

การศึกษาการผลิตเบียร์ข้าวกล้องงอก  
Study of the production of  
germinated brown rice beer



นันทน์ภัส ภิญโญ  
สมเกียรติ เลาะมิน

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม  
คณะอุตสาหกรรมเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ  
การศึกษาการผลิตเบียร์ข้าวกล้องงอก  
Study of the production of  
germinated brown rice beer

จัดทำโดย

นันทน์ภัท ภิญโญ รหัสนักศึกษา 58080107

สมเกียรติ เลาะมื่น รหัสนักศึกษา 58080139

ได้รับความเห็นชอบจาก

(.....) (...../...../62)

(ศ.ดร.วราวุฒิ ครูสง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

งานปัญหาพิเศษเรื่อง การศึกษาการผลิตเปียร์ข้าวกล้องงอก ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำในการค้นคว้าเพิ่มเติมในการทำงานวิจัยนี้ จากการสนับสนุนจาก ศ.ดร.วราวุฒิ ครูสง ที่คอยให้คำปรึกษา คอยตรวจทาน และคอยดูแล ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินงานวิจัย ช่วยแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัยนี้อย่างละเอียด อาจารย์ผู้เป็นคณะกรรมการในการประเมินผลงานปัญหา รวมทั้งเพื่อนๆที่คอยให้ความช่วยเหลือในงานวิจัยครั้งนี้

ในโอกาสนี้ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณทุกท่าน ที่มีส่วนช่วยในงานปัญหาพิเศษนี้ให้ผ่านไปได้ด้วยดี หากมีข้อบกพร่องประการใดที่เกิดขึ้นในงานปัญหาพิเศษเล่มนี้ ผู้จัดทำขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ      การศึกษาการผลิตเบียร์ข้าวกล้องงอก  
ชื่อนักศึกษา              นันทน์ภัส ภิญโญ      รหัสนักศึกษา 58080107  
   สมเกียรติ เลาะมิน      รหัสนักศึกษา 58080139  
หลักสูตร                      วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม  
พ.ศ.                              2562  
อาจารย์ที่ปรึกษา              ศ.ดร.วราวุฒิ ครูส่ง

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาการผลิตเบียร์ข้าวกล้องงอกให้มีแอลกอฮอล์ที่มาตรฐาน มีกลิ่นรสที่ดี มีสีเหลืองทอง เนื้อสัมผัสที่ดี และคุณภาพเทียบเท่ากับเบียร์ที่จำหน่ายตามท้องตลาด โดยทำการลดปริมาณมอลต์ลง และเพิ่มข้าวกล้องงอกทั้งหมด 3 ปริมาณ คือ 30 เปอร์เซ็นต์, 40 เปอร์เซ็นต์ และ 50 เปอร์เซ็นต์เพื่อเปรียบเทียบกัน โดยมีการตรวจคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี คือ ตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะ(original gravity), ตรวจสอบปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (brix), ตรวจสอบค่าความเป็นกรดต่าง (pH), ตรวจสอบปริมาณแอลกอฮอล์(%alcohol), ตรวจสอบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%), ตรวจสอบการทำงานของเอนไซม์ (enzyme activity) และตรวจสอบเนื้อสัมผัสของเบียร์ เพื่อหาปริมาณการเพิ่มปริมาณข้าวกล้องงอกที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตเบียร์ข้าวกล้องงอก สำหรับผลการทดลอง พบว่า การเพิ่มปริมาณข้าวกล้องงอก 30% มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยมีค่าความถ่วงจำเพาะ(original gravity), ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้(brix), ค่าความเป็นกรดต่าง(pH), การทำงานของเอนไซม์ (enzyme activity) ของเบียร์ข้าวกล้องงอก สูงกว่าอีก 2 ปริมาณ แต่ปริมาณแอลกอฮอล์(%alcohol)และเนื้อสัมผัสของเบียร์นั้นยังไม่ได้ตามมาตรฐาน จึงทำการเติมน้ำตาลเพื่อเพิ่มปริมาณแอลกอฮอล์(%alcohol)และมอลโทเดรกซ์ทริน(maltodextrin)เพิ่มเนื้อสัมผัส โดยในการตรวจสอบเนื้อสัมผัสนั้นจะใช้วิธีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส(sensory) ซึ่งมีตัวอย่าง A ไม่เติมมอลโทเดรกซ์ทริน(maltodextrin) และตัวอย่าง B เติมมอลโทเดรกซ์ทริน(maltodextrin) พบว่าคะแนนเฉลี่ยของรสชาติ,เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของตัวอย่าง B มากกว่า ตัวอย่าง A แสดงว่าเมื่อเติมมอลโทเดรกซ์ทริน(maltodextrin) มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านรสชาติและเนื้อสัมผัส

คำสำคัญ : ข้าวกล้องงอก เบียร์ แอลกอฮอล์ คุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## กิตติกรรมประกาศ

งานปัญหาพิเศษเรื่อง การศึกษาการผลิตเบียร์ข้าวกล้องงอก ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำในการค้นคว้าเพิ่มเติมในการทำงานวิจัยนี้ จากการสนับสนุนจาก ศ.ดร.วราวุฒิ ครูสง ที่คอยให้คำปรึกษา คอยตรวจทาน และคอยดูแล ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินงานวิจัย ช่วยแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัยนี้อย่างละเอียด อาจารย์ผู้เป็นคณะกรรมการในการประเมินผลงานปัญหา รวมทั้งเพื่อนๆที่คอยให้ความช่วยเหลือในงานวิจัยครั้งนี้

ในโอกาสนี้ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณทุกท่าน ที่มีส่วนช่วยในงานปัญหาพิเศษนี้ให้ผ่านไปได้ด้วยดี หากมีข้อบกพร่องประการใดที่เกิดขึ้นในงานปัญหาพิเศษเล่มนี้ ผู้จัดทำขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เบียร์	2
2.2 มอลต์	2
2.3 ข้าวกล้องงอก	3
2.4 เอนไซม์ที่มีผลต่อการหมักเบียร์	3
2.5 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตเบียร์	4
2.6 กระบวนการผลิตเบียร์	5
2.7 กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก	7
2.8 Maltodextrin	7
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 วัตถุประสงค์	8
3.2 สารเคมี	8
3.3 อุปกรณ์	8
3.4 วิธีการทดลอง	10
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	
4.1 ผลของปริมาณข้าวกล้องงอกที่ใช้เป็น Malt adjuncts	14
4.2 ผลของการเติมน้ำตาลเพื่อเพิ่มปริมาณแอลกอฮอล์ในเบียร์ข้าวกล้องงอก	19
4.3 ผลของการเติม Maltodextrin เพื่อเพิ่มประสิทธิที่ภาพในเบียร์	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	22
บรรณานุกรม	23
ภาคผนวก	25
ภาคผนวก ก	26
ภาคผนวก ข	28
ประวัติผู้เขียน	30



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Original gravity ต่อระยะเวลาการหมักเบียร์ของเบียร์ ทั้ง3สูตรเทียบกับเบียร์มอลต์ล้วน	14
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Brix ต่อระยะเวลาการหมักเบียร์ของเบียร์ทั้ง3สูตร เทียบกับเบียร์มอลต์ล้วน	15
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Alcohol(%) ต่อระยะเวลาการหมักเบียร์ของเบียร์ทั้ง3สูตร เทียบกับ เบียร์มอลต์ล้วน	16
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Reducing sugar (%) ต่อระยะเวลาการหมักเบียร์ของเบียร์ ทั้ง3สูตรเทียบกับ เบียร์มอลต์ล้วน	17
4.5 แสดง Enzyme activity ของ alpha amylase และ beta amylase ของ เบียร์ข้าวกล้องงอก 30%,40%,50% และเบียร์มอลต์ล้วน	18
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Brix,pH,Alcohol(%) ต่อระยะเวลาการหมัก เบียร์ข้าวกล้องงอก30%	19
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Brix,pH,Alcohol(%) ต่อระยะเวลาการหมัก เบียร์ข้าวกล้องงอก30%ที่ทำการเติมน้ำตาล	20
4.8 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะปรากฏ,สี,กลิ่น,รสชาติ,เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ของเบียร์ข้าวกล้องงอก30%ไม่เติม Maltodextrin(ตัวอย่างA) และที่เติม Maltodextrin (ตัวอย่างB) โดยการ Sensory	21

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาพิเศษ

จากการศึกษาเรื่องเบียร์ เบียร์เป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมอย่างมากจากทั่วโลก เนื่องจากเบียร์มีรสชาติหลากหลาย แต่เฉพาะตัว และประโยชน์ที่มากมาย เช่น ไฟเบอร์ วิตามิน และลดความเสี่ยงจากโรคต่างๆ เช่น เบาหวาน ความดัน ช่วยป้องกันโรคระดูกพรุน และป้องกันโรคท้องร่วง

จากการศึกษาข้าวกล้อง ข้าวกล้องเป็นข้าวที่ยังไม่ผ่านการขัดสี ข้าวกล้อง ประกอบด้วยสารอาหารจำนวนมาก เช่น โยอาหาร กรดไฟติก วิตามินซี วิตามินอี และ GABA ซึ่งช่วยป้องกันโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง เบาหวาน และช่วยในการควบคุมน้ำหนักตัว เป็นต้น ปริมาณแป้งในข้าวลดลงในขณะที่เกิดการงอก เนื่องจากการทำงานของ Alpha-amylase สูงขึ้นในข้าวกล้องงอก เพราะว่า Alpha-amylase มีคุณสมบัติย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล จึงทำให้ปริมาณแป้งในข้าวมีปริมาณลดลง

การเพิ่มข้าวกล้องงอกในการหมักเบียร์ จะมีประโยชน์ในทางสุขภาพ และเป็นเครื่องดื่มทางเลือกสำหรับคนชื่นชอบในการกินเบียร์ แต่การเพิ่มข้าวกล้องงอกเข้าไปก็มีผลกระทบเช่นเดียวกัน เช่น ทำให้แอลกอฮอล์มีปริมาณที่ต่ำลง ทำให้bodyของเบียร์น้อยเกินไป เป็นต้น

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จะเน้นเกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนาสูตรเบียร์เพิ่มข้าวกล้องงอก ให้มีแอลกอฮอล์ที่มาตรฐาน มีกลิ่นรสที่ดี มีสีเหลืองทอง และbodyที่ดี

### 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการหมักเบียร์

1.2.2 เพื่อศึกษาการใช้ปริมาณมอลต์ที่มีผลทำให้เบียร์มีแอลกอฮอล์มาตรฐานประมาณ4%

1.2.3 เพื่อศึกษาผลจากการเพิ่มข้าวกล้องงอกในการหมักเบียร์

### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้เรียนรู้วิธีการทำเบียร์

1.3.2 ทราบถึงวิธีการผลิตและการนำข้าวกล้องงอกไปใช้

1.3.3 ทราบถึงการลดปริมาณมอลต์ลงจะส่งผลต่อแอลกอฮอล์ในเบียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### เอกสารที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการหมักเบียร์ เริ่มต้นด้วยการหมักเบียร์ที่มีมอลต์เป็นส่วนประกอบหลักของการผลิตเบียร์ โดยใช้เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* หมักในสภาพมีอากาศ เพื่อผลิตเบียร์ให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้มาตรฐานและคุณสมบัติอย่างอื่น จึงจำเป็นต้องศึกษากระบวนการเบียร์ ปริมาณของมอลต์ คุณสมบัติของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ รวมไปถึงเอนไซม์ในข้าวมอลต์และข้าวกล้องงอก โดยได้จำแนกการตรวจเอกสารออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

#### 2.1 เบียร์:ที่มาและความสำคัญ

เบียร์ จัดเป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ มีแอลกอฮอล์เป็นส่วนผสม โดยที่แอลกอฮอล์นั้น ได้มาจากการหมักบ่ม ไมไซโดยการกลั่น เบียร์ต่างจากไวน์ตรงที่การหมัก เบียร์เกิดจากการหมักน้ำตาลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงแป้งของข้าวมอลต์ ส่วนไวน์จะเป็นการหมักน้ำตาลที่ได้จากผลองุ่น ที่เรียกว่า ไวน์องุ่นหรือการหมักน้ำตาลที่ได้จากน้ำผลไม้ ที่เรียกว่า ไวน์ผลไม้ ส่วนสุราประเภทเหล้า วิสกี้ บรั่นดีนั้นจะต้องนำแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักน้ำตาลจากเมล็ดธัญชาติ หรือผลองุ่น หรือผลไม้อื่นมาทำการกลั่นแยกเอาแอลกอฮอล์ออกมาอีกครั้งหนึ่ง จึงเรียกลสุราประเภทนี้ว่า สุรากลั่น ดังนั้น เบียร์จึงเป็นเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์น้อยที่สุด เมื่อเทียบกับไวน์ และเหล้าวิสกี้ หรือบรั่นดี (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2541)

