

ผลของแป้งข้าวเหนียวต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของ ผลิตภัณฑ์เห็ดนางรมเทาแผ่นอบกรอบ

พนิดา ดวงจันทร์¹, เทพกัญญา หาญศิลป์^{1*} และกมลวรรณ แจ่มชัด¹

¹ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*thepkunya.h@ku.ac.th

บทคัดย่อ

เห็ดนางรมเทา (*Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer) เป็นเห็ดเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย การพัฒนาเห็ดนางรมเทาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวในรูปแบบแผ่นอบกรอบจึงมีความน่าสนใจ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของแป้งข้าวเหนียวต่อคุณภาพบางประการของผลิตภัณฑ์เห็ดนางรมเทาแผ่นอบกรอบ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำการศึกษาปริมาณแป้งข้าวเหนียวที่ 0, 5, 10, 15 และ 20% (โดยน้ำหนัก) จากการศึกษา พบว่า ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) ค่าความแข็ง ค่าความเปราะ และค่าสีมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเหนียวทำให้ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ลดลง โดยตัวอย่างที่เติมแป้งข้าวเหนียว 10% มีค่าความชื้นและค่า a_w ต่ำที่สุด (2.97% และ 0.174 ตามลำดับ) ขณะที่ค่าความแข็งและค่าความเปราะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างมีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 0.69-1.83 นิวตัน และค่าความเปราะอยู่ในช่วง 0.52-1.31 นิวตัน สำหรับคุณภาพด้านสี พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งข้าวเหนียวเพิ่มขึ้น แสดงถึงผลิตภัณฑ์ที่มีสีอ่อนลง ส่วนค่า a^* และ b^* มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ผลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เห็ดนางรมเทาแผ่นอบกรอบเพื่อให้ได้ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพที่มีคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและคุณภาพทางกายภาพเหมาะสมกับความต้องการของผู้บริโภค

คำสำคัญ: ขนมขบเคี้ยวกรอบ คุณภาพทางกายภาพ แป้งข้าวเหนียว เห็ดนางรมเทา

Effect of glutinous rice flour on chemical and physical qualities of crispy grey oyster mushroom sheets

Panida Duangchan¹, Thepkunya Harnsilawat^{1*} and Kamolwan Jangchud¹

¹Department of Product Development, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University

*thepkunya.h@ku.ac.th

Abstract

The grey oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer) is an economically important mushroom species in Thailand. Developing grey oyster mushrooms into crispy snack products is therefore an interesting opportunity. This study aimed to investigate the effects of glutinous rice flour on selected qualities of crispy grey oyster mushroom sheets. A completely randomized design (CRD) was applied, studying glutinous rice flour at levels of 0, 5, 10, 15, and 20% (w/w). The study revealed that moisture content, water activity (a_w), hardness, fracturability, and color values were significantly different ($P \leq 0.05$). Increasing the amount of glutinous rice flour led to a decrease in moisture content and a_w , with the sample containing 10% glutinous rice flour exhibiting the lowest moisture (2.97%) and a_w (0.174). An increase in flour content resulted in higher hardness and fracturability values. The samples exhibited hardness ranging from 0.69 to 1.83 N and fracturability from 0.52 to 1.31 N. Regarding color attributes, lightness (L^*) increased as the glutinous rice flour content increased, indicating a slightly lighter appearance of the product. Minor changes were observed in a^* and b^* values. The findings from this study can be applied to the development of crispy grey oyster mushroom sheet snacks as healthy alternatives, with desirable textural and physical qualities that align with consumer preferences.

Keywords: Crispy snack, Glutinous rice flour, Grey oyster mushroom, Physical qualities

