

ผลของข้าวเหนียวดำสายพันธุ์พื้นบ้านจังหวัดพัทลุงต่อคุณภาพของข้าวหมาก ในระหว่างกระบวนการหมัก

Effect of Indigenous Black Glutinous Rice of Phatthalung Province on the Quality of Sweet Fermented Rice (Khaomak) During Fermentation

วิไลลักษณ์ กล่อมพงษ์^{1*}

Vilailak Klompong^{1*}

บทคัดย่อ

ข้าวเหนียวดำจัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพเนื่องจากอุดมไปด้วยสารสำคัญประเภทสารประกอบฟีนอลิก งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของข้าวเหนียวดำต่อคุณภาพของข้าวหมากโดยทดแทนข้าวเหนียวขาว (*Oryza sativa* var. *Glutinosa*) ด้วยข้าวเหนียวดำ หรือข้าวเหนียวดำกล้อง (*Oryza sativa* Linn.) ในสัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำร้อยละ 75:25 (PB₂₅) 50:50 (PB₅₀) และ 0:100 (PB₁₀₀) หรือต่อข้าวเหนียวดำกล้องในสัดส่วน 75:25 (UB₂₅) 50:50 (UB₅₀) และ 0:100 (UB₁₀₀) เปรียบเทียบกับข้าวเหนียวขาวทั้งหมด (100:0, W₁₀₀) และตรวจติดตามคุณภาพของข้าวหมากในระหว่างกระบวนการหมักทุกวัน เป็นเวลา 3 วัน พบว่า เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าพีเอชลดลง PB₂₅ ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส และเมื่อศึกษากิจกรรมการต้านออกซิเดชัน (DPPH Radical Scavenging Activity, Ferric Reducing Antioxidant Power, Metal Chelating Activity) พบว่า UB₁₀₀ มีกิจกรรมการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด ดังนั้นคุณภาพของข้าวหมากขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของข้าวเหนียวดำที่ใส่ทดแทนข้าวเหนียวขาว

คำสำคัญ: ข้าวเหนียวดำ พัทลุง คุณภาพ ข้าวหมาก กระบวนการหมัก

Abstract

Black glutinous rice is known as a healthy food because of its richness in bioactive phenolic compounds. The objective of this research was to study the effect of black glutinous rice on the quality of sweet fermented rice during fermentation. White glutinous rice (*Oryza sativa* var. *Glutinosa*) was substituted by polish black glutinous rice (*Oryza sativa* Linn.) in the ratio of 75:25 (PB₂₅), 50:50 (PB₅₀) and 0:100 (PB₁₀₀) or unpolished black glutinous rice in the ratio of 75:25 (UB₂₅), 50:50 (UB₅₀) and 0:100 (UB₁₀₀) in comparison with white rice (ratio 100:0, W₁₀₀). The qualities of all sweet fermented rices during fermentation were monitored daily for 3 days. Total soluble solid and alcohol content were increased when fermentation time increased, while pH decreased. PB₂₅ exhibited the highest overall liking score from sensory evaluation. UB₁₀₀ showed the highest antioxidant activity (DPPH Radical Scavenging Activity, Ferric Reducing Antioxidant Power, Metal Chelating Activity). Thus, qualities of sweet fermented rice were governed by type and amount of black glutinous rice substituted.

Keywords: Black Glutinous Rice, Phatthalung, Quality, Khaomak, Fermentation

¹ ผศ.ดร., สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

¹ Asst. Prof. Dr., Department of Food Science and Technology, Thaksin University, Phatthalung, 93210

* Corresponding author: Tel.: 074-609605 ext. 3312. E-mail address: klompong@hotmail.com

บทนำ

ข้าวหมากเป็นอาหารหวานเพื่อสุขภาพ ผลิตจากภูมิปัญญาไทย เป็นอาหารหมักที่ทำมาจากข้าวเหนียวหมักด้วยลูกแป้งที่มีหัวเชื้อของยีสต์และรา มีการเติมสมุนไพรลงไปในลูกแป้งเพื่อเป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ เช่น พริกไทย กระเทียม กานพลู จิง ดอกจันทร์ อบเชย และข่า ลักษณะของข้าวหมากมีรสหวานอมเปรี้ยว และน้ำหมักมีลักษณะปรากฏเป็นสารแขวนลอยสีขาวขุ่น แต่ดั้งเดิมข้าวหมากผลิตจากข้าวเหนียวขาว [1]

ข้าวเหนียวดำและข้าวกล้องได้รับการยอมรับว่าเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากอุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระประเภทแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิก พบมากในรงควัตถุสีแดง ดำ หรือม่วง ซึ่งสะสมอยู่ในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดของเมล็ดข้าว [1-2] สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติมีการใช้อย่างกว้างขวางเพื่อส่งเสริมสุขภาพ เนื่องจากอนุมูลอิสระสามารถเกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของร่างกาย และมาจากปัจจัยภายนอก ได้แก่ อาหาร ยา และมลพิษจากสิ่งแวดล้อม รวมทั้งรังสียูวีซึ่งกระตุ้นให้เกิดความแก่ ทำลายดีเอ็นเอ และกระตุ้นการเกิดมะเร็ง [1]