#### 2.2 มอลต์

มอลต์ได้มาจากข้าวบาร์เลย์ ซึ่งเป็นธัญพืชที่นิยมปลูกในประเทศที่มีภูมิอากาศเย็น จะมีการปลูกกันมากในประเทศทางทวีปยุโรป เช่น ฝรั่งเศส เยอรมนี ออสเตรีย อังกฤษ ไอร์แลนด์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังนิยมปลูกในประเทศแคนาดา ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ ประเทศทางทวีปเอเชียก็มีการปลูกกันมากในประเทศจีน ส่วนประเทศไทยมีการนำสายพันธุ์ข้าวบาร์เลย์เข้ามาปลูกในแถบภาคเหนือ ซึ่งมีภูมิอากาศเย็น มีการส่งเสริมการปลูกข้าวบาร์เลย์ แต่ยังมีปริมาณไม่มากและไม่แพร่หลายเหมือนในประเทศอื่นๆ ที่กล่าวข้างต้น ข้าวบาร์เลย์ที่เก็บเกี่ยวแล้วจะนำไปเปลี่ยนสภาพให้เป็นข้าวมอลต์ในโรงงานทำมอลต์ที่เรียกว่า มอลต์เทอร์รี่ (Maltery) ส่วนผู้ที่มีหน้าที่ในการทำข้าวบาร์เลย์เป็นข้าวมอลต์เรียกว่า มอลต์สเตอร์ (Maltster) ในขั้นตอนแรกจะนำข้าวบาร์เลย์ไปแช่น้ำที่อุณหภูมิประมาณ ๔๕ องศาเซลเซียส เพื่อให้เมล็ดได้รับความชื้นพร้อมกับได้รับออกซิเจน ซึ่งจะทำให้เซลล์ (Cells) ของเมล็ดได้รับการกระตุ้นเพื่อให้เกิดการงอกของรากอ่อนและใบอ่อน ต่อจากนั้นจึงถ่ายน้ำออกแล้วนำเมล็ดข้าวบาร์เลย์ไปผึ่งบนตะแกรง ซึ่งมีการเป่าลมที่มีความเย็นประมาณ ๑๘ องศาเซลเซียส ไปที่เมล็ดข้าว ในช่วงนี้รากอ่อนและใบอ่อนจะงอกจากเมล็ด ทั้งไว้ให้มีการงอกของรากอ่อนยาวประมาณ ๒ ใน ๓ ถึง ๓ ใน ๔ ของเมล็ด แล้วจึงนำเมล็ดข้าวไปอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้แห้งอย่างช้าๆ ที่อุณหภูมิประมาณ ๕ องศาเซลเซียส การอบจึงจะแล้วเสร็จ ข้าวที่อบเสร็จแล้วนี้เรียกว่า ข้าวมอลต์ ซึ่งจะนำไปขัดเอารากอ่อนและใบอ่อนออก การอบให้แห้งนั้น อุณหภูมิของการอบจะเป็นตัวชี้ว่า ข้าวมอลต์ที่อบแล้วจะเป็นข้าวมอลต์ประเภทใด เช่น ถ้าอบที่อุณหภูมิ ๑๒๐ องศาเซลเซียส จะทำให้เปลือกข้าวและเมล็ดเป็นสีดำ จึงเรียกข้าวมอลต์ชนิดนี้ว่า มอลต์ดำ (black malt) หรือ คาราเมลมอลต์ (caramel malt) เป็นต้น (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ, 2541)

## 2.3 ข้าวกล้องงอก

ข้าวกล้องงอก เป็นการนำข้าวกล้องมาผ่านกระบวนการงอก โดยปกติแล้วในตัวข้าวกล้องประกอบด้วยสารอาหารจำนวนมาก เช่น โยอาหาร กรดไฟติก วิตามินซี วิตามินอี และ GABA ซึ่งช่วยป้องกันโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง เบาหวาน และช่วยในการควบคุมน้ำหนักตัว เป็นต้น เมื่อนำข้าวกล้องมาแช่น้ำเพื่อทำให้งอก จะทำให้ข้าวกล้องมีสารอาหาร โดยเฉพาะ GABA เพิ่มขึ้น

สารแกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิด (gamma-aminobutyric acid) หรือ GABA เป็นกรดอะมิโนที่ผลิตจากกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชันของกรดกลูตามิก กรดนี้จะมีหน้าที่เป็นสารสื่อประสาทในระบบประสาทส่วนกลาง นอกจากนี้ GABA ยังถือเป็นสารสื่อประสาทประเภทสารยับยั้ง โดยจะทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้น ซึ่งช่วยทำให้สมองเกิดการผ่อนคลายและนอนหลับสบาย อีกทั้งยังทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นต่อมไร้ท่อ ซึ่งทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโต ทำให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อ ทำให้กล้ามเนื้อเกิดความกระชับ และเกิดสารป้องกันการสะสมไขมัน (วรรณฤดี ดวงเกิด, 2554)

ปริมาณแป้งในข้าวลดลงในขณะที่เกิดการงอก เนื่องจากการทำงานของ Alpha-amylase สูงขึ้นในข้าวกล้องงอก เพราะ Alpha-amylase มีคุณสมบัติย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล จึงทำให้ปริมาณแป้งในข้าวมีปริมาณลดลง (Pinkaw และ Hathairat, 2017)

## 2.4 เอนไซม์ที่มีผลต่อการหมักเบียร์

เอนไซม์ที่มีผลต่อการหมักมากจากมอลต์ที่เป็นวัตถุดิบในการทำเบียร์ โดยในระหว่างการงอกของมอลต์ มอลต์จะสร้างเอนไซม์ 2 ตัว คือ แอลฟา-อะไมเลส และ เบต้า-อะไมเลส ซึ่งเอนไซม์ทั้งสองชนิดจะมีหน้าที่ที่ช่วยในการหมักเบียร์ที่แตกต่างกันดังนี้

2.4.1 แอลฟา อะไมเลส (Alpha Amylase) เป็นเอนไซม์ที่ไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคไซด์ภายในสายพอลิเมอร์ของโมเลกุลสตาร์ช (starch) และไกลโคเจน (glycogen) ที่ตำแหน่งแอลฟา 1-4 แบบสุ่มทำให้โมเลกุลของสตาร์ช และไกลโคเจนถูกไฮโดรไลซ์ได้ น้ำตาล เช่น น้ำตาลมอลโทส (maltose) และ กลูโคส (glucose) อย่างรวดเร็ว เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส พบทั่วไปในระบบการย่อยอาหาร (digestive system) ของมนุษย์ และสัตว์เช่น ในน้ำลายและน้ำย่อยจากตับอ่อน(พิมพ์เพื่อสัญลักษณ์ที่สำคัญของเอนไซม์ในการย่อยสลายก็คือ การย่อยสลายพันธะไกลโคไซด์ของแป้งที่  $\alpha$ -1,4 ในลักษณะตัดภายในสายพอลิเมอร์ ได้ผลผลิตเป็นกลูแคน และลิมิตเดกซ์ทริน น้ำตาลที่ได้ช่วงนี้จะทำให้ยีสต์ใช้น้ำตาลได้ยาก ทำให้ได้เนื้อเบียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มี body มาก มีรสชาติหวาน และมีปริมาณของแอลกอฮอล์เกิดขึ้นไม่มากนัก (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2546))

2.4.2 เบต้า อะไมเลส (Beta Amylase) มีชื่อเรียกตามระบบว่า  $\alpha$ -1,4-glucan maltohydrolase จะพบทั่วไปในพืชชั้นสูง เช่น ข้าวบาร์เลย์ในลักษณะกำลังงอกเป็นมอลต์ ข้าวสาลี ข้าวไรส์ และถั่วเหลือง มักพบร่วมกับแอลฟา อะไมเลส มีค่าความเป็นกรดต่างที่ 5.6 และมีสารพวกซัลไฟดริลเป็นตัวยับยั้งปฏิกิริยาการย่อยสลายของเบต้า อะไมเลส เจาะจงต่อพันธะไกลโคซิดของแป้งที่  $\alpha$ -1,4 ในลักษณะการตัดสายพอลิเมอร์จากปลายสายด้านที่ไม่มีหมู่รีดิวซ์ เข้าสู่ภายในสายไปที่ละ 1 หน่วยของมอลโทส หรือที่ละ 2 หน่วยของกลูโคส และจะหยุดปฏิกิริยาที่พันธะไกลโคซิดที่  $\alpha$ -1,6 น้ำตาลที่ได้ช่วงนี้เป็นน้ำตาลที่เป็น main fermentation ยีสต์สามารถนำน้ำตาลที่ได้ในช่วงนี้ไปผลิตเป็นแอลกอฮอล์ได้ดีจากการที่ยีสต์ใช้น้ำตาลไปผลิตเป็นแอลกอฮอล์เกือบหมด ทำให้เบียร์ที่ได้นั้นให้ความรู้สึก mouth feel และมี body ที่น้อย (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2546)

## 2.5 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตเบียร์

*Saccharomyces cerevisiae* เขียนย่อว่า *S. cerevisiae* คือ ยีสต์ (yeast) ชนิดหนึ่ง ที่ใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อการหมัก (fermentation) เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เช่น เบียร์ ไวน์ ใช้เป็นสารให้ขึ้นฟู ในขนมปัง และใช้ผลิตสารสกัดจากยีสต์ (yeast extract)

2.5.1 ใช้ในการหมัก (fermentation) ให้ได้ผลผลิตหลักคือเอธิลแอลกอฮอล์ ยีสต์ชนิดนี้จะเปลี่ยน น้ำตาลให้เป็นเอธิลแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้ในการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์หลายชนิดได้แก่ *S. cerevisiae* อาจ ใช้ร่วมกับจุลินทรีย์อื่น เช่น แบคทีเรีย รา เพื่อการหมักอาหารโปรตีน เช่น อาหารหมักจากถั่วเหลือง ให้ได้กลิ่นหอมของแอลกอฮอล์ เช่น การหมักซีอิ๊วแบบหมัก (fermented soy sauce) เบียร์ (beer) ซึ่งอาจเรียกว่า Brewer's yeast ใช้ผลิตเบียร์ชนิดเอล (Ale) อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Ale yeast มีลักษณะพิเศษคือ ผลิตแอลกอฮอล์สูง ที่อุณหภูมิ 16 to 24 °C หลังจากการหมัก เซลล์ยีสต์ลอยตัวเป็นกลุ่มอยู่ที่ผิวหน้าของเบียร์ทำให้เรียกได้อีกชื่อว่า Top-fermenting yeast หรือ Top yeast หรือ surface yeast ไวน์ (wine) สาเก (sake) บรั่นดี (brandy) วิสกี้ (whiskey) รัม (rum)

2.5.2 ใช้เป็นสารที่ทำให้ขึ้นฟู (leavening agent) เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (bakery) ทำให้อาจเรียก *Saccharomyces cerevisiae* ว่า Baker's yeast ใช้เพื่อการผลิตขนมปัง (bread) โดนัทยีสต์ ขนมปังที่ขึ้นฟูด้วยยีสต์เรียกว่า yeast leavening bread

ยีสต์ที่ใช้สำหรับเบเกอรี่อาจใช้ รูปแบบของยีสต์สด หรือยีสต์แห้ง (active dried yeast) โดยผสมกับแป้งสาลี (wheat flour) และน้ำตาล ในขั้นตอนแรกของการผลิตขนมปัง

ยีสต์จะใช้น้ำตาลเป็นอาหารแล้วผลิตก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้แป้งสาลี (wheat flour) ซึ่งมีโปรตีน กลูเตน (gluten) ที่มีลักษณะเหนียว ยืดหยุ่น ขยายตัวเกิดเป็นรูอากาศ (air cell) เป็นช่องว่างเล็กๆ ในเนื้อของขนมปัง ทำให้เกิดโครงสร้างของ ขนมปังขึ้นฟู (บ้านแสงจันทร์, 2555)

## 2.6 กระบวนการผลิตเบียร์

การผลิตเบียร์ จะมีวัตถุดิบหลัก คือ น้ำ ข้าวมอลต์ ฮอปส์ และยีสต์ และยังมีส่วนผสมอื่นๆ เรียกว่า แอดจังก์ (adjunct) หรือส่วนผสมข้างเคียง ซึ่งเป็นส่วนผสมที่นอกเหนือจากส่วนผสมหลัก ซึ่งกระบวนการผลิตเบียร์ อาจแตกต่างกันไปตามความต้องการของผู้ผลิต ซึ่งรายละเอียด ส่วนประกอบ รวมถึงขั้นตอนอาจแตกต่างกันไป โดยทั่วไปแล้วกระบวนการผลิตเบียร์จะประกอบไปด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอนหลักด้วยกัน คือ การทำมอลต์ (malting), การผลิตเวิร์ท wort production), การหมักเบียร์ (fermentation) และการบ่ม (beer ageing or maturation)