1. บทนำ

ปัจจุบันแนวโน้มไม่บริโภคเนื้อสัตว์ และลดการบริโภคเนื้อสัตว์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น [1] การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวในรูปแบบแผ่นอบกรอบที่ปราศจากเนื้อสัตว์จึงเป็นการตอบสนองความต้องการและเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคกลุ่มที่ไม่บริโภคเนื้อสัตว์ งานวิจัยนี้เลือกใช้เห็ดนางรมเทาเป็นวัตถุดิบในการทำเห็ดแผ่นอบกรอบปราศจากเนื้อสัตว์ เนื่องจากเป็นเห็ดที่หายากในกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่บริโภคเนื้อสัตว์อยู่แล้วว่าเห็ดมีลักษณะเนื้อสัมผัสแบบเส้นใยและมีรสอูมามิใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์ จึงสามารถใช้เห็ดทดแทนเนื้อสัตว์ในการประกอบอาหาร [2] เห็ดมีคุณค่าทางโภชนาการ โดยมีเบต้ากลูแคนและไฟเบอร์สูง [3] ประกอบกับประเทศไทยมีเห็ดนางรมเทา (*Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer) เป็นเห็ดเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ การใช้เห็ดนางรมเทาเป็นวัตถุดิบหลักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เห็ดเทาแผ่นอบกรอบเพื่อให้ได้ขนมขบเคี้ยวที่ปราศจากเนื้อสัตว์ มีคุณค่าทางโภชนาการ และแหล่งของไฟเบอร์ เป็นขนมขบเคี้ยวที่ดีต่อสุขภาพจึงน่าสนใจ

สูตรพื้นฐานหัตถนางรมเทาแผ่นอบกรอบที่ใช้ในการศึกษานี้ ดัดแปลงจากสูตรหมูแผ่นกรอบเจ้าสัว โดยใช้หัตถนางรมเทาแทนที่เนื้อหมู จากการทดลองผลิตหัตถนางรมเทาแผ่นอบกรอบปรุงรสตามวิธีการของผลิตภัณฑ์สูตรพื้นฐาน พบว่า หัตถนางรมเทาแผ่นอบกรอบมีปัญหาการด้านการยึดเกาะได้ไม่ดีเท่ากับเนื้อหมู และเนื้อสัมผัสของหัตถนางรมเทาแผ่นอบกรอบมีความกรอบแข็ง จากงานวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นเพื่อสุขภาพจากกระเจี๊ยบเขียวและผักบุ้งจีน พบว่า การขึ้นรูปผักแผ่นควรใช้แป้งผสมเป็นตัวประสาน โดยมีแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว และแป้งสาลี อัตราส่วน 6:2.5:1 ปริมาณน้ำแป้งที่ใช้ในผักแผ่นคือ 25% ของน้ำหนักผัก ทำให้ผักแผ่นขึ้นรูปได้ดีมากกว่าการใช้แป้งชนิดเดียว [4] การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาแผ่นอบกรอบจากพืชโปรตีนสูง พบว่า แป้งข้าวเหนียวเป็นหนึ่งในองค์ประกอบหลักของปลาแผ่นอบกรอบจากพืชโปรตีนสูงที่ได้รับการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภคสูงสุด [5] การพัฒนาขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากเห็ดเสม็ดโดยใช้แป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน [6] แป้งข้าวเหนียวได้จากข้าวเหนียว ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสต่ำ โดยมีองค์ประกอบหลักคืออะไมโลเพกตินที่มีโครงสร้างเป็นสายกิ่งสั้นจำนวนมาก ทำให้สามารถเกิดการพองตัวและสร้างเจลที่เหนียวเมื่อได้รับความร้อน ช่วยเสริมโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ [7] คุณสมบัติดังกล่าวส่งผลให้แป้งข้าวเหนียวเป็นวัตถุดิบสำคัญที่นิยมนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเนื้อสัมผัสเหนียว จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การใช้แป้งเป็นตัวประสานในผลิตภัณฑ์สามารถปรับปรุงคุณภาพบางประการได้ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณแป้งข้าวเหนียวเพื่อใช้เป็นตัวประสานในผลิตภัณฑ์หัตถนางรมเทาแผ่นอบกรอบ เพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัส และศึกษาคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์หัตถนางรมเทาแผ่นอบกรอบที่ได้

2. วิธีการการดำเนินงานวิจัย

2.1 การศึกษาผลของปริมาณแป้งข้าวเหนียวต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หัตถนางรมเทาแผ่นอบกรอบ

