

อิทธิพลของลูกแป้งพื้นบ้านต่อคุณภาพและการหมักข้าวหมากข้าวเหนียวดำ ในภาคเหนือตอนล่าง

Influence of Traditional Starters on the Quality and Fermentation of Black Glutinous Rice Khao-Mak in Lower Northern Thailand

เกตุการ ดาจันตา* สิริกาญจน์ ธนบูรณ์รุ่งคำ อุทัยวรรณ ฉัตรธง ชุตินา เลิศลักษณ์ และสุภัชญาพร นิตยสุวัฒน์
Katekan Dajanta*, Sirikarn Thanaboonrongkom, Utaiwan Chattong, Chutima Lerdluksamee, and
Supatchayaporn Nitsuwan

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

Division of Food Science and Technology, Faculty of Food and Agricultural Technology,
Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000, Thailand

Received: 28-04-2026, Revised: 01-06-2026, Accepted: 01-06-2026, Published: 08-06-2026

บทคัดย่อ

ข้าวหมาก เป็นอาหารพื้นบ้านโบราณที่ ยังคงได้รับความนิยมในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง มีความหลากหลายของลูกแป้งที่นำมาใช้เป็นกล้าเชื้อหมักและส่งผลต่อคุณภาพของข้าวหมากในพื้นที่ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพทางเคมี (ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด แอลกอฮอล์ และค่าความเป็นกรด-ด่าง) และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวหมากข้าวเหนียวดำที่หมักด้วยลูกแป้งที่ผลิตจากจังหวัดพิษณุโลก (อำเภอบางระกำ (BR-PL) และอำเภอพรหมพิราม (PP-PL)) พิจิตร (ตำบลเนินปอ (NP-PC) และตำบลกำแพงดิน (KD-PC) อำเภอสว่างม) และสุโขทัย (อำเภอเมือง (MS-ST)) ผลการศึกษาพบว่า ข้าวหมากข้าวเหนียวดำที่ผลิตจากลูกแป้งต่างแหล่งผลิตมีคุณภาพทางเคมีแตกต่างกัน โดยมีเพียงข้าวหมากข้าวเหนียวดำที่หมักด้วยลูกแป้ง KD-PC ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด แอลกอฮอล์ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐาน มพข. 162/2546 และได้รับคะแนนความชอบจากการประเมินด้วยวิธี 9-point hedonic scale ในด้านความหวาน กลิ่นรสแอลกอฮอล์ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงกว่าข้าวหมากข้าวเหนียวดำที่หมักด้วยลูกแป้งจากแหล่งอื่น โดยได้รับคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง - ชอบมาก ด้วยคะแนน 7.17 คะแนน การใช้ลูกแป้งหมักข้าวหมากในปริมาณที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0.40 – 1.00 โดยน้ำหนัก) ไม่ทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์ และค่าความเป็นกรด-ด่างของข้าวหมากข้าวเหนียวดำหลังการหมักนาน 3 วัน

คำสำคัญ : ข้าวหมากข้าวเหนียวดำ, ลูกแป้ง, ข้าวหมาก, ข้าวหมัก

Abstract

Khao Mak, fermented sweet rice, is a traditional Thai dessert that is still popular in the lower northern region. There are a variety of Look Pang, a traditional Thai fermentation starter, that are used as fermentation seedlings and affect the quality of fermented sweet rice in the area. The purpose of this study was to study the chemical quality (total soluble solids, alcohol, and pH value) and organoleptic properties of black glutinous rice fermented with Look Pang produced from Phitsanulok (Bang Rakam Districts (BR-PL) and Phrom Piram Districts (PP-PL)), Phichit (Noen Po Sub-districts (NP-PC) and Kamphaeng Din (KD-PC), Sam Ngam Districts) and Sukhothai (Mueang District, Sukhothai Province (MS-ST)). Only black glutinous rice fermented from Look Pang KD-PC with total soluble solids, alcohol and pH values is in line with the

standard of MPC 162/2003 and received a preference score based on the 9-point hedonic scale in terms of sweetness, alcohol flavor, texture, and overall preference higher than black glutinous rice fermented with Look Pang from other sources. The rating was included in the moderate - very liked level with a score of 7.17 points. The use of different amounts of Look Pang KD-PC (0.40 – 1.00%, w/w) did not cause a difference in the total amount of soluble solids, alcohol content and pH value of black glutinous rice Khao-Mak after 3 days of fermentation.

Keywords: Black glutinous rice Khao Mak, Look Pang, Khao Mak, Fermented rice

1. บทนำ

ข้าวหมาก เป็นอาหารหมักพื้นบ้านที่สะท้อนถึงภูมิปัญญาเทคโนโลยีชีวภาพระดับชุมชนของไทย มีลักษณะเป็นของหวานที่มีรสสัมผัสนุ่มนวล รสชาติหวานจัด และมีกลิ่นหอมของแอลกอฮอล์ในปริมาณต่ำ ได้จากการหมักข้าวเหนียวด้วยลูกแป้งข้าวหมากซึ่งเป็นแหล่งของกล้าเชื้อราและยีสต์ที่เหมาะสม กระบวนการหมักข้าวหมากเป็นแบบ multi-parallel fermentation โดยในช่วงแรกของการหมักเป็นบทบาทของเชื้อราในลูกแป้งข้าวหมาก เช่น *Amylomyces rouxii* และ *Rhizopus oryzae* สร้างเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส และกลูโคอะไมเลสออกมาย่อยแป้งซึ่งเป็นองค์ประกอบในเมล็ดข้าวให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เรียกปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงนี้ว่า แซคคาริฟิเคชัน (saccharification) จากนั้นยีสต์ เช่น *Saccharomyces* sp., *Endomycopsis* sp. และ *Hansenula* sp. ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลที่ได้จากการย่อยแป้งของเชื้อราให้เป็นแอลกอฮอล์ผ่านกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ (alcoholic fermentation) บทบาทของยีสต์นอกจากสามารถเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์และยังสามารถผลิตเอนไซม์กลูโคอะไมเลสออกมาย่อยแป้งที่เหลือเป็นน้ำตาลได้อีกด้วย (มณชัย, 2546)

