การผลิตเบียร์จากข้าวสายพันธุ์ไทย

Beer production from Thai rice variety

ธนวัฒน์ นุ่มก่วน

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรมอาหาร

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การผลิตเบียร์จากข้าวสายพันธุ์ไทย

Beer production from Thai rice variety

จัดทำโดย

ธนวัฒน์ นุ่มก่วน รหัสนักศึกษา 62080096

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา ..... 9 / ส.ค. / 66

(รศ.ดร. สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การผลิตเบียร์จากข้าวสายพันธุ์ไทย
ชื่อนักศึกษา	ธนวัฒน์ นุ่มก่วน รหัสนักศึกษา 62080096
หลักสูตร	วิทยาศาตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรมอาหาร
พ.ศ.	2565
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและผลิตเบียร์โดยใช้ข้าวไทยเป็นส่วนประกอบ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวไทยและลดต้นทุนการผลิตเบียร์ รวมถึงสามารถระบุสูตรที่ดีที่สุดของเบียร์ที่ใช้ข้าวไทยเป็นส่วนประกอบเปรียบเทียบกับเบียร์ที่ใช้ข้าวสาลี ซึ่งข้าวไทยที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ ได้แก่ ข้าวเหนียว กข6 (AB6 rice) และข้าวเหนียว สุพรรณบุรี (SP1 rice) เนื่องจากข้าวเป็นธัญพืชที่น่าสนใจสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตเบียร์เพื่อให้ข้าวไทยมีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น จากการนำมาผลิตเบียร์ พบว่า เบียร์จากข้าวไทยมีความเข้มข้นของน้ำตาลมากกว่าเบียร์จากข้าวสาลี แต่เบียร์จากข้าวสาลีมีค่าความเป็นกรดด่าง ค่าความขม และความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มากกว่า ค่าสีของเบียร์จากข้าวเหนียว กข6 มีค่ามากที่สุด ส่วนอะมิโนไนโตรเจนอิสระในเบียร์จากข้าวเหนียว กข6 ใกล้เคียงกับเบียร์จากข้าวสาลี ค่าความถ่วงจำเพาะของเบียร์จากข้าวไทยใกล้เคียงกับเบียร์จากข้าวสาลี ทางด้านรสชาติและความชอบโดยรวม เบียร์จากข้าวเหนียว กข 6 ใกล้เคียงกับเบียร์จากข้าวสาลี

คำสำคัญ : เบียร์, ข้าวเหนียว กข6 (AB6 rice), ข้าวเหนียว สุพรรณบุรี (SP1 rice), ข้าวสาลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title Beer production from Thai rice variety

Student name Thanawat Numkuam 62080096

Program Bachelor of Science in Fermentation Technology

Year 2022

Advisor Assoc.Prof.Dr.Soisuda Pornpukdeewattana

ABSTRACT

This research was conducted to study and brew beer using Thai rice as an ingredient. Add value to Thai rice and reduce beer production costs. Also able to identify the best formula of Thai rice based beer compared to wheat beer. Thai rice used in this research is AB6 sticky rice (AB6 rice) and Suphanburi sticky rice (SP1 rice). Because Thai rice is an interesting grain, it can be applied in beer production to increase the value of Thai rice. It was found that Thai rice beers had a higher reducing sugar than wheat beer. But wheat beer had a higher pH, bitterness and concentration of dissolved solids. Color unit of AB6 sticky rice (AB6 rice) beer was the highest. Free amino nitrogen in sticky rice AB6 (AB6 rice) beer was similar to wheat beer. Specific gravity of Thai rice beers is similar to wheat beer. Sensory evaluation AB6 sticky rice (AB6 rice) beer is close to wheat beer.

Keywords : Beer, AB6 sticky rice (AB6 rice), Suphanburi sticky rice (SP1 rice), Wheat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญกาพิเศษเรื่อง การผลิตเบียร์จากข้าวสายพันธุ์ไทย ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความร่วมมือและความกรุณาของทุก ๆ ท่าน ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา และ รศ.ดร. เทพปัญญา เจริญรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษที่ให้ความช่วยเหลือตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้ข้อเสนอแนะ ให้คำแนะนำ ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินการวิจัย และช่วยเหลือในการทำโครงงานพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ทุนสนับสนุนในการปฏิบัติงานปัญหาพิเศษ

ขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิตที่ให้การสนับสนุนในการปฏิบัติงานปัญหาพิเศษ รวมถึงให้ข้อมูลสำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อการเขียนเล่มวิชาปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือในการแนะนำการใช้ความมือวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับเทคนิคต่าง ๆ ในการปฏิบัติงานปัญหาพิเศษ

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่ ๆ และเพื่อน ๆ ที่ให้การช่วยเหลือและให้กำลังใจในการการปฏิบัติการปัญหาพิเศษ

ขอขอบพระคุณในความกรุณาและความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง

ธนวัฒน์ นุ่มก่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IIIII

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญภาพ.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ที่มาและความสำคัญ.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....1

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 เบียร์.....3

2.2 องค์ประกอบสำคัญในการผลิตเบียร์.....4

2.3 การผลิตเบียร์.....6

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....8

บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย.....10

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี.....10

3.2 อุปกรณ์.....12

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....13

3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่าง.....24

บทที่ 4 ผลการศึกษา.....28

4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพของน้ำเวิร์ท.....28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพของเบียร์.....35

4.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเบียร์.....45

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....47

5.1 สรุปผล.....47

5.2 ข้อเสนอแนะ.....48

บรรณานุกรม.....49

ภาคผนวก.....51

ประวัติผู้เขียน.....56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 สัดส่วนของมอลต์แต่ละชนิดที่ใช้ในเบียร์แต่ละสูตรที่ศึกษา.....13

4.1 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบจำนวน 36 คน ที่มีต่อตัวอย่างเบียร์จำนวน 4 ตัวอย่าง.....46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

4.1 แสดงค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ ของน้ำเวิร์ทสูตรที่ 1 มอลต์ข้าวสาลี.....29

4.2 แสดงค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ ของน้ำเวิร์ทส่วนที่ 1 สูตรที่ 2 จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6.....29

4.3 แสดงค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ ของน้ำเวิร์ทส่วนที่ 1 สูตรที่ 3 จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี1.....30

4.4 แสดงค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ ของน้ำเวิร์ทส่วนที่ 1 สูตรที่ 2 จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช.....30

4.5 แสดงค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ ของน้ำเวิร์ทส่วนที่ 2 สูตรที่ 2 กับสูตรที่ 3 จากมอลต์ข้าวบาร์เลย์.....32

