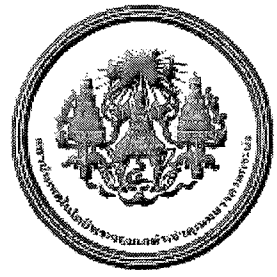


ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของความลึกของข้าวในการหมักสาโทก่อนผ่านำ้

(Effect of mash thickness on sato fermentation)

โดย

นางสาวเดือน เทนโสภา	รหัสประจำตัว 44045045
นางสาวยุพาวรรณ กรองสันเทียะ	รหัสประจำตัว 44045056

ได้รับการพิจารณาจาก

..../...../..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ดร.บุญเทียม พันธ์เพ็ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18953

ผลของความลึกของข้าวในการหมักซาโทก่อนผ่านน้ำ

(Effect of mash thickness on sato fermentation)

T099562

โดย

นางสาวเดือน เทนโสภา รหัสประจำตัว 44045045

นางสาวยุพาวรรณ กรองสันเทียะ รหัสประจำตัว 44045056

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ.2545

ปพ.
ด931ส
2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....99562
วัน.เดือน.ปี.....16 JUN 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดือน เทนโสภา, ยุพาวรรณ กรองสันเทียะ. ผลของความลึกของข้าวในการหมักสาโทก่อนผ่าน้ำ (Effect of mash thickness on sato fermentation). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. บุญเทียม พันธุ์เพ็ง

บทคัดย่อ

การศึกษาความลึกของข้าวในการหมักสาโทก่อนผ่าน้ำที่ระดับความลึกของข้าว 3 6 9 12 15 และ 18 เซนติเมตร พบว่าความลึกของข้าวในการหมักที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราในการหมักสาโทก่อนผ่าน้ำที่ความลึก 6 เซนติเมตร ที่เวลา 3 วัน จะได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์สูงสุดซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 44 บริกซ์ พีเอช 3.8 ค่าความเป็นกรดร้อยละ 1.7 ในรูปของกรดแลคติก และเมื่อผ่าน้ำในวันที่ 3 ใช้เวลาหมัก 5 วัน จะได้แอลกอฮอล์ร้อยละ 8.4 โดยปริมาตร ทำให้ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 6 บริกซ์ พีเอช 3.7 ค่าความเป็นกรดร้อยละ 0.9 ในรูปของกรดแลคติก ซึ่งถ้าใช้ความลึกมากกว่า 6 เซนติเมตร เชื้อก็จะสามารถเจริญได้แต่เจริญไม่ดีเนื่องจากได้รับอากาศไม่เพียงพอในการเจริญเพราะที่ความลึกมากๆ อากาศลงไปได้ไม่ถึงก้นถัง ส่วนที่ความลึกไม่ถึง 6 เซนติเมตร เชื้อก็สามารถเจริญได้และเจริญได้ดีแต่จะทำให้ได้สาโทที่มีปริมาณน้อยลง ดังนั้นในการหมักสาโทก่อนการผ่าน้ำจึงควรหมักข้าวที่ความลึก 6 เซนติเมตร ก่อนเพื่อให้เชื้อราในลูกแป้งเจริญและสร้างเอนไซม์อะไมเลสย่อยแป้งในข้าวเป็นน้ำตาลกลูโคสได้อย่างมีประสิทธิภาพและยีสต์สามารถหมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ได้ตามที่ต้องการ

เดือน เทนโสภา ....

ยุพาวรรณ กรองสันเทียะ

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษในหัวข้อ เรื่อง ผลของความลึกของข้าวในการหมักสาโทก่อนผ่านน้ำ (Effect of mash thickness on sato fermentation) สำเร็จได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ ดร.บุญเทียม พันธุ์เพ็ง ที่รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าคอยให้คำปรึกษาและแนะนำในทุกเรื่อง รวมทั้งแก้ไขรายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่คอยแนะนำและช่วยให้การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจและกำลังทรัพย์ในการศึกษา และคอยให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาตลอดในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่คอยให้ความช่วยเหลือในการเบิกอุปกรณ์และเปิดห้องปฏิบัติการ และขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ช่วยให้กำลังใจมาโดยตลอด

นางสาวเดือน เทนโสภา
นางสาวยุพาวรรณ กรองสันเทียะ
ตุลาคม 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1	
บทนำ	1
วัตถุประสงค์การทดลอง	1
บทที่ 2	
วารสารปริทรรศน์	2
บทที่ 3	
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	21
บทที่ 4	
ผลการทดลอง	25
บทที่ 5	
สรุปผลการทดลอง	34
ข้อเสนอแนะ	34
เอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก	36
ภาคผนวก ก. วิธีวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี Lane-Eynon Method	37
ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์ความเป็นกรดทั้งหมด (Total Tritratable Acidity)	40
ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ (A.O.A.C. 1980)	42
ภาคผนวก ง. ตารางแสดงผลการทดลองระหว่างการหมักข้าวเป็นน้ำตาล	43
ภาคผนวก จ. ตารางแสดงผลการทดลองระหว่างการหมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์	45
ภาคผนวก ฉ. ภาพประกอบการทดลอง	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1 ตำหรับลูกแป้งข้าวหมากสูตรที่ 1	6
ตารางที่ 2 ตำหรับลูกแป้งข้าวหมากสูตรที่ 2	7
ตารางที่ 3 ตำหรับลูกแป้งข้าวหมากสูตรที่ 3	7
ตารางที่ 4 ตำหรับลูกแป้งข้าวหมากสูตรที่ 4	8
ตารางที่ 5 แสดงสมบัติของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน	15
ตารางภาคผนวก ข	
ข.1 ค่าน้ำหนักสมมูลย์ของกรดชนิดต่างๆในผลิตภัณฑ์หมัก	40
ตารางภาคผนวก ง	
ง. 1 แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กลูโคส) กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร ตัวอย่างที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักที่ระยะเวลา 3 6 9 และ 12 วัน ที่ระดับความลึกของข้าว 3 6 9 12 15 และ 18 เซนติเมตร	43
ง.2 แสดงค่าพีเอชที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักที่ระยะเวลา 3 6 9 และ 12 วัน ที่ระดับความลึกของข้าว 3 6 9 12 15 และ 18 เซนติเมตร	43
ง.3 แสดงปริมาณของที่ละลายได้ (บริกซ์) ในระหว่างการหมักที่ระยะเวลา 3 6 9 และ 12 วัน ที่ระดับความลึกของข้าว 3 6 9 12 15 และ 18 เซนติเมตร	44
ง.4 แสดงค่าความเป็นกรด(ร้อยละ)ในรูปของกรดแลคติกที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักที่ระยะเวลา 3 6 9 และ 12 วัน ที่ระดับความลึกของข้าว 3 6 9 12 15 และ 18 เซนติเมตร	44
ตารางภาคผนวก จ	
จ.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์หลังจากการหมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ที่ความลึกของข้าว 6 เซนติเมตร	45
จ.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงพีเอชหลังจากการหมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ที่ความลึกของข้าว 6 เซนติเมตร	45
จ.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้(บริกซ์) หลังจากหมักน้ำตาลแป็นแอกอฮอล์ที่ความลึกของข้าว 6 เซนติเมตร	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ตารางภาคผนวก จ

จ.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด(ร้อยละ)ในรูปของกรดแลค หลังจากหมักน้ำตาลแป็นแอกอฮอล์ที่ความลึกของข้าว 6 เซนติเมตร 46

จ.5 แสดงค่าพีเอช ความเป็นกรด(ร้อยละ)ในรูปของกรดแลคติก ปริมาณแอลกอฮอล์(ร้อยละ) และ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์) หลังจากการหมักข้าวเป็นน้ำตาลและผ่านำ้หมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ ที่ความลึกของข้าว 6 เซนติเมตร 47

จ.6 แสดงปริมาณข้าวเหนียวก่อนนึ่ง - หลังนึ่ง และปริมาณลูกแป้งที่คลุกของข้าวที่ความลึก 3 6 9 12 15 และ 18 เซนติเมตร 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการผลิตลูกแป้ง	10
ภาพที่ 2 โครงสร้างอะไมโลส	14
ภาพที่ 3 โครงสร้างอะไมโลเพกติน	15
ภาพที่ 4 แสดงลักษณะการเข้าทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ α - Amylase	17
ภาพที่ 5 ลักษณะการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ β-Amylase	18
ภาพที่ 6 ลักษณะการเข้าทำงานของเอนไซม์กลูโคอะไมเลส	19
ภาพที่ 7 ผลผลิตการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลสทั้ง 3 ชนิด	19
ภาพที่ 8 แสดงขั้นตอนการทดลอง	24
ภาพที่ 9 ฉ. 1 ข้าวเหนียว	48
ภาพที่ 10 ฉ. 2 ลูกแป้งสุรา	48
ภาพที่ 11 ฉ. 3 ถังและผ้าขาวบาง	49
ภาพที่ 12 ฉ. 4 แสดงการหมักสาโทระหว่างเปลี่ยนข้าวเป็นน้ำตาล	49
ภาพที่ 13 ฉ. 5 ลักษณะของข้าวหลังจากหมักข้าวเป็นน้ำตาล	50
ภาพที่ 14 ฉ. 6 แสดงการหมักสาโทระหว่างการหมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์	50
ภาพที่ 15 ฉ. 7 แสดงลักษณะของสาโทที่ได้จากการผ่านำ้ 3 6 9 และ 12 วัน	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตข้าวได้มากและส่งออกเป็นอันดับ 1 ของโลก ต้นทุนการผลิตข้าวของเกษตรไทยยังสูงเพราะต้องอาศัยน้ำฝน ใช้ปุ๋ยและยาฆ่าศัตรูข้าวจากต่างประเทศที่มีราคาแพง การปลูกและการเก็บเกี่ยวยังขาดเทคโนโลยีที่ขาดการพัฒนาผลผลิตต่ำ แต่ข้าวมีราคาถูก จำเป็นต้องหาวิธีแปรรูปข้าวให้เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆเพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่ข้าว แต่มีการแปรรูปจากข้าวอย่างหนึ่งที่ทำมาเป็นเวลาหลายปีแล้วในประเทศไทย และปัจจุบันก็ยังทำและบริโภคกัน กระบวนการผลิตและอุปกรณ์ในการผลิตไม่มีการพัฒนา หรือมีการพัฒนาน้อยมาก และยังเป็นการผลิตที่ใช้ภูมิปัญญาชาวบ้านอยู่ ยังไม่มีการค้นคว้า หรือศึกษาในกระบวนการผลิตที่แน่ชัดในการผลิตสาโท อีกทั้งปัจจุบันการผลิตสาโทจะมีปัญหาเกิดขึ้นมาก ซึ่งปัญหาสำคัญ คือ การย่อยแป้งในข้าวให้เป็นน้ำตาลกลูโคสด้วยเชื้อราในลูกแป้งไม่มีประสิทธิภาพทำให้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่เกิดขึ้นต่ำ ยีสต์หมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ได้น้อย ทำให้สาโทไม่ได้รสชาติตามที่ต้องการ

การย่อยแป้งจากเชื้อราที่มีอยู่ในลูกแป้งไม่มีประสิทธิภาพนั้นเนื่องจากเชื้อราเป็นเชื้อที่ต้องการอากาศในการเจริญและสร้างเอนไซม์อะไมเลสที่มีความสำคัญในการย่อยแป้งในเมล็ดข้าวให้ได้น้ำตาลกลูโคส ดั้งนั้นการศึกษาความลึกของข้าวที่เหมาะสมต่อการหมักสาโทด้วยเชื้อราก่อนการผ่าน้ำ จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้การหมักสาโทดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความลึกของข้าวที่เหมาะสมต่อการหมักข้าวเป็นน้ำตาลดด้วยลูกแป้งสุราในการหมักสาโทสูง
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมักสาโท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทรรศน์

สาโทหรือน้ำข้าวเป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านดั้งเดิมของไทยทำจากการหมักข้าวเหนียวนึ่งด้วยลูกแป้งเชื้อหรือเป็นการหมักข้าวเหนียวโดยใช้ลูกแป้งเหล้าเป็นตัวเปลี่ยนแป้งและน้ำตาลให้เกิดเป็นแอลกอฮอล์นั่นเอง สาโทจัดเป็นสุราแช่ตามพระราชบัญญัติสุรา พ.ศ.2544 สาโทไม่มีการกลั่น และมีแรงแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15 %โดยปริมาตร การหมักเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่ก่อให้เกิดมีการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์สารโดยปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่สร้างขึ้นโดยเชื้อจุลินทรีย์ทำให้ได้เซลล์เพิ่มขึ้นหรือสารเคมีซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทั้งนี้อาจอยู่ในสภาวะที่มีการให้อากาศเต็มที่หรือมีอากาศเพียงเล็กน้อย หรือปราศจากอากาศก็ได้ (ประดิษฐ์ , 2525)

ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการหมัก

1. จุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่จะช่วยให้เกิดปฏิกิริยาการหมักได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ และรา เป็นต้น การจะใช้ชนิดไหนนั้นจะขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการและจุลินทรีย์นั้นๆ ควรจะมีคุณสมบัติดังนี้

1.1 ควรจะมีการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้รวดเร็วในวัตถุดิบที่ใช้ จุลิทรีย์ที่นำมาใช้เพื่อช่วยปฏิกิริยาการหมัก ควรเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการธาตุอาหารที่ยาก หรือมีราคาแพงหรือเฉพาะเจาะจงนัก

1.2 ควรเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างเอนไซม์ที่มีความจำเป็นต่อกระบวนการหมักได้ ตัวอย่างเช่น ในการผลิตแอลกอฮอล์จากธัญชาตินั้น ปฏิกิริยาการหมักในขั้นแรกที่เป็น ปฏิกิริยาในการเปลี่ยนสตาร์ชเป็นน้ำตาล ควรเลือกใช้จุลินทรีย์ซึ่งสามารถสร้างเอนไซม์ที่ย่อยสตาร์ชให้เป็นน้ำตาลได้ เช่น เชื้อรา ส่วนในขั้นตอนต่อมาเป็นขั้นตอนการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ เช่น ยีสต์

2.วัตถุดิบ

จุลินทรีย์เช่นเดียวกับสิ่งมีชีวิตอื่นๆที่ต้องการ คาร์บอน ไนโตรเจน แร่ธาตุและวิตามินต่างๆ สำหรับการเจริญเติบโต ฉะนั้นวัตถุดิบที่เลือกมาใช้ควรเลือกชนิดที่หาง่าย มีแร่ธาตุอาหารต่างๆที่กล่าวมาครบถ้วนและมีราคาถูกด้วย ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตลง

3.การควบคุมสภาวะของการหมัก

เนื่องจากกระบวนการหมักแต่ละกระบวนการนั้น ต้องการสภาวะหรือสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไป เช่น อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก ความเป็นกรดเบสของวัตถุดิบ การให้อากาศใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างกระบวนการหมัก ทั้งนี้เพราะว่าผลิตภัณฑ์หมักแต่ละชนิดจะได้มาจากกระบวนการหมักที่ใช้วัตถุดิบและเชื้อจุลินทรีย์ที่แตกต่างกันออกไป การควบคุมสภาวะการหมักนั้นนอกจากจะควบคุมปัจจัยต่างๆที่กล่าวมาแล้ว วัตถุดิบที่ใช้จะต้องมีการฆ่าเชื้อเสียก่อน อุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการหมักจะต้องมีการล้างให้สะอาดและฆ่าเชื้อก่อนใช้เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์หรือผลิตภัณฑ์จากเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการให้มีการปนเปื้อนอยู่ในผลิตภัณฑ์ที่จะผลิต

ชนิดของอาหารหมัก

1. ผลิตภัณฑ์อาหารหมักประเภทเครื่องดื่ม
2. ผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากธัญชาติ
3. ผลิตภัณฑ์อาหารหมักประเภทผลไม้และผัก
4. ผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากถั่ว
5. ผลิตภัณฑ์อาหารหมักประเภทผลิตภัณฑ์นม
6. ผลิตภัณฑ์อาหารหมักประเภทผลิตภัณฑ์เนื้อ
7. ผลิตภัณฑ์อาหารหมักประเภทผลิตภัณฑ์ปลา (ศิวาพร , 2539)

วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตสาโท

ข้าวเหนียว

ข้าว (Rice) ที่ใช้ในการหมักคือ ข้าวเหนียว ถ้าต้องการน้ำขาวทำด้วยข้าวเหนียวขาว ถ้าต้องการน้ำแดงทำด้วยข้าวเหนียวแดง ปกติใช้ข้าวเหนียวเก่าอย่างดีนิยมใช้ข้าวเหนียวเขี้ยวงูเพราะนึ่งสุกแล้วได้รูปเมล็ดข้าวเหนียวที่สวยงามคงรูปไม่ค่อยหักป่นและไม่แฉะแม้จะนึ่งนานก่อนนำมานึ่งควรล้างให้สะอาดแช่น้ำอย่างน้อย 3-4 ชั่วโมงนึ่งเพียงพอดี และในข้าวจะมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบที่มีมากที่สุดในเมล็ดข้าว (77-87%โดยน้ำหนักแห้ง) ชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่พบมากที่สุด คือ สตาร์ช รองลงมา คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพนโทแซน เดกซ์ทริน และน้ำตาลแต่โดยวิธีการวิเคราะห์จะแบ่งปริมาณคาร์โบไฮเดรตเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนเส้นใย ซึ่งได้แก่ เซลลูโลสและลิกนิน แต่ในปัจจุบันนิยมวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหาร ซึ่งรวมกับเซลลูโลส กัม เพกติน สารเป็นเมือกและเฮมิเซลลูโลส รวมทั้งลิกนินและสารให้กลิ่นอื่นๆ เข้าด้วยกันและปริมาณที่เหลือจากผลรวมขององค์ประกอบอื่นทั้งหมดลบจาก 100 จะเป็นปริมาณคาร์โบไฮเดรตอีกส่วนหนึ่ง ซึ่งได้แก่ สตาร์ช เป็นส่วนร่วมกับน้ำตาลและพอลิแซ็กคาไรด์อื่นๆด้วย

สตาร์ช

แหล่งเกิดของสตาร์ชจะอยู่ในเม็ดสตาร์ชซึ่งมีลักษณะเม็ดห้าเหลี่ยมขนาด 3-5 ไมโครเมตร รวมกันเป็นกลุ่มภายในอะมิโลพลาสท์ที่มีลักษณะกลมรีมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 ถึง 3ไมโครเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยภายในแต่ละอะมิโลพลาสท์มีเม็ดสตาร์ชเกาะรวมอยู่ประมาณ 20 – 60 เม็ด และระหว่างเม็ดสตาร์ชจะมีกลุ่มโปรตีนแทรกอยู่เห็นเป็นร่องบนเม็ดสตาร์ช องค์ประกอบหลักก็คือ อะมิโลส ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสที่เชื่อมต่อกันดวยพันธะ α-(1-4) กลูโคส เป็นจำนวนประมาณ 5,000 ยูนิตหรือมากกว่าในแต่ละโมเลกุล และอะมิโลเพกตินซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสเช่นกันแต่มีการเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ 2 แบบ คือ α- (1-4)กลูโคส และปีนกิ่งก้านด้วยพันธะ α –(1-6) กลูโคส โดยประกอบด้วยกลูโคส ในช่วงของกิ่งก้านประมาณ 18-28 ยูนิต แต่มีจำนวนกลูโคสทั้งหมดมากถึง 10^6 กลูโคสยูนิตขึ้นไป

น้ำตาลอิสระ

น้ำตาลที่อยู่ในรูปอิสระในเมล็ดข้าวมีประมาณร้อยละ 1-3 โดยมีหลายชนิด เช่น กลูโคส ฟรักโทส มอลโทส ซูโคส นอกจากนั้นยังมีพวกไตรแซกคาไรด์ เช่น แรฟฟิโนส และโอลิโกแซ้กคาไรด์ น้ำตาลที่ไม่รีดิวซ์ที่สำคัญคือ ซูโคส และน้ำตาลที่รีดิวซ์ที่สำคัญคือ กลูโคสและฟรักโทส (อรอนงค์ , 2538)

ลูกแป้ง

ลูกแป้ง คือ กล้าเชื้อจุลินทรีย์ (inoculum) ที่เก็บในรูปเชื้อแห้งเพื่อใช้ในการผลิตอาหารหมักหลายชนิดในประเทศแถบเอเชีย เทคโนโลยีการผลิตและการใช้ลูกแป้งมีมาแต่โบราณก่อนที่มนุษย์จะเข้าใจถึงศาสตร์ทางจุลชีววิทยา โดยเข้าใจกันว่ามีต้นกำเนิดจากประเทศจีนและได้ถ่ายทอดไปยังประเทศเพื่อนบ้าน กล้าเชื้อในลักษณะนี้มีชื่อเรียกตามภาษาท้องถิ่นของแต่ละประเทศ ส่วนการใช้ประโยชน์นั้นจะคล้ายคลึงกันเป็นส่วนใหญ่ คือใช้ในการหมักที่มีกิจกรรมการเปลี่ยนแป้งในวัตถุดิบ ประเภทธัญพืชและพืชหัว ให้เป็นน้ำตาลเพื่อผลิตอาหารหมักประเภทข้าวหมาก สุรา และเมรัย เช่น กระแช่ สาโทหรือ อุ (นภา , 2535)

ชนิดของลูกแป้ง

อาจแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. ลูกแป้งข้าวหมาก (ข้าวหมัก) ใช้ทำข้าวหมากกวน ลูกแป้งชนิดนี้จะมีเฉพาะเชื้อราซึ่งจะย่อยแป้งในข้าวเหนียวนึ่งให้เป็นน้ำตาล ทำให้ข้าวหมากมีรสหวาน

2. ลูกแป้งสุรา (ลูกแป้งเหล้า) ใช้ทำสุรา ลูกแป้งชนิดนี้จะมีเชื้อราและเชื้อยีสต์ผสมกันอยู่ เชื้อราจะย่อยแป้งในข้าวเหนียวนึ่งให้เป็นน้ำตาล จากนั้นเชื้อยีสต์จะเปลี่ยน หรือหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ (สุรา)

3. ลูกแป้งน้ำส้มสายชูหมัก ใช้ทำน้ำส้มสายชู จะมีเชื้อจุลินทรีย์ 3 ชนิด ผสมกันคือ เชื้อรา เชื้อยีสต์และเชื้อแบคทีเรีย ผลิตน้ำส้มสายชู เชื้อราจะย่อยแป้งในข้าวเหนียวนึ่งให้เป็นน้ำตาลจากนั้นเชื้อยีสต์จะเปลี่ยนหรือหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์สุดท้ายเชื้อแบคทีเรียน้ำส้มสายชูจะเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอลกอฮอล์ให้เป็นน้ำส้มสายชู การที่สาโท น้ำขาวและอุมีรสเปรี้ยวและเสียนั้นเนื่องจากมีการปนเปื้อนกับเชื้อแบคทีเรียน้ำส้มสายชู ซึ่งอาจปนเปื้อนในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการผลิต (ประดิษฐ์ , 2545)

คุณภาพและลักษณะทั่วๆไป

ลูกแป้งที่ดีจะโปร่งเบา สีขาวนวล ไม่มีรอยแตกร้าว ก้อนแป้งเป็นรูพรุนซึ่งเกิดจากการฟูของแป้งขณะบ่ม เมื่อขยี้จะยุ่ยเป็นผงละเอียด ไม่มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว มีรูปร่างและขนาดต่างๆกัน ลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้าส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม ลูกแป้งน้ำส้มสายชูมักนิยมปั้นเป็นก้อนใหญ่ประมาณ 5-6 เซนติเมตร และมีกลิ่นเครื่องเทศฉุนจัด ลูกแป้งที่ผลิตจากแต่ละแหล่งจะมีประสิทธิภาพการหมักต่างกัน ซึ่งบางครั้งไม่สามารถบอกได้ด้วยลักษณะที่ปรากฏ

องค์ประกอบหลักของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตลูกแป้งได้แก่

1. แป้งผลิตได้ทั้งแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้าแต่ผลจากการศึกษาพบว่าลูกแป้งที่ผลิตโดยใช้แป้งข้าวเจ้าล้วนๆ จะมีคุณภาพดีกว่าที่ผลิตด้วยแป้งข้าวเหนียวหรือแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งข้าวเหนียว แป้งใช้เป็นคราวๆไปไม่นิยมใช้แป้งสำเร็จ ทั้งนี้เพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ซึ่งอาจมีอยู่ในแป้งที่ผลิตและเก็บโดยขาดความระมัดระวังและการผลิตแป้งสำเร็จเป็นการค้าส่วนใหญ่จะมีการเติมสารยับยั้งการเจริญของเชื้อราเช่นกรดโปรปิโอนิก สารเหล่านี้จะมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ลูกแป้งที่เป็นเชื้อราและยีสต์ สำหรับการผลิตแป้งเพื่อใช้ในแต่ละครั้งนี้ ต้องเลือกข้าวที่ไม่เก่าเก็บและไม่อับรา

2. สมุนไพร เป็นองค์ประกอบที่สำคัญแต่ละที่จะมีสูตรการผลิตลูกแป้งที่ต่างกันหลายตำหรับ และมักจะเก็บเป็นความลับที่ถ่ายทอดกันเฉพาะในครัวเรือน ลูกแป้งเหล้าของประเทศไทยที่ปรากฏเป็นเอกสารและได้มีการทดลองผลิตได้ผลเป็นที่น่าพอใจมีองค์ประกอบของสมุนไพรคล้ายคลึงกัน ได้แก่ ขิง ข่า กระเทียม พริกไทย และพริกชี้ฟ้าแห้งเป็นหลัก เมื่อเปรียบเทียบชนิดของสมุนไพรที่ใช้ในแต่ละตำรับของแต่ละประเทศ จะเห็นว่ามีสมุนไพรที่ใช้เป็นองค์ประกอบของลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้าไทยเกือบทุกตำรับ สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือคุณภาพของสมุนไพร กล่าวคือสำหรับสมุนไพรที่เป็นของแห้ง ต้องแห้งสนิทปราศจากการเจริญของเชื้อรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ตำรับลูกแป้งข้าวหมาก สูตรที่1

องค์ประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
ชะเอม	180
พริกไทย	60
ดีปลี	120
กระเทียม	420
ขิง	120
ข่า	60
ข้าวเจ้า	1200

ที่มา : (ขุนกฤษณามรวิสิฐ , 2494)

: หน่วยเดิมเป็นตำลึงและชั่ง

ส่วนประเภทที่เป็นของสดต้องตัดส่วนที่เน่าเสียออก สมุนไพรเหล่านี้ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ปนเปื้อน ความเก่าใหม่ของสมุนไพรที่ใช้จึงนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่ง เนื่องจากสารออกฤทธิ์ส่วนใหญ่เป็นสารระเหย การเก็บสมุนไพรไว้เป็นเวลานานๆสารเหล่านี้จะลดปริมาณลง โดยเฉพาะสมุนไพรที่เก็บไว้ในลักษณะเป็นผงละเอียด อัตราการระเหยจะยิ่งเป็นไปอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการซื้อสมุนไพรเพื่อใช้ในเรื่องนี้จึงควรเลือกชนิดที่ยังไม่ได้บดแล้วนำมาบดใช้เป็นคราวๆไป (นภา , 2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ตำรับลูกแป้งข้าวหมาก สูตรที่ 2

องค์ประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
ดีปลี	60
ขิงแห้ง	15
ข่าแห้ง	15
กระเทียม	15
ชะเอม	15
ข้าวเจ้า	1500
พริกไทย	7 (เมล็ด)

ที่มา : (พิไลพรรณ พงษ์บูล , 2523)

: หน่วยเดิมเป็นบาท

3. ลูกแป้งเก่าบดเป็นผงสำหรับเป็นกล้าเชื้อ

ตารางที่ 3 ตำรับลูกแป้งข้าวหมาก สูตรที่ 3

องค์ประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
เครื่องเทศ : พริกไทย ดีปลี ขิงแห้ง ข่าแห้ง ลูกจันทน์ ดอกจันทน์ กระชาย กานพลู ชะเอม อบเชยญวน เจตมูลเพลิง หัวตะไคร้	15
ข้าวเจ้า	1,500

ที่มา : (พิไลพรรณ พงษ์บูล , 2523)

: หน่วยเดิมเป็นบาท

: เครื่องเทศแต่ละชนิดหนักเท่าๆกัน บดผสมกัน ใช้เครื่องเทศผสมหนัก 15 กรัมต่อข้าวเจ้า 1,500 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ตำรับลูกแป้งสุรา

องค์ประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
กระเทียม	40
ขิง	40
ข่า	20
ชะเอม	40
พริกไทย	6
ดีปลี	6
หัวหอม	20
ข้าวเจ้า	2,500

ที่มา : (วรชิน สถิตนิมานการ , 2493)

การเตรียมวัตถุดิบและการปั้นลูกแป้ง

1. เตรียมแป้งโดยซาวข้าวให้สะอาด แช่น้ำไว้ประมาณ 2-3 ชั่วโมง นำไปโม่แล้วทับน้ำให้แห้งหรือทำให้ข้าวสะเด็ดน้ำเสียก่อนแล้วจึงนำไปบดหรือปั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าให้ละเอียดแล้วร่อนด้วยแร่ง การแช่ข้าวนานเกินไปโดยไม่เปลี่ยนน้ำจะมีผลให้แบคทีเรียแลคติกและ *Bacillus* spp. *Acetobacter* spp.เจริญเพิ่มจำนวนในปริมาณมาก ทำให้ลูกแป้งที่ผลิตได้ด้อยคุณภาพ

2. บดสมุนไพรชนิดแห้งให้ละเอียด สมุนไพรสดอาจนำไปบดพร้อมกับข้าว

3. ผสมแป้งและสมุนไพรกับลูกแป้ง (ลูกแป้ง 5 กรัมต่อแป้ง 1 กิโลกรัม) ที่บดละเอียดให้เข้ากันโดยการร่อนด้วยแร่งหรือปั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าความเร็วต่ำๆ เติมน้ำหรือน้ำต้มชะเอมในประมาณที่เมื่อนวดแป้งแล้วจะปั้นเป็นก้อนได้ ปริมาณน้ำที่ใช้นั้นกำหนดไม่ได้แน่นอนขึ้นกับความแห้งของแป้งที่ใช้ ปริมาณสมุนไพรสดซึ่งแตกต่างกันในแต่ละตำรับ และสภาวะความชื้นในบรรยากาศขณะบ่มลูกแป้ง ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ผลิต อย่างไรก็ตามจากการทดลองผลิตลูกแป้งน้ำส้มสายชู โดยใช้แป้งแห้งซึ่งมีความชื้นประมาณร้อยละ 8 และสมุนไพรแห้ง พบว่าเมื่อนวดแป้ง 100 กรัมกับน้ำ 80-85 มิลลิลิตร แป้งที่นวดได้จะมีความชื้นประมาณร้อยละ 45-46 ซึ่งเป็นระดับความชื้นที่เหมาะสมที่สุด โดยปั้นแป้งให้เป็นก้อนได้ และเชื้อน้ำส้มสายชูสามารถเจริญได้ดีที่สุด

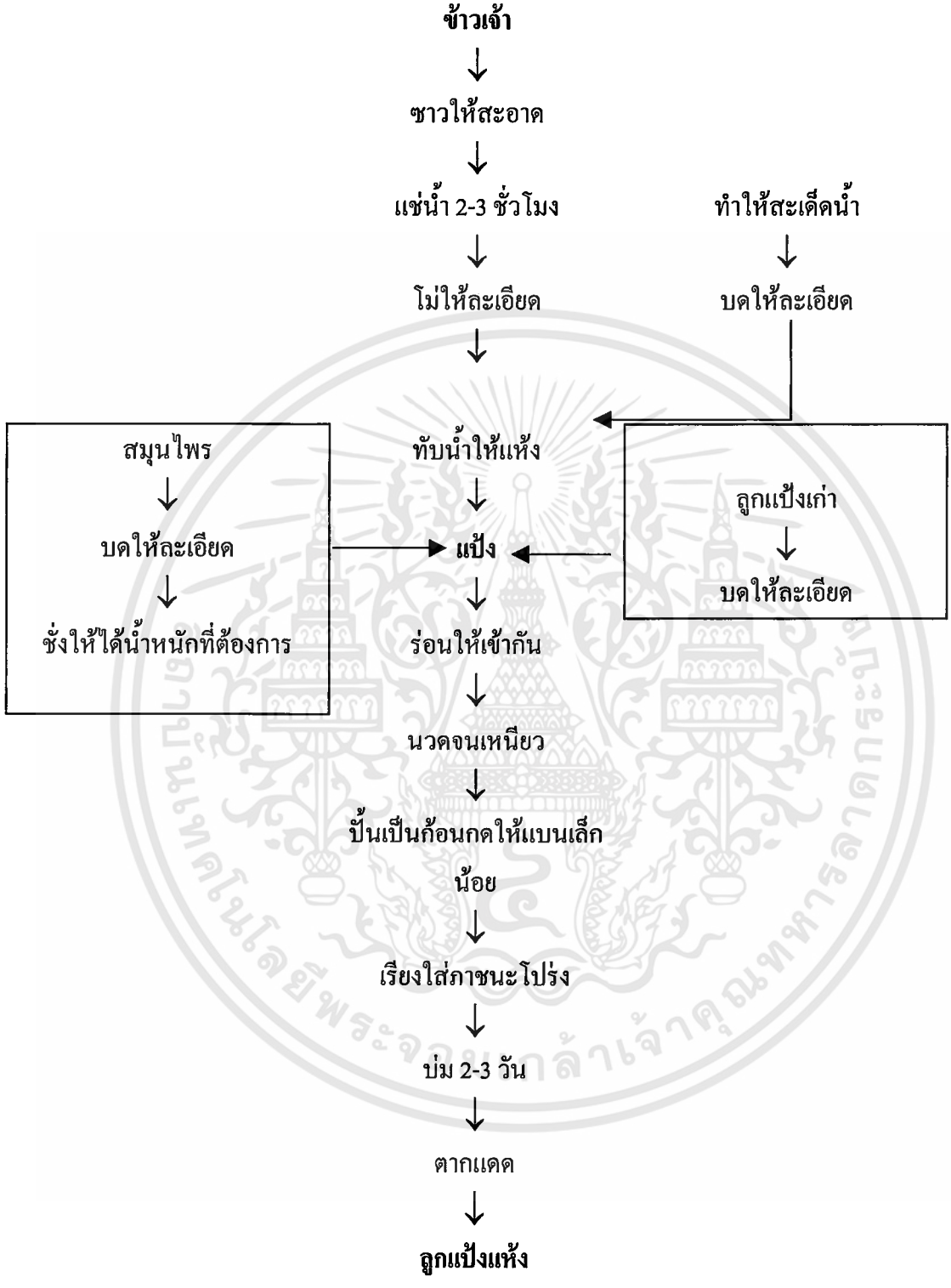
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อนวดแป้งจนเหนียวแล้วจึงปั้นเป็นก้อนกลมขนาดต่างๆกันตามชนิดลูกแป้งในการผลิตลูกแป้งเหล่านั้น พบว่าการหมักแป้งที่นวดแล้วไว้ประมาณ 6-12 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาปั้นจะได้ลูกแป้งที่มีคุณภาพดีกว่าที่ปั้นโดยไม่หมักแป้ง

