



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของระยะเวลาการแช่ข้าว ลูกแป้งและการหมัก

ต่อคุณภาพของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด

**Effect of Soaking Time, Look Pang and Fermentation on Quality of
Kaomak from SangYod Rice.**

โดย

ภารดี พละไชย

วิภาดา มุรินทร์นพมาศ

หับดี ยูโซะ

ฟาฮัน ไคนะตะ

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2553

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ชื่อเรื่อง	ผลของระยะเวลาการแช่ข้าว ลูกแป้งและการหมักต่อคุณภาพของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด
ผู้วิจัย	นางสาวภารดี พละไชย นางวิภาดา มุนินทร์นพมาศ นายหับดี ยูโษะ นายฟาฮัน ไคนะคะ

บทคัดย่อ

การผลิตข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด โดยนำข้าวสังข์หยดร้อยละ 60 และข้าวสารเหนียว 40 ที่ผ่านการนึ่งจนสุกมาผสมเข้ากัน คลุกด้วยลูกแป้งร้อยละ 0.15 ของน้ำหนักข้าวทั้งหมด บรรจุใส่ภาชนะหมักเป็นเวลา 3 วัน การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด พบว่าข้าวสารสังข์หยดที่ผ่านการแช่น้ำกรองเป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อนำมาผลิตเป็นข้าวหมากผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงสุด ($p < 0.05$) การศึกษาผลของแหล่งลูกแป้งและระยะเวลาการหมักที่เหมาะสมในการหมักข้าวหมาก พบว่า ข้าวหมากที่ข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.ยะลา อ.เมือง จ.ยะลา ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมสูงสุด รองลงมา ข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งจาก ต.คาโตะ อ.หนองจิก จ.ปัตตานี และ ต.กอดอติอ๊ะ อ.รามัน จ.ยะลา ตามลำดับ ส่วนผลของระยะเวลาการหมักข้าวหมาก พบว่า เวลาการหมัก 3 วัน มีความเหมาะสมในการผลิตมากที่สุด การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ข้าวหมากมีคะแนนทางทดสอบทางประสาทสัมผัสลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น โดยข้าวหมากที่เก็บเป็นเวลา 15 วัน ผู้บริโภคยังให้การยอมรับอยู่ และหมดอายุการเก็บที่ประมาณ 20 วัน การเปลี่ยนแปลงทางเคมี พบว่า ข้าวหมากมีค่าพีเอชลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บแต่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกและปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก อาจารย์
เจ้าหน้าที่ และนักวิทยาศาสตร์ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่คอยช่วยเหลือในด้านการใช้อุปกรณ์และ
เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยการงบประมาณการศึกษาปี 2553 สถาบันวิจัยและพัฒนา
ชายแดนภาคใต้ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ภารดี พละไชย และคณะ

ตุลาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
กิตติกรรมประกาศ	(2)
สารบัญ	(3)
สารบัญภาพ	(4)
สารบัญตาราง	(5)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	1
ขอบเขตของปัญหาพิเศษ	2
คำสำคัญ	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา	20
วัตถุประสงค์	20
เครื่องมือและอุปกรณ์	20
วิธีการทดลอง	21
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปราย	27
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	47
สรุปผล	47
ข้อเสนอแนะ	47
เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก	50
ภาคผนวก ก แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	50
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ	51
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี	51
ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางจุลินทรีย์	56
ภาคผนวก จ. การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ	58

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณค่าทางโภชนาการ ข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง เปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์ เล็บนกปัตตานี และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	6
4.1 ผลของระยะเวลาของการแช่ข้าวสังข์หยดต่อคะแนนความชอบทางด้าน ประสาทสัมผัสของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด	29
4.2 ผลของค่าสีที่แช่ข้าวตามระยะเวลาที่ต่างกัน คือ 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง	31
4.3 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่มีระยะเวลา ของการแช่ที่ 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง	32
4.4 ผลของแหล่งลูกแป้ง 3 แหล่งและระยะเวลาการหมักข้าวหมากจากข้าว สังข์หยดที่ 2, 3, และ 4 วัน ต่อคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัส	35
4.5 องค์ประกอบทางกายภาพของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดจากลูกแป้ง 3 แหล่ง และระยะเวลาการหมักที่ 2, 3 และ 4 วัน	36
4.6 องค์ประกอบทางกายภาพ (เฉพาะค่าความสว่าง L^* ที่แตกต่าง) ของข้าวหมาก จากข้าว สังข์หยดจากลูกแป้ง 3 แหล่ง และระยะเวลาการหมักที่ 2, 3 และ 4 วัน	36
4.7 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดจากลูกแป้ง 3 แหล่ง และ ระยะเวลาการหมักที่ 2, 3 และ 4 วัน	39
4.8 องค์ประกอบทางเคมี (เฉพาะค่า Total soluble solid , Reducing sugar , Total acid ที่แตกต่าง) ของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดจากลูกแป้ง 3 แหล่ง และ ระยะเวลาการหมักที่ 2, 3 และ 4 วัน	39
4.9 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด ระหว่างการเก็บรักษาตามระยะเวลาที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 วัน	41
4.10 ผลของค่าสีของผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดระหว่างการเก็บรักษา ตามระยะเวลาที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 วัน ต่อคุณลักษณะทางกายภาพ	42
4.11 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดระหว่างการเก็บรักษา ตามระยะเวลาที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 วัน	44

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.1 กรรมวิธีผลิตลูกแป้ง	9
ภาพที่ 3.1 กรรมวิธีการผลิตข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด	22
ภาพที่ 4.1 ข้าวสังข์หยดที่แช่ตามระยะเวลาที่ 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง แล้วนำมานึ่งให้สุก	29
ภาพที่ 4.2 ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ได้จากข้าวที่ผ่านการแช่เป็นระยะเวลา 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง	30

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาพิเศษ

ข้าวหมาก (Sweetened Rice) เป็นอาหารหมักพื้นบ้านชนิดหนึ่งของประเทศไทยจัดเป็นอาหารหวานหรืออาหารว่าง อีกทั้งยังเป็นอาหารโปรไบโอติกซึ่งเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ คือ อาหารที่บรรจุจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่ช่วยการสร้างความสมดุลให้กับลำไส้ โดยจุลินทรีย์เหล่านี้จะมีอยู่ร่างกายเราอยู่แล้ว และไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย หากอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมสิ่งมีชีวิต ซึ่งจุลินทรีย์ดังกล่าวจัดเป็นแบคทีเรียชนิดดีจะผลิตกรดอินทรีย์ช่วยในการขับถ่าย ทำให้กระดูและเม็ดเลือดแข็งแรง ปรับความสมดุลให้กับแบคทีเรียในร่างกาย ช่วยให้การเผาผลาญปกติ นอกจากนี้ยังช่วยในการกำจัดสารก่อมะเร็ง ไวรัส อนุมูลอิสระต่างๆ ลดอาการอักเสบท้องเสีย กระเพาะอาหาร โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคภูมิแพ้ โรคตับอักเสบ โรคตับ แผลสด แผลพุพอง แผลเน่าเปื่อย (ข้าวหมากโปรไบโอติกแบบไทย ๆ , 2553, หน้า 1) และมีคุณสมบัติด้านการก่อกลายพันธุ์และสารก่อมะเร็ง อีกด้วย (ข้าวหมากอาหารโปรไบโอติกแบบไทย , 2551, หน้า 1)

ส่วนข้าวสังข์หยด เป็นข้าวพื้นเมืองชนิดหนึ่งของจังหวัดพัทลุง ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง มีเมล็ดสีแดง ซึ่งสีแดงในข้าวสังข์หยด เป็นรงควัตถุประเภทฟลาโวนอยด์ชนิด แอนโทไซยานิน ที่มีสารแอนติออกซิเจนสูงซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ช่วยชะลอความชรา และลดความเสี่ยงในการเป็นโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคระบบภูมิคุ้มกันทำงานผิดปกติ นอกจากนี้ยังมีปริมาณในอะซินสูงที่ช่วยในการทำงานของระบบประสาทและผิวหนัง มีวิตามินบี 1 ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา วิตามินบี 2 ช่วยป้องกันโรคปากนกกระจอก รวมทั้งมีแร่ธาตุที่สำคัญ คือแคลเซียม และฟอสฟอรัสที่ช่วยป้องกันโรค กระดูกอ่อน กระดูกพรุน (ข้าวสังข์หยดพัทลุง, 2553, หน้า 1) ดังนั้นจึงได้ทำการวิจัย เรื่อง การผลิตข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด เพื่อเป็นอาหารเพื่อสุขภาพของคนทุกเพศทุกวัย ได้ผลิตพันธุ์ข้าวหมากชนิดใหม่ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดด้วย

วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ

1. เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการแช่ข้าวสังข์หยด ต่อคุณภาพของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด
2. เพื่อศึกษาผลของลูกแป้งและระยะเวลาการหมัก ต่อคุณภาพของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด
3. เพื่อศึกษาคุณภาพของข้าวหมากระหว่างการเก็บรักษาและอายุการเก็บรักษา

ขอบเขตของปัญหาพิเศษ

ทำการผลิตข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวหมาก คือ ผลของระยะเวลาการแช่ข้าว แหล่งลูกแป้ง และระยะเวลาการหมัก ศึกษาคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา และอายุการเก็บรักษาของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด

คำสำคัญ

ข้าวหมาก ลูกแป้งข้าวหมาก ข้าวสังข์หยด

นิยามศัพท์เฉพาะ

ข้าวหมาก (Sweetened rice) เป็นอาหารหมักพื้นบ้านชนิดหนึ่งของประเทศไทยจัดเป็นอาหารหวานหรืออาหารว่าง ทำจากข้าวเหนียวทั้งข้าวเหนียวธรรมดาและข้าวเหนียวดำ ข้าวหมากที่ดีมีรสหวานและกลิ่นหอม ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่ในลูกแป้ง กลิ่นรสของข้าวหมากจะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับคุณภาพของลูกแป้งข้าวหมาก กรณีที่ลูกแป้งข้าวหมากมีจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการปะปนอยู่มากข้าวที่หมักได้จะมีรสเปรี้ยว และกลิ่นก็ไม่หอมเท่าที่ควร ดังนั้นการทำข้าวหมากควรเลือกลูกแป้งที่มีคุณภาพดี จึงจะได้ข้าวหมากที่มีคุณภาพดีด้วย การทำข้าวหมากมีกระบวนการทำที่ไม่ยุ่งยาก กล่าวคือ นำข้าวเหนียวที่แช่ค้างคืนมาหนึ่งจนสุก พักให้เย็นแล้วล้างยางข้าวออกให้หมด จากนั้นนำมาคลุกกับลูกแป้งข้าวหมากที่บดให้ละเอียดไว้แล้ว นำไปเก็บในภาชนะที่มี lids หรือห่อใบตอง หมักทิ้งไว้ 2-3 วัน ก็จะได้ข้าวหมากที่มีเมล็ดข้าวนุ่ม รสหวาน และมีกลิ่นหอมของแอลกอฮอล์ (สิรินทรเทพ ภัคดีสุภผล, 2523)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบระยะเวลาการแช่ข้าวสังข์หยดที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมาก
2. ทราบแหล่งลูกแป้งและระยะเวลาหมักที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมาก
3. ทราบคุณภาพของข้าวหมากระหว่างการเก็บรักษา
4. ทราบอายุการเก็บรักษาข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าวหมาก

ข้าวหมาก (Sweetened rice) เป็นอาหารหมักพื้นบ้านชนิดหนึ่งของประเทศไทย จัดเป็นอาหารหวานหรืออาหารว่าง ผลิตจากข้าวเหนียวทั้งข้าวเหนียวธรรมดาและข้าวเหนียวดำ ข้าวหมากที่ดีมีรสหวานและกลิ่นหอม ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่ในลูกแป้ง กลิ่นรสของข้าวหมากจะดีหรือไม่ขึ้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของลูกแป้งข้าวหมาก กรณีที่ลูกแป้งข้าวหมากมีจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการปะปนอยู่มากข้าวที่หมักได้จะมีรสเปรี้ยว และกลิ่นก็ไม่หอมเท่าที่ควร ดังนั้นการทำข้าวหมากควรเลือกลูกแป้งที่มีคุณภาพดี จึงจะได้ข้าวหมากที่มีคุณภาพดีด้วย การทำข้าวหมากมีกระบวนการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก กล่าวคือ นำข้าวเหนียวที่แช่ค้างคืนมาล้างจนสุก พักให้เย็นแล้วล้างยางข้าวออกให้หมด จากนั้นนำมาคลุกกับลูกแป้งข้าวหมากที่บดให้ละเอียดไว้แล้ว นำไปเก็บในภาชนะที่มิดชิดหรือห่อใบตอง หมักทิ้งไว้ 2-3 วัน ก็จะได้ข้าวหมากที่มีเมล็ดข้าวนุ่ม รสหวาน และมีกลิ่นหอมของแอลกอฮอล์ (สิรินทรเทพ ภัคดีสุกผล, 2523)

ส่วนประกอบในการผลิตข้าวหมาก

1. ข้าวสังข์หยด

1.1 ที่มาของข้าวสังข์หยด

ข้าวสังข์หยด เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ ทรงมีพระราชดำริให้โครงการฟาร์มตัวอย่างตามแนวพระราชดำริ จังหวัดพัทลุง ซึ่งรับผิดชอบโดยศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง ดำเนินการปลูก ตั้งแต่ปี 2543 และเมื่อวันที่ 24 กันยายน 2546 ในคราวที่สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์เสด็จไปยังฟาร์มตัวอย่างในพระราชดำริ และศูนย์วิจัยข้าวจังหวัดพัทลุงได้ถวายข้าวซ้อมมือพันธุ์สังข์หยดพระองค์ทรงรับ และนำไปให้ห้องเครื่องที่พระราชดำเนินทักษิณราชินีเวสน์ จังหวัดนราธิวาส หุงถวายและรับสั่งว่าอร่อยและทรงโปรดเป็นอย่างมาก รับสั่งให้ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงฟื้นฟูการปลูกข้าวสังข์หยดอย่างจริงจัง ทั้งนี้เพราะทรงเห็นว่ารสชาติดี ประกอบกับเมื่อปี 2542 ผลการวิจัยของกองวิชาการ กรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข ได้ทำการศึกษาวิจัยอาหารชีวิต พบว่าเมื่อ

เปรียบเทียบคุณค่าของสารอาหารในข้าวพันธุ์ต่างๆ ปรากฏว่าข้าวสังข์หยดมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ คือ มีกากใยอาหารสูง ซึ่งมีประโยชน์ต่อการขับถ่าย มีวิตามินอีสูง ช่วยชะลอความแก่

นอกจากนี้ยังมีโปรตีน ธาตุเหล็ก และฟอสฟอรัสซึ่งมีประโยชน์ต่อการบำรุงโลหิต บำรุงร่างกายให้แข็งแรง และป้องกันโรคความจำเสื่อม และมีสารที่ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเป็นมะเร็ง จึงนับได้ว่าข้าวสังข์หยด เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ซึ่งเหมาะกับภาวะในปัจจุบันที่การเปลี่ยนแปลงด้านต่าง ๆ เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวกับอาหาร และวิถีชีวิตบางอย่างที่ก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพ ด้วยเหตุนี้ข้าวสังข์หยดจึงได้รับการยอมรับและมีแนวโน้มว่าจะเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น ทั้งนี้ ข้าวสังข์หยด เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองดั้งเดิมที่มีแหล่งกำเนิดในจังหวัดพัทลุง ปลูกกันมานานไม่ต่ำกว่า 100 ปี ตั้งแต่สมัยปู่ ย่า ตา ยาย ด้วยเป็นพันธุ์ข้าวที่คงคุณค่าในตัวของผู้พันธุ์ข้าวเอง ถูกเก็บรักษาไว้โดยวัฒนธรรม และภูมิปัญญาของชาวเมืองพัทลุง จะเห็นได้จากหลักฐานการรวบรวมพันธุ์ในท้องถิ่นต่าง ๆ ทั่วประเทศ ตั้งแต่ปี 2495-2496 โดย กองบำรุงรักษาพันธุ์ กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พบว่าชื่อข้าวสังข์หยดเป็น 1 ใน 11 ตัวอย่างข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่เก็บรวบรวมจากอำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุงและต่อมาในปี 2525 ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงได้เก็บรวบรวมพันธุ์ข้าวสังข์หยดไว้เป็น 1 ในจำนวน 1,997 ตัวอย่างพันธุ์ข้าวพื้นเมืองของภาคใต้ และได้มีการปรับปรุงพันธุ์เรื่อยมาถึงปี 2530 ได้มีการปรับปรุงพันธุ์จนได้สายพันธุ์ข้าวสังข์หยดที่ดี มีความสม่ำเสมอตามลักษณะประจำพันธุ์ คือ เป็นข้าวเจ้าที่ไวต่อช่วงแสง เป็นข้าวนาสวนที่มีคุณภาพดี ด้านทานต่อโรคและแมลงศัตรูพืช สามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี มีความสูงประมาณ 14 ซม. การแตกกอเฉลี่ย 8.3 ต้น/กอ ให้ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 330 กิโลกรัม/ไร่ เปลือกเมล็ดมีสีฟาง เมล็ดยาวเรียวยาว ข้าวเปลือกมีขนาดความยาวเมล็ดเฉลี่ย 9.33 มม. กว้าง 2.11 มม. หยา 1.77 มม. ส่วนขนาดเมล็ดข้าวกล้องมีความยาวเฉลี่ย 6.70 มม. กว้าง 1.81 มม. หยา 1.64 มม. น้ำหนักข้าวเปลือกต่อถัง 10.60 กิโลกรัม มีลักษณะเมล็ดเรียวยาว อายุเบา ข้าวสารมีสีขาวนวล ข้าวกล้องมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวปนแดงจาง ๆ จนถึงแดงเข้ม เมื่อหุงสุกจะมีความนุ่ม แม้กระทั่งเย็นแล้วยังมีความนุ่มอยู่ ทำให้อย่างง่ายเหมาะกับผู้สูงอายุและผู้ที่ไม่ใช้แรงงานมาก เมื่อวันที่ 23 มิถุนายน 2549 ข้าวสังข์หยดได้รับคำประกาศรับรองให้เป็นสินค้าบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographic Indications: GI) ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ พ.ศ.2546 โดยใช้ชื่อว่า “ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง” นับเป็นข้าว GI พันธุ์แรกของประเทศไทย ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคุ้มครองตามกฎหมายในสิทธิชุมชนผู้ผลิตเพื่อส่งเสริมให้มีการพัฒนาคุณภาพสินค้าที่ผลิตในท้องถิ่นเพื่อเพิ่มมูลค่าของสินค้าและเป็นเครื่องมือทาง