นำหัตถนางรมเทามาตัดแต่งและคัดแยกสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนออก ล้างน้ำทำความสะอาด จากนั้นนำไปลวกน้ำเดือดอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ทำให้เย็นทันทีโดยแช่น้ำเย็น นำขึ้นแล้วบีบน้ำออก ปั่นหัตถนางรมที่ได้ให้ละเอียด จากนั้นนำมาปั่นผสมกับเครื่องปรุงรสให้เข้ากัน โดยมีส่วนผสม คือ หัตถนางรมเทา 62.5% น้ำ 20% เครื่องปรุงรส 17.5% ในการศึกษาผลของแป้งข้าวเหนียว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แปรเปลี่ยนปริมาณแป้งข้าวเหนียว 5 ระดับ ได้แก่ 0, 5, 10, 15 และ 20% โดยทดแทนน้ำในสูตร ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที พักส่วนผสมให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วขึ้นรูปเป็นแผ่นบาง โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 65 กรัม วางลงบนกระดาษรองอบ ริดให้เป็นแผ่นบางขนาด กว้างยาว เท่ากับ 15x20 เซนติเมตร ความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง หรือจนมีความชื้นไม่เกิน 6% นำตัวอย่างตัดให้มีขนาด กว้างยาว เท่ากับ 2.54x2.54 เซนติเมตร ไปย่างบนเตาแก๊สอินฟราเรดที่ระดับความร้อนกลาง ใช้เวลาอย่างต่ำ 15 วินาที จนมีสีน้ำตาล ทำการเก็บตัวอย่างในถุงสุญญากาศ ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ

2.2 การวิเคราะห์คุณภาพของหัตถนางรมเทาแผ่นอบกรอบ

2.2.1 ลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์หัตถนางรมเทาแผ่นอบกรอบ

นำตัวอย่างหัตถนางรมเทาแผ่นอบกรอบที่เตรียมได้มาตรวจพินิจลักษณะสี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาจากมาตรฐานอุตสาหกรรมเอส ผักผลไม้ทอด มอก. เอส 92-2563 [8] และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แผ่นทอดกรอบ มพช.1038/68 [9] เป็นแนวทางในการบันทึกลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์ และบันทึกภาพลักษณะปรากฏของตัวอย่างด้วยภาพถ่าย

2.2.2 การวิเคราะห์ความชื้นของผลิตภัณฑ์เห็ดนางรมเหมาแผ่นอบกรอบ

ชั่งตัวอย่างใส่จานอลูมิเนียมประมาณ 2 กรัม แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วทำการชั่งน้ำหนัก นำไปอบและทำการชั่งน้ำหนักทุก ๆ 30 นาที ทำซ้ำจนกว่าน้ำหนักจะต่างกันไม่เกิน 0.002 มิลลิกรัม ปริมาณความชื้นคำนวณได้จากสมการที่ 1 [10]

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \left(\frac{W_1 - W_2}{W_1 - W} \right) \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ W = น้ำหนักของจานอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด (กรัม)

W₁ = น้ำหนักของจานอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด และตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W₂ = น้ำหนักของจานอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด และตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

2.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์เห็ดนางรมเหมาแผ่นอบกรอบ

บดตัวอย่างเห็ดนางรมเหมาแผ่นอบกรอบให้เป็นผง ใส่ตัวอย่างเห็ดนางรมแผ่นผง 1 ใน 3 ของถ้วยตัวอย่าง ใช้เครื่องวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตี a_w (รุ่น LabMASTER-aw NEO, ยี่ห้อ Novasina, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์) ความแม่นยำของเครื่องในการวัดค่า a_w อยู่ที่ 0.001 วัดค่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และจดบันทึกค่าที่ได้ [11]

2.2.4 การวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์เห็ดนางรมเหมาแผ่นอบกรอบ

บดตัวอย่างเห็ดนางรมเหมาแผ่นอบกรอบให้เป็นผง จากนั้นชั่งตัวอย่างที่บดเป็นผงใส่ลงในคิวเวตขนาด 17.5 มิลลิเมตร ปริมาณ 15 กรัม [12] ทำการวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างโดยใช้เครื่องวัดสี (รุ่น UltraScan PRO, ยี่ห้อ HunterLab, ประเทศเยอรมนี) ในระบบ CIELAB ซึ่งประกอบไปด้วยค่า L* ความสว่างของสี (ค่ามากแสดงถึงความสว่างสูง), a* ค่าบ่งชี้แนวโน้มของสีจากเขียว (-a) ไปยังแดง (+a) และ b* ค่าบ่งชี้แนวโน้มของสีจากน้ำเงิน (-b) ไปยังเหลือง (+b) [13] วัดค่าด้วยโหมด Reflectance specular included ในโปรแกรม EasyMatchQC บันทึกค่า L*, a* และ b*