4.6 แสดงค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ ของน้ำเวิร์ทสูตรที่ 4 จากมอลต์ข้าวบาร์เลย์.....32

4.7 แสดงค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ ของ full wort ส่วนที่ 1 จากสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 ผสมกับ full wort ส่วนที่ 2 จากสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4.....33

4.8 แสดงอะมิโนไนโตรเจนอิสระของ full wort จากมอลต์ข้าวเหนียวสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 และ full wort จากมอลต์ข้าวบาร์เลย์สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4.....34

4.9 แสดงอะมิโนไนโตรเจนอิสระของ full wort ส่วนที่ 1 จากสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 ผสมกับ full wort ส่วนที่ 2 จากสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4.....35

4.10 แสดงค่าความขม ค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ จากทั้ง 4 สูตร ก่อนทำการเติมกล้าเชื้อ.....36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.11 แสดงอะมิโนไนโตรเจนอิสระของ จากทั้ง 4 สูตร ก่อนทำการเติมกล้าเชื้อ.....37

4.12 แสดงค่าความขม ค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ จากทั้ง 4 สูตร หลังทำการเติมกล้าเชื้อ วันที่ 0.....38

4.13 แสดงอะมิโนไนโตรเจนอิสระของ จากทั้ง 4 สูตร หลังทำการเติมกล้าเชื้อ วันที่ 0.....38

4.14 แสดงค่าความขม ค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ จากทั้ง 4 สูตร หลังทำการเติมกล้าเชื้อ วันที่ 7.....40

4.15 แสดงอะมิโนไนโตรเจนอิสระของ จากทั้ง 4 สูตร หลังทำการเติมกล้าเชื้อ วันที่ 7.....40

4.16 แสดงค่าความขม ค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ จากทั้ง 4 สูตร หลังทำการเติมกล้าเชื้อ วันที่ 28.....42

4.17 แสดงอะมิโนไนโตรเจนอิสระของ จากทั้ง 4 สูตร หลังทำการเติมกล้าเชื้อ วันที่ 28.....42

4.18 แสดงการเจริญของกล้าเชื้อจุลินทรีย์ จากทั้ง 4 สูตร.....43

4.19 แสดงค่าความขม ค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ จากทั้ง 4 สูตร หลังทำการบ่มเบียร์ เป็นเวลา 20 วัน.....44

4.20 แสดงอะมิโนไนโตรเจนอิสระของ จากทั้ง 4 สูตร หลังทำการบ่มเบียร์ เป็นเวลา 20 วัน...45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การผลิตเบียร์ตามกระบวนการแบบดั้งเดิมมีวัตถุดิบหลัก 4 อย่าง ได้แก่ มอลต์ ฮอปส์ ยีสต์ และน้ำ รวมถึงอาจมีการใส่องค์ประกอบอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อช่วยในการปรับปรุงกลิ่นและรสชาติของเบียร์ให้มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว เรียกว่า แอดจังก์ (adjuncts) หรือ ส่วนผสมข้างเคียง เช่น เซอร์รี่ ราสเบอร์รี่ และธัญพืชอื่น ๆ เป็นต้น (Shanya *et al*., 2015)

เบียร์จัดอยู่ในจำพวกเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ (alcoholic beverage) ซึ่งการผลิตเบียร์ส่วนใหญ่จะใช้มอลต์ข้าวบาร์เลย์เป็นแหล่งอาหารของยีสต์ เพื่อใช้ในการสร้างแอลกอฮอล์ในเครื่องดื่มที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักระหว่างยีสต์และน้ำเวิร์ท (wort) ที่ได้จากการต้มมอลต์ อย่างไรก็ตามข้าวบาร์เลย์ที่ใช้ในการผลิตเบียร์นั้นไม่สามารถปลูกในประเทศไทยได้ และต้องนำเข้าจากต่างประเทศเท่านั้น ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตเบียร์สูง ดังนั้นผู้ผลิตเบียร์ส่วนใหญ่จึงทำการเพิ่มธัญพืชชนิดอื่น ๆ ในกระบวนการผลิต เพื่อเป็นการลดปริมาณมอลต์ข้าวบาร์เลย์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตเบียร์ต่ำลง ซึ่งข้าวเป็นหนึ่งในธัญพืชที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเสริมในการผลิตเบียร์เช่นเดียวกับข้าวสาลีและข้าวโพด โดยมีการเพาะปลูกกันในหลาย ๆ ประเทศ ซึ่งเป็นแหล่งอาหารและธัญพืชหลักของชาวเอเชีย โดยประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการเพาะปลูกข้าวเป็นหลักและมีหลากหลายสายพันธุ์ที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิตเบียร์ได้

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตเบียร์จากข้าวไทย 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวเหนียว กข6 (AB6 rice) และ ข้าวเหนียวสุพรรณบุรี (SP1 rice) เนื่องจากข้าวเป็นธัญพืชที่น่าสนใจสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตเบียร์เพื่อให้ข้าวไทยมีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น รวมถึงเป็นการลดต้นทุนในการนำเข้าข้าวบาร์เลย์จากต่างประเทศ โดยในการใช้ข้าวเหนียว ข้าวสาลี และข้าวบาร์เลย์ ที่ผ่านกระบวนการทำให้งอกเพื่อผลิตเบียร์ที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวและมีคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และความพึงพอใจของผู้บริโภคที่ดีที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1) เพื่อศึกษากระบวนการและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเบียร์ โดยใช้มอลต์ข้าวไทยเป็นส่วนประกอบเปรียบเทียบกับการใช้มอลต์ข้าวสาลีเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2) เพื่อศึกษาอิทธิพลของข้าวไทยที่มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของเบียร์ที่ผลิตได้

1.2.3) เพื่อระบุสูตรของเบียร์ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตและความพึงพอใจของผู้บริโภคที่ดีที่สุด

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้สามารถพัฒนากระบวนการผลิตเบียร์ที่มีการใช้มอลต์ข้าวไทยเป็นส่วนประกอบ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวไทยและลดต้นทุนการผลิตเบียร์ รวมถึงสามารถระบุสูตรที่ดีที่สุด ซึ่งประกอบไปด้วยคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ ประสาทสัมผัส และความพึงพอใจของผู้บริโภคที่ได้จากกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เบียร์

