การประยุกต์ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตข้าวหมากทางการค้า

APPLICATION OF STARTER CULTURE FOR COMMERCIAL SWEETENED RICE PRODUCTION

ลมภูริพล สรสุพิสิฐกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การประยุกต์ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตข้าวหมากทางการค้า

ลมภูริพล สรสุพิสิฐกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตข้าวหมากทางการค้า
	Application of Starter Culture for Commercial Sweetened Rice Production
ชื่อ-นามสกุล	นายลมภูริพล สรสุพิสิฐกุล
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์เจริญ เจริญชัย, Ph.D.
ปีการศึกษา	2555

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์สาวิตรี วทัญญูไพศาล, Ph.D.)

..... กรรมการ
(อาจารย์ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เจริญ เจริญชัย, Ph.D.)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(นางสาวจีรวัฒน์ เหรียญอารีย์)
วันที่ 7 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตข้าวหมากทางการค้า
ชื่อ – นามสกุล นายลมภูริพล สรสุพิสิฐกุล
สาขาวิชา เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์เจริญ เจริญชัย, Ph.D.
ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ (1) เพื่อศึกษากระบวนการและต้นทุนการผลิตข้าวหมากแบบดั้งเดิม (2) เพื่อศึกษาการใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตข้าวหมาก และ (3) เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ผลิตและผู้บริโภคต่อข้าวหมากที่ผลิตจากกล้าเชื้อบริสุทธิ์

วิธีการวิจัย ศึกษากระบวนการผลิตและต้นทุนการผลิตข้าวหมากแบบดั้งเดิม โดยสัมภาษณ์ผู้ประกอบการจากอำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี ศึกษาปริมาณกล้าเชื้อ *Amylomyces rouxii* ในการผลิตข้าวหมาก 3 ระดับคือ ร้อยละ 2 5 และ 10 คัดเลือกปริมาณเชื้อที่เหมาะสมโดยนำข้าวหมากที่ได้มาประเมินทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9 Point Hedonic Scale Test จากนั้นนำสูตรที่เหมาะสมมาผลิตข้าวหมากเพื่อศึกษาคุณภาพทางเคมีและการยอมรับของผู้ผลิตและผู้บริโภค

ผลการวิจัยพบว่า สูตรของข้าวหมากที่ผลิตแบบดั้งเดิมประกอบด้วย ข้าวเหนียว ลูกแป้ง และน้ำตาลทรายปริมาณร้อยละ 90.49 0.45 และ 9.04 คิดต้นทุนรวม 73 บาทต่อตำรับ จากการศึกษาปริมาณกล้าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมากจากกล้าเชื้อบริสุทธิ์ *Amylomyces rouxii* พบว่ากล้าเชื้อในปริมาณร้อยละ 5 จะผลิตได้ข้าวหมากที่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นแอลกอฮอล์ รสหวาน ความนุ่มของข้าว และความชอบโดยรวมสูงที่สุด และมีความแตกต่างจากกล้าเชื้อปริมาณร้อยละ 2 และ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนคุณภาพด้านเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณแอลกอฮอล์ มีค่าเฉลี่ยที่ 3.5 45 ºBrix และ ร้อยละ 1.3 ตามลำดับ จากการสัมภาษณ์ความพึงพอใจของผู้ประกอบการพบว่า ผู้ประกอบการมีความพึงพอใจในการใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ เพราะมีกระบวนการและต้นทุนการผลิตที่ควบคุมได้ และผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์

คำสำคัญ: การประยุกต์ กล้าเชื้อ ข้าวหมาก การค้า

Thesis Title	Application of Starter Culture for Commercial Sweetened Rice Production
Name-Surname	Mr. LomphuripholSorasupisitkul
Program	Home Economics Technology
Thesis Advisor	Mr. Charoen Charoenchai, Ph.D.
Academic year	2012

ABSTRACT

The objectives of this study are 1) to study the production process and production cost of sweetened rice, 2) to study the starter culture development of sweetened rice production, and 3) to study the acceptance of the product from starter culture for both the producer and the consumer.

Data about the original production process and the production cost of sweetened rice were collected by interviewing a producer from Muang District, Suphanburi Province. Three levels of starter cultures at 2, 5 and 10 per cent were used to inoculate the rice and sensory evaluation of the resulting products was carried out using the 9 Point Hedonic Scale Test in order to select appropriate inoculum size. Physical and chemical properties of sweetened rice produced with the starter culture were analyzed. The producer's ability to adopt the production process as well as consumer acceptance of the modified product was determined.

It was found that the ingredients for original sweetened rice production were glutinous rice, lukpang (starter cake) and sugar at 90.49 0.45 and 9.04 % respectively. The total production cost was 73 baht per batch. Sweetened rice made by using 5 % of pure starter culture of *Amylomyces rouxiii* gave the highest scores for appearance, odour, sweetness, rice softness and overall acceptability. There were statistically significant differences at 95 % confidence level between 5 % and 2 or 10 % of the starter culture. Average values for pH, total soluble solids and alcohol contents of the sweetened rice liquid were 3.5, 45 ºBrix and 1.3 % respectively. The producer was satisfied with the use of starter culture because the production cost and fermentation time could be efficiently controlled and the product was accepted by the consumers.

Key words: Application, Starter Culture, Sweetened Rice, Commercial

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ดีด้วยความกรุณาอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจริญ เจริญชัย และ ดร.ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ รวมทั้งคณะกรรมการสอบทุกท่านที่ได้คอยให้คำแนะนำปรึกษา และตรวจข้อบกพร่องต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศรีสมร คงพันธุ์ อาจารย์เสาวณีย์ รัตนสุวรรณ อาจารย์มณี สุวรรณผ่อง ผู้เชี่ยวชาญทางด้านอาหารไทยและผู้เชี่ยวชาญทางด้านโภชนาศาสตร์ ที่ให้คำแนะนำ ที่ปรึกษาขั้นตอนวิธีการผลิตข้าวหมาก และให้ข้อเสนอแนะในการคำนึงถึงหลักโภชนาการมอบกำลังใจและความห่วงใยกับผู้วิจัยเสมอมา ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณบิดา มารดาที่มอบเงินทุนสนับสนุนในการดำเนินการวิจัยและมอบกำลังใจที่ดีมาโดยตลอดจนหาที่สุดมิได้ รวมทั้งญาติพี่น้องในครอบครัวศรบรรจงและครอบครัวสรสุพิสิฐกุลที่คอยไถ่ถามและให้กำลังใจในการทำการวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณท่าน ดร.อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิวลี ไทยถาวร ผู้ช่วย-ศาสตราจารย์อาภัสรา กวีวังโส อาจารย์อรุณวรรณ อรรถธรรม อาจารย์เกรียงศักดิ์ สิงห์แก้ว อาจารย์รัตนาพร มะโนกิจ และเจ้าหน้าที่คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณผู้แต่งและเรียบเรียงตำรา เอกสาร ผลงานวิจัยต่างๆ มีผู้วิจัยนำมาใช้อ้างอิงในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณลาวัลย์ ชตานนท์ นักวิชาการระดับ 8 ประจำศูนย์จุลินทรีย์สถาบันวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ที่ให้ความอนุเคราะห์สายพันธุ์จุลินทรีย์ให้คำแนะนำและคำปรึกษา มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่บรรณารักษ์ประจำหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่คอยเอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวกในการสืบค้นข้อมูลในการทำวิจัยในครั้งนี้

ลมภูริพล สรสุพิสิฐกุล

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 เชื้อราที่พบในลูกแป้งจากแหล่งต่างๆ 6
2.2 ยีสต์ในลูกแป้งจากแหล่งต่างๆ 10
2.3 ตารางคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเหนียว 13
4.1 ต้นทุนการผลิตข้าวหมากแบบดั้งเดิม 29
4.2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ใช้ปริมาณกล้าเชื้อที่ต่างกัน 30
4.3 ต้นทุนการผลิตข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ 32
4.4 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตข้าวหมากแบบดั้งเดิม
และต้นทุนการผลิตข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ 33
4.5 แสดงข้อมูลทางประชากรศาสตร์ 34
4.6 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและทัศนคติต่อการบริโภคข้าวหมาก 36
4.7 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ 37
4.8 ผลการทดสอบความแตกต่าง ระหว่างผลิตภัณฑ์ข้าวหมากแบบดั้งเดิม
และผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ 40
1-ง แสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมี 73
1-จ การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ
เมื่อศึกษาหาปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมาก 75
2-จ การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นแอลกอฮอล
เมื่อศึกษาหาปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมาก 75
3-จ การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้าน
รสหวาน เมื่อศึกษาหาปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมาก 75
4-จ การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านรสเปรี้ยว
เมื่อศึกษาหาปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมาก 76
5-จ การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความนุ่มของข้าว
เมื่อศึกษาหาปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมาก 76
6-จ การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบโดยรวม
เมื่อศึกษาหาปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมาก 76

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

4.1 แสดงค่า pH และ ค่าของแข็งที่ละลาย 31
1-ก ส่วนผสมของข้าวหมาก.....52
2-ก ข้าวเหนียวที่แช่น้ำไว้เทลงภาชนะไม้ไผ่สานเพื่อขึ้นนึ่ง.....52
3-ก นึ่งข้าวเหนียวระยะเวลา 20 นาที 53
4-ก นำข้าวเหนียวผึ่งบนกระด้งไม้ไผ่ให้เย็น 53
5-ก ล้างข้าวเหนียวด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง 54
6-ก เทข้าวเหนียวพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ.....54
7-ก นำส่วนผสมของข้าวเหนียวและกล้าเชื้อข้าวใส่ลงในอ่างผสม 55
8-ก ใส่ส่วนผสมของน้ำตาลทรายและเคล้าส่วนผสมให้เข้ากัน.....55
9-ก ตักส่วนผสมใส่บรรจุภัณฑ์.....56
10-ก ข้าวหมากที่เสร็จแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 - 37องศาเซลเซียสระยะเวลา 48 ชั่วโมง.....56
1-ข เครื่อง Laboratory pH Meter. 62
2-ข เครื่อง Hand Refractometer.....63
3-ข เครื่องมือ Ebulliometer.....64

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ง
กิตติกรรมประกาศ.....จ
สารบัญ.....ฉ
สารบัญตาราง.....ซ
สารบัญภาพ.....ฌ
บทที่
1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 ข้าวหมาก.....3
2.2 ลูกแป้ง.....4
2.3 จุลินทรีย์ที่พบในลูกแป้ง.....5
2.4 การพัฒนากล้าเชื้อ.....11
2.5 ข้าวเหนียว.....13
2.6 น้ำตาล.....15
2.7 กระบวนการในการทำข้าวหมาก.....17
2.8 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักข้าวหมาก.....17
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....18

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

3 วิธีดำเนินการวิจัย 24

3.1 วัตถุดิบ 24

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตข้าวหมาก 24

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ 24

3.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 25

4 ผลการวิจัย และวิจารณ์ผล 28

4.1 การศึกษากระบวนการผลิตและต้นทุน
การผลิตของผู้ประกอบการข้าวหมากที่เป็นกรณีศึกษา 28

4.2 การพัฒนากล้าเชื้อบริสุทธิ์ *Amylomyces rouxii* 29

4.3 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักข้าวหมาก 31

4.4 ผลการศึกษาการประยุกต์ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตและศึกษาการยอมรับต่อ
ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในสถานประกอบการ 32

5 สรุปผลการวิจัย การอภิปราย และข้อเสนอแนะ 40

5.1 สรุปผลการวิจัย 40

5.2 ข้อเสนอแนะ 43

บรรณานุกรม 44

ภาคผนวก 48

ภาคผนวก ก ตำรับและวิธีการผลิตข้าวหมาก 49

ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ 61

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ 65

ภาคผนวก ง แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 72

ภาคผนวก จ ผลวิเคราะห์สถิติด้านการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 74

ประวัติผู้เขียน 77

บทที่1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อาหารไทยที่มีมาช้านานเกิดจากภูมิปัญญาของคนไทย ทั้งในรูปแบบอาหารคาวและอาหารหวาน อาหารที่มาจากภูมิปัญญาชาวบ้านถือได้ว่าเป็นเอกลักษณ์และมีคุณค่าทางจิตใจของคนไทย ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อาหารจากภูมิปัญญาท้องถิ่นหลายผลิตภัณฑ์ อาทิเช่น ข้าวหมาก อุสาโท กระแช่ น้ำตาลเมา เป็นต้น

ข้าวหมาก คือข้าวเหนียวที่นึ่งแล้ว นำมาล้างให้สะอาดแล้วนำมาผสมกับลูกแป้งข้าวหมาก น้ำตาลทราย แล้วนำไปหมักในระยะเวลา 2 วันหรือ 48 ชั่วโมง เป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักที่ได้จากธัญพืชข้าวหมากเป็นอาหารหมักพื้นบ้านของไทยทำจากข้าวเหนียวทั้งข้าวเหนียวธรรมดาและข้าวเหนียวดำแต่ข้าวเหนียวดำมักไม่ค่อยพบบ่อยนักในการทำข้าวหมากจะต้องใช้ลูกแป้งข้าวหมาก ซึ่งมีลักษณะเป็นก้อนแป้งครึ่งวงกลม สีขาวนวล น้ำหนักเบา ในลูกแป้งข้าวหมากจะมีเชื้อราสกุล *Mucor* sp. และ *Amylomyces* sp. ซึ่งสามารถสร้างเอนไซม์อะไมเลสออกมาย่อยแป้งในข้าวเหนียวให้เป็นน้ำตาล น้ำตาลหรือน้ำหวานที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวนี้ เรียกว่า น้ำต้อยมีความหวานประมาณ 30 - 40 องศาบริกซ์ (ปริมาณน้ำตาลคิดเป็นกรัมของน้ำซูโครสต่อ 100 มิลลิลิตร) น้ำต้อยที่ย่อยได้ในระยะแรกช่วงวันที่ 1 และ 2 ยังไม่ค่อยหวานจัด เพราะแป้งยังถูกย่อยไม่สมบูรณ์จะเริ่มหวานจัดประมาณวันที่ 3 และถ้าหมักไว้นานสัปดาห์จะมีกลิ่นเหล้าอ่อนๆ เนื่องจากมียีสต์บางชนิดเช่น ยีสต์ในสกุล *Saccharomyces* sp. หมักน้ำตาลในข้าวหมากเป็นแอลกอฮอล์ จึงควรเก็บข้าวหมากไว้ในตู้เย็นเพื่อชะลอการหมักของผลิตภัณฑ์ (สิรินทรเทพ ภักดีศุภผล, 2523: 1)

การผลิตข้าวหมากจะประกอบด้วยส่วนผสมของลูกแป้ง ปัจจุบันการผลิตข้าวหมากทางการค้าจะพบปัญหาของลูกแป้ง เนื่องจากลูกแป้งหาซื้อได้ยาก ลูกแป้งมีเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการปะปน จึงทำให้ลูกแป้งมีประสิทธิภาพน้อยลงเมื่อนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวหมากลูกแป้งข้าวหมากที่ดีควรจะมีลักษณะเป็นก้อนครึ่งวงกลม สีขาวนวล เนื้อแป้งมีเส้นใยของเชื้อราเกาะอยู่ที่พื้นผิวรอบนอกของลูกแป้ง เมื่อมีอายุมากขึ้นลูกแป้งจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำลูกแป้งจะต้องมีการเก็บรักษาความสะอาดและควบคุมอุณหภูมิได้อย่างเหมาะสมส่วนประกอบที่สำคัญของลูกแป้งที่จะนำมาเป็นกล้าเชื้อในการผลิตข้าวหมากจะประกอบด้วย เครื่องเทศ น้ำ และแป้งเชื้อเดิม

งานวิจัยที่ผ่านมามีการใช้กล้าเชื้อรา *Amylomyces rouxii* มาผลิตข้าวหมากเนื่องจากเป็นราที่พบในลูกแป้งสามารถย่อยแป้งได้ดีและผลิตกรดไม่มากเกินไป (มณชัย เดชสังกรานนท์, 2546) แต่ไม่มีการศึกษาการประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตสำหรับจำหน่ายในระดับผู้ประกอบการ

ในการศึกษาการทำวิจัยครั้งนี้จึงได้ศึกษาการนำกล้าเชื้อบริสุทธิ์มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตข้าวหมากทางการค้าเพื่อยกระดับกระบวนการผลิตให้มีความสะดวกและศึกษาการหมักบ่มของผลิตภัณฑ์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในระบบอุตสาหกรรมอาหารต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการผลิตและต้นทุนการผลิตจากข้าวหมากแบบดั้งเดิม

1.2.2 เพื่อศึกษาการใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตข้าวหมาก

1.2.3 เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ผลิตและผู้บริโภคต่อข้าวหมากที่ผลิตจากกล้าเชื้อบริสุทธิ์

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษากระบวนการผลิตข้าวหมากโดยใช้จุลินทรีย์ *Amylomyces rouxii* TISTR 3182 เป็นกล้าเชื้อผลิตข้าวหมาก และศึกษาการยอมรับของผู้ผลิต และผู้บริโภคในอำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรีต่อกระบวนการผลิตและคุณภาพของข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในการผลิต

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถพัฒนาปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตข้าวหมากได้

1.4.2 ผู้ผลิตข้าวหมากสามารถสร้างมาตรฐานให้กับผลิตภัณฑ์โดยการใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการหมักและมีคุณภาพที่สม่ำเสมอ เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตและพัฒนาข้าวหมากเพื่อเข้าสู่ระบบอุตสาหกรรมโดยเป็นที่ยอมรับและได้มาตรฐาน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตข้าวหมากทางการค้า มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตและต้นทุนการผลิตจากข้าวหมากแบบดั้งเดิม ศึกษาการใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตข้าวหมาก และศึกษาการยอมรับของผู้ผลิตและผู้บริโภคต่อข้าวหมากที่ผลิตจากกล้าเชื้อบริสุทธิ์ มีเอกสารและงานวิจัย ที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 ข้าวหมาก

2.2 ลูกแป้ง

2.3 จุลินทรีย์ที่พบในลูกแป้ง

2.4 การพัฒนากล้าเชื้อ

2.5 ข้าวเหนียว

2.6 น้ำตาล

2.7 กระบวนการในการทำข้าวหมาก

2.8 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักข้าวหมาก

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าวหมาก

ข้าวหมากคือ ขนมหวานหรืออาหารว่างชนิดหนึ่งของไทยในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ต่างก็มีผลิตภัณฑ์คล้ายๆ ข้าวหมากที่เรียกชื่อต่างกันไป เช่นมาเลเซียและอินโดนีเซียเรียกว่า ทาไป นอกจากนั้นยังเอามันสำปะหลังมาทำข้าวหมากได้อีกด้วยแต่สำหรับประเทศไทยมีแต่ข้าวหมากที่ทำจากข้าวเท่านั้นลักษณะเฉพาะของข้าวหมากที่ทำให้แตกต่างจากขนมหวานอื่นๆ คือข้าวหมากจะมีรสชาติของแอลกอฮอล์เมื่อรับประทานแล้วจะมีความรู้สึกร้อนคอและมึนเล็กน้อย (เจริญ เจริญชัย, 2547) ข้าวหมากเป็นอาหารหมักพื้นบ้านของไทยทำจากข้าวเหนียวทั้งข้าวเหนียวธรรมดาและข้าวเหนียวดำแต่ปัจจุบันมักไม่ค่อยเห็นข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำการทำข้าวหมากถือเป็นการถนอมอาหารวิธีหนึ่งเนื่องจากยีสต์จะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอชทิลแอลกอฮอล์ในการทำข้าวหมากจะต้องใช้ลูกแป้งข้าวหมากซึ่งมีลักษณะเป็นก้อนแป้งครึ่งวงกลม สีขาวนวล น้ำหนักเบา ในลูกแป้งข้าวหมากจะมีเชื้อรา สกุล *Mucor* sp. และ *Amylomyces* sp. ซึ่งสามารถสร้างเอนไซม์