ปัจจุบันแนวโน้มการบริโภคอาหารเชิงหน้าที่ (Functional food) เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการใช้ข้าวเหนียวดำหรือข้าวดำเป็นวัตถุดิบหลักแทนข้าวเหนียวขาวในการหมักข้าวหมาก (วิไลลักษณ์, 2561) เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สูงกว่า โดยเฉพาะรงควัตถุกลุ่มแอนโทไซยานิน (anthocyanins) เช่น ไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ (cyanidin-3-glucoside) และพีโอนิดิน-3-กลูโคไซด์ (peonidin-3-glucoside) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ส่งผลดีต่อร่างกายโดยช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) และภาวะเครียดจากออกซิเดชัน (Yamuangmorn & Prom-u-thai, 2021; Pongnaratorn et al., 2024) นอกจากนี้ กระบวนการหมักยังช่วยปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิกให้อยู่ในรูปอิสระที่ร่างกายดูดซึมได้ง่ายขึ้น พร้อมทั้งสร้างจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ที่มีประโยชน์ต่อสมดุลของระบบทางเดินอาหารและเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกาย (ยศพร, 2559)

หัวใจสำคัญของการกำหนดคุณภาพข้าวหมากคือ “ลูกแป้ง” ซึ่งเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ผสมที่ทำงานประสานกันในการย่อยแป้งเป็นน้ำตาลและสร้างสารให้กลิ่นรส การผลิตลูกแป้งเป็นภูมิปัญญาพื้นบ้านซึ่งต้องอาศัยความชำนาญและมีสูตรของลูกแป้งที่สืบทอดกันมารุ่นสู่รุ่น (สุวินัย, 2558) ในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างซึ่งมีแหล่งผลิตสำคัญในจังหวัดพิษณุโลก พิจิตร และสุโขทัย ยังคงสืบทอดสูตรการทำลูกแป้งจากบรรพบุรุษ โดยใช้สมุนไพรท้องถิ่นหลากหลายชนิดซึ่งส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพทางเคมี เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อระดับความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม ข้อมูลการวิจัยที่เปรียบเทียบคุณภาพของข้าวหมากข้าวเหนียวดำที่หมักด้วยลูกแป้งจากแหล่งผลิตต่างๆ

ในเขตภาคเหนือตอนล่างยังมีจำกัด การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาคุณภาพทางเคมีและประสาทสัมผัสเพื่อสร้างฐานข้อมูลมาตรฐานคุณภาพและเพิ่มมูลค่าเชิงเศรษฐกิจให้กับผลิตภัณฑ์อาหารพื้นถิ่นอย่างยั่งยืน

2. วัสดุและวิธีการทำวิจัย

2.1 วัตถุดิบและสารเคมี

งานวิจัยนี้ใช้ข้าวเหนียวดำลิ้มผัวจากจากอำเภอเข้าค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ และลูกแป้งข้าวหมากได้รับจากผู้ผลิตพื้นบ้านจากจังหวัดพิษณุโลก 2 แหล่ง (อำเภอบางระกำ (BR-PL) และอำเภอพรหมพิราม (PP-PL)) จังหวัดพิจิตร 2 แหล่ง (ตำบลเนินปอ (NP-PC) และตำบลกำแพงดิน (KD-PC) อำเภอสามง่าม) และจังหวัดสุโขทัย 1 แหล่ง (อำเภอเมือง (MS-ST)) เป็นวัตถุดิบในการหมักข้าวหมาก

2.2 วิธีวิเคราะห์

2.2.1 ศึกษาคุณภาพของข้าวหมากข้าวเหนียวดำที่หมักด้วยลูกแป้งพื้นบ้านของภาคเหนือตอนล่าง

ทำการผลิตข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำด้วยลูกแป้งจาก 5 แหล่ง ของภาคเหนือตอนล่างตามวิธีของจิราภรณ์ (2554) โดยเริ่มจากการนำข้าวเหนียวดำ 1.5 กิโลกรัม มาแช่น้ำสะอาดนาน 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาล้างให้สุกด้วยล้างถึงและผึ่งข้าวให้เย็นตัวลง ล้างด้วยน้ำต้มสุกที่ปล่อยให้เย็นแล้วจนยงข้าวหมกและผึ่งเมล็ดข้าวให้สะเด็ดน้ำก่อน แบ่งข้าวออกเป็น 5 ส่วนๆ ละ 300 กรัม โรยผงลูกแป้งข้าวหมากจากแต่ละแหล่งลงในข้าวแต่ละส่วนในปริมาณ 3 กรัม (ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก) คลุกให้เข้ากันดี แบ่งบรรจุส่วนผสมใส่ในกล่องพลาสติก กล่องละ 100 กรัม บ่มในตู้บ่มเพาะที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน ตรวจวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

ก. คุณภาพทางเคมี

1) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids) ของน้ำหมักข้าวหมากวัดด้วย Hand refractometer (Atago, Japan)

2) ปริมาณแอลกอฮอล์ วัดด้วยเครื่อง Ebulliometer (Dujardin salleron, France)

3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง วัดด้วย pH meter (Seven Multi Mettler Toledo, Switzerland)

