

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากกล้าเชื้อยีสต์บริสุทธิ์ Development of Kho-mak Products by Yeast Pure Culture

¹เสาวลักษณ์ สินธุประสิทธิ์, ¹อารีรัตน์ หมื่นวัน และ ^{2*}กุสุมาวดี ฐานเจริญ

¹สาขาวิชาชีววิทยา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

²สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

¹Saowaluk Sinthuprasit, ¹Areerat Meunwan, ²Kusumawadee Thancharoen

¹Department of Biology, Faculty of Education, Rajabhat Maha Sarakham University

²Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Maha Sarakham University

*ผู้ติดต่อหลัก: Kusumawadee.th@rmu.ac.th

*E-mail: Kusumawadee.th@rmu.ac.th

Received

Reviewed

Revised

Accepted

10/08/2022

01/10/2022

26/12/2022

30/12/2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ (1) เพื่อศึกษาผลของกล้าเชื้อยีสต์ผสมลูกแบ่งทางการค้า และคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 และ (2) เพื่อศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวหมากต่อการยอมรับของผู้บริโภค ทำการหมักข้าวหมาก 5 สูตร โดยการแปรผันชนิดของกล้าเชื้อยีสต์บริสุทธิ์ ได้แก่ รหัส STYC07, STYD01, STYG03, STYR03 และ BJMK43 ร่วมกับการใช้ลูกแบ่งทางการค้า พบว่า ข้าวหมากมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด อยู่ในช่วง 36.20-43.50 องศาบริกซ์ ความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 4-5 และกรดแลคติกอยู่ในช่วง ร้อยละ 0.51 – 0.90 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ร่วม ประเมินทั้งหมด 30 คน พบว่า ข้าวหมากที่เติมกล้าเชื้อยีสต์รหัส STYR03 ร่วมกับลูกแบ่งทางการค้า ได้รับการยอมรับด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุด อยู่ในช่วง 8.07 ± 0.07 อยู่ในระดับยอมรับมาก การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า สูตรดังกล่าวสามารถนำมาผลิตเป็นข้าวหมากเพื่อเพิ่มมูลค่าของข้าวหมากได้

คำสำคัญ: การคัดแยก, การทดสอบทางประสาทสัมผัส, กล้าเชื้อยีสต์บริสุทธิ์, ข้าวหมาก, ลูกแบ่ง

Abstract

The objectives of this research are: (1) to study the effect of pure culture mixed with commercial Look-pang. and on physical, chemical and biological properties of glutinous rice cultivar and (2) to study the sensory quality of Kho-mak based RD 6 on consumer acceptance. 5 formulas fermentation by varying the types of pure yeast were

STYC07, STYD01, STYG03, STYR03 and BJMK43 with commercial Look-pang. Exhibited Kao-mak had total soluble solids of 36.20-43.50 °Brix, pH was 4-5, and lactic acid was 0.51 – 0.90 %. The results from sensory evaluation method by 9-point hedonic scales using total 30 appraisal participants shown that Kho-mak mixed Pure culture yeast STYR03 with commercial Look-pang revealed acceptable scores in overall liking 8.07 ± 0.07 (very good level). This study indicated that formula was suitable for add value product.

