับธัญพืชจำพวกถั่ว 4 ชนิดได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วแดง และ ถั่วเขียว แต่เห็ดนางฟ้าภูฐานสามารถใช้เป็นวัตถุดิบหมักร่วมกับธัญพืชจำพวกถั่ว 4 ชนิด โดยใช้หัวเชื้อรา *R. oligosporus* (ทางการค้า) โดยเห็ดแปรรูปจากถั่วเหลืองที่ผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสด ดีกว่าเห็ดแปรรูปถั่วเหลือง (สูตรดั้งเดิม) โดยเห็ดแปรรูปจากถั่วเหลืองที่ผสมเห็ดนางฟ้าภูฐานสดมีคุณภาพดีกว่าเห็ดแปรรูปถั่วเหลือง (สูตรดั้งเดิม) ในด้านคะแนนความชอบโดยรวมที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (4.85 ± 0.37 เทียบกับ 4.47 ± 0.39 ; $p < 0.05$) นอกจากนี้ยังมีปริมาณไขมันต่ำกว่า (1.02 g เทียบกับ 1.304 g) และพลังงานทั้งหมดต่ำกว่า (95.64 kcal เทียบกับ 143.86 kcal) ซึ่งเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและดูแลสุขภาพเนื่องจากเห็ดนางฟ้าภูฐานเป็นพรีไบโอติกซึ่งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

References

- [1] Pokhrel, C. P., et al. (2013). Cultivation of *Pleurotus sajor-caju* Using Different Agricultural Residues. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 1(2), 19-23.
- [2] Oei, P. (2016). *Mushroom Cultivation IV: Appropriate Technologies for Mushroom Growers* (4th ed.). ECO Consult Foundation.
- [3] Zhuang, C., et al. (1993). Antitumor Protein-Containing Polysaccharides From a Chinese Mushroom Fengweigu or Houbitake, *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Sing. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 57(6), 901-906.
- [4] Wikandari, R. (2020). Chemical, Nutritional, Physical, and Sensory Characterization of Tempe Made From Various Underutilized Legumes. *Pakistan Journal of Nutrition*, 19(4), 179-180.
- [5] Martinez-Medina, G. A., et al. (2021). Bio-Functional Components in Mushrooms, a Health Opportunity: Ergothioneine and Huitlacoche as Recent Trends. *Journal of Functional Foods*, 77, 104326.
- [6] Zhang, W., et al. (2024). Fermentation With Edible Mushroom Mycelia Improves Flavor Characteristics and Techno-Functionalities of Soybean Protein. *Food Bioscience*, 59, 104123.
- [7] Wang, J., et al. (2023). Solid-State Fermentation of Soybean Meal With Edible Mushroom Mycelium to Improve Its Nutritional, Antioxidant Capacities, and Physicochemical Properties. *Fermentation*, 9(4), 322.
- [8] Janiszewska, A. S., et al. (2014). Effect of Controlled Lactic Acid Fermentation on Selected Bioactive and Nutritional Parameters of Tempeh Obtained From Unhulled

- Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) Seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(2), 359-366.
- [9] AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis* (18th ed.). Association of Official Analytical Chemists.
- [10] Sukkaseam, N., et al. (2025). Development of Crispy Tempeh Chip Products. *Journal of Food Technology, Siam University*, 20(1), 1-16. (in Thai)
- [11] U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2019). *Tempeh*. Available from <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/174272/nutrients>. Accessed date: 13 August 2026.