ข. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point Hedonic scale โดยประเมินคุณลักษณะ ความหวาน กลิ่นแอลกอฮอล์ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ชั้นปีที่ 4 จำนวน 30 คน ชาย 7 คน หญิง 23 คน ที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนคัดเลือกลูกแป้งที่หมักข้าวหมากข้าวเหนียวดำแล้วมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูง ปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำ และได้รับคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสสูงไปใช้ในการทดลองตอนที่ 2.2.2 ต่อไป

2.2.2 ศึกษาผลของปริมาณลูกแป้งต่อคุณภาพของข้าวหมากข้าวเหนียวดำ

ทำการหมักข้าวหมากข้าวเหนียวดำด้วยลูกแป้งที่คัดเลือกจากข้อ 2.2.1 โดยผันแปรปริมาณลูกแป้งที่ใช้ในการหมัก คือ ร้อยละ 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 โดยน้ำหนัก บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างทุก 1 วัน จนครบ 3 วัน ตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ตามวิธีการที่กล่าวในข้อ 2.2.1

2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

3. ผลและอภิปรายผลการวิจัย

3.1 คุณภาพทางเคมีและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวหมากข้าวเหนียวดำที่หมักด้วยลูกแป้งพื้นบ้านของภาคเหนือตอนล่าง

ข้าวหมากข้าวเหนียวดำที่หมักด้วยลูกแป้งจากจังหวัดพิษณุโลก (BR-PL และ PP-PL) พิจิตร (NP-PC และ KD-PC) และสุโขทัย (MS-ST) มีค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 42 - 45°Brix มีแอลกอฮอล์เป็นองค์ประกอบอยู่ในช่วงร้อยละ 0.53 - 0.77 และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 3.68 - 4.50 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของข้าวหมากข้าวเหนียวดำที่หมักด้วยลูกแป้งพื้นบ้านของภาคเหนือตอนล่าง

ลูกแป้ง	คุณภาพของข้าวหมากข้าวเหนียวดำ		
	ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	แอลกอฮอล์ (%)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
BR-PL	43.00 ± 0.00 ^c	0.73 ± 0.06 ^a	3.92 ± 0.03 ^c
PP-PL	44.50 ± 0.00 ^b	0.67 ± 0.06 ^a	3.88 ± 0.00 ^c
NP-PC	44.00 ± 0.00 ^b	0.70 ± 0.00 ^a	4.40 ± 0.06 ^b
KD-PC	45.00 ± 0.00 ^a	0.53 ± 0.06 ^b	4.50 ± 0.04 ^a
MS-ST	42.00 ± 0.00 ^d	0.77 ± 0.06 ^a	3.68 ± 0.01 ^d

หมายเหตุ ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($n = 3$) และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ข้าวหมากข้าวเหนียวดำที่ผลิตได้จากงานวิจัยนี้มีค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (42 - 45°Brix) สอดคล้องตามเกณฑ์ของ มพช. 162/2546 ที่กำหนดให้ข้าวหมากต้องมีค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ระหว่างร้อยละ 40 - 50 โดยน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด ได้แก่ น้ำตาลชนิดต่างๆ เช่น น้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรักโตส กรดอินทรีย์และแร่ธาตุต่างๆ จากตารางที่ 1 พบว่า ข้าวหมากข้าวเหนียวดำที่หมักด้วยลูกแป้งจากสุโขทัย (MS-ST) มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำที่สุด และข้าวหมากที่หมักด้วยลูกแป้งจากจังหวัดพิจิตร (KD-PC) มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงที่สุด แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของกล้าเชื้อหรือจุลินทรีย์ที่มีในลูกแป้งแต่ละแหล่งที่แตกต่างกัน รายงานของภัณฑิรา และคณะ (2565) พบว่าในการหมักข้าวหมากในช่วง 24 ชั่วโมงแรก เกิดจากการหมักย่อยของเชื้อรา *Aspergillus* และ *Amylomyces* หลังจากนั้นเป็นการหมักร่วมกันของเชื้อราและยีสต์ และพบความแตกต่างของเชื้อราที่มีบทบาทสำคัญในระหว่างการหมักข้าวหมากด้วยลูกแป้งของอำเภอพรหมพิรามและอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก โดยตรวจพบรา *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Amylomyces* ในระหว่างการหมักข้าวหมากด้วยลูกแป้งของอำเภอพรหมพิราม ขณะที่ข้าวหมากจากลูกแป้งของอำเภอบางระกำตรวจพบเฉพาะ *Aspergillus* และ *Amylomyces*