### 2.6.1 ขั้นตอนการทำมอลต์

2.6.1.1 การแช่ข้าว (Steeping) การแช่ข้าวมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ข้าวมีความชื้นที่สูงขึ้น เพื่อให้ข้าวเกิดความเหมาะสมในขั้นตอนการงอกต่อไป โดยปกติความชื้นที่เหมาะสมที่สุดในการงอกของข้าวนั้นอยู่ที่ประมาณ 35% (Gamlath et al., 2008)

2.6.1.2 การงอก (Germination) ขั้นตอนนี้คือการผลิตมอลต์ เพื่อใช้ในการทำเบียร์โดยการทิ้งข้าวให้มีอากาศไหลผ่าน (air rest) มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว ในระหว่างการงอก ฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน (Gibberellic acid, GA) จะถูกสังเคราะห์ขึ้นในส่วนของคัพภะ (embryo) และแพร่ไปยังเยื่ออาร์ลูโนน (aleurone layer) เพื่อให้เกิดการกระตุ้นการสร้างเอนไซม์ ได้แก่ แอลฟา และเบตา-อะไมเลส โปรตีเอส และอื่นๆ โดยจะแพร่ออกมาบางส่วนที่เป็นแป้ง (starch endosperm) ซึ่งเอนไซม์ดังกล่าวจะย่อยแป้งในเมล็ดข้าวให้เป็นอาหารสำหรับการสร้างเป็นยอดและรากต่อไป (Briggs, 1998)

2.6.1.3 การอบมอลต์ (kalinong) เป็นขั้นตอนที่จะลดปริมาณความชื้นในมอลต์จาก 43% ให้เหลือประมาณ 5% ทำได้โดยนำเมล็ดมอลต์ไปผ่านลมร้อน เพื่อดึงเอาความชื้นออกมา การที่ความชื้นของมอลต์ลดลงจะช่วยชะลอการทำงานของเอนไซม์ภายในมอลต์ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มอายุการเก็บรักษาของมอลต์อีกด้วย นอกจากนี้กระบวนการอบมอลต์ยังช่วยทำให้เกิดการสร้างสีและกลิ่นเฉพาะในผลิตภัณฑ์เบียร์ ซึ่งเกิดจากกระบวนการเมลลาร์ด (Maillard reaction) (Palmer, 2006) หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการอบมอลต์แล้ว รากและยอดของมอลต์จะถูกกำจัดออก

### 2.6.2 ขั้นตอนการผลิตเวิร์ท (wort production)

2.6.2.1 การต้มมอลต์ (mashing) เพื่อสกัดสารที่ละลายได้จากมอลต์ ได้เป็นสารละลายสกัดที่เรียกว่า เวิร์ท(wort) ปัจจัยที่ควบคุม คือ ระยะเวลา อุณหภูมิ และความเข้มข้นของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอลต์ มีปฏิกิริยาเอนไซม์ที่สำคัญ 4 ประการเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนนี้ คือ การย่อยสลายของเบตากลูเตน โปรตีน แป้ง และการเกิดน้ำตาลมอลโทส ปกติอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของแอลฟา และเบตาอะไมเลส คือ 10-15 °C ในขั้นตอนของเจลตีไนเซชันจะใช้อุณหภูมิเท่ากับ 60-70 °C อุณหภูมิของการต้มมอลต์ขึ้นอยู่กับชนิดของเบียร์ที่ต้องการผลิต โดยทั่วไปใช้อุณหภูมิที่ 40-50 °C (สารโจน, 2545)

2.6.2.2 การกรองเวิร์ท (lautering) เป็นขั้นตอนการกรองเอากากของแข็งออกจากเวิร์ทที่สกัดได้จากมอลต์ ซึ่งจะได้เป็นส่วนของเวิร์ทใส

2.6.2.3 การต้มฆ่าเชื้อเวิร์ทและการเติมฮอป (wort boiling and hopping) ในขั้นตอนนี้เป็นการต้มน้ำเวิร์ทกับดอกฮอป เพื่อสกัดเอารสขมและกลิ่นหอมของดอกฮอปให้ละลายออกมาอยู่ในน้ำเบียร์ ทำการต้มในหม้อเป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ทั้งนี้การกระทำดังกล่าวถือเป็นการสเตอริไรซ์และสกัดเอาสารป้องกันการเน่าและฆ่าพิษ ออกมาจากดอกฮอป เพื่อป้องกันเบียร์จากการเน่าเสียไปพร้อมกับการสกัดเอากลิ่นและรสออกมา หลังจากผ่านการปรุงจึงค่อยกรองเอากากดอกฮอปออกพร้อมกับร่อนให้น้ำเวิร์ทเย็นตัว หากต้องการผลิตเป็นลาเกอร์เบียร์ ต้องทำให้น้ำเวิร์ทเย็นลงจนมีอุณหภูมิเกือบถึงจุดเยือกแข็ง คือลดอุณหภูมิลงมาอยู่ที่ 2.8-9.4 องศาเซลเซียส และหากต้องการผลิตเป็นเอลเบียร์ ต้องทำให้น้ำเวิร์ทมีอุณหภูมิลดลงมาอยู่ที่ 10.0-21.1 องศาเซลเซียส (สารโจน, 2545)

### 2.6.3 ขั้นตอนการหมักเบียร์ (Beer fermentation)

วัตถุประสงค์หลักของการหมักเบียร์คือ การผลิตเอทานอลจากน้ำตาลและกรดอะมิโน โดยยีสต์ ที่เติมลงไป ในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจน โดยยีสต์จะบริโภคน้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุลและเปลี่ยนเป็นกรดไพรูวิก (pyruvic acid) 2 โมเลกุล ผ่านกระบวนการไกลโคไลซิส (glycolysis) และจากสภาวะไร้อากาศ กรดไพรูวิกจะถูกเปลี่ยนเป็นเอทานอล ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและ ATP อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องมีการเติมอากาศเข้าไปเมื่อเริ่มต้นกระบวนการ (wort aeration) เพื่อกระตุ้นการทำงานของยีสต์ที่เติมลงไป (Depraetere et al., 2008)

### 2.6.4 ขั้นตอนการบ่มเบียร์ (Aging and maturation)

วัตถุประสงค์ของกระบวนการบ่มเบียร์ คือ ปรับกลิ่นรสของเบียร์ให้มีความละมุนมากขึ้น การบ่มเบียร์ยังสามารถช่วยกำจัดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ออกไปได้ เช่น สารกลุ่มไดอะซีทิล (diacetyl) และกลุ่มสารประกอบซัลเฟอร์ โดยสารกลุ่มไดอะซีทิลหรือสารกลุ่มวิซินอล ไดคีโตน (vicinal diketones, VDKs) เป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นรสที่ตีในเบียร์

การบ่มเบียร์ยังช่วยทำให้เบียร์มีความคงตัวมากยิ่งขึ้นและทำให้เบียร์มีความใสมากขึ้น ซึ่งส่วนมากจะบ่มเบียร์ที่อุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก

- 2.7.1 ชั่งข้าวกล้อง 1 กิโลกรัม นำมาล้างให้สะอาด
- 2.7.2 ใส่ลงบนเครื่อง ตั้งค่าเครื่องให้พัดน้ำเข้า-ออกทุก 6 ชั่วโมง
- 2.7.3 ติดตั้งเครื่องให้ออกซิเจน โดยให้ออกซิเจนอย่างทั่วถึง
- 2.7.4 ใช้น้ำสะอาดทำความสะอาดผิวหน้าข้าวกล้องทุก 12 ชั่วโมง
- 2.7.5 เมื่อครบ 36 ชั่วโมงสังเกตการงอกของข้าวกล้อง
- 2.7.6 นำข้าวกล้องงอกไปตาก
- 2.7.7 บรรจุใส่ถุงแล้วทำการซีลถุง(Pinkaew และ Hathairat, 2017)

## 2.8 Maltodextrin

มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) คือคาร์โบไฮเดรต ประเภท polysaccharide ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของสตาร์ช (starch) บางส่วนให้เป็นสายสั้นๆ ของน้ำตาลกลูโคส มีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดสีขาว ไม่มีรส หรือ มีรสหวานเล็กน้อยสามารถละลายในน้ำได้ดี การใช้มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) ในผลิตภัณฑ์อาหาร มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอย่างกว้างขวาง ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ อาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก อาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน อาหารไขมันต่ำ ในผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง ประเภทอาหารผง เช่น เครื่องดื่มผง เครื่องปรุงรสชนิดผง (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2546) จะใช้มอลโทเดกซ์ทริน ในการเพิ่มความเหนียวให้กับเปี๊ยะ ประมาณที่จะใช้ในการเติมก็คือ 0.1%ต่อ(w/v)

## บทที่ 3

### วิธีการทดลอง

#### 3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 Pilsner malt

3.1.2 Hop

3.1.3 ยีสต์ผง Lallemand Danstar - NOTTINGHAM Ale Dry Yeast

3.1.4 น้ำกรอง

3.1.5 ข้าวกล้องงอก

3.1.6 มอลโทเดกซ์ทริน

3.1.7 น้ำตาล

#### 3.2 สารเคมี

3.2.1 Acetic acid – Merck KGaA, Germany

3.2.2 Dinitrosalicylic acid – Carioerba, Thailand

3.2.3 Glucose – UNILAB, Australia

3.2.4 Potassium sodium tartate – Carioerba, Thailand

3.2.5 Sodium acetate trihydrate – Merck KGaA, Germany

3.2.6 Sodium hydroxide – Merck KGaA, Germany

3.2.7 Starch soluble GR for analysis – Merck KGaA, Germany

#### 3.3 อุปกรณ์

3.3.1 Beaker 600 ml.

3.3.2 Beaker 100 ml.

3.3.3 Cuvette : High precision cell, Hellma analytics, Germany

3.3.4 CO<sub>2</sub> tank : ASF, Liaoning Alsafe Technology Co., Ltd., China

3.3.5 Centrifuge : EBA20, Herrich, Germany

3.3.6 Centrifuge tube 15 ml.

3.3.7 Digital balance : GF3000, A&D, Japan

3.3.8 Distilled water : ENTRIS224L-1S, Sartorius Lab Instruments GmbH & Co., Germany

3.3.9 Dropper

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.3.10 Ebulliometer : รุ่น Dujadin-salleron, France
- 3.3.11 Erlenmeyer flask 250 ml.
- 3.3.12 Hot plate : MSH-20A, WiseStir®, Germany
- 3.3.13 Micro pipette
- 3.3.14 pH meter : SevenCompact™ pH/lon S220, METTLER TOLEDO, USA
- 3.3.15 Pipette 1 ml.
- 3.3.16 Pipette 10 ml.
- 3.3.17 Spectrophotometer : Genesys 20 Becthai Bangkok equipment & Chemical  
Co., Ltd, Germany
- 3.3.18 Thermometer
- 3.3.19 Triple Scale Hydrometer : USA
- 3.3.20 Vortex : Scientific Industries, USA
- 3.3.21 Water bath : memmert, WNB 45, Germany
- 3.3.22 จุกยาง
- 3.3.23 ถังป๋ม
- 3.3.24 ถังหมัก
- 3.3.25 สายยางซิลิโคน
- 3.3.26 หลอดทดลอง
- 3.3.27 ลูกแก้ว
- 3.3.28 หม้อสุตเตนเลส
- 3.3.29 ถังอัดแก๊ส : ASF, Liaoning Alsafe Technology Co., Ltd., China
- 3.3.30 ขวดแก้ว
- 3.3.31 ฝาเบียร์
- 3.3.32 เครื่องอัดฝาเบียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 วิธีการทดลอง