เบียร์เป็นเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ชนิด ๆ แรกของโลก เกิดขึ้นตั้งแต่ยุคอารยธรรมสุเมเรียนเมื่อประมาณ 9,500 ปีก่อนคริสตกาล ใช้วิธีทำให้ข้าวสาลีแห้งเป็นผงแล้วนำไปอบเป็นขนมปัง จากนั้นบดขนมปัง ทำการเติมน้ำ และหมักตามธรรมชาติ ต่อมาเมื่อ 3,000 ปีก่อนคริสตกาล ที่ประเทศอียิปต์ มีการผลิตเบียร์จากข้าวโดยนำเมล็ดข้าวมาอบแห้ง แล้วบดให้ละเอียด นำไปใส่ถังผสมกับฮอปส์ ที่ช่วยให้มีรสขมและช่วยยืดอายุในการเก็บรักษา เติมน้ำลงไปผสมหมักกับยีสต์ เกิดกระบวนการเป็นแป้งเป็นน้ำตาลและเกิดแอลกอฮอล์ที่มีการตกตะกอนแล้วกรองเอาเฉพาะน้ำมาดื่ม โดยเบียร์ส่วนใหญ่ในปัจจุบันมีต้นแบบมาจากในช่วงครึ่งหลังของศตวรรษที่ 15 ที่ประเทศเยอรมัน เบียร์ที่ผลิตในช่วงนี้มีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำมากประมาณ 3.5-6.0 ดีกรี อายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้น วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตเบียร์ คือ ข้าวบาร์เลย์ โดยจะนำข้าวบาร์เลย์มาเพาะและอบแห้งทำเป็นมอลต์ แล้วนำมาผสมกับน้ำ ใส่ ฮอปส์เพื่อปรับแต่งกลิ่นและรสชาติในเบียร์ แล้วนำมาหมักรวมกับยีสต์จะได้ของเหลวที่มีแอลกอฮอล์ เมื่อนำมากรองจะได้เบียร์ นอกจากข้าวบาร์เลย์ ที่ประเทศเยอรมันยังใช้ข้าวสาลี (Wheat) มาทำเป็นมอลต์ จะได้เบียร์ที่เรียกว่า Weizembier หรือ Wheat beer (ศรีวิการ์, 2022) โดยแอลกอฮอล์ในเบียร์เกิดจากกระบวนการหมักน้ำเวิร์ท ซึ่งน้ำเวิร์ทจะเตรียมได้จากวัตถุดิบจำพวกแป้งนำมาต้มสกัดให้ความร้อนกับน้ำ นอกจากนั้นยังมีการใช้แอดจังก์ เพื่อลดต้นทุนในการผลิตเบียร์ให้ต่ำลง โดยเติมคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่น ๆ ที่มีราคาถูกกว่ามอลต์ โดยคาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ ที่เติมลงไปจะเจือจางปริมาณโปรตีนของมอลต์และจะไปเพิ่มปริมาณน้ำตาล ซึ่งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอลกอฮอล์ คาร์โบไฮเดรตที่มีการเติมลงไปอาจจะเป็น น้ำตาล น้ำเชื่อม หรือธัญพืชอื่น ๆ เช่น ข้าว ข้าวโอ๊ต ข้าวสาลี เป็นต้น (ก่อเกียรติ, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 องค์ประกอบสำคัญในการผลิตเบียร์

2.2.1) มอลต์ (malt)

มอลต์เป็นวัตถุดิบในการผลิตเบียร์ เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตของยีสต์ โดยเมื่อย่อยสลายแล้วคาร์โบไฮเดรตจะให้น้ำตาลสำหรับหมักเป็นเอทิลแอลกอฮอล์ หรือเอทานอล และมีเอนไซม์ย่อยสลายโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโน ซึ่งเป็นอาหารสำหรับการเจริญและกระบวนการเมแทบอลิซึมของยีสต์ มอลต์เป็นส่วนสำคัญต่อรสชาติของเบียร์ องค์ประกอบของมอลต์ส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ เซลลูโลส เดกซ์ทริน เฮมิเซลลูโลส น้ำตาล และแป้ง ซึ่งเซลลูโลสไม่ได้ถูกหมักหรือให้รสชาติแก่เบียร์ เดกซ์ทรินเป็นส่วนที่ไม่สามารถหมักได้ เฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ของเอนโดสเปิร์มที่ประกอบด้วยเบต้ากูลแคนเป็นส่วนใหญ่ น้ำตาลที่พบมีทั้งกลูโคส มอลโทส ซูโครส และไตรแซ็กคาไรด์ที่มีมากที่สุด คือ มอลโทไทรโอสซึ่งจะถูกหมักอย่างช้า ๆ โดยยีสต์ ส่วนแป้งมีประมาณ 40-60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหมักมอลต์ประกอบไปด้วยอะไมโลสที่ถูกรีดิวซ์เป็นมอลโทส กับมอลโทไทรโอส และอะไมโลเพกตินที่ถูกย่อยสลายเป็นกลูโคส และเดกซ์ทริน (สาวิตรี, 2549)

มอลต์ที่ใช้ในการผลิตเบียร์ส่วนใหญ่เป็นมอลต์ข้าวบาร์เลย์ โดยมอลต์ข้าวบาร์เลย์เป็นแหล่งที่มีน้ำตาลที่ใช้ในกระบวนการหมักเบียร์มากที่สุด ซึ่งมอลต์ข้าวบาร์เลย์มาจากการเพาะเมล็ดข้าวบาร์เลย์ให้แตกหน่อ มีความยาวของรากตามที่ต้องการแล้วนำเอารากออก จากนั้นนำไปอบแห้งให้เมล็ดมีสีที่เฉพาะ นอกจากข้าวบาร์เลย์แล้ว เมล็ดธัญพืชอื่น ๆ ก็สามารถนำมาทำมอลต์ได้ เช่น ข้าวสาลี ข้าว และข้าวโพด เป็นต้น เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการผลิตมอลต์ได้ แต่ในปัจจุบัน ข้าวบาร์เลย์ยังเป็นที่นิยมมากที่สุดในการทำมอลต์ เมล็ดธัญพืชที่นำมาผลิตมอลต์ต้องมีกิจกรรมการลดลงของแป้งสูงที่สุดในระหว่างการทำมอลต์ มีปริมาณโปรตีนต่ำเนื่องจากปริมาณไนโตรเจนในโปรตีนที่สูงไม่เหมาะสำหรับการทำมอลต์เพราะจะทำให้เบียร์มีลักษณะขุ่น และคุณภาพการเก็บรักษาเบียร์ลดต่ำลง (ปาริฉัตร, 2542) คุณภาพของมอลต์ที่ต้องการขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ โดยทั่วไปควรเป็นมอลต์ที่ให้ปริมาณมอลต์สกัดในปริมาณสูง มีโปรตีนละลายน้ำ และเอนไซม์สามารถย่อยแป้งได้ดี โดยชนิดของมอลต์ที่แตกต่างกับจะมีองค์ประกอบ กลิ่น รสชาติ และสีที่แตกต่างกัน