5. เรียงลูกแป้งบนกระด้งหรือภาชนะก้นโปร่งอื่นๆ ให้แต่ละลูกห่างกันเล็กน้อย เนื่องจากเมื่อจุลินทรีย์เจริญจะทำให้ลูกแป้งฟูขึ้น ส่วนของลูกแป้งด้านที่ติดกับภาชนะจะแบนราบตามผิวที่สัมผัส โดยที่ด้านบนยังคงรูปร่างโค้งเป็นครึ่งวงกลม สำหรับการปั้นลูกแป้งขนาดใหญ่เมื่อเรียงบนภาชนะแล้วควรกดด้านบนลงเล็กน้อย เพื่อให้ลูกแป้งบางลง จุลินทรีย์ภายในก้อนแป้งจะมีโอกาสรับอากาศมากขึ้น

6. เมื่อเรียงลูกแป้งเต็มภาชนะแล้ว โรยผงลูกแป้งที่เตรียมไว้ลงบนผิวของลูกแป้งที่ปั้นใหม่ โดยใช้ผงลูกแป้งประมาณ 15 กรัม ต่อสูตรที่ใช้แป้ง 1 กิโลกรัม คลุมภาชนะด้วยผ้าหนาๆ โดยไม่ให้ผ้าสัมผัสกับผิวลูกแป้ง บ่มประมาณ 48 ชั่วโมงนำไปตากแดดให้แห้งแล้วเก็บในภาชานะที่ปิดฝาได้สนิท การที่ลูกแป้งได้รับแสงแดดโดยตรง จะทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ลดลงไปบ้าง ซึ่งเป็นผลจากรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) ดังนั้นจึงควรตากลูกแป้งโดยมีแผ่นกระจกใสกั้นแสงอยู่ด้านบน โดยเว้นระยะระหว่างผิวลูกแป้งและกระจกให้อากาศถ่ายเทได้ นอกจากนั้นการทำให้ลูกแป้งแห้งอย่างได้ผลดีอีกวิธีหนึ่ง คือการอบในตู้อบ ซึ่งจะได้กล่าวถึงในเรื่องของการเตรียมลูกแป้งด้วยเชื้อบริสุทธิ์ (นภา , 2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการผลิตลูกแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรระวัง

โดยที่การผลิตลูกแป้งคือ การเพาะเชื้อจุลินทรีย์ในสภาวะที่ไม่สามารถทำให้ปลอดเชื้อได้ เช่นที่ใช้วิธีการทางจุลชีววิทยาสมัยใหม่ การลดปริมาณการปนเปื้อนและป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน จึงอาศัยหลักใหญ่ๆ 4 ประการได้แก่

1. การเลือกวัตถุดิบดังได้กล่าวแล้วข้างต้น

2. การรักษาความสะอาดในทุกขั้นตอนของการผลิต

3. การควบคุมปริมาณความชื้นของส่วนผสมลูกแป้งให้ต่ำที่สุดที่จุลินทรีย์ลูกแป้งยังเจริญได้ โดยที่ระดับความชื้นนั้นจะต่ำกว่าที่จะเอื้ออำนวยต่อการเจริญของจุลินทรีย์ปนเปื้อน

4. ใช้สมุนไพรทั้งชนิดและปริมาณที่จะสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ปนเปื้อนโดยไม่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ลูกแป้ง ซึ่งขึ้นกับชนิดของลูกแป้งที่ผลิต

ลูกแป้งเหล้าหาซื้อได้ตามร้านขายยาแผนโบราณบางร้านหรือแหล่งที่ทำหรือขายข้าวหมาก และขายลูกแป้งข้าวหมากหรือตามร้านที่มีเครื่องสมุนไพรบางร้าน ถ้าลูกแป้งมีสภาพที่สะอาดเมื่อถึงเวลาใช้ให้บดหรือตำให้เป็นผงแป้ง ควรใช้ให้หมดครั้งเดียวพอดีไม่ควรเหลือเศษ

คุณสมบัติของกล้าเชื้อ

กล้าเชื้อที่ผลิตใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหมักนั้นมีวิธีผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งควรมีคุณสมบัติโดยทั่วไปดังนี้

1. อยู่ในรูปที่ใช้ง่ายและเหมาะสมกับวิธีการหมักแต่ละชนิด เช่น การหมักบางประเภทจำเป็นต้องใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่ปลอดจากจุลินทรีย์โดยสิ้นเชิง ในขณะที่อาหารหมักอื่น ๆ มิได้มีความจำเป็นเช่นนั้น

2. กล้าเชื้อที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหมัก ควรมีอายุการเก็บนานพอสมควร โดยที่ยังมีจุลินทรีย์ที่ยังคงประสิทธิภาพพอที่จะดำเนินกิจกรรมการหมักได้

3. วัสดุที่ใช้เพาะเลี้ยงเชื้อและผสมในกล้าเชื้อ ต้องไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกลิ่น รส และคุณสมบัติอื่นๆ ของอาหารหมัก

4. กล้าเชื้อจะต้องประกอบไปด้วยจุลินทรีย์ที่เหมาะสม

5. จะต้องอยู่ในรูปที่ง่ายต่อการขนส่ง บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันแมลงได้ดี มีรายละเอียดกำหนดปริมาณการใช้และอายุของเชื้อที่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ในลูกแป้ง

ลูกแป้งเป็นกล้าเชื้อผสม (mixed cultures) มีทั้งเชื้อรา ยีสต์และแบคทีเรีย ถึงแม้ว่ากรรมวิธีในการผลิตลูกแป้งจะไม่สามารถควบคุมการปนเปื้อนได้โดยสิ้นเชิง แต่ถ้าการผลิตได้ทำอย่างระมัดระวังแล้วจะมีจุลินทรีย์เพียงไม่กี่สกุล (genus) เท่านั้นที่สามารถเจริญได้และเพิ่มจำนวนตรวจนับได้ในปริมาณที่สูง ส่วนจุลินทรีย์ทีปนเปื้อนอื่นๆ จะพบในปริมาณที่น้อยมาก หัวใจสำคัญ คือ ลูกแป้งสุรา หรือ แป้งเหล้า ถ้าไม่มีก็ไม่มีสาโทจากข้าว แต่อาจใช้ลูกแป้งข้าวหมากแทนลูกแป้งเหล้าได้ แต่ก็ต้องเติมเชื้อยีสต์ลงไปจึงจะได้แอลกอฮอล์หรือสุรา และหัวใจสำคัญอีกประการหนึ่ง คือ สมุนไพรและเครื่องเทศชนิดต่างๆมากกว่า 2 ชนิดบดเป็นผงผสมกับแป้งข้าวเหนียว หรือข้าวเจ้าและน้ำสะอาด ปั้นเป็นก้อน โรยด้วยลูกแป้งสุราเก่าเป็นการต่อเชื้อ ตากแดดให้แห้ง เก็บไว้ใช้ ซึ่งสมุนไพรและเครื่องเทศทำหน้าที่คัดเลือกเชื้อราและเชื้อยีสต์ที่ต้องการให้เจริญและมีชีวิตอยู่ในลูกแป้งสุรา จะยับยั้ง หรือทำลายจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ หรือทำให้เปรี้ยว เสีย สมุนไพรและเครื่องเทศบางชนิดในลูกแป้งสุราให้รสหวาน บางชนิดให้รสเผื่อน และบางชนิดจะให้รสเย็น บางชนิดบำรุงร่างกาย ประสาท ตับ ไต และสมอง

รา

ลูกแป้งเหล้าไทยมีราที่สำคัญ คือ *Rhizopus* spp. *Aspergillus rouxii. Mucor* spp. . *Aspergillus* spp. *Penicilium* spp.ปริมาณมากน้อยขึ้นกับชนิดและแหล่งของลูกแป้งรานี้มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์อะไมเลส (Amylase) เพื่อย่อยแป้งที่เป็นพวกอะไมโลส (Amylose) ให้เป็นโมเลกุลที่เล็กลงและสามารถนำไปใช้ได้

ยีสต์

ลูกแป้งเหล้าไทยมียีสต์ที่สำคัญ คือ *Saccharomyces cerevisiae. Endomycopsis fibuligera. Endomycopsis* spp.ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์

แบคทีเรีย

สำหรับแบคทีเรียมีการตรวจพบแบคทีเรียพวกแลคติก ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ *Pediococcus pentosaceus*.ขึ้นกับที่มาของลูกแป้ง นอกจาก *Pediococcus pentosaceus*.แล้วในลูกแป้งเหล้าไทยจากบางท้องถิ่นยังตรวจพบ *Lactobacillus* spp.ซึ่งเป็นแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งที่พบในลูกแป้งอยู่บ่อยครั้ง เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนที่มากับวัตถุดิบ เช่น แป้ง สมุนไพร แต่หากส่วนผสมของสมุนไพรที่ใช้เหมาะสมจะลดปริมาณของจุลินทรีย์นี้ไปได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการผลิตสาโท

การล้างทำความสะอาดข้าว

การล้างและทำความสะอาดข้าวก่อนเพื่อล้างสิ่งเจือปนหรือจุลินทรีย์ที่อาจปะปนมากับข้าว เพื่อป้องกันการเกิดการหมักระหว่างการแช่ข้าว

การแช่ข้าวสาร

การแช่ข้าวสารเพื่อทำให้น้ำซึมเข้ามาสู่เมล็ดข้าวและทำให้เอนไซม์ภายในทำการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลซูโครสให้กลายเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ มีสารฟีนอลิกและกรดอะมิโนเพิ่มเล็กน้อยและการแช่ข้าวอาจมีกลิ่นหมักขึ้นแก้ไขโดยการแช่ในน้ำร้อนแทนน้ำเย็น

การนึ่งด้วยไอน้ำ

ขั้นตอนนี้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบภายในเมล็ดข้าวมาก เริ่มตั้งแต่สตาร์ช โดยมีผลทำให้เม็ดสตาร์ชเกิดการเจลาติไนซ์จนสูญเสียลักษณะของเมล็ดและลักษณะการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์แบบ –เอ นอกจากนั้นยังมีผลต่อปริมาณสตาร์ช อะมิโลส อะมิโลเพกติน เนื่องจากการย่อยสลายของเอนไซม์

การคลุกด้วยลูกแป้ง

เป็นขั้นตอนการผสมลูกแป้งบดละเอียดกับข้าวเหนียวนึ่งเพื่อให้เชื้อในลูกแป้งกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ

การหมัก

1. การย่อยแป้งเป็นน้ำตาลด้วยรา

การเปลี่ยนแป้งในเมล็ดข้าวเหนียวให้เป็นน้ำตาลจากเอนไซม์อะไมเลสที่จุลินทรีย์ในกลุ่มของราสร้างขึ้น ซึ่งในการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลนี้จะเป็นการหมักแบบ Solid – fermentation หรือเป็นหการหมักแบบแห้งโดยหมักเฉพาะข้าวเหนียวนึ่งงงกับลูกแป้งเพื่อให้รา่อยแป้งเป็นน้ำตาล โดยมีราที่มีความสำคัญคือ *Rhizopus* spp. และยังมี *Amylomyces rouxii.* ซึ่งเป็นราที่ผลิตเอนไซม์อะไมเลสได้อย่างมีประสิทธิภาพ เอนไซม์ที่ผลิตได้มีทั้ง α - amylase และ Glucoamylase

องค์ประกอบภายในแป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในอัตราส่วน 6:10:5 มีสูตรเคมีโดยทั่วไป คือ $(C_6H_{10}O_5)$ แป้งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส ซึ่งประกอบด้วย anhydroglucose unit เชื่อมต่อด้วยพันธะ glucosidic linkage ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ทางด้านตอน

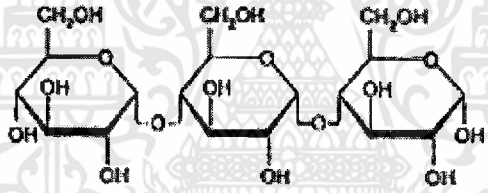
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลายของสายพอลิเมอร์มีหน่วยกลูโคสที่มีหมู่แอลดีไฮด์ เรียกว่า reducing end group แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ พอลิเมอร์เชิงเส้น (อะไมโลส) และ พอลิเมอร์เชิงกิ่ง (อะไมโลเพกติน) วางตัวในแนวรัศมี แป้งจากแหล่งที่ต่างกันจะมีอัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินแตกต่างกัน ทำให้คุณสมบัติของแป้งแต่ละชนิดแตกต่างกัน

องค์ประกอบหลักภายในเม็ดแป้งได้แก่

1. Amylose

มีในแป้งประมาณร้อยละ 10-25 ประกอบด้วย แอลฟา-ดี –กลูโคส หลายๆ โมเลกุลต่อกันด้วยพันธะ α-1,4 linkage ขนาดโมเลกุลของอะไมโลสแตกต่างออกไปโดยมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 2,000-50,000 อะไมโลสเป็นส่วนที่มีสมบัติไม่ละลายในน้ำ แต่สามารถกระจายอยู่ในน้ำเป็นไมเซลล์ (micelle) จะรวมกับน้ำยาไอโอดีนให้สีน้ำเงิน โมเลกุลของอะไมโลสเมื่ออยู่ในน้ำจะบิดกันอยู่เป็นเกลียวแบบฮีลิกซ์ โดยจะมีหน่วยกลูโคสประมาณ 6 หน่วยต่อหนึ่งรอบของฮีลิกซ์ โครงสร้างของอะมิโลสคือ

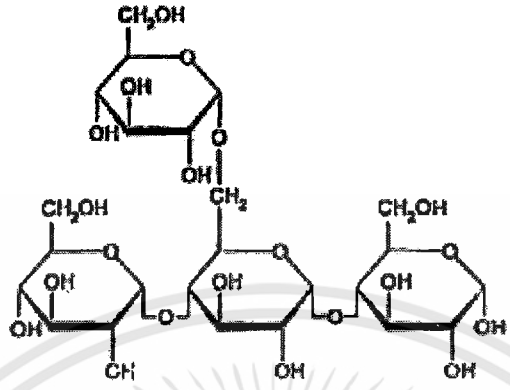


ภาพที่ 2 โครงสร้างอะไมโลส
ที่มา : (กล้าณรงค์ , 2541)

2. Amylopectin

เป็นพอลิเมอร์ของกลูโคสประกอบด้วยแอลฟา-ดี-กลูโคสต่อกันด้วย α-1,4 linkage และมีกิ่งแยกด้วย α-1,6 linkage ประมาณ 24-30 หน่วย จะมีการแตกกิ่งครั้งหนึ่งอะมิโลเพกตินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 200,000-1,000,000 เมื่ออะไมโลเพกตินละลายน้ำจะให้สารละลายแขวนลอย ซึ่งสามารถให้สีม่วงแดงกับน้ำยาไอโอดีน อะไมโลเพกตินรสไม่หวานเมื่อย่อยโดยใช้น้ำย่อยในร่างกายมนุษณ์จะกลายเป็นน้ำตาลกลูโคส โครงสร้างของอะไมโลเพกตินคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 โครงสร้างอะไมโลเพกติน
ที่มา : (กล้าณรงค์ , 2541)

ตารางที่ 5 สมบัติที่สำคัญของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน

คุณสมบัติ	อะไมโลส	อะไมโลเพกติน
ลักษณะโครงสร้าง	สารประกอบของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันเป็นเส้นตรง	สารประกอบของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันเป็นกิ่งก้าน
พันธะที่เชื่อม	α-1,4	α-1,4 และ α-1,6
ขนาด	200-2,000 หน่วยกลูโคส	มากกว่า 10,000 หน่วยของกลูโคส
การละลาย	ละลายน้ำได้น้อยกว่า	ละลายน้ำได้ดีกว่า
การทำปฏิกิริยากับไอโอดีน	สีน้ำเงิน	สีม่วงแดง
การจับตัว	เมื่อให้ความร้อนแล้วทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง	ไม่จับตัวเป็นแผ่นแข็ง

ที่มา : (กล้าณรงค์ , 2541)

ในพืชโมเลกุลของแป้งจะถูกย่อยด้วยไฮโดรไลซิงเอนไซม์ (hydrolyzing enzyme) ซึ่งมีสองชนิดคือ α – amylase และ β – amylase หรือชื่อใหม่ของเอนไซม์ทั้งสอบคือα 1,4- glucan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

glucanohydrolase และ α 1,4 –glucan maltohydrolase ตามลำดับ เอนไซม์ทั้งสองชนิดจะย่อยโมเลกุลแป้งตรง α-1,4 linkage เหมือนกัน แต่วิธีต่างกันคือ α – amylase นั้นย่อยแบบไม่เจาะจง และได้กลูโคสกับมอลโตส ส่วนβ – amylase จะย่อยเป็นระเบียบกว่า คือ จะเริ่มย่อยมอลโตสทีละหน่วยจากปลายที่เป็น non reducing end ในขณะที่ย่อยพอลิแซ็กคาไรด์ด้วยอะไมเลสจะมีพอลิแซ็กคาไรด์ ขนาดสั้นๆ เกิดขึ้นเรียกว่า เดกซ์ทริน α – amylase และ β – amylase ไม่สามารถย่อยสลาย α-1,6 linkage ได้ ดังนั้น ผลของการย่อยก็จะเห็นสารที่มีขนาดใหญ่พอสมควรเรียกว่าเดกซ์ทรินจำกัด (limit dextrin) สำหรับการย่อยส่วนที่แตกสาขาที่มีพันธะแบบ α-1,6 linkage ต้องใช้เอนไซม์อีกพวกหนึ่งเรียกว่า debranching enzyme ที่มีชื่อว่า α-1,6 glucosidase ดังนั้นเอนไซม์ทั้งสามชนิดในพืชจึงช่วยกันย่อยอะไมโลเพกตินให้สมบูรณ์ กลายเป็นกลูโคสและมอลโตส ส่วนในสัตว์ชั้นสูง เช่น คน สามารถย่อยแป้งได้เพราะมีเอนไซม์อะไมเลสในน้ำลายและในน้ำย่อยจากตับอ่อน และมีเอนไซม์ debranching ช่วยย่อยแป้งในกระเพาะอาหารและลำไส้ให้กลายเป็นกลูโคสและมอลโตสซึ่งถูกดูดซึมนำไปใช้ต่อไป

แป้งตามธรรมชาติจะไม่พองตัวในน้ำเย็นแต่ถ้าในน้ำอุ่นอุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียสแป้งจะพองตัวเป็นเจล เพิ่มขนาด เพราะโมเลกุลของน้ำเข้าไปอยู่ระหว่าง โมเลกุลของแป้ง ส่วนที่เป็นอะไมโลสจะแตกตัวกระจายในน้ำ ได้สารละลายข้นเหนียวเป็นเจล

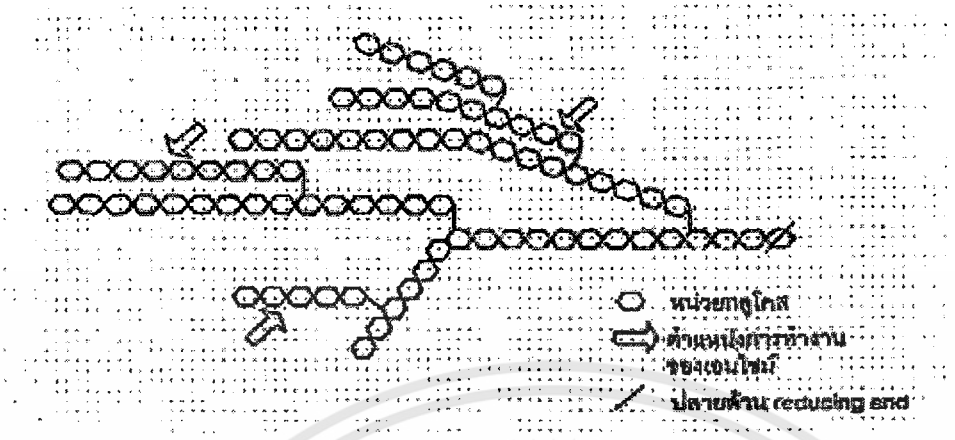
เมื่อไฮโดรไลซ์แป้งจะได้ผลิตภัณฑ์ระหว่างปฏิกิริยา (intermediate product) คือเดกซ์ทรินแล้วจึงจะแตกตัวต่อเป็นมอลโตสแล้วได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือกลูโคส

เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยแป้ง

ก. α- Amylase

มีชื่อสามัญว่า diastase และมีชื่อตามระบบว่า α 1,4 – glucan 4-glucanohydrolase,EC 3.2.1.1 พบทั่วไปทั้งในอาณาจักรพืชและอาณาจักรสัตว์ ตลอดทั้งในคน จะพบในส่วนของน้ำลายตับอ่อน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายแป้งเป็นโอลิโกแซ็กคาไรด์ และ ไดแซ็กคาไรด์ ซึ่งจะถูกย่อยต่อในลำไส้ก่อนที่จะซึมผ่านผนังลำไส้สู่ร่างกายเป็นเอนไซม์ที่มีมวลโมเลกุลประมาณ 50,000 มี Ca^{2+} 1 ตัวต่อเอนไซม์ 1 โมเลกุล จะถูกกระตุ้นด้วยฮาโลเจนอิออน เช่น Cl^- ,Br^- ,F^- มีค่า pK ของหมู่แตกอิออนได้ในบริเวณเร่งอยู่ที่ 6.5-8.0 ซึ่งหมู่ที่ว่านี้อาจเป็นหมู่อิมิโซลหรือหมู่อะมิโน ลักษณะของเอนไซม์ในการย่อยสลายก็คือเจาะจงต่อการย่อยสลายพันธะไกลโคซิลของแป้งที่α-1,4 ในลักษณะตัดภายในสายพอลิเมอร์อย่างอิสระ endo-splitting amylase) ได้ผลผลิตเป็น glucan และ limit dextrin ที่มีหน่วยกลูโคสประมาณ 2-6 หน่วย และยังคงมี Confriguration เดิม (α- configuration) ดังแสดงในรูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



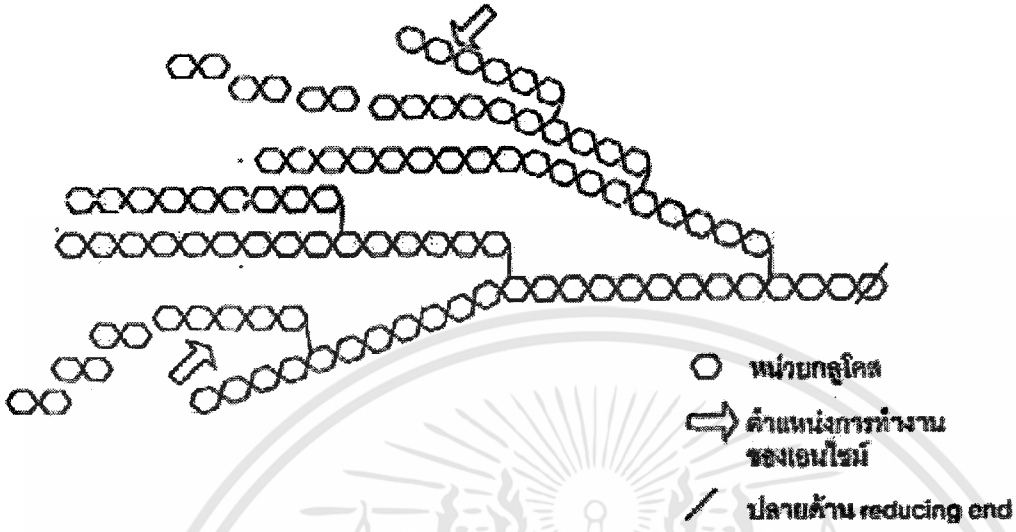
ภาพที่ 4 แสดงลักษณะการเข้าทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ α - Amylase
ที่มา : (กล้าณรงค์ , 2541)

ข. β-Amylase

มีชื่อเรียกตามระบบว่า α-1,4-glucan maltohydrolase ,EC 3.2.1.2 ซึ่งพบทั่วไปในพืชชั้นสูงเช่น ข้าวบาร์เล่ย์ ในลักษณะกำลังงอกเป็นข้าวมอลท์ ข้าวสาลี ข้าวไรย์ ถั่วเหลือง และมันเทศและมักพบร่วมกับ α-Amylase มี pH ที่เหมาะสม ที่ 5.6 จากการพิจารณาจาก pH activity profile มีลักษณะแบบรูประฆังคว่ำ ที่มีหมู่ที่แตกอิออนได้ที่บริเวณเร่งอยู่ 2 หมู่ pK_1 = 2.5-3.5 และ pK_2 = 8.0-8.5 นอกจากนี้มีสารพวกซับไฟดริล (sulphydryl reagents) เป็นตัวยับยั้งหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือมีหมู่ซัลไฟดริลอยู่บริเวณเร่ง

ปฏิกิริยาการย่อยสลายของ β-Amylase จะเจาะจงต่อพันธะไกลโคซิลของแป้งที่ α-1,4 ในลักษณะการตัดสายพอลิเมอร์อย่างเป็นระเบียบจากปลายสาย ด้านไม่มีหมู่รีดิวซ์ เข้าสู่ภายในสายไปทีละหน่วยของมอลโตส หรือทีละ 2 หน่วยกลูโคส และจะหยุดปฏิกิริยาที่พันธะไกลโคซิลที่ α-1,6 ดังนั้นผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาการย่อยสลายแป้งหรือไกลโคเจนจะเป็น glucan และ limit dextrin และส่วนใหญ่เป็นมอลโตสที่มี configuration ต่างไปจากเดิม คือได้ β- moltose

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
9956

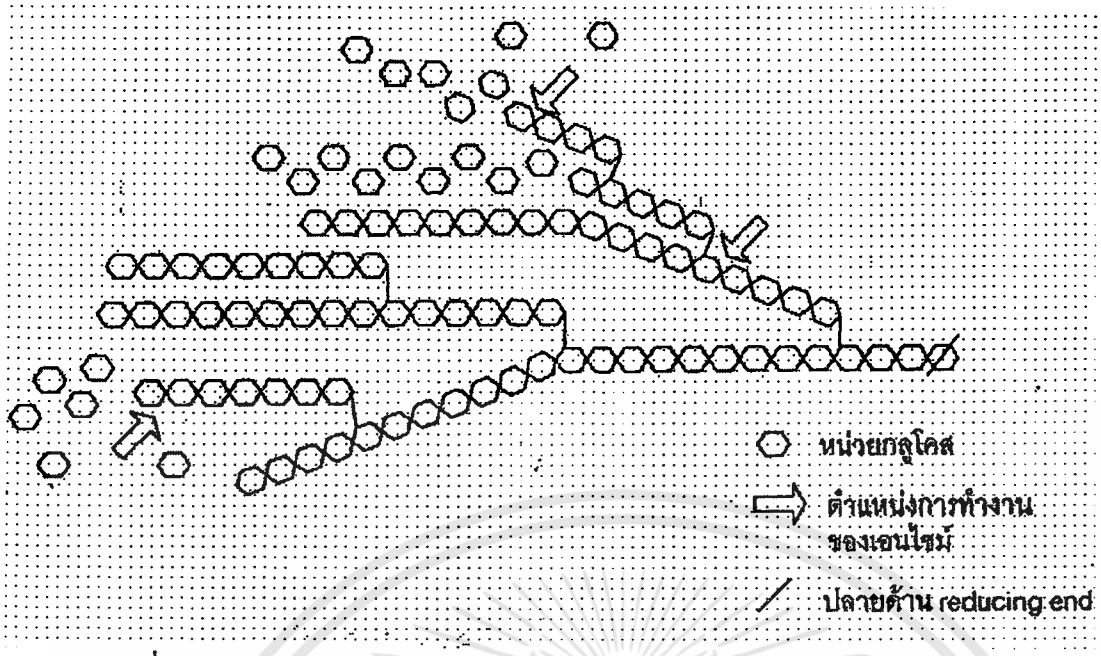


ภาพที่ 5 ลักษณะการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ β-Amylase
ที่มา : (กล้าณรงค์ , 2541)

ง. Glucoamylase

มีชื่อเรียกตามระบบว่า α-1,4-glucan maltohydrolase ,EC 3.2.1.3 เป็นเอนไซม์ที่พบทั่วไปในจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย รา มี pH optimum ที่ 4.0-4.4 และมีหมู่ไวปฏิกิริยา 2 หมู่คือที่ pK1 =2.9 และ pK2 = 5.9 ลักษณะที่สำคัญของปฏิกิริยาการย่อยสลายแป้งก็คือ สามารถย่อยสลายได้หลายพันธะไม่ว่าจะเป็นพันธะไกลโคซิลที่เป็นα-1,4 α-1,6 α-1,3 แต่จะถูกย่อยได้ช้ากว่า α-1,4 การตัดสายพอลิเมอร์จะเหมือนกับ β-Amylase แต่ตัดปลายสายเข้าไปทีละ 1 หน่วย ของกลูโคส ดังนั้นผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นกลูโคสที่มี Configuration ต่างไปจากเดิม คือ ได้ β-configuration หรือ β-glucan และส่วนของ glucan limit dextrin ดังแสดงในภาพที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

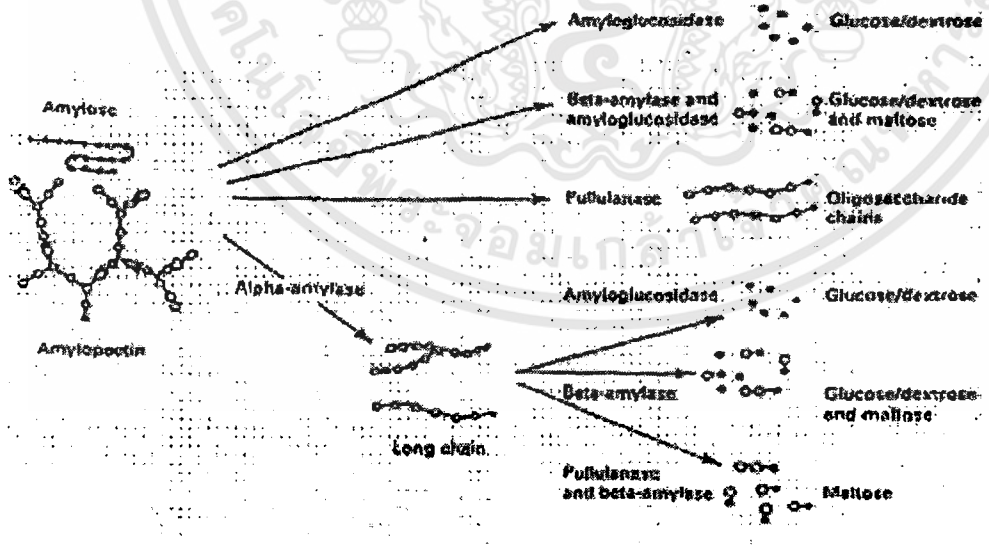


ภาพที่ 6 ลักษณะการเข้าทำงานของเอนไซม์กลูโคอะไมเลส

ที่มา : (กล้าณรงค์ , 2541)

ช. Isoamylase

เป็นเอนไซม์ที่ย่อยแป้งตรงจุดที่เชื่อมระหว่างโมเลกุลของ glucose ที่เกิด branched ในโมเลกุลของ amylopectin หลังจากย่อยตรง branched แล้วจะช่วยทำให้เอนไซม์ทั้ง 3 ชนิดข้างต้นสามารถย่อยสลายแป้งเป็นโมเลกุลของ glucose ได้มากที่สุด



ภาพที่ 7 ผลผลิตการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลสทั้ง 3 ชนิด

ที่มา : (ปราณี , 2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การหมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ด้วยยีสต์

การหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์กับคาร์อบอนไดออกไซด์โดยยีสต์เป็นการหมักแบบ Liquid – fermentation จะเริ่มหมักเมื่อแป้งถูกย่อยเป็นน้ำตาลแล้วโดยจะมีการเติมน้ำซึ่งการเติมน้ำจะเรียกว่า ผ่าน้ำ ซึ่งยีสต์ที่มีบทบาทสำคัญคือ *Saccharomyces cerevisiae* เป็นยีสต์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์นอกจากนั้นยังมี *Endomycopsis* spp. ซึ่งเป็นยีสต์ที่ย่อยแป้งได้และเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ได้ เป็นการหมักเพื่อเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลและเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์โดยเชื้อที่มีอยู่ในลูกแป้ง

โดยปกติยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอธิลแอลกอฮอล์ได้ 51.1 และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 48.9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังสมการ

$$(C_6H_{12}O_5)_n + H_2O \xrightarrow[\text{or acid}]{\text{enzyme}} nC_6H_{12}O_6 \xrightarrow[\text{or bacteria}]{\text{yeast}} 2n\ C_2H_5OH + 2n\ CO_2$$

starch/cellulose/hexan	hexose	ethanol	gas
162 grams	180 grams	92 grams	88 grams
	(100)	(51.1)	(48.9)

แต่ในทางปฏิบัติปริมาณเอธิลแอลกอฮอล์ที่ได้จะต่ำกว่าน้ำ เนื่องจากน้ำตาลส่วนหนึ่งจะถูกยีสต์นำไปใช้ในการเจริญเพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ บางส่วนถูกนำไปใช้สังเคราะห์ผลิตผลอื่นๆ เช่น กลีเซอรอลเอสเตอร์ อัลดีไฮด์ เอมิลแอลกอฮอล์ ไอโซเอมิลแอลกอฮอล์ ไอโซบิวทิลแอลกอฮอล์ ฟูเซลออยล์และกรด โดยทั่วไปเอธิลแอลกอฮอล์ที่ได้จะประมาณร้อยละ 80-95 ของค่าทฤษฎี ทั้งน้ำขึ้นอยู่กับชนิดวัตถุดิบ เช่น เอธิลแอลกอฮอล์จากการหมักกากน้ำตาลประกอบด้วยน้ำตาลชนิดต่างๆ ทั้งที่ยีสต์หมักได้และหมักไม่ได้ น้ำตาลที่ *Saccharomysis cerevisiae* หมักได้ เช่น กลูโคส ฟรุกโทส แมนโนส ซูโครส มอลโทส กาแล็กโทส และราฟีโนส ซึ่งหมักได้ 1/3 ของโมเลกุลส่วนน้ำตาลชนิดที่หมักเป็นเอธิลแอลกอฮอล์ไม่ได้ เช่น ไซโลส ดังนั้นในการหมักเอธิลแอลกอฮอล์จากกากน้ำตาลเมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะพบว่ามี น้ำตาลเหลือร้อยละ 1-2 ภายหลังสิ้นสุดการหมักแล้ว (สมพร , 2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18953

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์

1. ลังถึง
2. เครื่องชั่ง
3. ถังหมัก
4. pH meter
5. Hand refractometer
6. เตาแก๊ส
8. ถาดสแตนเลส
9. ผ้าขาวบาง
10. ไม้พายหรือทัพพี

3.1.2 วัตถุดิบ

- ข้าวเหนียว
- ลูกแป้ง
- น้ำสะอาด

3.1.3 สารเคมี

1. 0.1N NaOH
2. methylene blue 1%
3. phenolpthalein 1%
4. soxlet ' s reagent
5. สารละลายกลูโคสมาตรฐาน 0.5 %
6. copper sulfate ($CuSO_4.5H_2O$)
7. potassium sodium tartrate.$4H_2O$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

3.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.2.1 ศึกษาความลึกของข้าวที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลระหว่างการหมักสาโท

1. ล้างทำความสะอาดข้าวสารและแช่ด้วยน้ำสะอาดนาน 3 ชั่วโมง
2. นึ่งด้วยไอน้ำ 20 นาทีและผึ่งให้เย็น
3. นำลูกแป้งมาคลุกเคล้าให้เข้ากันในอัตราส่วนร้อยละ 1 ของข้าวสาร เติมน้ำเล็กน้อยเพื่อให้เมล็ดข้าวไม่เกาะกันเป็นก้อน
4. บรรจุในถังพลาสติกให้ข้าวมีความสูง 3 6 9 12 15 และ 18 เซนติเมตร
5. ปิดด้วยผ้าขาวบางและตรวจวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์) ด้วย(Hand refractometer) 3 ซ้ำและน้ำตาลรีดิวซ์ทุก 3 6 9 และ 12 วัน
6. บันทึกและสรุปผลโดยใช้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เป็นเกณฑ์ตัดสิน

3.2.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ระหว่างการหมักสาโท พีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix) และค่าความเป็นกรดในรูปของกรดแลคติก ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหมักข้าวเป็นน้ำตาล

1. ทุกๆ 3 6 9 และ 12 วัน จะมีการตรวจวิเคราะห์พีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์) ด้วย (Hand refractometer)วิเคราะห์พีเอช โดยใช้เครื่อง pH meter
2. วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดในรูปของกรดแลคติกโดยการไตเตรทตัวอย่างกับสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1 N โดยใช้ Phenolpthalein 1 % เป็นอินดิเคเตอร์
3. บันทึกและสรุปผลการวิเคราะห์

3.2.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ระหว่างการหมักสาโท พีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix) และค่าความเป็นกรดในรูปของกรดแลคติก ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหมักข้าวเป็นน้ำตาลจนได้แอลกอฮอล์ตามต้องการ

1. นำผลจากข้อ 3.2.1(6) มาทำการทดลอง
2. นำข้าวสารมาทำความสะอาดและแช่นาน 3 ชั่วโมง
3. นึ่งด้วยไอน้ำ 20 นาที และผึ่งให้เย็น
4. คลุกลูกแป้งบดละเอียดตามอัตราส่วนและบรรจุในถังโดยใส่ข้าวที่มีความสูงตามข้อ 3.2.1(6)
5. ทำการผ่าน้ำโดยผ่าน้ำที่ 3 6 9 และ 12 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ตรวจสอบ พีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix) ด้วย (Hand refractometer) และค่าความเป็นกรดในรูปของกรดแลคติก ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหมักข้าวเป็นน้ำตาลจนได้แอลกอฮอล์ตามต้องการ

7. บันทึกและสรุปผลการทดลอง

ขั้นตอนการทดลอง

1. ข้าวเหนียวที่ใช้ในการทดลองใช้ข้าวเหนียวพันธ์เขียวงูเพราะเวลานึ่งสุกแล้วข้าวจะได้รูปเมล็ดข้าวที่ไม่แฉะและคงรู ป

2. แช่น้ำ 3 ชั่วโมง ก่อนการแช่น้ำจะต้องทำความสะอาดข้าวโดยการล้างเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนและจุลิทรีย์ที่อาจปนเปื้อนมากับข้าว และยังเป็นการป้องกันการเกิดการหมักของจุลินทรีย์ระหว่างการแช่ข้าว

3. นึ่ง การนึ่งข้าวจะใช้เวลาในการนึ่ง 20 นาที เพื่อทำให้ข้าวเกิดเจลาติไนเซชั่น ทำให้โครงสร้างของเมล็ดข้าวเกิดการอ่อนตัวและเม็ดแป้งในข้าวสามารถย่อยได้ง่ายขึ้น และยังเป็นการทำลายจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ไม่ทนความร้อนอีกด้วย

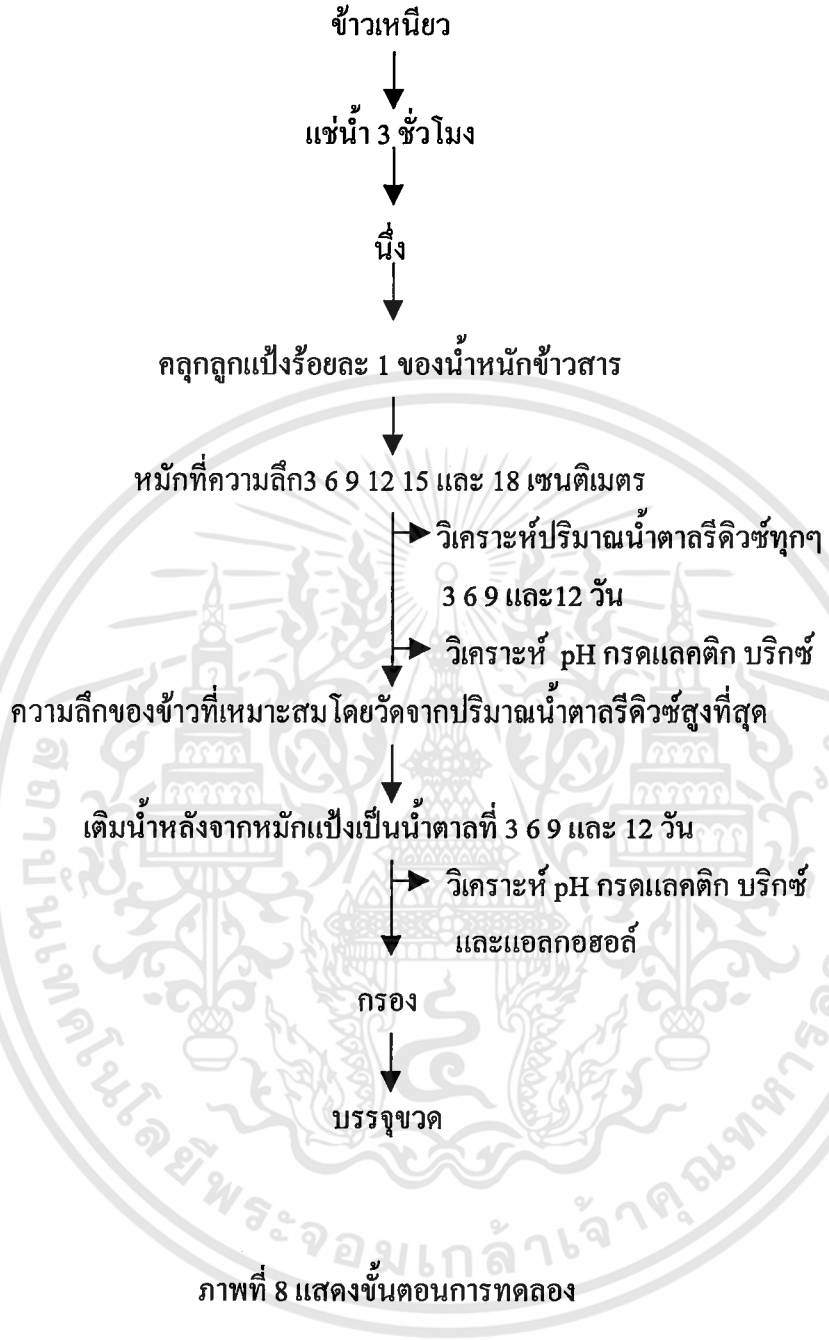
4. คลุกลูกแป้งร้อยละ 1 ของน้ำหนักข้าวสาร๔ในการคลุกลูกแป้งจะคลุกตามสัดส่วนของลูกแป้ง โดยลักษณะของลูกแป้งที่ใช้เป็นลูกแป้งสุรา ระหว่างคลุกลูกแป้งเติมน้ำร้อยละ 20 ของข้าวนึ่งเพื่อให้ลูกแป้งกระจายและผสมกับข้าวนึ่งได้เป็นอย่างดี

5. หมักที่ความลึกของข้าว 3 6 9 12 15 และ 18 เซนติเมตร ในถังพลาสติกขนาด 2.5 แกนลอน ความสูง 21 เซนติเมตร กว้าง 23 เซนติเมตร เป็นเวลา 12 วัน วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทุก ๆ 3 6 9 และ 12 วัน ด้วยวิธีของ Lean – Eynon Method และวิเคราะห์ pH ค่าความเป็นกรดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละ) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์) จากนั้นสรุปผลขั้นต้นถึงความลึกที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลด้วยเชื้อรา โดยวัดจากปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่สูงที่สุดและสภาวะที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักแป้งเป็นน้ำตาล

6. ความลึกที่เหมาะสมที่ได้จากขั้นต้นนำมาหมักแป้งเป็นน้ำตาลและผ่านน้ำหลังจากหมักที่เวลา 3 6 9 และ 12 วัน วิเคราะห์ pH ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์) ค่าความเป็นกรดในรูปของ กรดแลคติก(ร้อยละ) และวิเคราะห์แอลกอฮอล์

7. กรองโดยใช้ผ้าขาวบางสะอาดกรองจะได้ลักษณะของสาโทที่ขาวขุ่น หลังจากนั้นบรรจุขวดและปิดฝา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

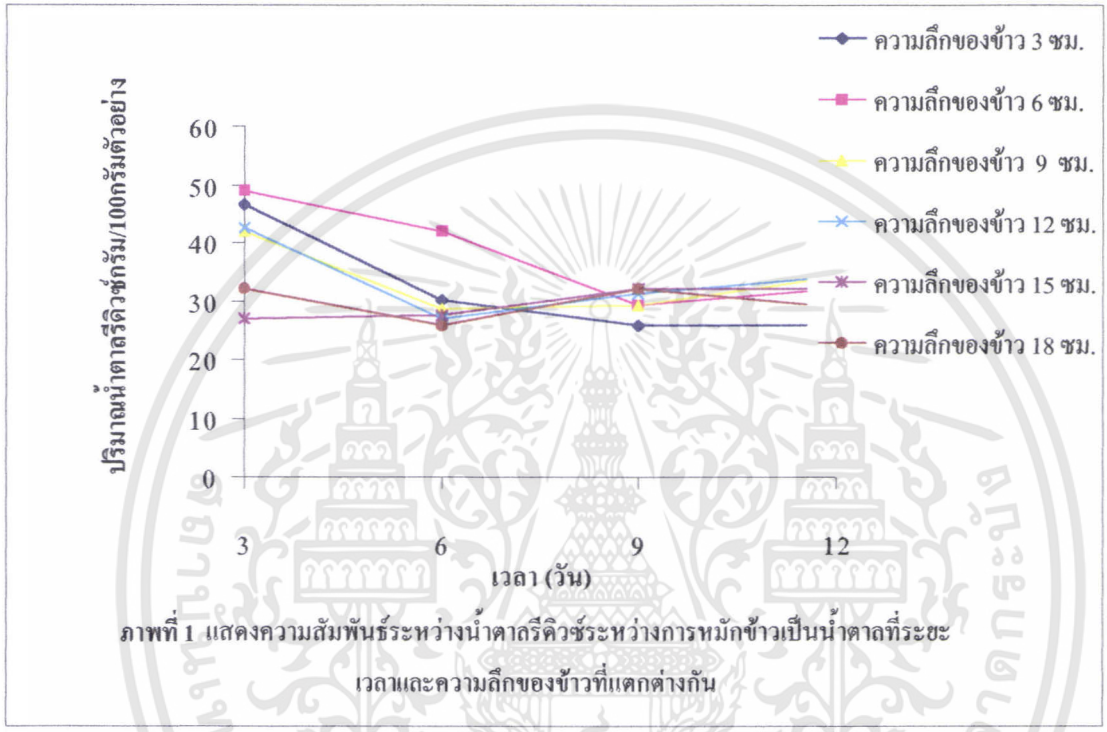


ภาพที่ 8 แสดงขั้นตอนการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

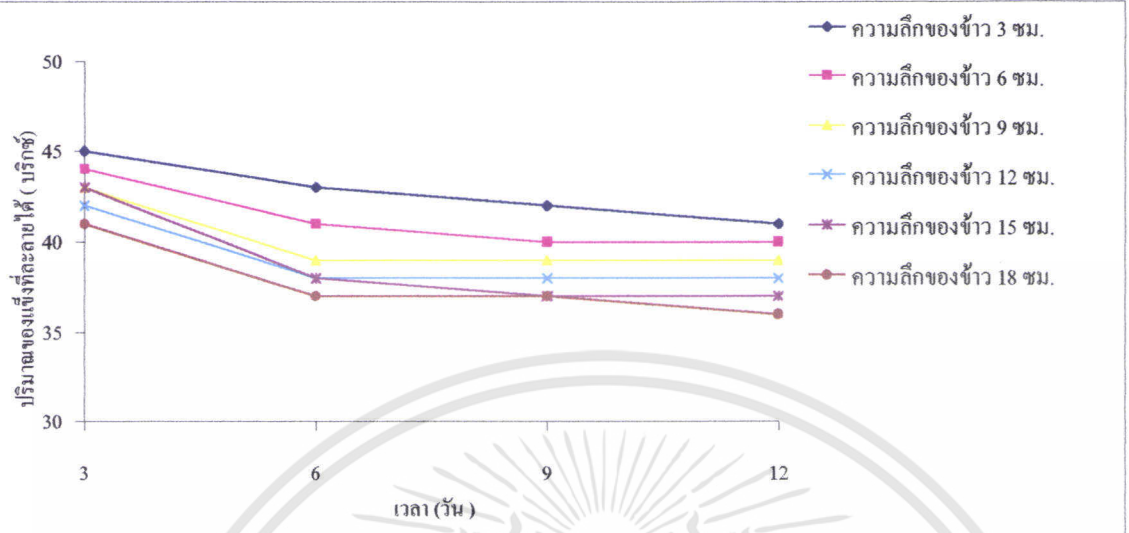
ผลการทดลอง



ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ระหว่างการหมักข้าวเป็นน้ำตาลที่ระยะเวลาและความลึกของข้าวที่แตกต่างกัน