การตลาดเพื่อพัฒนาทางด้านการค้าต่อไป และเป็นการกระตุ้นให้ผู้ผลิตในท้องถิ่นมีการดูแลรักษา มาตรฐานของสินค้าเพื่อรักษาภาพลักษณ์ของสินค้าที่ผลิตจากท้องถิ่น พร้อมเป็นการส่งเสริม อุตสาหกรรมท้องถิ่นเพื่อเพิ่มและกระจายรายได้สู่ท้องถิ่น และสร้างความเข้มแข็งให้แก่ชุมชน สร้าง ความภาคภูมิใจในการรักษาภูมิปัญญาท้องถิ่นและเป็นส่วนหนึ่งของการส่งเสริมการท่องเที่ยว อีก รูปแบบหนึ่งที่สร้างความภาคภูมิใจเป็นอย่างยิ่งให้กับชาวจังหวัดพัทลุง

ปัจจุบันเพื่อเป็นการตอบสนองและสานต่อพระราชดำริของสมเด็จพระนางสิริกิติ์ ประกอบกับกระแสความนิยมการบริโภคข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพื่อสุขภาพมากขึ้น ศูนย์วิจัย ข้าวพัทลุงจึงได้มีการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเฉพาะถิ่นที่มีลักษณะพิเศษ โดยการคัดเลือกจากพันธุ์ดั้งเดิมให้ เป็นพันธุ์บริสุทธิ์ ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค มีคุณภาพและผลผลิตดีขึ้น และในปี 2547 จังหวัดพัทลุงได้กำหนดให้ข้าวพันธุ์สังข์หยด เป็น 1 ใน 3 พันธุ์ ที่มีเป้าหมายส่งเสริมการผลิตใน โครงการพัฒนาการผลิตข้าวแบบครบวงจรตามแผนยุทธศาสตร์พัฒนาจังหวัด (ปี 2547-2550) ที่จะให้ เกษตรกรปลูกข้าวพันธุ์สังข์หยดด้วยเมล็ดพันธุ์ดี และในปีงบประมาณ 2551 สำนักงานเศรษฐกิจ การเกษตรเขต 9 ได้ให้ความสำคัญกับข้าวสังข์หยดโดยการเข้าไปร่วมทำงานแบบบูรณาการกับ หน่วยงานในพื้นที่ในส่วนของการเตรียมการเรื่องการแบ่งเขตพื้นที่ปลูกข้าวสังข์หยด เพื่อเป็นกลไก ในการขับเคลื่อนให้เกษตรกรในพื้นที่ปลูกข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง (สำเร็จ แซ่ตัน, 2548, มีนาคม)

1.3 ประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการของข้าวสังข์หยด

ข้าวสังข์หยดจะมีเมล็ดที่เป็นสีแดง ซึ่งสีแดงในข้าวสังข์หยดเป็นรงควัตถุประเภท ฟลาโวนอยด์ชนิดแอนโทไซยานิน ที่มีสารแอนติออกซิเดนต์สูงมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ช่วยลดความเสี่ยงในการเป็นโรคต่าง ๆ เช่น โรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรกระบบภูมิคุ้มกันทำงานผิดปกติ ดังนั้นข้าวสังข์หยดจึงมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ เช่น ข้าวหอมมะลิ ข้าวเล็บนก คือมีปริมาณไนอะซินสูงช่วยในการทำงานของระบบประสาทและ ผิวหนัง นอกจากนี้ยังมีวิตามินบี 1 ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา วิตามินบี 2 ช่วยป้องกันโรคปากนกกระจอก รวมทั้งมีแร่ธาตุที่สำคัญ คือแคลเซียม และฟอสฟอรัสที่ช่วยป้องกันโรคกระดูกอ่อน กระดูกพรุน (ข้าวสังข์หยดพัทลุง, 2553, หน้า 1) ข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยด มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าพันธุ์เล็บนกปัตตานี มีปริมาณไนอะซิน (Niacin) 6.46 มิลลิกรัม ใยอาหาร 4.81 กรัม และธาตุเหล็ก 0.52 มิลลิกรัม จากตัวอย่างข้าวกล้อง 100 กรัม ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการ ข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง เปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์เล็บนกปัตตานี และพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105

โภชนาการ (ตัวอย่างข้าว 100 กรัม)	ข้าวสังข์หยดพัทลุง ข้าวกล้อง	ข้าวเล็บนกปัตตานี ข้าวกล้อง	ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้อง
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	364.22	366.22	361.35
ความชื้น (กรัม)	10.71	10.51	11.17
โปรตีน (กรัม)	7.30	7.11	8.34
ไขมัน (กรัม)	2.42	2.66	2.27
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	78.31	78.46	76.89
ใยอาหาร (กรัม)	4.81	4.10	5.12
เถ้า (กรัม)	1.26	1.26	1.33
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.32	0.27	0.23
ไนอาซิน (มิลลิกรัม)	6.46	5.43	5.69

ที่มา (สำเร็จ แซ่ตัน, 2550, หน้า 10)

2. ลูกแป้ง

ลูกแป้งข้าวหมาก หมายถึง ลูกแป้งที่เป็นแหล่งของกล้าเชื้อราและยีสต์ที่เหมาะสมโดยการเติมสมุนไพรบางชนิด เมื่อนำมาหมักกับข้าวเหนียวหนึ่ง แล้วสามารถทำให้เกิดน้ำตาลและแอลกอฮอล์ (มพช.162/2546) เชื้อจุลินทรีย์ที่เก็บในรูปเชื้อแห้งเพื่อใช้ในการหมัก เทคโนโลยีการหมักและการใช้ลูกแป้งมีมาแต่โบราณ ใช้ในการผลิตอาหารหมักหลายชนิดในประเทศแถบเอเชีย สำหรับประเทศไทยลูกแป้งที่มีใช้กันมาแต่โบราณถึงปัจจุบันได้แก่ลูกแป้งข้าวหมาก ลูกแป้งเห็ด ซึ่งมักใช้หมักสุรา กระแช่ สาโท อุ ส่วนลูกแป้งน้ำส้มสายชูหรือน้ำส้ม ประกอบไปด้วย จุลินทรีย์หลายชนิดที่สำคัญคือ เชื้อรา ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นน้ำตาล และยีสต์ ซึ่งจะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ (นภา โล่ทอง, 2535)

2.1 วัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตลูกแป้ง

องค์ประกอบที่สำคัญในการทำลูกแป้งจะเปลี่ยนไปตามสูตรของแต่ละผู้ผลิตซึ่งเป็นการลับ แต่ละส่วนประกอบหลักๆ ในลูกแป้งข้าวหมากมี 4 อย่าง คือ แป้ง น้ำ เครื่องเทศหรือสมุนไพร และเชื้อจุลินทรีย์ (พุทธรินทร์ วรรณิสสร, 2527) ได้แก่ ตัวอย่างสูตรลูกแป้งมี 3 สูตรดังต่อไปนี้

สูตรที่ 1

ชะเอม	3 กรัม
พริกไทย	1 ตำลึง
ดีปลี	2 ตำลึง
กระเทียม	7 ตำลึง
จิง	2 ตำลึง
ข่า	1 ตำลึง
ข้าวเจ้า	10 ชั่ง

สูตรที่ 2

ข่าแห้งบด	1 กิโลกรัม
ชะเอม	1 กิโลกรัม
กระเทียมบด	1 กิโลกรัม
แป้งข้าวเจ้า	1 กิโลกรัม
ผงฟู และแป้งเชื้อ พอผสมได้ทั่วถึงกัน	

สูตรที่ 3

ชะเอม	4 ตำลึง
กระเทียม	4 ตำลึง
ดีปลี	1 ตำลึง
จิงแห้ง	1 ตำลึง

พริกไทย 1 ตำลึง

แป้ง 1,000 กรัม

2.2 กรรมวิธีการผลิตลูกแป้ง

ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิตลูกแป้งข้าวหมาก ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 เตรียมแป้งโดยข้าวขาวให้สะอาด แช่น้ำไว้ประมาณ 2-3 ชั่วโมง นำไปโม่แล้วทับน้ำให้แห้งหรือให้สะเด็ดน้ำ จึงนำไปบดหรือปั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าให้ละเอียดแล้วร่อนด้วยตะแกรง การแช่ข้าวนานเกินไปโดยไม่เปลี่ยนน้ำจะมีผลให้แบคทีเรียแลคติก และ *Bacillus spp.* เจริญเพิ่มจำนวนในปริมาณมากทำให้ลูกแป้งที่ผลิตได้ด้อยคุณภาพ

2.2.2 บดสมุนไพรชนิดแห้งให้ละเอียด สมุนไพรสดอาจนำไปบดพร้อมกับข้าว

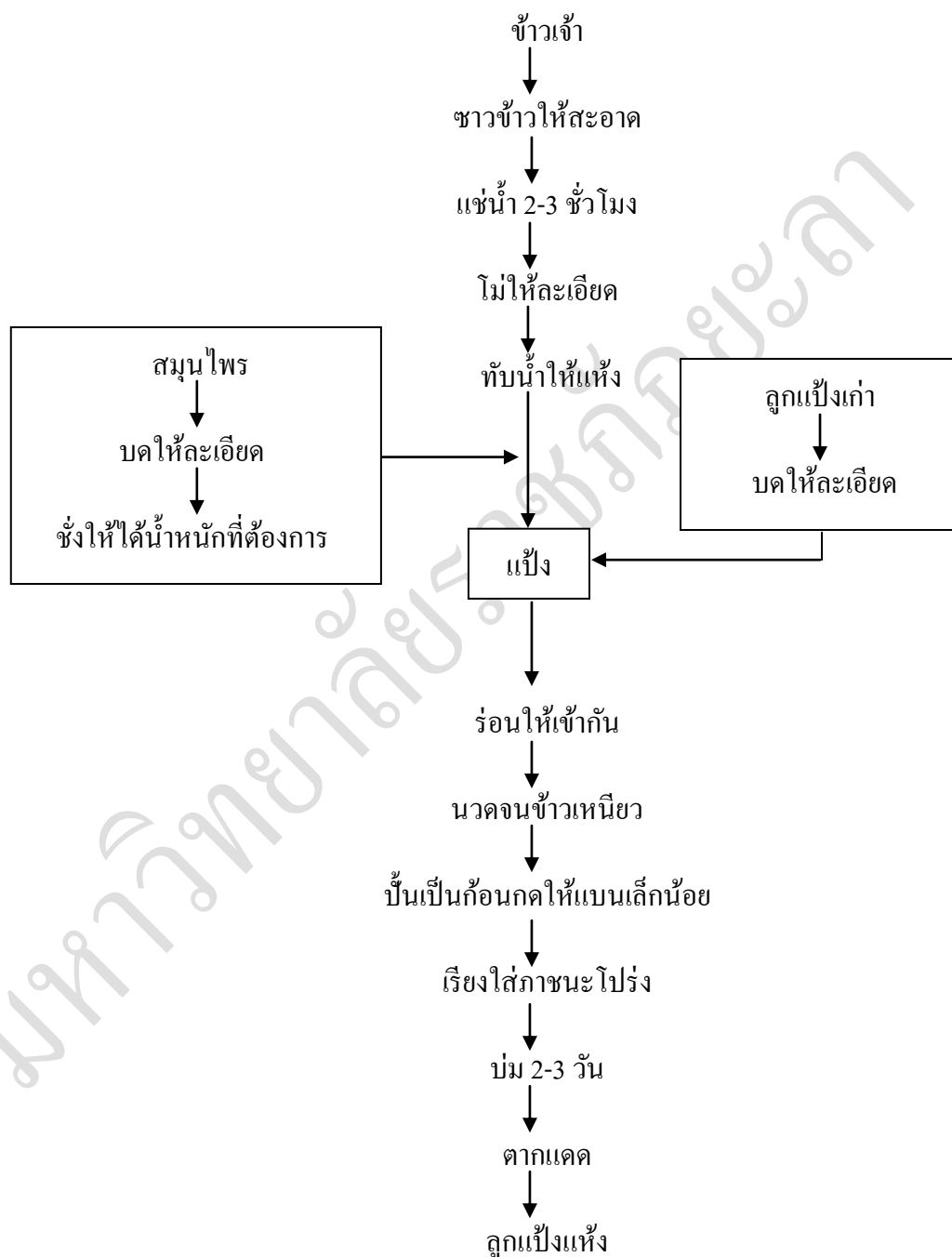
2.2.3 ผสมแป้งและสมุนไพรกับลูกแป้ง (ลูกแป้ง 5 กรัมต่อแป้ง 1 กิโลกรัม) ที่บดละเอียดให้เข้ากันโดยการร่อนผ่านตะแกรงหรือปั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าความเร็วต่ำ ๆ เติมน้ำในปริมาณที่เมื่อนวดแป้งจะปั้นเป็นก้อนได้ ปริมาณน้ำที่ใช้นั้นกำหนดไม่ได้แน่นอนขึ้นอยู่กับความแห้งของแป้งที่ใช้ ปริมาณของสมุนไพรซึ่งแตกต่างกันในแต่ละตำรับ และสภาวะความชื้นในบรรยากาศขณะบ่มลูกแป้ง ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ผลิต

2.2.4 เมื่อนวดแป้งจนเหนียวแล้วจึงปั้นเป็นก้อนกลม พบว่า การหมักแป้งที่นวดแล้วไว้ประมาณ 6-12 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาปั้นจะได้ลูกแป้งที่มีคุณภาพดีกว่าที่ปั้นโดยไม่หมักแป้ง

2.2.5 เรียงลูกแป้งบนกระด้งหรือภาชนะก้นโปร่งอื่น ๆ ให้แต่ละลูกห่างกันเล็กน้อย เนื่องจากเมื่อจุลินทรีย์เจริญจะทำให้ลูกแป้งขึ้นฟู ส่วนลูกแป้งที่ติดกับภาชนะจะแบนราบตามผิวสัมผัส โดยที่ด้านบนยังคงรูปร่างโค้งเป็นครึ่งวงกลม สำหรับการปั้นลูกแป้งขนาดใหญ่เมื่อเรียงบนภาชนะแล้วควรกดด้านบนลงเล็กน้อยเพื่อให้ลูกแป้งบางลูก จุลินทรีย์ในก้อนแป้งมีโอกาสรับอากาศมากขึ้น

2.2.6 เมื่อเรียงลูกแป้งเต็มภาชนะแล้ว โรยผงลูกแป้งที่เตรียมไว้บนผิวของลูกแป้งที่ปั้นใหม่ โดยใช้ผงลูกแป้งประมาณ 15 กรัมต่อสูตรที่ใช้แป้ง 1 กิโลกรัม คลุมภาชนะด้วยผ้าหนา ๆ โดยไม่ให้สัมผัสกับผิวลูกแป้ง บ่มประมาณ 48 ชั่วโมง นำไปตากแดดให้แห้งแล้วเก็บในภาชนะที่ปิดฝาสนิท การที่ลูกแป้งได้รับแสงแดดโดยตรงจะทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ลดลงบ้าง ซึ่งเป็นผลจากรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) ดังนั้นจึงควรตากลูกแป้งโดยมีแผ่นกระจกใสกั้นแสงอยู่ด้านบน โดยเว้นระยะ

ระหว่างผิวลูกแป้งและกระจกให้อากาศถ่ายเทได้ นอกจากนั้นการทำให้ลูกแป้งแห้งอีกวิธีหนึ่ง คือการอบในตู้อบ (นภา โล่ห์ทอง, 2535) ขั้นตอนการทำลูกแป้งข้าวมาดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 กรรมวิธีผลิตลูกแป้ง

ที่มา (วราวุธ ลิ้มประเสริฐ, 2546, หน้า 21-22)

2.3 อายุการเก็บลูกแป้ง

ลูกแป้งที่เก็บไว้ในระยะเวลานานๆ ควรต้องแห้ง (ความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 12) เพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อราปนเปื้อนบางชนิด และควรเก็บในภาชนะปิดสนิททันทีโดยให้แน่ใจว่าแมลงจะไม่สามารถเจาะผ่านทำลายได้ ลูกแป้งที่เก็บโดยขาดความระมัดระวังจะมีปัญหาการถูกทำลายโดยแมลง และทำให้จุลินทรีย์ลูกแป้งลดจำนวนช้าลง

2.4 จุลินทรีย์ในลูกแป้ง

ลูกแป้งเป็นกล้าเชื้อที่เรียก “กล้าเชื้อผสม” (Mixed cultures) ที่มีทั้งเชื้อรา ยีสต์และแบคทีเรีย ซึ่งเป็นสิ่งน่าสนใจ ถึงแม้ว่ากรรมวิธีการผลิตลูกแป้ง จะไม่สามารถควบคุมการปนเปื้อนโดยสิ้นเชิง แต่หากการผลิตนั้นได้กระทำอย่างระมัดระวัง จะมีจุลินทรีย์เพียงไม่กี่สกุล (Genus) เท่านั้นที่สามารถเจริญและเพิ่มจำนวนจนตรวจนับได้ในปริมาณที่สูง ส่วนจุลินทรีย์ปนเปื้อนอื่น ๆ จะพบปนมาในปริมาณน้อยมาก ซึ่งจุลินทรีย์ที่พบในลูกแป้ง ได้แก่

2.4.1 เชื้อรา

เชื้อราที่ตรวจพบในลูกแป้งจากทุก ๆ แหล่งได้แก่ *Amylomyces rouxii* และ *Rhizopus spp.* ปริมาณที่มากน้อยนั้นขึ้นกับชนิดของลูกแป้ง เชื้อหลักที่พบในลูกแป้งข้าวหมากได้แก่ *A. rouxii* ซึ่งส่วนใหญ่พบในปริมาณ 104 โคโลนีต่อกรัม ส่วนลูกแป้งที่ปั้นใหม่ ๆ จะพบถึง $1.5 \times 10^5 - 2.7 \times 10^5$ โคโลนีต่อกรัม จุลินทรีย์นี้มีปรากฏเพียง Species เดียว และไม่มีรายงานว่าแยกได้จากธรรมชาติ ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นเชื้อที่ฝ่าเหล่าอย่างถาวรมาจาก *Rhizopus spp.* ในการแยกเชื้อจากลูกแป้งในระยะแรกๆ ได้จัดจำแนกจุลินทรีย์นี้เป็น *Chlamydomucor rouxii*, และ *Rhizopus chlamydosporus*. (นภา โล่ทอง, 2535)