อะไมเลสออกมาย่อยแป้งในข้าวเหนียวให้เป็นน้ำตาล น้ำตาลหรือน้ำหวานที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวนี้เรียกว่า น้ำต้อย โดยในระยะแรกช่วงวันที่ 1 และ 2 น้ำต้อยยังไม่ค่อยหวานจัดเพราะแป้งยังถูกย่อยไม่สมบูรณ์จะเริ่มหวานจัดประมาณวันที่ 3 และถ้าหมักไว้นานสัปดาห์จะมีกลิ่นเหล้าอ่อนๆ เนื่องจากมียีสต์บางชนิด เช่น ยีสต์ในสกุล *Saccharomyces* sp. ที่หมักน้ำตาลในข้าวหมากกลายเป็น แอลกอฮอล์ ดังนั้นจึงควรเก็บข้าวหมากไว้ในตู้เย็นเมื่อหมักได้ที่แล้ว

วัตถุดิบในการทำข้าวหมาก มีดังนี้ 1. ข้าวเหนียวอย่างดีไม่มีเมล็ดข้าวหักปน 2. ลูกแป้งข้าวหมาก หาซื้อได้ตามตลาดทั่วๆไป ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการทำข้าวหมาก ลักษณะเป็นก้อนแป้งครึ่งวงกลม สีขาวนวล น้ำหนักเบา เห็นเส้นใยเชื้อราเกาะที่แป้ง ควรเลือกซื้อลูกแป้งข้าวหมากที่ทำเสร็จใหม่ๆ เพราะถ้าเก่า ลูกแป้งจะมีเชื้ออื่นที่ไม่ต้องการปะปน ทำให้ข้าวหมากไม่มีคุณภาพ สังเกตได้จากสีของลูกแป้งจะเริ่มเป็นสีเหลืองออกน้ำตาล บางครั้งอาจเห็นราดำขึ้นเป็นจุดๆส่วนประกอบที่สำคัญของลูกแป้ง ได้แก่ เครื่องเทศ น้ำ และแป้ง เชื้อลูกแป้งแต่ละรายจะมีสูตรการทำลูกแป้งแตกต่างกันออกไป 3. น้ำ ต้องเป็นน้ำสะอาด อาจเป็นน้ำฝน หรือน้ำบาดาลก็ได้ 4. ภาชนะสำหรับใส่ข้าวหมาก อาจเป็นโหลแก้ว ไห หรือกล่องพลาสติกก็ได้

ขั้นตอนการทำข้าวหมาก ทำได้โดยนำข้าวเหนียวแช่น้ำค้างคืนหรืออย่างน้อย 3 ชั่วโมง จากนั้นนำข้าวเหนียวไปนึ่งให้สุกอย่าให้เมล็ดข้าวบานเพราะเมื่อนำไปทำข้าวหมากจะเละไม่สวย นำไปผึ่งให้เย็นในภาชนะที่สะอาด นำข้าวที่ได้ล้างเมล็ดข้าวด้วยน้ำสะอาดหลายๆครั้งจนกว่าจะหมดยางข้าวเกลี่ยข้าวให้กระจายทิ้งให้สะเด็ดน้ำโรยแป้งข้าวหมากที่บดละเอียดบนข้าวให้สม่ำเสมอ โดยใช้อัตราส่วนลูกแป้ง 1 ลูกต่อข้าว 1–2 กิโลกรัมคลุกเคล้าให้เข้ากันเบาๆ นำไปใส่ในภาชนะที่เตรียมไว้อย่ากดข้าวให้แน่นนำไปบ่มใช้เวลา 2 - 3 วันจะได้ข้าวหมากที่มีเม็ดข้าวนุ่ม หอม มีน้ำซึมออกมา พร้อมกินได้ (วรายุ ลี้ประเสริฐ, 2546: 7-17)

2.2 ลูกแป้ง (นภา โล่ห์ทอง, 2535: 5)

ลูกแป้งคือ กล้าเชื้อจุลินทรีย์ ที่เก็บในรูปแบบเชื้อแห้งเพื่อใช้ในการผลิตอาหารหมักหลายชนิดในประเทศแถบเอเชีย เทคโนโลยีการผลิตและการใช้ลูกแป้งมีมาแต่โบราณก่อนที่มนุษย์จะเข้าถึงศาสตร์ทางจุลชีววิทยา โดยเข้าใจว่ามีต้นกำเนิดจากประเทศจีนและได้ถ่ายทอดไปยังประเทศเพื่อนบ้าน เช่น ทิเบต สิขิม อินเดีย เกาหลี และกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งประเทศไทย กล้าเชื้อในลักษณะนี้มีชื่อเรียกตามภาษาท้องถิ่นของแต่ละประเทศ ส่วนการใช้ประโยชน์นั้นจะคล้ายคลึงกันเป็นส่วนใหญ่ คือใช้ในกระบวนการหมักที่มีกิจกรรมการเปลี่ยนแป้งในวัตถุดิบประเภทธัญพืชและพืชหัวให้เป็นน้ำตาล (saccharification) เพื่อผลิตอาหารหมักประเภทข้าวหมาก สุรา และเมรัย เช่น กระแช่ สาโท หรือ อุ ยกเว้น ราจิเทมเป้ของอินโดนีเซียที่ใช้ในการ

ผลิตเทมเป้ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง โดยกิจกรรมของกล้าเชื้อจะเป็นการย่อยสลายโปรตีน สำหรับประเทศไทยนั้นยังมีลูกแป้งที่ใช้ในการหมักน้ำส้มสายชูจากวัตถุดิบพวกธัญพืช ซึ่งเรียกว่า ส่าน้ำส้ม ชาวตะวันตกเรียกลูกแป้งรวมๆ กันว่า Chinese yeast cake รายละเอียดเกี่ยวกับชื่อเรียกของลูกแป้งในแต่ละท้องถิ่น โดยสรุปแล้วจะแบ่งลูกแป้งได้เป็นชนิดใหญ่ๆคือ ลูกแป้งข้าวหมาก ลูกแป้งเหล้า ลูกแป้งน้ำส้มสายชู และลูกแป้งเทมเป้ ลูกแป้งที่ดีจะมีลักษณะโปร่งเบา สีขาวนวล มีรอยแตกร้าว ก้อนแป้งเป็นรูพรุน ซึ่งเกิดจากการฟูของแป้งขณะบ่ม เมื่อขยี้จะยุ่ยเป็นผงละเอียด ไม่มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว มีรูปร่าง และขนาดต่างกัน ลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้าส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นครึ่งวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 – 4 เซนติเมตร ลูกแป้งน้ำส้มสายชูมักนิยมปั้นเป็นก้อนกลมขนาดใหญ่ ประมาณ 5 - 6 เซนติเมตร และมีกลิ่นเครื่องเทศ ฉุนจัด ลูกแป้งจากบางแหล่งบางท้องถิ่น เช่น ลูกแป้งจากอินเดียและมาเลเซียมีลักษณะเป็นวงแหวน ลูกแป้งเหล้าเกาเหลียงของจีนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 12 - 15 เซนติเมตร มีลักษณะคล้ายวงแหวนเช่นเดียวกัน ลูกแป้งจากไต้หวัน เมื่อแห้งแล้วจะนิยมนำมาป่นละเอียดเป็นผงและบรรจุขายเป็นซอง ลูกแป้งที่ผลิตจากแต่ละแหล่งจะมีประสิทธิภาพการหมักต่างกัน ซึ่งบางครั้งไม่สามารถบอกได้ด้วยลักษณะปรากฏ (นภา โล่ห์ทอง, 2535: 6-7)

2.3 จุลินทรีย์ที่พบในลูกแป้ง (นภา โล่ห์ทอง, 2535: 6-7)

ลูกแป้ง คือกล้าเชื้อผสม (mixed culture) ที่มีทั้งเชื้อรา ยีสต์และแบคทีเรีย ซึ่งเป็นที่น่าสนใจว่า ถึงแม้กรรมวิธีการผลิตลูกแป้ง จะไม่สามารถควบคุมการปนเปื้อนได้โดยสิ้นเชิงแต่หากการผลิตนั้นได้กระทำอย่างระมัดระวัง จะมีจุลินทรีย์เพียงไม่กี่สกุล (genus) เท่านั้น ที่สามารถเจริญและเพิ่มจำนวนจนตรวจนับได้ในปริมาณที่สูงส่วนจุลินทรีย์ปนเปื้อนอื่นๆจะพบปนมาในปริมาณที่น้อยมาก

2.3.1 เชื้อรา

เชื้อราที่ตรวจพบในลูกแป้งจากทุกๆ แหล่งที่มีรายงานการศึกษาได้แก่ *Amylomyces rouxii* และ *Rhizopus* spp. ปริมาณที่พบมากน้อยนั้นขึ้นกับชนิดของลูกแป้ง เชื้อหลักที่พบในลูกแป้งข้าวหมากได้แก่ *A. rouxii* ซึ่งส่วนใหญ่พบประมาณ 10^4 cfu ต่อกรัม ส่วนลูกแป้งที่ปั้นใหม่ๆ จะพบถึง $1.5\times10^5 – 2.7\times 10^5$ cfu ต่อกรัม จุลินทรีย์นี้มีปรากฏเพียง species เดียว และไม่มีรายงานว่าแยกได้จากธรรมชาติ ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นเชื้อที่ผ่าเหล่าอย่างถาวรมาจาก *Rhizopus* spp. ในการแยกเชื้อจากลูกแป้งในระยะแรกๆ ได้จัดจำแนกจุลินทรีย์นี้เป็น *Chlamydomucor rouxii, C. japonicus, C. rouxiznus* และ *Rhizopus chlamydosporus* สำหรับลูกแป้งเหล้าจะพบทั้ง *Rhizopus* spp. และ *A. rouxii* เป็นเชื้อหลัก ยกเว้นลูกแป้งสุราจากอินเดียซึ่งเชื้อราส่วนใหญ่เป็น *Mucor* spp. และในลูกแป้งสำหรับผลิตเทมเป้ที่พบ *R. oligosporus* และ *R. oryzae* เชื้อรานี้มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์โปรตีเอส

เพื่อย่อยสลายโปรตีนในถั่วเหลือง นอกจากเชื้อราหลักๆ ที่กล่าวมาแล้วยังพบเชื้อราอื่นต่างๆ ชนิดกัน โดยขึ้นอยู่กับแหล่งที่ผลิตลูกแป้ง ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เชื้อราที่พบในลูกแป้งจากแหล่งต่างๆ

แหล่งและชนิดของลูกแป้ง	เชื้อรา
ลูกแป้งข้าวหมากไทย	*Amylomyces rouxii*
	Rhizopus spp.
	Mucor spp.
	Aspergillus niger
	Aspergillus spp.
	Aspergillus spp.
	Penicillium spp
ลูกแป้งเหล้าไทย	*Rhizopus* spp.
	A. rouxii
	Mucor spp.
	Aspergillus spp.
	Penicillium spp.
ลูกแป้ง (ส่า) น้ำส้มไทย	*Rhizopus* spp.
	A. rouxii
	Mucor spp.
	Aspergillus spp.
	Absidia spp.

ตารางที่ 2.1 เชื้อราที่พบในลูกแป้งจากแหล่งต่างๆ (ต่อ)

แหล่งและชนิดของลูกแป้ง	เชื้อรา
ลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้าอินโดนีเซีย	*A. rouxii , Mucor dubius ,*
	M. javanicus , Rhizopus oryzae,
	A. Niger, R. stolonifer , A. rouxii
	R. chonii , Zygorrhynchus moelleri
	A.oryzae , A. flavus ,
	R. oligosporus
	R. arrhizus
	Fusarium spp.
ลูกแป้งเทมเป้อินโดนีเซีย	*Rizopus oligosporus*
	Rizopus spp.
	Mucor spp.
	Asperjillus spp.
ลูกแป้งอินเดีย	*M. fragilis , A.rouxii*
	R. fragilis
ลูกแป้งฟิลิปปินส์	*Rizopus* spp. , *Mucor* spp.
ลูกแป้งจีน	*Rhizopus javanicus*

ที่มา: นภา โล่ห์ทอง (2534: 14-15)

เชื้อราที่สามารถผลิตอะไมเลสและมีบทบาทสำคัญในการผลิตสาโทได้แก่กลุ่ม *Rhizopus ,Amylomyces, Mucor* และ *Aspergillus* (ประดิษฐ์ ครุวัฒณา, 2546: 45 และมาวิณี แย้มจันทรามาศ, 2553: 5) แต่เชื้อราที่ตรวจพบส่วนมากได้แก่ *Amylomyces rouxii* และ *Rhizopus* sp. (นภา โล่ห์ทอง, 2534: 17) จุลินทรีย์ที่พบในลูกแป้งข้าวหมากมีทั้งราและยีสต์ส่วนใหญ่อยู่ใน order Mucorales ได้แก่ *Amylomyces* sp., *Rhozopus* sp., *Mucor* sp., และ *Absidia* sp. นอกจากนี้ยังพบ Imperfect fungi เช่น *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. และ *Hyalodendion* sp. (ชัยวัฒน์ จาติกเสถียร, 2520: 20 และพิไลพรรณ พงษ์บูล, 2523: 49)

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการหมัก ประกอบด้วยจุลินทรีย์ยูคาริโอตในกลุ่มของฟังไจสองประเภทคือราและยีสต์ จุลินทรีย์เหล่านี้ได้รับสารอาหารสำหรับการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์และสำหรับปฏิกิริยาการหมัก ซึ่งมีอยู่อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ในจากวัตถุดิบซึ่งเป็นข้าวปฏิกิริยาในการหมักสาโทจัดเป็น Multiparallel fermentation หมายถึงกระบวนการหมักที่มีหลายปฏิกิริยาและจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน ซึ่งแบ่งเป็นสองขั้นตอนหลักตามสภาวะของการหมักและประเภทของจุลินทรีย์ เริ่มจากขั้นตอนที่หนึ่ง เป็นกระบวนการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล (Saccharification) โดยราจะสร้างเอนไซม์ กลุ่มอะไมเลส ประกอบด้วยแอลฟาอะไมเลส (alpha amylase) เบต้าอะไมเลส (beta amylase) และกลูโคอะไมเลส (glucoamylase) ย่อยโครงสร้างแอลฟาฟอร์ม (α-form) ในโมเลกุลของเม็ดแป้ง ให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลใหญ่ น้ำตาลโมเลกุลคู่ และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวตามลำดับ สภาวะการหมักต้องการอากาศสำหรับการเจริญของรา กลุ่มที่มีความสำคัญและมีบทบาทในการสร้างเอนไซม์ปริมาณมากได้แก่ ราใน Class Zygomycetes Order Mucorales Family Mucoraceae ได้แก่ จีนัส สำคัญคือ *Rhizopus* sp. เช่น *R.oligosporus, R.japonicus, R.oryzae, R.arrhizus*, จีนัส *Mucor* sp. เช่น*M. rouxii, M. fragilis* และ จีนัส *Amylomyces* sp. ได้แก่ *Amylomyces rouxii* และราใน Class Deuteromycetes Order Moniliales Family Moniaceae ได้แก่ จีนัสสำคัญคือ *Aspergillus* sp. เช่น *A.oryzae, A. niger* คุณสมบัติของราในคลาสแรกคือ สร้างเอนไซม์ที่มีแอคทีวิตี้สูง พร้อมกับสร้างกรดอินทรีย์เช่นกรดฟูมาริก กรดซิตริกและกรดแลคติก ทำให้เกิดรสเปรี้ยว แต่การไฮโดรไลส์แป้งเกิดไม่สมบูรณ์ คือให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์น้อยกว่าเมื่อเทียบกับราในคลาสหลัง ยกเว้นรา *Amylomyces rouxii* ที่มีระดับการสร้างน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดในกลุ่ม เนื่องจากมีเอนไซม์ glucoamylase และไม่ทำให้เกิดรสเปรี้ยวในสาโท เป็นที่น่าสังเกตว่ากรดที่ เกิดขึ้นนี้จะเป็นตัวช่วยยับยั้งพวกจุลินทรีย์อื่นที่เป็นสาเหตุของการปนเปื้อนได้ ที่เรียกว่า Protected Fermentation เชื้อราจะสร้างเส้นใยจำนวนมากแผ่กระจายปกคลุมบนผิวเมล็ดข้าว และแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างระหว่างเมล็ดข้าว บางส่วนแทงทะลุเข้าไปในเมล็ดข้าว ราจะสร้างเอนไซม์จำนวนมากออกมาย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลเฟอร์เมนต์ ได้แก่ มอลโตไตรโอส (maltotriose) มอลโตส (maltose) กลูโคส (glucose) และน้ำตาลนอนเฟอร์เมนต์ได้แก่ ลิมิตเดกซ์ตริน (limit dextrins) และสร้างกรดอินทรีย์ และยังได้สารอาหารและวิตามินที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญของยีสต์ (www.2.diw.go.th/sura/สาโท/05.doc)

2.3.1.1 *Amylomyces*

Ellis, Wang และ Hesseltine. (1974) ได้ศึกษาเชื้อราใน Genus *Amylomyces* หลังจากที่ได้รวบรวมผลการค้นคว้าของนักวิจัยหลายท่าน โดยศึกษาลักษณะสันฐานวิทยา (morphological) และลักษณะทางสรีรวิทยา (physiological) ของ *Amylomyces rouxii, Rhizopus chlamodospous*(*chlamydosporus oryzea*) และ *Rhizopus oryzea* สรุปได้ว่า *Rhizopus chlamydosporus* หรือ *Chlamydosporus oryzea* ก็คือ *Amylomyces rouxii* ซึ่ง *Amylomyces* เป็น Genus ที่แตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเจน ถึงแม้จะคล้ายคลึงกับเชื้อรา Genus Rhizopus ก็ตามเชื้อใน Genus Amylomyces นี้มีอยู่เพียงชนิดเดียวคือ *Amylomyces rouxii* และมีชื่อพ้องกับเชื้อ *Chlamydomucor oryzea* (Wentet Geerling), *Chlamydomucor rouxii* (Calmette), *Chlamydomucor rouxianus* (Calmette), Chlamy-*domucor javanicus* (yamazaki), *Rhizopus chlamydosporus*

Amylomyces เป็นเชื้อราที่มีความสำคัญที่สุดในการทำข้าวหมาก จัดอยู่ในพวก Mucorales เมื่อเลี้ยงบนอาหาร synthetic mucor agar (SMA) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเจริญได้อย่างรวดเร็ว โคโลนีเจริญเต็มจานเลี้ยงเชื้อภายใน 7 วัน เส้นใยมีสีขาวจนถึงสีเทา และสามารถเจริญบนอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) และ Malt Extract Agar แต่เจริญช้ากว่ามากบนอาหาร Czapek's solution agar ลักษณะการเจริญบนอาหาร PDAเส้นใยมีสีเทาน้ำตาลอ่อนจนถึงสีขาว สร้างsporangium ซึ่งไม่มี sporangiospore หรือมี sporangiospore บ้างแต่อยู่ในสภาพเป็นหมัน sporangiospore ไม่เจริญเป็นเส้นใยเหมือน Rhizopus ลักษณะที่สำคัญคือ ทุกสายพันธุ์จะสร้าง chlamydospore อย่างมากมายในเส้นใยบนผิวหน้าและอากาศอาจเกิดเดี่ยวๆ หรือเป็นหมู่ๆ ก็ได้ ลักษณะของ chlamydospore มีต่างๆ กันจากรูปร่างทรงกระบอกสั้นๆ รูปไข่ จนกระทั่งกลม มีขนาดตั้งแต่ 127×60 μm เชื้อรา *Amylomyces* นี้ไม่เจริญที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ส่วนมากจะเจริญได้ดีที่ 40 องศาเซลเซียส (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2539, น. 39)

2.3.1.2 *Rhizopus*

Rhizopus พบจำนวนน้อยกว่า *Amylomyces* ในลูกแป้งข้าวหมาก แต่มีมากกว่า *Amylomyces* ในแป้งเหล้าไม่พบ *Rhizopus* เลยในข้าวหมาก *Rhizopus* ให้กลิ่นหอมแบบข้าวหมักซึ่งแตกต่างไปจาก *Amylomyces* ที่ให้กลิ่นหอมเฉพาะตัว *Rhizopus* ที่พบบ่อยในลูกแป้งได้แก่ *Rhizopus oryzae*, *Rhizopus javanicus*, *Rhizopus chinensis*, *Rhizopus oligosporus*

2.3.1.3 *Mucor*

Mucor พบไม่มากนักในลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้าอยู่ในอันดับ Mucorales เช่นเดียวกับ *Amylomyces* และ *Rhizopus* มีคุณสมบัติในการย่อยแป้งเหมือนกัน จึงทำให้ปะปนมาในลูกแป้งข้าวหมากพร้อมๆกันได้ ส่วนจะมากน้อยแค่ไหนนั้นแล้วแต่ลูกแป้งจากแต่ละแห่ง

2.3.2 ยีสต์

ยีสต์ที่พบในลูกแป้งข้าวหมากส่วนใหญ่ได้แก่ *Endomycopsis* spp. และ *Hansenula malanga* โดยมี *Saccharomyces cerevisiae* ปนมาบ้างส่วนลูกแป้งเหล้าจะพบ *S. cerevisiae* ในปริมาณมากกว่า *Endomycopsis* spp. นอกจากนั้นยังมียีสต์อื่นที่พบในลูกแป้งเฉพาะแหล่งได้แก่ *Candida* spp. *Torulopsis* spp. ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ยีสต์ในลูกแป้งจากแหล่งต่างๆ

แหล่งและชนิดของลูกแป้ง	ยีสต์
ลูกแป้งข้าวหมากไทย	*Endomycopsis fibuligera* *Endomycopsis* spp. *Hansenula malanga* *Candida tropicalis* *Torulopsis glabrata*
ลูกแป้งเหล้าไทย	*Saccharomyces cerevisiae* *Endomycopsis fibuligera* *Endomycopsis* spp.
ลูกแป้งอินโดนีเซีย	*Torula indica , Hansenula anomala ,* *Saccharomyces cerevisiae* *Endomycopsis chodati , E. Fibuligera* *H. subpelliculosa , H. malanga* *Candida guilliermondii , C. humicola ,* *C. intermedia , C. japonica ,* *C. pelliculosa* *Endomycopsis fibuliligera*

ตารางที่ 2.2 ยีสต์ในลูกแป้งจากแหล่งต่างๆ (ต่อ)

แหล่งและชนิดของลูกแป้ง	ยีสต์
ลูกแป้งอินเดีย	*H. anomala*
ลูกแป้งฟิลิปปินส์	*Endomycopsis* spp.
	Saccharomyces spp.
ลูกแป้งจีน	*Endomycopsis* spp.