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ระหว่างการหมักข้าวเป็นน้ำตาลที่ระยะเวลาและความลึกของข้าวที่แตกต่างกันผลปรากฏว่าในวันที่ 3 ของการหมักข้าวเป็นน้ำตาลที่ความลึกของข้าว 6 เซนติเมตรมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุดซึ่งวัดได้ร้อยละ 49.0 โดยปริมาตร รองลงมาเป็นความลึก 3 12 9 18 และ 15 เซนติเมตร ซึ่งวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้ร้อยละ 46.7 42.6 42.1 32.3 และ 27.0 โดยปริมาตร ตามลำดับ ในขณะที่วันอื่นๆหลังจากวันที่ 3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะมีค่าลดลง เนื่องจากมียีสต์บางส่วนที่สามารถเจริญในที่ที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงๆได้และหมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์จึงทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่วัดได้ลดลง

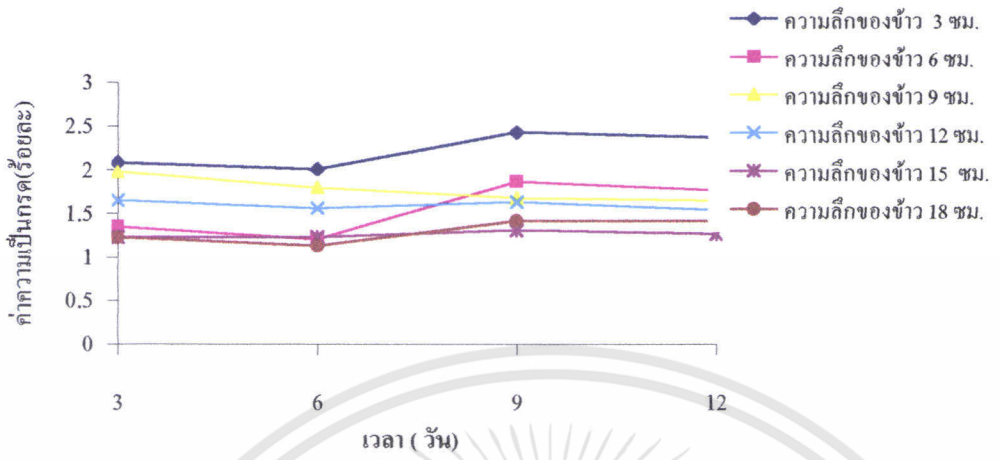
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ระหว่างการหมักข้าวเป็นน้ำตาลที่ความสูงของข้าวที่แตกต่างกัน

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ระหว่างการหมักข้าวเป็นน้ำตาลที่ความสูงของข้าวแตกต่างกันผลปรากฏว่า 3 วันแรกของการหมักข้าวเป็นน้ำตาลปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่ความลึก 3 เซนติเมตรจะมีค่าสูงที่สุดซึ่งวัดได้ 45 องศาบริกซ์ รองลงมาเป็นความลึก 6 9 12 15 และ 18 เซนติเมตร วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 44 43 43 42 และ 41 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญและหมักข้าวเป็นน้ำตาลคือรา และเราก็ต้องการออกซิเจนในการเจริญ ดังนั้นที่ความลึกของข้าวระดับต่ำๆ ปริมาณออกซิเจนสามารถลงไปได้ทั่วถึงทั้งบริเวณผิวหน้าและก้นถังหมักราจึงสามารถเจริญและย่อยาข้าวเป็นน้ำตาลได้ดีในขณะเดียวกันที่ความลึกมากๆ ออกซิเจนไม่สามารถลงไปถึงก้นถังหมักจึงเกิดการย่อยแค่ที่บริเวณผิวหน้าถังหมักทำให้ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดและระยะเวลาในการหมักข้าวเป็นน้ำตาลที่ความลึกของข้าวที่แตกต่างกัน

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดและระยะเวลาในการหมักแป้งเป็นน้ำตาลที่ความลึกของข้าวแตกต่างกันในช่วงเวลา 12 วันของการหมักข้าวเป็นน้ำตาลเป็นดังนี้

ความลึกของข้าว 3 เซนติเมตรวัดค่าความเป็นกรดได้ร้อยละ 2.1 ถึง 2.4 ของความเป็นกรดแลคติก

ความลึกของข้าว 6 เซนติเมตรวัดค่าความเป็นกรดได้ร้อยละ 1.4 ถึง 1.9 ของความเป็นกรดแลคติก

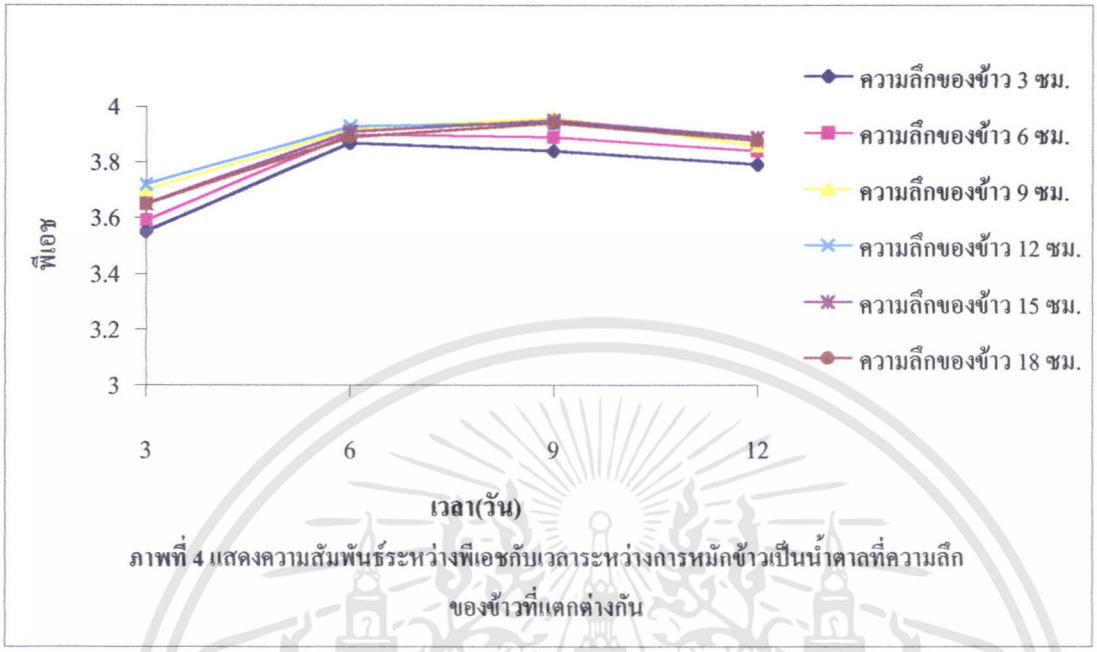
ความลึกของข้าว 9 เซนติเมตรวัดค่าความเป็นกรดได้ร้อยละ 1.7 ถึง 2.0ของความเป็นกรดแลคติก

ความลึกของข้าว 12 เซนติเมตรวัดค่าความเป็นกรดได้ร้อยละ 1.5 ถึง 1.8 ของความเป็นกรดแลคติก

ความลึกของข้าว 15 เซนติเมตรวัดค่าความเป็นกรดได้ร้อยละ 1.2 ถึง 1.3ของความเป็นกรดแลคติก

ความลึกของข้าว 18 เซนติเมตรวัดค่าความเป็นกรดได้ร้อยละ 1.2 ถึง 1.4 ของความเป็นกรดแลคติก เฉลี่ยแล้วค่าความเป็นกรดที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักข้าวเป็นน้ำตาลจะอยู่ที่ร้อยละ 1.2 ถึง 2.4 ของความเป็นกรดแลคติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับเวลาระหว่างการหมักข้าวเป็นน้ำตาลที่ความลึกของข้าวที่แตกต่างกัน

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชและระยะเวลาในการหมักข้าวเป็นน้ำตาลที่ความลึกของข้าวแตกต่างกันในช่วง 12 วันของการหมักข้าวเป็นน้ำตาลให้ผลดังนี้

ที่ความลึกของข้าว 3 เซนติเมตร วัดค่าพีเอชได้ 3.6 ถึง 3.9

ความลึกของข้าว 6 เซนติเมตร วัดค่าพีเอชได้ 3.6 ถึง 3.9

ความลึกของข้าว 9 เซนติเมตร วัดค่าพีเอชได้ 3.7 ถึง 4.0

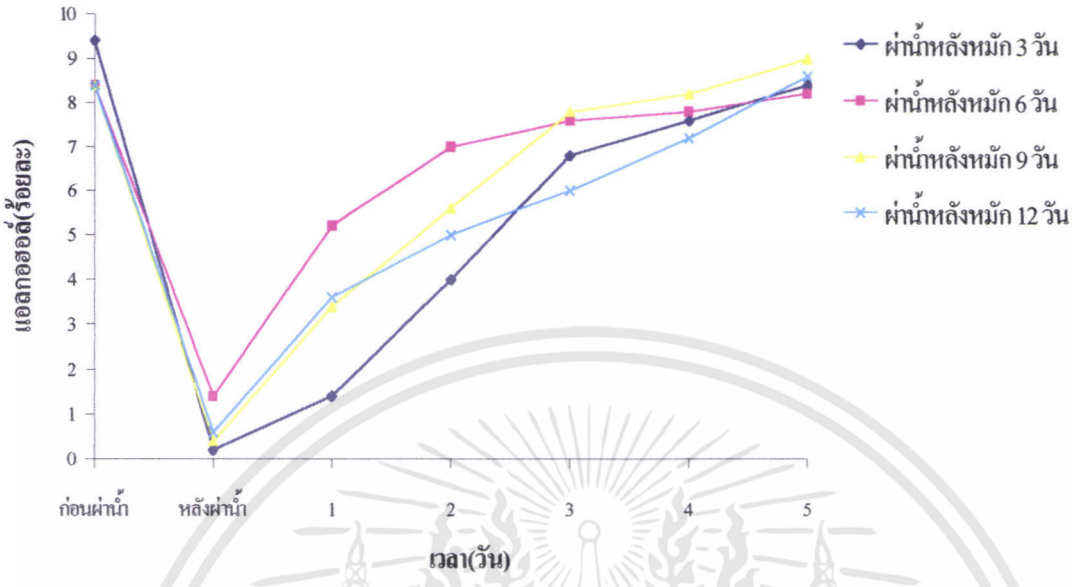
ความลึกของข้าว 12 เซนติเมตร วัดค่าพีเอชได้ 3.7 ถึง 3.9

ความลึกของข้าว 15 เซนติเมตร วัดค่าพีเอชได้ 3.7 ถึง 4.0

ความลึกของข้าว 18 เซนติเมตร วัดค่าพีเอชได้ 3.7 ถึง 3.9

เฉลี่ยแล้วช่วง 12 วันของการหมักข้าวเป็นน้ำตาลวัดค่าพีเอชได้ 3.6 ถึง 4.0

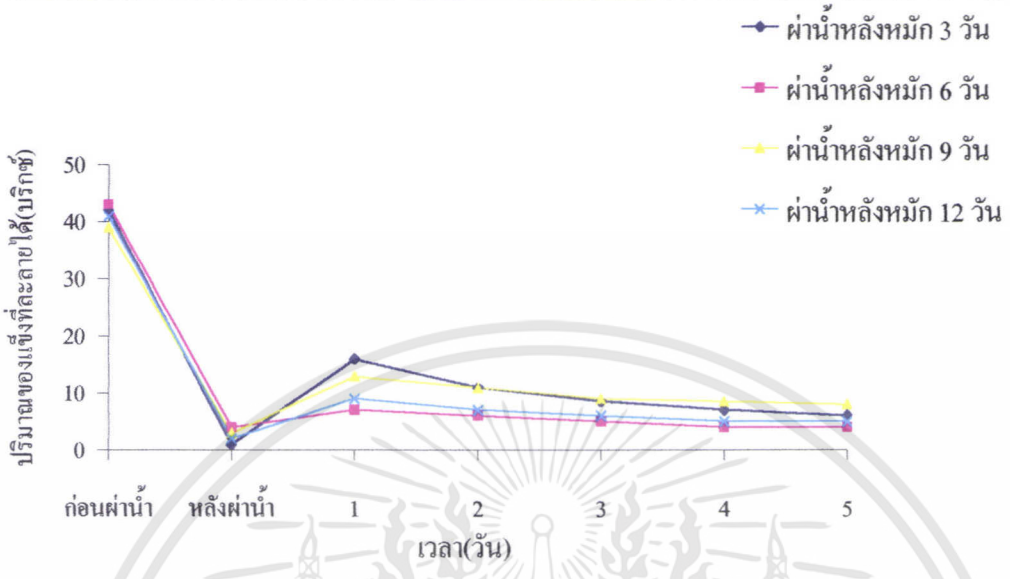
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอลกอฮอล์กับเวลาหลังจากผ่าน้ำที่ความลึกของข้าว 6 ซม.

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอลกอฮอล์กับเวลาหลังจากผ่าน้ำที่ความลึกของข้าว 6 เซนติเมตรผลปรากฏว่าหลังจากผ่าน้ำปริมาณแอลกอฮอล์จะค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นโดยการผ่าน้ำวันที่ 9 ของการหมักข้าวเป็นน้ำตาลและหมักต่อไปอีก 5 วัน จะให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุดซึ่งวัดได้ร้อยละ 9 รองลงมา คือการผ่าน้ำวันที่ 12 3 และ 6 ของการหมักข้าวเป็นน้ำตาลซึ่งวัดปริมาณแอลกอฮอล์ได้ร้อยละ 8.6 8.4 และ 8.2 ตามลำดับ แต่เมื่อนับระยะเวลาการหมักตั้งแต่เริ่มหมักข้าวเป็นน้ำตาลและหมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์จะพบว่าการผ่าน้ำวันที่ 3 จะใช้เวลาในการหมักสาโทสั้นที่สุดคือ 8 วัน ก็จะได้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 8 ตามที่ได้กำหนดไว้ รองลงมาเป็นการผ่าน้ำวันที่ 6 9 และ 12 ซึ่งใช้เวลาในการหมัก 11 13 และ 17 วันตามลำดับ

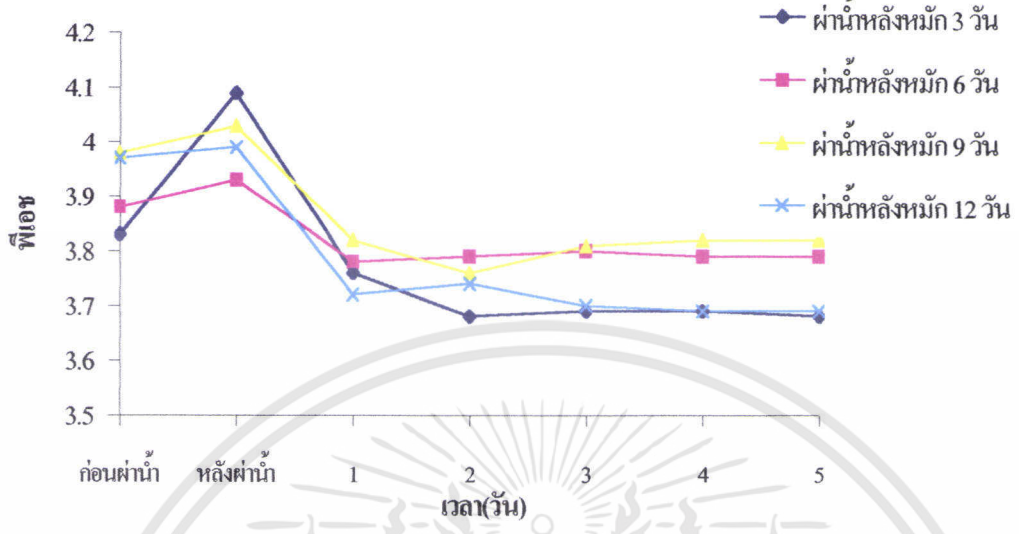
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้กับเวลาที่ความลึกของข้าว 6 เซนติเมตร

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้กับเวลาหลังผ่าน้ำที่ความลึกของข้าว 6 เซนติเมตรผลปรากฏว่าหลังจากผ่าน้ำปริมาณของแข็งที่ละลายได้จะค่อยๆลดต่ำลงจากก่อนผ่าน้ำเป็น 39 ถึง 43 องศาบริกซ์ เมื่อผ่าน้ำแล้วหมักต่อไปอีก 5 วันจนได้แอลกอฮอล์ร้อยละ 8 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลงเหลือเพียง 4 ถึง 8 องศาบริกซ์ ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่ามีการเจริญของยีสต์หมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์จึงทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดน้อยลง

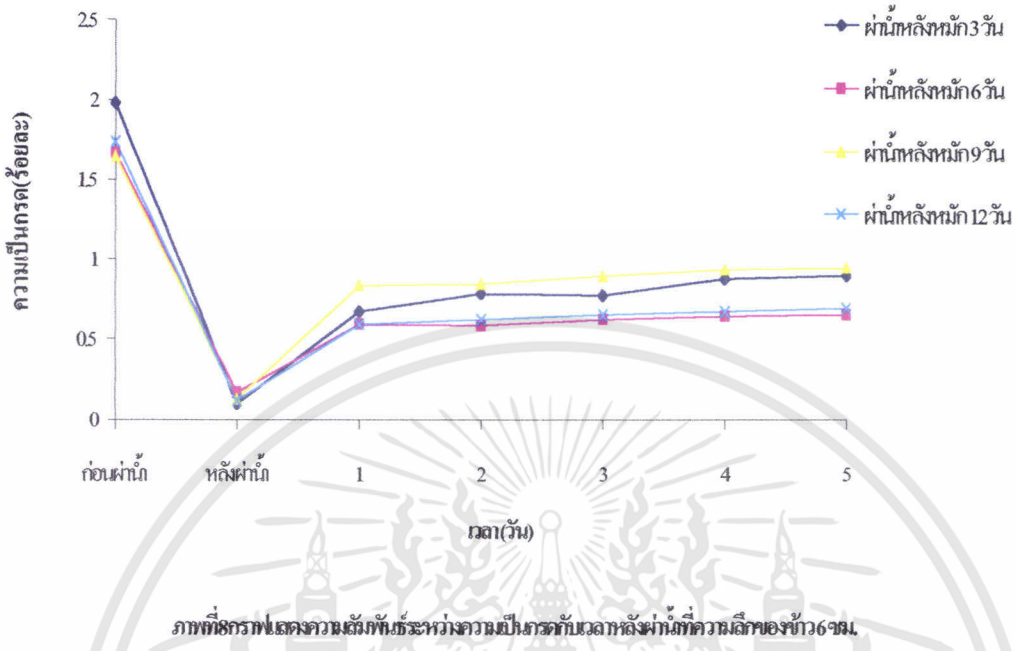
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอชกับเวลาหลังผ่านำ้ที่ความลึกของข้าว 6 ซม.