ข้าวหมากสามารถใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ และใช้เป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของเด็ก เนื่องจากมีโปรไบโอติกส์ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิตและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เมื่อรับประทานเข้าไปในปริมาณที่เพียงพอ [1] โดยจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการหมักข้าว ได้แก่ ยีสต์ รา และแบคทีเรียแลคติก นอกจากนี้กระบวนการหมักยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ทำให้อาหารปลอดภัย ปรับปรุงเนื้อสัมผัส รส กลิ่น และคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากกลุ่มของจุลินทรีย์ผลิตเอนไซม์มาย่อยข้าวทำให้ได้น้ำตาลรีดิวซ์ กรดอินทรีย์ วิตามิน โปรไบโอติกส์ และใยอาหาร รวมทั้งสารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ [3] วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาผลของข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียวดำกล้องสายพันธุ์พื้นบ้านจังหวัดพัทลุงต่อคุณภาพของข้าวหมากในระหว่างกระบวนการหมัก และวิเคราะห์กิจกรรมการต้านออกซิเดชันของสารสำคัญในผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก เพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากวัสดุท้องถิ่น และพัฒนาอาหารท้องถิ่นเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

ผลิตข้าวหมากโดยนำข้าวเหนียวขาว สายพันธุ์เขียว ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์เปลือกดำ และข้าวเหนียวดำกล้องสายพันธุ์เปลือกดำที่ซื้อมาจากตลาดป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง จำนวน 500 กรัม มาแช่น้ำ 12 ชั่วโมง นึ่งข้าวเหนียวให้สุกพอดี ผึ่งข้าวให้เย็นในภาชนะสะอาด ล้างเมล็ดข้าวด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้ง จนหมดยางข้าว เกลี่ยข้าวให้กระจาย ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ โรยลูกแป้งข้าวหมากที่บดละเอียด 1 กรัม บนข้าวให้สม่ำเสมอ นวดให้เข้ากัน ทิ้งไว้ให้แบ่งขึ้น 20 นาที บรรจุใส่ถุงพลาสติก บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน โดยสัปดาห์การทดแทนข้าวเหนียวขาวด้วยข้าวเหนียวดำ และข้าวเหนียวดำกล้องแสดงดังตารางที่ 1

ตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการหมักของข้าวหมากเป็นเวลา 3 วัน โดยสุ่มตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ทุก 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับตัวอย่างชุดควบคุมที่ผลิตด้วยข้าวเหนียวขาว โดยวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid) ด้วย Refractometer ปริมาณแอลกอฮอล์ โดยใช้ Ebulliometer และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้ pH meter เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากแล้วทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (1-9 Point Hedonic Scale Test) [4] โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่บริโภคข้าวหมาก จำนวน 30 คน เพื่อคัดเลือกตัวอย่างที่มีศักยภาพในการผลิตข้าวหมากเพื่อสุขภาพ นำตัวอย่างที่คัดเลือกมาวิเคราะห์กิจกรรมการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH Radical Scavenging Activity [5] Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) [6] และ Metal Chelating Activity [7] โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลตามวิธี ANOVA (Analysis of Variance) และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 [8] ด้วยโปรแกรม SPSS (เวอร์ชัน 11.5)

ตารางที่ 1 สูตรการผลิตข้าวหมาก

สูตร	สัดส่วน (ร้อยละ)		
	ข้าวเหนียวขาว (เจียวงู)	ข้าวเหนียวดำ (เปลือกดำ)	ข้าวเหนียวดำกล้อง (เปลือกดำ)
W ₁₀₀	100	0	0
PB ₂₅	75	25	0
PB ₅₀	50	50	0
PB ₁₀₀	0	100	0
UB ₂₅	75	0	25
UB ₅₀	50	0	50
UB ₁₀₀	0	0	100