ที่มา : นภา โล่ห์ทอง (2534:16)

2.3.3 แบคทีเรีย

สำหรับแบคทีเรียได้มีรายงานการตรวจพบแบคทีเรียแลคติก ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ *Pediococcus pentosaceus* โดยพบถึงประมาณ $10^4 – 10^7$ เซลต่อกรัม ขึ้นกับที่มาของลูกแป้งนอกจาก *P. pentosaceus* แล้ว ในลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้าของไทยจากบางท้องถิ่นยังตรวจพบ *Lactibacillus* spp. และเชื้อน้ำส้มสายชู (*Acetobacter* spp., *Gluconobacter* spp.) ซึ่งมีมากในส่าน้ำส้ม *Bacillus* spp. เป็นแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งที่พบในลูกแป้งอยู่บ่อยครั้ง เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ปนเปื้อนในปริมาณมากมากับวัตถุดิบ เช่นแป้งและสมุนไพรแต่หากส่วนผสมของสมุนไพรที่ใช้เหมาะสมจะลดปริมาณจุลินทรีย์นี้ไปได้มาก เช่น พบว่า ขิง ชะเอม อบเชย ดอกจันทร์ และลูกจันทร์สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4 การพัฒนากล้าเชื้อ

การแปรรูปอาหารโดยอาศัยกรรมวิธีการหมักนั้น มีประวัติความเป็นมาคล้ายคลึงกันทั้งในประเทศตะวันตกและตะวันออกคือ เริ่มมาจากอาหารหมักและเครื่องดื่ม ซึ่งมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีสืบทอดกันมานับเป็นศตวรรษ ก่อนที่จะเข้าใจว่าการหมักคือกิจกรรมทางชีววิทยาการหมักอาหารหลายๆ ชนิด เริ่มโดยอาศัยจุลินทรีย์ธรรมชาติ ด้วยการควบคุมสภาวะระหว่างการหมักให้เอื้ออำนวยต่อการเจริญ และการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีบทบาทโดยที่สภาวะดังกล่าวจะขัดขวางกิจกรรมของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อกระบวนการนั้น การพัฒนากระบวนการผลิตเหล่านี้ในระยะต้นๆ จึงเป็นเชื้อผสมรูปแบบต่างๆ มาแต่โบราณ ทั้งที่ไม่ทราบว่าสิ่งนั้นคือจุลินทรีย์ เช่นการผลิตลูกแป้งเพื่อใช้ในการหมักสุราและเบียร์ ข้าวหมากและน้ำส้มสายชู การผลิตทาเนโคจิเพื่อใช้หมักซีอิ้ว มิโซ เหล้าสาเก และผลิตภัณฑ์อื่นๆในประเทศญี่ปุ่น หรือการผลิตกล้าเชื้อเทมเป้

ของประเทศอินโดนีเซีย การผลิตกล้าเชื้อผสมระหว่างยีสต์และแบคทีเรียแลคติก (kefir grain) เพื่อใช้หมักนมเปรี้ยวเรียกว่า คีเฟอร์ (kefir) ในสหภาพโซเวียต เป็นต้น (นภา โล่ห์ทอง, 2534: 1)

การหมักโดยอาศัยจุลินทรีย์จากธรรมชาติที่ปฏิบัติกันมาแต่เดิมนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มักมีคุณภาพที่ไม่แน่นอน และไม่สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการหมัก หรือขยายกำลังผลิตให้มีกำลังการผลิตที่สูงกว่าที่เป็นอยู่ได้ สำหรับผลิตภัณฑ์หลายๆชนิด การหมักในลักษณะนี้ยังเป็นการเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้อโรค หรือจุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษ ดังนั้นในการหมักอาหารหลายชนิดจึงได้ มีการพัฒนามาใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ โดยมีการศึกษาบทบาทของเชื้อเหล่านั้นอย่างแท้จริงในกระบวนการหมัก และทำการคัดเลือกตลอดจนปรับปรุงพันธุ์ให้ดีขึ้น และหาวิธีการผลิตกล้าเชื้อรูปแบบใหม่ที่เหมาะสม หรือปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตจากรูปแบบเดิม

2.4.1 กระบวนการผลิตกล้าเชื้อราบนพื้นผิวของภาชนะแก้ว

เชื้อราเป็นจุลินทรีย์ซึ่งต้องการออกซิเจนในกระบวนการเมแทบอลิซึม ดังนั้นจึงเจริญดีเฉพาะในสภาวะที่มีอากาศเพียงพอ ยกเว้นเชื้อราบางชนิดเท่านั้นที่สามารถเติบโตได้ในที่ๆมีออกซิเจนอยู่น้อย (microaerophilic condition) เช่น *Rhizopus* spp., *Amylomyces rouxii* แต่รา เหล่านี้ก็จะสร้างสปอร์ได้น้อยมากในสภาวะดังกล่าว การเพาะเลี้ยงเชื้อราเพื่อให้สร้างสปอร์โดยเลี้ยงในสับสเตรทที่เป็นของแข็ง ในลักษณะที่ไม่มีวิธีการให้อากาศหรือการกวน เช่นการใช้ถาดหรือกระด้งเป็นภาชนะในการเลี้ยงเชื้อซึ่งควบคุมในเรื่องการปนเปื้อนได้ยาก ส่วนการเลี้ยงเชื้อขวดแก้ว หรือฟลาสค์ซึ่งควบคุมการปนเปื้อนได้ดีก็จะเสียพื้นที่ด้านบนจึงได้มีวิธีการเพิ่มพื้นที่ผิวที่จะเพาะเลี้ยงเชื้อราในภาชนะขวดแก้วหรือฟลาสค์ทำให้สับสเตรทเกาะติดพื้นที่ผิวด้านในทั้งหมดของภาชนะในลักษณะนี้ราจะได้รับอากาศอย่างเต็มที่ นอกจากนี้วิธีนี้ยังเหมาะกับเชื้อราที่มีลักษณะเส้นใยยาวฟู เช่น *Rhizopus* spp., *Mucor* spp. เป็นต้น

2.4.2 วิธีการโดยทั่วไปในการผลิตกล้าเชื้อราบนพื้นผิวของภาชนะแก้ว

สับสเตรทในการเลี้ยงเชื้อได้แก่ข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียว ในกรณีที่ใช้ข้าวเจ้าควรเลือกข้าวที่เป็นพันธุ์ข้าวนิ่มไม่แข็งกระด้าง (มีอะไมโลเพคตินสูง) เช่น ข้าวหอมมะลิ ทั้งนี้เพื่อที่เมล็ดข้าวจะสามารถเกาะติดข้างภานะได้ดี ซึ่งจะเตรียมสับสเตรทได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.4.2.1 แช่ข้าวประมาณ 1 - 2 ชั่วโมง บรรจุลงในขวดโหลปากกว้าง หรือฟลาสค์กลิ้งหรือเขย่าภาชนะให้เมล็ดข้าวเกาะติดพื้นที่ผิวด้านในของภาชนะโดยรอบ ปริมาณข้าวที่ใช้นั้นจะต้องพอเหมาะกับขนาดของภาชนะ กล่าวคือ มีปริมาณมากพอที่จะแผ่กระจายเรียงเมล็ดทั่วพื้นผิวโดยไม่มีช่องว่าง และเมล็ดจะต้องไม่ซ้อนกัน เมื่ออุดจุกภาชนะแล้วจึงนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 ºC เวลา 20 นาที เมื่อเย็นแล้วจึงหยดซัสเปนชันของสปอร์โดยรอบปากภาชนะ เพื่อให้ซัสเปนชั่นไหลลงทั่วเมล็ดข้าวในฟลาสค์

2.4.2.2 แช่ข้าวและบรรจุลงในภาชนะตามปริมาณเช่นเดียวกับข้อที่ 1 แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งอัดความดันไอน้ำเช่นเดียวกัน เมื่อข้าวเย็นแล้วจึงใส่ซัสเปนชันของสปอร์หรือผงสปอร์ซึ่งเป็นเชื้อบริสุทธิ์แล้วจึงกลิ้งหรือเขย่าขวด จนเมล็ดข้าวแผ่กระจายเรียงเมล็ดทั่วพื้นที่ผิวภายใน (นภา โล่ห์ทอง, 2534: 65)

2.5 ข้าวเหนียว

ข้าวเหนียวเป็นข้าวที่มีอะไมโลสต่ำหรือไม่มีเลย จึงทำให้คุณสมบัติในการหุงต้มแตกต่างจากข้าวโดยทั่วไป ข้าวเหนียวเมื่อสีออกมาเป็นข้าวสารเหนียวแล้ว เมล็ดจะขุ่น ทึบแสงต่างจากเมล็ดข้าวเจ้าหรือข้าวสารที่มีสีขาวโปร่งใส ข้าวเหนียวมีทั้งข้าวเหนียวขาวและข้าวเหนียวดำ ข้าวเหนียวดำจะมีเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีสีม่วงอมดำจางๆ จนถึงม่วงคล้ำจนดำ แต่ที่นิยมบริโภคในปัจจุบัน ได้แก่ข้าวเหนียวเขี้ยวงู และข้าวเหนียวแม่จัน ซึ่งเมื่อนึ่งจนสุกแล้วจะนุ่ม ข้าวเหนียวเป็นข้าวที่มีลักษณะของเอนโดสเปริม (Endosperm) สีขาวขุ่นและมีความเลื่อมมันเมื่อนำไปหุงต้มจะเหนียวเมล็ดตัวเกาะตัวกันดีมาก หากหุงต้มในน้ำมากเกินพอ เมล็ดข้าวจะบานและยังคงมีความเกาะตัวดีเหมือนเดิมแป้งในเมล็ดเป็นอะไมโลส (Amylose) คือ ในเมล็ดจะประกอบไปด้วยอะไมโลเพคติน (Amylopectin) ตั้งแต่ร้อยละ 90 - 100 และอะไมโลส (Amylose) ร้อยละ 0 - 8 ของน้ำหนักเมล็ดข้าวเหนียว เมื่อนำไปนึ่งจะมีความนุ่มของแต่ละพันธุ์ไม่เท่ากัน เนื่องจากพันธุ์ที่มีความนุ่มน้อยกว่าเป็นพันธุ์ที่มีอะไมโลสอยู่สูงกว่าพันธุ์ที่มีความนุ่มมากเพราะมีปริมาณโปรตีนเมล็ดข้าวและอายุการเก็บรักษา รวมถึงสภาพการเก็บรักษาแป้งในเมล็ดข้าวส่วนใหญ่เป็นเดกซ์ทริน (Dextrin) (อุจิตชญา จิตรวิมล, 2548: 54)

ข้าวเหนียวมีหลายชนิดแบ่งออกเป็นตามลักษณะเมล็ด มีดังนี้

1. ชนิดเรียวยาวนับเป็นชั้นเยี่ยม เช่น ข้าวเหนียวเขี้ยวงู
2. ชนิดเมล็ดยาวใหญ่ เช่น ข้าวเหนียวหอมลออ พบมากทางภาคกลาง
3. ชนิดกลมเล็ก พบทางภาคเหนือ
4. ชนิดเมล็ดโตแบน พบมากทางภาคอีสาน

ตารางที่ 2.3 ตารางคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเหนียว

คุณค่าทางอาหาร	น้ำหนัก	หน่วย
พลังงาน	335.0	กิโลแคลอรี
ไขมัน	0.3	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	81.0	กรัม
โปรตีน	7.0	กรัม
แคลเซียม	12.0	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	46.0	มิลลิกรัม

ที่มา: กองโภชนาการ (2535)

2.5.1 คำแนะนำเกี่ยวกับการประกอบขนมประเภทข้าวเหนียว

“ข้าวเหนียว” และ “ข้าวเจ้า” มีความแตกต่างกันในการทำให้ “สุก” ข้าวสารเหนียวต้องแช่น้ำให้พองก่อน จึงมาทำให้สุกโดยวิธีการนึ่ง ส่วน “ ข้าวเจ้า” ส่วนข้าวเจ้านั้นไม่ต้องแช่น้ำก่อน การแช่ข้าวสารเหนียวต้องใช้ระยะเวลานานเพื่อให้เมล็ดข้าวพองตัวดี

ข้าวพอง ในที่นี้หมายถึง ข้าวสารเหนียวที่ดูดน้ำเข้าไปในเมล็ดข้าวจนอิ่มตัวดี เมล็ดจะพองตัวขึ้นกว่าเดิมจนเห็นได้ชัดช่วยประหยัดเวลาในการแช่ข้าวสารเหนียวทำได้โดยใช้น้ำร้อนแทนน้ำเย็นใส่น้ำร้อนมากกว่าข้าวเหนียว 2 เท่าตัว แช่น้ำไว้ประมาณ 20 - 30 นาที จนข้าวพองตัวดีตามต้องการแล้วจึงนำไปนึ่ง

ข้าวเหนียวเป็นข้าวที่มีอะไมโลสต่ำหรือไม่มีเลย จึงทำให้คุณสมบัติในการหุงต้มแตกต่างจากข้าวโดยทั่วไป ข้าวเหนียวเมื่อสีออกมาเป็นข้าวสารเหนียวแล้ว เมล็ดจะขุ่นทึบแสงต่างจากเมล็ดข้าวเจ้าหรือข้าวสารที่มีสีขาวโปร่งใส ข้าวเหนียวมีทั้งข้าวเหนียวขาวและข้าวเหนียวดำ ข้าวเหนียวดำจะมีเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีสีม่วงอมดำจางๆ จนถึงม่วงคล้ำจนดำ แต่ที่นิยมบริโภคในปัจจุบัน ได้แก่ ข้าวเหนียวเขี้ยวงู และข้าวเหนียวแม่จัน ซึ่งเมื่อนึ่งจนสุกแล้วจะนุ่ม (อุจิตชญา จิตรวิมล, 2548: 54)

2.5.2 การนึ่งข้าวเหนียว

อาจใช้ลังถึงที่มีหม้อน้ำเดือดด้านล่าง ชั้นบนมีรูให้ไอน้ำขึ้นได้ปูด้วยผ้าขาวบางชุบน้ำบิดหมาดเสียก่อน เทข้าวลงตรงกลางโดยไม่ต้องเกลี่ยข้าว เพื่อให้โอกาสไอน้ำขึ้นมาทำให้ข้าวสุก ปิดกระดาษ 2 ชั้นที่ฝาเพื่อป้องกันน้ำหยด จะทำให้ข้าวแฉะ การนึ่งใช้เวลาประมาณ 30 นาที

ข้าวสารเหนียวที่นึ่งสุกแล้วเรียกว่า ข้าวเหนียวนึ่งต้องปิดไว้อย่าให้โดนลมเพราะจะทำให้ข้าวแข็ง โดยดับไฟแล้วตั้งไว้บนลังถึงที่มีหม้อน้ำเดือด ปิดฝาไว้จะช่วยให้ข้าวเหนียวไม่แข็ง และสามารถนำไปทำขนมได้หลายชนิด (วีราภรณ์ จารึกวิทย์, 2551: 20)

2.6 น้ำตาล

น้ำตาล คือสารให้ความหวานตามธรรมชาติชนิดหนึ่ง มีเรียกกันหลายแบบขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะของน้ำตาล เช่น น้ำตาลทราย น้ำตาลกรวด น้ำตาลก้อน น้ำตาลปีบ เป็นต้น แต่ในทางเคมีโดยทั่วไปหมายถึง ซูโครสหรือแซคคาโรส ไดแซคคาไรด์ที่มีลักษณะเป็นผลึกของแข็งสีขาว น้ำตาลเป็นสารเพิ่มความหวานที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขนมหวาน และเครื่องดื่ม

น้ำตาลทราย ผลิตได้จากอ้อย บีบเอาน้ำออกมาเอาสิ่งสกปรกออก ต้มระเหยน้ำออกจนน้ำตาลตกผลึก นำเข้าเครื่องเหวี่ยงเพื่อแยกผลึกน้ำตาลดิบออกจากส่วนที่เป็นน้ำเชื่อม เรียกว่า กากน้ำตาล กากน้ำตาลตั้งไฟระเหยน้ำเพื่อให้เกิดผลึกน้ำตาล สีน้ำตาลที่ได้จะเป็นสีน้ำตาลอ่อน นำน้ำตาลดิบมาสกัดแยกสิ่งเจือปนทั้งหมดออก (สิวลี ไทยถาวรณ์, 2548: 13-14)

น้ำตาล คือสารคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กเป็นผลึก สามารถละลายได้และมีรสหวาน ประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ในโมเลกุลไฮโดรเจนและออกซิเจนอยู่ในอัตราส่วน 2:1 แบ่งตามลักษณะโมเลกุลเป็น 3 ประเภท ได้ดังนี้ (กล้าณรงค์ ศรีรอต, 2542: 72-88)

2.6.1 น้ำตาลชั้นเดียว (Monosaccharide, simple sugar or single sugar) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีขนาดเล็กที่สุด ร่างกายไม่สามารถย่อยได้เล็กลงกว่านี้ได้ สามารถดูดซึมได้ทันที รสหวานและลายน้ำได้ได้ง่ายที่สำคัญคือ

2.6.1.1 กลูโคส (Glucose) เป็นน้ำตาลที่มีในธรรมชาติในอาหารทั่วไปในพืชพบมากในผักและผลไม้และมีมากในองุ่นและข้าวโพด นอกจากนี้พบในน้ำตาลทราย น้ำเชื่อมข้าวโพด (corn syrup) น้ำผึ้ง (Honey) และกากน้ำตาล ทางอุตสาหกรรมเตรียมจากแป้งข้าวโพด ในร่างกายคนและสัตว์ กลูโคสได้ย่อยอาหารที่มีแป้งและน้ำตาล 2 ชั้นทุกชนิด นอกจากนี้ยังพบในเลือด คือ กลูโคส หรือที่เรียกกันว่า น้ำตาลในเลือด

2.6.1.2 ฟรักโทส (Fructose) เป็นน้ำตาลที่มีความหวานมากกว่าน้ำตาลชนิดอื่นๆ พบมากใน ผัก ผลไม้ เกสรดอกไม้ น้ำผึ้ง น้ำตาลทรายและกากน้ำตาลมักปนอยู่กับกลูโคสในร่างกาย

2.6.2 กาแลกโทส (Galactose) ไม่เกิดอิสระจากทางธรรมชาติในร่างกายเนื่องจากการย่อยแลกโทสหรือน้ำตาลในนมซึ่งมีอยู่ในอาหารที่มาจากผลิตภัณฑ์นม