2.2.2) ฮอปส์ (hops)

ฮอปส์เป็นพืชพันธุ์ไม้เลื่อยชนิดหนึ่งให้กลิ่น รสชาติ และป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากกระบวนการหมักในเบียร์ ฮอปส์มีสารเรซินที่ประกอบไปด้วย กรดแอลฟ่า และน้ำมันหอมระเหย ที่มีส่วนให้กลิ่นหอมเฉพาะตัว และรสชาติขมในเบียร์ สารจากกรดแอลฟ่าที่อยู่ในฮอปส์จะทำให้เกิดความขม โดยปกติแล้วกรดแอลฟ่าเป็นสารที่ไม่ละลายในน้ำเวิร์ท แต่เมื่อมีการต้มน้ำเวิร์ท กรดแอลฟ่าที่อยู่ในน้ำเวิร์ทจะทำปฏิกิริยา เรียกว่า ไอโซเมอไรเซชัน และหลังจากต้มจะได้สารไอโซแอลฟ่าเอซิดเป็นตัวให้ความขมแก่เบียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันหอมระเหยที่มีส่วนช่วยในกลิ่นและรสชาติของเบียร์ประกอบไปด้วยสารประกอบหลายสิบชนิด สารเหล่านี้สามารถระเหยได้ จึงไม่ควรใช้เวลาในการต้มนาน (Wolfe *et al*., 2016)

ฮอปส์สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ฮอปส์ที่ให้ความขม และฮอปส์ที่ให้กลิ่นรส ฮอปส์มีสารสำคัญที่มีผลต่อความขมและรสชาติ ได้แก่ สารกลุ่มเรซิน สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรก Hard resin ไม่มีผลต่อคุณภาพของเบียร์ กับกลุ่มที่สอง Soft resin เป็นส่วนที่ให้กลิ่น รสชาติ ความขม และเป็นกลุ่มสารที่ป้องกันการเน่าเสียของเบียร์ ใน Soft resin มีสารสำคัญอีก 2 ชนิด คือ กรดแอลฟ่า และกรดเบต้า 90 เปอร์เซ็นต์ของความขมเป็นผลมาจากสารกลุ่มแอลฟ่า ดังนั้นจะพบว่า ฮอปส์ที่ให้ความขมจะมีปริมาณกรดแอลฟ่าสูงกว่าฮอปส์ที่ให้กลิ่นรส ในการผลิตเบียร์บางชนิดจะใส่ฮอปส์ที่ให้ความขมในช่วงแรกที่มีการต้ม เรียกว่า Kettle hopping หรือ Bitter hopping และใส่ฮอปส์ที่ให้กลิ่นรสในขั้นตอนสุดท้ายของการต้ม เรียกว่า Late hopping นอกจากนี้ส่วนที่เป็นน้ำมันของฮอปส์เป็นอีกส่วนหนึ่งที่ส่งผลต่อกลิ่นของเบียร์โดยเฉพาะความรู้สึกกลมกล่อม ปริมาณน้ำมันอยู่ในช่วง 0.5-3.0 เปอร์เซ็นต์ โดยมีองค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนเป็น Myreene, Humulene และ Caryophyllene ในฮอปส์ที่ให้กลิ่นรสมี Myreene ต่ำ แต่ Humulene สูง ฮอปส์ที่มีปริมาณ Myreene สูงเกินไปไม่เหมาะที่จะนำมาทำเบียร์ เนื่องจากจะก่อให้เกิดรสชาติไม่พึงประสงค์ในเบียร์ (หนึ่ง และคณะ, 2553) สารอีกกลุ่มหนึ่งที่มีความสำคัญในฮอปส์ คือ กลุ่มสารโพลีฟีนอล ได้แก่ แอนโธไซยาโนเจน แทนนิน และแคเทชิน สารกลุ่มนี้ทำหน้าที่เป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์ที่ช่วยป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันในเบียร์ (อุลัยวรรณ์, 2554)

2.2.3) น้ำ (water)

น้ำเป็นส่วนประกอบในเบียร์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพของน้ำจะส่งผลให้คุณภาพและวัตถุประสงค์ในการผลิตเบียร์ เช่น น้ำที่มีคาร์บอนสูงเหมาะสำหรับในการผลิต Lager beer น้ำกระด้างที่มีปริมาณแคลเซียมและซัลเฟตสูงนิยมใช้ในการผลิต Pale beer แร่ธาตุต่าง ๆ ในน้ำมีผลต่อคุณภาพของเบียร์ ได้แก่ แคลเซียมอิออน จะทำปฏิกิริยากับสารกลุ่มฟอสเฟตซึ่งทำให้เกิดเป็นตะกอน ไฮโดรเจนอิออน จะทำให้ค่าพีเอชต่ำลงซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์อะไมเลส เบต้าอะไมเลส และกลุ่มโปรติโอไลติกเอนไซม์ แมกนีเซียมอิออน มีผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของยีสต์ และโซเดียมอิออน มีผลต่อความหวานของเบียร์ เป็นต้น (หนึ่ง และคณะ, 2553)

2.2.4) ยีสต์ (yeast)

ยีสต์ส่วนใหญ่ที่ใช้ในกระบวนการหมักเบียร์มาจากสกุล *Saccharomyces* ซึ่งสามารถใช้น้ำตาลในการหมักให้เป็นเอทานอล โดยสายพันธุ์ยีสต์ที่ใช้ในการผลิตเบียร์ประเภท Ale คือ *S. cerevisiae* และสายพันธุ์ยีสต์ที่ใช้ในการผลิตเบียร์ประเภท Lager คือ *S. pastorianus* สายพันธุ์ยีสต์เหล่านี้แตกต่างกันที่อุณหภูมิในการหมัก ความสามารถในการหมักน้ำตาล ความสามารถในการตกตะกอนหลังสิ้นสุดกระบวนการหมัก และสภาวะแวดล้อมในกระบวนการหมัก เช่น ความทนทานต่อแอลกอฮอล์ ยีสต์แต่ละ