2.4.2 ยีสต์

ยีสต์ที่พบในลูกแป้งข้าวหมากส่วนใหญ่ได้แก่ *Endomycopsis spp.* และ *Hansenula malanga* โดยมี *Saccharomyces cerevisiae* ปนบ้าง (นภา โล่ทอง, 2535) ชนิดของยีสต์ที่มีบทบาทในกระบวนการหมักได้แก่

-*Endomycopsis* เป็นยีสต์ที่สามารถย่อยแป้งได้ (Liu et al. 1959)

-*Hansenmula* เป็นยีสต์ที่ให้กลิ่นเอสเทอร์ (ester) ซึ่งเป็นกลิ่นที่ดีของข้าวหมาก (ชัยวัฒน์ จาคีเสถียร, 2520)

-*Sacharomyces* เป็นยีสต์ที่เปลี่ยนเป็นน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ จึงมีบทบาท หลังจากเป็นข้าวหมากแล้ว เป็นตัวเพิ่มรสชาติให้กับข้าวหมาก ลูกแป้งที่มีเชื้อ *Sacharomyces* อยู่มาก ลักษณะภายในลูกแป้งจะเป็นรูพรุนและเนื้อแป้งมีลักษณะร่วนซุย เนื่องจากในระหว่างการทำลูกแป้ง *Sacharomyces* จะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซที่เกิดขึ้นทำให้ลูกแป้งมีลักษณะเป็นรูพรุนและร่วนซุย ส่วนลูกแป้งที่มีเชื้อ *Sacharomyces* อยู่น้อยจะไม่มีลักษณะร่วนซุยเหมือนลูกแป้งเปล่า (ชัยวัฒน์ จาคีเสถียร, 2520)

2.4.3 แบคทีเรีย

สำหรับแบคทีเรียได้มีรายงานการตรวจพบแบคทีเรียแลคติก ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ *Pediococcus pentosaceus* ประมาณ 10^4 - 10^7 เซลล์ต่อกรัม ขึ้นกับสูตรของลูกแป้ง นอกจากนี้ในลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้าไทยจากท้องถิ่นยังตรวจพบ *Lactobacillus spp.* และเชื้อน้ำส้มสายชูได้แก่ *Acetobacter spp.* *Gluconobacter spp.* เป็นแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งที่พบในลูกแป้งอยู่บ่อยครั้ง เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในปริมาณมากมากับวัตถุดิบ เช่น แป้งและสมุนไพรแต่หากส่วนผสมของสมุนไพรที่ใช้เหมาะสมจะลดปริมาณจุลินทรีย์นี้ไปได้มาก เช่น พบว่าจิง ชะเอม อบเชย ดอกจันทร์ และลูกจันทร์ สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (นภา โล่ห์ทอง, 2535)

3. น้ำ

คุณภาพของน้ำที่ใช้ในกระบวนการทำข้าวหมากก็เป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการทำข้าวหมาก บางแห่งใช้น้ำที่ไม่สะอาดเช่นน้ำบาดาล น้ำฝน ทำให้การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเสียของข้าวหมากได้ น้ำที่นำมาใช้ควรเป็นน้ำที่สะอาด เช่น น้ำกรอง จากการศึกษพบว่า การหมักข้าวหมากโดยน้ำกรอง น้ำสารส้มเข้มข้นร้อยละ 0.1 และน้ำปูนใสเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักในการล้าง ข้าวเหนียวหนึ่ง และติดตามการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ทุกๆ 2 ชั่วโมง เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นศึกษาผลการเก็บรักษาข้าวหมากในแช่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส ทุกๆ 1 สัปดาห์ จนครบ 4 สัปดาห์ (1 เดือน) พบว่าที่เวลาเริ่มต้นค่าแรงกดของข้าวเหนียวหนึ่ง ที่ผ่านการล้าง

ด้วยน้ำปูนใสเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก มีค่าสูงสุดเท่ากับ 317.38 นิวตัน/กรัม รองลงมาคือ ข้าวเหนียวหนึ่งที่ล้างด้วยน้ำสารส้มเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีค่าแรงกด 298.00 นิวตัน/กรัม และข้าวเหนียวหนึ่งที่ล้างด้วยน้ำกรองที่มีค่าแรงกดต่ำเท่ากับ 240.31 นิวตัน/กรัม เมื่อหมักเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าข้าวหมากที่ใช้ข้าวเหนียวหนึ่งที่ล้างด้วยน้ำกรองจะมีลักษณะเป็นข้าวหมากที่พร้อมรับประทานแล้ว แต่ข้าวเหนียวหนึ่งที่ล้างด้วยน้ำสารส้มและน้ำปูนใสเมล็ดข้าวยังเป็นไตอยู่เล็กน้อย สอดคล้องกับผลการวัดค่าแรงกดของเมล็ดข้าว โดยข้าวหมากที่ใช้ข้าวเหนียวที่ล้างด้วยน้ำกรองมีค่าแรงกด 217.38 นิวตัน/กรัม น้ำสารส้มเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก มีค่าแรงกด 222.28 นิวตัน/กรัม และน้ำปูนใสเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก มีค่าแรงกด 231.31 นิวตัน/กรัม จากนั้นเมื่อหมักไปจนถึง 72 ชั่วโมง ซึ่งข้าวหมากที่ใช้ข้าวเหนียวหนึ่งที่ล้างด้วยน้ำสารส้มและน้ำปูนใส เป็นข้าวหมากที่พร้อมรับประทาน มีค่าแรงกด 216.62 และ 209.01 นิวตัน/กรัม ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวหมากที่ใช้ข้าวเหนียวหนึ่งที่ล้างด้วยน้ำกรองมีค่าแรงกด 195.72 นิวตัน/กรัม (เปมิกา ขำวีระ, 2547)

บทบาทของจุลินทรีย์ในลูกแป้งต่อกระบวนการหมัก

จุลินทรีย์ที่พบในลูกแป้งมีหลายชนิด แต่มีเพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้นที่มีบทบาทในกระบวนการหมัก บทบาทสำคัญของจุลินทรีย์ในลูกแป้งมี 2 ประเภท คือ

1. เปลี่ยนแป้งในเมล็ดข้าวให้เป็นน้ำตาล โดยจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์อัมัยเลส
2. การหมักน้ำตาลที่เกิดขึ้น ให้เป็นเอธานอล กับคาร์บอนไดออกไซด์โดยยีสต์

บทบาทของจุลินทรีย์ทั้งสองประเภทนี้ จะเกิดขึ้นต่อเนื่องกันตลอดระยะเวลาของการหมักข้าว หมาก โดยราที่พบในลูกแป้ง เช่น *Amylomyces rouxii* และ *Rhizopus* spp. ผลิตเอนไซม์อัมัยเลสชนิด แอลฟา-อัมัยเลส และกลูโคอัมัยเลส ดังนั้นในกระบวนการหมักจึงมีบทบาทในการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล และบางส่วนของน้ำตาลที่ได้จากการย่อยแป้งจะถูกยีสต์ *Hansenula* และ *Saccharomyces* นำไปใช้เพื่อย่อยน้ำตาลให้เป็นเอธานอร์ และแอลกอฮอล์ตามลำดับ ทำให้เกิดรสข้าวหมากดีขึ้น อย่างไรก็ตามเอธานอร์อาจเกิดจากลิปิดในข้าวที่ถูกย่อยเป็นกรดไขมัน โดยเอนไซม์ไลเปส และกรดไขมันที่ทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ให้สารประกอบของเอธานอร์เกิดขึ้น (สิรินทรเทพ ภักดีสุกผล, 2523)

สาเหตุการเสียของข้าวหมาก

การทำข้าวหมากทำได้ง่าย แต่การทำข้าวหมากให้มีคุณภาพดีทำได้ไม่ถนัดนัก เพราะข้าวหมากที่ได้บางครั้งมีกลิ่นรสไม่ดี ไม่หวานเท่าที่ควร มีรสเปรี้ยวมาก ข้าวหมากมีน้ำมากเกินไป เมล็ดข้าวไม่สวย บางครั้งมีสีแดง หรือมีสปอร์ราสีดำหรือสีน้ำตาลเกิดขึ้น สาเหตุการเสียของข้าวหมากมีดังต่อไปนี้

1. ข้าวและวิธีการเตรียมข้าวสำหรับหมักไม่เหมาะสม ทำให้ข้าวหมากรสไม่หวานเท่าที่ควร และมีรสเปรี้ยวมากและข้าวแฉะเมล็ดไม่สวย ซึ่งเกิดจากสาเหตุดังนี้

1.1 พันธุ์ข้าวที่ใช้และคุณภาพของข้าวไม่ดี

1.2 นึ่งข้าวนานเกินไปทำให้ข้าวที่นึ่งแฉะ เมื่อล้างน้ำทำให้ข้าวเหนียวแฉะ

1.3 ข้าวที่นึ่งสุกไม่ทั่วถึงทำให้ข้าวหมากแข็งเป็นไตภายในเมล็ดข้าว เนื่องจากแช่ข้าวเหนียวไม่นานพอหรือนึ่งเร็วเกินไป

1.4 ล้างข้าวขณะที่ข้าวยังร้อนอยู่ทำให้ข้าวเหนียวแฉะ

1.5 คลุกถูกับข้าวเหนียวขณะที่ยังไม่สะเด็ดน้ำทำให้ความชื้นของ ข้าวสูงเกิดรสเปรี้ยวเนื่องจากแบคทีเรียได้ง่าย

2. สาเหตุจากลูกแป้งข้าวหมาก ได้แก่

2.1 ลูกแป้งเก่าเกินไป เชื้อข้าวหมากส่วนใหญ่ตายไปแล้ว ทำให้ใช้เวลาในการหมักนานขึ้น ข้าวหมากมีกลิ่นไม่ค่อยดี รสหวานน้อยและเสียง่าย

2.2 ลูกแป้งไม่ดี ลูกแป้งเสีย มีเชื้อรา และยีสต์ปนเปื้อนมากทำให้ข้าวหมากเปรี้ยวหรือมีกลิ่นรสผิดปกติ

2.3 ใช้ลูกแป้งน้อยเกินไปทำให้การหมักเกิดได้ช้า ส่งผลให้เนื้อไม่พูนุ่มตลอด เมล็ดข้าวมีสีออกสีน้ำตาลเข้มไม่น่ารับประทาน

2.4 ใช้ลูกแป้งมากเกินไปทำให้การหมักเกิดขึ้นได้เร็ว ส่งผลให้เก็บไว้ได้ไม่นาน มีกลิ่นของเครื่องเทศแรงเกินไป

3. สาเหตุจากน้ำ ได้แก่

3.1 น้ำที่ใช้ไม่สะอาด มีจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการปะปนอยู่ ทำให้ข้าวหมากที่หมักได้นั้นไม่ค่อยมีคุณภาพ

4. สาเหตุจากการกดข้าวแน่นเกินไป

4.1 การกดข้าวแน่นเกินไปทำให้ข้าวหมากที่ได้ดูไม่น่ารับประทาน

5. สาเหตุจากภาชนะหรือบรรจุภัณฑ์

5.1 ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำข้าวหมากไม่สะอาดหรือมีสิ่งสกปรกติดอยู่

5.2 บรรจุภัณฑ์หรือหีบห่อที่ใช้หมักข้าวหมากไม่สะอาด

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทวี สุวาลา (2547) ทำการคัดแยกกลุ่มจุลินทรีย์ในลูกแป้งข้าวหมากและศึกษาคุณภาพบางประการของลูกแป้งข้าวหมากในอำเภอเมือง จังหวัดยะลา จำนวน 5 แหล่ง คือ ตำบลเปาะเส้ง ตำบลลิค ตำบลสะเตง ตำบลยะลา และตำบลลำใหม่ พบว่าสามารถแยกจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด 27 ไอโซเลทโดยแบ่งเป็นกลุ่มของเชื้อรา 15 ไอโซเลท เชื้อยีสต์ 6 ไอโซเลทและแบคทีเรีย 6 ไอโซเลท ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพื่อจัดจำแนกชนิดของกลุ่มจุลินทรีย์พบว่าไอโซเลท PS₁, LD₁, และ ST₁ เป็นเชื้อราในสกุล *Rhizopus* sp. ไอโซเลท PS₃, LD₃, ST₂, YL₂ และ LM₂ เป็นเชื้อราในสกุล *Aspergillus* sp. ไอโซเลท PS₂, LD₂, YL₁ และ LM₁ เป็นเชื้อราในสกุล *Mucor* sp. ไอโซเลท LD₄, YL₃, และ LM₃ เป็นเชื้อราในสกุล *Penicillium* sp. ไอโซเลท ST₃, YL₄, และ LM₃ เป็นเชื้อยีสต์ในสกุล *Saccharomyces* sp. ไอโซเลท PS₄, LD₅, Y₅ เป็นเชื้อยีสต์ในสกุล *Hansenula* sp. ไอโซเลท PS₅ เป็นเชื้อแบคทีเรียในสกุล *Staphylococcus* sp. ไอโซเลท LD₆, ST₅, YL₆, และ LM₅ เป็นเชื้อแบคทีเรียในสกุล *Micrococcus* sp. จากการทดสอบคุณภาพโดยหาปริมาณระดับความหวาน ปริมาณแอลกอฮอล์ ฟีเอช และอุณหภูมิ พบว่าปริมาณความหวานมากที่สุดเป็นลูกแป้งจากตำบลยะลาเท่ากับร้อยละ 39.5 Brix ปริมาณแอลกอฮอล์มากที่สุดที่ตำบลยะลาเท่ากับร้อยละ 9.8 ค่าฟีเอชอยู่ในระหว่าง 3-4 และอุณหภูมิ

อยู่ในช่วง 28-29 องศาเซลเซียส จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การยอมรับในด้านต่างๆของลูกแป้งจากแหล่งต่างๆด้านเนื้อสัมผัสตำบลดำใหม่มีการยอมรับมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 74 ด้านรสชาติ ตำบลดะลามีการยอมรับมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 75 ด้านกลิ่นตำบลดะเล้ง และตำบลดิลกมีการยอมรับมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 73 สีด้านตำบลดะเล้งมีการยอมรับมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 75 จากการวัดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (TBC) อยู่ในช่วง 2500-1,500,000 CFU/g ลูกแป้งจากตำบลดำใหม่พบมากที่สุด 1,500,000 CFU/g จากการวัดปริมาณยีสต์ทั้งหมด (TYC) อยู่ในช่วง 4,000-2,000,000 CFU/g ลูกแป้งจากตำบลดะลาพบมากที่สุด 2,000,000 CFU/g ที่ 72 ชั่วโมง

มณชัย เดชสงครามนัต (2546) ทำการเพาะเลี้ยงเชื้อราสองสกุล ได้แก่ *Amylomyces* และ *Rhizopus* ที่แยกได้จากลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้าในข้าวเหนียวหนึ่งผลการศึกษพบว่าราทั้งสองสกุลมีบทบาทในการหมักข้าวต่างกันโดย *Amylomyces spp.* ผลิตรกรดแลกติกได้ต่ำประมาณ

ร้อยละ 0.88-1.29 ส่วน *Rhizopus spp.* ผลิตรกรดได้ประมาณร้อยละ 3.7-4.3 การทดสอบการสร้างเอนไซม์ย่อยแป้งบนอาหาร Rose Bengal dichloran chloramphenicol agar (RBDC) ที่มี soluble starch 4 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) พบว่าราทุกไอโซเลทย่อยแป้งได้น้อย โดยมีอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณใสและเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีน้อยกว่า 1 แต่ไม่เท่ากับศูนย์ โดย *Rhizopus spp.* ย่อยแป้งเป็นน้ำตาลได้ต่ำกว่า *Amylomyces spp.* จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของยีสต์ *Saccharomycopsis fibuligera* (แยกจากลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้า จากแหล่งลูกแป้ง 10 แหล่ง) จำนวน 20 ไอโซเลท เมื่อเปรียบเทียบกับ *Saccharomyces cerevisiae* RIT I (แยกได้ในระหว่างการหมักสาโท) พบว่า *S.cerevisiae* RIP I ในทุกปัจจัยการทดลองและพบว่า อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พีเอช 4.0 และความเข้มข้นของกลูโคส เท่ากับ 100 กรัมต่อลิตร จากการศึกษาผลของอุณหภูมิ (10,20 และ 30 องศาเซลเซียส) ต่อการเจริญและการชีวิตของ *S.fibuligera* เมื่อเลี้ยงในอาหารที่มีเอทานอลต่างกัน (0,5,10 และ 15%) พบว่าอุณหภูมิสูงช่วยให้ยีสต์มีอัตราการเจริญสูงขึ้น ส่วนอุณหภูมิต่ำช่วยให้ยีสต์ทนเอทานอลได้ดีขึ้น การทดสอบการผลิตเอ็กซ์แทร เซลูลาร์ เอนไซม์ พบว่า *S. fibuligera* ทั้ง 20 ไอโซเลท แสดงกิจกรรมของ อะไมเลส และโปรติเอสได้ แต่ไม่แสดงกิจกรรมของไลเปส และพบว่ายีสต์ *S. fibuligera* ทั้ง 20 ไอโซเลท ไม่แสดงสมบัติการเป็น killerstrain และ sensitive strain