#### 3.4.1 ผลของปริมาณข้าวกล้องงอกที่ใช้เป็น

##### 3.4.1.1 การหมักเบียร์แบบควบคุม

ต้มน้ำให้มีอุณหภูมิ 35-40°C ใส่มอลต์ 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 5 ลิตร เพิ่มอุณหภูมิเป็น 50°C คงไว้ 10 นาที เพื่อย่อยโปรตีนที่มีอยู่ในข้าว ทำให้เกิดฟองในเบียร์ เพิ่มอุณหภูมิเป็น 63°C คงไว้ 30 นาที เพื่อสกัดเอนไซม์เบต้าอะไมเลส เพิ่มอุณหภูมิเป็น 73°C คงไว้ 30 นาที เพื่อสกัดเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส คงไว้ 30 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น 78°C คงไว้ 1 นาที เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ทำการกรองกากข้าวมอลต์ออกให้เหลือแต่น้ำ wort หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 100°C คงไว้ 60 นาทีเพื่อทำการฆ่าเชื้อ เติมฮอปในนาที่ที่ 20 ด้วยฮอป Nuggest ครั้งละ 2.5 กรัม เติมฮอปในนาที่ที่ 50 ด้วยฮอป Trandition ครั้งละ 5 กรัม และหลังจากต้มเสร็จ 5 นาที เติมฮอป Trandition ครั้งละ 7.5 กรัม จากนั้นนำเข้าถังหมักแล้วเติมน้ำเย็น

##### 3.4.1.2 การหมักเบียร์ปริมาณมอลต์ต่อข้าวกล้องงอก 50-50

ต้มน้ำให้เดือดจากนั้นเติมน้ำข้าวกล้องงอก 0.4 กิโลกรัมในน้ำ 2 ลิตรให้ข้าวสุกจากนั้นนำมารวมกับถังที่ต้มมอลต์ปริมาณ 0.6 กิโลกรัมต่อน้ำ 3 ลิตร เพิ่มอุณหภูมิเป็น 50°C คงไว้ 10 นาที เพื่อย่อยโปรตีนที่มีอยู่ในข้าว ทำให้เกิดฟองในเบียร์ เพิ่มอุณหภูมิเป็น 63°C คงไว้ 30 นาที เพื่อสกัดเอนไซม์เบต้าอะไมเลส เพิ่มอุณหภูมิเป็น 73°C คงไว้ 30 นาที เพื่อสกัดเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส คงไว้ 30 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น 78°C คงไว้ 1 นาที เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ทำการกรองกากข้าวมอลต์ออกให้เหลือแต่น้ำ wort หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 100°C คงไว้ 60 นาทีเพื่อทำการฆ่าเชื้อ เติมฮอปในนาที่ที่ 20 ด้วยฮอป Nuggest ครั้งละ 2.5 กรัม เติมฮอปในนาที่ที่ 50 ด้วยฮอป Trandition ครั้งละ 5 กรัม และหลังจากต้มเสร็จ 5 นาที เติมฮอป Trandition ครั้งละ 7.5 กรัม จากนั้นนำเข้าถังหมักแล้วเติมน้ำเย็น

##### 3.4.1.3 การหมักเบียร์ปริมาณมอลต์ต่อข้าวกล้องงอก 60-40

ต้มน้ำให้เดือดจากนั้นเติมน้ำข้าวกล้องงอก 0.4 กิโลกรัมในน้ำ 2 ลิตรให้ข้าวสุกจากนั้นนำมารวมกับถังที่ต้มมอลต์ปริมาณ 0.6 กิโลกรัมต่อน้ำ 3 ลิตร เพิ่มอุณหภูมิเป็น 50°C คงไว้ 10 นาที เพื่อย่อยโปรตีนที่มีอยู่ในข้าว ทำให้เกิดฟองในเบียร์ เพิ่มอุณหภูมิเป็น 63°C คงไว้ 30 นาที เพื่อสกัดเอนไซม์เบต้าอะไมเลส เพิ่มอุณหภูมิเป็น 73°C คงไว้ 30 นาที เพื่อสกัดเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส คงไว้ 30 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น 78°C คงไว้ 1 นาที เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ทำการกรองกากข้าวมอลต์ออกให้เหลือแต่น้ำ wort หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 100°C คงไว้ 60 นาทีเพื่อทำการฆ่าเชื้อ เติมฮอปในนาที่ที่ 20 ด้วยฮอป Nuggest ครั้งละ 2.5 กรัม เติมฮอปในนาที่ที่ 50 ด้วยฮอป Trandition ครั้งละ 5 กรัม และหลังจากต้มเสร็จ 5 นาที เติมฮอป Trandition ครั้งละ 7.5 กรัม จากนั้นนำเข้าถังหมักแล้วเติมน้ำเย็น

##### 3.4.1.3 การหมักเบียร์ปริมาณมอลต์ต่อข้าวกล้องงอก 70-30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้มน้ำให้เดือดจากนั้นเติมข้าวกล้องงอก 0.3 กิโลกรัมในน้ำ 2 ลิตรให้ข้าวสุกจากนั้นนำมาผสมกับแป้งที่ต้มมอลต์ปริมาณ 0.7 กิโลกรัมต่อน้ำ 3 ลิตร เพิ่มอุณหภูมิเป็น 50°C คงไว้ 10 นาที เพื่อย่อยโปรตีนที่มีอยู่ในข้าว ทำให้เกิดฟองในเบียร์ เพิ่มอุณหภูมิเป็น 63°C คงไว้ 30 นาที เพื่อสกัดเอนไซม์เบต้าอะไมเลส เพิ่มอุณหภูมิเป็น 73°C คงไว้ 30 นาที เพื่อสกัดเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส คงไว้ 30 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น 78°C คงไว้ 1 นาที เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ทำการกรองกากข้าวมอลต์ออกให้เหลือแต่น้ำ wort หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 100°C คงไว้ 60 นาทีเพื่อทำการฆ่าเชื้อ เติมหอฟในนาที่ที่ 20 ด้วยฮอฟ Nugget ครั้งละ 2.5 กรัม เติมหอฟในนาที่ที่ 50 ด้วยฮอฟ Trandition ครั้งละ 5 กรัม และหลังจากต้มเสร็จ 5 นาที เติมหอฟ Trandition ครั้งละ 7.5 กรัม จากนั้นนำเข้าถังหมักแล้วเติมน้ำยีส

3.4.2 หมักเบียร์โดยการเติมข้าวกล้องงอกลงไปเพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแอลกอฮอล์กับการหมักมอลต์ล้วน เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว สูตร 70-30 มีความใกล้เคียงความเป็นเบียร์มากที่สุด แต่ยังมีปริมาณแอลกอฮอล์ที่ต่ำ และ body ของเบียร์ที่ต่ำ จึงต้องมีการปรับปรุงสูตร

#### 3.4.2.1 การหมักเบียร์ปริมาณมอลต์ต่อข้าวกล้องงอก 70-30 เพิ่มน้ำตาลให้มีค่า Brix 13

ต้มน้ำให้เดือดจากนั้นเติมข้าวกล้องงอก 0.3 กิโลกรัมในน้ำ 2 ลิตรให้ข้าวสุกจากนั้นนำมาผสมกับแป้งที่ต้มมอลต์ปริมาณ 0.7 กิโลกรัมต่อน้ำ 3 ลิตร เพิ่มอุณหภูมิเป็น 50°C คงไว้ 10 นาที เพื่อย่อยโปรตีนที่มีอยู่ในข้าว ทำให้เกิดฟองในเบียร์ เพิ่มอุณหภูมิเป็น 63°C คงไว้ 30 นาที เพื่อสกัดเอนไซม์เบต้าอะไมเลส เพิ่มอุณหภูมิเป็น 73°C คงไว้ 30 นาที เพื่อสกัดเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส คงไว้ 30 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น 78°C คงไว้ 1 นาที เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ทำการกรองกากข้าวมอลต์ออกให้เหลือแต่น้ำ wort แล้วเติมน้ำเชื่อมที่เตรียมไว้ให้มีค่า Brix ประมาณ 13 หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 100°C คงไว้ 60 นาทีเพื่อทำการฆ่าเชื้อ เติมหอฟในนาที่ที่ 20 ด้วยฮอฟ Nugget ครั้งละ 2.5 กรัม เติมหอฟในนาที่ที่ 50 ด้วยฮอฟ Trandition ครั้งละ 5 กรัม และหลังจากต้มเสร็จ 5 นาที เติมหอฟ Trandition ครั้งละ 7.5 กรัม จากนั้นนำเข้าถังหมักแล้วเติมน้ำยีส

3.4.2.2 ทำการเติมมอลโทเทคซ์ทริน ในการเพิ่มความเป็น body ให้กับเบียร์ ประมาณที่จะใช้ในการเติมก็คือ 0.1% ต่อ (w/v)

#### 3.4.3 การอัดแก๊สและบรรจุลงขวด

##### 3.4.3.1 การอัดแก๊สเบียร์

เมื่อหมักและบ่มเป็นระยะเวลา 14 วัน จะทำการย้ายเบียร์ไปยังถังอัดแก๊ส จากนั้นทำการอัดแก๊สเข้าไปและเก็บไว้ในตู้เย็น อัดเป็นเวลา 3 วันเพื่อให้แน่ใจว่าเบียร์จะมีความซ่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.3.2 การบรรจุลงขวด

ทำการล้างขวดเปียร์ให้เรียบร้อย จากนั้นนำขวดเปียร์ใส่ถุงแล้วนำไปเข้าเคลปที่ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที และที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเปียร์ที่อัดแก๊สบรรจุลงขวดและทำการปิดฝา

3.4.4 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีของเปียร์ จากการเก็บตัวอย่างในช่วงการหมัก 7 วัน และการบ่ม 7 วัน เป็นเวลา 14 วัน จะเก็บผลวันเว้นวัน โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์โดยวิธีต่างๆ ดังนี้

#### 3.4.4.1. การวิเคราะห์ค่า OG, Brix โดยใช้ Hydrometer

Hydrometer คือ อุปกรณ์วัดความถ่วงจำเพาะ หรือความหนาแน่น ของของเหลว โดยอาศัยหลักการลอยตัวของวัตถุ (buoyant force) การวิเคราะห์ทำได้โดยการใส่ตัวอย่าง ปริมาณ 90 ml. ลงในกระบอกตวงปริมาตร 100 ml. จากนั้นจุ่มไฮโดรมิเตอร์ลงในน้ำเวิร์ต รอให้ ไฮโดรมิเตอร์หยุดนิ่ง อ่านค่าบนก้านมีสเกลบอกความหนาแน่นของของเหลวและสเกลเปอร์เซ็นต์ของ ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Brix) ด้านล่างเป็นกระเปาะปลายกระเปาะถ่วงด้วยตะกั่วปิดทับด้วยขี้ผึ้งหรือ wax ระดับความลึกที่จมจะแปรผกผันกับความหนาแน่นของของเหลว (เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนา ปนนท์, 2010)

#### 3.4.4.2. การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ โดยใช้ Ebulliometer

อาศัยหลักการการวัดจุดเดือดของตัวอย่างเทียบกับจุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์ เมื่อจุดเดือดของตัวอย่างลดลงจากจุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์มากขึ้น แสดงว่ามีปริมาณแอลกอฮอล์ใน ตัวอย่างสูงขึ้นด้วย ในการในการวัดแอลกอฮอล์จะต้องวัดจุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์ทุกครั้งก่อนที่จะวัดจุด เดือดของตัวอย่าง ทั้งนี้เนื่องจากความดันบรรยากาศของแต่ละสถานที่ไม่เท่ากัน ทำให้จุดเดือดของน้ำไม่ เท่ากัน ส่งผลให้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่อ่านได้มีค่าคลาดเคลื่อน การวิเคราะห์ทำได้โดยการใส่ตัวอย่าง ปริมาณ 50 ml. ลงไปใน Ebulliometer จากนั้นรอให้อุณหภูมิของตัวอย่างไปถึงจุดเดือดแล้วหยุดนิ่ง นำ อุณหภูมิที่อ่านได้ไปเทียบกับแผ่นอ่านเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ของสารตัวอย่าง

#### 3.4.4.3. การวิเคราะห์ค่ากรด-ด่าง โดยใช้เครื่อง pH meter

pH Meter คือ เครื่องมือทางไฟฟ้าที่ใช้วัด pH ของสารละลาย โดย หลักการวัดความต่างศักย์ (Potentiometer) ประกอบด้วย ส่วนสำคัญ 2 ส่วน ที่ทำให้เครื่องสามารถ ทำงานได้ครบวงจร ส่วนประกอบทั้ง 2 คือ อิเล็กโทรด และตัวเครื่อง วิเคราะห์โดยการปรับเทียบมาตรฐาน ของเครื่องก่อน จากนั้นล้างน้ำกลั่นที่ปลายหัวอิเล็กโทรด และซับด้วยกระดาษทิชชูแล้วนำไปจุ่มลงใน สารละลายที่ต้องการวัด อ่านค่าแล้วจดบันทึก (เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนา ปนนท์, 2010)