2.6.2 น้ำตาลสองชั้น (Disaccharides or double sugar) คือคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบน้ำตาลชั้นเดียวหรือคนละชนิดกันเมื่อย่อยด้วยกรดและเอนไซม์จะแตกตัวเป็นน้ำตาลชั้นเดียว 2 โมเลกุล น้ำตาลสองชั้นที่สำคัญ ได้แก่ ซูโครส แลกโทส และมอลโทส มีรสหวานและละลายน้ำง่ายตกผลึกและย่อยได้ง่าย ได้แก่

2.6.2.1 น้ำตาลซูโครส น้ำตาลข้าวโพด น้ำตาลจากหัวบีท เป็นน้ำตาลที่เรารู้จักและเป็นที่นิยมรับประทานมากกว่าน้ำตาลชนิดอื่นๆ ทั้งน้ำตาลทรายแดงและน้ำตาลทรายขาว คือซูโครส อาจจะทำเป็นผงหรือก้อน จะพบในผักและผลไม้ทั่วไปเช่นในอ้อยและหัวฟัก ในน้ำเชื่อมทุกชนิด น้ำผึ้ง ในอุตสาหกรรมเตรียมจากน้ำอ้อย เมื่อแตกตัวหรือถูกย่อยจะให้กลูโคส 1 โมเลกุล และฟรักโทส 1 โมเลกุล

2.6.2.2 มอลโทส หมักจากการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์เรียกว่าไดแอสทอส (Diastos) เป็นเอนไซม์ที่เกิดขึ้นเม็ดข้าวที่กำลังจะงอก ในร่างกายของเรามอลโทส (Maltose) เกิดขึ้นระหว่างการย่อยแป้งเมื่อทำให้มอลโทสแตกตัวจะได้กลูโคส 2 โมเลกุล

2.6.2.3 แลกโทสน้ำตาลในนม เป็นน้ำตาลที่ไม่พบในพืช พบเฉพาะในต่อมน้ำนมคนและสัตว์ แลกโทสต่างกับน้ำตาล 2 ตัวอื่นที่มีความหวานน้อย และละลายน้ำได้น้อยย่อยได้ช้ากว่าเกิดการหมักได้ยากกว่าซูโครสและมอลโทส เมื่อถูกย่อยจะได้กลูโคส 2 โมเลกุล

2.6.2.4 เดกซ์ทริน (Dextrin) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่เกิดขึ้นระหว่างการแตกตัวหรือจากการย่อยแป้ง เดกซ์ทรินเมื่อแตกตัวหรือถูกย่อยสลายจะให้ มอลโทส และสุดท้ายจะให้กลูโคส (สิวลี ไทยถาวรณ์, 2548)

2.6.3 หน้าที่ของน้ำตาล

2.6.3.1 ทำให้อาหารมีรสหวานและเพิ่มความอร่อย

2.6.3.2 ทำให้แป้งนุ่ม อาหารอร่อยใสขึ้น

2.6.3.3 ตกแต่งให้อาหารสวยงาม เคลือบไม่ให้อาหารแห้ง

2.6.3.4 ทำให้อาหารมีสีสวย มีรสชาติ กลิ่นหอม

2.6.4 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาล

น้ำตาลเป็นแหล่งให้พลังงานเนื่องจากน้ำตาลทรายขาวมีความบริสุทธิ์ถึง 99.5% สามารถคำนวณพลังงานของน้ำตาลได้โดยคิดน้ำตาล 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี่ นอกเหนือจากพลังงานแล้วน้ำตาลจะไม่ให้สารอาหารอื่นเลย ส่วนน้ำตาลสีรำยังมีธาตุเหล็กและมีแคลเซียม (จันทร ทศนานนท์, 2524: 11-12)

2.7 กระบวนการในการทำข้าวหมาก

ส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้ทำข้าวหมากมีดังนี้

ข้าว ใช้ข้าวเหนียวอย่างดี ลูกแป้งข้าวหมาก น้ำ ภาชนะสำหรับใส่ข้าวหมาก อาจเป็นใบตอง โถ หรือกล่องพลาสติกก็ได้

วิธีทำข้าวหมาก

นำข้าวเหนียวที่แช่น้ำทิ้งไว้ค้างคืนหรืออย่างน้อยประมาณ 3 ชั่วโมงมานึ่งให้สุกพอควร ถ้านึ่งนานเกินไปจะทำให้เมล็ดข้าวเหนียวเกาะกันแน่นมากเกินไป เมื่อนำไปทำข้าวหมากเมล็ดข้าวจะเละไม่สวย ข้าวเหนียวที่นึ่งเสร็จแล้วผึ่งให้เย็นบนภาชนะที่กว้างและสะอาด ล้างด้วยน้ำจนกระทั่งข้าวเหนียวหมดยาง ผู้ผลิตบางเจ้าล้างด้วยสารส้มหรือน้ำปูนใส เพื่อให้เมล็ดข้าวรัดตัวทำให้ร่วนไม่เกาะกัน เมื่อสะเด็ดน้ำแล้วเกลี่ยข้าวให้กระจาย โรยลูกแป้งข้าวหมากที่บดละเอียดแล้วลงบนข้าวให้สม่ำเสมอ คลุกเคล้าข้าวให้ทั่วเบาๆ แล้วใส่ภาชนะสำหรับหมัก ซึ่งภาชนะควรสะอาด ใส่ข้าวโหย่งๆ อย่ากดให้แน่น ปิดภาชนะให้มิดชิด นำไปหมักไว้ 2 - 3 วัน เมล็ดข้าวจะนุ่มหอม มีน้ำซึมออกมา สามารถรับประทานได้ (สิรินทรเทพ ภักดีสุภผล, 2523: 3-4)

2.8 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักข้าวหมาก

ในกระบวนการหมักข้าวหมาก พบว่าแต่ละขั้นตอนมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้น สามารถเปลี่ยนแปลงเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.8.1 ขั้นตอนที่หนึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นในเมล็ดข้าวระหว่างกระบวนการล้างและแช่ข้าว โดยการล้างข้าวเหนียวทำให้ผิวของเมล็ดข้าวบางส่วนหลุดออกไป ประมาณร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักเมล็ดข้าวและเมล็ดข้าวจะดูดซับน้ำไว้ ทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 9 -1 7 จากน้ำหนักเริ่มต้น และเมื่อแช่น้ำ เม็ดแป้งจะดูดซับน้ำไว้ ทำให้พองตัวและเกิดการละลาย (Swelling and Solubility) ซึ่งสมบัติด้านการพองตัวและการละลายเกิดจากเม็ดสตาร์ชซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักภายในแป้งเกิดการดูดซึมน้ำและมีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งมีหลายประการ

โดย (Leach, McCowen และ Schoch, 1959) รายงานว่า ชนิดของแป้ง ความบริสุทธิ์ของแป้ง ความแข็งแรง และลักษณะร่างแหภายในเม็ดแป้งการดัดแปลงทางเคมี และพันธุ์ข้าวเป็นปัจจัยหลัก นอกจากนี้การแช่ข้าวยังช่วยให้ความร้อนเข้าถึงภายในเม็ดแป้งได้ง่ายเมื่อทำการนึ่ง อีกทั้งยังเร่งการเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้ง (Starch granules) ในเมล็ดข้าวระหว่างการล้างและการแช่ข้าวแร่ธาตุบางตัว เช่น โพแทสเซียม และน้ำตาลบางส่วนจะถูกปล่อยออกจากเมล็ด (Yoshizawa, Ishikawa และ Noshiro, 1973)

2.8.2 ขั้นที่สอง เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการนึ่งข้าว ซึ่งการนึ่งจะทำให้แป้งเกิด gelatinization และโปรตีนเสียสภาพทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยาต่างๆกับเอนไซม์ที่เชื้อจุลินทรีย์ในลูกแป้งสร้างเชื้อจุลินทรีย์ได้ง่าย โดยเริ่มแรกเป็นระยะที่น้ำแป้งไม่ละลายน้ำเย็นเกิดการดูดซึมน้ำเย็นและพองตัวอย่างจำกัด เม็ดแป้งคงรักษารูปร่างได้ เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งจนมีอุณหภูมิสูงพอที่จะทำให้พันธะไฮโดรเจนคลายตัวลงเม็ดแป้งจะดูดน้ำและพองตัวขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้น้ำบริเวณรอบเม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งจะเกิดความหนืดเพิ่มขึ้น พันธะภายในเม็ดแป้งเกิดการแตกตัวออกอย่างสมบูรณ์ (Olkuku and Rha, 1987) ซึ่งการนึ่งข้าวจะทำให้เม็ดข้าวดูดซับน้ำไว้เพิ่มขึ้นร้อยละ 7-12 จากน้ำหนักและจะทำให้น้ำอยู่ในเมล็ดข้าวร้อยละ 35-40 ของน้ำหนัก

2.8.3 ขั้นที่สาม เกิดขึ้นภายหลังจากการคลุกเคล้าข้าวเหนียวนึ่งกับลูกแป้งแล้วราในลูกแป้งจะสร้างแอลฟาอะไมเลสและกลูโคอะไมเลส เปลี่ยนแป้งในข้าวเป็นน้ำตาลกลูโคส จากนั้นน้ำตาลกลูโคสที่เกิดขึ้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอลกอฮอล์โดยยีสต์ ภายหลังจากการคลุกเคล้าผสมลูกแป้งจะเกิด Liquefaction ซึ่งเป็นขั้นตอนเพื่อลดความหนืดของแป้งที่ผ่านการ gelatinization แล้วโดยการย่อยแป้งโมเลกุลของแป้งขนาดโมเลกุลลดลง ความหนืดก็ลดลง ในกระบวนการหมักข้าวหมาก นอกเหนือจากแอลกอฮอล์ กลีเซอรอล และกรดแลคติกแล้วยังมีสารอื่นๆ เกิดขึ้นด้วย เช่น Higher alcohol หรือ Fusel oil เช่น iso-amyl alcohols, propyl alcohols, butyl alcohols และเอสเทอร์ชนิดต่างๆ เป็นต้น

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชิดชม วิทวัสวงศ์ (2528) ได้ศึกษาสายพันธุ์และสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์กลูโคสอไมเลส โดย *Amylomyces* จากลูกแป้ง พบว่า การนำเชื้อ *Amylomyces* จำนวน 7 สายพันธุ์ซึ่งมีความสามารถในการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลกลูโคสได้ในปริมาณที่สูง เลี้ยงใน 1 โดยน้ำหนักเชื้อสามารถผลิตเอนไซม์ได้สูงสุดภายใน 5 วัน โดยมี Ac, As, AH_3 และ MM-136 เป็นสายพันธุ์ที่มีความสามารถอาหารที่ประกอบด้วย รำข้าวสาลี และน้ำในอัตราส่วน 1: ผลิตเอนไซม์ได้สูงสุดตามลำดับนอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ผสมในอาหารในอัตราส่วนรำข้าว:น้ำ =1:0.4, 1:0.5, 1:0.6, 1:07, 1:0.8, 1:0.9, 1:1.0, 1:1.1, 1:1.2 และ1:1.3 โดยน้ำหนักตามลำดับ ที่ระดับอุณหภูมิห้อง

(28-30 ºC) 40 และ 45 ºC พบว่า สภาพอาหารและอุณหภูมิที่เหมาะกับการผลิตเอนไซม์คือ อาหารที่มีสัดส่วนของรำข้าว : น้ำ = 1:1.2 ที่ระดับอุณหภูมิห้อง (28-30 ºC) จากการทดลองเลี้ยงเชื้อรา โดยมีการเติมสารอาหาร และเกลือแร่ต่างๆ ดังนี้คือ corn steep liquor 3.5 %, malt extract 1%, soy bean meal 5%, K_2HPO_4 0.5%, KH_2PO_4 0.5%, $MgSO_4$ 0.5%, CaCl 1% และเกลือแร่ผสมที่ประกอบด้วย $(NH_4)_2SO_4$ 0.05 %, K_2HPO_4 0.5%, $MgSO_4$ 0.17 % พบว่าการเติมเกลือแร่ผสมจะทำให้การผลิตเอนไซม์ของ *Amylomyces* As เพิ่มขึ้นมากกว่าการเติมสารอาหารและเกลือแร่ชนิดอื่นๆเพียง 31.41% และสำหรับ *Amylomyces* Ac พบว่าการเติม corn steep liquor จะให้ผลดีกว่าการเติมสารอาหารและเกลือแร่ชนิดอื่นๆ แต่ปริมาณเอนไซม์ที่ผลิตเพิ่มขึ้น 29.84 %

จิราภรณ์ ยอดเถื่อน (2554) ได้ศึกษาการคัดเลือกเชื้อบริสุทธิ์โดยทดสอบการย่อยแป้งและการผลิตแอลกอฮอล์เพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำข้าวหมาก พบว่า เชื้อบริสุทธิ์ที่มาใช้ในการศึกษาประกอบด้วย *Amylomyces rouxii* TIRST 3182 และ TISTR 3568 ที่คัดแยกได้จากลูกแป้งข้าวหมากตามลำดับ *Saccaromycopsis fibuligera* TIRST 5097 และ TIRST 5775 ซึ่งคัดแยกได้จากลูกแป้งและ *Hansenula anomala* TIRST 5113 ซึ่งคัดแยกได้จากไวน์ข้าว จากการคัดเลือกประสิทธิภาพในการย่อยแป้งโดยพิจารณาจากเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณใสเฉลี่ยมากที่สุดในกลุ่มของเชื้อราและยีสต์ที่ใช้ทดสอบตามลำดับ ดังนั้นจึงคัดเลือกเชื้อดังกล่าวไปใช้ในการศึกษาต่อไป ส่วนการคัดเลือกประสิทธิภาพการผลิตแอลกอฮอล์ของยีสต์ พบว่ามียีสต์เพียง 2 ไอโซเลทเท่านั้นที่สามารถผลิตแอลกอฮอล์ซึ่งไม่เกินปริมาณที่กำหนด (<4 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่อีก 1 ไอโซเลทไม่พบการผลิตแอลกอฮอล์ แต่ลักษณะกลิ่นหมักที่ได้ของเชื้อแต่ละไอโซเลทมีกลิ่นที่ต่างกันออกไปโดย *H. anomala* TIRST 5113 จะมีลักษณะกลิ่นหอมของเอสเทอร์ ซึ่งเป็นกลิ่นที่ดีของข้าวหมากจึงเลือก *H. anomala* TIRST 5113 เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

มนตรี เชาวน์สังเกต (2521) ได้ศึกษาการคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์และราเพื่อใช้ผลิตไวน์ข้าว พบว่า จากเชื้อต่างๆ เช่น ลูกแป้งข้าวหมาก ลูกแป้งเหล้า และไวน์ข้าวพื้นเมือง รวมทั้งสิ้น 76 ตัวอย่าง ได้แยกเชื้อไว้คัดเลือกดังนี้คือ เชื้อราพวก *Phycomycetes* 151 isolates (*Rhizopuz* 59, *Amylomyces* 28, *Mucor* 61 และไม่ทราบสายพันธุ์ 3 isolates) ยีสต์ประเภท Filamentous type 55 isolates และประเภท *Saccharomyces* อีก 79 isolates สำหรับเชื้อราได้คัดเลือกเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยแป้ง สร้างกรดต่ำและให้กลิ่นรสที่ดีไว้ใช้ในไวน์ข้าว พบว่าเชื้อที่มีคุณสมบัติดังกล่าวคือเชื้อ *Rhizopuz* MM-52 และเชื้อ *Amylomyces rouxii* MM-136 ส่วนยีสต์ที่คัดเลือกได้จาก Filamentous type yeast พบว่า เชื้อที่มีคุณสมบัติดังกล่าวคือ *Endomycopsis fibuligera* MA-23 และสำหรับยีสต์ที่ใช้หมักแอลกอฮอล์คัดเลือกจาก *Saccharomyces* type yeast โดยดูจากประสิทธิภาพใน

การเปลี่ยนน้ำตาลในแอลกอฮอล์และการให้กลิ่นรสที่ดี พบว่าเชื้อที่เหมาะสมคือ *Saccharomyces cerevisiae MS-50* เชื้อดังกล่าวเมื่อนำมาทดลองหมักไวน์ข้าวเปรียบเทียบกับการหมักโดยใช้ลูกแป้ง ปรากฏว่าการหมักโดยเชื้อ *Amylomyces rouxii* MM-136 ร่วมกับ *Saccharomyces cerevisie* MS-50 สามารถหมักได้เร็วกว่า ให้เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์สูงกว่าและให้ปริมาณกรดต่ำกว่า (1) การหมักโดยใช้ลูกแป้ง (2) การหมักโดยใช้เชื้อ *Rhizopus* MM-52 ร่วมกับเชื้อ *Saccharomyces cerevisie* MS-50 และ(3) การหมักโดยใช้เชื้อ *Rhozopus* MM-52 ร่วมกับ *Endomycopsis fibuligera* MA-23 เมื่อนำไปหมักร่วมกับ *Rhizopus* MM- 52 และ *Saccharomyces cerevisie* MS-50 ไม่ช่วยให้การหมักได้แอลกอฮอล์สูงขึ้น แต่ทำให้ปริมาณกรดลดลง เมื่อเทียบกับการหมักโดยใช้เฉพาะเชื้อ *Rhizopus* MM - 52 และ *Saccharomyces cerevisie* MS-50 เท่านั้น เมื่อนำไวน์ข้าวที่หมักได้ในทุกตำรับมาทดสอบโดยการชิมรส (panel test) ปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นเชื้อบริสุทธิ์เหล่านี้จึงสามารถนำมาใช้หมักไวน์ข้าวแทนลูกแป้งได้ เพราะการหมักโดยเชื้อบริสุทธิ์ย่อมง่ายต่อการควบคุมวิธีการผลิตในทางอุตสาหกรรมมากกว่าการใช้ลูกแป้งซึ่งเป็นเชื้อผสม

สุหัทยา นำชัยสี่วัฒนา (2549) ได้ศึกษาสารให้กลิ่นในไวน์ข้าวที่หมักจากกล้าเชื้อบริสุทธิ์ *Amylomyces* sp. M2 พบว่า ไวน์ข้าวของภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว การผลิตทำโดยการหมักด้วยกล้าเชื้อบริสุทธิ์ *Amylomyces* sp. M2 และ *Saccharomyces cerevisiae* จากห้องปฏิบัติการไวน์และเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ภาควิชาเทคโนโลยี-ชีวภาพ ในการทดลองได้ดูดซับสารระเหยจากไวน์ด้วยวิธี headspace–solid phase microextraction (HS-SPME) จากการวิเคราะห์ชนิด และปริมาณสารระเหยในไวน์ข้าวด้วย gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) พบว่าสารระเหยในไวน์ข้าวมีทั้งหมด 38 ชนิด การระบุชนิดสารให้กลิ่นที่สำคัญใช้วิธี aroma extract dilution analysis (AEDA) ด้วย gas chromatography - olfactomrtey (GC - O) พบว่าสารให้กลิ่นที่สำคัญในตัวอย่างไวน์ข้าวมี 12 ชนิด คือ 1 - hexanol และ benzeenthanol ซึ่งมีค่า dilution factor (FD) = 10 สารให้กลิ่นที่สำคัญอื่นๆ ได้แก่ Isoamyl alcohol (FD=5), 1- octanol (FD=5), ethyl caplylate (FD=5), decanal(FD=5), ethyl caprate (FD=5), isobutyl alcohol (FD=2.5), trans-□-caryophyllene (FD=2.5), octyl acetate (FD=1), 1- decanol (FD=1), และ 2 - methylbutyl decanaate (FD=1).