2.2.5 การวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดนางรมเหมาแผ่นอบกรอบ

เตรียมตัวอย่างเห็ดนางรมเหมาแผ่นอบกรอบให้มีขนาด กว้างxยาว เท่ากับ 2.54x2.54 เซนติเมตร นำมาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ทำการวัดด้วยเครื่อง Texture Analyser (รุ่น TA.XT.plus, ยี่ห้อ Stable Micro Systems, ประเทศอังกฤษ) กดด้วยหัว P/5 cylindrical probe มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร อัตราเร็วในการกดก่อนทดสอบเท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที อัตราการกดขณะทดสอบเท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที และอัตราการกดหลังทดสอบเท่ากับ 5 มิลลิเมตรต่อวินาที และทำการกดตัวอย่าง 1 ครั้ง จนกระทั่งตัวอย่างแตก บันทึกค่าความแข็งและความเปราะ [14]

2.2.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

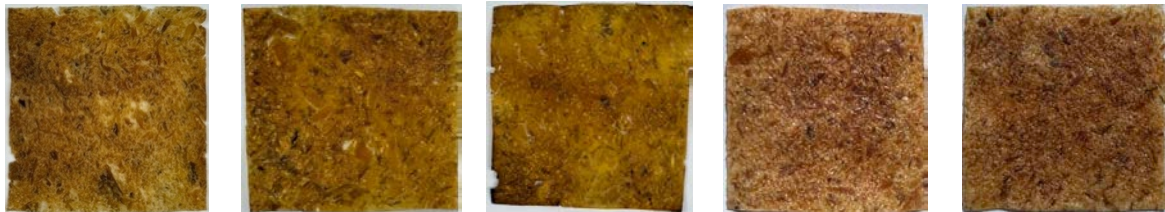
วิเคราะห์ค่าทางสถิติของค่าคุณภาพของตัวอย่างเห็ดนางรมเหมาแผ่นอบกรอบ ด้วยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการเก็บข้อมูลอย่างน้อย 2 ซ้ำการทดลอง โดยนำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี ANOVA หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics Version 28.0 (Thaisoft Co., Ltd., Thailand)

3. ผลและวิจารณ์ผลทดลอง

3.1 ผลของแป้งข้าวเหนียวต่อลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์เห็ดนางรมเหมาแผ่นอบกรอบ

จากการเตรียมผลิตภัณฑ์เห็ดนางรมเหมาแผ่นอบกรอบ และศึกษาผลของปริมาณแป้งข้าวเหนียวต่อลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์ด้วยการตรวจพินิจ ใช้เกณฑ์อ้างอิงจากเกณฑ์ในการพิจารณาจากมาตรฐานอุตสาหกรรมเอส ผักผลไม้ทอด มอก.

เอส 92-2563 [8] และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แผ่นทอดกรอบ มผช.1038/68 [9] เป็นแนวทางในการตรวจพบว่า ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ให้นางรมเทาแผ่นอบกรอบที่ได้เป็นแผ่นบาง ผิวเรียบแต่เห็นลักษณะเส้นใยของเห็ด ตัวอย่างมีสีและกลิ่นรสดีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ โดยสีของผลิตภัณฑ์จะออกสีน้ำตาล (ภาพที่ 1) ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมแป้งข้าวเหนียว (0%) มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ผลิตภัณฑ์มีช่องว่างกระจายทั่วทั้งแผ่น เนื่องจากตอนขึ้นรูปค่อนข้างยาก เพราะในสูตรมีแต่เนื้อของเห็ด ทำให้ตอนขึ้นรูปเนื้อตัวอย่างไม่สม่ำเสมอ สี กลิ่น และรสชาติยังคงเป็นไปตามธรรมชาติของเห็ดและเครื่องปรุงที่ใช้ แต่มีเนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็งและกระด้าง เมื่อเติมแป้งข้าวเหนียวในระดับ 5% ผลิตภัณฑ์ยังคงมีลักษณะเป็นแผ่นบาง มีช่องว่างเล็กน้อย สีและกลิ่นยังดีตามธรรมชาติ และให้เนื้อสัมผัสที่กรอบดีขึ้น ไม่แข็งเกินไป การเติมแป้งข้าวเหนียวเพิ่มเป็น 10% ช่วยให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นแผ่นบาง มีช่องว่างน้อยลง สีและกลิ่นยังคงดีตามธรรมชาติ และเนื้อสัมผัสกรอบ ไม่แข็ง อย่างไรก็ตาม เมื่อเติมแป้งข้าวเหนียวในระดับสูงขึ้นคือ 15% และ 20% แม้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นแผ่นบาง แต่ไม่มีช่องว่าง การขึ้นรูปง่ายขึ้น สัมผัสความเข้มข้น ช่วยให้เนื้อสัมผัสที่กรอบ ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าแป้งข้าวเหนียวมีผลสำคัญต่อการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และมีความคงรูปของแผ่นอบกรอบจากเห็ดนางรมเทา