ผลการวิจัย

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

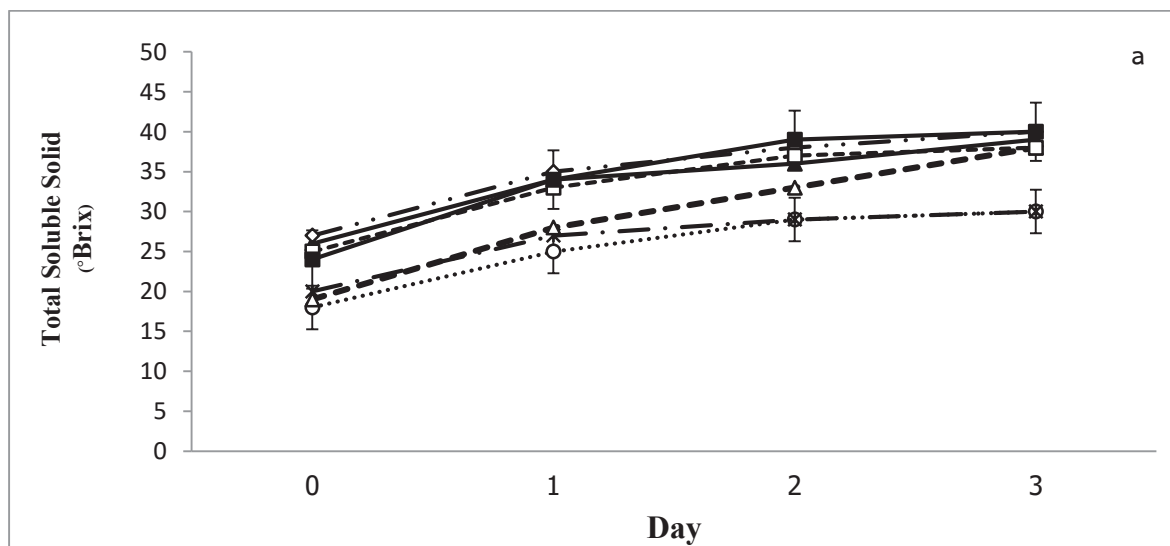
เมื่อศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจากการหมักข้าวหมากพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากช่วง 19-27 มาอยู่ในช่วงประมาณ 30-40 °Brix (ภาพที่ 1a) โดยเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก

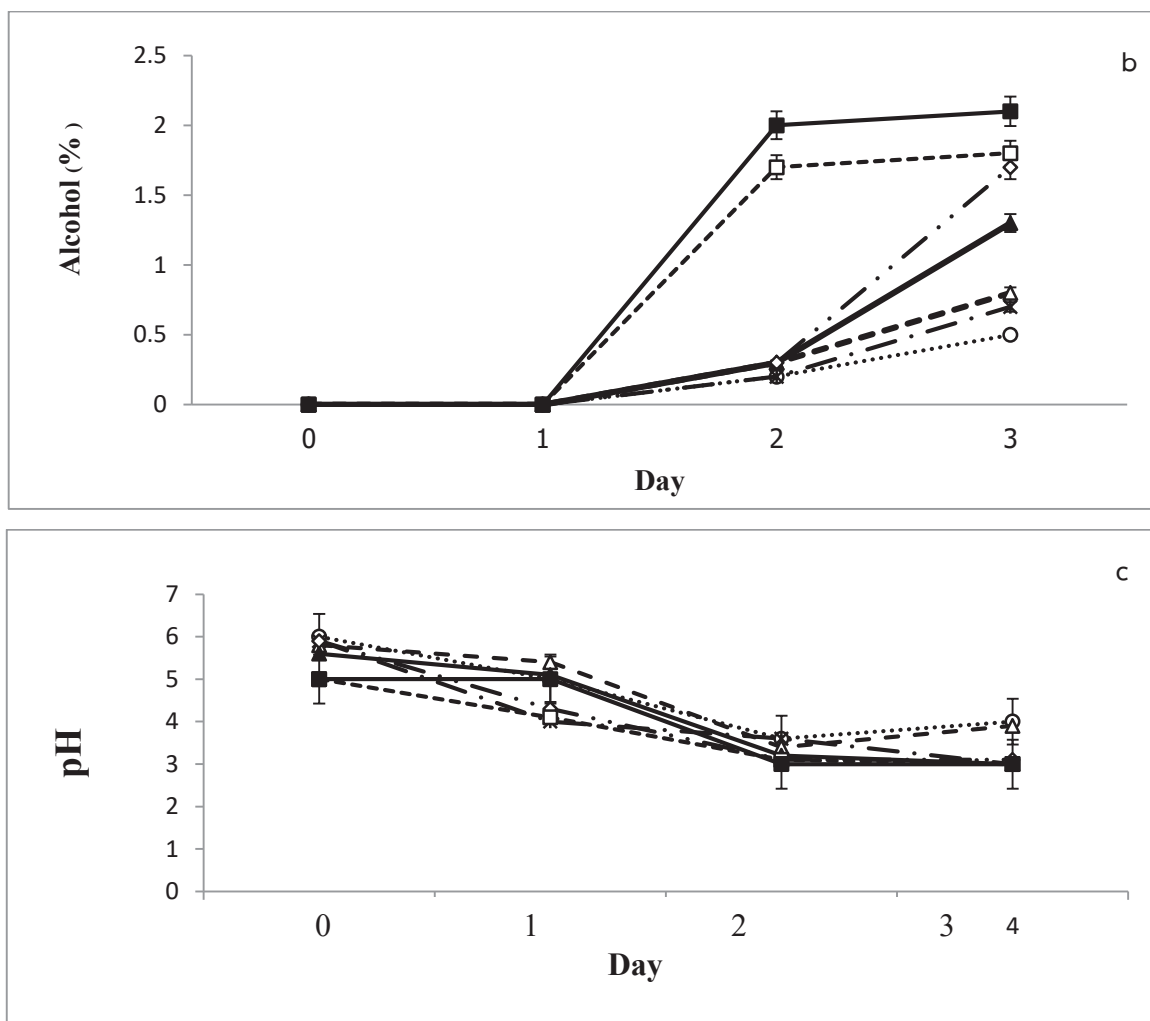
ปริมาณแอลกอฮอล์

เมื่อตรวจติดตามปริมาณแอลกอฮอล์ในกระบวนการหมักข้าวหมากพบว่า เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณแอลกอฮอล์ในข้าวหมากทั้ง 7 สูตร มีปริมาณเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 1b) โดย UB₁₀₀ มีแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นเร็วที่สุด โดยเริ่มเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 เช่นเดียวกับสูตรอื่นๆ ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการหมัก ($p < 0.05$) โดยมีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วงร้อยละ 0.5-2.1 ซึ่งแต่ละสูตรสามารถหยุดกระบวนการหมักได้เมื่อปริมาณแอลกอฮอล์ถึงร้อยละ 0.5 ตามมาตรฐาน มพช.162/2546

พีเอช

เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นค่า pH ของข้าวหมากทั้ง 7 สูตรเริ่มลดลง โดยในวันที่ 3 pH ลดลงจากช่วง 5-5.9 ไปอยู่ในช่วง 3-3.6 หลังจากนั้น pH ของข้าวหมากบางสูตรเริ่มคงที่ ในขณะที่บางสูตรในช่วงปลายของการหมักค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ภาพที่ 1c)

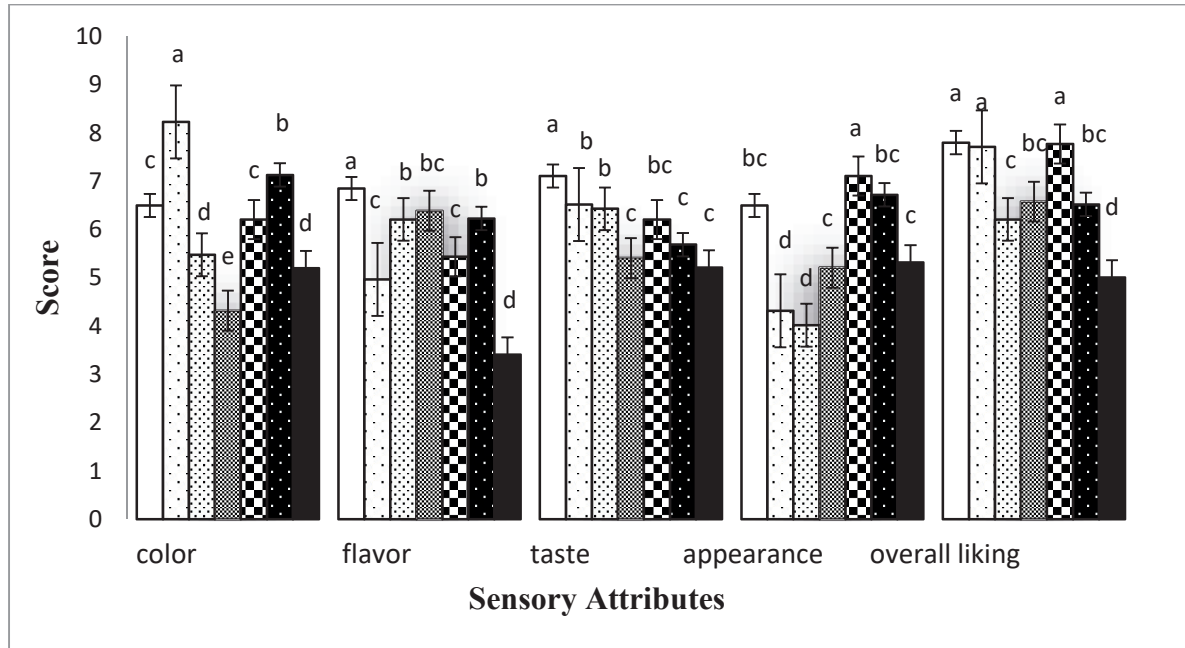




ภาพที่ 1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (a) แอลกอฮอล์ (b) และค่า pH (c) ของข้าวหมาก W₁₀₀ (···○···), PB₂₅ (···★···), PB₅₀ (···△···), PB₁₀₀ (···▲···), UB₂₅ (···◇···), UB₅₀ (···□···), UB₁₀₀ (···■···) ในระหว่างกระบวนการหมัก