อภิญญา พลโกมล, ธิดา ศรีปวน และรุจิราลัย พูลทวี (2546) ได้ทำการแยกเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียที่ผลิตกรดและเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จากลูกแป้ง 6 ตัวอย่างโดยใช้อาหาร 4 อย่าง ได้แก่ de Man Rogosa Sharpe (MRS) ซึ่งมี bromocresol green เป็นอินดิเคเตอร์อาหาร MRS เจือจาง 100 เท่าอาหารแข็งน้ำมะพร้าวและอาหารแข็งน้ำมะพร้าวเจือจาง 100 เท่าได้เชื้อบริสุทธิ์ 33 ไอโซเลตเป็นเชื้อที่ผลิตกรดแลคติก 19 ไอโซเลตและเชื้อทั้งหมดที่แยกได้เป็นเชื้อแบคทีเรียที่เจริญเร็ว ไม่พบแลคติก แอซิดแบคทีเรียที่เจริญช้า ได้ทำการคัดเลือกเชื้อที่สามารถผลิตกรดได้สูงสุดโดยเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว MRS บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน วัดปริมาณกรดด้วยวิธีไตเตรตพบว่า เชื้อไอโซเลต ที่ PY8 ซึ่งแยกจากลูกแป้งจากอำเภอยะรังจังหวัดเชียงราย สามารถผลิตกรดได้ปริมาณสูงสุดร้อยละ 2.25% ทำการพิสูจน์ว่ากรดที่เชื้อผลิตเป็นกรดแลคติกโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ของเหลวสมรรถนะสูง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) นำกรดแลคติกแอซิดแบคทีเรียไอโซเลต PY8 มาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงเพื่อให้เชื้อผลิตกรดได้สูงสุดพบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 วันนอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อไอโซเลต PY8 สามารถผลิตกรดได้ปริมาณสูงเมื่อใช้อาหารเหลวน้ำมะพร้าวที่ปรับ pH ตั้งต้นให้เป็น 4.5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 วันด้วย

เปรมิกา ขำวิระ (2547) ทำการศึกษาคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส ภายนอก เคมี และจุลินทรีย์ของข้าวหมากที่วางขายในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จากการวิเคราะห์โดยเก็บตัวอย่างที่วางขายในตู้แช่ควบคุมอุณหภูมิในช่วง 4-10 องศาเซลเซียส จากซูเปอร์มาร์เก็ตและร้านสะดวกซื้อจำนวน 10 ตัวอย่าง และวางขายตามตลาดสด หาบเร่ และแผงลอย โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิจำนวน 11 ตัวอย่าง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบชิมยอมรับข้าวหมากที่มีเมล็ดข้าวสมบูรณ์ สีขาวและใส น้ำข้าวหมากมีตะกอนแขวนลอยต่ำ มีกลิ่นหอม รสหวานกลมกล่อม และรสแอลกอฮอล์ปานกลาง ส่วนคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของตัวอย่างจากซูเปอร์มาร์เก็ตและร้านสะดวกซื้อมีค่าแรงกรดในช่วง 93.67-130.03 นิวตัน/กรัม และมีเมล็ดข้าวส่วนใหญ่สมบูรณ์ดี นุ่ม แต่ไม่ละเอียดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (≤ 0.05) จากข้าวหมากที่ขายในตลาดสด หาบเร่ แผงลอย ซึ่งมีค่าแรงกรดอยู่ในช่วง 49.51-122.39 นิวตัน/กรัม และเมล็ดข้าวโดยส่วนแตกหัก ไม่นุ่ม และ ยังมีตะกอนแขวนลอยสูง สำหรับคุณสมบัติทางด้านสีพบว่าข้าวหมาก

จากซูเปอร์มาเก็ต และร้านสะดวกซื้อที่มีค่าความขาว (whiteness) และค่า L^* อยู่ในช่วง 67.68 นิวตัน/กรัม และ 72.19-80.99 นิวตัน/กรัม ตามลำดับ ในขนาดข้าวหมากจากตลาดสด หาบเร่ แผงลอยมีค่าความขาว (whiteness) และค่า L^* อยู่ในช่วง 67.52-75.26 และ 72.90-78.92 นิวตัน/กรัม ตามลำดับ สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ พบว่า ข้าวหมากจากซูเปอร์มาเก็ต และร้านสะดวกซื้อที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.162/2546) ซึ่งกำหนดอยู่ในช่วงร้อยละ 40-50 โดยน้ำหนัก แต่ตัวอย่างข้าวหมากที่วางขายทั้งสองลักษณะมี pH ตามเกณฑ์มาตรฐาน (4.0-4.5) ถึงร้อยละ 80 ในขณะที่มีการตรวจสอบพบเอทิลแอลกอฮอล์ในข้าวหมากที่จำหน่ายทั้งใน ซูเปอร์มาเก็ต และตามตลาดสด โดยพบว่ามีเอทิลแอลกอฮอล์ในช่วงร้อยละ 1.12-9.72 และ 1.01-4.41 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดไว้ว่าต้องมีค่าไม่เกินร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก รวมทั้งตรวจพบเมทิลแอลกอฮอล์ในบางตัวอย่างจากทั้งสองแหล่ง ในส่วนคุณสมบัติทางจุลินทรีย์พบว่า *Escherichia coli* ในข้าวหมากที่วางขายทั้งสองลักษณะ โดยพบ 1 ตัวอย่างจากซูเปอร์มาเก็ตและพบ 3 ตัวอย่างจากตลาดสด หาบเร่ แผงลอย และทุกตัวอย่างที่พบมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ว่าต้องมีน้อยกว่า 3 เซลล์ต่อกรัม นอกจากนี้ยังพบยีสต์และราในทุกตัวอย่างที่พบมากเกินเกณฑ์มาตรฐานที่ระบุว่าจะต้องไม่เกิน 100 CFU/g ทั้งนี้อาจเกี่ยวเนื่องจากการที่ข้าวหมากเป็นอาหารหมักที่ต้องอาศัยกิจกรรมของยีสต์และราเป็นหลัก

สุริพร วีระสิทธิ์ และปติมา เจจาโรจน์ (2547) ได้ทำการศึกษาสูตรลูกแป้งข้าวหมากที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมากซึ่งมีลูกแป้งทั้งหมด 4 สูตร พบว่า ข้าวหมากที่ผลิตขึ้นจากลูกแป้งสูตรที่ 2 เมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด จึงเป็นที่มีความเหมาะสมที่สุดต่อการผลิตข้าวหมาก ซึ่งมีองค์ประกอบของเครื่องเทศ คือ พริกไทย ดีปลี จิงแห้ง ลูกจันทน์ กระชาย กานพลู และชะเอม โดยเครื่องเทศแต่ละชนิดจะใช้สัดส่วนที่เท่ากัน โดยใช้สัดส่วนของเครื่องเทศผสม 15 กรัมต่อแป้ง 1,500 กรัม และมีการเติมหัวเชื้อลูกแป้ง 5 กรัม ต่อแป้ง 1 กิโลกรัม การศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมักข้าวหมากทั้ง 4 สูตร พบว่า เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าพีเอชลดลง ส่วนปริมาณยีสต์และรา พบว่า เพิ่มตลอดระยะเวลาการหมัก การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ พบว่า ข้าวหมากที่หมักเป็นเวลา 3 วัน มีการยุบตัว ลักษณะเนื้อสัมผัสและปริมาณน้ำที่เกิดจากการหมักมากขึ้น มีสีขาวเหลืองและมีกลิ่นที่เกิดจากการหมักสูง

นุรฮาซีกิน สุลุดอโรฮิง และนุรไอนี สาและ (2550) ได้ทำการศึกษาชนิดและปริมาณ จุลินทรีย์ในลูกแป้งข้าวหมากใน 12 อำเภอของจังหวัดปัตตานี คือ อำเภอเมือง ยะหริ่ง ยะรัง มายอ ปา นาระ ทูงยางแดง สายบุรี โคกโพธิ์ หนองจิก แม่ลาน ไม้แก่น กะป้อ สามารถแยกจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด 54 ไอโซเลต แบ่งเป็นกลุ่มรา 35 ไอโซเลต แบคทีเรีย 18 ไอโซเลต ยีสต์ 1 ไอโซเลต เมื่อศึกษา ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพื่อการจำแนกชนิดของกลุ่มจุลินทรีย์พบว่า จำแนกเชื้อราได้ 4 สกุล คือ *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp., *Mucor* sp., *Aspergillus* sp., Group1, *Aspergillus* sp. Group 2 แบคทีเรีย จำแนกได้ 2 สกุล คือ *Staphylococcus* sp., *Bacillus* sp. Group 1 , *Bacillus* sp. Group 2 และยีสต์ จำแนกได้ 1 สกุล คือ *Saccharomyces* sp. ราที่พบบ่อยที่สุดคือ *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp. รองลงมา คือ *Mucor* sp., *Aspergillus* sp. Group 1, *Aspergillus* sp. Group 2 ตามลำดับ แบคทีเรียที่พบบ่อยที่สุด คือ *Staphylococcus* sp. รองลงมาคือ *Bacillus* sp. Group 2 และ *Bacillus* sp. Group 1 ตามลำดับ ส่วน ยีสต์ที่พบเพียง 1 ไอโซเลต คือ *Saccharomyces* sp. ผลการทดสอบ ระดับความหวานและปริมาณ แอลกอฮอล์ที่หมักโดยลูกแป้งจากอำเภอมายอ มีระดับความหวานเท่ากับ 40 °Brix และปริมาณ แอลกอฮอล์มากที่สุด คือ ตัวอย่างจากอำเภอมายอ โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 26 %จากการทดสอบจากการ ยอมรับของผู้บริโภคเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การยอมรับในด้านต่างๆ ของข้าวหมากทั้ง 12 ตัวอย่าง พบว่า ด้านเนื้อสัมผัสและกลิ่น ของข้าวหมาก ตัวอย่างลูกแป้งจากอำเภอท่งยางแดงมีเปอร์เซ็นต์การยอมรับ สูงสุดในแต่ละด้าน มีค่าเท่ากับร้อยละ 83, 79.5 % ตามลำดับ ด้านรสชาติของข้าวหมากพบว่า ตัวอย่าง ลูกแป้งจากอำเภอปนาะมีเปอร์เซ็นต์การยอมรับสูงสุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 80 % ส่วนทางด้านสีของ ข้าวหมากพบว่า ตัวอย่างลูกแป้งจากอำเภอยะรังมีเปอร์เซ็นต์การยอมรับสูงสุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 81.5 %

จากการหมักข้าวหมากโดยลูกแป้งที่ใส่กล้าเชื้อบริสุทธิ์พบว่า ลูกแป้งที่หมักแล้วให้ข้าวหมาก คุณภาพดีที่สุดคือ ตัวอย่างลูกแป้งสูตรที่ 4 เพราะมีระดับความหวานและปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด ผล การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การยอมรับต่างๆ ของข้าวหมากทั้ง 5 สูตร พบว่า ด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น สี ของข้าวหมากสูตรที่ 4 มีเปอร์เซ็นต์การยอมรับสูงสุดในแต่ละ ด้านโดยมีค่าเท่ากับ 20, 15, 10, 8 ตามลำดับ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด ประกอบด้วย

- ข้าวสังข์หยดพัสดุ จากตลาดเมืองใหม่ อ.เมือง จ.ยะลา
- ข้าวสารเหนียวพันธุ์เขียวเสื่อ
- ลูกแป้งข้าวหมาก จาก 3 แหล่ง คือ ต.คาโต๊ะ อ.หนองจิก จ.ปัตตานี ต.ยะลา อ.เมือง จ.ยะลา และ ต.กอดดือระ อ.รามัน จ.ยะลา
- น้ำกรอง

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย

- หม้อนึ่ง ตรา จระเข้
- ผ้าขาวบาง
- เตาแก๊ส
- ภาชนะแตนเลส
- เครื่องชั่งทั้งชนิดหน้าปิดเข็มทิศและชนิดละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ตรา SARTORIUS รุ่น BP 210 S

2. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางกายภาพ

- เครื่องวัดค่าสีด้วยเครื่อง color flex

3. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

- วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลกติก โดยการไทเทรต (AOAC, 1999)
- วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้เครื่อง Hand refractomete

- เครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ โดยใช้เครื่อง Ebulliometer ตรา LABORATOIRES DUJARDINSALLERON รุ่น 02085
- เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่อง pH meter ตรา SCHOTT รุ่น CG 840

4. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

- จานเพาะเลี้ยงเชื้อ
- ขวดรูปชมพู่
- ปีกเกอร์
- ช้อนตักสาร
- ปิเปต
- หลอดทดลอง
- แท่งแก้วคน
- กระบอกตวง
- แท่งแก้วอ
- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง ตรา SARTORIUS รุ่น BP 210 S
- ตู้บ่ม (incubator)
- ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

วิธีการทดลอง

1. กรรมวิธีการผลิตข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด

กรรมวิธีการผลิตข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดมีขั้นตอนเป็นลำดับดังนี้ คือ นำข้าวสารสังข์หยด ร้อยละ 60 และข้าวสารเหนียวร้อยละ 40 ของน้ำหนักข้าวสารทั้งหมด มาแช่น้ำกรองโดยข้าวสังข์หยด จะแช่เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ส่วนข้าวเหนียวจะแช่เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาล้าง โดยข้าวสังข์หยดจะใช้เวลาในการล้างที่ 1.30 ชั่วโมง ส่วนข้าวเหนียวจะใช้เวลาในการล้างที่ 30 นาที เมื่อข้าวทั้ง 2 ชนิดสุก นำข้าวเหนียวมาล้างยางเหนียวด้วยน้ำกรอง จากนั้นผสมข้าวทั้ง 2 ชนิดให้เข้ากัน แล้วนำมา คลุกกับลูกแป้งร้อยละ 0.15 ของน้ำหนักข้าวทั้งหมดให้เข้ากัน บรรจุใส่ภาชนะ หมัก 2-3 วัน ก็จะได้ ข้าวหมากพร้อมรับประทานดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 กรรมวิธีการผลิตข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด

ที่มา : (ดัดแปลงจาก วิทยุ สี่ประเสริฐ, 2546, หน้า 21-22)

2. ศึกษาผลของระยะเวลาการแช่ข้าวสังข์หยดต่อคุณภาพของข้าวหมาก

นำข้าวสังข์หยดมาล้าง และแช่ในน้ำสะอาด โดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ดังนี้

- ชุดการทดลองที่ 1 แช่น้ำ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
- ชุดการทดลองที่ 2 แช่น้ำ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
- ชุดการทดลองที่ 3 แช่น้ำ เป็นเวลา 9 ชั่วโมง
- ชุดการทดลองที่ 4 แช่น้ำ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

นำแต่ละชุดการทดลอง มานึ่งให้สุก และทิ้งไว้ให้เย็น หลังจากนั้นมาคลุกกับลูกแป้งข้าวหมากจาก ต.กอดตือรี๊ะ (ลูกแป้ง 1 ลูก ต่อ ข้าวสาร 1 กิโลกรัม) และหมักไว้ 3 วัน หลังจากนั้น นำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ทางกายภาพ และวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ดังต่อไปนี้

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

- ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9 Points Hedonic scale (ให้คะแนนความชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุดจนถึง 9 = ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน ประเมินคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan 's New Multiple Range Test (DMRT)

คุณลักษณะทางกายภาพ

- ค่าสี ด้วยเครื่อง Color Flex วัดค่า L*, a*, b*

คุณลักษณะทางเคมี

- ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลกติก โดยการไทเทรต (AOAC, 1999)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Totalsoluble solid) โดยใช้ Hand refractometer
- ปริมาณแอลกอฮอล์ โดยใช้ Ebulliometer
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) ด้วยวิธี Lane and Eynon (AOAC, 1999)
- ค่าความเป็นกรดต่าง โดยใช้ pH meter

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design ; CRD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan 's New Multiple Range Test (DMRT)

3. ศึกษาผลของลูกแป้งและระยะเวลาการหมักต่อคุณภาพของข้าวหมาก

นำข้าวสังข์หยดมาล้าง และแช่น้ำตามระยะเวลาที่ได้จากข้อ 1 หลังจากนั้นนำไปนึ่งจนข้าวสุก และทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปคลุกกับลูกแป้งข้าวหมากจาก 3 แหล่ง คือ ต.คาโตะ อ.หนองจิก จ.ปัตตานี ต.ยะลา อ.เมือง จ.ยะลา ต.กอดดักกระ อ.รามัน จ.ปัตตานี และหมักเป็นเวลา 2 วัน 3 วัน และ 4 วัน หลังจากนั้น นำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ทางกายภาพ และวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ดังต่อไปนี้

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

- ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9 Points Hedonic scale (ให้คะแนนความชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุดจนถึง 9 = ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 18 คน ประเมินคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม วางการทดลองแบบสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์ ชนิดที่จัดให้สิ่งทดลองแต่ละคู่ปรากฏร่วมกันในบล็อกเป็นจำนวนครั้งเท่ากัน (Balanced incomplete block design ; BIB) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan 's New Multiple Range Test (DMRT)

คุณลักษณะทางกายภาพ

- ค่าสี ด้วยเครื่อง Color Flex วัดค่า L^* , a^* , b^*

คุณลักษณะทางเคมี

- ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลกติก โดยการไทเทรต (AOAC, 1999)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Totalsoluble solid) โดยใช้ Hand refractometer
- ปริมาณแอลกอฮอล์ โดยใช้ Ebulliometer
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) ด้วยวิธี Lane and Eynon (AOAC, 1999)
- ค่าความเป็นกรดต่าง โดยใช้ pH meter

จัดชุดการทดลองแบบ Factorial มี 3×3 Treatment Combination นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

4. ศึกษาคุณภาพของข้าวหอมระหว่างการรักษาและอายุการรักษาของข้าวหอม

นำข้าวหอมที่เหมาะสมจากข้อ 3 ไปเก็บรักษาที่ช่วงอุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน และทุกๆ 5 วัน นำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ทางกายภาพ วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และทางจุลชีววิทยา ดังต่อไปนี้

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

- ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9 Points Hedonic scale (ให้คะแนนความชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุดจนถึง 9 = ชอบมากที่สุด) คุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design ; CRD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

คุณลักษณะทางกายภาพ

- ค่าสี ด้วยเครื่อง Color Flex วัดค่า L*, a*, b*

คุณลักษณะทางเคมี

- ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลกติก โดยการไทเทรต (AOAC, 1999)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Totalsoluble solid) โดยใช้ Hand refractometer
- ปริมาณแอลกอฮอล์ โดยใช้ Ebulliometer
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) ด้วยวิธี Lane and Eynon (AOAC, 1999)
- ค่าความเป็นกรดต่าง โดยใช้ pH meter

วิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

- วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนยีสต์และรา
จำนวนแบคทีเรียสร้างกรด