Keyword: Isolation, Sensory test, Pure yeast culture, Kho-mak, Look-pang

บทนำ

ข้าวหมากหรือข้าวเหนียวหมักหวาน เป็นหนึ่งในอาหารไทยดั้งเดิมเป็นของหวานที่ชื่นชอบ โดยเฉพาะสำหรับผู้สูงอายุ ข้าวหมากเตรียมจากข้าวเหนียวขาวนึ่งผสมกับลูกแป้งข้าวหมาก ลูกแป้งประกอบด้วยจุลินทรีย์กลุ่มเชื้อรา ได้แก่ *Aspergillus* spp., *Rhizopus* spp., *Mucor* spp. และ *Amylomyces rouxii* ยีสต์ ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae*, *S. fibuligera* และ *Candida* spp. และแบคทีเรีย ได้แก่ *Pediococcus* spp, *Lactobacillus* spp, *Acetobacter* spp. และ *Gluconobacter* spp. ลูกแป้งมีส่วนผสมของสมุนไพร คือ พริกไทย กระเทียม และข่า เป็นสารต้านจุลินทรีย์ก่อโรค ในระหว่างการหมักจะมีเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (α -amylase) และกลูโคอะไมเลส (glucoamylase) เชื้อราในลูกแป้งไฮโดรไลซ์ (hydrolyze) แป้งเป็นน้ำตาลชนิดโอลิโกแซ็กคาไรด์และกลูโคส หลังจากนั้นเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์โดยยีสต์ นอกจากนี้กรดอินทรีย์ สารระเหย และสารประกอบอื่นๆ ยังถูกสังเคราะห์โดยจุลินทรีย์ที่สำคัญในลูกแป้ง (Jirasatid & Nopharatana, 2018)

ลูกแป้ง ถือได้ว่าเป็นกล้าเชื้อจุลินทรีย์ (inoculum) ที่เก็บในรูปของเชื้อแห้ง เพื่อใช้ในการผลิตอาหารหมักของประเทศในแถบเอเชียหลายประเทศ การผลิตและใช้ลูกแป้งมีกำเนิดมาจากประเทศจีน และถ่ายทอดไปยังประเทศเพื่อนบ้านรวมทั้งไทยด้วย กล้าเชื้อของแต่ละที่ก็จะมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันออกไป แต่มีการใช้ประโยชน์คล้ายกันคือการหมักที่มีกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงในวัตถุดิบให้เป็นน้ำตาลเพื่อผลิตอาหารหมักประเภทข้าวหมาก กระแช่ สาโท หรืออุ ลูกแป้งมีหลายชนิด ได้แก่ ลูกแป้งข้าวหมาก ลูกแป้งเหล้า ลูกแป้งน้ำส้มสายชู และลูกแป้งเทมเป้ เป็นต้น สำหรับลูกแป้งข้าวหมาก (Look-pang Khomak) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) หมายถึง ลูกแป้งที่เป็นแหล่งของกล้าเชื้อราและยีสต์ที่เหมาะสมโดยการเติมสมุนไพรบางชนิด เมื่อนำมาหมักกับข้าวเหนียวนึ่งแล้วสามารถทำให้เกิดน้ำตาลและแอลกอฮอล์ หรือแป้งเชื้อที่เป็นแหล่งของจุลินทรีย์ ซึ่งมีเอนไซม์ในการหมักข้าวเหนียวนึ่งให้นุ่มและมีรสหวาน การทำลูกแป้งข้าวหมากจึงเป็นการเพาะเลี้ยงเชื้อและขยายพันธุ์เชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในลูกแป้งข้าวหมาก เช่น เชื้อรา และยีสต์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปสปอร์และเซลล์ (เปมิกา, 2547) คุณภาพของลูกแป้งข้าวหมากมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและกรรมวิธีการในการผลิต ซึ่งส่งผลให้ข้าวหมาก

ที่ผลิตได้ในแต่พื้นที่ที่มีลักษณะสี กลิ่น และรสชาติที่แตกต่างกัน ดังนั้นลูกแบ่งข้าวหมากจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวหมากเป็นอย่างมาก ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้มีการใช้ยีสต์สายพันธุ์บริสุทธิ์ที่มีการผลิตแอลกอฮอล์ในระดับต่ำที่มีศักยภาพในการผลิตข้าวหมากคัดแยกได้จากลูกแบ่งข้าวหมาก ร่วมกับการใช้จุลินทรีย์ในลูกแบ่งทางการค้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณภาพและการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ข้าวหมากในท้องถิ่น