ภาพที่ 1 ผลของแป้งข้าวเหนียวต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เห็ดนางรมเทาแผ่นอบกรอบ (ก) แป้งข้าวเหนียว 0% (ข) แป้งข้าวเหนียว 5% (ค) แป้งข้าวเหนียว 10% (ง) แป้งข้าวเหนียว 15% (จ) แป้งข้าวเหนียว 20%

3.2 ผลของปริมาณแป้งข้าวเหนียวต่อปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของผลิตภัณฑ์เห็ดนางรมเทาแผ่นอบกรอบ

การเติมแป้งข้าวเหนียวในระดับต่าง ๆ ส่งผลต่อปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (a_w) ของผลิตภัณฑ์เห็ดนางรมเทาแผ่นอบกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยพบว่าตัวอย่างที่ไม่เติมแป้งข้าวเหนียว (0%) มีค่าความชื้นสูงที่สุดที่ 3.62% และค่า a_w เท่ากับ 0.190 ในขณะที่ตัวอย่างที่เติมแป้งข้าวเหนียว 10% มีค่าความชื้นต่ำที่สุดคือ 2.97% และมีค่า a_w ต่ำที่สุดที่ 0.174 สำหรับตัวอย่างอื่น ๆ ที่เติมแป้งในระดับ 5%, 15% และ 20% มีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 3.10–3.23% และค่า a_w อยู่ในช่วง 0.186–0.190 ซึ่งค่าความชื้นของตัวอย่างทั้งหมดอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้ทอดกรอบ (มผช. 1038/2568) ที่กำหนดให้มีความชื้นไม่เกิน 6% [9] ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเติมแป้งข้าวเหนียวส่งผลต่อความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติของแป้งข้าวเหนียวที่มีสัดส่วนของอะไมโลเพกตินสูง [8] ทำให้เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนและการอบแห้งแล้วสามารถช่วยสร้างโครงสร้างตาข่ายของเจลที่แน่นและช่วยลดการเก็บกักน้ำภายในแผ่นเห็ดได้ดีขึ้น [15] ทั้งนี้ ค่า a_w ที่ต่ำกว่า 0.6 ถือว่าอยู่ในช่วงที่ไม่เอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ ส่งผลต่อการยับยั้งการเติบโตของผลิตภัณฑ์ [16] อย่างไรก็ตาม การเติมแป้งในปริมาณสูงจนถึง 15–20% ส่งผลให้ค่า a_w เพิ่มขึ้นเล็กน้อย อาจเนื่องจากโครงสร้างของเห็ดแผ่นแน่นเกินไปจนทำให้การระเหยน้ำในระหว่างการอบลดลง ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติการดูดซับความชื้นของแป้งในระดับที่สูงขึ้น [17]

ตารางที่ 1 ผลของแป้งข้าวเหนียวต่อปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ของผลิตภัณฑ์เห็ดนางรมเหาแผ่นอบกรอบ

ปริมาณแป้งข้าวเหนียว (%)	ความชื้น (%)	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w)
0	3.62 ± 0.17^a	0.190 ± 0.007^a
5	3.13 ± 0.12^b	0.190 ± 0.018^a
10	2.97 ± 0.12^c	0.174 ± 0.017^b
15	3.10 ± 0.14^b	0.186 ± 0.002^{ab}
20	3.23 ± 0.16^b	0.189 ± 0.005^a