สิรินทรเทพ ภักดีสุภผล (2523) ได้ศึกษาการหมักข้าวหมากด้วยเชื้อบริสุทธิ์ พบว่าข้าวหมากที่ทำจากเชื้อบริสุทธิ์ได้ข้าวหมากที่มีเมล็ดข้าวนิ่ม ขาว มีน้ำเยิ้มเหมือนข้าวหมากจากท้องตลาดทุกประการ ปริมาณน้ำตาลในข้าวหมากจะได้สูงสุดในเวลา 60 ชั่วโมงของการหมัก ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ pH ของข้าวหมากเริ่มคงที่และถือว่าการหมักถึงขั้นสุดท้ายพร้อมที่จะบริโภคในการทำข้าวหมากด้วยเชื้อบริสุทธิ์จากเชื้อที่คัดเลือกคือ *Amylomyces rouxii* รหัส AG5, AH3, AK2 และ AL3 *Endomycopsis fibuligera* รหัส EC5, EF7, ER10 และ *ET6 Hansenula anomala* รหัส P9, 4 - 9 และ 5 – 14 โดยทำการหมักแบบเชื้อเดียวและเชื้อผสมของเชื้อเหล่านั้นพบว่า ข้าวหมากที่ใช้เชื้อผสม 2 เชื้อคือ *Amylomyces* ร่วมกับ *Endomycopsis* หรือ *Amylomyces* ร่วมกับ *Hansenula* จะมีความหวานมากขึ้นในขณะที่ข้าวหมากที่ใช้เชื้อผสม 3 เชื้อคือ *Amylomyces* ร่วมกับ *Endomycopsis* และ *Hansenula* จะให้กลิ่นที่ดีขึ้นมาก เชื้อผสมที่เหมาะที่สุดในการหมักข้าวหมากคือเชื้อผสมระหว่าง *Amylomyces rouxii* AH3 ร่วมกับ *Endomycopsis fibuligera* ER10 และ *Hansenula anomala* 4 - 9 ให้ข้าวหมากมีรสหวานมีกลิ่นหอม มีรสชาติดีและความพอใจของผู้ชิมมากกว่าข้าวหมากจากท้องตลาด

เจริญ เจริญชัย (2549) ได้ศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตสาโทระดับอุตสาหกรรม พบว่ากล้าเชื้อที่ใช้ในการหมักที่เหมาะสมในการหมักสาโทโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ 3 สายพันธุ์คือเชื้อรา *Amylomyces rouxii* เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Saccharomycopsis* sp. พบว่าการใช้กล้าเชื้อรา *Amylomyces rouxii* RS101 หมักกับข้าวเหนียวนึ่งสุกจนเกิดน้ำต้อยและผ่าน้ำด้วยกล้ายีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* RB 305 มีผลใกล้เคียงกับการใช้ลูกแป้ง นอกจากนั้นยังสามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้สูงกว่าการใช้ลูกแป้งและยังสามารถควบคุมคุณภาพได้ดีกว่าลูกแป้ง

มณชัย เดชสังกรานนท์ (2546) ได้ศึกษาคุณสมบัติของยีสต์และราที่มีบทบาทในการหมักข้าวหมาก และสาโทพบว่าจากการเพาะเลี้ยงเชื้อราสองสกุล ได้แก่ *Amylomyces* และ *Rhizopus* ที่แยกได้จากลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้าในข้าวเหนียวนึ่ง ผลการศึกษาพบว่าราทั้งสองสกุลมีบทบาทในการหมักข้าวต่างกัน โดย *Amylomyces* spp. ผลิตกรดได้ต่ำประมาณร้อยละ0.88 - 1.29 ส่วน *Rhizopus* spp. ผลิตกรดได้ประมาณร้อยละ 3.7- 4.3 การทดสอบการสร้างเอนไซม์ย่อยแป้งบนอาหาร Rose Bengal dichloran chloramphenical agar (RBDC) ที่มี soluble starch ร้อยละ 4 พบว่าราทุกไอโซเลทย่อยแป้งได้น้อย โดยมีอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณใสและเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีน้อยกว่า 1 แต่ไม่เท่ากับ 0 โดย *Rhizopus* spp. ย่อยแป้งเป็นน้ำตาลได้ต่ำกว่า *Amylomyces* spp.

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของยีสต์ *Saccharomycopsis fibuligera* (แยกจากลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้า จากแหล่งลูกแป้ง 10 แหล่ง) จำนวน 20 ไอโซเลท เมื่อเปรียบเทียบกับ *Saccharomyces cerevisiae* RIT I (แยกได้ในระหว่างการหมักสาโท) พบว่า *S. fibuligera* ทุกไอโซเลทให้ลักษณะการเจริญคล้ายกัน และเจริญได้ช้ากว่า *S. cerevisiae* RIT I ในทุกปัจจัยการทดลอง และพบว่า อุณหภูมิ พีเอช และความเข้มข้นของกลูโคส ที่เหมาะสมต่อการเจริญของ *S. fibuligera* คือ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พีเอช 4.0 และความเข้มข้นของกลูโคสเท่ากับ 100 กรัมต่อลิตร การศึกษาผลของอุณหภูมิ (10, 20 และ 30 องศาเซลเซียส) ต่อการเจริญและการมีชีวิตของ *S. fibuligera* เมื่อเลี้ยงในอาหารที่มีเอธานอลต่างกัน (ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15) พบว่าอุณหภูมิสูงช่วยให้ยีสต์มีอัตราการเจริญสูงขึ้น ส่วนอุณหภูมิต่ำช่วยให้ยีสต์ทนเอธานอลได้ดีขึ้น การทดสอบการผลิตเอกซ์ตร้าเซลลูล่าเอนไซม์ พบว่า *S. fibuligera* ทั้ง 20 ไอโซเลท แสดงกิจกรรมของอะไมเลสและโปรติเอสได้ แต่ไม่แสดงกิจกรรมของไลเปส และพบว่ายีสต์ *S. fibuligera* ทั้ง 20 ไอโซเลทไม่แสดงสมบัติการเป็น killer strain และ sensitive strain

มาวิณี แย้มจันทรามาศ (2553) ได้ศึกษาอิทธิพลของราและยีสต์จากลูกแป้งต่อสารให้กลิ่นรสในกระบวนการหมักข้าว พบว่า เชื้อราที่สามารถผลิตเอนไซม์อะไมเลสและมีบทบาทสำคัญในการผลิตไวน์ข้าวได้แก่ *Rhizopus* sp. , *Amylomyces* sp. , *Mucor* และ *Aspergillus* สร้างเอนไซม์ที่กิจกรรมสูงและกรดอินทรีย์ได้แก่ กรดซิตริก และกรดแลคติกทำให้เกิดรสเปรี้ยวในสาโท แต่การย่อยแป้งไม่สมบูรณ์เกิดน้ำตาลรีดิวซ์น้อยเมื่อเทียบกับ *Aspergillus* ยกเว้น *Amylomyces* sp. ที่มีระดับการสร้างน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดในกลุ่มเนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์กลูโคสอะไมเลสสูงและไม่ทำให้เกิดรสเปรี้ยวในสาโท

เด่นชัย ชาวระนองและปวีณา ตั้งยิ่งยง (2549) ได้ศึกษาการผลิตลูกแป้งจากเชื้อบริสุทธิ์เพื่อการผลิตสาโท โดยใช้เชื้อรา *Amylomyces rouxii* และเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* เพื่อศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพทางเคมี และจุลชีววิทยาของลูกแป้ง ซึ่งประกอบด้วย ลูกแป้งผสมลูกแป้งเก่า ลูกแป้งเชื้อยีสต์ ลูกแป้งเชื้อราและยีสต์ อัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 2:1 ลูกแป้งไม่ใส่เชื้อ และลูกแป้งเชื้อรา ซึ่งพบว่าลูกแป้งที่ผลิตจากเชื้อบริสุทธิ์ มีลักษณะของเนื้อสัมผัสไม่ดีเท่ากับลูกแป้งที่ขายในท้องตลาด ลูกแป้งเชื้อราและยีสต์ อัตราส่วน 1:1 เพราะคุณภาพของแป้งเหล้ามาจากอัตราส่วนระหว่างรากับยีสต์ที่เหมาะสมเพราะหากไม่เหมาะสม เช่น หากยีสต์มีปริมาณมากเกินไปราจะย่อยแป้งเป็นน้ำตาลไม่ทันต่อการเจริญของยีสต์ เมื่อยีสต์คายคาร์บอนไดออกไซน์ออกมามากออกซิเจนเหลือน้อยราจึงไม่สามารถทำงานในสภาวะที่ไม่มีอากาศหรือมีอากาศเล็กน้อยได้ น้ำตาลที่ได้ก็มีปริมาณไม่มากลูกแป้งเชื้อรา *Amylomyces rouxii* มีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์มากที่สุด แสดงว่า

Amylomyces rouxii เป็นเชื้อราที่มีประสิทธิภาพในการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลสูง และพบว่าการใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* เพียงชนิดเดียวให้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ เพราะจากกระบวนการหมักมีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์น้อยที่สุดจึงมีประสิทธิภาพในการหมักแอลกอฮอล์ต่ำ จากการทดสอบความชอบโดยผู้ทดสอบพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรวมของสาโทจากลูกแป้งเก่า ลูกแป้งเชื้อรา ลูกแป้งเชื้อรา และยีสต์อัตราส่วน 1:2 และ 2:1 และลูกแป้งไม่ใส่เชื้อราและยีสต์ผสมลงในลูกแป้งมีคะแนนความชอบคล้ายกับลูกแป้งที่มีการผสมลูกแป้งเก่า

Dung และคณะ (2006) ได้ศึกษาบทบาทของเชื้อราและเชื้อยีสต์ที่แยกได้จากหัวเชื้อไวน์ข้าวของเวียดนามโดยพบว่าเชื้อราที่แยกได้ ได้แก่ *Amylomyces rouxii*, *Rhizopus oligosporus* และ *Rhizopus oryzae* มีประสิทธิภาพในการย่อยแป้ง การสร้างน้ำตาลและมีกิจกรรมของเอนไซม์กลูโคสอะไมเลส 0.6 ยูนิตต่อกรัมของราที่ใช้ในการหมักเชื้อยีสต์ที่แยกได้ ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae* จำนวน 5 สายพันธุ์ซึ่งมีความสามารถในการผลิตแอลกอฮอล์สูงสามารถย่อยน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักปริมาตร ให้เป็นเอทานอลร้อยละ 8.8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรและทนต่อเอทานอลได้ร้อยละ 9 - 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเมื่อวัดด้วยวิธี Challenge test และร้อยละ 13.4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเมื่อวัดในการหมักแบบกึ่งกะ (fed-batch) สภาวะที่เหมาะสมในการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลคือ ใช้เชื้อราจำนวน 5 log cfu ต่อกรัมของข้าวนึ่งสุก บ่มที่อุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน สภาวะที่เหมาะสมสำหรับหมักแอลกอฮอล์ คือใช้เชื้อยีสต์จำนวน 5 log cfu ต่อมิลลิลิตรของน้ำต้อย (น้ำเชื่อมข้าว) บ่มที่อุณหภูมิ 28.3 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 วัน

Dung และคณะ (2007) ได้ศึกษาตัวอย่างหัวเชื้อไวน์ข้าวของเวียดนามจำนวน 29 ตัวอย่าง โดยคัดเลือกมาเพียง 6 ตัวอย่างที่มีคุณสมบัติดีที่สุดในการย่อยข้าว การผลิตเอทานอลและการสร้างสารให้กลิ่นรสและสีในไวน์ข้าวพบว่าสามารถให้เอทานอล 12 กรัมต่อ 100 มิลลิกรัม และให้กลิ่นหอมหวานของแอลกอฮอล์ สีของไวน์ข้าวที่ได้มีตั้งแต่สีแดงจนถึงสีน้ำตาลอ่อน เชื้อรา เชื้อยีสต์และเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดที่พบคือ 3.4 - 6.0, 5.8 - 7.2 และ 2.6 - 6.2 log cfu ต่อกรัม น้ำหนักแห้งของตัวอย่างตามลำดับ จำแนกได้ทั้งหมด 119 สายพันธุ์ ประกอบด้วยเชื้อรา *53 Amylomyces rouxii, Rhizopus oligosporus* และ*Rhizopus oryzae* เชื้อยีสต์ที่มีคุณสมบัติในการหมักดีที่สุดคือ Saccharomyc*es cerevisiae* ส่วนเชื้อยีสต์ที่มีคุณสมบัติรองลงมา คือ *Candida glabrata* และ *Pichia anomala*

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตข้าวหมากทางการค้า มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตและต้นทุนการผลิตจากข้าวหมากแบบดั้งเดิม ศึกษาการใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตข้าวหมาก และศึกษาการยอมรับของผู้ผลิตและผู้บริโภคต่อข้าวหมากที่ผลิตจากกล้าเชื้อบริสุทธิ์ มีขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ข้าวเหนียว

3.1.2 น้ำตาลทราย ตราวังขนาย

3.1.3 กล้าเชื้อบริสุทธิ์ *Amylomyces rouxii* TISTR 3182 จากสถาบันวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตข้าวหมาก

3.2.1 อุปกรณ์เครื่องครัว

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.3.1.1 จานเพาะเชื้อ

3.3.1.2 ตู้บ่มเชื้อ ยี่ห้อ Memmert รุ่น ULM 500

3.3.1.3 เครื่องวัดความเป็นกรด - ด่าง ยี่ห้อ schott รุ่น CG - 842 N 623.3.1.4 หม้อนึ่งความดัน ยี่ห้อ HIRAYAMA

3.3.1.5 ตู้ถ่ายเชื้อรา ยี่ห้อ Clean รุ่น Microtech model V6T

3.3.1.6 กล้องจุลทรรศน์ ยี่ห้อ Olmpus รุ่น SZ61

3.3.1.7 ตะเกียงแอลกอฮอล์

3.3.1.8 ลวดเขี่ยเชื้อ

3.3.1.9 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ precisa รุ่น 220A

3.3.1.10 ขวดแก้วใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ

3.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

3.3.2.1 เครื่องวัดค่าของแข็งที่ละลาย Hand Refractometer

ยี่ห้อ ATAGO. MASTER-53M รุ่น CAT.NO2353 Brixt 0.0 ~ 53.0%

3.3.2.2 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง ยี่ห้อ schott รุ่น CG-842 N62

3.3.2.3 เครื่อง Ebulliometer ยี่ห้อ Dujadin Selleron รุ่น 170-1652

3.3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ

3.3.3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Potato Dextrose Agar)

3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.4.1 ศึกษากระบวนการผลิตและต้นทุนการผลิตของแหล่งผลิตข้าวหมากที่เป็นกรณีศึกษา

ศึกษากระบวนการผลิตและต้นทุนการผลิตจากแหล่งผลิตข้าวหมาก โดยการสัมภาษณ์ผู้ผลิตที่มีประสบการณ์ 10 ปีขึ้นไป จำนวน 1 ราย เพื่อใช้ในการคัดเลือกผู้ที่มีประสบการณ์และมีกรรมวิธี การผลิตและปัญหาที่พบในการผลิตหลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณต้นทุนการผลิต

3.4.2 ศึกษาการพัฒนากล้าเชื้อบริสุทธิ์ *Amylomyces rouxii*

3.4.2.1 การทำกล้าเชื้อข้าว

เพาะเลี้ยงรา *Amylomyces rouxii* บนข้าวเหนียวนึ่งเพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อในการผลิตข้าวหมากโดยดัดแปลงจากวิธีการทำกล้าเชื้อของนภา โล่ห์ทอง (2534) โดยใช้ Loop ตัดขนาดชิ้นอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่มีเชื้อรา *Amylomyces rouxii* ขนาด 1×1 ตารางเซนติเมตร วางบนข้าวเหนียวนึ่งสุกน้ำหนัก 50 กรัม ภายในขวดอาหารเลี้ยงเชื้อขนาด 100 ml ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว นำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 - 37 ºC ระยะเวลา 48 ชั่วโมง นำไปทดลองในขั้นต่อไป

3.4.2.2 ศึกษาปริมาณกล้าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมาก

ศึกษาปริมาณกล้าเชื้อในการหมักผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก โดยจัดสิ่งทดลองเป็น 3 สิ่งทดลอง ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 ข้าวหมากที่เติมกล้าเชื้อบริสุทธิ์ร้อยละ 2 เปอร์เซ็นต์

สิ่งทดลองที่ 2 ข้าวหมากที่เติมกล้าเชื้อบริสุทธิ์ร้อยละ 5 เปอร์เซ็นต์

สิ่งทดลองที่ 3 ข้าวหมากที่เติมกล้าเชื้อบริสุทธิ์ร้อยละ 10 เปอร์เซ็นต์

โดยการเติมกล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตข้าวหมากแบบดั้งเดิมแทนการใช้ลูกแป้ง ในขณะที่ส่วนผสมอื่นๆของข้าวหมากยังคงเดิมตามตำรับดังภาคผนวกที่ ก – 1 โดยมีขั้นตอนการผลิตข้าวหมากดังแสดงในภาพที่ 3.1 นำข้าวหมากที่ผลิตได้ไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 20 คน ใช้แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic scale Test) ในด้านลักษณะปรากฏ โดยรวมกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกอย่างสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design: RCBD) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance:ANOVA) ทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป SPSS ดังแบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่แสดงในภาคผนวก ค-4 (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2537:326)

ภาพที่ 3.1 กรรมวิธีการผลิตข้าวหมาก โดยใช้เทคโนโลยีกล้าเชื้อบริสุทธิ์

3.4.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักข้าวหมาก

ผลิตข้าวหมากโดยใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ *Amylomyces rouxii* ในปริมาณที่ได้จากการทดลองข้อ 3.4.2 และนำข้าวหมากที่ได้มาทดสอบคุณภาพ ดังนี้

ก) ทดสอบทางเคมีและกายภาพ

- วัดค่าความเป็นกรด – ด่าง(pH) ในระหว่างการหมัก โดยใช้เครื่องมือ pH Meter สุ่มตรวจทุก 6 ชั่วโมง
- วัดค่าของแข็งที่ละลายโดยเครื่อง Hand Refractometer
- วัดระดับปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้เครื่อง Ebulliometer

(จิราภรณ์ ยอดเถื่อน, 2554)

3.4.4 ศึกษาการประยุกต์ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตและศึกษาการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในสถานประกอบการ

3.4.4.1 นำกล้าเชื้อบริสุทธิ์ที่ผลิตได้ไปใช้ในการผลิตข้าวหมาก ณ สถานประกอบการ อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรีจำนวน 1 ราย โดยทำข้าวหมากตามตำรับและขั้นตอนการผลิตดังแสดงในภาคผนวก ก – 2 และศึกษาการยอมรับในกระบวนการผลิตโดยการใช้กล้าเชื้อราบริสุทธิ์ในสถานประกอบการ โดยการใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์แทนลูกแป้งในกระบวนการผลิต สัมภาษณ์ความพึงพอใจในการนำกล้าเชื้อบริสุทธิ์มาประยุกต์ใช้และคำนวณต้นทุนการผลิต

3.4.4.2 ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ ณ สถานประกอบการ อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี โดยทดสอบผลิตภัณฑ์ที่นำเสนอให้พร้อมแบบสอบถามกับผู้บริโภค ที่เป็นลูกค้าของคุณมัลลิกา ศรบรรจง ณ ตลาดสดเทศบาลเมืองจังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 100 คน และใช้แบบประเมินคุณภาพโดยทดสอบความชอบ Paired Preference Test ทดสอบการยอมรับในผลิตภัณฑ์ ดังแบบสอบถามในภาคผนวก ค – 3 และทดสอบด้านความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก ดังแบบสอบถามในภาคผนวก ค – 4 วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป SPSS

บทที่4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตข้าวหมากทางการค้า มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตและต้นทุนการผลิตจากข้าวหมากแบบดั้งเดิม ศึกษาการใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตข้าวหมาก และศึกษาการยอมรับของผู้ผลิตและผู้บริโภคต่อข้าวหมากที่ผลิตจากกล้าเชื้อบริสุทธิ์ มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

4.1 การศึกษากระบวนการผลิตและต้นทุนการผลิตของผู้ประกอบการข้าวหมากที่เป็นกรณีศึกษา

โดยการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการที่มีประสบการณ์ และมีกระบวนการผลิตข้าวหมากแบบดั้งเดิมโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ และนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลโดยการคิดคำนวณต้นทุนการผลิต