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับเวลาหลังผ่านำ้ที่ความลึกของข้าว 6 เซนติเมตร ผลเป็นดังนี้ การผ่านำ้วันที่ 3 ของการหมักข้าวเป็นนำ้ตาลวัดค่าพีเอชได้ 3.7 ถึง 4.1 ผ่านำ้วันที่ 6 ของการหมักข้าวเป็นนำ้ตาลวัดค่าพีเอชได้ 3.8 ถึง 3.9 ผ่านำ้วันที่ 9 ของการหมักข้าวเป็นนำ้ตาลวัดค่าพีเอชได้ 3.8 ถึง 4.0 ผ่านำ้วันที่ 12 ของการหมักข้าวเป็นนำ้ตาลวัดค่าพีเอชได้ 3.7 ถึง 4.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

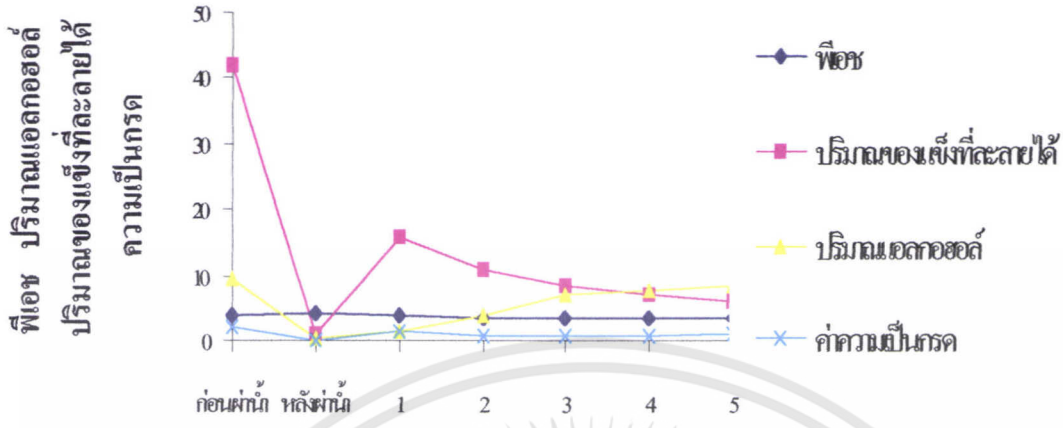


ภาพที่8กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดกับเวลาหลังผ่าน้ำที่ความลึกของข้าว6ซม.

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดกับเวลาหลังผ่าน้ำที่ความลึกของข้าว 6 เซนติเมตร ผลเป็นดังนี้

การผ่าน้ำในวันที่ 3 ของการหมักข้าวเป็นน้ำตาลวัดค่าความเป็นกรดได้ร้อยละ 0.1 ถึง 0.9 ของความเป็นกรดแลคติก การผ่าน้ำในวันที่ 6 ของการหมักข้าวเป็นน้ำตาลวัดค่าความเป็นกรดได้ร้อยละ 0.2 ถึง 0.7 ของความเป็นกรดแลคติก การผ่าน้ำในวันที่ 9 ของการหมักข้าวเป็นน้ำตาลวัดค่าความเป็นกรดได้ร้อยละ 0.1 ถึง 0.9 ของความเป็นกรดแลคติก การผ่าน้ำในวันที่ 12 ของการหมักข้าวเป็นน้ำตาลวัดค่าความเป็นกรดได้ร้อยละ 0.1 ถึง 0.7 ของความเป็นกรดแลคติก จะเห็นว่าแนวโน้มของกราฟจะเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามกับค่าพีเอช เฉลี่ยแล้วค่าความเป็นกรดหลังผ่าน้ำมีค่าอยู่ที่ร้อยละ 0.1 ถึง 1.0 ของความเป็นกรดแลคติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9 กราฟแสดงค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรดที่ความสูงของข้าว 6 เซนติเมตร และผ่าน้ำหลังจากหมักข้าวเป็นน้ำตาล 3 วัน

จากกราฟแสดงปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ พีเอชและค่าความเป็นกรดแลคติกระหว่างการหมักสาโทที่ความสูงของข้าว 6 เซนติเมตร และผ่าน้ำในวันที่ 3 ของการหมักข้าวเป็นน้ำตาลผลปรากฏว่า หลังจากผ่าน้ำปริมาณแอลกอฮอล์จะเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้จะลดลงทั้งนี้เนื่องจากยีสต์ใช้น้ำตาลในการหมักเพื่อให้ได้แอลกอฮอล์ เมื่อใดที่น้ำตาลหมดหรือยีสต์ไม่สามารถย่อยต่อได้แล้วปริมาณแอลกอฮอล์ก็จะคงที่ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ก็จะคงที่เช่นเดียวกัน

เมื่อดูที่เส้นกราฟค่าพีเอชและค่าความเป็นกรดจะเห็นว่าค่ากราฟทั้ง 2 จะคงที่ในระดับหนึ่งแสดงว่ายีสต์สามารถเจริญและสร้างแอลกอฮอล์ได้ดีในช่วงนี้ซึ่งวัดค่าพีเอชได้ 3.7 และวัดค่าความเป็นกรดได้ 0.8 ถึง 0.9 ของความเป็นกรดแลคติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาความลึกของข้าวระดับต่างๆ กันในถังขนาดเท่ากัน และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักสาโท พบว่าความลึกที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราในการหมักข้าวเป็นน้ำตาล คือ ความลึกของข้าวที่ 6 เซนติเมตร ซึ่งวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 44 บริกซ์ พีเอช 3.8 ค่าความเป็นกรดร้อยละ 1.7 ในรูปของกรดแลคติก และเมื่อเติมน้ำในวันที่ 3 ใช้เวลาหมัก 5 วัน จะได้แอลกอฮอล์ร้อยละ 8.4 โดยปริมาตร ทำให้ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 6 บริกซ์ พีเอช 3.7 ค่าความเป็นกรดร้อยละ 0.9 ในรูปของกรดแลคติก

ข้อเสนอแนะ

1. ข้าวที่นำมาหมักสาโทความีการเลือกใช้ข้าวว่าจะใช้ข้าวเหนียวหรือข้าวเจ้า ข้าวใหม่หรือข้าวเก่าเพราะว่าถ้าใช้ข้าวใหม่จะทำให้ข้าวที่ได้มียางข้าวเยอะเมื่อนำไปคลุกลูกแป้งจะทำให้ข้าวติดกันมากเกินไปทำให้เกิดการหมักที่ไม่ดีได้

2. ลูกแป้งที่ใช้ควรเลือกที่มีคุณภาพที่ดี ไม่เก่าจนเกินไปไม่มีตัวมอดในลูกแป้งและสูตรในการทำไม่ควรที่จะเปลี่ยนแปลงบ่อยๆในขณะทำการหมักเพราะจะทำให้การหมักได้สาโทที่ไม่ดีได้

3. ควรมีการควบคุมการหมัก โดยการเลือกใช้ภาชนะที่เหมาะสมและหาได้ง่ายและราคาไม่แพงและอุณหภูมิในการหมักจะต้องสม่ำเสมอไม่แปรปรวนมากเกินไป

4. ในระหว่างการหมักในขันตอนแรก คือ หมักเพื่อให้ราเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลไม่ควรเปิดบ่อยเพราะจะทำให้เชื้ออื่นๆ ปนเปื้อน และเกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีกับสาโทได้

5. การหมักในขั้นตอนที่ต้องการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ก็ไม่ควรให้อากาศเข้าไปมากเราะจะทำให้เชื้อชนิดอื่นปนเปื้อนได้เช่นกัน

6. การหยุดการหมักจะทำได้ก็ต่อเมื่อสาโทมีลักษณะตามที่ต้องการ

7. การผลิตสาโทจะต้องรู้ว่ากลุ่มผู้บริโภคต้องการสาโทแบบใส แบบขุ่น แบบแต่งสี กลิ่นและรส และทำการผลิตให้ได้ตามความต้องการ

8. ภาชนะที่ใช้บรรจุสาโทในขั้นตอนสุดท้ายจะต้องเลือกใช้ที่เหมาะสม ประหยัด ใช้ได้ง่าย หาซื้อได้ง่าย และสามารถรักษาคุรภาพของสาโทได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2541. เทคโนโลยีของแป้ง. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ. 275 หน้า.

นภา โล่ห์ทอง. 2535. กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต. พิมพ์ครั้งที่ 2. ห้างหุ้น ส่วนจำกัดฟันนี่พับลิชชิ่ง กรุงเทพมหานคร. หน้า 1-31.

บัณฑิตา ถาดสะน้อยและคณะ. 2544. การผลิตไวน์เสาวรส(ปัญหาพิเศษ). คณะอุตสาหกรรมเกษตรสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร. หน้า 48-56.

ประดิษฐ์ ครุวัณณา. 2525. สาโทและสาเก. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร. หน้า 14-24.

ประดิษฐ์ ครุวัณณา. 2545. สาโทและอุไวน์พื้นบ้านแห่งภูมิปัญญาไทย(วารสารอาหาร). สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร. หน้า 106-111.

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2543. เอนไซม์ทางอาหาร2. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 440 หน้า.

วีระพงษ์ ทาบึงกาฬ. 2544. การตรึงเซลล์ยีสต์บนชิ้นอ้อยเพื่อใช้ในกระบวนการหมักไวน์. (ปัญหาพิเศษ)เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร หน้า 23-25.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2539. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร(อาหารหมัก). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร. หน้า 351และหน้า 442-445.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2538. เคมีทางธัญญาหาร.ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร. หน้า 37-65.

เอกสารการสอนชุด เคมีและจุลชีววิทยาของอาหารหน่วยที่ 11-15 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์. 2539. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์ชวนพิมพ์. กรุงเทพมหานคร. หน้า 74.

http://www.sci.ubc.ac.th/biology/wine.thml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี Lane-Eynon Method

วิธีนี้อาศัยปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับสารละลาย $CuSO_4$ โดยจะรีดิวซ์ $CuSO_4$ ในสารละลาย ให้เป็น $CuSO_4$ โดยใช้ Methylene blue เป็น indicator วิธีนี้เหมาะสำหรับตัวอย่างที่มีน้ำตาลเข้มข้น ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณกลูโคส คือ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์คำนวณเป็น กลูโคสที่ได้จากการย่อยแป้ง (Strach) เพื่อบอกอัตราการย่อยแป้งว่า ย่อยไปมากน้อยเพียงใดซึ่งถ้าค่าปริมาณกลูโคสที่ได้สูงแสดงว่ามีอัตราการย่อยแป้งที่สูงด้วย

สารเคมี

$NaKC_4H_4O_6.4H_2O$ (Potassium Sodium tartrate.$4H_2O$ หรือ Rodhelle salt)

$CuSO_4$.5H2O

NaOH

Glucose anhtdrous

Methylene blue

อุปกรณ์

บิกเกอร์ขนาด 2 ลิตร

บิกเกอร์ขนาด 300 ลิตร

แท่งแก้วสำหรับคนสาร

ขวดตวงปริมาตร 500 มิลลิลิตร

ขวดตวงปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ขวดเก็บน้ำยา 500 มิลลิลิตร

ขวดเก็บน้ำยา 200 มิลลิลิตร

ปิเปตขนาด 5 มิลลิลิตร

ขวดน้ำกลั่น

Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร

Hot plate

Volumetic flask 1000 มิลลิลิตร

บิวเรต 25 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมสารละลาย

1. สารละลาย Copper Sulfate

ละลาย $CuSO_4.5H2O$ 34.659 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตร ให้เป็น 500 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดปรับปริมาตร

2. สารละลาย Alkaline tartrate

ละลาย $NaKC_4H_4O_6.4H_2O$ (Potassium Sodium tartrate.$4H_2O$ หรือ Rodhelle salt) 173 กรัม และ NaOH 50 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตรโดยใช้ขวดปรับปริมาตร

3. สารละลายกลูโคสมาตรฐาน 0.5 %

ละลาย Glucose anhydrous 5.1390 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร ในขวดตวงปริมาตร(เตรียมสารละลายกลูโคสให้มีความเข้มข้นพอเหมาะที่จะไตเตรทถึงจุดยุติ >15 มิลลิลิตร และ < 50 มิลลิลิตร)

4. สารละลาย Methylene blue 1 %

ละลาย Methylene blue 1 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร

5. สารละลาย Fehling-Soxhlet solution

สารละลาย $CuSO_4.5H_2O$ 34.659 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตร ให้เป็น 500 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดปรับปริมาตรและสารละลายAlkaline tartrate โดยละลาย $NaKC_4H_4O_6.4H_2O$ (Potassium Sodium tartrate.$4H_2O$ หรือ Rodhelle salt) 173 กรัม และ NaOH 50 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตรโดยใช้ขวดปรับปริมาตรนำสารทั้งสองมาผสมกันในปริมาตรที่เท่ากันก็จะได้สารรละลายที่เรียกว่า Soxhlet's reagent

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์

1. หากลูโคสที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลาย Soxhlet's reagent 25 มิลลิลิตร

ปิเปต Soxhlet's reagent 25 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรแล้วนำมาไตเตรทกับสารละลายกลูโคสมาตรฐาน 0.5 %ในขณะเดือดโดยการต้มบน Hot plate จนกระทั่งสีน้ำเงินของ Soxhlet's reagent เริ่มจาง แล้วเติมสารละลาย Methylene blue 1% ลงไป 5 หยดเพื่อเป็น อินดิเคเตอร์ ไตเตรทต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงินหมดไปหรือเกิดตะกอนสีแดงอิฐซึ่งแสดงว่าเกิดจุดยุติแล้ว ถ้าสีของ Methylene blue ยังคงอยู่ให้ไตเตรทต่อไปให้ถึงจุดยุติภายใน 3 นาที ถ้าถึงจุดยุติที่ปริมาตร>50 มิลลิลิตร ให้ใช้สารละลายกลูโคสมาตรฐานเข้มข้นมากขึ้น

ถ้าไตเตรทได้จุดยุติที่มีปริมารต >15<50 มิลลิลิตร ภายในเวลา 3 นาทีให้ทำซ้ำโดยการเติมสารละลายกลูโคสมาตรฐานครั้งแรกในปริมาตรที่น้อยกว่าปริมาตรจุดยุติที่ได้ 0.5-1.0 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดปานกลางนาน 2 นาที เติม Methylene blue 5 หยด แล้วไตเตรทต่อทีละหยด จนถึงจุดยุติในเวลาไม่เกิน 3 นาที บันทึกปริมาตรที่ไตเตรทได้ ทำซ้ำจนได้ค่าที่เที่ยงตรง

2. การเตรียมตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์

ถ้าตัวอย่างมีน้ำตาลสูงจะนำมาทำการเจือจาง จนมีน้ำตาลรีดิวซ์ไม่เกิน 0.5 % เมื่อเตรียมตัวอย่างได้แล้ว ให้ปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดรูปชมพู่ที่มี Soxhlet's reagent 25 มิลลิลิตร นำไปไตเตรทเช่นเดียวกันกับข้อที่ 1 ปริมาตรของสารละลายกลูโคสมาตรฐานที่จะใช้นำมาคำนวณตามสูตร เช่น สารละลายกลูโคส 1,000 มิลลิลิตร มีกลูโคส 5.1390 กรัม สารละลายตัวอย่าง ทำปฏิกิริยาพอดีกับ Soxhlet's reagent 25 มิลลิลิตร 20 มิลลิลิตร จะมี กลูโคส เท่ากับ 5.1390 x 20 /1,000 = 0.1028 กรัม

ถ้าตัวอย่างทำการเจือจางน้ำ 2 :100 และทำปฏิกิริยาพอดีกับ Soxhlet's reagent 25 มิลลิลิตร 17.5 มิลลิลิตร จะได้ว่า

สารละลายตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร มีตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร

ถ้าสารละลาย 17.5 มิลลิลิตร จะมีตัวอย่าง 2 x 17.5 /100 = 0.35 มิลลิลิตร

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.35 มิลลิลิตร จะมีกลูโคส เท่ากับ 0.1028 กรัม

ถ้าตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร จะมีกลูโคส เท่ากับ 0.1028 x 100 /0.35 = 29.3714 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ความเป็นกรดทั้งหมด (Total Tritratable Acidity)

ความเป็นกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ (Total Tritratable Acidity) คือ ค่าที่แสดงถึงปริมาณกรดที่มีอยู่ในตัวอย่าง ซึ่งหาได้โดยการไตเตรทกับสารละลายด่างมาตรฐาน ความเป็นกรดทั้งหมดนี้จะรวมปริมาณกรดที่ระเหยได้ (Volatile Acidity) และปริมาณความเป็นกรดที่ไม่ระเหย (Fixed Acidity) เข้าด้วยกันผลิตภัณฑ์หมักชนิดต่างๆมีชนิดและปริมาณของกรดอินทรีย์ที่แตกต่างกัน ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์หมักแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะตัว และยังชี้ให้เห็นถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หมักนั้นด้วย กรดอินทรีย์แต่ละชนิดจะให้ความเป็นกรดแตกต่างกันขึ้นกับค่าสัมประสิทธิ์การแตกตัวของกรดชนิดนั้นๆ และกรดชนิดต่างๆจะมีค่าน้ำหนักสมมูลย์ (eq.wt.)ไม่เท่ากันซึ่งคำนาณได้จากสูตร

$$\text{eq.wt.} = \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุล}}{\text{eq.}}$$

ตารางภาคผนวกที่ ข.1 ค่าน้ำหนักสมมูลย์ของกรดชนิดต่างๆในผลิตภัณฑ์หมัก

กรดชนิดต่างๆ	ค่าน้ำหนักสมมูลย์ของกรด
Latic acid (eq.1)	80
Citric acid (eq. 3)	70
Tartaric acid (eq.2)	75
Malic acid (eq.2)	67
Acetic acid (eq. 1)	60
Fumaric acid (eq. 2)	58

สารเคมี

สารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH

สารละลายฟีนอล์พทาลีนอินดิเคเตอร์ (1% Phenolpthalein indicator)

สาราละลายมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบมาตรฐานพีเอชมิเตอร์ที่พีเอช 4.00 และ พีเอช 7.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์

บิวเรต 50 มิลลิลิตร

ขาตั้งบิวเรต

บิกเกอร์ 50 มิลลิลิตร

ขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร

ปิเปต 5 มิลลิลิตร

กระบอกตวง 100 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

1. วัดพีเอชของตัวอย่างในบิกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร

2. ทำการไตเตรท Blankโดยใช้น้ำกลั่นที่ต้มไล่ CO_2 และเย็นแล้ว 100 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอล์พทาลีนอินดิเคเตอร์ (1% Phenolpthalein indicator) 3 หยด แล้วนำไปไตเตรทกับสารละลาย 0.1 N NaOH จนสารละลายเป็นสีชมพูอ่อน

3. ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่วัดพีเอชแล้วใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร 10 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอล์พทาลีนอินดิเคเตอร์ (1% Phenolpthalein indicator) 3 หยด แล้วนำไปไตเตรทกับสารละลาย 0.1 N NaOH จนสารละลายเป็นสีชมพูอ่อน

4. ในกรณีที่ตัวอย่างมีสีชมพูทำให้มองไม่เห็นสีของฟีนอล์พทาลีนอินดิเคเตอร์ ให้ไตเตรทโดย ใช้พีเอชมิเตอร์วัดเพื่อบอกจุดยุติที่พีเอช 8.6 ซึ่งท่ากับพีเอชที่จุดยุติของฟีนอล์พทาลีนอินดิเคเตอร์

5. คำนวณความเป็นกรดทั้งหมดของตัวอย่างจากผลการไตเตรทจากสูตร

$$\text{ความเป็นกรด (กรัม/100มิลลิลิตร)} = \frac{\text{มิลลิลิตรของ NaOHที่ใช้ xNของ NaOH x eq.ของกรดx100}}{\text{1000xมิลลิลิตรของตัวอย่าง}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ (A.O.A.C.1980)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดแอลกอฮอล์ (Ebuliometer)
2. น้ำกลั่น
3. แผ่นสเกลมาตรฐานที่ใช้สำหรับอ่านค่าแอลกอฮอล์

วิธีวิเคราะห์

1. ล้างชุดเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ด้วยน้ำกลั่น
2. ตวงน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในเครื่องกลั่น หาจุดเดือดของน้ำกลั่น บันทึกอุณหภูมิ
3. นำจุดเดือดของน้ำกลั่นที่หาได้ไปตั้งค่าในแผ่นสเกลมาตรฐานที่ใช้สำหรับอ่านค่าแอลกลอฮอล์
4. ล้างชุดเครื่องกลั่นแอลกอฮอล์ด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด
5. ตวงตัวอย่างปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำมาหาจุดเดือดจนได้อุณหภูมิคงที่บันทึกอุณหภูมิ
6. หาค่าเปอร์เซนแอลกอฮอล์โดยเปรียบเทียบจุดเดือดของตัวอย่างกับจุดเดือดของน้ำกลั่นด้วยแผ่นสเกลมาตรฐาน
7. ก่อนใช้เครื่องทุกครั้งต้องคาลิเบตชุดกลั่นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางแสดงผลการรทดลองระหว่างการหมักข้าวเป็นน้ำตาล

ตารางภาคผนวกที่ ง.1 แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กลูโคส) กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตรตัวอย่างที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักที่ระยะเวลา 3 6 9 และ 12 วันที่ระดับความลึกของข้าว 3 6 9 12 15 และ 18 เซนติเมตร

ความลึกของข้าว (เซนติเมตร)	เวลา (วัน)			
	3	6	9	12
3	46.7272	30.2352	25.7000	25.7000
6	48.9523	42.1311	29.3714	32.1250
9	42.1311	28.5555	29.3714	34.2812
12	42.6333	27.0526	31.3428	34.2812
15	27.0526	27.4250	32.2647	32.2647
18	32.2647	25.7000	32.2647	28.8684

ตารางภาคผนวกที่ ง.2 แสดงค่าพีเอชที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักที่ระยะเวลา 3 6 9 และ 12 วัน ที่ระดับความลึกของข้าว 3 6 9 12 15 และ 18 เซนติเมตร

ความลึกของข้าว (เซนติเมตร)	เวลา (วัน)			
	3	6	9	12
3	3.55	3.87	3.84	3.79
6	3.59	3.90	3.89	3.84
9	3.70	3.92	3.96	3.86
12	3.72	3.93	3.94	3.89
15	3.65	3.91	3.95	3.89
18	3.65	3.89	3.94	3.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ง.3 แสดงปริมาณของที่ละลายได้ (บริกซ์) ในระหว่างการหมักที่ระยะเวลา 3 6 9 และ 12 วัน ที่ระดับความลึกของข้าว 3 6 9 12 15 และ 18 เซนติเมตร

ความลึกของข้าว (เซนติเมตร)	เวลา (วัน)			
	3	6	9	12
3	45	43	42	41
6	44	41	40	40
9	43	39	39	39
12	42	38	38	38
15	43	38	37	37
18	41	37	37	36

ตารางภาคผนวกที่ ง.4 แสดงค่าความเป็นกรด(ร้อยละ)ในรูปของกรดแลคติกที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักที่ระยะเวลา 3 6 9 และ 12 วัน ที่ระดับความลึกของข้าว 3 6 9 12 15 และ 18 เซนติเมตร

ความลึกของข้าว (เซนติเมตร)	เวลา (วัน)			
	3	6	9	12
3	2.08	2.01	2.43	2.37
6	1.35	1.21	1.87	1.77
9	1.98	1.80	1.68	1.65
12	1.65	1.56	1.63	1.54
15	1.23	1.23	1.31	1.27
18	1.23	1.13	1.42	1.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ตารางแสดงผลการรทดลองระหว่างการหมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์

ตารางภาคผนวกที่ จ.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์หลังจากการหมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ที่ความลึกของข้าว 6 เซนติเมตร

ระยะเวลาที่ผ่าน้ำ (วัน)	เวลา (วัน)					
	1	2	3	4	5	6
หลังหมักข้าวเป็นน้ำตาล 3 วัน	0.2	1.4	4	6.8	7.6	8.4
หลังหมักข้าวเป็นน้ำตาล 6 วัน	1.4	5.2	7	7.6	7.8	8.2
หลังหมักข้าวเป็นน้ำตาล 9 วัน	0.4	3.4	5.6	7.8	8.6	9
หลังหมักข้าวเป็นน้ำตาล 12 วัน	0.6	3.6	5	6	7.2	8.6

ตารางภาคผนวกที่ จ. 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงพีเอชหลังจากการหมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ที่ความลึกของข้าว 6 เซนติเมตร

ระยะเวลาที่ผ่าน้ำ	พีเอช					
	1	2	3	4	5	6
หลังหมักข้าวเป็นน้ำตาล 3 วัน	4.09	3.76	3.58	3.69	3.69	3.68
หลังหมักข้าวเป็นน้ำตาล 6 วัน	3.93	3.63	3.79	3.80	3.79	3.79
หลังหมักข้าวเป็นน้ำตาล 9 วัน	4.03	3.82	3.76	3.81	3.82	3.82
หลังหมักข้าวเป็นน้ำตาล 12 วัน	3.99	3.72	3.74	3.70	3.69	3.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ จ.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้(บริกซ์) หลังจากหมักน้ำตาลแป็นแอกอฮอล์ที่ความลึกของข้าว 6 เซนติเมตร

ระยะเวลาที่ผ่าน้ำ(วัน)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์)					
	1	2	3	4	5	6
หลังหมักข้าวเป็นน้ำตาล 3 วัน	1	16	11	8.5	7	6
หลังหมักข้าวเป็นน้ำตาล 6 วัน	4	7	6	5	4	4
หลังหมักข้าวเป็นน้ำตาล 9 วัน	3	13	11	9	8.5	8
หลังหมักข้าวเป็นน้ำตาล 12 วัน	2	9	7	6	5	5

ตารางภาคผนวกที่ จ.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด(ร้อยละ)ในรูปของกรดแลคติกหลังจากหมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ที่ความลึกของข้าว 6 เซนติเมตร

ระยะเวลาที่ผ่าน้ำ(วัน)	ค่าความเป็นกรด(ร้อยละ)ในรูปของกรดแลคติก					
	1	2	3	4	5	6
หลังหมักข้าวเป็นน้ำตาล 3 วัน	0.10	0.67	0.78	0.77	0.87	0.89
หลังหมักข้าวเป็นน้ำตาล 6 วัน	0.17	0.59	0.58	0.62	0.64	0.65
หลังหมักข้าวเป็นน้ำตาล 9 วัน	0.13	0.83	0.84	0.89	0.93	0.94
หลังหมักข้าวเป็นน้ำตาล 12 วัน	0.12	0.59	0.62	0.65	0.67	0.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ จ.5 แสดงค่าพีเอช ความเป็นกรด(ร้อยละ)ในรูปของกรดแลคติก ปริมาณแอลกอฮอล์(ร้อยละ) และ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์) หลังจากการหมักข้าวเป็นน้ำตาลและผ่าน้ำหมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ ที่ความลึกของข้าว 6 เซนติเมตร

ผลการวิเคราะห์	เวลา(วัน)						
	ก่อนผ่าน้ำ	หลังผ่าน้ำ	หลังหมัก				
			1	2	3	4	5
ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)	9.4	0.2	1.4	4	6.8	7.6	8.4
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์)	44	1	16	11	8.5	7	6
พีเอช	3.59	4.09	3.76	3.58	3.69	3.69	3.68
ค่าความเป็นกรด (ร้อยละ)ในรูปของกรดแลคติก	1.35	0.1	0.67	0.78	0.77	0.87	0.89

ตารางภาคผนวกที่ จ.6 แสดงปริมาณข้าวเหนียวก่อนนึ่ง - หลังนึ่ง และปริมาณลูกแป้งที่คลุกของข้าวที่ความลึก 3 6 9 12 15 และ 18 เซนติเมตร

ความลึกของข้าว (ซม.)	ข้าวสารเหนียว (กรัม)	ข้าวเหนียวนึ่ง (กรัม)	ลูกแป้งร้อยละ 1 ของน้ำหนักข้าวสาร (กรัม)
3	640	940	6.4
6	1,000	1,480	10
9	1,350	1,990	13..5
12	1,760	2,680	17.6
15	2,160	3,180	21.6
18	2,520	3,720	25.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

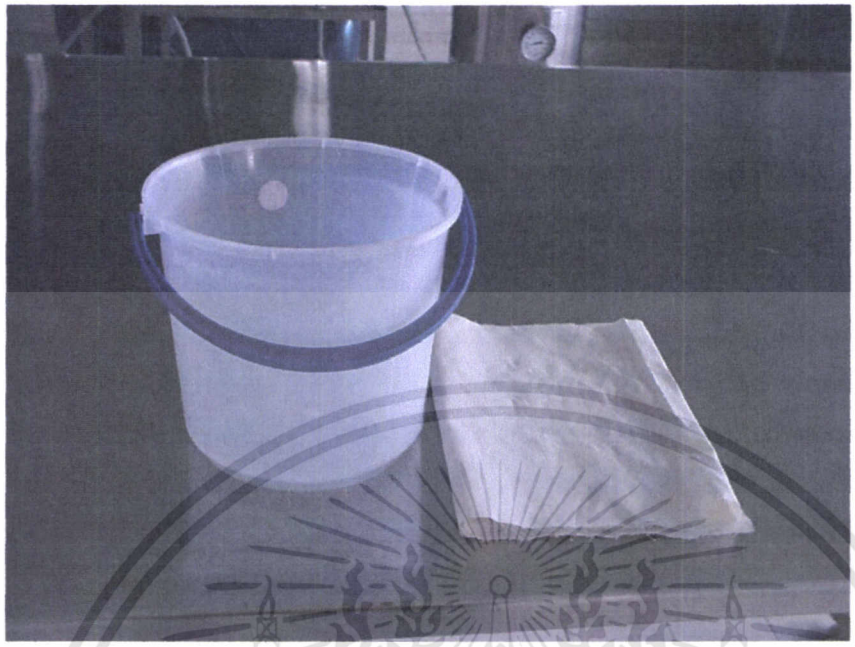
ภาคผนวก ฉ.

ภาพประกอบการทดลอง

ภาพที่ ฉ. 1 ข้าวเหนียว

ภาพที่ ฉ. 2 ลูกแป้งสุรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ฉ. 3 ถังหมักและผ้าขาวบาง

ภาพที่ ฉ. 4 แสดงกรหมักสาโทระหว่างเปลี่ยนข้าวเป็นน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ฉ. 5 ลักษณะของข้าวหลังจากหมักข้าวเป็นน้ำตาล

ภาพที่ ฉ. 6 แสดงการหมักสาโทระหว่างการหมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ฉ. 7 แสดงลักษณะของสาโทที่ใช้ระยะเวลาผ่านำ้ 3 6 9 และ 12 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวเดือน เทนโสภา ภูมิลำเนาจังหวัดศรีสะเกษ จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนกันทรลักษ์วิทยา จบการศึกษาระดับอนุปริญญาจากสถาบันราชภัฏนครราชสีมา

ชื่อ นางสาวยุพาวรรณ กรองสันเทียะ ภูมิลำเนาจังหวัดนครราชสีมา จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสูงเนิน จบการศึกษาระดับอนุปริญญาจากสถาบันราชภัฏนครราชสีมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้