วิธีการวิจัย

1. การหมักข้าวหมาก

เตรียมข้าวเหนียว นำข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 แขน้ำ 6 ชั่วโมงและที่ผ่านการนึ่งให้สุกเป็นเวลา 40 นาที ผสมลูกแบ่งทางการค้าจำนวน 2 กรัมที่บดละเอียด(อ้างอิงตามสูตรการใช้งานของผู้ผลิตในท้องถิ่น) ให้เป็นเนื้อเดียวกันและเชื้อยีสต์บริสุทธิ์ 5 สายพันธุ์ (ความเข้มข้นเซลล์ 10^7 log CFU/ml) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ได้แก่ รหัส BJMK43 (คัดแยกได้จากฟักข้าว), STYC07 (คัดแยกได้จากลูกแบ่งจังหวัดชัยภูมิ), STYD01 (คัดแยกได้จากลูกแบ่งจังหวัดอุดรธานี), STYG03 (คัดแยกได้จากลูกแบ่งจังหวัดศรีสะเกษ) และ STYR03 (คัดแยกได้จากลูกแบ่งจังหวัดร้อยเอ็ด) รายละเอียดชุดการทดลองแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชุดการทดลองการหมักข้าวหมาก

ชุดทดลอง	ลูกแบ่งทางการค้า	สายพันธุ์ยีสต์				
		BJMK43	STYC07	STYD01	STYG03	STYR03
1	เต็ม	เต็ม	เต็ม	ไม่เต็ม	ไม่เต็ม	ไม่เต็ม
2	เต็ม	เต็ม	ไม่เต็ม	เต็ม	ไม่เต็ม	ไม่เต็ม
3	เต็ม	เต็ม	ไม่เต็ม	ไม่เต็ม	เต็ม	ไม่เต็ม
4	เต็ม	เต็ม	ไม่เต็ม	ไม่เต็ม	ไม่เต็ม	เต็ม
5	เต็ม	เต็ม	ไม่เต็ม	ไม่เต็ม	ไม่เต็ม	ไม่เต็ม

หมายเหตุ : ใส่ลูกแบ่งร้อยละ 2 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก), อายุยีสต์ 3 วัน (ระยะการเจริญของยีสต์ คือระยะเพิ่มจำนวน ระยะนี้ยีสต์จะใช้สารอาหารเพื่อการแบ่งเซลล์และเพิ่มจำนวนอย่างทวีคูณ)

จากตารางมีการออกแบบสูตรในการหมักข้าวหมากโดยทุกสูตรมีการเติมลูกแบ่งทางการค้าในท้องถิ่นที่มีการผลิตข้าวหมาก และมีการเติมยีสต์รหัส BJMK43 ที่มีโคไลนีสแดงเพื่อปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์ ทำการแปรผันสายพันธุ์ยีสต์บริสุทธิ์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพข้าวหมาก นำแต่ละชุดการทดลองใส่ภาชนะขนาด 2.5 ลิตร ปิดฝาให้แน่นและหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วันเพื่อติดตามผลการหมักของจุลินทรีย์ที่มีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก

2. การวิเคราะห์คุณภาพของข้าวหมาก

2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid)

หยดตัวอย่างข้าวหมากลงบนปริซึมของเครื่อง refractometer และอ่านตัวเลขบนสเกล (องศาบริกซ์)

2.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

วัดตัวอย่างข้าวหมากโดยใช้กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ และเปรียบเทียบกับแถบสีมาตรฐานที่อยู่ด้านหลังกล่อง (กรด: 1-6, เป็นกลาง: 7, ด่าง: 8-14)

2.3 ปริมาณกรดแลคติก (Lactic acid)

นำตัวอย่างน้ำข้าวหมาก ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นหยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนประมาณ 3-5 หยด เขย่าให้เข้ากัน ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนกระทั่งถึงจุดยุติได้เป็นสารละลายสีชมพูอ่อน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ คำนวณหาความเข้มข้นของกรดแลคติก (นัวร์ฮาซิกีน ฮูดดอร์อิง และนัวร์ ไอ้สะละ, 2550)

$$\text{ปริมาณกรดแลคติก (ร้อยละ)} = \frac{N \times V1 \times 90.08 \times 100}{1,000 \times V2}$$