ผลการสัมภาษณ์จากคุณมัลลิกา ศรบรรจง ซึ่งเป็นผู้ประกอบการข้าวหมากแบบดั้งเดิม จำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่ตลาดเทศบาลเมืองสุพรรณบุรี มีประสบการณ์การผลิตและการจัดจำหน่ายเป็นระยะเวลากว่า 20 ปี โดยผลิตข้าวหมาก 12 ครั้งต่อสัปดาห์ใช้เวลาในการผลิตข้าวหมากในช่วงระยะเวลา 09.00 - 12.00 น. โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 4 ชั่วโมงต่อครั้ง มีต้นทุนการผลิตครั้งละ 73 บาทดังตารางที่ 4.1 และมีรายได้เป็นผลกำไรจากการจัดจำหน่าย 400 - 500 บาท/วัน โดยกระบวนการผลิตข้าวหมากเริ่มจากการนำข้าวเหนียวล้างทำความสะอาดแช่น้ำไว้ เติมส่วนผสมของลูกแป้งและน้ำตาลทราย ซึ่งได้กล่าวไว้ในกระบวนการผลิตข้าวหมาก จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการพบว่าปัญหาที่พบมากที่สุดคือ การควบคุมคุณภาพของเชื้อผสมหรือลูกแป้ง เนื่องจากมีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ในเรื่องของระยะเวลาในการหมักผลิตภัณฑ์ ซึ่งบางครั้งมีการหมักที่ต้องใช้ระยะเวลานาน จึงไม่สามารถนำไปจัดจำหน่ายได้ อีกทั้งลูกแป้งมีบางช่วงที่ขาดตลาดจึงไม่สามารถผลิตข้าวหมากได้และทำให้ต้นทุนการผลิตไม่คงที่เนื่องจากต้องมีการสั่งซื้อลูกแป้งจากที่อื่นในราคาที่แตกต่างกัน และลูกแป้งก็มีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันอีกด้วย จากการคำนวณราคาจำหน่ายหากผู้ประกอบการรายนี้ผลิตข้าวหมากโดยใช้ข้าวเหนียวครั้งละ 2,000 กรัม รวม 12 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยจำหน่ายสินค้าหมด และคิดราคาขายให้มีกำไรร้อยละ50 ของราคาขายผู้ประกอบการจะมีกำไรจากการจำหน่ายสินค้า 2,472 บาทต่อเดือน ดังแสดงในภาคผนวกที่ ก - 4

ตารางที่ 4.1 ต้นทุนการผลิตข้าวหมากแบบดั้งเดิม

ส่วนผสม	ต้นทุนต่อหน่วย	จำนวนหน่วย	ต้นทุนต่อครั้ง(บาท)
ข้าวเหนียว (ก.ก.)	30	2	60
ลูกแป้ง (ลูก)	8	1	8
น้ำตาลทราย (ก.ก.)	25	0.2	5
รวม	63	-	73

หมายเหตุ : ข้าวหมาก 1 ตำรับสามารถผลิตข้าวหมากได้จำนวน 50 ถุง บรรจุถุงละ 150 กรัม หรือคิดเป็น 1 หน่วยบริโภค

จากตารางที่ 4.1 ได้ศึกษาต้นทุนการผลิตข้าวหมากแบบดั้งเดิมประกอบด้วยส่วนผสมหลัก โดยมีข้าวเหนียว 2 กิโลกรัม น้ำตาลทราย 200 กรัม และ ลูกแป้ง 1 ลูก (ประมาณ 10 กรัม) โดยคิดต้นทุนการผลิตและราคาขาย ดังภาคผนวก ก – 4 พบว่าต้นทุนวัตถุดิบต่อครั้งราคา 73 บาท และราคาจำหน่ายสินค้า ราคา 3 บาทต่อถุงขนาด 150 กรัม จะมีกำไร 51.5 บาทต่อครั้ง

4.2 การพัฒนากล้าเชื้อบริสุทธิ์ *Amylomyces rouxii*

จากการศึกษาปริมาณกล้าเชื้อที่เหมาะสมในการหมักผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 สิ่งการทดลอง ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 เติมกล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตร้อยละ 2 เปอร์เซ็นต์

สิ่งทดลองที่ 2 เติมกล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตร้อยละ 5 เปอร์เซ็นต์

สิ่งทดลองที่ 3 เติมกล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตร้อยละ 10 เปอร์เซ็นต์

ได้ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก ที่ใช้ปริมาณกล้าเชื้อที่ต่างกัน

คุณลักษณะ	ปริมาณกล้าเชื้อ		
	ร้อยละ 2	ร้อยละ 5	ร้อยละ 10
ลักษณะปรากฏ*	6.90 ± 0.96^{b}	8.20 ± 0.83^{a}	6.85 ± 0.36^{b}
กลิ่นแอลกอฮอล์*	7.00 ± 0.45^{b}	7.55 ± 0.68^{a}	6.55 ± 0.60^{c}
รสหวาน*	6.65 ± 0.48^{b}	7.95 ± 0.39^{a}	6.50 ± 0.60^{b}
รสเปรี้ยว^{ns}	5.45 ± 0.82	5.55 ± 0.95	5.80 ± 0.95
ความนุ่มของข้าว*	7.10 ± 0.44^{b}	7.80 ± 0.52^{a}	6.45 ± 0.51^{c}
ความชอบโดยรวม*	6.65 ± 0.85^{b}	7.95 ± 0.47^{a}	6.50 ± 0.44^{b}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากผู้ทดสอบจำนวน 20 คน

ns ไม่มีความแตกต่างกันโดยมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

a,b,c ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณกล้าเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมากโดยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส จากผู้เชี่ยวชาญทางด้านอาหาร จำนวน 20 คน ให้คะแนนคุณภาพทางลักษณะปรากฏ กลิ่นแอลกอฮอล์ รสหวาน ความนุ่มของข้าว และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันโดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p<0.05$) ด้านรสเปรี้ยวไม่มีความแตกต่างกัน โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับคุณลักษณะของปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ร้อยละ 5 และผลการทดลองในตารางแสดงให้เห็นว่าปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ในปริมาณร้อยละ 2 คุณภาพทางลักษณะปรากฏ กลิ่นแอลกอฮอล์และความนุ่มของข้าวยังไม่เกิดกระบวนการหมักและยังไม่ได้คุณลักษณะที่ดีของข้าวหมากตามที่ผู้บริโภคต้องการ และในขณะเดียวกันปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ในปริมาณร้อยละ 10 เกิดกระบวนการหมักเร็วที่สุดและมีกลิ่นฉุนของแอลกอฮอล์มาก จึงเลือกใช้ปริมาณกล้าเชื้อร้อยละ 5 ในการทดลองต่อไป

4.3 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักข้าวหมาก

4.3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

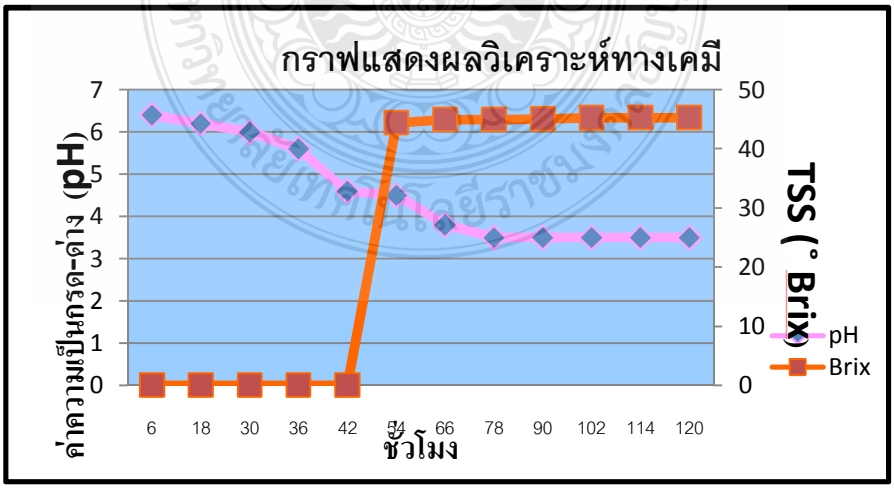
เมื่อผลิตข้าวหมากโดยใช้กล้าเชื้อปริมาณร้อยละ 5 และนำผลิตภัณฑ์ไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพได้ผลการทดลองดังนี้

4.3.1.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)

จากการศึกษา ค่าความเป็นกรด – ด่าง(pH) ระหว่างการหมักตั้งแต่มีน้ำเชื่อมข้าวเกิดขึ้นที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีค่า pH เท่ากับ 6.7 เมื่อใช้ระยะเวลาในการหมักผลิตภัณฑ์มากขึ้น พบว่าค่า pH มีแนวโน้มลดลงอยู่ในช่วง 3.5 ที่ระยะเวลา 114 ชั่วโมง ซึ่งสรุปได้ว่า ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) จากการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของสิรินทรเทพ: (2523) ที่ได้ทำการศึกษาการผลิตข้าวหมากด้วยกล้าเชื้อบริสุทธิ์ จะมีปริมาณค่าความเป็นกรด – ด่างลดลงและจะคงที่เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ดังภาพที่ 4.1 ผลการศึกษา ค่าความเป็นกรด – ด่าง มีระดับค่า pH ที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยของสิรินทร เทพ: (2523) ซึ่งมีค่าเฉลี่ย ดังตารางภาคผนวกที่ ง – 1

4.3.1.2 การวิเคราะห์ค่าของแข็งที่ละลาย (Brix)

จากภาพที่ 4.1 พบว่า ปริมาณความหวานของข้าวหมากที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง – 42 ชั่วโมงยังไม่สามารถตรวจวัดปริมาณความหวานได้เนื่องจากกิจกรรมการย่อยแป้งในเมล็ดข้าวยังไม่สมบูรณ์จึงไม่พบปริมาณน้ำตาล ระยะเวลาที่ 48 ชั่วโมงเริ่มมีปริมาณน้ำเชื่อมข้าว (น้ำต้อย) สามารถตรวจวัดค่าของแข็งที่ละลายได้ 46.5 ° Brix และระดับค่าของแข็งที่ละลายในช่วงระยะเวลา 66 ชั่วโมง อยู่ที่ระดับ 45 ° Brix ซึ่งมีค่าความหวานใกล้เคียงกับงานวิจัยของ สิรินทรเทพ: (2523), จิราภรณ์ ยอดเถื่อน (2554) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยดังตารางภาคผนวกที่ ง –1



ภาพที่ 4.1 แสดงค่า pH และ ค่าของแข็งที่ละลายได้ (จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ)

4.3.1.3 การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์

จากการวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ด้วย Ebulliometer พบว่า ในช่วงระยะเวลาที่ 24- 48 ชั่วโมงยังไม่พบปริมาณแอลกอฮอล์ เนื่องจากกิจกรรมการย่อยแป้งในเมล็ดข้าวยังไม่สมบูรณ์แต่จะตรวจพบปริมาณแอลกอฮอล์ที่ระยะเวลาการหมัก 120 ชั่วโมง ซึ่งมีค่า pH อยู่ที่ระดับ 3.5 โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณแอลกอฮอล์คิดเป็นร้อย 1.3 และ 1.6 ดังภาคผนวก ง-1 ซึ่งงานวิจัยของจิราภรณ์ ยอดเถื่อน: (2554) กล่าวว่า ในการผลิตเครื่องดื่มน้ำข้าวหมากมีปริมาณแอลกอฮอล์ที่ตรวจวัดได้มีปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 3 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยครั้งนี้ทั้งนี้เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้รา *Amylomyces rouxii* เป็นกล้าเชื้อโดยไม่ใช้ยีสต์ในการหมัก จึงไม่เกิดการผลิตแอลกอฮอล์ อย่างไรก็ตามปริมาณแอลกอฮอล์ที่ตรวจพบอาจเกิดจากผลพลอยได้ของการหมักด้วยรา *Amylomyces rouxii* ซึ่งควรมีการศึกษาต่อไป หรือเครื่อง Ebulliometer อาจให้ค่าที่คาดเคลื่อนเพราะความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำข้าวหมาก ดังนั้นจึงอาจวิเคราะห์แอลกอฮอล์ด้วยวิธีอื่นหากมีความจำเป็นต้องควบคุมปริมาณแอลกอฮอล์ในข้าวหมาก

4.4 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้ประกอบการต่อกระบวนการผลิตข้าวหมากโดยใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์

4.4.1 ผลการศึกษาต้นทุนการผลิตและความพึงพอใจจากผู้ประกอบการโดยใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตข้าวหมาก ได้แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ต้นทุนการผลิตข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์

ส่วนผสม	ต้นทุนต่อหน่วย	จำนวนหน่วย	ต้นทุนต่อครั้ง(บาท)
ข้าวเหนียว (ก.ก.)	30.00	2	60.00
กล้าเชื้อข้าว (กรัม)	7.07	25	7.07
น้ำตาลทราย (ก.ก.)	25.00	0.2	5.00
รวม	**62**	**-**	**72.07**

หมายเหตุ: ข้าวหมาก 1 ตำรับสามารถผลิตข้าวหมากได้จำนวน 50 ถุง บรรจุถุงละ 150 กรัม หรือคิดเป็น 1 หน่วยบริโภค

จากตารางที่ 4.3 พบว่าจากการใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในการผลิตข้าวหมากโดยใช้ปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ร้อยละ 5 ที่สถานประกอบการของ คุณมัลลิกา ศรบรรจง ณ อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการมีความพึงพอใจในการใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในการผลิตข้าวหมาก ซึ่งมีต้นทุนการผลิต 72 บาทต่อครั้งซึ่งใกล้เคียงกับการใช้ลูกแป้ง และสามารถควบคุมคุณภาพในการหมักผลิตภัณฑ์ได้ดีโดยการหมักข้าวหมากจะใช้ระยะเวลา 48 ชั่วโมงซึ่งจะผลิตน้ำเชื่อมข้าวได้ และต้นทุนในการผลิตต่อตำรับลดลง 0.93บาท โดยการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตและราคาจำหน่ายได้แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตข้าวหมากแบบดั้งเดิมและต้นทุนการผลิตข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์

รายการ	ต้นทุนการผลิตข้าวหมากแบบดั้งเดิม	ต้นทุนการผลิตข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อ
ต้นทุนวัตถุดิบ	73.00	72.07
ต้นทุนต่อ1หน่วยบริโภค	1.46	1.44
ค่าโสหุ้ย (ต่อ1หน่วย)	0.51	0.50
กำไร (ต่อ1หน่วย)	0.73	0.72
ราคาขายต่อถุง	2.70	2.66

จากตารางที่ 4.4 พบว่าต้นทุนการผลิตข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบราคาต้นทุนในการผลิตข้าวหมากแบบดั้งเดิม จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการให้ข้อมูลเรื่องต้นทุนการผลิตว่าต้นทุนการผลิตอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เสมอ เมื่อราคาวัตถุดิบมีการปรับตัวสูงขึ้นหรือลดลง หากผู้ประกอบการผลิตข้าวหมากสัปดาห์ละ 12 ครั้ง และจำหน่ายในราคาเดิม จะมีกำไรเพิ่มขึ้น 68.64 บาทต่อเดือน ดังภาคผนวก ก – 5 ดังนั้นการใช้กล้าเชื้ออาจไม่มีผลต่อการลดต้นทุนการผลิตข้าวหมากมากนักแต่ทำให้การหมักสามารถควบคุมได้และทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ

4.4.2 ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อราบริสุทธิ์

การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ใช้กล้าบริสุทธิ์ ณ สถานประกอบการ อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี โดยทดสอบผลิตภัณฑ์ที่นำเสนอให้พร้อมแบบสอบถามกับผู้บริโภค ที่เป็นลูกค้าของคุณมัลลิกา ศรบรรจง ณ ตลาดสดเทศบาลเมืองจังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 100 คน รวบรวมข้อมูลทั้งหมดแล้วทำการประมวลผลหาค่าเฉลี่ยทางสถิติด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป SPSS ได้ผลการศึกษาดังตารางที่ 4.5 – 4.7

4.4.2.1 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์

ข้อมูลทางประชากร ซึ่งเป็นเป้าหมายที่ได้จากการสุ่มของผู้บริโภคข้าวหมากของผู้ประกอบการ ที่ตลาดสดเทศบาลเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 100 คนโดยกลุ่มผู้บริโภคเป็นชาวจังหวัดสุพรรณบุรีโดยกำเนิด

ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลทางประชากรศาสตร์

หัวข้อ	จำนวนคน	ค่าร้อยละ
1. เพศ		
เพศชาย	19	19.0
เพศหญิง	81	81.0
2. อายุ (ปี)		
15-24	9	9.0
25-34	34	34.0
35-44	27	27.0
> 44	30	30.0
3. ระดับการศึกษา		
มัธยมศึกษาตอนต้น	35	35.0
อนุปริญญาตรี	7	7.0
ปริญญาตรี	54	54.0
> สูงกว่าปริญญาตรี	4	4.0

ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลทางประชากรศาสตร์ **(ต่อ)**

หัวข้อ	จำนวนคน	ค่าร้อยละ
4. อาชีพ		
นักเรียน/นักศึกษา	13	13.0
แม่บ้าน	12	12.0
รัฐวิสาหกิจ/ข้าราชการ	16	16.0
พนักงานบริษัท	46	46.0
ธุรกิจส่วนตัว	8	8.0
อื่นๆ	5	5.0
5. รายได้		
<2,000	-	-
2,000-4,000	5	5.0
4,000-6,000	15	15.0
6,001-8,000	15	15.0
8,001-10,000>	65	65.0

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ผลิตจากกล้าเชื้อบริสุทธิ์จากผู้บริโภคกลุ่มลูกค้าของ คุณมัลลิกา ศรบรรจง จำนวน 100 คน ดังตารางที่ 4.5 พบว่า ผู้บริโภคเพศหญิงมีมากกว่าเพศชาย คือ เพศหญิง ร้อยละ 81 และเพศชายร้อยละ 19 อายุส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 25 - 34 ปี คิดเป็นร้อยละ 34 รองลงมาอยู่ในช่วง มากกว่า 44 ปี คิดเป็นร้อยละ 30 และช่วง 35-44 ปี คิดเป็นร้อยละ 27 ตามลำดับ ระดับการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 54 รองลงมาอยู่ในช่วงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย คิดเป็นร้อยละ 35 และระดับอนุปริญญา คิดเป็นร้อยละ 7 ตามลำดับ อาชีพพนักงานบริษัท คิดเป็นร้อยละ 46 รองลงมา อาชีพรัฐวิสาหกิจและข้าราชการ คิดเป็นร้อยละ 16 และ อาชีพนักเรียน/นักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 13 ตามลำดับ และรายได้ต่อเดือนอยู่ในระดับ > 8,001 บาทขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 65 รองลงมาอยู่ในระดับ 4,001 - 6,000 บาท และระดับ 6,001-8,000 บาท ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและทัศนคติต่อการบริโภคข้าวหมาก

หัวข้อ	จำนวนคน	ค่าร้อยละ
1. เคยรับประทานข้าวหมากหรือไม่		
เคย	100	100.0
ไม่เคย	-	-
2. ความถี่ในการรับประทานข้าวหมาก		
1-2 ครั้ง/สัปดาห์	3	3.0
3-4 ครั้ง/สัปดาห์	39	39.0
น้อยกว่า 1 ครั้ง/เดือน	6	6.0
อื่น	52	52.0
3. สถานที่ในการเลือกซื้อข้าวหมาก		
ตลาดสด	88	88.0
รถเข็นหาบเร่	7	7.0
ห้างสรรพสินค้า	4	4.0
อื่นๆ	1	1.0
4. จำนวนเงินที่ซื้อข้าวหมาก		
10-20	22	22.0
21-30	25	25.0
31-40	37	37.0
40 บาทขึ้นไป	16	16.0
5. เหตุผลที่เลือกซื้อข้างหมาก		
รสชาติอร่อย	47	47.0
มีคุณค่าทางโภชนาการ	5	5.0
ความเคยชิน	17	17.0
ราคาถูก	19	19.0
อื่นๆ	12	12.0