สายพันธุ์จะเกิดการหมักอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากความเข้มข้นของแอลกอฮอล์จะเพิ่มขึ้นในระหว่างเกิดกระบวนการหมัก การหมักน้ำตาลจะทำให้น้ำตาลถูกเปลี่ยนไปเป็นแอลกอฮอล์ โดยส่วนใหญ่ยีสต์สายพันธุ์ *S. pastorianus* สามารถหมักแอลกอฮอล์ได้ประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ และยีสต์สายพันธุ์ *S. cerevisiae* สามารถหมักแอลกอฮอล์ได้ประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตที่เกิดจากกระกวนการผลิตและกระบวนการเมทาบอไลซ์โดยยีสต์ ได้แก่ เอสเทอร์ (แอลกอฮอล์อินทรีย์และฟูเซลแอลกอฮอล์) มีอะตอมของคาร์บอนมากกว่าแอลกอฮอล์ เอทานอล ถูกผลิตขึ้นโดยย่อยสลายของกรดอะมิโน ไดอะซิทิล และสารประกอบซัลเฟอร์ สารเหล่านี้ทำให้เกิดกลิ่นหอมของผลไม้ในเบียร์ กระบวนการหมักเบียร์สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่

4.1) Top ferment คือ ยีสต์สายพันธุ์ *S. cerevisiae* นิยมใช้ในการผลิตเบียร์ประเภท Ale, Stout และเบียร์ที่ทำจากข้าวสาลี ซึ่งทำงานได้ดีที่สุดในช่วงอุณหภูมิ 13-24 องศาเซลเซียส เกิดการหมักน้ำตาล กลูโคส ซูโครส ฟรุคโตส มอลโตส มอลโทไทรโอส แมนโนส กาแลคโตส และไซลูโลส หลังสิ้นสุดกระบวนการหมักยีสต์จะรวมตัวลอยขึ้นบริเวณผิวหน้าของเบียร์

4.2) Bottom ferment คือ ยีสต์สายพันธุ์ *S. pastorianus* นิยมใช้ในการผลิตเบียร์ประเภท Lager และ Pilsner ซึ่งทำงานได้ดีที่สุดในช่วงอุณหภูมิ 8-13 องศาเซลเซียส เกิดการหมักน้ำตาลเช่นเดียวกับยีสต์สายพันธุ์ *S. cerevisiae* แต่สามารถหมักราฟฟิโนสได้ หลังสิ้นสุดกระบวนการหมักยีสต์จะรวมตัวตกลงสู้กันถังหมัก (Wolfe *et al.,* 2016)

ยีสต์ทำให้เกิดกระบวนการหมักแอลกอฮอล์และการเจริญเติบโตของยีสต์ทำโดยการแตกหน่อ การเพาะเลี้ยงยีสต์ในสารละลายน้ำตาลที่เป็นกรด (acidic aqueous sugary solution) เรียกว่า น้ำเวิร์ท ได้จากมอลต์และธัญพืชอื่น ๆ เช่น ข้าวสาลี ข้าว ข้าวโพด และอ้อย เป็นต้น เซลล์ดูดซึมน้ำตาลที่ละลายได้ วิตามิน และไนโตรเจน (เปปไทด์ขนาดเล็ก กรดอะมิโน และไอออนแอมโมเนีย) ยีสต์จะเปลี่ยนแปลงสารอาหาร และใช้สารอาหารเหล่านี้สำหรับใช้ในการเจริญเติบโตและกระบวนการหมัก ไกลโคไลซิสจะถูกเปลี่ยนไปเป็น กลีเซอรอล คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทานอล (Stewart *et al.,* 2016)

2.3 การผลิตเบียร์

2.3.1) การทำมอลต์ (malting)

การทำมอลต์มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาะและทางเคมีของธัญพืชให้เหมาะสมในการนำมาผลิตเบียร์ สามารถแบ่งออกได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1) การแช่ข้าว (steeping) มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ข้าวมีความชื้นสูงขึ้น ทำให้เกิดความเหมาะสมในขั้นตอนการงอก โดยปกติความชื้นที่เหมาะสมที่สุดในการงอกของข้าวอยู่ที่ประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ (Gamlath *et al.,* 2008)

1.2) การงอก (germination) คือ ขั้นตอนการผลิตมอลต์เพื่อให้ในการทำเบียร์ โดยทิ้งข้าวให้มีอากาศไหลผ่าน ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเหมาะสมกับชนิดของธัญพืช ในระหว่างกระบวนการงอกฮอร์โมนจิบเบอร์เรลลินจะถูกสังเคราะห์ขึ้นในส่วนของเอมบริโอ และแพร่ไปยังเยื่ออารูโลน เพื่อกระตุ้นการสร้างเอนไซม์ ได้แก่ แอลฟ่าอะไมเลส เบต้าอะไมเลส และโปรติเอส เป็นต้น แพร่ออกมายังส่วนที่เป็นแป้ง ซึ่งเอนไซม์ต่าง ๆ จะย่อยสลายแป้งในเมล็ดธัญพืชให้เป็นสารอาหารสำหรับการกสร้างยอดและราก (Briggs, 1998)

1.3) การอบมอลต์ (klining) มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณความชื้นในมอลต์ โดยผ่านลมร้อนเข้าไปในเมล็ดมอลต์ หลังสิ้นสุดกระบวนการยอดและรากจะถูกกำจัดออก ความชื้นของมอลต์จะลดลง ซึ่งการลดลงของความชื้นช่วยชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ที่มีในมอลต์ และเป็นการเพิ่มอายุการเก็บรักษาของมอลต์ กระบวนการอบมอลต์ยังทำให้เกิดกลิ่นและสีที่เฉพาะตัวของเบียร์ เนื่องจากเกิดกระบวนการเมลลาร์ด (Palmer, 2006)

2) การผลิตน้ำเวิร์ท (wort production)

กระบวนการผลิตน้ำเวิร์ทจะเป็นการผลิตน้ำสำหรับใช้ในการหมักเบียร์ เพื่อสร้างกลิ่น รสชาติ และแอลกอฮอล์โดยยีสต์ สามารถแบ่งออกได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.1) การต้มสกัดมอลต์ (mashing) กระบวนการนี้สำคัญที่สุดในการผลิตน้ำเวิร์ท โดยนำมอลต์ที่บดแล้ว มาผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม และบ่มไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ พร้อมกับทำการกวนไปด้วย วิธีนี้จะช่วยกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ให้ทำหน้าที่ของเอนไซม์ตามอุณหภูมิที่เหมาะสม เช่น เอนไซม์โปรติเอส ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนโมเลกุลขนาดใหญ่ให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มแหล่งโปรตีนให้กับยีสต์ และช่วยลดความขุ่นของเบียร์ที่เกิดจากตะกอนโปรตีน นิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 44-59 องศาเซลเซียส เอนไซม์เบต้าอะไมเลส ทำหน้าที่ในการย่อยแป้งจากปลายสายและปลดปล่อยมอลโตส ซึ่งเป็นน้ำตาลที่ยีสต์ใช้ในการหมักเอทานอลได้ (fermentable sugar) นิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 60-63 องศาเซลเซียส เป็นต้น (คฑาธร และพัชรพร, 2560)