โดย N คือความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)

V1 คือปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (มิลลิลิตร)

V2 คือปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ (มิลลิลิตร)

2.4 จำนวนเซลล์ยีสต์

เจือจางตัวอย่างข้าวหมากแบบลำดับส่วน (serial dilution) หยดลงบนฮีมาไซโตมิเตอร์ นับจำนวนเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แล้วคำนวณจำนวนเซลล์ยีสต์ตามสูตร

$$\text{การนับจำนวนเซลล์} = \frac{A}{B} \times \text{จำนวนช่องฮีมาไซโตมิเตอร์} \times C \times \text{อัตราส่วนเจือจาง}$$

โดย A คือ จำนวนเซลล์ยีสต์ที่อยู่ในบริเวณสีแดง

B คือ จำนวนช่องของบริเวณสีแดง

C คือ ผลคูณของความกว้าง ความยาว ความลึกของฮีมาไซโตมิเตอร์

3. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ใช้แบบประเมินการยอมรับและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก โดยประเมิน 5 คุณลักษณะได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ซึ่งมีระดับคะแนนการยอมรับตั้งแต่ 1-9 ด้วยวิธี 9-point scale โดยมีผู้ทดสอบจำนวน 30 คนที่ไม่ปฏิเสธการดื่มแอลกอฮอล์

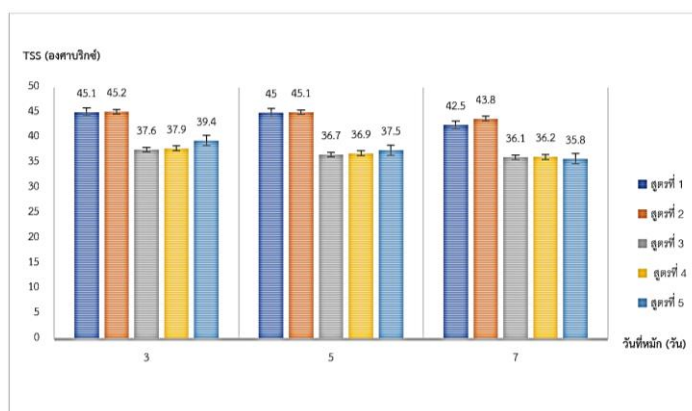
4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้จากการทดลองด้วย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < .05$) โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 26.0

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์คุณภาพของข้าวหมาก

1.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Solid Soluble) จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของข้าวหมากทั้ง 5 สูตรจะเห็นได้ว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าตั้งแต่ $36.1 - 45.2 \pm 0.05$ องศาบริกซ์ (มีปริมาณไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ยีสต์ในการย่อยแป้งในข้าวเป็นน้ำตาล) และมีแนวโน้มลดลงโดยในวันสุดท้ายของการหมักมีค่าตั้งแต่ $35.8 - 43.8 \pm 0.05$ องศาบริกซ์ ซึ่งสูตรที่ 2 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 43.8 องศาบริกซ์ รองลงมาคือ สูตรที่ 1 เท่ากับ 42.50 องศาบริกซ์ และสูตรที่ 5 มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 35.80 องศาบริกซ์ (แสดงดังภาพที่ 1)