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บทที่ 4

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

4.1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด

การผลิตข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดร้อยละร้อย ได้ข้าวหมากที่มีลักษณะปรากฏที่ไม่ดี กล่าวคือ ข้าวหมากจะมีลักษณะร่วน ไม่เกาะตัวเป็นก้อน จึงทำการเพิ่มคุณสมบัติการเกาะตัวของข้าวหมากด้วยการผสมข้าวเหนียวร้อยละ 40 ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่มีลักษณะการเกาะตัวดี มีน้ำต้อยจากการหมักเพิ่มขึ้น ดังนั้นสูตรพื้นฐานของการผลิตข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดเพื่อใช้ในการศึกษาข้อต่อไป คือ ข้าวสารเหนียวร้อยละ 40 ข้าวสังข์หยดร้อยละ 60 และใช้ลูกแป้งข้าวหมากร้อยละ 0.15 ของน้ำหนักข้าวทั้งหมด จากนั้นทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อข้าวสังข์หยด ได้ผลดังต่อไปนี้

4.1.1 ผลของระยะเวลาของการแช่ข้าวสังข์หยดต่อคุณภาพของข้าวหมาก

จากการศึกษาผลของระยะเวลาของการแช่ข้าวสังข์หยดที่ 3, 6, 9, และ 12 ชั่วโมง ต่อคุณภาพของข้าวหมากด้านต่าง ๆ ได้ผลดังต่อไปนี้

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

จากการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของการแช่ข้าวสังข์หยดที่ 3, 6, 9, และ 12 ชั่วโมง ต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ทดสอบด้วยวิธี 9 Point Hedonic Scale ด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ที่ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน (ตารางที่ 4.1) พบว่า ระยะเวลาการแช่ข้าวมีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ($P < 0.05$)

ด้านสี พบว่า ระยะเวลาในการแช่ข้าวไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ ($P > 0.05$) โดยสีแดงในข้าวสังข์หยดเป็นรงควัตถุประเภทฟลาโวนอยด์ชนิดแอนโทไซยานิน ที่มีสารแอนติออกซิเจนสูงมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ช่วยชะลอความชรา และลดความเสี่ยงในการเป็นโรคต่าง ๆ เช่น โรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคระบบภูมิคุ้มกันทำงานผิดปกติ นอกจากนี้ข้าวสังข์หยดจึงมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ เช่น ข้าวหอมมะลิ ข้าวเล็บนก คือ มีปริมาณไนอะซินสูงช่วยในการทำงานของระบบประสาทและผิวหนัง นอกจากนี้ยังมีวิตามินบี 1 ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา วิตามินบี 2 ช่วยป้องกันโรคปากนกกระจอก รวมทั้งมีแร่ธาตุที่สำคัญ คือ แคลเซียม และฟอสฟอรัสที่ช่วยป้องกันโรคกระดูกอ่อน กระดูกพรุน (ข้าวสังข์หยดพัทลุง, 2553, หน้า 1) จึงสมควรรณรงค์ให้บริโภคเพื่อเป็นอาหารเสริมสุขภาพมากยิ่งขึ้น

ด้านกลิ่นของข้าวหมาก พบว่า ระยะเวลาการแช่ข้าวมีผลต่อกลิ่นของข้าวหมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยเมื่อระยะเวลาในการแช่ข้าวนานขึ้นจะทำให้กลิ่นหมักของ

ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากเพิ่มขึ้น ซึ่งกลิ่นหมักของข้าวหมากเกิดจากเชื้อยีสต์พวก *Hansenula* และ *Saccharomyces* ใช้น้ำตาลแล้วสร้างเป็นเอสเทอร์และแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นกลิ่นรสของข้าวหมากที่เป็นยอมรับของผู้บริโภค (เปมิกา ขำวีระ, 2547, หน้า 15) โดยข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวที่แช่เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทำให้เชื้อยีสต์สามารถผลิตสารประกอบที่ให้กลิ่นรสที่สูงที่สุด ส่งผลให้ผู้บริโภคให้การยอมรับด้านกลิ่นรสมากที่สุดด้วย

ด้านรสชาติและเนื้อสัมผัส พบว่า ข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวที่แช่เป็นเวลา 6 และ 9 ชั่วโมง มีคะแนนความชอบด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสมากที่สุดไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวที่แช่ 6 ชั่วโมง ได้รับคะแนนด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสสูงสุด โดยข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวที่แช่เป็นเวลานาน 12 ชั่วโมง ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติดหวานมากจนแสบคอ ในขณะที่ข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวที่แช่เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติดหวานน้อยเกินไป ซึ่งข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวที่แช่เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหวานเหมาะสมคือ 31 °Brix สอดคล้องกับการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ดังตารางที่ 4.1

เมื่อนำข้าวไปแช่น้ำเมล็ดข้าวจะดูดซับน้ำไว้ทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 9-17 ของน้ำหนักเริ่มต้น และเมื่อบีบจะดูดซับน้ำทำให้เกิดการพองตัวและเกิดการละลาย (Swelling and solubility) ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะช่วยให้ความร้อนเข้าถึงภายในเมล็ดได้ง่ายเมื่อทำการนึ่งกระบวนการนึ่งข้าวก่อนการหมักทำให้เมล็ดบิ่บเกิดเจลลิตินในเซชันและโปรตีนเสียสภาพ ทำให้จุลินทรีย์ในลูกแป้งผลิตเอนไซม์เพื่อการย่อยเมล็ดข้าวได้ง่ายยิ่งขึ้น (เปมิกา ขำวีระ, 2547, หน้า 15) ข้าวสังข์หยดที่แช่ตามระยะเวลาต่างๆ แล้วนึ่งให้สุก ดังภาพที่ 4.1 ข้าวที่ผ่านการแช่เป็นเวลานานหลังจากนี้จะทำให้เมล็ดข้าวแตกตัวมากกว่าจึงทำให้จุลินทรีย์สามารถแทรกซึมเข้าไปย่อยได้ดีกว่าข้าวหมากที่แช่เป็นเวลานาน ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากการแช่ข้าวในเวลาต่าง ๆ ดังภาพที่ 4.2 โดยผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ได้จากการแช่ข้าวเป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีระดับการหมักจากเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะปรากฏที่ดี คือ เมล็ดข้าวยังคงรูปเดิม เนื้อสัมผัสนุ่ม ชุ่มฉ่ำ และน้ำคั่วมีลักษณะใสและมีปริมาณที่เหมาะสม

ด้านความชอบรวม พบว่า ข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวที่แช่เป็นเวลา 6 และ 9 ชั่วโมง ได้รับคะแนนความชอบรวมไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวที่แช่เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จะได้รับคะแนนความชอบรวมสูงสุด เนื่องจากมีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่เป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด ดังนั้นจึงคัดเลือกข้าวที่แช่เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ในการผลิตข้าวหมากเพื่อศึกษาผลของแหล่งลูกแป้งและระยะเวลาการหมักต่อคุณภาพของข้าวหมากต่อไป

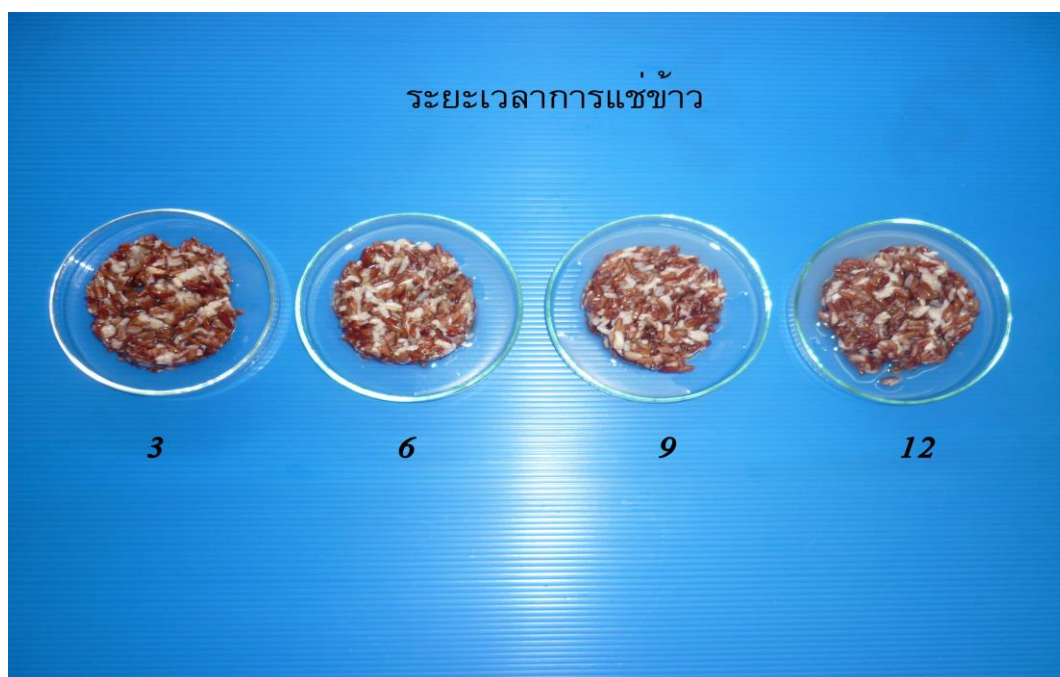
ตารางที่ 4.1 ผลของระยะเวลาของการแช่ข้าวสังข์หยดต่อคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวหอมจากข้าวสังข์หยด

ระยะเวลา การแช่ข้าว (ชั่วโมง)	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบ รวม
3	6.60 ^{ns} ± 0.99	5.00 ^a ± 2.27	6.15 ^a ± 1.66	6.00 ^a ± 1.52	6.55 ^a ± 1.53
6	6.50 ^{ns} ± 1.10	6.35 ^b ± 1.81	7.30 ^b ± 1.08	7.30 ^b ± 1.62	7.55 ^b ± 1.09
9	7.05 ^{ns} ± 1.14	6.70 ^b ± 1.83	7.15 ^b ± 1.63	7.05 ^b ± 1.46	7.25 ^{ab} ± 1.33
12	6.60 ^{ns} ± 0.88	6.75 ^b ± 1.51	6.65 ^{ab} ± 1.13	6.10 ^a ± 1.55	6.70 ^a ± 1.21

หมายเหตุ: ตัวอักษรไม่เหมือนกันในแนวดิ่ง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 4.1 ข้าวสังข์หยดที่แช่ตามระยะเวลาที่ 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง แล้วนำมาแห้งให้สุก



ภาพที่ 4.2 ผลผลิตข้าวหมากที่ได้จากข้าวที่ผ่านการแช่เป็นระยะเวลา 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง

คุณลักษณะทางกายภาพ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด โดยมีการวัดค่าสี L^* a^* b^* (ตารางที่ 4.2) ได้ผลดังต่อไปนี้

- ค่าสี

จากการศึกษาค่าสีข้าวหมากที่ได้จากข้าวที่ผ่านการแช่น้ำกรอง 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง พบว่า ค่าสี L^* จะมีค่าอยู่ในช่วง 38.92-40.07 ค่า a^* จะมีค่าอยู่ในช่วง 9.99-10.14 และค่า b^* จะมีค่าอยู่ในช่วง 10.46-10.64 โดยข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวที่ผ่านการแช่ข้าวที่ 6 ชั่วโมง ซึ่งเป็นผลผลิตข้าวที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด พบว่า มีค่า L^* a^* b^* อยู่ที่ 39.66, 10.02 และ 10.47 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ผลของค่าสีที่แช่ข้าวตามระยะเวลาที่ต่างกัน คือ 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง

ระยะเวลา การแช่ข้าว (ชั่วโมง)	ค่าสี		
	L*	a*	b*
3	40.07 ± 1.86	9.99 ± 0.11	10.46 ± 0.11
6	39.66 ± 0.90	10.02 ± 0.36	10.47 ± 0.36
9	39.62 ± 0.97	10.05 ± 0.71	10.51 ± 0.89
12	38.92 ± 4.32	10.14 ± 1.66	10.64 ± 0.76

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

คุณลักษณะทางเคมี

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีประกอบด้วยการวิเคราะห์ค่าพีเอช, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid), น้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar), ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลคติก (Total acid) และเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) ของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่ผ่านการแช่ที่ 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.3) ได้ผลดังนี้

- ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่ผ่านการแช่ที่ 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.43-4.76 ซึ่งมีช่วงที่กว้างกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวหมาก (มผช.162/2546) ซึ่งกำหนดให้ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.0-4.5 ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกจากงานวิจัย พบว่า มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.43-0.59 ซึ่งมีช่วงแคบกว่าข้าวหมากจากการศึกษาของ เปมิกา ขำวีระ (2547) ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.22-2.19 โดยข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวที่แช่เป็นระยะเวลานานขึ้นมีค่าพีเอชที่ลดลงและปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลคติกมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการแช่ข้าวที่เพิ่มขึ้น

- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ในข้าวหมากได้แก่ ปริมาณกรดเกลือแร่บางชนิดและปริมาณน้ำตาล แต่ตัวที่สำคัญและมีปริมาณมากที่สุด คือ น้ำตาล โดยปกติข้าวหมากทั่วไปจะมีความหวานประมาณ 30-40 °Brix ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในช่วงเดียวกับข้าวหมากจากงานวิจัยที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 28-34 °Brix แต่มีค่าน้อยกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ข้าวหมาก (มผช.162/2546) ที่กำหนดไว้ว่าควรมีค่าระหว่าง 40-50 °Brix ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่า ข้าวหมากจากงานวิจัยอยู่ในช่วง 15.64-17.35 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งเป็น

ช่วงค่าที่แคบกว่าข้าวหมากจากงานวิจัยของ เปมิกา ขำวีระ (2547) ที่รายงานไว้ว่า ข้าวหมากจากแหล่งที่ 1 และ 2 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ระหว่าง 18.06-146.39 และ 8.61-141.39 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ โดยพบว่า เมื่อระยะเวลาการแช่ข้าวเพิ่มขึ้นปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการแช่ข้าว ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าลดลงตามระยะเวลาของการแช่ข้าวที่เพิ่มขึ้น

- ปริมาณแอลกอฮอล์

ข้าวหมากจากงานวิจัยมีปริมาณแอลกอฮอล์ระหว่างร้อยละ 2.63-3.60 ซึ่งมีค่าสูงกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวหมาก (มพช.162/2546) ที่กำหนดไว้ว่าควรมีค่าไม่เกินร้อยละ 0.5 โดยข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวที่แช่เป็นเวลานานขึ้น จะมีปริมาณแอลกอฮอล์สูงขึ้นตามระยะเวลาการแช่ข้าว

ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่มีระยะเวลาของการแช่ที่ 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง

ระยะเวลา การแช่ข้าว (ชั่วโมง)	องค์ประกอบทางเคมี				
	pH	Total soluble solid (°Brix)	Reducing sugar (mg/ml)	Total acid (%)	Ethyl alcohol (%)
3	4.76 ± 0.05	28 ± 0.00	17.35 ± 1.35	0.43 ± 0.11	2.63 ± 0.05
6	4.63 ± 0.05	31 ± 0.00	17.18 ± 0.61	0.44 ± 0.15	3.06 ± 0.05
9	4.60 ± 0.00	32 ± 0.00	16.30 ± 0.52	0.49 ± 0.16	3.23 ± 0.05
12	4.43 ± 0.23	34 ± 0.00	15.64 ± 0.51	0.59 ± 0.16	3.60 ± 0.30

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

4.1.2 ผลของแหล่งปลูกแป้งและระยะเวลาการหมักต่อคุณภาพของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด

จากการศึกษาผลของแหล่งปลูกแป้งและระยะเวลาการหมัก ต่อคุณภาพของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดด้านต่าง ๆ (ตารางที่ 4.4) ได้ผลดังต่อไปนี้

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

จากการศึกษาผลของลูกแป้ง 3 แหล่ง คือจาก ต.คาใต้ อ.หนองจิก จ.ปัตตานี ต.ยะลา อ.เมือง จ.ยะลา และ ต.กอตตีอริ อ.รามัน จ.ยะลา และระยะเวลาของการหมักข้าวหมากที่ 2, 3 และ 4 วัน ต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ทดสอบด้วยวิธี 9 Point Hedonic Scale ด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ที่ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 18 คน วางการทดลองแบบสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์ ชนิดที่จัดให้สิ่งทดลองแต่ละคู่ปรากฏร่วมกันในบล็อกเป็นจำนวนครั้งเท่ากัน (Balanced

incomplete block design ; BIB) พบว่า แหล่งของลูกแป้งและระยะเวลาการหมักมีผลต่อคะแนนความชอบด้าน กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบรวมทางสถิติ ($P < 0.05$)

ด้านสี พบว่า แหล่งของลูกแป้งและระยะเวลาการหมักไม่ผลต่อคะแนนความชอบทางสถิติ ($P > 0.05$)

ด้านกลิ่น พบว่า แหล่งของลูกแป้งข้าวหมากมีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งของ ต.ยะลา มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงสุด รองลงมาได้แก่ข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งจาก ต.คาโตะ โดยจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในลูกแป้งมี 2 ประเภท คือ ชนิดที่เปลี่ยนแป้งในเมล็ดข้าวให้เป็นน้ำตาล โดยจุลินทรีย์พวกราที่สร้างเอนไซม์อะมัยเลสและจุลินทรีย์กลุ่มยีสต์ที่หมักน้ำตาลให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ บทบาทของจุลินทรีย์ทั้งสองประเภทนี้จะเกิดขึ้นต่อเนื่องกันตลอดระยะเวลาของการหมักข้าวโดยราที่พบในลูกแป้ง เช่น *Amylomyces rouxii* และ *Rhizopus spp.* ผลิตเอนไซม์ อไมเลส ชนิด แอลฟา-อไมเลส และกลูโคอามัยเลส ดังนั้นในกระบวนการหมักจึงมีบทบาทในการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลบางส่วนของน้ำตาลที่ได้จากการย่อยแป้งจะถูกยีสต์ *Hansenula* และ *Saccharomyces* นำไปใช้เพื่อให้เกิดเอสเทอร์ และแอลกอฮอล์ตามลำดับ ทำให้กลิ่นรสข้าวหมากดีขึ้น อย่างไรก็ตาม เอสเทอร์อาจเกิดจากลิปิดในข้าวถูกย่อยเป็นกรดไขมัน โดยเอนไซม์ไลเปส และกรดไขมันที่ทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ให้สารประกอบของเอสเทอร์เกิดขึ้น (มณชัย เดชสังกรานนท์, 2546) ซึ่งลูกแป้งข้าวหมากแต่ละแหล่งจะมีการใช้เครื่องเทศและสมุนไพรที่แตกต่างกัน ส่งผลให้มีชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ลูกแป้งจาก ต.ยะลา อาจจะมีจุลินทรีย์ *Hansenula* และ *Saccharomyces* สูงกว่าลูกแป้งจาก ต.คาโตะ และ ต.กอดตือรีะ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากมีกลิ่นที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด ส่วนระยะเวลาการหมัก พบว่า เมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น เชื้อจุลินทรีย์จะทำการหมักให้ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากมีกลิ่นแรงขึ้น โดยข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งจาก ต.ยะลา และ ต.คาโตะ มีคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นสูงสุดที่ระยะเวลาการหมัก 3 วัน ส่วน ต.กอดตือรีะ มีคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นสูงสุดที่ระยะเวลาการหมัก 4 วัน