4.4.2.2 พฤติกรรมและทัศนคติต่อการบริโภคข้าวหมาก

จากการศึกษาในด้านข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและทัศนคติต่อการบริโภคข้าวหมาก ดังตารางที่ 4.6 เกี่ยวกับการที่เคยรับประทานข้าวหมากนั้น พบว่าผู้บริโภค เคยรับประทาน คิดเป็นร้อยละ100 ความถี่ในการรับประทานข้าวหมาก ส่วนใหญ่รับประทานข้าวหมากน้อยกว่า 1 ครั้ง/ เดือน คิดเป็นร้อยละ 52 ลำดับรองลงมา 1 - 2 ครั้ง/สัปดาห์ และ 3 - 4 ครั้ง/สัปดาห์ ตามลำดับ สถานที่เลือกซื้อข้าวหมากส่วนใหญ่พบว่า ซื้อจากตลาดสด คิดเป็นร้อยละ 88 อันดับรองลงมา รถเข็นหาบเร่ คิดเป็นร้อยละ 7 และห้างสรรพสินค้า คิดเป็นร้อยละ 4 ตามลำดับ จำนวนซื้อข้าวหมากต่อครั้ง อยู่ในช่วง 31-40 บาท คิดเป็นร้อยละ 37 อันดับรองลงมาในช่วง 21-30 บาท คิดเป็นร้อยละ 25 และในช่วง 10-20 บาท คิดเป็นร้อยละ 22 ตามลำดับ เหตุผลที่เลือกรับประทานข้าวหมาก ส่วนใหญ่พบว่า รสชาติอร่อย คิดเป็นร้อยละ 47 อันดับรองลงมา คือราคาถูก คิดเป็นร้อยละ 19 และความเคยชิน คิดเป็นร้อยละ 17 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์

หัวข้อ	จำนวนคน	ร้อยละ
1. ความรู้สึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์		
ด้านลักษณะปรากฏ		
ดีมาก	68	68.0
ดีมาก	32	32.0
ปานกลาง	-	-
น้อย	-	-
น้อยที่สุด	-	-
ด้านกลิ่นแอลกอฮอล์		
ดีมาก	59	59.0
ดีมาก	41	41.0
ปานกลาง	-	-
น้อย	-	-
น้อยที่สุด	-	-

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ (ต่อ)

หัวข้อ	จำนวนคน	ร้อยละ
ด้านรสหวาน		
ดีมาก	49	49.0
ดีมาก	35	35.0
ปานกลาง	16	16.0
น้อย	–	–
น้อยที่สุด	–	–
ด้านรสเปรี้ยว		
ดีมาก	51	51.0
ดีมาก	35	35.0
ปานกลาง	14	14.0
น้อย	–	–
น้อยที่สุด	–	–
ด้านเนื้อสัมผัส (ความนุ่ม)		
ดีมาก	65	65.0
ดีมาก	35	35.0
ปานกลาง	–	–
น้อย	–	–
น้อยที่สุด	–	–
ด้านความชอบโดยรวม		
ดีมาก	53	53.0
ดีมาก	47	47.0
ปานกลาง	–	–
น้อย	–	–
น้อยที่สุด	–	–

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ (ต่อ)

หัวข้อ	จำนวนคน	ร้อยละ
ด้านยอมรับผลิตภัณฑ์		
ดีมาก	42	42.0
ดีมาก	44	44.0
ปานกลาง	14	14.0
น้อย	–	–
น้อยที่สุด	–	–

4.4.2.3 การยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

จากการศึกษาการยอมรับที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ของผู้บริโภค ดังตารางที่ 4.7 ทางด้านลักษณะปรากฏ พบว่าให้ระดับ ดีมากร้อยละ 68 ดีร้อยละ 32 ตามลำดับ ด้านกลิ่นแอลกอฮอล์ ระดับดีมากคิดเป็นร้อยละ 59 และระดับดีคิดเป็นร้อยละ 41 ด้านรสหวาน ระดับดีมากคิดเป็นร้อยละ 49 และระดับดีคิดเป็นร้อยละ 35 ด้านความเปรี้ยว ระดับดีมากคิดเป็นร้อยละ 51 และระดับดีคิดเป็นร้อยละ 35 ด้านเนื้อสัมผัส ระดับดีมากคิดเป็นร้อยละ 65 และระดับดีคิดเป็นร้อยละ 35 ด้านความชอบโดยรวม ระดับดีมากคิดเป็นร้อยละ 53 และระดับดีคิดเป็นร้อยละ 37 ตามลำดับ

จากการศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์พบว่าผู้บริโภคมีการยอมรับในผลิตภัณฑ์ในระดับการยอมรับ ดีคิดเป็นร้อยละ 44 ระดับการยอมรับดีมากคิดเป็นร้อยละ 42 และระดับการยอมรับ ปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 14 ตามลำดับ

4.4.2.4 ทดสอบความแตกต่างระหว่างข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์กับข้าวหมากที่ใช้ลูกแป้ง เมื่อให้ผู้บริโภคชิมผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อและใช้ลูกแป้งเปรียบเทียบกันและสอบถามความแตกต่างโดยใช้แบบสอบถามที่แสดงในภาคผนวก ค -4 ได้ผลดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบความแตกต่าง ระหว่างผลิตภัณฑ์ข้าวหมากแบบดั้งเดิมและผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์

คุณลักษณะ	ค่าความแตกต่าง (ร้อยละ)		
	แตกต่าง	ไม่แตกต่าง	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ)
ลักษณะปรากฏ	11	89	0.31
กลิ่นแอลกอฮอล์	24	76	0.42
รสหวาน	18	82	0.38
รสเปรี้ยว	13	87	0.33
ความนุ่มของข้าว	16	84	0.36
ความชอบโดยรวม	18	82	0.38

หมายเหตุ: จำนวนผู้ทดสอบ100 คน

จากการศึกษาความแตกต่าง ระหว่างผลิตภัณฑ์ข้าวหมากแบบดั้งเดิมและผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ดังตารางที่ 4.8 พบว่าผู้บริโภค 100 คน มีความเห็นด้านความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก ด้านลักษณะปรากฏ ไม่มีความแตกต่างคิดเป็นร้อยละ 89 และแตกต่างกันคิดเป็นร้อยละ 11 ด้านกลิ่นแอลกอฮอล์ ไม่มีความแตกต่างคิดเป็นร้อยละ 76 และแตกต่างกันคิดเป็นร้อยละ 24 ด้านรสหวานไม่มีความแตกต่างกันคิดเป็น ร้อยละ 82 และแตกต่างกันคิดเป็นร้อยละ 18 ด้านรสเปรี้ยวไม่มีความแตกต่างกันคิดเป็นร้อยละ 87 และแตกต่างกันคิดเป็นร้อยละ 13 ด้านความนุ่มของข้าวไม่มีความแตกต่างคิดเป็นร้อยละ 84 และแตกต่างกันคิดเป็นร้อยละ 16 และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันคิดเป็นร้อยละ 82 และแตกต่างกันคิดเป็นร้อยละ 18 ตามลำดับ ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ไม่แตกต่างจากข้าวหมากที่ใช้ลูกแป้งในการผลิต

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย การอภิปราย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การประยุกต์ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในขบวนการผลิตข้าวหมากทางการค้า มีขั้นตอนการดำเนินการ และวัตถุประสงค์ดังนี้ เพื่อศึกษากระบวนการผลิตและต้นทุนการผลิตจากข้าวหมากแบบดั้งเดิม ศึกษาพัฒนากล้าเชื้อกระบวนการผลิตข้าวหมากโดยใช้เทคโนโลยีกล้าเชื้อบริสุทธิ์ ศึกษาการยอมรับของผู้ผลิตและผู้บริโภคต่อข้าวหมากที่ผลิตจากกล้าเชื้อบริสุทธิ์ เพื่อนำไปทดลองที่สถานประกอบการ

1. จากการสัมภาษณ์คุณ มัลลิกา ศรบรรจง เป็นผู้ประกอบการและมีประสบการณ์ในการผลิตข้าวหมากยาวนานกว่า 20 ปี ซึ่งจะมีกำลังการผลิตข้าวหมากจำหน่าย โดยผลิตข้าวหมาก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ใช้เวลาในการผลิตข้าวหมากในช่วงระยะเวลา 09.00 - 12.00 น. โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 4 ชั่วโมงต่อครั้ง และมีรายได้เป็นผลกำไรจากการจัดจำหน่าย 400 - 500 บาทต่อวัน ซึ่งต้นทุนในการผลิตข้าวหมากแบบเดิมใช้จำนวนเงิน 73 บาทต่อตำรับ

2. ผลการศึกษาพัฒนากล้าเชื้อบริสุทธิ์ โดยนำเชื้อรา *Amylomyces rouxii* ไปเลี้ยงบนข้าวเหนียว มาผลิตเป็นกล้าเชื้อข้าวและนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตข้าวหมากโดยใช้ปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ในปริมาณร้อยละ 2, 5 และ 10 พบว่า ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นแอลกอฮอล์ รสหวาน ความนุ่มของข้าว และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันโดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้านรสเปรี้ยวไม่มีความแตกต่างกัน โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูงสุดสำหรับข้าวหมากที่ใช้ปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ร้อยละ 5 เนื่องจากปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ในปริมาณร้อยละ 2 ยังไม่เกิดกระบวนการหมักอะไมเลสในเมล็ดข้าวและยังไม่ได้คุณลักษณะที่ดีของข้าวหมากตามที่ผู้บริโภคต้องการ และปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ในปริมาณร้อยละ 10 เกิดกระบวนการหมักเร็วและมีกลิ่นแอลกอฮอล์ฉุนเกินไป

3. การศึกษาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพโดยวัดค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) ทุกๆ 6 ชั่วโมงพบว่าค่าความเป็นกรด – ด่างจะมีแนวโน้มที่สูงขึ้นและค่อยๆลดลงเมื่อกระบวนการย่อยอะไมเลสสิ้นสุดลง โดยค่า pH อยู่ระหว่าง 6.6 – 3.5 ค่าของแข็งที่ละลายของข้าวหมากในช่วงระยะเวลาที่ 6 – 42 ชั่วโมงยังไม่สามารถตรวจวัดค่าของแข็งที่ละลายได้เนื่องจากไม่มีน้ำเชื่อมข้าว และเมื่อระยะเวลา 48 ชั่วโมงจะเริ่มมีน้ำเชื่อมข้าวสามารถตรวจสอบได้ในระยะเวลานี้ ค่าของแข็งที่

ละลายอยู่ในช่วง 44- 45 º Brix ข้าวหมากที่ผลิตด้วยกล้าเชื้อบริสุทธิ์จะเริ่มผลิตแอลกอฮอล์ในช่วงระยะเวลาที่ 72 ชั่วโมงและสิ้นสุดกระบวนการหมักที่ 120 ชั่วโมงโดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณแอลกอฮอล์เฉลี่ยที่ 1.3 และ 1.6 ตามลำดับ

4. การศึกษาการยอมรับโดยนำกล้าเชื้อบริสุทธิ์ไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต ที่สถานประกอบการ โดยผลิตข้าวหมากแบบดั้งเดิมและผลิตข้าวหมากโดยใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์เพื่อทดสอบความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ข้าวหมากทั้ง 2 ชนิด พบว่า คุณลักษณะ ด้านลักษณะปรากฏ ไม่มีความแตกต่างคิดเป็นร้อยละ 89 ด้านกลิ่นแอลกอฮอล์ ไม่มีความแตกต่างคิดเป็นร้อยละ 76 ด้านรสหวานไม่มีความแตกต่างกันคิดเป็น ร้อยละ 82 ด้านรสเปรี้ยวไม่มีความแตกต่างกันคิดเป็นร้อยละ 87 ด้านความนุ่มของข้าวไม่มีความแตกต่างคิดเป็นร้อยละ 84 และความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันคิดเป็นร้อยละ 82 ตามลำดับ ข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์จึงมีผลคุณลักษณะที่เหมือนกับข้าวหมากที่ใช้ลูกแป้งทุกๆด้าน

5. จากการสัมภาษณ์คุณ มัลลิกา ศรบรรจง หลังจากได้ทดลองใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในสถานประกอบการเพื่อผลิตข้าวหมาก พบว่า ผู้ประกอบการมีความพึงพอใจในการนำกล้าเชื้อมาใช้ในกระบวนการผลิต และมีความต้องการที่จะใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในการผลิตต่อไป เนื่องจากผลการทดลองใช้สามารถควบคุมระยะเวลาในการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพทำให้ข้าวหมากมีคุณลักษณะที่ดีตามที่ผู้ผลิตและผู้บริโภคต้องการ ต้นทุนในการผลิตโดยใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ลดลง 0.93 บาท เมื่อเปรียบเทียบราคาต้นทุนในการผลิตข้าวหมากแบบดั้งเดิม

6. จากการนำผลิตภัณฑ์ทดสอบการยอมรับและความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ผลิตด้วยกล้าเชื้อบริสุทธิ์ พบว่า ผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ข้าวหมากในด้านความชอบอยู่ในเกณฑ์ดีมาก คิดเป็นร้อยละ 53 ตามลำดับและ ผู้บริโภคมีการยอมรับในผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ที่พึงพอใจระดับดี คิดเป็นร้อยละ 44 ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา การประยุกต์ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตข้าวหมากทางการค้า มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ควรมีการทดลองใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในผู้ประกอบการมากกว่า 1 ราย เพื่อเป็นการเปรียบเทียบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์และต้นทุนในการผลิตข้าวหมาก

2. จากการศึกษาการประ ยุกต์ใช้กล้าเชื้อในกระบวนการผลิตข้าวหมาก สามารถพัฒนากล้าเชื้อไปใช้ในระบบอุตสาหกรรมได้ โดยการพัฒนากล้าเชื้อให้เป็นแบบแห้งเพื่อความสะดวกในการใช้และการเก็บรักษา

3. การผลิตข้าวหมากสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการใช้ข้าวเหนียวดำหรือการเสริมสีธรรมชาติ เช่น ใบเตย อัญชัน และขมิ้น เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากเกิดความหลากหลายน่ารับประทานและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น

4. ควรมีการเผยแพร่องค์ความรู้ด้านการผลิตกล้าเชื้อให้แก่ผู้ประกอบการรายย่อยเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการผลิตข้าวหมาก

5. การทำข้าวหมากด้วยกล้าเชื้อบริสุทธิ์อาจศึกษาการใช้ยีสต์ในการหมักร่วมด้วยเนื่องจากยีสต์จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นที่หอมขึ้น

บรรณานุกรม

กล้าณรงค์ ศรีรอต. (2542). **สารให้ความหวาน sweeten**. กรุงเทพมหานคร: จาร์พา เท็ดปริ้นเตอร์ จำกัด.

กองโภชนาการ กรมอนามัย. (2535). **คุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย**. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงสาธารณสุข

จันทร ทศนานนท์. (2532). **อาหารไทย**. กรังเทพมหานคร: ศิริวัฒนาอินเตอร์ปริ้นท์.

จารุวรรณ มณีศรี. (2551). **เทคโนโลยีอาหารหมัก**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์อาหารและโภชนาการ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

จิราภรณ์ ยอดเถื่อน. (2554). **การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำข้าวหมาก. (**วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในสาโท. “สาโท,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: **www.2.diw.go.th.** [สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2555].

เจริญ เจริญชัย. (2547). “ข้าวหมากไบโอเทค,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://surathai.wordpress.com. [สืบค้นวันที่ 7 พฤศจิกายน 2555].

เจริญ เจริญชัย. (2549). **การพัฒนากระบวนการผลิตสาโทระดับอุตสาหกรรม**. (รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ประจำปีที่3). คณะวิศวกรรมศาสตร์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ชัยวัฒน์ จาติกเสถียร. (2520). **การคัดเลือกสายพันธุ์เชื้อราและยีสต์ในลูกแป้งสำหรับการหมักข้าวหมาก**. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

ชิดชม วิทวัสวงค์. (2528). **สายพันธุ์และสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์กลูโคสอะไมเลสโดย *Amylomyces* จากลูกแป้ง**. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

ฉรงค์ นิยมวิทย์. (2537). **การชิมอาหาร:ทฤษฎีและวิธีการปฏิบัติ**. กรังเทพมหานคร: วี.บี.บุ๊คเซ็นต์เตอร์ (เค.ยู.): มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เด่นชัย ชาวระนอง และปวีณา ตั้งยิ่งยง. (2549). **การผลิตลูกแป้งจากเชื้อบริสุทธิ์เพื่อการผลิตสาโท** . (โครงงานพิเศษ). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

นภา โล่ห์ทอง. 2534. **กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต**.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ห.จ.ก. ฟันนี่ พับลิชชิ่ง

ประดิษฐ์ ครุวัณณา. (2546). **ไวน์:ศาสตร์และศิลป์**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร

พิไลพรรณ พงษ์บูล. (2523). **การศึกษาชีววิทยาของลูกแป้งข้าวหมาก**. (รายงานการวิจัย). สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร

มาวิณี แย้มจันทรามาศ. (2553). **อิทธิพลของราและยีสต์จากลูกแป้งต่อสารให้กลิ่นรสในกระบวนการหมักข้าว**. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง).

มณชัย เดชสังกรานนท์. (2546). **คุณสมบัติของยีสต์และราที่มีบทบาทในการหมักข้าวหมากและสาโท**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

มนตรี เชาวน์สังเกต. (2521). **การคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์และราเพื่อใช้ในการผลิตไวน์ข้าว**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. (2532). **เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม**. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

วรายุ ลี้ประเสริฐ. (2546). **ข้าวหมากและสาโทไบโอเทคพื้นบ้านไทย.** สำนักพิมพ์สุวีริยาสาส์น. กรุงเทพมหานคร.

วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล. (2539). **จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญด้านอาหาร**. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร.

วีราภรณ์ จารึกวิทย์. (2551). **ข้าวเหนียวแก้วขมิ้น**. (แผนงานพิเศษ). คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สวัสดิ์ พุ่มภักดี และคณะ. (2550). **หลักการบัญชี**. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาวิชาการ (2535) จำกัด.

สิรินทรเทพ ภักดีศุภผล. (2523). การหมักข้าวหมากด้วยกล้าเชื้อบริสุทธิ์. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

สิวลี ไทยถาวร. (2548). หน่วยที่ 2 น้ำตาล. ใน **เอกสารการสอนวิทยาศาสตร์การอาหาร** .ปทุมธานี : สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สุหัทยา นำชัยสี่วัฒนา. (2549). **สารให้กลิ่นในไวน์ข้าวที่หมักจากกล้าเชื้อบริสุทธิ์**. ในรายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุจิตชญา จิตรวิมล. (2548). หน่วยที่ 7 ธัญชาติ. ใน **เอกสารการสอนหลักการประกอบอาหาร. (น. 54)**. ปทุมธานี: สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

Ainsworth, G.C., F.K. Sparrow and A.S. Sussman. (1973). **The Fungi an Advanced Treatise**. Academic Press, New York.

Dung, N.T.P. Rombouts, F.M. and Nout. M.J.R.(2006) . **Functionality Of Selected strains of moulds and Yeasts from Vietnamese rice wine starters** . Food Microbiology .23:331-340

Dung, N.T.P. Rombouts, F.M. and Nout. M.J.R.(2007). **Characteristics of some traditional starter (men)** .Lebensmittel-wissenschaft und-Technologie.40:130-135

Eillis, J.J., H.L. Wang and C.W.Hesseltine. (1974). **Rhizopus and Chlamydomucor strain surveyed for milk-clotting, amylolytic and antibiotic activity**. Mycologia. 68: 539-599.

Leach, H.W., L.D. McCowen and T.J. Schoch. (1959). **Structure of the starch granule I. Swelling And solubility Pattems of Various Starches**. Cereal Chem. 36: 149-158.

Olkuku, J. and C.K. Rha. (1978). **Gelatinization of Starch and Wheat Flour Starch-A review**. Food Chem. 3:293.