คุณภาพทางประสาทสัมผัส

เมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวหมากแต่ละสูตร ด้านสี กลิ่นรส รส ลักษณะปรากฏ และความชอบรวม พบว่า PB₂₅ ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดในด้านสี และความชอบรวม ในขณะที่ W₁₀₀ ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส รส และความชอบรวมสูงที่สุด ส่วน UB₂₅ ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และความชอบรวมสูงที่สุด ($p < 0.05$) (ภาพที่ 2) แม้ UB₁₀₀ ได้รับคะแนนความชอบค่อนข้างต่ำ แต่อาจมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ในขั้นตอนนีจึงคัดเลือก PB₂₅, UB₂₅ และ UB₁₀₀ เพื่อศึกษาในขั้นต่อไป



ภาพที่ 2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวหมาก W₁₀₀ □ PB₂₅ □ PB₅₀ ▨ PB₁₀₀ ▩ UB₂₅ ▩ UB₅₀ ■ UB₁₀₀ ■

^{a-c} แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในแต่ละลักษณะ

กิจกรรมการต้านออกซิเดชัน

DPPH Radical Scavenging Activity

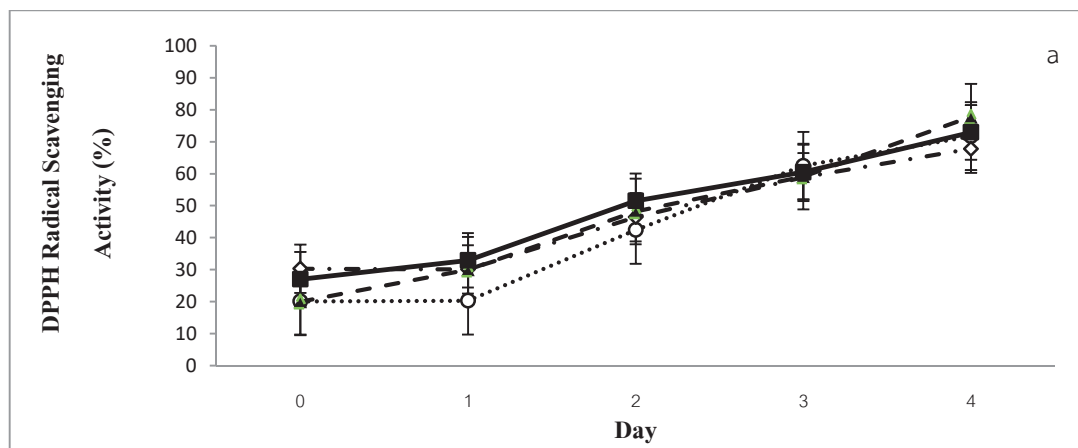
จากการศึกษากิจกรรมการต้านออกซิเดชันของข้าวหมาก พบว่า เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น DPPH Radical Scavenging Activity ของข้าวหมากในแต่ละสูตรเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก ($p < 0.05$) (ภาพที่ 3a) โดยทั่วไปแล้ว DPPH Radical Scavenging Activity ของ UB₁₀₀ มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ UB₂₅, PB₂₅ และ W₁₀₀ ตามลำดับ ($p < 0.05$)

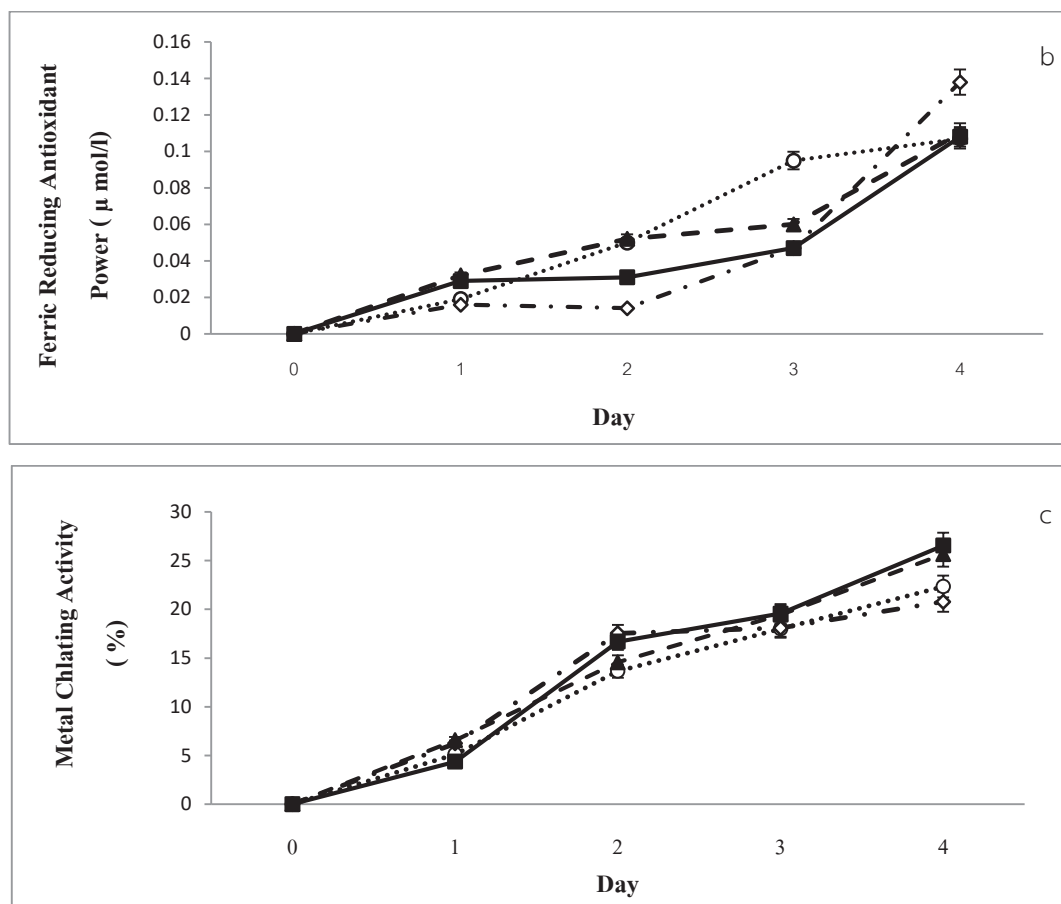
Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)