แอลกอฮอล์ของข้าวหมากข้าวเหนียวต่ำอยู่ระหว่างร้อยละ 0.53 – 0.77 โดยลูกแบ่งจากจังหวัดพิจิตร KD-PC หมักข้าวหมากได้แอลกอฮอล์ต่ำที่สุด ตามมาตรฐานอาหารและกฎหมายการควบคุมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของไทย ข้าวหมากจัดอยู่ในประเภท “อาหารหมักหวานที่มีแอลกอฮอล์น้อย” โดยมีข้อกำหนดให้แอลกอฮอล์ไม่เกินร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546) ดังนั้นอาจจำเป็นต้องควบคุมกระบวนการหมัก เช่น การลดระยะเวลาการหมักลงเพื่อให้สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานกฎหมาย แอลกอฮอล์ในข้าวหมากเกิดจากการหมักย่อยน้ำตาลเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ผ่านทางกระบวนการ alcohol fermentation ในสภาวะไร้อากาศ ซึ่งในช่วงแรกของการหมักข้าวหมากเป็นสภาวะที่มีออกซิเจนจึงเหมาะกับการเจริญของเชื้อรามากกว่ายีสต์ หลังจากมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากพอประกอบกับสภาวะความเป็นกรด ปริมาณน้ำตาลที่สูงขึ้น และการไร้ออกซิเจนจากการเจริญของเชื้อราทำให้ยีสต์มีบทบาทในการหมักและสร้างแอลกอฮอล์ได้อย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับรายงานของภณทิราและคณะ (2565) ที่ตรวจพบยีสต์ในข้าวหมากช่วง 24 - 72 ชั่วโมงของการหมัก ความแตกต่างของปริมาณแอลกอฮอล์ที่ตรวจพบในรายงานนี้อาจเกิดจากความแตกต่างของชนิดและปริมาณของยีสต์ในลูกแบ่งที่ผลิตจากต่างแหล่ง ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบยีสต์ *Saccharomyces* และ *Hansenula* ในการหมักข้าวหมากด้วยลูกแบ่งจากอำเภอพรหมพิราม ขณะที่ข้าวหมากที่หมักด้วยลูกแบ่งของอำเภอบางระกำตรวจพบเฉพาะยีสต์ *Saccharomyces* เท่านั้น (ภณทิรา และคณะ, 2565)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของข้าวหมากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อใช้ลูกแบ่งจากแหล่งผลิตที่ต่างกัน (3.68 – 4.50) ตามมาตรฐาน มพช.162/2546 กำหนดให้ข้าวหมากต้องมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 4.0 – 4.5 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546) ซึ่งข้าวหมากที่หมักด้วยลูกแบ่งจากจังหวัดพิจิตร (NP-PC และ KD-PC) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด งานวิจัยนี้พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ของข้าวเหนียวดำก่อนหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.20 (ไม่ได้แสดงค่าในตาราง) และมีค่าลดต่ำลงเป็น 3.68 – 4.50 หลังการหมักนาน 3 วัน ในระหว่างการหมักข้าวหมากของยีสต์และรามีการหมักย่อยน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์และกรด จึงส่งผลต่อการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง (Mongkontanawat & Lertnimitmongkol, 2015; Surojanametakul et al., 2019) และอาจเป็นผลจากการเจริญของแบคทีเรียแลคติกที่อาจปนเปื้อนมาในลูกแบ่ง โดยรายงานของ Sangpayung et al. (2019) สามารถคัดแยกแบคทีเรียแลคติกจากลูกแบ่งข้าวหมากได้มากถึง 120 ไอโซเลต และมี 6 ไอโซเลตที่บ่งชี้ชนิดเป็น *Pediococcus pentosaceus* และมีคุณสมบัติเป็นโปรไบโอติก

ความแตกต่างของค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์ และค่าความเป็นกรด-ด่างของข้าวหมากนี้เกิดจากชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ในลูกแบ่ง โดยเฉพาะเชื้อราในกลุ่ม *Amylomyces rouxii* และ *Rhizopus oryzae* ที่ผลิตเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและกลูโคอะไมเลสเพื่อย่อยแป้งเป็นน้ำตาล ซึ่งหากลูกแบ่งมีประสิทธิภาพการย่อยสูงจะทำให้ได้ข้าวหมากที่มีรสหวานจัดและค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิไลลักษณ์ (2561) ที่ระบุว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและแอลกอฮอล์จะแปรตามประสิทธิภาพของกล้าเชื้อและระยะเวลาการหมัก

แหล่งที่มาของลูกแบ่งส่งผลต่อความแตกต่างของจุลินทรีย์ในลูกแบ่งและคุณภาพของข้าวหมากอย่างมีนัยสำคัญ การหมักข้าวหมากเป็นการทำงานร่วมกันของราในลูกแบ่งเกิดการหมักแบบแซคคาริฟิเคชันโดยการผลิตเอนไซม์อะไมเลสออกมาย่อยแป้งข้าวเหนียวให้กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวและโมเลกุลคู่ จากนั้นเกิดการหมักแอลกอฮอล์โดยยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลที่ได้ให้กลายเป็นเอทานอลและคาร์บอนไดออกไซด์ (Surojanametakul et al., 2019) และส่งผลต่อกลิ่นรสแอลกอฮอล์และความหวานของข้าวหมากหลังการหมัก งานวิจัยนี้ให้ผลสอดคล้องกับของรายงานของ กนกรัตน์ และคณะ (2567) ที่พบว่า ข้าวหมากข้าวเหนียวลิ้มผั่วที่หมักจากลูกแบ่งต่างแหล่งผลิต คือ จังหวัดน่าน แพร่ สุโขทัย และลำปาง มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลาย

ได้ทั้งหมด (11.40 – 13.27°Brix) ค่าพีเอช (3.91 – 4.32) และปริมาณแอลกอฮอล์ (6.20 – 7.07) แตกต่างกัน รายงาน Surojanametakul et al. (2019) พบว่าข้าวหมากที่หมักจากลูกแป้งต่างแหล่งผลิต (ลูกแป้งจากจังหวัดสมุทรสาครและปทุมธานี) มีการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในระหว่างการหมักที่แตกต่างกัน โดยการหมักข้าวหมากด้วยลูกแป้งจากสมุทรสาครพบปริมาณราพุ่งสูงขึ้นในวันที่ 2 และลดลงเล็กน้อยในวันที่ 3 ขณะที่การหมักข้าวหมากด้วยลูกแป้งจากปทุมธานีพบว่าปริมาณยีสต์และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 3 โดยมีจำนวนยีสต์สูงกว่าลูกแป้งจากสมุทรสาครอย่างชัดเจน และส่งผลให้ปริมาณน้ำตาล ค่าความเป็นกรด-ด่าง และแอลกอฮอล์ในข้าวหมากที่แตกต่างกันมากที่สุด รายงานของ กุสุมาวดี และอรรถพร (2566) ระบุความหลากหลายของยีสต์และราในลูกแป้งที่ผลิตจากจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย โดยตรวจพบยีสต์ 68 ไอโซเลต และรา 32 ไอโซเลต และภณจิรา และคณะ (2565) พบว่าข้าวหมากที่หมักด้วยลูกแป้งจากอำเภอพราหมพิรามและบางระกำมีจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน โดยพบเชื้อรา *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Amylomyces* และยีสต์ *Saccharomyces* และ *Hansenula* ในข้าวหมากที่หมักด้วยลูกแป้งจากอำเภอพราหมพิราม ขณะที่ข้าวหมากที่หมักด้วยลูกแป้งจากอำเภอบางระกำพบเพียงเชื้อรา *Aspergillus*, *Amylomyces* และยีสต์ *Saccharomyces* เท่านั้น