2.2) การกรองน้ำเวิร์ท (lautering) กระบวนการนี้ คือ การแยกน้ำเวิร์ทออกจากกากมอลต์ เพื่อให้ได้น้ำเวิร์ทที่มีความใส เหมาะสมกับการทำกระบวนการต่อไป (คฑาธร และพัชรพร, 2560)

2.3) การต้มฆ่าเชื้อน้ำเวิร์ทและการเติมฮอปส์ (wort boiling and hopping) กระบวนการนี้จะทำการต้มน้ำเวิร์ทให้เดือดเป็นระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง และในระหว่างกระบวนการต้มจะมีการเติมฮอปส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีวัตถุประสงค์เพื่อหยุดกิจกรรมต่าง ๆ ของเอนไซม์ ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่อยู่ในน้ำเวิร์ท สกัดสารประกอบที่ให้ความขมจากฮอปส์ ทำให้เบียร์มีกลิ่น รสชาติ และสีที่เฉพาะตัวของเบียร์ (คฑาธร และพัชรพร, 2560)

3) การหมักเบียร์ (fermentation)

การหมักเบียร์มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตเอทานอลจากน้ำตาลและกรดอะมิโนโดยยีสต์ที่เติมลงไปในสภาวะปราศจากออกซิเจน ซึ่งยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุล เป็นกรดไพรูวิค 2 โมเลกุล ผ่านกระบวนการไกลโคไลซิส และในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจน กรดไพรูวิคจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ เอทานอล และ ATP (คฑาธร และพัชรพร, 2560)

4) การบ่มเบียร์ (aging)

การบ่มเบียร์มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับกลิ่นและรสชาติของเบียร์ การบ่มเบียร์สามารกำจัดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในเบียร์ได้ เช่น สารกลุ่มไดอะซิทิล และกลุ่มสารประกอบซัลเฟอร์ โดยสารกลุ่มไดอะซิทิลเป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ดีในเบียร์ เมื่อมีปริมาณอยู่ในช่วง 0.1-0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (โชคชัย, 2558) การบ่มเบียร์ช่วยให้เบียร์มีความคงตัวมากขึ้น โดยส่วนมากจะทำการบ่มเบียร์ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 0 องศาเซลเซียส เพื่อให้สารแขวนลอยต่าง ๆ และเซลล์ยีสต์เกิดการตกลงสู่ก้นถัง ทำให้เบียร์มีความใสมากขึ้น (คฑาธร และพัชรพร, 2560)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หนึ่ง และคณะ (2553) ศึกษาการผลิตเบียร์จากข้าวไทย โดยทำการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตจากมอลต์ข้าวเจ้าดำ และมอลต์ข้าวเหนียวดำ พบว่า กระบวนการหมักเบียร์แบบ Top fermentation ใช้เวลาในกระบวนการหมักตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการหมักจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการหมัก ใช้เวลาทั้งหมด 48 ชั่วโมง เนื่องจากกระบวนการหมักใช้อุณหภูมิสูงถึง 20 องศาเซลเซียส คุณภาพของเบียร์จากมอลต์ข้าวเจ้า คือ น้ำตาลทั้งหมด 11.58 กรัมต่อลิตร โปรตีน 0.6 เปอร์เซ็นต์ และแอลกอฮอล์ 5.17 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพของเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียวดำ คือ น้ำตาลทั้งหมด 40.19 กรัมต่อลิตร โปรตีน 0.3 เปอร์เซ็นต์ และแอลกอฮอล์ 4.36 เปอร์เซ็นต์

โชคชัย (2558) ได้ทำการศึกษาและผลิตเบียร์โดยใช้ข้าวไทยเป็นส่วนประกอบหลักเพื่อลดต้นทุนในการผลิตเบียร์และเพิ่มมูลค่าของข้าวไทย โดยการนำข้าวพันธุ์ผสม คือ CP13 มาทำมอลต์โดยการทำให้งอกที่ 1, 3, 5, 7 และ 9 วัน ทำการศึกษาผลจากเอนไซม์ 2 ชนิด คือ เอนไซม์แอลฟ่าอะไมเลส และเอนไซม์โปรติเอสจากแบคทีเรียเพื่อใช้ในการเพิ่มคุณสมบัติของน้ำเวิร์ท พบว่าในกระบวนการงอก เอนไซม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอลฟ่าอะไมเลส และมอลต์ข้าวบาร์เลย์ มีผลต่อค่า Extract content น้ำเวิร์ทจากข้าวไทยที่งอกเป็นเวลา 5 วัน และมอลต์ข้าวไทย 50 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเข้มข้นเท่ากัน ปริมาณน้ำตาลกลูโคสของ น้ำเวิร์ทมีค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ของ Fermentable sugar ทั้งหมด เวลาในการงอกของมอลต์ข้าวไทย และมอลต์ข้าวบาร์เลย์สามารถเพิ่มการนำไปใช้ของน้ำตาลรีดิวซ์ และ FAN ของยีสต์ในน้ำเวิร์ทสูงสุด คือ 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าค่ามาตรฐาน คือ 80 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณเอทานอลในเบียร์มีค่อนข้างต่ำ ปริมาณมอลต์ข้าวไทยมีผลต่อค่าสี ยิ่งใช้ปริมาณมอลต์ข้าวไทยสูง ค่าสีจะสูงขึ้นตาม จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเบียร์ที่ใช้ข้าวไทยเป็นส่วนประกอบหลัก พบว่าเวลาในการงอกของ ข้าวไทยมีผลต่อประสาทสัมผัสเมื่อใช้มอลต์ข้าวไทยปริมาณมากกว่าหรือเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ ผู้ทำการทดสอบสรุปได้ว่าเบียร์ที่มีส่วนประกอบของมอลต์ข้าวไทยที่ 50% อยู่ในเกณฑ์ดี