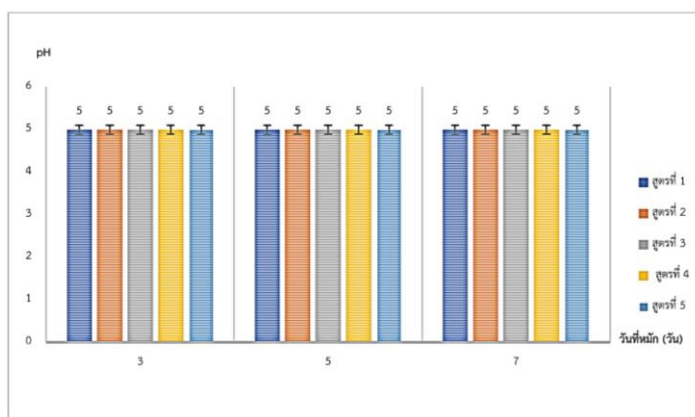


ภาพที่ 1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของข้าวหมาก

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าลดลง เนื่องจากในระยะ Alcoholic Fermentation เป็นช่วงของการหมักแอลกอฮอล์ ยีสต์จะใช้น้ำตาลที่ได้จากกระบวนการ Saccharification ที่เกิดจากการย่อยแป้งเป็นน้ำตาลโดยรา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจึงลดลง โดยน้ำตาลส่วนหนึ่งจะถูกยีสต์นำไปใช้เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ และบางส่วนถูกนำไปเปลี่ยนให้เป็นแอลกอฮอล์ ซึ่งยีสต์บริสุทธิ์แต่ละตัวมีความสามารถในการหมักที่แตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ สร้อยสุตา (2546) และ สุมลลิกา (2545) พบว่า ปริมาณของแข็งมีแนวโน้ม

ลดลงเนื่องจากยีสต์ใช้น้ำตาลเพื่อการเจริญ พบว่าปริมาณค่า TSS ในไวน์ข้าวที่อัตราส่วนการเจือจางต่างๆ มีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้นเดียวกัน

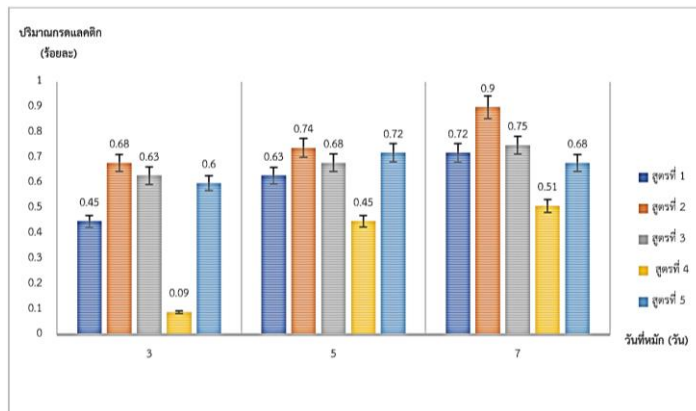
1.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าความเป็นกรด-ด่างของข้าวหมากทั้ง 5 สูตรมีค่าประมาณ 5.0 โดยมีแนวโน้มคงที่ตลอดการหมัก ในการวัดไม่สามารถใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ในการวัดได้เนื่องจากปริมาณของเหลว (น้ำต้อย) มีปริมาณน้อย จึงใช้กระดาษลิตมัสวัดแทน ทำให้ได้ค่าโดยประมาณแบบไม่ละเอียด (แสดงดังภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่างของข้าวหมาก