#### 3.4.4.4. การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยวิธี DNS method

อาศัยการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับสารละลาย dinitrosalicylic reagent ซึ่งประกอบด้วย 3, 5-dinitrosalicylic acid ในต่าง โดยภายใต้สภาวะที่เป็นต่าง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และน้ำตาลจะปรีดิวิซ์ 3, 5-dinitrosalicylic acid ได้เป็น 3-amino-5-nitrosalicylic acid ซึ่งมีสีน้ำตาลแดงเข้มขึ้น สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ที่ 500-550 nm ปฏิกิริยานี้จะไม่หยุดจนกว่าจะเกิดผลิตภัณฑ์หมด วิธีนี้เหมาะสำหรับตัวอย่างที่มีน้ำตาลรีดิวิซ์ต่ำ ควรอยู่ในระหว่าง 5-500 ไมโครกรัมของน้ำตาลกลูโคส ทำการวิเคราะห์โดยการเจือจางตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 ml. จากนั้นเติมสารละลาย DNS 1 ml. ลงในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากัน นำไปต้มในอ่างน้ำเดือด 5 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาทำให้เย็นลงทันที โดยแช่ในอ่างน้ำเย็น เติมน้ำกลั่นลงในหลอดทดลองหลอดละ 10 ml. ผสมให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm นำผลที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณน้ำตาลรีดิวิซ์ในตัวอย่างจากกราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคส

#### 3.4.5 การประเมินการทำงานของเอนไซม์

การประเมินการทำงานของเอนไซม์จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงทำตามวิธีการของ Gremlí and Juliano (1970) ด้วยวิธี DNS เพื่อวัดการทำงานของเอนไซม์ สามารถย่อยน้ำตาลได้ปริมาณเท่าใด โดยการเตรียมหลอดทดลอง แต่ละหลอดให้เติมน้ำแป้ง 1% 0.5 ml. แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิที่ต้องการทำการทดสอบเอนไซม์ เบียร์เบซซ์ที่มีการใช้ชั้นตอนเบต้าอะไมเลส นั้นต้องใช้อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียสและแอลฟาอะไมเลสต้องใช้อุณหภูมิ 73 องศาเซลเซียส ในการบ่มน้ำแป้งทิ้งไว้ 5 นาทีเพื่อให้แป้งเหมาะสมต่อการทำงาน หลังจากนั้นนำน้ำเวิร์ตที่ทำการเจือจางด้วยบัฟเฟอร์ โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ที่ pH 5.2 ที่ความเข้มข้นต่างกัน ได้แก่ 1:10 1:100 1:1000 ปิเปตลงอย่างละหลอด 0.5 ml. และให้อีก 1 หลอด เป็นหลอด Control โดยการเติมน้ำกลั่น 0.5 ml. แล้วทิ้งไว้ 1 นาทีแล้วจึงนำขึ้นมา เติมน้ำ Dinitrosalicylic acid ลงไปในหลอด หลอดละ 1 ml. นำไปต้มอุณหภูมิน้ำเดือด 10 นาที แล้วจึงนำขึ้นมา เติมน้ำ กลั่นอีก 10 ml. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm. เทียบกับกราฟมาตรฐานกลูโคส(Bernfeld, 1995)

#### 3.4.6 การวัดความหนืดในเบียร์

เบียร์มีความหนืดไม่พอในการใช้เครื่อง viscometer จึงจำเป็นต้องทำการใช้วิธี Sensory evaluation โดยจะเปรียบเทียบระหว่างเบียร์ที่เติม maltodextrin กับเบียร์ที่ไม่เติม maltodextrin โดยจะให้ทดสอบตั้งแต่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคะแนนความชอบโดยรวม แล้วนำมาทำการวิเคราะห์ว่า maltodextrin มีผลทำให้เบียร์เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ จะทำการทดสอบจำนวน 30 คน

##### 3.4.6.1 วิธี Sensory evaluation

จะใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน โดยให้คะแนน 1-9

1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 2 = ไม่ชอบมาก, 3 = ไม่ชอบปานกลาง, 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 5 = เฉยๆ, 6 = ชอบเล็กน้อย, 7 = ชอบปานกลาง, 8 = ชอบมาก และ 9 = ชอบมากที่สุด เปรียบเทียบระหว่างตัวอย่าง A ไม่เติม maltodextrin และตัวอย่าง B เติม maltodextrin โดยมีคุณลักษณะดังนี้ ลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม

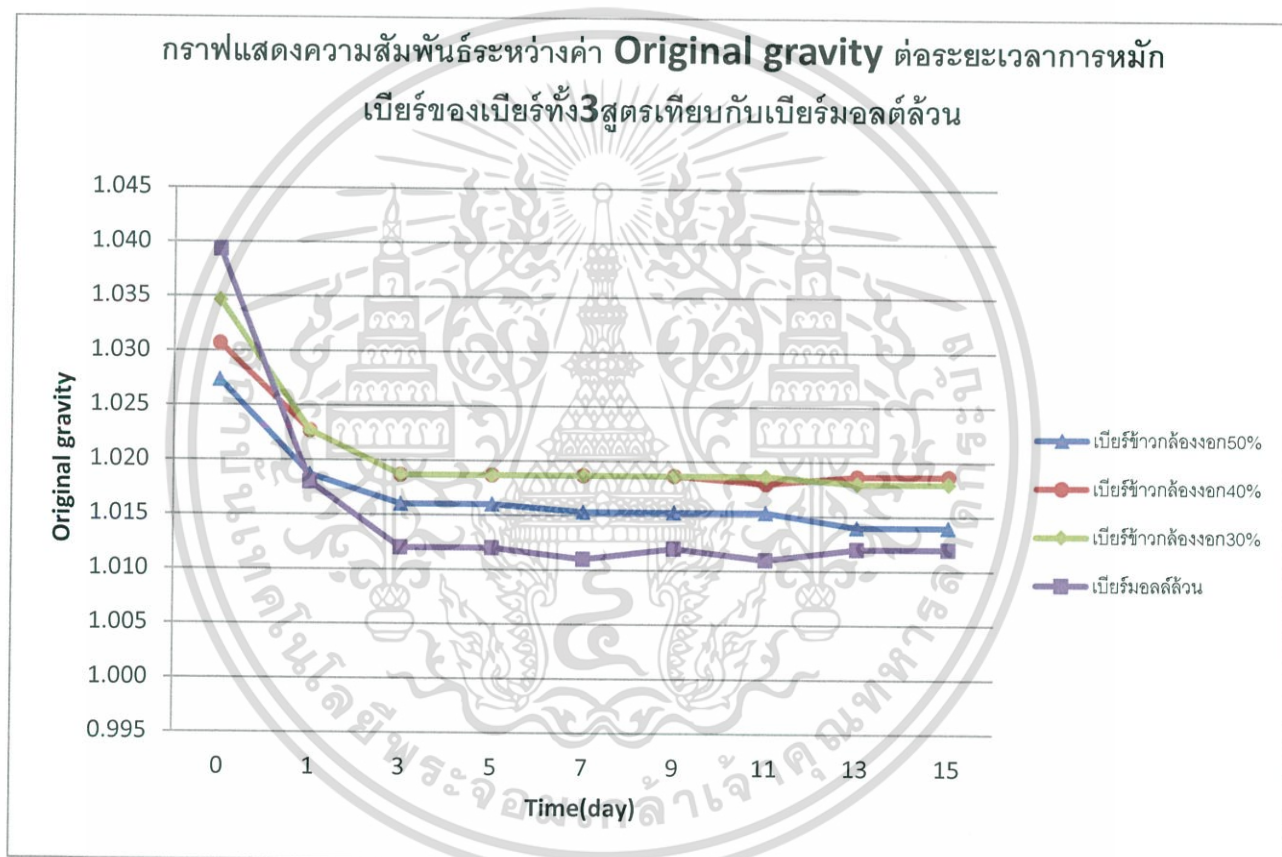
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 ผลของปริมาณข้าวกล้องงอกที่ใช้เป็น Malt adjuncts

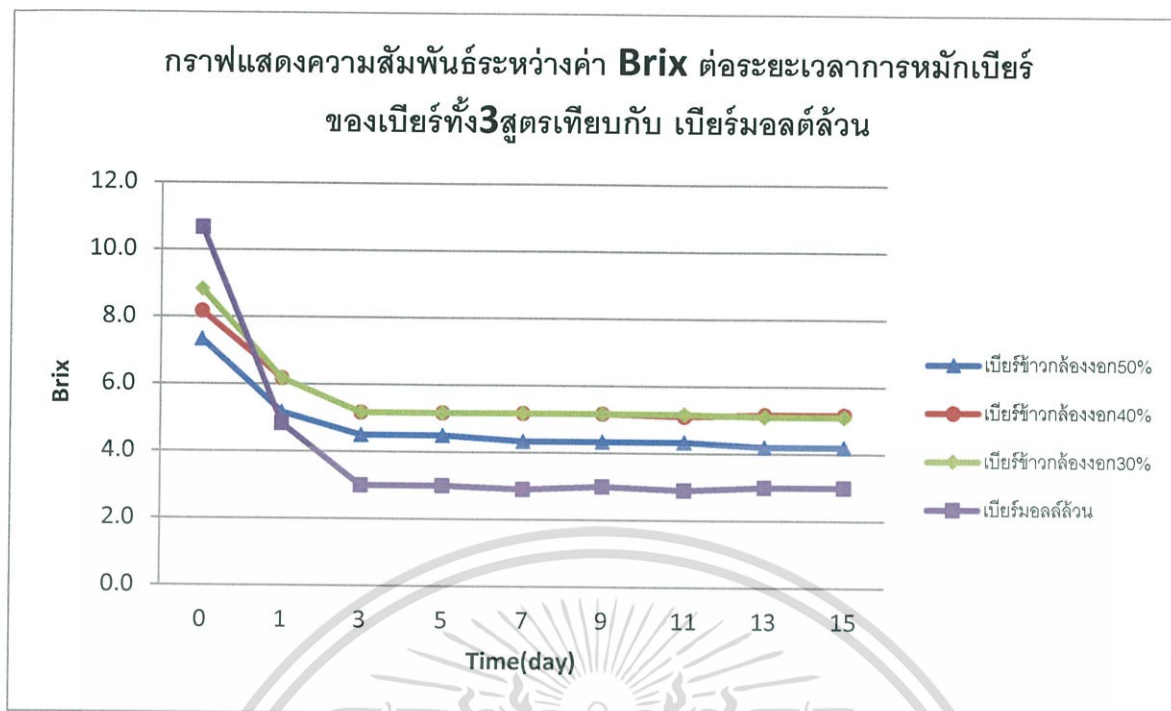
จากการศึกษาทดลองการเพิ่มปริมาณข้าวกล้องงอกในการทำเบียร์ เพื่อให้เบียร์ข้าวกล้องงอกมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับเบียร์ที่เติมMaltปกติ เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณที่ควรเติมข้าวกล้องงอกให้เหมาะสมมีผลดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Original gravity ต่อระยะเวลาการหมักเบียร์ของเบียร์ทั้ง3สูตรเทียบกับเบียร์มอลต์ล้วน

จากภาพที่ 1 พบว่า ค่าความถ่วงจำเพาะของเบียร์(Original gravity)ในวันเริ่มต้นการหมักจะพบว่าเบียร์ข้าวกล้องงอก30%มีค่า OG (Original gravity) สูงใกล้เคียงกับเบียร์มอลต์ล้วนที่สุด รองลงมาคือเบียร์ข้าวกล้องงอก40%และเบียร์ข้าวกล้องงอก50% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเติมข้าวกล้องงอกมีผลทำให้ค่า OG (Original gravity) ลดลง