ด้านรสชาติ พบว่า ข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.ยะลา มีคะแนนความชอบทางด้านรสชาติสูงสุด รองลงมาได้แก่ข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.คาโตะ และ ต.กอดตือรีะ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.ยะลา มีความหวานที่เหมาะสม โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดระหว่าง 34.66-35.00 °Brix ในขณะที่ข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งจาก ต.คาโตะ มีรสหวานจนแสบคอ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงสุดระหว่าง 38.26-39.00 °Brix ส่วนข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.กอดตือรีะ มีรสชาติไม่ค่อยหวาน ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ระหว่าง 29.66- 32.66 °Brix ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวี สุวาล้า (2547) ที่ทำการศึกษาคุณภาพบางประการของลูกแป้งข้าวหมากใน อ.เมือง จ.ยะลา พบว่า ข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.ยะลา ให้

รสชาติหวานมากที่สุด โดยจุลินทรีย์ที่พบในลูกแป้งเช่น *Amylomyces rouxii* และ *Rhizopus* spp. เป็นราที่ผลิตเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส และกลูโคอะไมเลส ดังนั้นในกระบวนการหมักเหล่านี้จึงมีบทบาทในการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล โดยปริมาณของเชื้อ *Amylomyces rouxii* และ *Rhizopus* spp. จะมีปริมาณมากขึ้นอยู่กับชนิดและของลูกแป้งที่ใช้ในการหมักข้าวหมาก ส่วนระยะเวลาในการหมักพบว่า ข้าวหมากทั้ง 3 ตำบล มีคะแนนความชอบด้านรสชาติสูงสุดที่ระยะเวลาการหมัก 3 วัน

ด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งจาก ต.ยะลา มีคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสสูงสุด เนื่องจากข้าวหมากผ่านการหมักด้วยเชื้อในระดับที่เหมาะสม ทำให้ข้าวหมากมีลักษณะนุ่ม ฉ่ำน้ำ มีปริมาณน้ำด้อยจากการหมักในปริมาณที่เหมาะสม เมล็ดยังคงมีรูปเดิม ส่วนข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.คาโตะ กระบวนการหมักจะเกิดขึ้นเร็วที่สุด ทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ได้มีลักษณะนุ่ม เปื่อย น้ำด้อยมีปริมาณมากที่สุด ส่วนข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.กอดดือรีะ มีกระบวนการหมักช้าที่สุด ทำให้ได้ข้าวหมากที่มีลักษณะนุ่มน้อยที่สุด และปริมาณน้ำด้อยน้อย ส่วนระยะเวลาการหมัก พบว่า ข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.ยะลา และ ต.คาโตะ มีระยะเวลาการหมักที่มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงสุดที่ระยะเวลาการหมัก 3 วัน ส่วน ต.กอดดือรีะ มีระยะเวลาการหมักที่มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงสุดที่ระยะเวลาการหมัก 4 วัน

ด้านความชอบรวม พบว่า ข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.ยะลา ผ่านการหมักเป็นเวลา 3 วัน เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนความชอบรวมสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจาก ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความทางด้าน กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสสูงสุด จึงได้คัดเลือกไปใช้ในการศึกษาในหัวข้อต่อไป

ตารางที่ 4.4 ผลของแหล่งลูกแป้ง 3 แหล่งและระยะเวลาการหมักข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่ 2, 3, และ 4 วัน ต่อคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัส

ลูกแป้ง 3 แหล่ง	ระยะเวลาการหมัก (วัน)	คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส				
		สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
ต.คาไต่ะ	2	6.37 ^{abc} ± 1.18	6.75 ^{ab} ± 1.83	6.37 ^{abc} ± 1.15	5.87 ^{ab} ± 1.55	6.62 ^{ab} ± 1.13
	3	6.87 ^{bc} ± 1.03	7.37 ^{ab} ± 1.49	7.75 ^{bc} ± 1.75	7.12 ^b ± 1.34	7.37 ^{ab} ± 1.60
	4	7.25 ^c ± 1.32	6.00 ^a ± 1.69	6.37 ^{abc} ± 1.59	6.75 ^{ab} ± 2.05	7.00 ^{ab} ± 1.92
ต.ยะลา	2	5.00 ^a ± 1.51	5.75 ^a ± 2.18	5.62 ^a ± 2.56	6.12 ^{ab} ± 1.72	5.75 ^a ± 2.60
	3	6.25 ^{abc} ± 0.80	8.37 ^b ± 1.13	8.12 ^c ± 1.12	7.50 ^b ± 1.69	8.25 ^b ± 0.89
	4	5.25 ^{ab} ± 1.66	5.87 ^a ± 2.07	5.87 ^a ± 2.11	5.00 ^a ± 1.69	6.00 ^a ± 2.13
ต.กอดตือรี	2	5.87 ^{abc} ± 2.16	5.62 ^a ± 2.14	4.75 ^a ± 2.43	5.25 ^a ± 2.25	5.62 ^a ± 2.72
	3	5.77 ^{abc} ± 2.33	5.55 ^a ± 2.43	6.00 ^{ab} ± 2.32	6.22 ^{ab} ± 2.38	6.11 ^a ± 2.72
	4	5.85 ^{abc} ± 1.06	5.85 ^a ± 1.86	5.71 ^a ± 1.97	6.71 ^{ab} ± 0.48	7.00 ^{ab} ± 1.00

หมายเหตุ: ตัวอักษรไม่เหมือนกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

คุณลักษณะทางกายภาพ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด โดยมีการวัดค่าสี L^* a^* b^* (ตารางที่ 4.5 และ 4.6) ได้ผลดังต่อไปนี้

- ค่าสี

จากการวัดค่าสีของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดด้วยระบบ Hunter โดยวัดค่า L^* , a^* และ b^* พบว่า แหล่งของลูกแป้ง 3 แหล่ง คือ ต.คาไต่ะ ต.ยะลา ต.กอดตือรี และระยะเวลาการหมักที่ 2, 3 และ 4 วัน มีผลต่อค่า L^* ทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่า a^* และค่า b^* ในทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 4.5 องค์ประกอบทางกายภาพของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดจากลูกแป้ง 3 แหล่ง และระยะเวลาการหมักที่ 2, 3 และ 4 วัน

	ค่าสี		
	L*	a*	b*
แหล่งลูกแป้ง (S)			
ต.คาไต่ะ	40.80 ^a	9.53 ^b	9.94 ^b
ต.ยะลา	35.05 ^c	10.60 ^a	11.16 ^a
ต.กอดดือรี	38.41 ^b	9.97a ^b	11.19 ^a
ระยะเวลาการหมัก (D)			
2 วัน	38.49 ^a	9.80 ^a	10.87 ^a
3 วัน	37.84 ^a	10.12 ^a	10.74 ^a
4 วัน	37.67 ^a	10.18 ^a	10.68 ^a
S*D	0.04	0.12	0.14

หมายเหตุ: ตัวอักษรไม่เหมือนกันในแต่ละแหล่งลูกแป้ง และระยะเวลาหมัก มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 4.6 องค์ประกอบทางกายภาพ (เฉพาะค่าความสว่าง L* ที่แตกต่าง) ของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดจากลูกแป้ง 3 แหล่ง และระยะเวลาการหมักที่ 2, 3 และ 4 วัน

ลูกแป้ง 3 แหล่ง	ระยะเวลา การหมัก (วัน)	ค่าสี
		L*
ต.คาไต่ะ	2	39.80 ± 2.83
	3	42.05 ± 1.21
	4	40.57 ± 2.42
ต.ยะลา	2	38.23 ± 2.94
	3	33.90 ± 2.43
	4	33.03 ± 1.30
ต.กอดดือรี	2	37.46 ± 1.13
	3	37.57 ± 2.97
	4	39.41 ± 1.53

คุณลักษณะทางเคมี

จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีประกอบด้วยการวิเคราะห์ค่าพีเอช, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid), น้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar), ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลกติก (Total acid) และเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) ของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่ผลิตจากลูกแป้ง 3 แหล่ง คือ ต.คาโตะ ต.ยะลา และ ต.กอดดือรี และระยะเวลาการหมักที่ 2, 3 และ 4 วัน (ตารางที่ 4.7 และ 4.8) ได้ผลดังนี้

- ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลกติก

จากการศึกษาผลของแหล่งลูกแป้ง 3 แหล่ง คือ ต.คาโตะ ต.ยะลา และ ต.กอดดือรี และระยะเวลาการหมักที่ 2, 3 และ 4 วัน ต่อค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลกติกของข้าวหมาก พบว่า แหล่งของลูกแป้งและระยะเวลาการหมักมีผลต่อค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลกติก ($P < 0.05$) โดยข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.คาโตะ มีค่าพีเอชสูงสุด คือ 5.25 รองลงมา คือ ข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.กอดดือรีและต.ยะลา ซึ่งมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.88 และ 4.62 ตามลำดับ ซึ่งมีความสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลกติก พบว่า ข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.คาโตะ มีค่าของปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลกติกเท่ากับร้อยละ 0.28 ส่วนข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.กอดดือรี และต.ยะลา มีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลกติกเท่ากับร้อยละ 0.79 และ 0.80 ตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่า ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลกติกในผลิตภัณฑ์ข้าวหมากเกิดจากการหมักของเชื้อแบคทีเรียสร้างกรดแลกติก ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ *Pediococcus pentosaceus* ซึ่งปริมาณเชื้อดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับแหล่งของลูกแป้ง และเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter* spp. และ *Gluconobacter* spp. ที่อาจมีการปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ เช่น แป้ง และ สมุนไพร (เปมิกา ขำวิระ, 2547) ส่วนระยะเวลาการหมักของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด พบว่า เมื่อทำการหมักเป็นระยะเวลานานขึ้น แบคทีเรียสร้างกรดจะทำการหมักส่วนประกอบในข้าวสังข์หยดให้เป็นกรดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก ซึ่งส่งผลให้ค่าพีเอชของข้าวหมากลดลงตามลำดับเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น (นภา โล่ห์ทอง, 2542)

- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

จากการศึกษาผลของแหล่งลูกแป้งและระยะเวลาในการหมักต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด พบว่า ข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งทั้ง 3 แหล่ง มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่แตกต่างกัน ($P < 0.05$) โดยข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.คาโตะ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงสุดเท่ากับร้อยละ 38.88 °Brix รองลงมาข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.ยะลา และ ต.กอดดือรี มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับร้อยละ 34.33 และ 31.11 °Brix ตามลำดับ โดยราที่มักพบในลูกแป้งข้าวหมากก็คือ *Amylomyces* sp. และ *Rhizopus* sp. (มณชัย เสงฆ์

กรานนท์, 2546) มีบทบาทสำคัญในการหมักแป้งจากข้าวสาลีให้กลายเป็นน้ำตาลโดยผลิตเอนไซม์ 2 ชนิด คือ แอลฟาอะไมเลส และกลูโคอะไมเลส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทในการย่อยแป้งที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ให้เป็นน้ำตาลที่มีขนาดโมเลกุลที่เล็กลง เอนไซม์อะไมเลสจัดเป็น Extracellular enzyme คือ เอนไซม์ที่ถูกปล่อยออกมาทำงานนอกเซลล์ (เปมิกา จำวีระ, 2547) โดยลูกแป้งแต่ละแหล่งมีปริมาณของเชื้อ *Amylomyces* sp. กับ *Rhizopus* sp. ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากข้าวสาลีหมักมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดแตกต่างกันด้วย ส่วนระยะเวลาการหมัก พบว่า ข้าวหมากที่หมักเป็นระยะเวลา 2, 3 และ 4 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 33.75, 34.88 และ 35.68 °Brix ตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่า เมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ

- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

จากการศึกษาผลของแหล่งลูกแป้งและระยะเวลาในการหมักต่อปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวหมากจากข้าวสาลีหมัก พบว่า แหล่งของลูกแป้งและระยะเวลาการหมักมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.ดาโต๊ะ มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดเท่ากับ 61.31 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร รองลงมาได้แก่ข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.ยะลา และ ต.กอดดือรี มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 42.40 และ 42.26 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งน้ำตาลรีดิวซ์เกิดจากเชื้อราที่ย่อยแป้งจากข้าวสาลีให้เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ เชื้อราพวกนี้ได้แก่ *Amylomyces* sp. และ *Rhizopus* sp. โดยข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งต่างแหล่ง อาจมีปริมาณของเชื้อราที่ต่างกันส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์แตกต่างกันด้วย ส่วนระยะเวลาการหมัก พบว่า น้ำตาลรีดิวซ์จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น โดยข้าวหมากที่หมักเป็นระยะเวลาที่ 2, 3 และ 4 วัน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 35.66, 47.34 และ 62.96 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เปมิกา จำวีระ (2547)

- ปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์

จากการศึกษาผลของแหล่งลูกแป้งและระยะเวลาในการหมักต่อปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ของข้าวหมากจากข้าวสาลีหมัก พบว่า แหล่งลูกแป้งและระยะเวลาในการหมักมีผลต่อปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ที่ต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.ยะลา มีปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์สูงสุดเท่ากับร้อยละ 5.21 รองลงมาเป็นข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.กอดดือรี และ ต.ดาโต๊ะ มีปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์เท่ากับร้อยละ 3.17 และ 2.65 ตามลำดับ ส่วนระยะเวลาการหมัก พบว่า เมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้นจะทำให้มีปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นด้วย จุลินทรีย์ที่มีบทบาท คือ *Endomycopsis* sp. เป็นยีสต์ที่สามารถย่อยน้ำตาลได้ให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์ และย่อยได้ดีกว่ายีสต์ชนิดอื่น ๆ สามารถหมักน้ำตาลกลูโคสได้ดีกว่าน้ำตาลมอลโตส และซูโครส แต่ไม่สามารถหมักน้ำตาลกาแลคโตสได้ ส่วนเชื้อ *Hansenula* sp. เป็นยีสต์ที่ให้

กลิ่นเอสเทอร์ ซึ่งเป็นกลิ่นที่ดีของข้าวหมาก (นุรฮาซีกิน สุลุดอรอฮิง และนุรไอนี สาและ, 2550) โดยข้าวหมากที่มีระยะเวลาการหมักที่ 2, 3 และ 4 วัน มีปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์เท่ากับร้อยละ 3.35, 3.62 และ 4.06 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดจากลูกแป้ง 3 แหล่ง และระยะเวลาการหมักที่ 2, 3 และ 4 วัน

ลูกแป้ง 3 แหล่ง	คุณลักษณะทางเคมี				
	pH	Total soluble solid (°Brix)	Reducing sugar (mg/ml)	Total acid (%)	Ethyl alcohol (%)
แหล่งลูกแป้ง (S)					
ต.คาไต่ะ	5.25 ^a	38.88 ^a	61.31 ^a	0.28 ^b	2.65 ^c
ต.ยะลา	4.62 ^b	34.33 ^b	42.40 ^b	0.80 ^a	5.21 ^a
ต.กอดือรี	4.88 ^c	31.11 ^c	42.26 ^b	0.79 ^a	3.17 ^b
ระยะเวลาหมัก (S)					
2 วัน	5.00 ^a	33.75 ^c	35.66 ^c	0.44 ^c	3.35 ^b
3 วัน	4.94 ^a	34.88 ^b	47.34 ^b	0.60 ^b	3.62 ^{ab}
4 วัน	4.82 ^b	35.68 ^a	62.96 ^a	0.83 ^a	4.06 ^a
S*D	0.68	0.00	0.03	0.00	0.45

ตารางที่ 4.8 องค์ประกอบทางเคมี (เฉพาะค่า Total soluble solid , Reducing sugar , Total acid , แยกต่าง) ของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดจากลูกแป้ง 3 แหล่ง และระยะเวลาการหมักที่ 2, 3 และ 4 วัน

แหล่งลูกแป้ง	ระยะเวลา การหมัก (วัน)	คุณลักษณะทางเคมี		
		Total soluble solid (°Brix)	Reducing sugar (mg/ml)	Total acid (%)
ต.คาโตะ	2	38.26 ± 0.23	47.46 ± 2.90	0.20 ± 0.05
	3	39.00 ± 0.00	62.90 ± 7.04	0.29 ± 0.02
	4	39.40 ± 0.36	73.56 ± 1.68	0.34 ± 0.03
ต.ยะลา	2	33.33 ± 0.57	29.73 ± 4.86	0.53 ± 0.03
	3	34.66 ± 0.57	43.30 ± 1.11	0.73 ± 0.08
	4	35.00 ± 0.00	54.16 ± 7.10	1.09 ± 0.10
ต.กอดดือรี	2	29.66 ± 0.57	29.80 ± 0.36	0.58 ± 0.05
	3	31.00 ± 0.00	35.83 ± 2.55	0.74 ± 0.05
	4	32.66 ± 0.57	61.16 ± 3.05	1.05 ± 0.04

4.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวหมากในระหว่างการเก็บรักษาและอายุการเก็บรักษาของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่บรรจุในกล่องพลาสติกใส ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 วัน แล้วทำการศึกษาทางด้านประสาทสัมผัส คุณลักษณะทางกายภาพ คุณลักษณะทางเคมี และทางจุลชีววิทยาในทุก ๆ 5 วัน (ตารางที่ 4.9) ได้ผลดังต่อไปนี้

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่บรรจุในกล่องพลาสติกใสที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน ต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ทดสอบด้วยวิธี 9 Point Hedonic Scale ด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ที่ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน ได้ผลดังนี้

ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด มีคะแนนความชอบทางด้านสีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนคะแนนความชอบทางด้าน กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเมื่อหมักข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดเป็นเวลานานขึ้น ทำให้เชื้อจุลินทรีย์หมักแป้งจากข้าว