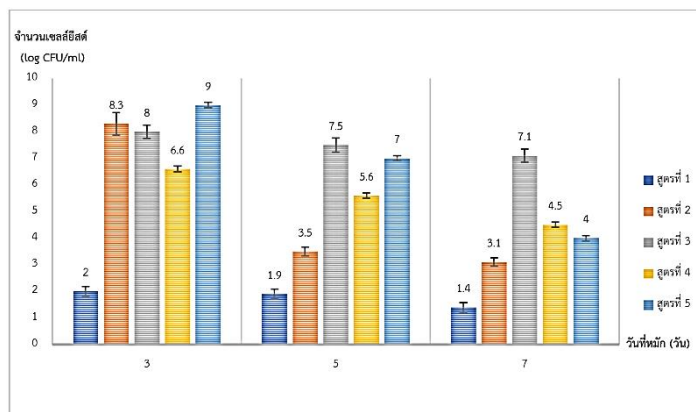
ยีสต์เข้าไปมีบทบาทในกระบวนการหมัก ซึ่งสอดคล้องกับค่าของกรดแลคติกจากการไทเทรต ซึ่งวันที่ 7 จะมีปริมาณกรดแลคติกมากที่สุดสอดคล้องกับค่ากรด-ด่างที่วัดได้ กระบวนการหมักที่เป็นแบบไม่มีออกซิเจน จะมีบทบาททำให้เกิดกรดแลคติก โดยกลูโคสจะเข้าสู่กระบวนการไกลโคลิซิส เปลี่ยนแปลงเป็นกรดไพรูวิก เช่นเดียวกับการหมักแอลกอฮอล์ แต่ในขั้นตอนการกรดไพรูวิกนั้นจะเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก (Lactic acid) โดยมีเอนไซม์แลคเตทดีไฮโดรจีเนส (lactate dehydrogenase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการสลายกลูโคส โดยกระบวนการหมักกรดแลคติก ทำให้เกิด ATP 2 โมเลกุล และกรดแลคติก 2 โมเลกุล โดยไม่มี CO_2 เกิดขึ้น การติดตามความเป็นกรด-ด่าง จากผลการทดลองไม่มีความเปลี่ยนแปลง เนื่องจากในการทดลองใช้กระดาษลิตมัสในการตรวจวัด หากใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง จะทราบค่าที่ละเอียดขึ้น ดังนั้นผลที่ได้จึงมีค่าความเป็นกรดต่างโดยประมาณ

1.3 ปริมาณกรดแลคติก (Lactic acid) ปริมาณกรดแลคติกของข้าวหมากทั้ง 5 สูตรมีค่าตั้งแต่ร้อยละ $0.09 - 0.90 \pm 0.05$ และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นโดยวันสุดท้ายของการหมักมีค่าตั้งแต่ร้อยละ $0.51 - 0.90 \pm 0.05$ ซึ่งสูตรที่ 2 มีค่าสูงสุด เท่ากับร้อยละ 0.90 รองลงมาคือสูตรที่ 3 เท่ากับร้อยละ 0.75 และสูตรที่ 4 มีค่าต่ำสุด เท่ากับร้อยละ 0.51 ซึ่งค่ากรดแลคติกที่มีปริมาณแตกต่างกัน เนื่องจากการทำงานของแบคทีเรียแลคติกที่อยู่ในลูกแป้งอาจมีสภาวะของการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในสภาวะที่แตกต่างกันเมื่อใช้ยีสต์สายพันธุ์ที่ต่างสายพันธุ์ (แสดงดังภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ปริมาณกรดแลคติกของข้าวหมาก (ร้อยละ)

1.4 จำนวนเซลล์ยีสต์ จำนวนเซลล์ยีสต์ของข้าวหมากทั้ง 5 สูตรมีค่าตั้งแต่ $1.4 \times 10^6 - 9.0 \times 10^6$ log CFU/ml และมีแนวโน้มลดลง โดยวันสุดท้ายของการหมักมีค่าตั้งแต่ $1.4 \times 10^6 - 7.1 \times 10^6$ log CFU/ml ซึ่งสูตรที่ 3 มีค่าสูงสุด เท่ากับ 7.1×10^6 log CFU/ml รองลงมาคือ สูตรที่ 4 เท่ากับ 4.5×10^6 log CFU/ml และสูตรที่ 1 มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 1.4×10^6 log CFU/ml (แสดงดังภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 จำนวนเซลล์ยีสต์ของข้าวหมาก

จำนวนเซลล์ยีสต์ มีจำนวนลดลงตามวันที่หมักเพิ่มขึ้น เนื่องจากกระบวนการเจริญของยีสต์แบ่งเป็น 4 ระยะ คือ (1) ระยะเตรียมตัว ระยะนี้ยีสต์จะมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมและสร้างสารต่างๆ เพื่อเตรียมพร้อมกับการเจริญเติบโต (2) ระยะเพิ่มจำนวน ระยะนี้ยีสต์จะใช้สารอาหารเพื่อการแบ่งเซลล์และเพิ่มจำนวนอย่างทวีคูณ (3) ระยะคงที่ ระยะนี้สารอาหารลดลง ทำให้อัตราการเกิด