จากการศึกษาผลของระยะเวลาการหมักต่อ FRAP พบว่า เมื่อระยะเวลาหมักข้าวหมากเพิ่มขึ้น FRAP ของข้าวหมากทุกตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก ($p < 0.05$) (ภาพที่ 3b)

Metal Chelating Activity

จากการศึกษาผลของระยะเวลาการหมักต่อ Metal Chelating Activity หรือกิจกรรมการจับโลหะของข้าวหมากแต่ละสูตร พบว่าเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น Metal Chelating Activity ของข้าวหมากทั้ง 4 สูตรเพิ่มขึ้น โดย UB₁₀₀ มีกิจกรรมสูงสุดเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก รองลงมาคือ UB₂₅ และ PB₂₅, W₁₀₀ ($p < 0.05$) (ภาพที่ 3c)





ภาพที่ 3 DPPH Radical Scavenging Activity (a) Ferric Reducing Antioxidant Power (b) และ Metal Chelating Activity (c) ของน้ำหมักข้าวหมาก W₁₀₀ (···○···), PB₂₅ (---◇---), UB₂₅ (- -▲ - -) และ UB₁₀₀ (—■—)

การอภิปรายผล

ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจากการหมักข้าวหมากเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก โดยอัตราการเพิ่มลดลงในระยะหลังของการหมัก ซึ่งอาจเนื่องมาจากในระหว่างกระบวนการหมัก ราในลูกแป้งเริ่มแบ่งตัวเพิ่มจำนวนและสร้างเอนไซม์ α -อะไมเลสและกลูโคสอะไมเลสเพื่อย่อยแป้งในข้าวเหนียวให้เป็นน้ำตาล โดย α -อะไมเลส ย่อยแป้งได้เด็คทรินและกลูโคสอะไมเลสย่อยพอลิแซ็กคาไรด์ได้กลูโคส นอกจากนี้ยีสต์ยังสามารถผลิตเอนไซม์กลูโคสอะไมเลสออกมาย่อยแป้งที่เหลือเป็นน้ำตาลได้อีกด้วย [3, 9] ในขณะที่มีรายงานว่าข้าวกล้องมีอัตราการย่อยสลายแป้งช้ากว่าข้าวขัดขาว [9]

แอลกอฮอล์

ปริมาณแอลกอฮอล์ในข้าวหมากทั้ง 7 สูตร เพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น เนื่องจากยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ [3] โดยปริมาณแอลกอฮอล์ขึ้นอยู่กับชนิดของสับสเตรทที่หัวเชื้อยีสต์และราใช้ได้ ซึ่งแหล่งคาร์บอนในข้าวถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลและแอลกอฮอล์ตามลำดับ ส่วนข้าวกล้องมีส่วนประกอบของแป้งต่ำกว่าข้าวขัดขาว แต่มีเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เถ้า และโปรตีนสูงกว่า [9] ซึ่งอาจมีผลต่อการสร้างแอลกอฮอล์ในผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก

พีเอช

เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นค่า pH ของข้าวหมากทั้ง 7 สูตรเริ่มลดลง หลังจากนั้น pH ของข้าวหมากบางสูตรเริ่มคงที่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแบคทีเรียแลคติกแอซิดและใช้น้ำตาลเพื่อเปลี่ยนเป็นกรด [3] และมีรายงานว่าหัวเชื้อและอุณหภูมิในการหมักมีผลต่อปริมาณกรดในการหมักข้าวเหนียว [10] โดยลักษณะของน้ำหมักขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว และค่า pH ที่ต่ำของข้าวหมากที่ทำจากข้าวกล้อง อาจเนื่องมาจากปริมาณของ Acidic Phenol ในรำข้าวที่หุ้มเมล็ดข้าวกล้อง รวมทั้ง