สังข์หยดได้มากขึ้น ส่งผลให้ข้าวหมากมีกลิ่นที่แรงขึ้น มีลักษณะของเนื้อสัมผัสที่ยุ่ย น้ำด้อยมีปริมาณมากขึ้น เมล็ดข้าวไม่ยึดเกาะกัน และมีรสหวานเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยข้าวหมากที่เก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน พบว่า ข้าวหมากมีปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ถึงร้อยละ 6.40 ทำให้ข้าวหมากมีกลิ่นแอลกอฮอล์แรงขึ้น และมีรสหวานแหลมออกขม ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ เปมิกา ขำวิระ (2547) ซึ่งพบว่า ปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์มากกว่าร้อยละ 6.90 จะทำให้ข้าวหมากมีรสขมไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จึงมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 15 วัน

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดระหว่างการเก็บรักษาตามระยะเวลาที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 วัน

อายุการเก็บ รักษา (วัน)	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบ รวม
0	6.55 ^a ± 0.60	7.70 ^c ± 0.86	8.10 ^d ± 0.78	8.00 ^d ± 1.02	8.20 ^d ± 0.95
5	6.40 ^a ± 0.59	7.45 ^c ± 1.14	7.20 ^c ± 1.10	6.80 ^c ± 1.10	7.75 ^{cd} ± 0.85
10	6.65 ^a ± 0.74	7.35 ^c ± 0.82	6.15 ^b ± 0.81	5.90 ^b ± 1.14	7.50 ^c ± 0.82
15	6.15 ^a ± 0.81	6.40 ^b ± 0.94	5.65 ^b ± 0.81	5.00 ^a ± 1.07	7.49 ^b ± 0.68
20	6.25 ^a ± 0.91	4.45 ^a ± 1.05	4.35 ^a ± 0.81	4.75 ^a ± 0.85	5.55 ^a ± 0.99

คุณลักษณะทางกายภาพ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่บรรจุในกล่องพลาสติกใสที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน โดยมีการวัดค่าสี $L^* a^* b^*$ (ตารางที่ 4.10) ได้ผลดังต่อไปนี้

- ค่าสี

จากการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่บรรจุในกล่องพลาสติกใสที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พบว่า ข้าวหมากที่มีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน มีค่า L^* อยู่ในช่วงระหว่าง 38.08-40.60 ส่วนค่า a^* และ b^* อยู่ในช่วงระหว่าง 9.62-10.20 และ 9.82-10.46 ตามลำดับ โดยข้าวหมากที่มีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับอยู่ มีค่าสี $L^* a^* b^*$ คือ 40.60, 9.62, และ 9.83 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 ผลของค่าสีของผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดระหว่างการรักษาตามระยะเวลาที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 วัน ต่อคุณลักษณะทางกายภาพ

อายุการรักษา (วัน)	ค่าสี		
	L*	a*	b*
0	38.08 ± 1.03	10.12 ± 0.67	10.00 ± 1.23
5	37.38 ± 1.01	10.12 ± 0.22	10.31 ± 1.23
10	38.36 ± 0.38	10.20 ± 0.28	9.82 ± 0.74
15	40.60 ± 0.43	9.62 ± 0.99	9.83 ± 0.92
20	40.08 ± 0.61	9.69 ± 0.73	10.46 ± 1.28

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

คุณลักษณะทางเคมี

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีประกอบด้วยการวิเคราะห์ค่า พีเอช, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid), น้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar), ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลคติก (Total acid) และเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) ของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่มีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน (ตารางที่ 4.11) ได้ผลดังนี้

- ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่มีการเก็บรักษาในกล่องพลาสติกใสที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากมีค่าพีเอชที่ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 วันมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.16 รองลงมาคือ ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่มีการเก็บรักษาที่ 5, 10, 15 และ 20 วัน มีค่าพีเอชเท่ากับ 5.30, 5.20, 5.00 และ 4.80 ตามลำดับ ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษาที่นานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่ากับค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก พบว่า ข้าวหมากมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยข้าวหมากเริ่มต้นที่ 0 วันมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกเท่ากับร้อยละ 0.31 เมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 5, 10, 15 และ 20 วัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากมีปริมาณกรดเท่ากับร้อยละ 0.34, 0.42, 0.43 และ 0.44 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากขณะหมักข้าวหมาก อาจมีกิจกรรมการหมักของเชื้อแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก จนได้กรดแลคติกออกมา และมี

การหมักของจุลินทรีย์พวก *Lactobacillus*.sp ที่หมักน้ำตาลกลูโคสจนได้กรดคาร์บอนิก (Carbonic acid) รวมทั้งการเจริญเติบโตของยีสต์ในข้าวหมาก ทำให้ได้กรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดอะซิติก (Acetic acid), กรดฟอร์มิก (Formic acid), กรดบิวทีริก (Butyric acid) และกรดโพรพิโอนิก (Propionic acid) รวมถึงกรดไขมันอื่น ๆ อีกด้วย (เปมิกา ขำวีระ, 2547)

- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ($P < 0.05$) โดยข้าวหมากเริ่มต้นที่มีอายุการเก็บรักษาที่ 0 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดร้อยละ 34.33 °Brix เมื่อเก็บเป็นเวลานานขึ้นเป็น 5, 10, 15 และ 20 วัน มีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 35.00, 36.20, 37.26 และ 38.53 °Brix ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่ใช่อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของเชื้อราในลูกแป้ง แต่เมื่อเก็บเป็นเวลานานขึ้นเชื้อราจะค่อย ๆ ผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยแป้งข้าวสังข์หยด ซึ่งมีโมเลกุลใหญ่ ให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเล็กลง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

จากการศึกษาข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่มีการเก็บรักษาในกล่องพลาสติกใสที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่ 0 วัน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 70.70 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 5, 10, 15 และ 20 วัน ทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 78.34, 105.41, 148.15 และ 244.48 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เปมิกา ขำวีระ (2547)

- ปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์

ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่มีการเก็บรักษาในกล่องพลาสติกใสที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พบว่า ปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่มีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0 วัน มีปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์สูงสุดเท่ากับร้อยละ 5.36 เมื่อเก็บเป็นเวลาเพิ่มขึ้นเป็น 5, 10, 15 และ 20 วัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากมีปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 5.66, 5.90, 6.23 และ 6.40 ตามลำดับ ขณะหมักข้าวหมากในระยะแรกเชื้อราจะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงแป้งข้าวสังข์หยดให้เป็นน้ำตาล ต่อจากนั้นเชื้อยีสต์พวก *Saccharomyces* sp. จะทำการหมักน้ำตาลให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นเป็นลำดับ เมื่อเก็บเป็นเวลานานขึ้น โดยข้าวหมากที่เก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน จะมีปริมาณ

แอลกอฮอล์สูงถึงร้อยละ 6.40 ทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากมีรสขมเล็กน้อย ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (นุรฮาซีกิน สุลตอรอฮิง และนุรไอนี สาและ, 2550)

ตารางที่ 4.11 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดระหว่างการรักษาตามระยะเวลาที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 วัน

อายุการเก็บรักษา (วัน)	คุณลักษณะทางเคมี				
	pH	Total soluble solid (°Brix)	Reducing sugar (mg/ml)	Total acid (%)	Ethyl alcohol (%)
0	5.16 ± 0.05	34.33 ± 0.30	70.70 ± 1.44	0.31 ± 0.02	5.36 ± 0.05
5	5.30 ± 0.00	35.00 ± 0.00	78.34 ± 5.51	0.34 ± 0.02	5.66 ± 0.11
10	5.20 ± 0.00	36.20 ± 0.20	105.41 ± 5.66	0.42 ± 0.02	5.90 ± 0.17
15	5.00 ± 0.00	37.26 ± 0.25	148.15 ± 5.07	0.43 ± 0.00	6.23 ± 0.05
20	4.80 ± 0.00	38.53 ± 0.15	244.48 ± 6.94	0.44 ± 0.03	6.40 ± 0.00

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

วิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาประกอบด้วยการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนยีสต์ รา และจำนวนแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก ของข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่มีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน (ตารางที่ 4.12) ได้ผลดังนี้

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

จากการศึกษาข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่มีการเก็บรักษาในกล่องพลาสติกใสที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยข้าวหมากที่มีการเก็บรักษาที่ 20 วัน มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 2.1×10^7 CFU/g รองลงมาคือ ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่มีการเก็บรักษาที่ 15, 10, 5 และ 0 วัน มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 3.0×10^6 , 2.6×10^6 , 3.3×10^5 และ 2.1×10^5 CFU/g ตามลำดับ จุลินทรีย์ในข้าวหมากจะเจริญและเพิ่มจำนวนมากขึ้นเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น พีเอช แหล่งอาหาร และปริมาณของสารต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมัก หากปัจจัยเหล่านี้เหมาะสม การเจริญและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ก็จะเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว (นุรฮาซีกิน สุลตอรอฮิง และนุรไอนี สาและ, 2550)

- ปริมาณยีสต์และรา

ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่มีการเก็บรักษาในกล่องพลาสติกใสที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พบว่า เมื่อระยะเวลาที่มีการเก็บรักษาข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดนานขึ้น ส่งผลให้ปริมาณยีสต์และราเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่มีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน มีปริมาณยีสต์และราสูงสุดเท่ากับ 1.7×10^7 CFU/g รองลงมาคือ ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่มีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 15, 10, 5 และ 0 วัน มีปริมาณยีสต์และราเท่ากับ 3.6×10^6 , 2.2×10^6 , 1.9×10^6 และ 2.6×10^5 CFU/g ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณยีสต์และราของผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากงานวิจัยกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวหมาก (มพช.162/2546) ที่กำหนดไว้ว่า ข้าวหมากควรมีปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากงานวิจัยมีปริมาณยีสต์และราสูงกว่ามาก ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการหมักข้าวหมากมีความจำเป็นใช้เชื้อยีสต์และราในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแป้งให้น้ำตาลในผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก ทำให้เมื่อทำการวิเคราะห์เชื้อมากกว่า จึงพบในปริมาณมาก ซึ่งเชื้อมากกว่าจัดเป็นโพรไบโอติกที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ผู้บริโภคเป็นอย่างยิ่ง (อาหารหมักพื้นบ้านไทย แหล่งของโพรไบโอติก, 2551, หน้า 1)

- ปริมาณแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก

จากการศึกษาข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่มีการเก็บรักษาในกล่องพลาสติกใสที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พบว่า เมื่อระยะเวลาที่มีการเก็บรักษาข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดนานขึ้น ส่งผลให้ปริมาณแบคทีเรียแลคติกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่มีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน มีปริมาณแบคทีเรียแลคติกสูงสุดเท่ากับ 1.4×10^5 CFU/g รองลงมาคือ ข้าวหมากที่มีการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 15, 10, 5 และ 0 วัน มีปริมาณแบคทีเรียแลคติกเท่ากับ 2.9×10^4 , 1.3×10^4 , 2.3×10^3 และ 1.6×10^3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดต่ออายุการเก็บรักษาตามระยะเวลาที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 วัน

อายุการเก็บ รักษา (วัน)	วิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา		
	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	ปริมาณยีสต์และรา (CFU/g)	ปริมาณแบคทีเรียสร้าง กรด (CFU/g)
0	2.1×10^5	2.6×10^5	1.6×10^3
5	3.3×10^5	1.9×10^6	2.3×10^3
10	2.6×10^6	2.2×10^6	1.3×10^4
15	3.0×10^6	3.6×10^6	2.9×10^4
20	2.1×10^7	1.7×10^7	1.4×10^5

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผล

กรรมวิธีการผลิตข้าวหอมจากข้าวสังข์หยดมีขั้นตอนเป็นลำดับดังนี้ คือ นำข้าวสารสังข์หยด ร้อยละ 60 และข้าวสารเหนียวร้อยละ 40 ของน้ำหนักข้าวสารทั้งหมด มาแช่น้ำกรองโดยข้าวสังข์หยด จะแช่เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ส่วนข้าวเหนียวจะแช่เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมานึ่ง โดยข้าวสังข์หยดจะใช้เวลาในการนึ่งที่ 1.30 ชั่วโมง ส่วนข้าวเหนียวจะใช้เวลาในการนึ่งที่ 30 นาที เมื่อข้าวทั้ง 2 ชนิดสุก นำข้าวเหนียวมาล้างยางเหนียวด้วยน้ำกรอง จากนั้นผสมข้าวทั้ง 2 ชนิดให้เข้ากัน แล้วนำมา คลุกกับลูกแป้งร้อยละ 0.15 ของน้ำหนักข้าวทั้งหมดให้เข้ากัน บรรจุใส่ภาชนะ หมัก 2-3 ก็จะได้อข้าวหอมพร้อมรับประทาน การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวหอมจากข้าวสังข์หยด พบว่า ข้าวสารสังข์หยดที่ผ่านการแช่น้ำกรองเป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อนำมาผลิตเป็นข้าวหอมผู้บริโภคนำให้คะแนนความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงสุด ($p < 0.05$) การศึกษาผลของแหล่ง ลูกแป้งและระยะเวลาการหมักที่เหมาะสมในการหมักข้าวหอม พบว่า ข้าวหอมที่ข้าวหอมที่ผลิตจากลูกแป้ง ต.ยะลา อ.เมือง จ.ยะลา ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมสูงสุด รองลงมา ข้าวหอมที่ผลิตจากลูกแป้งจาก ต.คาโตะ อ.หนองจิก จ.ปัตตานี และ ต.กอดดือรี อ.รามัน จ.ยะลา ตามลำดับ ส่วนผลของระยะเวลาการหมักข้าวหอม พบว่า เวลาการหมัก 3 วัน มีความเหมาะสมในการผลิตมากที่สุด การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวหอมจากข้าวสังข์หยดในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ข้าวหอมมีคะแนนทางทดสอบทางประสาทสัมผัสลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น โดยข้าวหอมที่เก็บเป็นเวลา 15 วัน ผู้บริโภคยังให้การยอมรับอยู่ และหมดอายุการเก็บที่ประมาณ 20 วัน การเปลี่ยนแปลงทางเคมี พบว่า ข้าวหอมมีค่าพีเอชลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บแต่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกและปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. การทำข้าวหอมต้องใส่ใจในเรื่องของความสะอาด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ ซึ่งเชื่อกันว่าอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ข้าวหอมเสียได้
2. ลูกแป้งที่ใช้ทำข้าวหอมต้องใหม่ ไม่เก่าจนเกินไปเพราะจะทำให้ข้าวหอมที่ได้ไม่มีคุณภาพ

เอกสารอ้างอิง

- ข้าวสังข์หยดพัทลุง. (2553). ข้าวอารมณ์ดี ข้าวกล้องงอกสังข์หยดพัทลุง [Online]. Available: http://kasetpt.thport.com/2552germ_rice/firstpage.htm [2553, ตุลาคม 05]
- ข้าวหอม อาหารโปรไบโอติกแบบไทย ๆ. (2553). [online]. Available: <http://www.never-age.com/lifestyle/lifestyle.php?lid=28> [มปป.]
- ชัยวัฒน์ จาคีเสถียร. (2520). การคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวและเชื้อยีสต์ในลูกแป้งสำหรับหมักข้าวหอม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทวี สุวาลา. (2547). การคัดแยกกลุ่มจุลินทรีย์และคุณภาพบางประการของลูกแป้งข้าวหอมในอำเภอเมืองจังหวัดยะลา. ปัญหาพิเศษ. ยะลา: สถาบันราชภัฏยะลา.
- นภา โล่ห์ทอง. (2535). อาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ: ฟีนีฟลิซิ่ง.
- นุรฮาซีกิน ฮูตุดอโรฮิง และนุรไอนี สาละ. (2550). จุลินทรีย์ในลูกแป้งข้าวหอมแดงเดิมและการผลิตลูกแป้งข้าวหอมแดงโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์. ปัญหาพิเศษ. ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- เปมิกา จำวิระ. (2547). คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ข้าวหอม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- พุทธรินทร์ วรรณิสสร. (2527). ผลของเครื่องเทศต่อชนิดของจุลินทรีย์ในลูกแป้งข้าวหอม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มนชัย เดชสังกรานนท์. (2546). คุณสมบัติของยีสต์และราที่มีบทบาทในการหมักข้าวหอมและสาโท. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2546). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวหอม มผช. 162/2546. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- วรายุ ลีประเสริฐ. (2546). การทำข้าวหอมและสาโทไบโอเทคพื้นบ้านไทย. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- สมศักดิ์ เอี่ยมสะอาด. (2546). ผลของลูกแป้ง พันธุ์ข้าวเหนียว และสัณฐานชาติต่อคุณภาพของข้าวหอม. ปัญหาพิเศษ. เพชรบุรี: สถาบันราชภัฏเพชรบุรี
- สิรินทรเทพ ภักดีสุกผล. (2523). การหมักข้าวหอมด้วยเชื้อบริสุทธิ์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำเริง แซ่ตัน. (2548). ข้าวเพื่อสุขภาพ พันธุ์สังข์หยดพัทลุง. เอกสารประกอบการประชุม วิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว นครนายก: สถาบันวิจัยข้าวกรมวิชาการเกษตร.
- สุริพร วีระสิทธิ์ และปติมา เจจาโรจน์. (2547). การศึกษาสูตรลูกแป้งที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวหอม. ปัญหาพิเศษ. ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

สำโรง แซ่ตัน. (2550). ข้าวพันธุ์สังข์หยด. พัทลุง; ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง.

หมอชาวบ้าน. (2551). ข้าวหมากโปรไบโอติกแบบไทย. [online]. Available: <http://www.doctor.or.th/node/5774> [2551,ตุลาคม1].

อภิญา ผลิโกมล, ธิดา ศรีปวน และรุจิราลัย พูลทวี. (2546). การแยกแลคติกแอซิดแบคทีเรียจากลูกแป้ง.ปัญหาพิเศษ. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อาหารหมักพื้นบ้านไทย แหล่งของโปรไบโอติก. (2551).สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ [Online]. Available: <http://www.thaihealth.or.th/node/5670> [2551, กันยายน 22].

A.O.A.C. 1999. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Inc.

A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Inc.

Liu, P.W., S.H.Chem., T.H.Chiu., C.Young. AndY.Y.Huang.(1959). **The manufacture of Tienchuniag and Shao-Shing wine by use of pure culture of mold and yeast.** Chemical Abstract. 53: 22723.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9 Point Hedonic scale) ของ
ผลิตภัณฑ์ ข้าวหมากจากข้าวสังข์หยด

ชื่อผู้ทดสอบ.....