หมายเหตุ ^{a-c} แนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

3.3 ผลของปริมาณแป้งข้าวเหนียวต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์เห็ดนางรมเหาแผ่นอบกรอบ

จากผลการศึกษาพบว่า การเติมแป้งข้าวเหนียวในระดับต่าง ๆ มีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์เห็ดนางรมเหาแผ่นอบกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยสูตรที่เติมแป้งข้าวเหนียวในระดับ 20% ให้ค่าความสว่างที่สูงที่สุด (47.35) รองลงมาคือสูตรที่เติมแป้งข้าวเหนียว 15% (46.35) ในขณะที่สูตรที่เติมแป้งข้าวเหนียว 0%, 5% และ 10% มีค่าความสว่างต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (อยู่ในช่วง 44.85–45.17) สำหรับค่า a^* ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด พบว่ามีค่าเป็นบวกในช่วง 7.60–8.58 แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีเฉดสีออกแดงเล็กน้อย และค่า b^* ก็เป็นบวกเช่นกัน อยู่ในช่วง 10.92–12.25 แสดงว่ามีแนวโน้มของสีเหลือง ซึ่งลักษณะสีดังกล่าวสอดคล้องกับสีธรรมชาติของเห็ด และผลจากการอบการให้ความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิต การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเหนียวในสูตรส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะที่ปริมาณแป้งข้าวเหนียว 15–20% ซึ่งอาจเป็นผลจากการที่แป้งข้าวเหนียวมีสีขาวขุ่นตามธรรมชาติ และเมื่อผสมในปริมาณที่มากขึ้น จะช่วยเจือจางสีเข้มของเห็ด ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างเพิ่มขึ้น สำหรับค่า a^* และ b^* ที่เป็นบวกในทุกสูตร แสดงถึงเฉดสีแดงและเหลืองของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นลักษณะสีที่คาดหวังจากวัตถุดิบธรรมชาติอย่างเห็ดนางรมเหา และอาจเป็นผลจากปฏิกิริยา Maillard ที่เกิดขึ้นระหว่างการให้ความร้อน [18]

ตารางที่ 2 ผลของปริมาณแป้งข้าวเหนียวต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์เห็ดนางรมเหาแผ่นอบกรอบ

ปริมาณแป้งข้าวเหนียว (%)	L^*	a^*	b^*
0	45.06 ± 0.45^c	8.58 ± 0.23^a	12.13 ± 0.43^a
5	44.85 ± 1.00^c	8.08 ± 0.24^b	11.44 ± 0.59^b
10	45.17 ± 0.76^c	8.17 ± 0.27^b	10.92 ± 0.49^b
15	46.35 ± 1.16^b	7.60 ± 0.74^c	11.40 ± 0.53^b
20	47.35 ± 1.46^a	8.53 ± 0.43^a	12.25 ± 1.06^a

หมายเหตุ ^{a-c} แนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

3.4 ผลของปริมาณแป้งข้าวเหนียวต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดนางรมเหาแผ่นอบกรอบ

จากผลการศึกษาพบว่า การเติมแป้งข้าวเหนียวในระดับต่าง ๆ (0–20%) ส่งผลต่อค่าความแข็ง (Hardness) และความเปราะ (Fracturability) ของเห็ดนางรมเหาแผ่นอบกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยค่าความแข็งเพิ่มขึ้นตามระดับการเติมแป้งข้าวเหนียว จาก 0.69 N ในสูตรที่ไม่เติมแป้ง เพิ่มขึ้นเป็น 1.06, 1.52, 1.73 และ 1.83 N ในสูตรที่เติมแป้งข้าวเหนียว 5%, 10%, 15% และ 20% ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแป้งข้าวเหนียวมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดนางรมเหาแผ่นอบกรอบ โดยการเติมแป้งข้าวเหนียวช่วยเสริมสร้างโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ให้แน่นและคงรูปดีขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งและความเปราะเพิ่มขึ้นตามปริมาณที่เติม การเพิ่มขึ้นของ