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวหมาก (ตารางที่ 2) พบว่า คะแนนความชอบของข้าวหมากที่หมักจากลูกแป้งทั้ง 5 แหล่ง มีคะแนนความชอบเฉลี่ยในแต่ละคุณลักษณะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบด้านความหวาน กลิ่นรสแอลกอฮอล์ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 4.67 – 7.07, 4.83 – 6.53, 5.67 – 6.73 และ 5.40 – 7.17 คะแนน ตามลำดับ ข้าวหมากที่หมักด้วยลูกแป้ง KD-PC ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดในทุกคุณลักษณะ คือ 6.53 คะแนน (ชอบเล็กน้อย - ชอบปานกลาง) ถึง 7.17 คะแนน (ชอบปานกลาง - ชอบมาก) ขณะที่ข้าวหมากที่หมักด้วย ลูกแป้ง BR-PL และ MS-ST ได้รับคะแนนความชอบต่ำที่สุดในทุกคุณลักษณะอยู่ในช่วง 4.67 คะแนน (ไม่ชอบเล็กน้อย- เฉยๆ) ถึง 5.67 คะแนน (เฉยๆ - ชอบเล็กน้อย)

ตารางที่ 2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวหมากข้าวเหนียวดำหมักด้วยลูกแป้งพื้นบ้านของภาคเหนือตอนล่าง

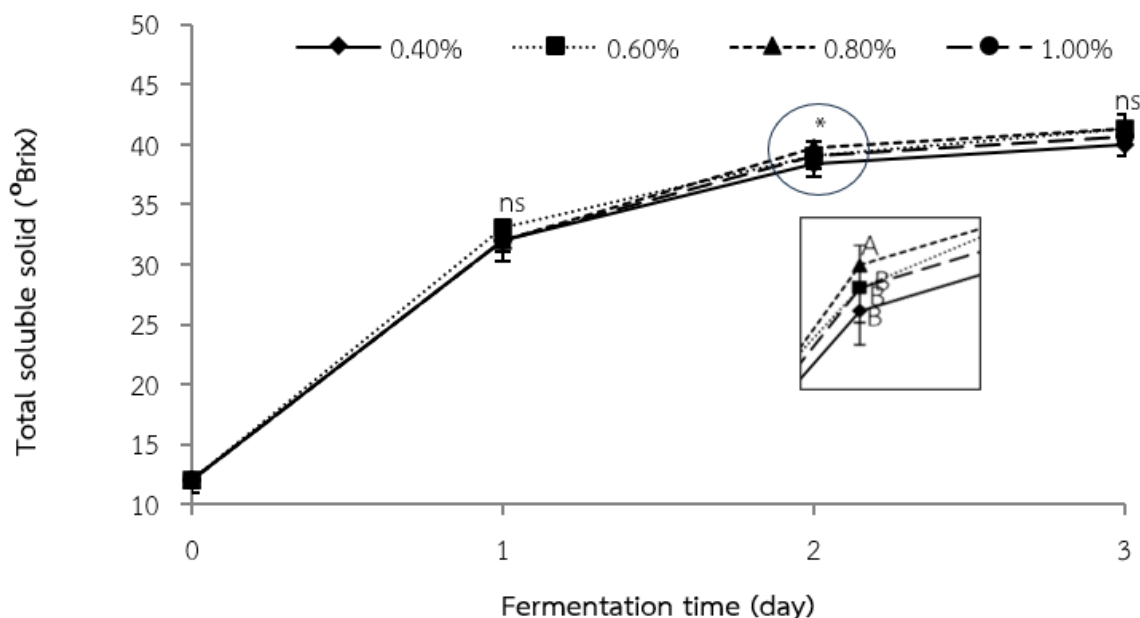
แหล่งของลูกแป้ง	คะแนนความชอบ			
	ความหวาน	กลิ่นรสแอลกอฮอล์	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
BR-PL	4.67 ± 1.56 ^c	4.83 ± 1.53 ^c	5.70 ± 1.09 ^b	5.67 ± 1.40 ^{bc}
PP-PL	5.40 ± 1.19 ^b	5.57 ± 1.07 ^b	6.20 ± 0.81 ^b	6.20 ± 1.00 ^b
NP-PC	5.60 ± 1.28 ^b	5.37 ± 1.27 ^{bc}	6.03 ± 0.93 ^b	5.90 ± 1.12 ^{bc}
KD-PC	7.07 ± 0.91 ^a	6.53 ± 0.68 ^a	6.73 ± 0.69 ^a	7.17 ± 0.75 ^a
MS-ST	4.87 ± 1.07 ^c	5.27 ± 1.14 ^{bc}	5.67 ± 1.18 ^b	5.40 ± 1.10 ^c

หมายเหตุ ประเมินความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ข้าวหมากข้าวเหนียวดำที่หมักด้วยลูกแป้ง KD-PC มีคุณภาพทางเคมีที่สอดคล้องตามเกณฑ์มาตรฐาน และได้รับคะแนนความชอบจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุด จึงนำลูกแป้ง KD-PC ไปใช้ในการศึกษาปริมาณของลูกแป้งที่เหมาะสมในการหมักข้าวหมากข้าวเหนียวดำต่อไป