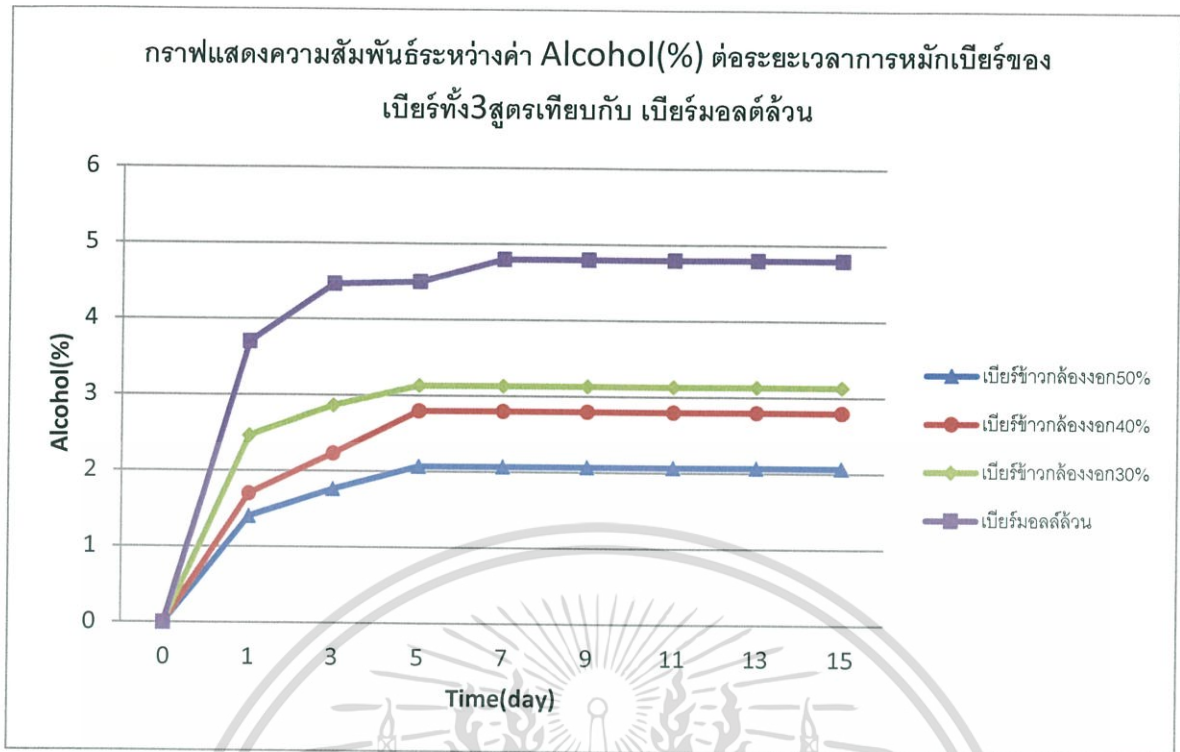
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Brix ต่อระยะเวลาการหมักเบียร์ของเบียร์ทั้ง3สูตรเทียบกับเบียร์มอลต์ล้วน

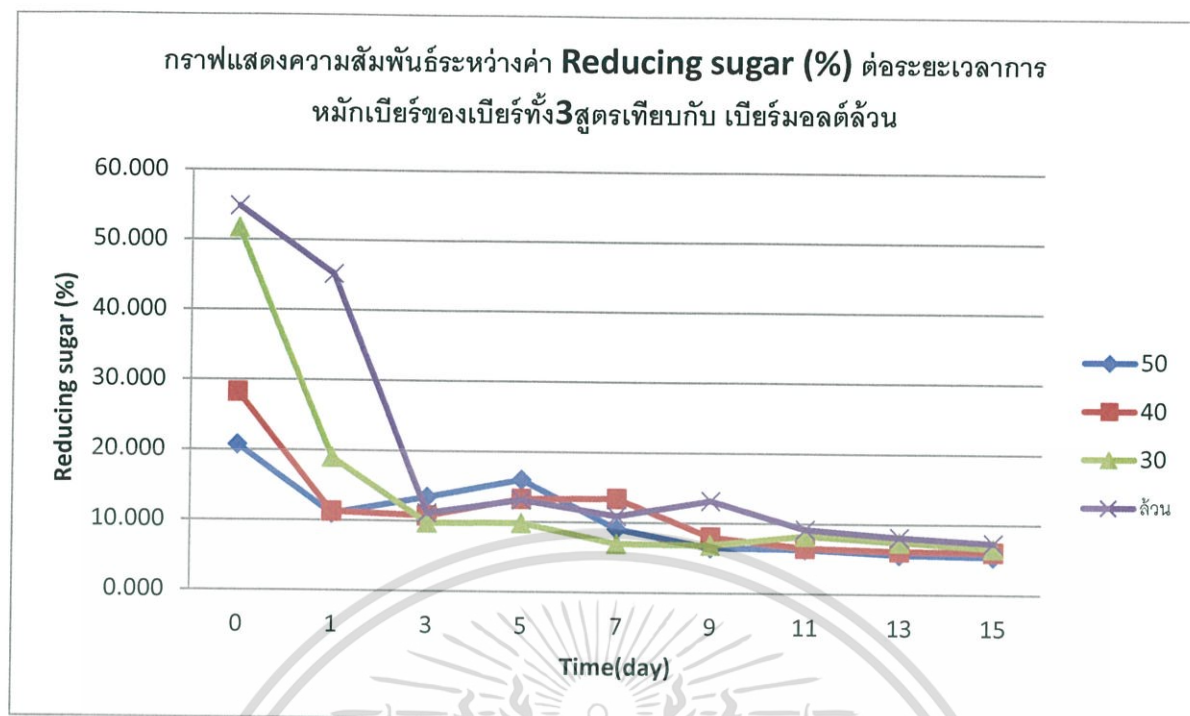
จากภาพที่ 2 พบว่าค่า Brix มีค่าแปรผันตามค่า OG(Original gravity) เนื่องจากเมื่อทำการวัดค่า OG(Original gravity) ด้วยเครื่อง Hydrometer ก็จะได้ค่า Brix ตามความถ่วงจำเพาะหรือค่า OG(Original gravity) ซึ่งค่า Brix มีผลต่อการผลิตแอลกอฮอล์ในเบียร์ ซึ่งจะอธิบายในภาพที่ 3

จากภาพที่ 2 จะสังเกตเห็นว่า ค่า Brix ระหว่างเบียร์ข้าวกล้องงอก40% และ30% แสดงว่า2 ตัวอย่างนี้มีความถ่วงจำเพาะของเบียร์ที่ใกล้เคียงกัน



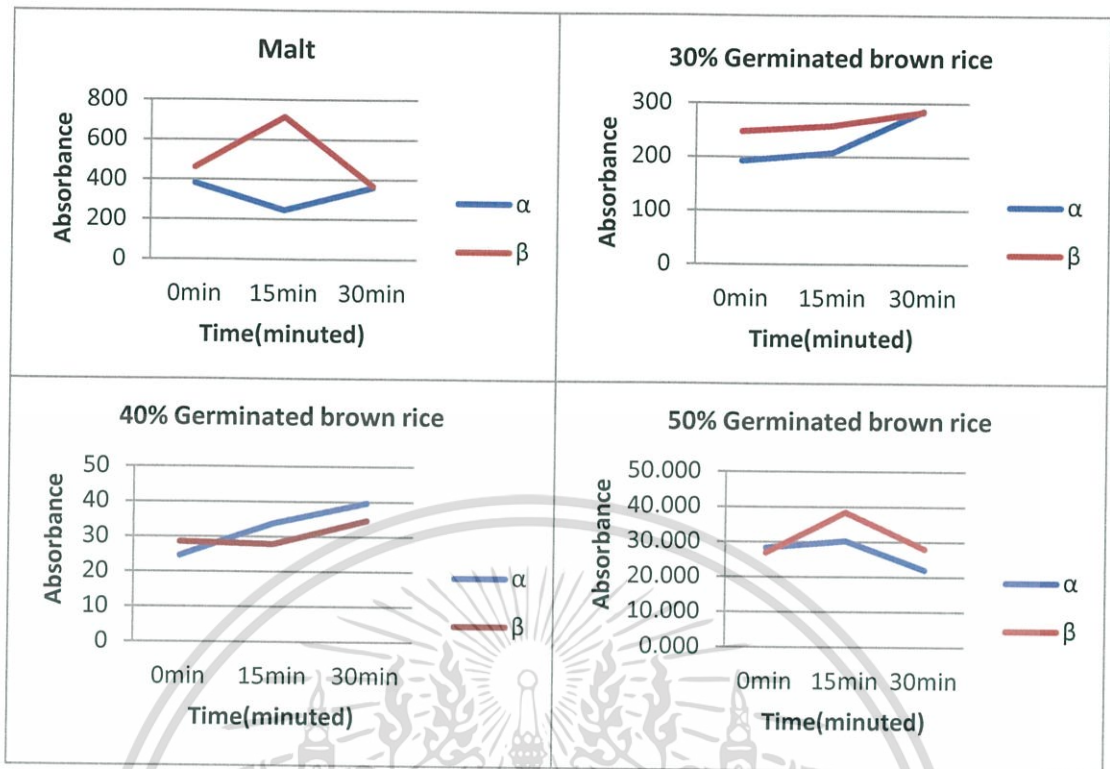
ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Alcohol(%) ต่อระยะเวลาการหมักเบียร์ของเบียร์ทั้ง3สูตรเทียบกับเบียร์มอลต์ล้วน

จากภาพที่ 3 จะแสดงการทำงานของยีสต์ในการใช้น้ำตาลเพื่อผลิตแอลกอฮอล์ จะเห็นว่ายีสต์จะผลิตแอลกอฮอล์ถึงประมาณวันที่5 และจะมีประมาณแอลกอฮอล์คงที่ในวันที่7 เป็นต้นไป เมื่อสังเกตเบียร์ทั้ง3สูตรจะเห็นว่าให้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ต่ำเกินไปเมื่อเทียบกับเบียร์มอลต์ล้วนที่มีแอลกอฮอล์อยู่ที่ประมาณ 4.8%



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Reducing sugar (%) ต่อระยะเวลาการหมักเบียร์ของเบียร์ทั้ง3สูตรเทียบกับ เบียร์มอลต์ล้วน

จากภาพที่ 4 จะทำให้เห็นว่าในการหมักเบียร์พบว่าน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง เมื่อเวลาผ่านไปในการหมัก และจะสังเกตเห็นประสิทธิภาพของเบียร์ข้าวกล้องอก30%ว่ามีค่าน้ำตาลรีดิวซ์ใกล้เคียงกับเบียร์มอลต์ล้วนมากที่สุดในวันที่0 และลดลงอย่างต่อเนื่องในวันต่อไป และสุดท้ายในวันที่15 เบียร์ข้าวกล้องอกทั้ง3สูตรมีค่า Reducing sugar (%) ที่ใกล้เคียงกัน



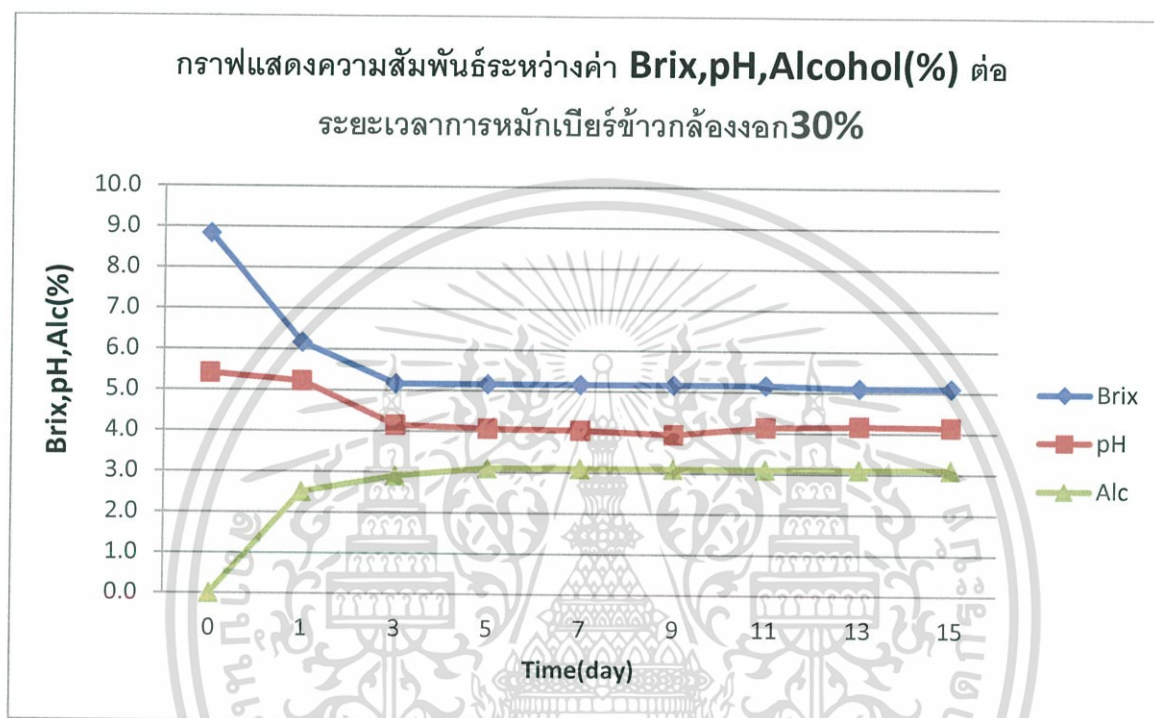
ภาพที่ 5 แสดง Enzyme activity ของ alpha amylase และ beta amylase ของเบียร์ข้าวกล้องงอก 30%,40%,50% และเบียร์มอลต์ล้วน