Yoshizawa, K., T . Ishikawa and K. Noshiro. (1973). **Studies on changes of lipids in sake brewing. I changes of fatty acids composition of lipid by the change of the polishing rate of rice grains**. J. Agri. Chem. Soc. 47(11): 713-717.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตำรับและวิธีการผลิตข้าวหมาก

ภาคผนวก ก – 1 ส่วนผสม และวิธีการทำข้าวหมากแบบดั้งเดิม

ตำรับ ข้าวหมาก

ข้าวเหนียวนึ่งสุก	2,000	กรัม
น้ำตาลทราย	200	กรัม
ลูกแป้งข้าวหมาก	10	กรัม

วิธีทำ

1. นำข้าวเหนียวล้างทำความสะอาด แช่น้ำไว้ 3 ชั่วโมง
2. นำข้าวเหนียวไปนึ่งระยะเวลา 20 นาที หรือจนสุก
3. นำข้าวเหนียวที่นึ่งสุกผึ่งบนตะแกรงให้เย็น จึงนำข้าวเหนียวไปล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง พักให้สะเด็ดน้ำ
4. นำข้าวเหนียว น้ำตาลทราย ลูกแป้งข้าวหมาก ใส่ลงอ่างผสม เคล้าส่วนผสมให้เข้ากัน
5. ตักใส่ถุงบรรจุภัณฑ์ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30-37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 48 ชั่วโมง หรือ 2 วัน

ภาคผนวก ก -2 ส่วนผสมและวิธีการทำข้าวหมาก

ตำรับ ข้าวหมาก (ดัดแปลง)

ข้าวเหนียวนึ่งสุก	2,000	กรัม
น้ำตาลทราย	200	กรัม
กล้าเชื้อบริสุทธิ์	25	กรัม

วิธีทำ

1. นำข้าวเหนียวล้างทำความสะอาด แช่น้ำไว้ 3 ชั่วโมง
2. นำข้าวเหนียวไปนึ่งระยะเวลา 20 นาที หรือจนสุก
3. นำข้าวเหนียวที่นึ่งสุกผึ่งบนตะแกรงให้เย็น จึงนำข้าวเหนียวไปล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง พักให้สะเด็ดน้ำ
4. นำข้าวเหนียว น้ำตาลทราย กล้าเชื้อบริสุทธิ์ ใส่ลงอ่างผสม เคล้าส่วนผสมให้เข้ากัน
5. ตักใส่ถุงบรรจุภัณฑ์ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30-37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 48 ชั่วโมง หรือ 2 วัน

ภาคผนวก ก-3 ภาพส่วนผสมและวิธีการทำข้าวหมาก

ภาพที่ 1-ก ส่วนผสมของข้าวหมาก

ภาพที่ 2-ก ข้าวเหนียวที่แช่น้ำไว้เทลงภาชนะไม้ไผ่สานเพื่อขึ้นนึ่ง

ภาพที่ 3-ก นึ่งข้าวเหนียวระยะเวลา 20 นาที

ภาพที่ 4-ก นำข้าวเหนียวผึ่งบนกระด้งไม้ไผ่ให้เย็น

ภาพที่ 5-ก ล้างข้าวเหนียวด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง

ภาพที่ 6-ก เทข้าวเหนียวพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ

ภาพที่ 7-ก นำส่วนผสมของข้าวเหนียวและกล้าเชื้อข้าวใส่ลงในอ่างผสม

ภาพที่ 8-ก ใส่ส่วนผสมของน้ำตาลทรายและเคล้าส่วนผสมให้เข้ากัน

ภาพที่ 9-ก ตักส่วนผสมใส่บรรจุภัณฑ์

ภาพที่ 10-ก ข้าวหมากที่เสร็จแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30-37องศาเซลเซียสระยะเวลา 48 ชั่วโมง

ภาคผนวก ก – 4 การคิดต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตข้าวหมากแบบดั้งเดิม

(สวัสดิ์ พุ่มภักดิ์ดี , 2550 , น. 403-405)

<u>รายจ่ายในการซื้อวัตถุดิบ</u>

<u>สูตร</u>	ข้าวเหนียว	2,000	กรัม
	น้ำตาลทราย	200	กรัม
	ลูกแป้งข้าวหมาก	10	กรัม

ผลิตได้จำนวนทั้งสิ้น	50	ถุง (น้ำหนัก 150 กรัม)	
ข้าวเหนียว(ดิบ)	1,000	กรัม	ราคา 30 บาท
น้ำตาลทราย	1,000	กรัม	ราคา 25 บาท
ลูกแป้งข้าวหมาก	10	กรัม	ราคา 8 บาท

<u>อัตราส่วนที่ใช้ในกระบวนการผลิตข้าวหมาก</u>

ข้าวเหนียว(ดิบ)	2,000	กรัม	ราคา 60	บาท	
น้ำตาลทราย	200	กรัม	ราคา $\frac{25\times200}{1,000}$	=	5 บาท
ลูกแป้งข้าวหมาก	10	กรัม	ราคา 8	บาท	

การคิดราคาในการจำหน่ายข้าวหมากสูตรดั้งเดิม

รายจ่ายในการผลิตข้าวหมาก = ราคาข้าวเหนียว + ราคาน้ำตาลทราย + ราคาลูกแป้ง

= 60 + 5 + 8 = 73 บาท

ราคาต้นทุน: ถุง = $\frac{\text{รายจ่ายในการซื้อวัตถุดิบ}}{\text{จำนวนที่ผลิตได้}}$

แทนค่า = $\frac{73}{50}$ = 1.46 บาท

ค่าโสหุ้ยร้อยละ 35 = $\frac{\text{ต้นทุน1ถุง} \times 35}{100}$

= $\frac{1.46 \times 35}{100}$ = 0.51 บาท

กำไรร้อยละ 50 = $\frac{\text{ต้นทุน 1 ถุง} \times 50}{100}$

= $\frac{1.46 \times 50}{100}$ = 0.73 บาท

ราคาขาย = (ต้นทุน+โสหุ้ย)+กำไร

= (1.46 + 0.51) + 0.73

= 2.7

เพราะฉะนั้นราคาขาย : ถุง = 3 บาท

การผลิตต่อครั้ง = 2.7 × 50 ถุง = 135 บาท

ต้นทุน = 73 + (0.51×50) = 98.5 บาท

ขายได้ = 150 บาท

กำไรสุทธิ = 51.5 บาท

กำไรต่อเดือน = 2,472 บาท

ภาคผนวก ก – 5 การคิดคำนวณต้นทุนในการผลิตข้าวหมากโดยใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์
(สวัสดิ์ พุ่มภักดิ์ดี , 2550 , น. 403-405)

<u>รายจ่ายในการซื้อวัตถุดิบ</u>

<u>สูตร</u> ข้าวเหนียว 2,000 กรัม
น้ำตาลทราย 200 กรัม
กล้าเชื้อข้าว 25 กรัม

ผลิตได้จำนวนทั้งสิ้น 50 ถุง (น้ำหนัก 150 กรัม)
ข้าวเหนียว (ดิบ) 1,000 กรัม ราคา 30 บาท
น้ำตาลทราย 1,000 กรัม ราคา 25 บาท

อัตราส่วนที่ใช้ในกระบวนการผลิตข้าวหมาก
ข้าวเหนียว 2,000 กรัม ราคา 60 บาท
น้ำตาลทราย 200 กรัม ราคา $\frac{25\times200}{1,000}$ = 5 บาท

<u>การคิดคำนวณต้นทุนการผลิตกล้าเชื้อ</u> *<u>Amylomyces rouxii</u>*
ปริมาณกล้าเชื้อข้าว 25 กรัม = เชื้อ 1 ส่วน (1×1ตารางเซนติเมตร)
ปริมาณ *Amylomyces rouxii* sp. 1 หลอดทดลอง ราคา 200 บาท (ทำเชื้อข้าวได้ 30 ส่วน)
เพราะฉะนั้นต้นทุนเชื้อ 1 ส่วน ราคา $\frac{200}{30}$ = 6.67 บาท

ข้าวเหนียว 1,000 กรัม = 30 บาท
ข้าวเหนียว (ดิบ) 13.5 กรัม = $\frac{13.5\times30}{1,000}$ = 0.40 บาท

<u>เพราะฉะนั้นต้นทุนเชื้อ(ที่ใช้)</u> ราคา = 7.07 บาท

การคิดราคาในการจำหน่ายข้าวหมากที่ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์

รายจ่ายในการผลิตข้าวหมาก = ราคาข้าวเหนียว + ราคาน้ำตาลทราย + ราคาเชื้อข้าว

= 60 + 5 + 7.07 = 72.07 บาท

ราคาต้นทุน: ถุง = $\frac{\text{รายจ่ายในการซื้อวัตถุดิบ}}{\text{จำนวนที่ผลิตได้}}$

แทนค่า = $\frac{72}{50}$ = 1.44 บาท

ค่าโสหุ้ยร้อยละ 35 = $\frac{\text{ต้นทุน1ถุง} \times 35}{100}$

= $\frac{1.44 \times 35}{100}$ = 0.50 บาท

กำไรร้อยละ 50 = $\frac{\text{ต้นทุน 1 ถุง} \times 50}{100}$

= $\frac{1.44 \times 50}{100}$ = 0.72 บาท

ราคาขาย = (ต้นทุน+โสหุ้ย)+กำไร

= (1.44 + 0.50) + 0.72

= 2.66

เพราะฉะนั้นราคาขาย:ถุง = 3 บาท

ผลิตต่อครั้ง = 2.66 × 50 = 133 บาท

ต้นทุน = 72.07 + (0.05 × 50) = 97.07 บาท

ขายได้ = 150 บาท

กำไร = 52.93 บาท

กำไรต่อเดือน = 2,540 บาท

กำไรเพิ่มขึ้นต่อเดือน(ผลิต48ครั้ง)

= 1.43 × 48 = 68.64 บาท

ภาคผนวก ข

เครื่องมือและขั้นตอนการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

ภาคผนวก ข – 1 เครื่องมือและขั้นตอนการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด – ด่าง ของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง Laboratory pH Meter ยี่ห้อ Schott รุ่น CG – 842 / N 62 ดังแสดงในภาพที่ ข -1

ภาพที่ 1-ข เครื่อง Laboratory pH Meter

วิธีการ

นำน้ำเชื่อมข้าวปริมาณ 25 ml. ใส่ในบิกเกอร์ ใช้แท่งปรอทจุ่มลงในน้ำเชื่อมข้าวและอ่านค่าความเป็นกรด – ด่าง ที่จอแสดงผลบนเครื่องมือ

การวิเคราะห์ของแข็งที่ละลาย ด้วยเครื่อง Hand Refractometer ยี่ห้อ ATAGO. MASTER – 53M Cat.No. 2353 Brix 0.0 ~ 53.0 % ดังแสดงในภาพที่ ข-2

ภาพที่ 2-ข เครื่อง Hand Refractometer

วิธีการ

สุ่มตรวจทุกๆ 6 ชั่วโมง โดยการนำน้ำเชื่อมข้าวมาหยดบริเวณเลนท์กล้อง อ่านค่าความหวานที่เครื่องมือโดยการส่องกล้องแล้วบันทึกผล

การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ เครื่องมือ Ebulliometer จากบริษัท DUJARDIN-SALLERON

ภาพที่ 3-ข เครื่องมือ Ebulliometer

วิธีการ

สุ่มตรวจในช่วงระยะเวลาที่ 72 96 และ 120 โดยการนำน้ำเชื่อมข้าวปริมาณ 50 ml. ใส่ลงในเครื่อง และใส่น้ำเย็นจัดในเครื่องมือเพื่อเป็นการควบแน่น จุดตะเกียงแอลกอฮอล์ทำการต้มและอ่านอุณหภูมิที่คงที่ในระยะเวลา 1-2 นาที อ่านค่าในแผ่นเทียบวัดปริมาณแล้วบันทึกผล

ภาคผนวก ค

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก ค – 1 แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ

แบบสอบถามการทดสอบความชอบ

ผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก วันที่……/……/……

ผู้ประเมิน.....

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่เสนอและให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์ กรุณาบ้วนปากก่อนทดสอบตัวอย่างทุกครั้งโดยเรียงลำดับคะแนนดังนี้

9 = ชอบมากที่สุด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง

6 = ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	**รหัส**		
	…..	**…..**	**…..**
ลักษณะปรากฏโดยรวม			
กลิ่นแอลกอฮอล์			
รสหวาน			
รสเปรี้ยว			
ความนุ่ม(เนื้อสัมผัส)			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ

ลมภูริพล สรสุพิสิฐกุล

ภาคผนวก ค – 2 แบบสอบถามความพึงพอใจ

แบบสอบถามการทดสอบความชอบและการยอมรับ	สำหรับผู้วิจัย

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การประยุกต์ใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิตข้าวหมากทางการค้า

คำชี้แจ้ง

แบบสอบถามฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา เพื่อทดสอบความชอบและการยอมรับของผลิตภัณฑ์ข้าวหมากซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์แห่งปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ของนายลมภูริพล สรสุพิสิฐกุล นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งแบบสอบถามจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและทัศนคติต่อการบริโภคข้าวหมาก

ดังนั้น จึงขอความร่วมมือจากทุกท่าน กรุณากรอกแบบสอบถามข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวิจัยครั้งนี้

ข้าพเจ้าในนามผู้สอบถาม ขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างยิ่งที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่สละเวลาในการตอแบบสอบถาม

นาย ลมภูริพล สรสุพิสิฐกุล

ภาคผนวก ค – 3 แบบสอบถามความพึงพอใจ

คำแนะนำ : กรุณาใส่เครื่องหมายถูก (/) ลงในช่องที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม และตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ

☐ 15-24 ปี ☐ 25-34 ปี ☐ 35-44 ปี ☐ 44 ปีขึ้นไป

3. ระดับการศึกษา

☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย,ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)

☐ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวส.)

☐ ปริญญาตรี

☐ สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

☐ นักเรียน/นักศึกษา ☐ แม่บ้าน ☐ รัฐวิสาหกิจ ,ข้าราชการ

☐ พนักงานบริษัท ☐ ธุรกิจส่วนตัว ☐ อื่น ๆ โปรดระบุ_____

5. รายได้ต่อเดือน

☐ น้อยกว่า 2,000 บาท ☐ 2,001-4,000 บาท

☐ 4,001-6,000 บาท ☐ 6,001-8,000 บาท

☐ 8,001-10,000 บาทขึ้นไป

ส่วนที่ 2: ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและทัศนคติต่อการบริโภคข้าวหมาก

6. ท่านเคยรับประทานข้าวหมากหรือไม่

☐ เคย ☐ ไม่เคย

7. ท่านรับประทานข้าวหมากบ่อยเพียงใด

☐ ทุกวัน ☐ 1-2 ครั้ง/ สัปดาห์ ☐ 3-4 ครั้ง/ สัปดาห์

☐ น้อยกว่า 1ครั้ง/เดือน ☐ อื่น ๆ_____

8. ท่านซื้อข้าวหมากจากที่ไหน

☐ ตลาดสด ☐ รถเข็นหาบเร่ ☐ ห้างสรรพสินค้า ☐ อื่น_____

9. การซื้อข้าวหมากต่อครั้งคิดเป็นจำนวนเงินเท่าไร

☐ 10-20 บาท ☐ 21-30 บาท

☐ 31-40 บาท ☐ 40 บาทขึ้นไป

10. เหตุผลที่ท่านเลือกซื้อรับประทานข้าวหมาก

☐ รสชาติอร่อย

☐ มีคุณค่าทางโภชนาการ

☐ ความเคยชิน

☐ ราคาถูก

☐ อื่น ๆ _____

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

11. หลังจากที่ท่านชิมข้าวหมากแล้วกรุณาใส่เครื่องหมาย (/) ลงในช่องว่างที่ตรงกับความรู้สึกกับท่านมากที่สุด

5 ดีมาก 4 ดี 3 ปานกลาง 2 พอใช้ 1 ควรปรับปรุง

คุณลักษณะ	ระดับคะแนน				
	5	4	3	2	1
ลักษณะปรากฏ					
สี					
รสชาติ					
เนื้อสัมผัส(ความนุ่ม)					
ความชอบรวม					

12. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์นี้เพียงใด กรุณาระบุการยอมรับโดยการทำเครื่องหมาย (×) ทับลงบนช่องระดับการยอมรับที่ท่านพึงพอใจ

ระดับการยอมรับ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด

ภาคผนวก ค – 4 แบบสอบถามความพึงพอใจด้านความแตกต่างของผลิตภัณฑ์

แบบประเมินการยอมรับของผู้บริโภค

ผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก

ชื่อผู้ประเมิน……..... วันที่...../...../.....

แบบประเมินความแตกต่างอย่างง่าย ของผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก โดยชิมจากตัวอย่างข้าวหมากทั้ง 2 ตัวอย่าง แล้วในเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างตามที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม

คุณลักษณะ	**คุณภาพ**	
	แตกต่าง	**ไม่แตกต่าง**
ลักษณะปรากฏ		
กลิ่นแอลกอฮอล์		
รสหวาน		
ความนุ่ม		
ความชอบโดยรวม		

ข้อเสนอแนะ

……

……

……

ขอขอบพระคุณ ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ภาคผนวก ง - 1 การวิเคราะห์ทางเคมี

ตารางที่ ง-1 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมี

ระยะเวลา (ชม.)	วิเคราะห์ทางเคมี		
	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ค่า TSS (Total soluble Solid)	ระดับปริมาณแอลกอฮอล์
6	6.4	-	-
12	6.3	-	-
18	6.2	-	-
24	6	-	-
30	6	-	-
36	5.6	-	-
42	4.6	-	-
48	4.5	-	-
54	4.5	44.46	-
60	4	44.5	-
66	3.8	45	-
72	3.5	45	1.3
78	3.5	45.01	1.3
84	3.5	45.1	1.3
90	3.5	45.13	1.3
96	3.5	45.2	1.5
102	3.5	45.26	1.5
108	3.5	45.3	1.5
114	3.5	45.3	1.5
120	3.5	45.3	1.6

*** จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ**

ภาคผนวก จ

ผลวิเคราะห์สถิติด้านการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก จ –1 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 1-จ การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ เมื่อศึกษาหาปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมาก

SOV	d.f.	SS	MS	F
Treatment	2	23.43	11.71	21.64
Block	19	12.98	0.68	1.26
Error	38	20.56	0.54	
Total	60	3269.00		

ตารางที่ 2-จ การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นแอลกอฮอล์เมื่อศึกษาหาปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมาก

SOV	d.f.	SS	MS	F
Treatment	2	10.03	5.01	15.93
Block	19	7.93	0.41	1.33
Error	38	11.96	0.31	
Total	60	2998.00		

ตารางที่ 3-จ การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านรสหวาน เมื่อศึกษาหาปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมาก

SOV	d.f.	SS	MS	F
Treatment	2	25.43	12.71	45.73
Block	19	3.93	0.20	0.74
Error	38	10.56	0.27	
Total	60	3008.00		

ภาคผนวก จ –1 (ต่อ) ตารางแสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4-จ การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านรสเปรี้ยว เมื่อศึกษาหาปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมาก

SOV	d.f.	SS	MS	F
Treatment	2	1.30	0.65	0.74
Block	19	15.73	0.82	0.94
Error	38	33.36	0.87	
Total	60	1932.00		

ตารางที่ 5-จ การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความนุ่มของข้าว เมื่อศึกษาหาปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมาก

SOV	d.f.	SS	MS	F
Treatment	2	18.23	9.11	48.75
Block	19	6.85	0.36	1.93
Error	38	7.10	0.18	
Total	60	3071.00		

ตารางที่ 6-จ การวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบโดยรวม เมื่อศึกษาหาปริมาณกล้าเชื้อบริสุทธิ์ที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมาก

SOV	d.f.	SS	MS	F
Treatment	2	29.23	14.61	45.90
Block	19	9.65	0.50	1.59
Error	38	12.10	0.31	
Total	60	3263.00		

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นาย ลมภูริพล สรสุพิสิฐกุล
วัน เดือน ปีเกิด	9 ธันวาคม 2529
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2542	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนกรรณสูตศึกษาลัย จังหวัดสุพรรณบุรี
พ.ศ. 2547	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชา อาหารและโภชนาการ คณะคหกรรมศาสตร์ วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุพรรณบุรี
พ.ศ. 2551	คหกรรมศาสตรบัณฑิต (คศ.บ.) สาขาวิชา อาหารและโภชนาการ วิชาเอก ธุรกิจอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ. 2556	คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (คศ.มบ.) สาขาวิชา เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ วิชาเอก อาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2551	เจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิตเบเกอรี่และผู้ช่วยสอนวิชาอาหารไทย วิชาขนมไทย วิชาเบเกอรี่ โรงเรียนการอาหารนานาชาติสวนดุสิต มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
พ.ศ. 2554	ผู้จัดการฝ่าย Marketing,นักเขียนนิตยสาร Food stylist issue 50-51
พ.ศ. 2555- ปัจจุบัน	พิธีกรงาน Event ทางด้านอาหารและงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ธุรกิจส่วนตัว , Food stylist เพื่อการโฆษณา ให้กับบริษัทต่างๆ นักวิชาการอิสระทางด้านอาหารไทยและขนมไทย วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุพรรณบุรี วิทยากรและกรรมการตัดสินกีฬาแอโรบิค จ.สุพรรณบุรี