ค่าความแข็งสอดคล้องกับคุณสมบัติของแป้งข้าวเหนียวที่มีอะไมโลเพกตินสูง [7] ซึ่งสามารถก่อตัวเป็นเจลแน่นและเหนียวเมื่อให้ความร้อน ส่งผลให้เนื้อสัมผัสแน่นและแข็งแรงขึ้น นอกจากนี้ ผลการศึกษาของในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเลียนแบบชีสโดยใช้โปรตีนจากเคซีนและถั่วเหลือง พบว่า การเติมแป้งข้าวเหนียวปริมาณ 6–8% ช่วยให้ผลิตภัณฑ์พองตัวได้ดีขึ้นและให้ความแข็งที่เหมาะสม ทั้งยังช่วยลดปัญหาเนื้อสัมผัสไม่สม่ำเสมอที่พบในผลิตภัณฑ์ที่ใช้โปรตีนเพียงอย่างเดียว [19]

ตารางที่ 3 ผลของปริมาณแป้งข้าวเหนียวต่อความแข็งและความเปราะของผลิตภัณฑ์หัตถ์นางรมเทาแผ่นอบกรอบ

ปริมาณแป้งข้าวเหนียว (%)	ความแข็ง (นิวตัน)	ความเปราะ (นิวตัน)
0	0.69 ± 0.34^d	0.52 ± 0.32^c
5	1.06 ± 0.40^c	0.76 ± 0.44^b
10	1.52 ± 0.58^b	1.11 ± 0.66^a
15	1.73 ± 0.64^a	1.31 ± 0.69^a
20	1.83 ± 0.58^a	1.28 ± 0.73^a

หมายเหตุ ^{a-d} แนวตั้งแสดงถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

4. บทสรุป

การเติมแป้งข้าวเหนียวในผลิตภัณฑ์หัตถ์นางรมเทาแผ่นอบกรอบมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณแป้งข้าวเหนียวในระดับ 10–15% สามารถช่วยปรับปรุงลักษณะทั่วไปให้แผ่นหัตถ์เรียบ คงรูปดี สีสวยเป็นธรรมชาติ ลดค่าความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) เพิ่มความสว่างของสีผลิตภัณฑ์ และปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้กรอบและไม่แข็งกระด้าง ทั้งนี้แป้งข้าวเหนียวซึ่งมีอะไมโลเพกตินสูงมีบทบาทสำคัญในการสร้างโครงสร้างของแผ่นหัตถ์ให้แน่น คงตัว และส่งผลดีต่อความกรอบของผลิตภัณฑ์ และควรใช้แป้งข้าวเหนียวในระดับ 10% เพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดผลิตภัณฑ์ที่ต้องการปริมาณแป้งต่ำ และยังสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หัตถ์นางรมเทาแผ่นอบกรอบ เหมาะสำหรับการพัฒนาเป็นขนมขบเคี้ยวทางเลือกที่ดีต่อสุขภาพในกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่บริโภคเนื้อสัตว์

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปลงใหญ่หัตถ์นางรมปากช่อง ต.ปากช่อง อ.จอมบึง จ.ราชบุรี ได้อนุญาตให้หัตถ์นางรมเทาที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ขอขอบคุณภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่อนุญาตสถานที่และเครื่องมือตลอดการดำเนินการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] Dagevos, H., & Verbeke, W. (2022). Meat consumption and flexitarianism in the low countries. *Meat Science*, 192, 108894. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108894>
- [2] Contato, A.G., & Conte-Junior, C.A. (2025). Mushrooms as meat substitute in plant-based diets. *European Food Research and Technology*. 11 pages. <https://doi.org/10.1007/s00217-025-04722-0>
- [3] Kalaras, M.D., Richie, J.P., Calcagnotto, A., & Beelman, R.B. (2017). Mushrooms: A rich source of the antioxidants ergothioneine and glutathione. *Food Chemistry*, 233, 429–433. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.109>
- [4] Wanpen Saengthongphinit, Siriya Thakham, Porntip Thepthapthim, & Preeda Fuangfoo. (2015). Development of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) and water spinach (*Ipomoea*