จากภาพที่ 5 แสดงค่าการถูกย่อยแป้งเป็นน้ำตาลโดยการวัดค่าดูดกลืนแสงของเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตรของตัวอย่างโดยวิธีการทำ DNS น้ำแป้งที่ถูกย่อยเป็นน้ำตาล(ไมโครโมล/มิลลิลิตร)จากเอนไซม์อะไมเลส 1 มิลลิลิตร ในระยะเวลา 30 วินาที

เมื่อเติมข้าวกล้องงอก30%,40%,50% และเบียร์มอลต์ล้วน พบว่า เบต้าอะไมเลสทำงานดีกว่าแอลฟาอะไมเลส ในระยะเวลาการต้ม wort 30 นาที

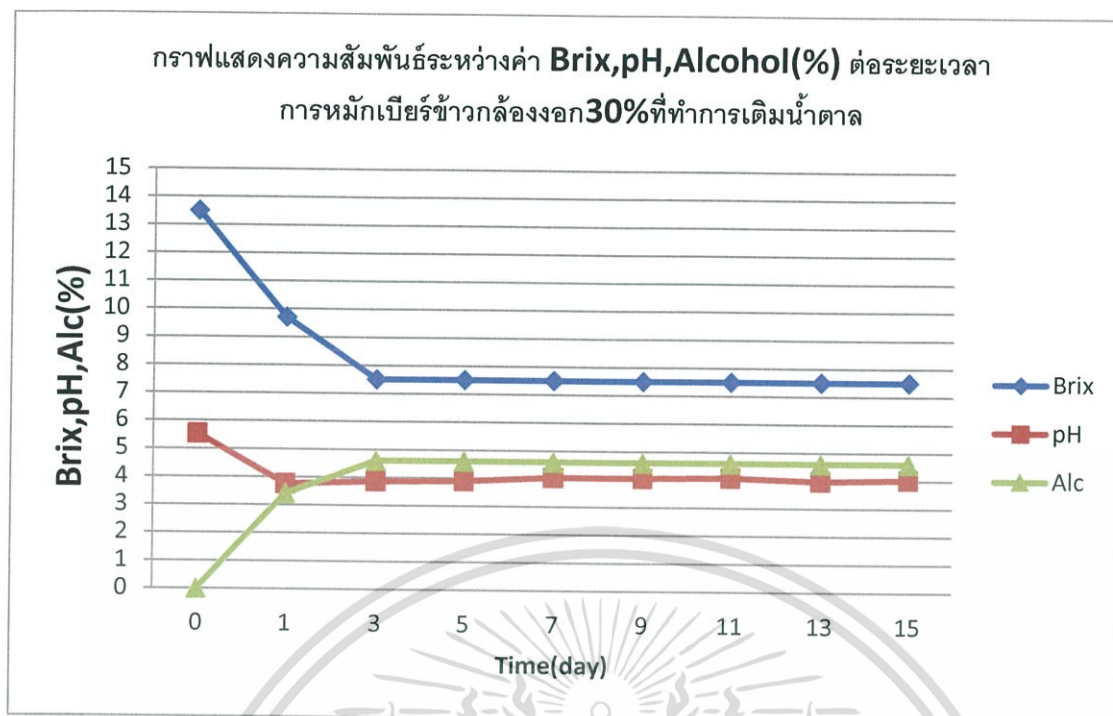
#### 4.2 ผลของการเติมน้ำตาลเพื่อเพิ่มปริมาณแอลกอฮอล์ในเบียร์ข้าวกล้องงอก

ผลของปริมาณข้าวกล้องงอกที่ใช้เป็น Malt adjuncts พบว่าการใช้ข้าวกล้องงอกในปริมาณ 30% เหมาะที่สุด แต่มี%Alcohol ที่ไม่ได้มาตรฐานจึงทำการเติมน้ำตาลในขั้นตอนการหมัก มีผลดังต่อไปนี้



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Brix,pH,Alcohol(%) ต่อระยะเวลาการหมักเบียร์ข้าวกล้องงอก30%

จากภาพที่ 6 แสดงให้เห็นถึงเบียร์ข้าวกล้องงอก30%ที่ยังไม่ได้เติมน้ำตาลเพื่อเพิ่มปริมาณแอลกอฮอล์ จะเห็นว่าปริมาณแอลกอฮอล์ 3% ซึ่งยังไม่ใกล้เคียงกับเบียร์มอลต์ล้วนที่ทำการเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์คือ 4%

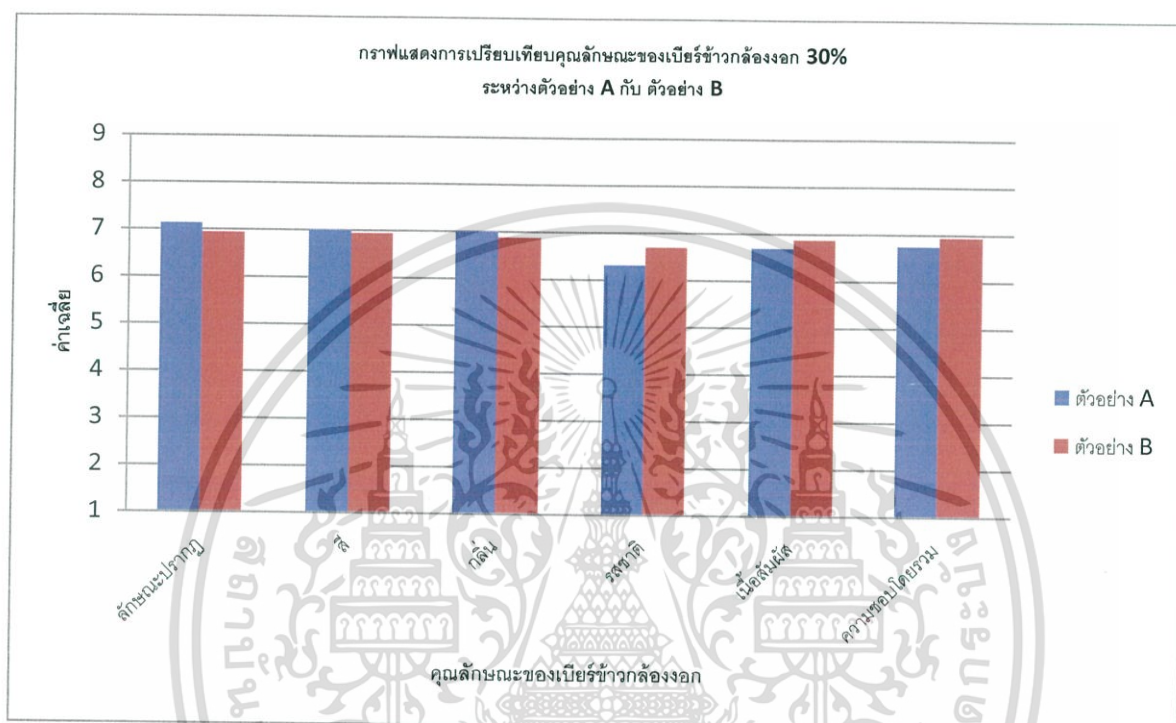


ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Brix,pH,Alcohol(%) ต่อระยะเวลาการหมักเบียร์ข้าวกล้องงอก30% ที่ทำการเติมน้ำตาล

จากภาพที่ 7 ได้ทำการทดลองเติมน้ำตาลในน้ำ wort ก่อนทำการหมักด้วยยีสต์ ให้มีค่า Brix อยู่ที่ 13 เพื่อเติมน้ำตาลให้ยีสต์ใช้ในการผลแอลกอฮอล์ ผลที่ได้ก็คือแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับเบียร์ข้าวกล้องงอก30% แอลกอฮอล์อยู่ที่ประมาณ 4.6 ซึ่งใกล้เคียงกับเบียร์มอลต์ล้วนที่สุด

#### 4.3 ผลของการเติม Maltodextrin เพื่อเพิ่มประสิทธิที่ภาพในเบียร์

จากการศึกษาปริมาณการเติมข้าวกลิ้งในเบียร์พบว่าเบียร์ข้าวกลิ้งงอกมีความหนืดหรือ Body ที่น้อยเกินไป จึงได้ทำการเติม Maltodextrin ในปริมาณ 0.1%ต่อ(w/v) เพื่อให้เบียร์ข้าวกลิ้งงอกมี Body เพิ่มมากขึ้น เมื่อทำการวิเคราะห์ผลของการเพิ่ม Maltodextrin ในเบียร์โดยวิธีการ Sensory มีผลดังต่อไปนี้



ภาพที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะปรากฏ, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของเบียร์ข้าวกลิ้งงอก 30% ไม่เติม Maltodextrin (ตัวอย่าง A) และที่เติม Maltodextrin (ตัวอย่าง B) โดยวิธีการ Sensory

จากภาพที่ 8 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเติม Maltodextrin มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านรสชาติและเนื้อสัมผัส โดยรสชาติตัวอย่าง B ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.69 ส่วนตัวอย่าง A ได้คะแนนเท่ากับ 6.31 และเนื้อสัมผัสตัวอย่าง B ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.88 ส่วนตัวอย่าง A ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.69 ความชอบโดยรวมทั้งหมดผู้ให้ทำการทดสอบให้ตัวอย่าง B ที่คะแนนเฉลี่ย 6.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวิธีการหมักเบียร์ข้าวกล้องงอก โดยศึกษาจากการเพิ่มปริมาณข้าวกล้องงอกในการหมักเบียร์ ซึ่งมีการเติมข้าวกล้องงอกทั้งหมด 3 ปริมาณ คือ ข้าวกล้องงอก 30%, 40% และ 50% เพื่อหาปริมาณข้าวกล้องงอกที่เหมาะสมในการหมักเบียร์ และการเพิ่มเนื้อสัมผัสของเบียร์ด้วยการเติม Maltodextrin โดยมีการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ดังนี้ ค่าความถ่วงจำเพาะในน้ำ wort (Original gravity), ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Brix), ค่าความเป็นกรดต่าง (pH), ปริมาณแอลกอฮอล์, Reducing sugar และ Enzyme activity ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ ดังนี้

1. จากการวัดค่าความถ่วงจำเพาะในน้ำ wort (Original gravity) พบว่าการเติมปริมาณข้าวกล้องงอก 30% มีความเหมาะสมมากที่สุดในการหมักเบียร์ เนื่องจากมีค่าความถ่วงจำเพาะในน้ำ wort (Original gravity) ที่สามารถทำให้ยีสต์นำไปใช้ได้มีประสิทธิภาพมากกว่าการเติมปริมาณข้าวกล้องงอก 40% และการเติมปริมาณข้าวกล้องงอก 50%
2. จากการวัดค่าปริมาณแอลกอฮอล์ พบว่าการเติมปริมาณข้าวกล้องงอก 30% ,40% และ 50% ไม่มีปริมาณใดที่เหมาะสมต่อการหมักเบียร์ให้ได้แอลกอฮอล์ตามมาตรฐาน ซึ่งได้มีการเติมน้ำตาลในปริมาณข้าวกล้องงอก 30% ส่งผลให้มีค่าปริมาณแอลกอฮอล์ได้ตามมาตรฐาน
3. จากการคำนวณหาปริมาณ Reducing sugar พบว่าการเติมปริมาณข้าวกล้องงอก 30% มีค่าที่ใกล้เคียงกับเบียร์มาตรฐานมากที่สุด ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมในการหมักเบียร์
4. จากการหา Enzyme activity ของ alpha amylase และ beta amylase ของเบียร์ข้าวกล้องงอก 30%, 40%, 50% พบว่า ค่าการย่อยแบ่งเป็นน้ำตาลลดลงเมื่อเติมข้าวกล้องงอกลงไปเมื่อเทียบกับเบียร์มอลต์ล้วน
5. จากการเติม Maltodextrin เพื่อเพิ่มเนื้อสัมผัสของเบียร์ มีผลทำให้เนื้อสัมผัสของเบียร์เพิ่มมากขึ้น