คฑาธร และพัชรพร (2560) ได้ทำการศึกษาและผลิตเบียร์โดยใช้ข้าวเหนียวเพื่อปรับปรุงรสชาติให้เบียร์มีความหลากหลายและเพิ่มมูลค่าของข้าวไทย โดยการนำข้าวเหนียวสายพันธุ์ลืมผัวมาทำมอลต์ จากนั้นนำไปผสมกับมอลต์ข้าวบาร์เลย์ในสัดส่วนมอลต์ข้าวเหนียวลืมผัวต่อข้าวบาร์เลย์ 100 เปอร์เซ็นต์ 75 เปอร์เซ็นต์ และ 25 เปอร์เซ็นต์ ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่าเมื่อใช้สัดส่วนมอลต์ข้าวเหนียวในปริมาณมาก ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะมากขึ้น นอกจากนี้ปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าสี ค่าความเป็นกรดด่าง และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระก็แตกต่างกัน ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากสัดส่วนมอลต์ข้าว 50 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ 5.1 ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร ส่วนค่าสีและค่าความเป็นกรดด่างจะมีสีเข้มขึ้น ค่าความเป็นกรดด่างจะสูงขึ้นเมื่อมีสัดส่วนของมอลต์ข้าวเพิ่มมากขึ้น และหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการหมักในวันที่ 24 ค่าความเป็นกรดด่างจะลดลง ซึ่งเมื่อมีสัดส่วนของมอลต์ข้าว 75 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรดด่างจะต่ำที่สุด กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของเบียร์ที่มีสัดส่วนมอลต์ข้าว 75 เปอร์เซ็นต์จะมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด และมีมากกว่าเบียร์ที่มีสัดส่วนมอลต์บาร์เลย์ 100 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเบียร์ด้านสี พบว่าเบียร์ที่มีสัดส่วนมอลต์ข้าว 75 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับความพึงพอใจของ ผู้ทดสอบมากที่สุด ด้านกลิ่น พบว่าเบียร์ที่มีสัดส่วนมอลต์ข้าว 25 เปอร์เซ็นต์ และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับความพึงพอใจของผู้ทดสอบมากที่สุด แต่ในขณะเดียวกันด้านรสชาติ พบว่าเบียร์ที่มีสัดส่วนมอลต์ข้าว 25 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับความพึงพอใจของผู้ทดสอบมากที่สุด และด้านความชอบโดยรวม พบว่าเบียร์ที่มีสัดส่วนมอลต์ข้าว 25 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับความพึงพอใจของผู้ทดสอบมากที่สุด ผู้ทำการทดสอบสรุปได้ว่าเบียร์ที่มีส่วนประกอบของมอลต์ข้าวเหนียวลืมผัวสามารถผลิตเป็นเครื่องดื่มที่ตอบโจทย์ต่อผู้บริโภคได้ในขณะที่มีมอลต์ข้าวบาร์เลย์เป็นส่วนผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 มอลต์

มอลต์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ทำการสั่งซื้อจาก www.thaimalt.com ประกอบไปด้วย มอลต์ข้าวบาเลย์ มอลต์ข้าวสาลี และมอลต์ข้าวเหนียว ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

มอลต์ข้าวบาร์เลย์ สายพันธุ์ พิวส์เนอร์ (Pilsner malt)

มอลต์ข้าวบาร์เลย์ สายพันธุ์ มิวนิก (Munich malt)

มอลต์ข้าวบาร์เลย์ สายพันธุ์ คาราพิว (Carapils malt) เป็นมอล์ที่เติมเพื่อช่วยเพิ่มฟองเบียร์

มอลต์ข้าวสาลี (Wheat malt)

มอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 (AB6 rice malt)

มอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี1 (SP1 rice malt)

3.1.2 เอนไซม์ (enzyme)

เอนไซม์ อะไมเลส (alpha amylase)

3.1.3 ส่วนประกอบอื่น ๆ (adjunct)

แหล่งโปรตีนธัญพืช (Protein grain) เป็นธัญพืชที่มีโปรตีนสูง ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการเติมเพื่อช่วยเสริมโปรตีนในเบียร์ที่ผลิตจากมอลต์ข้าวเหนียวซึ่งมีโปรตีนต่ำ

3.1.4 ฮอปส์ (Hops)

ฮอปส์ สายพันธุ์ โมซาอิค (Mosaic hops) ประกอบด้วย alpha acid 11.5% และ beta acid 4.0% เป็นฮอปส์ที่เติมเพื่อเพิ่มความขมและกลิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฮอปส์ สายพันธุ์ เฮอร์เลอทัว มิตเทลเฟิค (Hellatua mittelfrun hops) ประกอบด้วย alpha acid 5.9% และ beta acid 5.5% เป็นฮอปส์ที่เติมเพื่อเพิ่มความเฉพาะตัวให้แก่เบียร์ โดยเพิ่มความนุ่มและรสชาติโทนซีตรัสฮ็อปส์

3.1.5 เชื้อจุลินทรีย์

ยีสต์สายพันธุ์ *OMEGA yeast OYL-090 Espe Kveik* เป็นยีสต์ที่ได้รับการอนุเคราะห์จากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

3.1.6 สารเคมี

แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)

แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$)

กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4)

สารสกัดจากยีสต์ (Yeast extract)

เพปโทน (Peptone)

เด็กโทรส (Dextrose)

วุ้น (Agar)

สารสกัดมอลต์ (Malt extract)

น้ำตาลซูโครส (Sucrose)

น้ำตาลกลูโคส (Glucose)

น้ำตาลฟรักโทส (Fructose)

Methylene blue

3,5-Dinitrosalicylic acid

Potassium Sodium tartrate

Sodium hydroxide (NaOH)

Disodium Hydrogenphosphate (Na_2HPO_4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Potassium Dihydrogenphosphate (KH_2PO_4)

Ninhydrin ($C_9H_6O_4$)

Potassium iodate (KIO_3)

Ethanol 96%

ไกลซีน (Glycine)

1-octanol ($C_8H_{18}O$)

Hydrochloric acid (HCl)

Isooctane (C_8H_{18})

สารฆ่าเชื้ออุปกรณ์เบียร์ (ยี่ห้อ Star San)

3.2 อุปกรณ์

เครื่องชั่งไฟฟ้า ชนิดความแม่นยำสูง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น ME3002

กล้องจุลทรรศน์ ยี่ห้อ Olympus รุ่น CX21

เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง ยี่ห้อ Ohaus รุ่น Starter 3100-F