- Aquatica* Var reptans) sheet as a healthy snack. In *The 7th Nakhon Pathom Rajabhat University National Academic Conference* (pp. 771–780). (In Thai)
- [5] Atchareeya Nopwinyuwong, Petcharat Jehwan, Phagapan Kongkaew, Sunisa Sondee, Monsicha Boontamdee, Jutamash Sangsinchai, & Panitee Suwanamornlert. (2024). Development of baked plant-based high-protein crispy fish chips product. *Journal of Creative Health and Food*, 2(2), 14–26. (In Thai)
- [6] Chanakan, K., Rungrat, C., Uthaiwan, S., Somsri, C., Chaowanee, C., & Nattira, N. (2020). Development of healthy snack from Sa-med mushroom (*Boletus griseipurpureus* Corner). *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 17(11), 1157–1167. <https://doi.org/10.48048/wjst.2020.6494>
- [7] Singh, H., Lin, J.H., Huang, W.H., & Chang, Y.H. (2012). Influence of amylopectin structure on rheological and retrogradation properties of waxy rice starches. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 367–373. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.04.007>
- [8] Thai Industrial Standards Institute. (2020, May 29). *TIS S 92-2563: Crispy fried fruits and vegetables* [PDF]. Thai Industrial Standards Institute. <https://www.tisi.go.th/assets/website/pdf/tiss/92-2563.pdf>. (In Thai)
- [9] Thai Industrial Standards Institute. (2025, May 7). Community product standard: Crispy fried fruits and vegetables(TCPS 1038/2568) [PDF]. Thai Industrial Standards Institute. Retrieved May 30,2025, from [https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps1038%20_68\(ผักและผลไม้ทอดกรอบ\).pdf](https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps1038%20_68(ผักและผลไม้ทอดกรอบ).pdf). (In Thai)
- [10] Kamolwan Jangchud. (2016). Laboratory Analysis of Chemical Quality for Agro-Industrial Products. (3). O.S. Printing House. (In Thai)
- [11] Devi, S., Zhang, M., Ju, R., & Bhandari, B. (2020). Water loss and partitioning of the oil fraction of mushroom chips using ultrasound-assisted vacuum frying. *Food Bioscience*, 38, 100753. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100753>
- [12] Nimitkeatkai, H., Pasada, K., & Jarerat, A. (2022). Incorporation of tapioca starch and wheat flour on physicochemical properties and sensory attributes of meat-based snacks from beef scraps. *Foods*, 11(7), 1034. <https://doi.org/10.3390/foods11071034>
- [13] International Commission on Illumination. (2004). *Colorimetry* (3rd ed., CIE Publication No. 15:2004) [PDF]. Retrieved from <https://cielab.xyz/pdf/cie.15.2004%20colorimetry.pdf>
- [14] Liang, X., Xu, Z., Li, X., Kong, B., Xia, X., Zhang, Y., Liu, Q., & Shen, L. (2023). Effect of microwave drying on the brittleness quality of pork chip snacks: Perspectives on drying kinetics and microstructural traits. *LWT*, 185, 115147. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115147>
- [15] Qin, Y., Liu, C., Jiang, S., Cao, J., Xiong, L., & Sun, Q. (2016). Functional properties of glutinous rice flour by dry-heat treatment. *PLoS ONE*, 11(8), e0160371. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160371>
- [16] Erkmen, O., & Bozoglu, T. F. (2016). Food preservation by reducing water activity. In *Food Microbiology: Principles into Practice* (pp. 44–57). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119237860.ch30>



- [17] Jongsutjarittam, O., & Charoenrein, S. (2014). The effect of moisture content on the physicochemical properties of extruded waxy and non-waxy rice flour. *Carbohydrate Polymers*, 114,133-140. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.07.074>
- [18] Nawaz, A., Li, E., Khalifa, I., Walayat, N., Liu, J., Irshad, S., Zahra, A., Ahmed, S., Simirgiotis, M. J., Pateiro, M., & Lorenzo, J. M. (2021). Effect of different processing methods on quality, structure, and oxidative properties and water distribution properties of fish meat-based snacks. *Foods*, 10(10), 2467. <https://doi.org/10.3390/foods10102467>
- [19] Liu, L., Zhang, H., Li, X., Han, X., Qu, X., Chen, P., Wang, H., & Wang, L. (2017). Effect of waxy rice starch on textural and microstructural properties of microwave puffed cheese chips. *International Journal of Dairy Technology*, 71(2), 501–511. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12437>