จึงสรุปได้ว่าการเติมปริมาณข้าวกล้องงอก 30% เป็นปริมาณที่มีความเหมาะสมมากที่สุดในการหมักเบียร์ โดยมีค่าความถ่วงจำเพาะในน้ำ wort (Original gravity), ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Brix), ค่าความเป็นกรดต่าง (pH), ปริมาณแอลกอฮอล์, Reducing sugar และ Enzyme activity ที่เหมาะสมมากกว่าการเติมปริมาณข้าวกล้องงอก 40% และ 50% แต่ค่าปริมาณแอลกอฮอล์และเนื้อสัมผัสของเบียร์นั้นจะต้องมีการเติมน้ำตาลและ Maltodextrin เพิ่มเพื่อให้ได้ค่าปริมาณแอลกอฮอล์ตามมาตรฐาน และมีเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น เนื่องจากข้าวกล้องงอกมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำจึงทำให้การเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลเพื่อใหยีสต์ใช้เปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์ได้ปริมาณน้อย จึงทำให้ต้องมีการเติมน้ำตาลและ Maltodextrin เพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- วรรณฤดี ดวงเกิด. 2554. ข้าวกล้องงอกสารพัดประโยชน์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://live.phuketindex.com/th/germinated-brown-rice-1816.html>. 3 กรกฎาคม 2562.
- นงนุช วงศ์สินชนวน. สิงหาคม. 2555. การเพาะข้าวกล้องงอก. ภาควิชาวิทยาศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง การกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของวัตถุเจือปนอาหารชนิดเดียว. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1914/maltodextrin>. 12 มิถุนายน 2562.
- บ้านแสงจันทร์. 2555. *Saccharomyces cerevisiae*. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://xn--12c2bb5cybb4c1a3s.blogspot.com/2012/07/saccharomyces-cerevisiae.html>. 3 กรกฎาคม 2562.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (2546). “ชนิดของเอนไซม์อะไมเลส.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1174/amyase-%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%AA>. 3 กรกฎาคม 2562.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (2546). “มอลโทเดกซ์ทรีน” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1914/maltodextrin-%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B8%A5%E0%B9%82%E0%B8%97%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%81%E0%B8%8B%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B8%99>. 3 กรกฎาคม 2562.
- สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ. 2541. การผลิตเบียร์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=23&chap=10&page=chap10.htm>. 3 กรกฎาคม 2562.
- สาโรจน์ ศิริศันสนียกุล. 2545. เทคโนโลยีการหมักเบียร์ ตอน ขั้นตอนและกรรมวิธีการหมักเบียร์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://library.dip.go.th/multim/edoc/08029.pdf>. 3 กรกฎาคม 2562.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. ข้าวกล้องงอก“กาบ้าไรซ์ (GABA-rice)”นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ข้าวไทยในตลาดโลก. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: [www.nia.or.th/innolinks/200701/innovtrend.htm](http://www.nia.or.th/innolinks/200701/innovtrend.htm). 12 มิถุนายน 2562.
- Adefegha, S. A., Oboh, G., Omojokun, O. S., Jimoh, T. O., and Oyeleye, S. I. (2016). In vitro antioxidant activities of African birch (*Anogeissus leiocarpus*) leaf and its effect on the  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory properties of acarbose. *Journal of Taibah University Medical Sciences*.
- Briggs, D. E. (1998). *Malts and Malting*. 1<sup>st</sup> ed. Blackie Academic & Professional, Chapman & Hall.
- Depraetere, F. A., Delvaux, F., Schutter, D. D., Williams, I. S., Winderickx, J. and Delvaux, F. R. (2008). The influence of wort aeration and yeast preoxygenation on beer staling processes. *Food Chemistry*. 107: 242-249.
- Gamlath, ., Aldreda, G. P. and Panozzob, F. J. (2008). Barley ( $\beta$ -glucan and arabinoxylan content are related to kernel hardness and water uptake. *Journal of Cereal Science*. 47: 365-371.
- Igyor, M.A. 2000. Effect of malting temperature and mashing methods on sorghum wort composition and beer flavor. Department of Food Science and Technology. University of Agriculture. Nigeria.
- Palmer, G. H. (2006). Barley and malt. In : Priest, F.G. and Stewart, G.G. (eds). *Handbook of brewing*. 2<sup>nd</sup> ed. Taylor&Francis Group, CRC press.
- Pinkaew, Hathairat, Ya-Jane Wang, and Onanong Naivikul. "Impact of pre-germination on amylopectin molecular structures, crystallinity, and thermal properties of pre-germinated brown rice starches." *Journal of cereal science* 73 (2017): 151-157.
- Rice Market Monitor, Volume XIX Issue No. 4. 2016 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: Rice starch, <https://www.newfoodmagazine.com/article/33430/beneo-rice-starch>. เมื่อวันที่ 12 มิถุนายน 2562.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### การเตรียมสาร

#### ก.1 วิธีการเตรียมสารวิเคราะห์การทำงานของเอนไซม์

##### ก.1.1 วิธีเตรียมโซเดียมอะซิเตรตบัฟเฟอร์ pH 5.2

##### 1. วิธีการเตรียมอะซิติกแอซิด ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )

1.1 เตรียมน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตรด้วยกระบอกลง

1.2 อะซิติก แอซิด ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) 0.016M เตรียมโดยชั่ง acetic acid 0.9608 กรัมลงในบีกเกอร์ ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

##### 2. วิธีเตรียมโซเดียมอะซิเตรต ( $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ )

2.1 เตรียมน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตรด้วยกระบอกลง

2.2 โซเดียมอะซิเตรต ( $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) 0.016M เตรียมโดยชั่ง  $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  1.312 กรัม ลงในบีกเกอร์ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

3. นำอะซิติกแอซิด 0.016M และ โซเดียมอะซิเตรต 0.016M ผสมกันให้ได้ pH 5.2 โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์วัด

##### ก.1.2 วิธีการเตรียมน้ำแป้ง ความเข้มข้น 1%

1. เตรียมน้ำกลั่น 99 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์โดยถูกให้ความร้อนด้วย Hot plate

2. ชั่งแป้ง 1 กรัมลงบนกระดาษฟรอยด์

3. รอให้น้ำกลั่นเดือดแล้วเทแป้งลงในบีกเกอร์

4. รอให้น้ำแป้งเย็นตัวลง ปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น ด้วยขวดปรับปริมาตร

##### ก.1.3 วิธีการเตรียม Dinitrosalicylic acid (DNS) (Miller, 1959)

1. โซเดียมออกไซด์ ( $\text{NaOH}$ ) 2M เตรียมโดยชั่ง  $\text{NaOH}$  8 กรัมลงในบีกเกอร์ ที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียสให้ละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชั่ง Dinitrosalicylic acid 1 กรัม เทลงในบีกเกอร์ที่มีโซเดียมออกไซด์ละลายอยู่คนให้เข้ากัน

3. โพแทสเซียม โซเดียม ทาร์เทรต ( $C_4H_4KNaO_6 \cdot 4H_2O$ ) เติริมโดยชั่ง 30 กรัมลงในบีกเกอร์ละลายด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร

4. นำบีกเกอร์โพแทสเซียมโซเดียมทาร์เทรตผสมกับโซเดียมออกไซด์ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

ก.1.4 การเตรียมสารละลายกลูโคสมาตรฐาน (Bernfeld, 1955)

1. นำน้ำตาลไปอบ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2. ชั่งกลูโคส 0.0901 กรัมและละลายน้ำจากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร ใช้เป็นสารละลายมาตรฐานน้ำตาลกลูโคส ที่มีปริมาณกลูโคส 5 ไมโครโมล/มิลลิลิตร

ก.1.5 การวิเคราะห์ปริมาณกลูโคสโดยใช้สาร Dinitrosalicylic acid (DNS)

1. ตูตสารละลายมาตรฐานกลูโคส ใส่หลอดเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของกลูโคสในระดับต่างๆ ตั้งแต่ 0-5 ไมโครโมล ดังตาราง ก.1

2. เติมสาร DNS 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดกลูโคสมาตรฐานทุกหลอดและต้มในน้ำเดือด 10 นาที จะเกิดสีน้ำตาลตามระดับปริมาณกลูโคสในแต่ละหลอด จากนั้นนำไปแช่ในน้ำเย็นทันที

3. นำไปวัดค่า Absorbance ที่ 540 นาโนเมตร และนำค่าที่ได้มา plot เป็นกราฟมาตรฐาน

ตารางผนวกที่ ก.1 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกลูโคสในระดับต่างๆกับค่า Absorbance ที่ 540 นาโนเมตร ที่ได้จากการวิเคราะห์กลูโคสด้วยสาร DNS

หลอดที่	ปริมาณกลูโคส (umol/ml) + H <sub>2</sub> O	Absorbance at 540 nm
1	0.2	0.106
2	0.4	0.246
3	0.6	0.37
4	0.8	0.517
5	1	0.603

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

### เครื่องมือ

ข.1 วิธีวิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะ (Original gravity) ด้วยเครื่อง Hydrometer



ภาพผนวกที่ ข.1 Hydrometer

ข.2 วิธีวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ โดยใช้ Ebulliometric analysis



ภาพผนวกที่ ข.2 เครื่อง ebulliometer

ที่มา: <http://chatcharee.plazathai.com/show336254/>

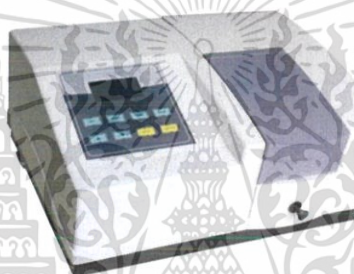
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 วิธีวิเคราะห์ค่า กรด-เบส โดยใช้เครื่อง pH meter



ภาพผนวกที่ ข.3 เครื่อง pH meter

ข.4 วิธีวิเคราะห์การทำงานของเอนไซม์ และน้ำตาลรีดิวซ์ โดยใช้เครื่อง spectrophotometer



ภาพผนวกที่ ข.4 เครื่อง spectrophotometer

ที่มา : [www.indiamart.com/proddetail/uv-vis-spectrophotometer-15379964597.html](http://www.indiamart.com/proddetail/uv-vis-spectrophotometer-15379964597.html)

ข.5 เครื่องทำข้าวกล็องงอก



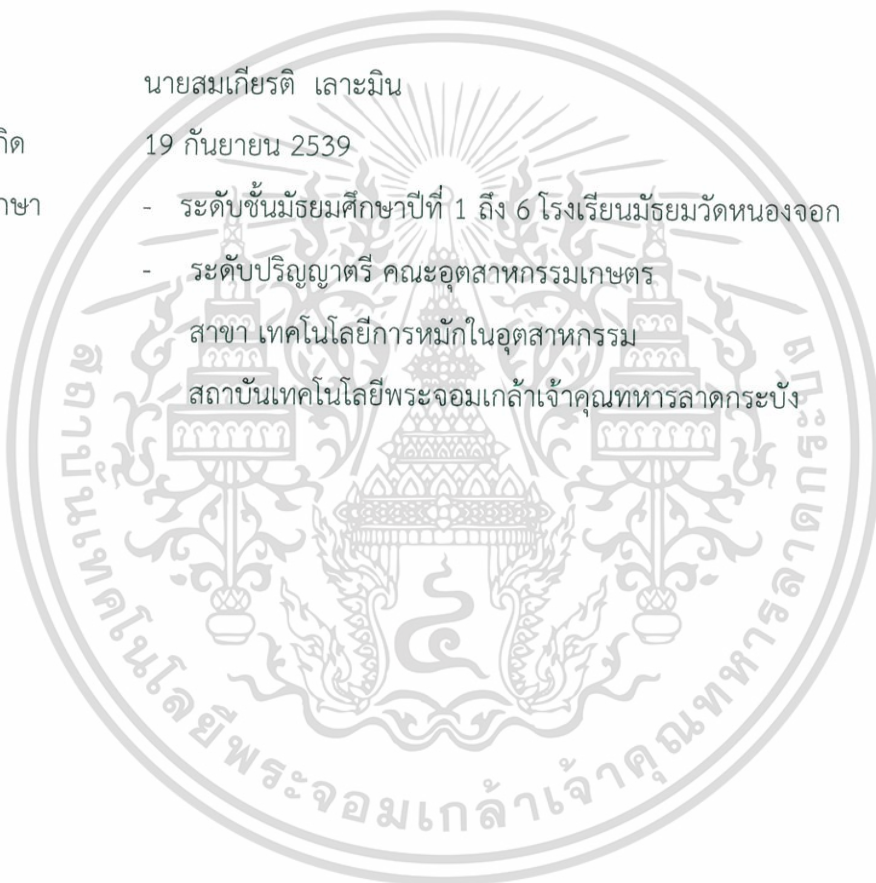
ภาพผนวกที่ ข.5 เครื่องทำข้าวกล็องงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายนันท์นภัส ภิญโญ  
 วัน เดือน ปีเกิด 28 พฤษภาคม 2539  
 ประวัติการศึกษา - ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง 6 โรงเรียนพิริยาลัย จังหวัดแพร่  
 - ระดับปริญญาตรี คณะ วิศวกรรมเกษตร  
 สาขา เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล นายสมเกียรติ เลาะมิน  
 วัน เดือน ปีเกิด 19 กันยายน 2539  
 ประวัติการศึกษา - ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง 6 โรงเรียนมัธยมวัดหนองจอก  
 - ระดับปริญญาตรี คณะ วิศวกรรมเกษตร  
 สาขา เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้