วันที่.....เวลา.....

คำชี้แจง กรุณาตอบแบบสอบถามต่อไปนี้จากซ้ายไปขวาโดยให้คะแนนที่ตรงตามความรู้สึกดังนี้

- | | | |
|---------------------|----------------------|------------------|
| 1 = ไม่ชอบมากที่สุด | 4 = ไม่ชอบน้อยที่สุด | 7 = ชอบปานกลาง |
| 2 = ไม่ชอบมาก | 5 = เฉยๆ | 8 = ชอบมาก |
| 3 = ไม่ชอบปานกลาง | 6 = ชอบเล็กน้อย | 9 = ชอบมากที่สุด |

รหัสตัวอย่าง

รหัส	.....	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....
เนื้อสัมผัส	.....	.....	.....	.....
ความชอบรวม	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ

ข 1. การวัดค่าสี

วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่าสี Color Flex รุ่น cx 1471

วิธีการ

1. เปิดเครื่อง และเลือกโปรแกรม STANDARDIZE โดยกดปุ่มสัญลักษณ์ 
2. ทำการ calibration
 - วางแผ่นสีดำมาตรฐาน (Black Glass) ในที่สำหรับวางตัวอย่าง แล้วกดสัญลักษณ์ 
 - วางแผ่นสีขาวมาตรฐาน (White Glass) ในที่สำหรับวางตัวอย่าง แล้วกดสัญลักษณ์ 
 - หน้าจอเครื่องจะปรากฏ L^* , a^* และ b^*
3. วางตัวอย่างในที่สำหรับวางตัวอย่าง แล้วกดสัญลักษณ์ 
4. อ่านผลที่ได้จากเครื่อง พร้อมบันทึกผลการทดลอง

ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี

ค 1. การวัดค่าปริมาณแอลกอฮอล์

อุปกรณ์

วัดค่าปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยเครื่อง ebulliometer (Amerine and Ough, 1980)

1. เครื่องอีบูลลิโอมิเตอร์ (ebulliometer)
2. ไฟแช็ค
3. ปีกเกอร์
4. กระบอกตวง

วิธีการวิเคราะห์

1. ตั้งเครื่องอีบูลลิโอมิเตอร์ (ebulliometer) ให้สะอาด สะเด็ดน้ำ
2. เติมน้ำกลั่น 25 มล. ในกระบอกต้ม
3. ใส่เทอร์โมมิเตอร์ในกระบอกต้มและปรับจุกยางให้แน่น
4. เติมน้ำลงในช่องหล่อเย็นด้านบน
5. จุดตะเกียงต้มน้ำในกระบอกให้เดือด

6. บันทึกอุณหภูมิของน้ำที่เดือด
7. หมุนแผ่นคำนวณให้อุณหภูมิที่บันทึกได้ตรงกับเลขศูนย์ของแผ่นวงกลมวงนอกแล้วบันทึกจำนวนให้แน่นอน
8. เปิดก๊อกระบายน้ำออกจากกระบอกต้ม
9. ล้างกระบอกด้วยตัวอย่างเล็กน้อย
10. เติมตัวอย่างปริมาณ 50 มล.ลงกระบอก
11. ต้มให้เดือด บันทึกอุณหภูมิเดือด
12. นำค่าจุดเดือดมาเทียบกับแผ่นคำนวณ แล้วอ่านค่าเปอร์เซ็นต์ของแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ตรงข้ามบนแผ่นคำนวณวงใน
13. คำนวณค่าแอลกอฮอล์ของตัวอย่างเริ่มต้น

ค 2. การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่อง Hand refractometer

ค 3. การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์

1. สารละลายเฟ-ลิง A และเฟ-ลิง B
2. เมธิลีนบลู 1%
3. สารละลายนิวทรัลเลดอะซิเตด 45% (neutral lead acetate)
4. สารละลายโปตัสเซียมออกซาเลต 22% (potassium oxalate)
5. สารละลายน้ำตาลมาตรฐานเข้มข้น 2.5 ม.ก./มล.
6. สารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 นอร์มอล
7. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มล.
8. บิวเรตต์ขนาด 50 มล.
9. ปิเปต ขนาด 10 และ 50 มล.
10. ขวดปริมาตรขนาด 250 มล.
11. เตาให้ความร้อน หรือตะเกียงเบนเสน
12. กระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 และเบอร์ 4

การเตรียมตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 แล้วนำมา 25 กรัม ลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 250 มล.
2. เติมน้ำกลั่น 100 มล.
3. ทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้ามจนถึง 1 นอร์มอล
4. เติมสารละลายนิวทรัลเลดอะซิเตด ปริมาณ 2 มล.
5. เขย่าและตั้งไว้นาน 10 วินาที
6. เติมสารละลายโพแทสเซียมออกซาลเลต ปริมาณน้อยที่สุดที่ใช้เพื่อตกตะกอนสารละลายนิวทรัลเลด อะซิเตรด
7. ปรับปริมาตรให้ได้ 250 มล.
8. กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1

วิธีทดลอง

1. ปรับมาตรฐานสารละลายเฟ-ลิง ทำเช่นเดียวกับตัวอย่าง
 - 1.1 ผสมสารละลายเฟ-ลิง A และ B ปริมาณเท่าๆกัน
 - 1.2 ปิเปตสารละลายเฟ-ลิง ปริมาณ 10 มล. ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.
 - 1.3 เติมน้ำกลั่น 25 มล.
 - 1.4 บรรจุสารละลายน้ำตาลอินเวอร์มาตรฐานจากบูเรตต์ลงในบูเรตต์ขนาด 50 มล.
 - 1.5 เติมสารละลายน้ำตาลอินเวอร์มาตรฐานจากบูเรตต์ลงในขวดที่บรรจุสารละลายเฟ-ลิงนั้นด้วยปริมาณ 18-19 มล.
 - 1.6 ให้ความร้อนจนสารละลายในขวดเดือดนาน 2 นาที
 - 1.7 เติมเมธิลีนบลู 1 หยด
 - 1.8 ตีเทรตด้วยสารละลายน้ำตาลอินเวอร์มาตรฐาน จนได้ตะกอนสีแดงอิฐ ที่สมบูรณ์ควรใช้เวลาตั้งแต่ต้น ภายใน 3 นาที
 - 1.9 บันทึกปริมาตรของสารละลายน้ำตาลอินเวอร์มาตรฐานที่รีดิวซ์สารละลายเฟ-ลิงได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งควรเป็น $20.34 - 0.05$ มล.

หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

2.1 การตีเทรตเบื้องต้น

1. ปิเปตสารละลายเฟ-ลิง (A+B) 10 มล. ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.

2. เติมน้ำกลั่น 50 มล.
3. บรรจุสารละลายไอของตัวอย่างในบิวเรต
4. ปล่อยสารละลายน้ำตาลตัวอย่างจากบิวเรตลงในสารละลายเฟ-ลิง ด้วยประมาณที่คาดว่าเพียงพอจะรีดิวซ์สารละลายเฟ-ลิงได้เกือบสมบูรณ์
5. ผสมและให้ความร้อนจนสารละลายเดือดเป็นเวลา 15 นาที
7. ดิเตรตต่อด้วยสารละลายน้ำตาลเดิม จนกระทั่งสีของเมธิลีนบลูหายไป
8. ทำการดิเตรตเช่นนี้หลาย ๆ ครั้งเพื่อให้มีความแม่นยำมากขึ้น และใช้เวลาให้ความร้อนทั้งหมดไม่เกิน 3 นาที

2.2 การดิเตรตอย่างมาตรฐาน

1. ปิเปตสารละลายเฟ-ลิง ผสมมา 10 มล. ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.
2. บรรจุสารละลายน้ำตาลตัวอย่างลงในบิวเรตตักขนาด 50 มล.
3. ปล่อยสารละลายน้ำตาลตัวอย่างจากบิวเรตลงในสารละลายเฟ-ลิง ด้วยประมาณที่ทราบจากการดิเตรตเบื้องต้น ให้เหลือปริมาณสารละลายตัวอย่างที่จะรีดิวซ์สารละลายเฟ-ลิงจนสมบูรณ์นั้นเพียงเล็กน้อย
4. ผสมให้สารละลายน้ำตาลรวมกับสารละลายเฟ-ลิง
5. ให้ความร้อนจนเดือดปานกลางเป็นเวลา 2 นาที
6. เติมเมธิลีนบลู 1 หยด
7. ดิเตรตต่อจนถึงจุดยุติภายใน 1 นาที และจะสังเกตเห็นตะกอนสีแดงอิฐ ซึ่งสีของเมธิลีนบลูหายไป
8. บันทึกปริมาตรสารละลายน้ำตาลตัวอย่างที่ใช้ไปทั้งหมด
9. คำนวณหาค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

วิธีการเตรียมสารละลายเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล

1. สารละลายเฟ-ลิง (A) และเฟ-ลิง(B)

1. ชั่งคอปเปอร์ซัลเฟต เพนตาไฮเดรต น้ำหนัก 69.28 กรัม
2. ละลายในน้ำกลั่น
3. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 100 กรัม
4. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร

2. สารละลายน้ำตาลมาตรฐานเข้มข้น 2.5 มก./มล.

1. ชั่งน้ำตาลซูโครสเกรดวิเคราะห์ ให้ได้ 9.5 กรัม ลงในขวดปรับปริมาตรความจุ 1

ลิตร

2. เติมน้ำกลั่น 100 มล.
3. เติมกรดเกลือเข้มข้น 5 มล.
4. ตั้งไว้เป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส
5. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร
6. ปิเปตสารละลายข้างต้นมา 25 มล. ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มล.
7. เติมน้ำกลั่น 50 มล.
8. เติมฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด
9. ทำให้เป็นกลางด้วยด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 20% จนกระทั่งสารละลายเป็นสีชมพูของสารละลายหายไป
10. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มล.
11. สารละลายน้ำตาลอินเวอร์ตนี้เข้มข้น 2.5 มก./มล.
12. ชั่งน้ำตาลกลูโคสบริสุทธิ์หนัก 250 มก.
13. ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล.

ค 4. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด(Total Titratable Acidity) โดยวิธี A.O.A.C. (2000)

สารเคมี

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 0.1 นอร์มอล
2. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างจำนวน 10 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำกลั่นจำนวน 30 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนประมาณ 3 หยด
3. เขย่าให้เข้ากัน
4. นำไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มอลจนกระทั่งถึงจุดยุติได้ได้เป็นสารละลายสีชมพูอ่อน

คำนวณตามสูตร

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

โดย N คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)

V1 คือ ปริมาณของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (มิลลิลิตร)

V2 คือ ปริมาณของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ(กรัม)

ค 5. การวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยวิธี A.O.A.C. (1999)

วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์

1. กระบอกตวง (cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร
2. ปีกเกอร์ (beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. เครื่องวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในปีกเกอร์ เติมน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
2. วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter
3. อ่านค่าที่ได้และบันทึกผล

ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางจุลินทรีย์

ง 1. การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยวิธี A.O.A.C. (1999)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate Count Agar (PCA)
2. สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85

วิธีการ

1. เจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85 จนได้ความเจือจางที่เหมาะสม

เชื้อ

2. ปิเปิดสารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ
3. ทำการหาลอมอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) และทิ้งไว้ให้มีอุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มาทำ pour plate technique บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
4. นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้นโดยเลือกนับเฉพาะที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี

รายงานผลเป็นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในรูปโคโลนีต่อกรัม

ง 2. การวิเคราะห์จำนวนยีสต์และราโดยวิธี A.O.A.C. (1999)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Potato Dextrose Agar (PDA)
2. สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85

วิธีการ

1. เจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85 จนได้ความเจือจางที่เหมาะสม
2. ปิเปตสารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ
3. ทำการหลอมอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) และทิ้งไว้ให้อุ่นอุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มาทำ pour plate technique บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
4. นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้นโดยเลือกนับเฉพาะที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนยีสต์และราในรูปโคโลนีต่อกรัม

ง 2. การวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกโดยวิธี A.O.A.C. (1999)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. MRS
2. สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85

วิธีการ

1. เจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85 จนได้ความเจือจางที่เหมาะสม
2. ปิเปตสารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ
3. ทำการหลอมอาหารเลี้ยงเชื้อ และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มาทำการ pour plate technique บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
4. นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น โดยเลือกนับเฉพาะที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกในรูปโคโลนีต่อกรัม

ภาคผนวก จ. การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางที่ จ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของระยะเวลาการเข้าข้าวต่อคุณลักษณะทาง
ประสาทสัมผัส

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F	CV
สี	Block	19	41.938	2.207	3.176*	6.68 %
	Treatment(T)	3	3.637	1.212	1.725	
	Error	57	39.612	.695		
	Total	80	3663.000			
กลิ่น	Block	19	22	6.463	5.255*	6.20 %
	Treatment(T)	3	40.300	13.433	2.556*	
	Error	57	145.700	2.556		
	Total	80	3384.000			
รสชาติ	Block	19	72.438	3.813	2.807*	6.81 %
	Treatment(T)	3	16.337	5.446	4.010*	
	Error	57	77.417	1.358		
	Total	80	3879.000			
เนื้อสัมผัส	Block	19	120.738	6.355	6.016*	6.61 %
	Treatment(T)	3	26.038	8.679	8.216*	
	Error	57	60.213	1.056		
	Total	80	3705.000			
ความชอบโดยรวม	Block	19	54.237	2.855	2.152*	7.01 %
	Treatment(T)	3	13.138	4.379	3.301*	
	Error	57	75.613	1.327		
	Total	80	4077.000			

หมายเหตุ : * หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

**หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตารางที่ จ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของแหล่งลูกแป้งและระยะเวลาการหมักต่อ
คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F	CV
สี	Rep	7	35.323	5.046	2.293*	13.62 %
	Treatment(T)	8	26.563	3.320	1.509	
	Error	56	123.215	2.200		
	Total	72	2832.000			
กลิ่น	Rep	7	87.837	12.548	4.724*	6.34 %
	Treatment(T)	8	53.702	6.713	2.527*	
	Error	56	148.742	2.656		
	Total	72	3197.000			
รสชาติ	Rep	7	99.072	14.153	5.122*	6.28 %
	Treatment(T)	8	62.601	7.825	2.832*	
	Error	56	154.732	2.763		
	Total	72	3175.000			
เนื้อสัมผัส	Rep	7	71.782	10.255	4.323*	6.28 %
	Treatment(T)	8	44.729	5.591	2.357*	
	Error	56	132.827	2.357		
	Total	72	3086.000			
ความชอบโดยรวม	Rep	7	78.434	11.205	3.711*	6.63 %
	Treatment(T)	8	51.809	6.476	2.145*	
	Error	56	169.080	3.019		
	Total	72	3455.000			

หมายเหตุ : * หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

**หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตารางที่ ๒ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวหมากต่อ
คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F	CV
สี	Treatment(T)	4	3.400	.850	1.535*	6.40 %
	Error	95	52.600	.554		
	Total	100	4152.000			
กลิ่น	Treatment(T)	4	142.660	35.665	37.049*	6.67 %
	Error	95	91.450	.963		
	Total	100	4683.000			
รสชาติ	Treatment(T)	4	165.940	41.485	54.247*	6.29 %
	Error	95	72.650	.765		
	Total	100	4195.000			
เนื้อสัมผัส	Treatment(T)	4	143.440	35.860	29.179*	6.09 %
	Error	95	116.750	1.221		
	Total	100	3969.000			
ความชอบ โดยรวม	Treatment(T)	4	93.660	23.415	35.024*	7.08 %
	Error	95	71.700	.755		
	Total	100	5178.000			

หมายเหตุ : * หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

**หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของแหล่งลูกแป้งและระยะเวลาการหมักต่อ
คุณลักษณะทางกายภาพ

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F	CV
L*	Treatment	8	210.85	26.36	5.36**	5.83 %
	S	2	149.18	74.59	15.16**	
	D	2	3.43	1.72	0.35	
	S×D	4	58.23	14.56	2.96*	
	Error	18	88.54	4.92		
	Total	26	299.39			
a*	Treatment	8	12.75	1.59	1.95	9.00 %
	S	2	5.21	2.60	3.19	
	D	2	0.75	0.38	0.46	
	S×D	4	6.79	1.70	2.08	
	Error	18	14.71	0.82		
	Total	26	27.47			
L*	Treatment	8	15.43	1.93	2.40*	8.33 %
	S	2	9.06	4.52	5.63*	
	D	2	0.16	0.08	0.10	
	S×D	4	6.23	1.55	1.93	
	Error	18	14.49	0.80		
	Total	26	29.91			

หมายเหตุ : * หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

**หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตารางที่ จ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของแหล่งลูกแป้งและระยะเวลาการหมักต่อ
คุณลักษณะทางเคมี

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F	CV
pH	Treatment	8	1.99	0.25	23.20**	2.10 %
	S	2	1.82	0.91	84.72**	
	D	2	0.15	0.07	6.93**	
	S×D	4	0.02	0.006	0.57	
	Error	18	0.19	0.01		
	Total	26	2.19			
Total soluble solid	Treatment	8	295.09	36.89	218.90**	1.18 %
	S	2	274.89	137.44	815.60**	
	D	2	16.99	8.50	50.40**	
	S×D	4	3.22	0.80	4.77**	
	Error	18	3.03	0.16		
	Total	26	298.17			
Reducing sugar	Treatment	8	5755.37	719.43	42.50**	8.45 %
	S	2	2161.01	1080.51	63.84**	
	D	2	3377.15	1688.58	99.76**	
	S×D	4	219.20	54.31	3.21*	
	Error	18	304.66	16.93		
	Total	26	6060.03			
Total acid	Treatment	8	2.47	0.30	90.11**	9.33 %
	S	2	1.62	0.80	235.59**	
	D	2	0.70	0.35	101.36**	
	S×D	4	0.17	0.04	11.75**	
	Error	18	0.06	0.003		
	Total	26	2.53			

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F	CV
Ethyl alcohol	Treatment	8	36.14	4.52	17.20**	13.91 %
	S	2	32.82	16.40	62.48**	
	D	2	2.33	1.17	4.42*	
	S×D	4	0.99	0.25	0.95	
	Error	18	4.73	0.27		
	Total	26	40.86			

หมายเหตุ : * หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

**หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$)