Protocatechuic Acid, P-Coumaric Acid, Caffeic Acid, Ferulic Acid, Sinapic Acid, Vanillic Acid, Methoxycinnamic Acid และ Tricin [1] ในขณะที่บางสูตรในช่วงปลายของการหมักค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากยีสต์ใช้น้ำตาลหมด จึงเริ่มหันมาใช้แหล่งอาหารที่ซับซ้อนประเภทโปรตีนในข้าวมากขึ้น [9] ทำให้มีแอมโมเนียเกิดขึ้น จึงทำให้ pH เพิ่มขึ้น [11] ซึ่งข้าวกล้องมีโปรตีนสูงจึงเป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับการเจริญของยีสต์และรา [9]

คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ข้าวหมากที่ได้คะแนนความชอบสูงจากผู้บริโภคคือข้าวหมากที่ทดแทนด้วยข้าวเหนียวดำร้อยละ 25 การทดแทนด้วยข้าวเหนียวดำในสัดส่วนที่มากกว่านี้มีผลทำให้ได้คะแนนความชอบจากผู้บริโภคลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดแทนด้วยข้าวเหนียวดำทั้งหมด (ร้อยละ 100) ทั้งข้าวเหนียวดำขัดสีและข้าวเหนียวดำกล้องได้คะแนนความชอบในด้านต่างๆ ค่อนข้างน้อย ดังจะเห็นได้ใน UB₂₅ และ UB₁₀₀ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง UB₁₀₀ เนื่องจากข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการขัดขาวยังคงมีเชื้อหุ้มเมล็ด และรำข้าวทำให้มีสมบัติทางประสาทสัมผัสเฉพาะตัว โดยเฉพาะกลิ่นรส เช่น Cereal, Buttery, Sweetness, Nutty Aroma นอกจากนี้สีของเชื้อหุ้มเมล็ดยังมีผลต่อกลิ่นและกลิ่นรสของข้าว และลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องหลังการหุงสุกยังมีลักษณะเฉพาะเนื่องจากยังมีเชื้อหุ้มเมล็ดหรือชั้นของรำข้าวหุ้มอยู่ จึงมีผลต่อการดูดน้ำและการขยายตัวของเมล็ดข้าว เนื่องจากชั้นของเพอริคาร์ปป้องกันการซึมผ่านของน้ำเข้าสู่เอนโดสเปิร์ม ทำให้ต้องใช้เวลานานในการนึ่งนานขึ้น และข้าวสุกมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็ง [2] ส่วนกลิ่นรสดีของข้าวหมากสูตรที่มีสัดส่วนข้าวเหนียวดำเหมาะสมเกิดจากยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลบางส่วนเป็นเอสเทอร์ซึ่งให้กลิ่นรสดีในผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก [3] นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าหัวเชื้อยีสต์มีผลต่อสารให้กลิ่นรส จำพวกแอลกอฮอล์ เอสเทอร์ อัลดีไฮด์ ฟีนอล ลิพิด และกรด [12] และสายพันธุ์ของข้าวมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารหมักแอลกอฮอล์ ได้แก่ ลักษณะและสมบัติของอาหารหมัก เช่น ปริมาณน้ำตาล แอลกอฮอล์ กรด และคุณภาพด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น รส และความชอบรวม [13]

กิจกรรมการต้านออกซิเดชัน

DPPH Radical Scavenging Activity

เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น DPPH Radical Scavenging Activity ของข้าวหมากในแต่ละสูตรเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก ทั้งนี้เนื่องจากสารสำคัญในน้ำหมักข้าวหมากสามารถให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลในโครง DPPH [5]

Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)

เมื่อระยะเวลาหมักข้าวหมากเพิ่มขึ้น FRAP ของข้าวหมากทุกตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก ทั้งนี้เนื่องจากสารสำคัญในน้ำหมักข้าวหมากสามารถรีดิวซ์ Fe^{3+} ไปเป็น Fe^{2+} โดยให้อิเล็กตรอนกับ Fe^{3+} [6]

Metal Chelating Activity

Metal Chelating Activity หรือความสามารถในการจับโลหะของข้าวหมากทุกตัวอย่างเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น เนื่องจากโลหะเป็น Prooxidant ซึ่งสามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน การจับโลหะสามารถชะลอการเกิดออกซิเดชันได้ [7]