เท่ากับอัตราการตาย (4) ระยะลดจำนวน ระยะนั้นนอกจากสารอาหารเริ่มหมด จะเกิดการยับยั้งและกรดอินทรีย์ ทำให้จำนวนยีสต์ค่อยๆ ลดลง

2. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

กลุ่มประชากรที่ศึกษาคือ ประชากรที่สามารถบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวหมากและอาศัยอยู่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 30 คน ประกอบด้วยทุกเพศและอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป โดยเป็นเพศชาย จำนวน 19 คน และหญิง จำนวน 11 คน แบ่งเป็นอายุ 18-25 ปี จำนวน 6 คน 26-40 ปี จำนวน 15 คน และ 41 ปีขึ้นไป จำนวน 9 คน ผู้ทดสอบทุกคนไม่ปฏิเสธการดื่มแอลกอฮอล์ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของผู้ทดสอบ

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	19	63.33
หญิง	11	36.67
อายุ		
18-25 ปี	6	20
26-40 ปี	15	50
41 ปีขึ้นไป	9	30

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้แบบประเมินการยอมรับและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวหมากกับผู้ตอบแบบสอบถาม (ตารางที่ 3) สูตรที่มีคะแนนลักษณะปรากฏที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุดคือข้าวหมากสูตรที่ 4 คือ $7.50^e \pm 0.09$ รองลงมา คือ สูตรที่ 1 และ สูตรที่ 2 มีความชอบโดยรวม คือ $7.10^c \pm 0.07$ และ $7.07^c \pm 0.09$ ตามลำดับ และน้อยที่สุด คือ สูตรที่ 5 คือ $6.67^b \pm 0.06$ สูตรที่มีคะแนนสีที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุดคือข้าวหมากสูตรที่ 4 คือ $7.67^f \pm 0.05$ รองลงมา คือ สูตรที่ 2 และ สูตรที่ 1 มีความชอบโดยรวม คือ $7.33^{def} \pm 0.09$ และ $7.40^{efg} \pm 0.05$ ตามลำดับ และน้อยที่สุด คือ สูตรที่ 5 คือ $7.00^{bc} \pm 0.09$ สูตรที่มีคะแนนกลิ่นที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุดคือข้าวหมากสูตรที่ 4 คือ $8.37^d \pm 0.10$ รองลงมา คือ สูตรที่ 1 และ สูตรที่ 2 มีความชอบโดยรวม คือ $7.07^c \pm 0.01$ และ $7.00^c \pm 0.02$ ตามลำดับและน้อยที่สุด คือ สูตรที่ 5 คือ $6.07^a \pm 0.09$ สูตรที่มีคะแนนรสชาติที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุดคือข้าวหมากสูตรที่ 4 คือ $8.07^c \pm 0.05$ รองลงมา คือ สูตรที่ 1 มีความชอบโดยรวม คือ $7.07^b \pm 0.04$ และน้อยที่สุด คือ สูตรที่ 3 คือ $6.07^a \pm 0.05$ สูตรที่มีคะแนนความชอบโดยรวมที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุดคือข้าวหมากสูตรที่ 4 คือ $8.07^f \pm 0.07$ รองลงมา คือ สูตรที่ 1 และ สูตรที่ 2 มีความชอบโดยรวม คือ $7.03^{de} \pm 0.03$ และ $6.33^{bc} \pm 0.08$ ตามลำดับ และน้อยที่สุด คือ สูตรที่ 5 คือ $6.07^a \pm 0.05$

ตารางที่ 3 การยอมรับของผู้ทดสอบต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก

สูตรข้าวหมาก	คุณลักษณะ				
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
สูตรที่ 1	7.10 ^c ±0.07	7.30 ^{cdef} ±0.07	7.07 ^c ±0.01	7.07 ^b ±0.04	7.03 ^{de} ±0.03
สูตรที่ 2	7.07 ^c ±0.09	7.33 ^{def} ±0.09	7.00 ^c ±0.02	6.20 ^a ±0.07	6.33 ^{bc} ±0.08
สูตรที่ 3	7.07 ^c ±0.07	7.07 ^{cd} ±0.03	6.37 ^b ±0.09	6.07 ^a ±0.05	6.16 ^{ab} ±0.07
สูตรที่ 4	7.50 ^e ±0.09	7.67 ^f ±0.05	8.37 ^d ±0.10	8.07 ^c ±0.05	8.07 ^f ±0.07
สูตรที่ 5	6.67 ^b ±0.06	7.00 ^{bc} ±0.09	6.07 ^a ±0.09	6.23 ^a ±0.08	6.10 ^a ±0.06

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์คุณภาพของข้าวหมาก พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าตั้งแต่ 36.1 - 45.2 ± 0.05 องศาบริกซ์ และมีแนวโน้มลดลงโดยในวันสุดท้ายของการหมักมีค่าตั้งแต่ 35.8 - 43.8 ± 0.05 องศาบริกซ์ ค่าความเป็นกรด-ด่างของข้าวหมากทั้ง 5 สูตร มีค่าประมาณ 5.0 โดยมีแนวโน้มคงที่ตลอดการหมัก จำนวนเซลล์ยีสต์ของข้าวหมากทั้ง 5 สูตรมีค่าตั้งแต่ 1.4×10^6 - 9.0×10^6 log CFU/ml และมีแนวโน้มลดลง โดยวันสุดท้ายของการหมักมีค่าตั้งแต่ 1.4×10^6 - 7.1×10^6 log CFU/ml

จากการประเมินการยอมรับและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก พบว่า ข้าวหมากสูตรที่มีคะแนนความชอบโดยรวมที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุดคือข้าวหมากสูตรที่ 4 เท่ากับ $8.07^f \pm 0.07$ รองลงมา คือ สูตรที่ 1 และ สูตรที่ 2 มีความชอบโดยรวม เท่ากับ $7.03^{de} \pm 0.03$ และ $6.33^{bc} \pm 0.08$ ตามลำดับ และน้อยที่สุด คือ สูตรที่ 5 เท่ากับ $6.10^a \pm 0.06$ ตามลำดับ เนื่องจากในสูตรดังกล่าวมีคะแนนของกลิ่น และรสชาติอยู่ในระดับยอมรับมากที่สุด โดยทั้ง 3 สูตรนอกจากจะเติมยีสต์ BJMK43 ทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากมีสีแล้ว ยังเติมยีสต์ STYR03 ซึ่งมีผลทำให้กลิ่นรสดีขึ้นด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และเครื่องมือจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

References

- นุ้ยฮาซีกิน อุตุดอชิงและนุไรนี สาและ. (2550). จุลินทรีย์ในลูกแป้งข้าวหมากดั้งเดิมและการผลิตลูกแป้งข้าวหมากโดยใส่กลั้วเชื้อจุลินทรีย์. ปัญหาพิเศษ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, ยะลา.
- เปมิกา ขำวีระ. (2547). คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวหมาก. สืบค้นจาก file:///C:/Users/NIRUT/Downloads/มาตรฐานชุมชนข้าวหมาก.
- สุมลิกา โมรากุล. (2545). การพัฒนากรรมวิธีการผลิตไวน์ข้าว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา. (2546). การผลิตไวน์ข้าวจากข้าวนาปรัง. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- Jirasatid, S., & Nopharatana, M. (2018). Product development of sweet fermented rice (Khoa-Mak) supplemented with red yeast rice. *International Journal of Agricultural Technology*, 14(4): 521-534.