3.2 ผลของปริมาณลูกแป้งต่อคุณภาพทางเคมีระหว่างหมักข้าวหมากข้าวเหนียวดำ

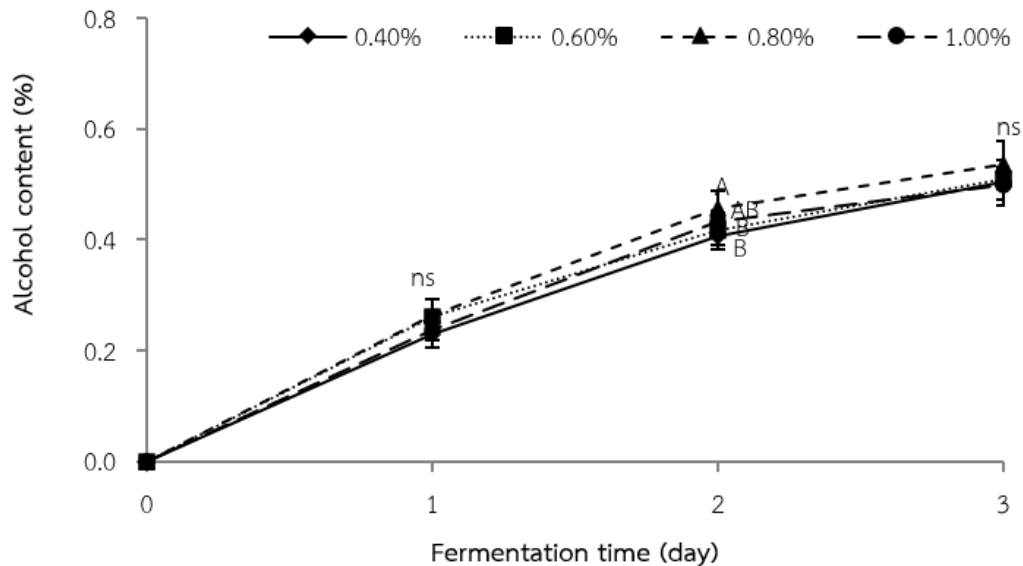
งานวิจัยนี้ได้ทำการหมักข้าวหมากโดยใช้ลูกแป้ง KD-PC ในปริมาณที่ต่างกัน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0.40, 0.60, 0.80 และ 1.00 โดยน้ำหนัก ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของข้าวหมากข้าวเหนียวดำที่ผ่านการหมัก 3 วัน แสดงได้ในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการหมักข้าวหมากข้าวเหนียวดำด้วยลูกแป้ง KD-PC ในปริมาณที่ต่างกัน (ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และ ns แสดงความไม่แตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$))

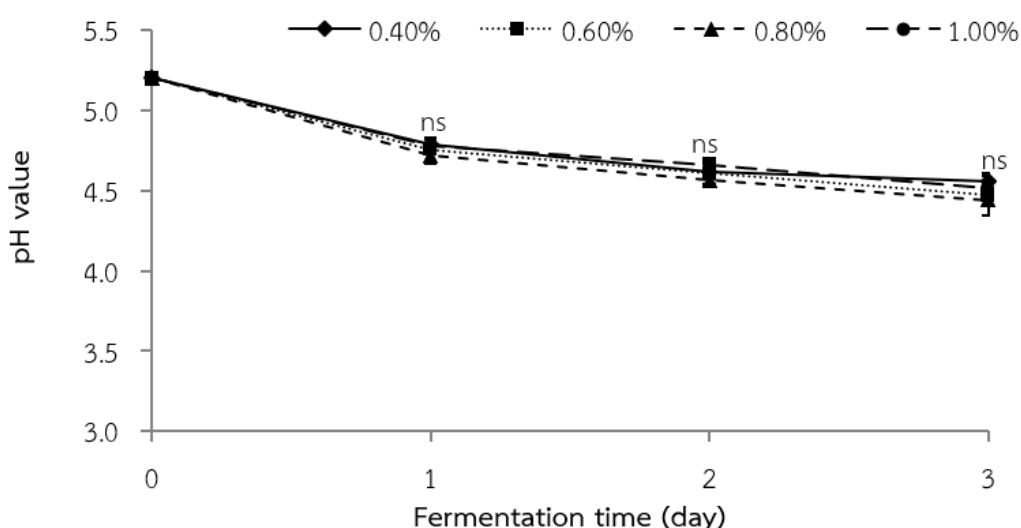
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของข้าวหมากที่หมักด้วยลูกแป้งร้อยละ 0.40, 0.60, 0.80 และ 1.00 เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 2 วันแรกของการหมัก หลังจากนั้นการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเกิดขึ้นช้าลงและค่อนข้างคงที่ โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากปริมาณเริ่มต้น 12°Brix เป็น 38.33 – 39.67°Brix หลังการหมักนาน 2 วัน และ 40.00 – 41.33°Brix หลังการหมักนาน 3 วัน การใช้ลูกแป้งหมักข้าวหมากในปริมาณที่ต่างกัน (ร้อยละ 0.40 – 1.00) ไม่ทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในข้าวหมากหลังการหมักนาน 3 วัน ($p > 0.05$) ซึ่งเป็นระยะการหมักปกติที่ใช้ในการหมักข้าวหมาก (ภาพที่ 1) สอดคล้องกับรายงานของวิไลลักษณ์ (2561) ที่พบการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในการหมักข้าวหมากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์พื้นบ้านจังหวัดพัทลุงจากปริมาณเริ่มต้น 19 – 27°Brix เพิ่มขึ้นเป็น 30 – 40°Brix หลังสิ้นสุดการหมัก 3 วัน