เมื่อหมักนานขึ้น สารสำคัญประเภทสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับกิจกรรมการต้านออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้น [1, 3] โดยข้าวเหนียวดำมีสารประกอบฟีนอลิกและแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงกว่าข้าวเหนียวขาว และข้าวกล้องมีสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าข้าวขัดขาว [1] โดยเมล็ดข้าวสีม่วงประกอบด้วยรงควัตถุแอนโทไซยานิน Cyanidin 3-Glucoside และ Peonidin 3-Glucoside ซึ่งมีฤทธิ์ทางชีวภาพ ส่วนเชื้อหุ้มเมล็ดของข้าวกล้องมีสารสำคัญ เช่น Ferulic Acid, Vanillic Acid, Protocatechuic Acid, Phenolic Acid Ester, γ -Oryzanol, Phytic Acid และ Inositol นอกจากนี้ ข้าวกล้องยังมีโปรตีน กรดอะมิโน วิตามิน เหล็ก และแคลเซียมมากกว่าข้าวที่ผ่านการขัดขาว [1]

สรุปผลการวิจัย

คุณภาพของข้าวหมากในระหว่างกระบวนการหมักขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของข้าวเหนียวดำที่ใช้ทดแทนข้าวเหนียวขาว การทดแทนด้วยข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียวดำกล้องร้อยละ 25 ยังคงได้คะแนนความชอบจากผู้บริโภคในระดับสูง ส่วนการทดแทนในสัดส่วนที่มากกว่านี้มีผลทำให้ได้รับคะแนนความชอบจากผู้บริโภคลดลง อย่างไรก็ตามการทดแทนด้วยข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียวดำกล้องส่งผลให้เกิดกระบวนการหมักเร็วขึ้นซึ่งอาจช่วยลดระยะเวลาการผลิตได้ และผลิตภัณฑ์ข้าวหมากมีสารต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ดังนั้นข้าวหมากที่ทดแทนด้วยข้าวเหนียวดำสายพันธุ์พื้นบ้านจังหวัดพัทลุงอาจมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพได้ โดยเฉพาะการทดแทนด้วยข้าวเหนียวดำกล้องทั้งหมด แต่ควรศึกษาในขั้นต่อไปถึงวิธีการกำจัดกลิ่นรำข้าวเพื่อการยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

- [1] Manosroi, A., Ruksiriwanich, W., Kietthanakorn, B., Manosroi, W. and Manosroi, J. (2011). “Relationship between Biological Activities and Bioactive Compounds in the Fermented Rice Sap”, **Food Research International**. 44, 2757–2765.
- [2] Tikapunya, T., Henry, R.J. and Smyth, H. (2018). “Evaluating the Sensory Properties of Unpolished Australian Wild Rice”, **Food Research International**. 103, 406-414.
- [3] Ghosh, K., Ray, M., Adak, A., Dey, P., Halder, S.K., Das, A. Jana, A., Parua, S., Mohapatra, P.K.D., Pati, B.R. and Mondal, K.C. (2015). “Microbial, Saccharifying and Antioxidant Properties of an Indian Rice Based Fermented Beverage”, **Food Chemistry**. 168, 196–202.
- [4] Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. (1990). **Sensory Evaluation Techniques**. Florida, USA: CRC Press, Inc.
- [5] Yen, G., and Wu, J. (1999). “Antioxidant and Radical Scavenging Properties of Extract from *Ganoderma tsugae*”, **Food Chemistry**. 65, 375–379.
- [6] Benzie, I.F.F. and Strain, J.J. (1996). “The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The Assay”, **Analytical Biochemistry**. 239, 70-76.
- [7] Decker, E.A., and Welch, B. (1990). “Role of Ferritin as a Lipid Oxidation Catalyst in Muscle Food”, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 38, 674–677.
- [8] Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. (1980). **Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach**. New York. McGraw-Hill.
- [9] Favaroa, L., Cagnina, L., Basagliaa, M., Pizzoccheroa, V., Van Zylb, W.H. and Casellaa, S. (2017). “Production of Bioethanol from Multiple Waste Streams of Rice Milling”, **Bioresource Technology**. 224, 151-159.
- [10] Gui-you, L., Sheng, Y. and Chuan-chao, D. (2004). “Factors Affecting G-Linolenic Acid Content in Fermented Glutinous Rice Brewed by *Rhizopus* sp.”, **Food Microbiology**. 21, 299–304.
- [11] Klompong, V., Benjakul, S., Kantachote, D. and Shahidi, F. (2012). “Use of Protein Hydrolysate from Yellow Stripe Trevally (*Selaroides leptolepis*) as Microbial Media”, **Food Bioprocess Technology**. 5, 1317-1327.
- [12] Yang, Y., Xia, Y., Wang, G., Yu, J. and Ai, L. (2017). “Effect of Mixed Yeast Starter on Volatile Flavor Compounds in Chinese Rice Wine during Different Brewing Stages”, **LWT - Food Science and Technology**. 78, 373-381.
- [13] Wang, Q.J., Sun, D.W., Jeong, S.T., Yeo, S.H., Choi, J.H. and Choi, H.S. (2014). “Screening of Rice Cultivars for Brewing High Quality Turbid Rice Wine”, **LWT - Food Science and Technology**. 56, 145-152.