ภาพที่ 2 แสดงปริมาณแอลกอฮอล์ ในข้าวหมากที่หมักด้วยลูกแป้งร้อยละ 0.40, 0.60, 0.80 และ 1.00 พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของแอลกอฮอล์อย่างต่อเนื่องระหว่างหมัก และเมื่อสิ้นสุดการหมัก 3 วัน ข้าวหมากที่หมักด้วยลูกแป้งในปริมาณที่ต่างกันมีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.50 – 0.54



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ในข้าวหมากข้าวเหนียวดำระหว่างการหมักด้วยลูกแป้ง KD-PC ในปริมาณที่แตกต่างกัน (ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ ns แสดงความไม่แตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$))

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของข้าวหมากข้าวเหนียวดำที่หมักด้วยลูกแป้งในปริมาณที่แตกต่างกันลดลงอย่างรวดเร็วหลังการหมักนาน 1 วัน โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดลงจาก 5.2 เป็น 4.72 – 4.79 หลังจากนั้นค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดลงเล็กน้อย เมื่อสิ้นสุดการหมัก 3 วัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของข้าวหมากข้าวเหนียวดำที่หมักด้วยลูกแป้งในปริมาณร้อยละ 0.40 – 1.00 โดยน้ำหนัก มีค่าอยู่ระหว่าง 4.44 – 4.55 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ของข้าวหมากข้าวเหนียวดำระหว่างการหมักด้วยลูกแป้ง KD-PC ในปริมาณที่แตกต่างกัน (ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ ns แสดงความไม่แตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$))

การเพิ่มขึ้นของแอลกอฮอล์และการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง ขึ้นกับระยะเวลาในการหมักข้าวหมากเช่นเดียวกับรายงานของวิลลัคซัน (2561) ที่พบการเพิ่มขึ้นของแอลกอฮอล์และการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง อย่างต่อเนื่องในการหมักข้าวหมากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์พื้นบ้านจังหวัดพัทลุง โดยเมื่อสิ้นสุดการหมักข้าวหมาก 3 วันพบแอลกอฮอล์ในข้าวหมากข้าวเหนียวดำประมาณร้อยละ 1.0 และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 4.0

ผลการทดลองในงานวิจัยนี้พบว่า การเพิ่มปริมาณลูกแป้งจากร้อยละ 0.40 เป็นร้อยละ 1.00 โดยน้ำหนัก ในการหมักข้าวหมากข้าวเหนียวดำไม่ช่วยให้กระบวนการหมักเกิดเร็วขึ้น การใช้ระยะเวลาในการหมักข้าวหมากนาน 3 วัน ทำให้ได้ข้าวหมากที่มีค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ข้าวหมาก เป็นอาหารเชิงฟังก์ชันพื้นบ้านที่มีความสำคัญต่อวัฒนธรรมการบริโภคในประเทศไทยมาอย่างยาวนาน ในอดีตข้าวหมากจะถูกจัดอยู่ในกลุ่มของหวาน แต่ในปัจจุบันการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้ชี้ให้เห็นถึงคุณค่าของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ส่งผลดีต่อสุขภาพนอกเหนือจากสารอาหารหลัก ส่งผลให้ข้าวหมากได้รับความสนใจในฐานะอาหารเพื่อสุขภาพ รายงานของ Wattanuruk et al. (2020) ตรวจพบการเพิ่มขึ้นของสารต้านออกซิเดชันกลุ่มสารประกอบฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และสารแอนโทไซยานิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการหมักข้าวหมากข้าวเหนียวลิ้มผิว โดยก่อนหมักมีปริมาณสารประกอบฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน อยู่ที่ 37.45 mg GAE/g, 35.64 mg RE/g และ 2.48 mg/g และหลังหมักมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 45.66 mg GAE/g, 39.35 mg RE/g และ 3.37 mg/g ตามลำดับ และพบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงเมื่อวัดด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity และข้าวหมากจัดเป็นอาหารโพรไบโอติกพื้นบ้าน โดยยีสต์ *S. cerevisiae* ในข้าวหมากนอกจากจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ สร้างรสชาติและเนื้อสัมผัสเฉพาะแล้วยังมีศักยภาพการเป็นโพรไบโอติก (probiotic) สูง (Adesokan et al., 2021) การบริโภคข้าวหมากจึงช่วยปรับสมดุลจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร การใช้ข้าวเหนียวดำซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของสารต้านออกซิเดชันกลุ่มสารประกอบฟีนอลและแอนโทไซยานินเป็นวัตถุดิบในการหมักข้าวหมากจึงช่วยเสริมฟังก์ชันเชิงหน้าที่ด้านสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพิ่มมากขึ้น สภาวะที่เป็นกรดและเอนไซม์จากจุลินทรีย์ในระหว่างการหมักข้าวหมากจะช่วยปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเหล่านี้ออกจากพันธะเคมีภายในโครงสร้างของเมล็ดข้าว ทำให้ร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ดียิ่งขึ้น สารประกอบฟีนอลและแอนโทไซยานินมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคที่มีสาเหตุจากอนุมูลอิสระ (Yamuangmorn & Prom-u-thai, 2021; Pongnaratorn et al., 2024) ดังนั้นข้าวหมากพื้นบ้านไม่ได้เป็นเพียงมรดกทางภูมิปัญญาในการถนอมอาหารเท่านั้น แต่ยังเป็นนวัตกรรมอาหารเชิงหน้าที่ที่มีคุณค่าทางชีวภาพสูง การส่งเสริมให้มีการบริโภคและพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวหมากให้มีมาตรฐานความปลอดภัยและคงคุณสมบัติเชิงฟังก์ชันไว้ ผลงานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางสำคัญในการยกระดับอาหารพื้นบ้านสู่ตลาดสุขภาพในระดับสากล

4. สรุปผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบลูกแป้งพื้นบ้านจาก 5 แหล่งผลิตในภาคเหนือตอนล่าง (พิษณุโลก 2 แหล่ง, พิจิตร 2 แหล่ง และสุโขทัย 1 แหล่ง) พบว่าลูกแป้ง KD-PC จากจังหวัดพิจิตร มีความเหมาะสมมากที่สุดในการใช้เป็นกล้าเชื้อในการหมักข้าวหมากข้าวเหนียวดำ เนื่องจากให้ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงสุดที่ 45.00°Brix และมีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำเพียงร้อยละ 0.53 การเพิ่มปริมาณลูกแป้งจากร้อยละ 0.40

เป็นร้อยละ 1.00 ไม่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของข้าวหมากหลังการหมักบ่มนาน 3 วัน ผลงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตข้าวหมากข้าวเหนียวดำให้มีคุณภาพสอดคล้องตามเกณฑ์มาตรฐานของกฎหมายโดยการลดเวลาในการหมัก และสามารถนำไปต่อยอดพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบอื่นได้ต่อไป อย่างไรก็ตามกลไกการหมักข้าวหมากขึ้นกับชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ในลูกแป้งจึงควรมีการตรวจวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการหมักและคุณภาพการต้านออกซิเดชันเพื่อให้สามารถอธิบายผลถึงการเปลี่ยนแปลงและประโยชน์จากการบริโภคข้าวหมากข้าวเหนียวลิ้มฟัวได้อย่างชัดเจน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพ

เอกสารอ้างอิง

- กนกรัตน์ เอี่ยมสะอาด, รัตนภรณ์ ปิมีสา, กิตติศักดิ์ ธรรมพิทักษ์, ธวัชชัย สุ่มประดิษฐ์, ศุภศิลป์ มณีรัตน์ และนรภัทร หวันเหล็ม. (2567). การคัดเลือกกล้าเชื้อและการศึกษาคุณสมบัติของแป้งข้าวหมากจากข้าวเหนียวลิ้มฟัวเสริมโพรไบโอติก. *วารสารเกษตรนเรศวร*, 21(1), 1-19.
- กุสุมาวดี ฐานเจริญ และอรรณพ มลาศรี. (2566). ความหลากหลายของยีสต์และราที่คัดแยกได้จากลูกแป้ง. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร*, 17(1), 27-39.
- จิราภรณ์ ยอดเถื่อน. (2554). *การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำข้าวหมาก* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ภณทิรา ศรีดำ, เกตุการ ดาจินทา, และอุทัยวรรณ ฉัตรธง. (2565). ลักษณะทางสัณฐานของยีสต์และราในลูกแป้งพื้นบ้านที่มีบทบาทในกระบวนการหมักข้าวหมาก. ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติพิบูลสงครามวิจัย ครั้งที่ 7* (หน้า 1-8). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- มณชัย เดชสังกรานนท์. (2546). *การคัดแยกและยีสต์จากลูกแป้งเพื่อใช้เป็นหัวเชื้อบริสุทธิ์สำหรับหมักข้าวหมาก* [รายงานวิจัย]. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ยศพร พลายนโอ. (2559). ฤทธิ์การป้องกันภาวะเครียดจากออกซิเดชันในเซลล์ลำไส้มนุษย์ของข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำพันธุ์ลิ้มฟัว. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 24(5) (ฉบับพิเศษ), 814-830.
- วิไลลักษณ์ กล่อมพงษ์. (2561). *ผลของข้าวเหนียวดำสายพันธุ์พื้นบ้านจังหวัดพัทลุงต่อคุณภาพของข้าวหมากในระหว่างกระบวนการหมัก* [รายงานวิจัย]. พัทลุง: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2546). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ข้าวหมาก* (มผช. 162/2546). กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สุวินัย เกิดทับทิม. (2558). การจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการทำลูกแป้งข้าวหมากในเขตภาคกลางของประเทศไทย. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร*, 10(1), 57-75.
- Adesokan, I. A., Sanni, A. I., & Kanwar, S. S. (2021). In vitro evaluation of probiotic properties of indigenous yeasts isolated from Nigerian fermented food products. *Asian Food Science Journal*, 20(5), 75-85.
- Mongkontanawat, N. & Lertnimitmongkol, W. (2015). Product development of sweet fermented rice (Khao-Mak) from germinated native black glutinous rice. *International Journal of Agricultural Technology*, 11, 501-515.

- Pongnaratorn, P., Kaewsoongnern, T., Nukulkit, C., Pakdee, N., Sriset, Y., & Ohnon, W. (2024). The effect of an 8-week germinated black rice extract consumption on cognitive functions in healthy middle-aged and elderly volunteers: A randomized controlled trial. *Trends in Sciences*, 21(7), 7981.
- Sangpayung, S., Charoenchai, S. S. C., & Ochaikul, D. (2019). Isolation and selection of probiotic bacteria from Thai traditional fermentation starter (Look-Pang-Khao-Mak). *The 31st Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology and International Conference*, November 10-12, 2019 Duangjitt Resort & Spa, Patong, Phuket, Thailand, 755-767.
- Surojanametakul, V., Panthavee, W., Satmalee, P., Phomkaivon, N., & Yoshihashi, T. (2019). Effect of traditional dried starter culture on morphological, chemical and physicochemical properties of sweet fermented glutinous rice products. *Journal of Agricultural Science*, 11(6), 43-51.
- Wattanuruk, D., Phasuk, S., Nilsang, P., & Takolpuckdee, P. (2020). Total phenolics, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activities of Khaow-Mak extracts from various colored rice. *Journal of Food Health and Bioenvironmental Science*, 13(1), 10-18.
- Yamuangmorn, S., & Prom-u-thai, C. (2021). The potential of high-anthocyanin purple rice as a functional ingredient in human health. *Antioxidants*, 10(6), 833.