เครื่อง Visible Spectrophotometer ยี่ห้อ Metertech รุ่น SP880

เครื่อง Orbital shaker ยี่ห้อ Wiggens รุ่น WS-200D

เครื่อง Refractometer ยี่ห้อ Hanna รุ่น HI96801

เครื่องหมุนเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ MPW รุ่น 380R

ตู้ปราศจากเชื้อ ยี่ห้อ Euroclone รุ่น safemate

เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ AutoClave ยี่ห้อ GR Series รุ่น Zealway

ถังหมักเบียร์ ขนาด 30 ลิตร

Wort chiller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer)

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การพัฒนาเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียวสายพันธุ์ไทย

การศึกษานี้ได้ออกแบบสูตรเบียร์ที่มีส่วนผสมของมอลต์ข้าวเหนียวสายพันธุ์ไทยจำนวน 3 สูตร โดยทำการเปรียบเทียบกับเบียร์ที่มีส่วนผสมของมอลต์ข้าวสาลีที่ใช้เป็นสูตรควบคุม รายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สัดส่วนของมอลต์แต่ละชนิดที่ใช้ในเบียร์แต่ละสูตรที่ศึกษา

ชนิดของมอลต์ (กิโลกรัม)	**สูตรที่ 1 (Wheat beer)**	**สูตรที่ 2 (Rice AB6 beer)**	**สูตรที่ 3 (Rice SP1 beer)**	**สูตรที่ 4 (Rice AB6+P beer)**
Wheat malt	2.5	-	-	-
Rice AB6 malt	-	2.5	-	2.5
Rice SP1 malt	-	-	2.5	-
Protein grain	-	-	-	0.5
Pilsner malt	2.0	2.0	2.0	2.0
Munich malt	0.5	0.5	0.5	0.5
Carapils malt	0.2	0.2	0.2	0.2
Total gris	5.2	5.2	5.2	5.2

* เบียร์สูตรที่ 1 (Wheat beer) เป็นสูตรควบคุม ทำการเปรียบเทียบกับเบียร์จากมอลต์ข้าวสายพันธุ์ไทย

3.3.2 การเตรียมน้ำเวิร์ทเพื่อใช้ในการหมักเบียร์สูตรที่ 1 (wheat beer)

<u>การปรับคุณภาพน้ำดื่ม</u>

ตวงน้ำดื่มปริมาตร 20 ลิตร ปรับคุณภาพน้ำดื่มโดยเติมแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) 2.0 กรัม แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) 2.8 กรัม และกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) 2.0 กรัม หลังจากนั้นนำมาวัดค่าพีเอช และค่าความเข้มข้นของแข็งละลาย ทำการบันทึกผล โดยเมื่อนำน้ำดื่มที่ผ่านการปรับคุณภาพมาวัดค่าพีเอช มีค่า 6.89 และค่าความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 0.1 องศาบริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการสกัดองค์ประกอบจากมอลต์เพื่อเตรียมน้ำเวิร์ท (mashing)

1) นำน้ำดื่มที่ผ่านการปรับสภาพมาปรับอุณหภูมิให้เท่ากับ 39 องศาเซลเซียส เติมมอลต์สำหรับการเตรียมน้ำเวิร์ทของเบียร์สูตรที่ 1 ซึ่งผ่านการบดแล้ว ที่ประกอบไปด้วย Wheat malt 2.5 กิโลกรัม Pilsner malt 2.0 กิโลกรัม Munich 0.5 กิโลกรัม และ Carapils malt 0.2 กิโลกรัม ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 20 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ acid rest ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 35-45 องศาเซลเซียส โดยมีเป้าหมายให้เอนไซม์ไฟเตส (phytase) ทำงานในการย่อย phytin เพื่อปลดปล่อย phytic acid ซึ่งจะทำให้ค่าพีเอชลดลง

2) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 50 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ protein rest ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 44-59 องศาเซลเซียส โดยมีจุดประสงค์ให้เอนไซม์โปรติเอสทำงานในการย่อยโปรตีนโมเลกุลขนาดใหญ่ให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มแหล่งโปรตีนให้กับยีสต์และช่วยลดความขุ่นของเบียร์ที่เกิดจากการตะกอนของโปรตีน

3) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 62 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 30 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ starch conversion rest ช่วงแรก ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 60-63 องศาเซลเซียส โดยมีจุดประสงค์ให้เอนไซม์เบต้าอะไมเลสทำงานในการย่อยแป้งจากปลายสายและปลดปล่อย มอลโตส ซึ่งเป็นน้ำตาลที่ยีสต์ใช้ในการหมักเอทานอลได้ (fermentable sugar)

4) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 72 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 30 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ starch conversion rest ช่วงที่สอง ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 70-72 องศาเซลเซียส โดยมีจุดประสงค์ให้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสทำงานในการย่อยแป้งแบบสุ่มทำให้ได้แป้งสายสั้นลง มอลโตโอลิโกแซ็คคาไรด์ มอลโตไตรโอส มอลโตส และกลูโคส ซึ่งจะมีทั้งส่วนที่เป็นน้ำตาลที่ยีสต์ใช้ในการหมักเอทานอลได้และไม่ได้ (non-fermentable sugar)

5) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 78 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ และเพื่อเป็นการสิ้นสุดการสกัดองค์ประกอบจากมอลต์เพื่อเตรียมเวิร์ท (mashing)

6) แยกของเหลวออกจากกากมอลต์ เวิร์ทที่แยกได้จะเรียกว่า first wort

7) ชะกากมอลต์จากข้อ 6 ด้วยน้ำดื่มอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ปริมาตร 10 ลิตร เวิร์ทที่ได้จากขั้นตอนนี้เรียกว่า last wort

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) นำ first wort จากข้อ 6 และ last wort จากข้อ 7 มาผสมกัน เวิร์ทที่ผสมกันแล้วจะเรียกว่า full wort

9) วิเคราะห์คุณสมบัติของ first wort, last wort และ full wort โดยวิเคราะห์ค่าพีเอช ค่าของแข็งที่ละลายทั้งหมด ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ และค่าความถ่วงจำเพาะ

ขั้นตอนการต้มน้ำเวิร์ท (wort boiling)

นำ full wort มาให้ความร้อนจนเดือด เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นเติม mosaic hops (bitter hops) 10.74 กรัม ต้มต่อเป็นเวลา 50 นาที จึงเติม hellatua mitterlfrun hops (aroma hops) 25 กรัม ต้มต่อเป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลาลดอุณหภูมิให้ได้ประมาณ 18 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการเติมกล้าเชื้อจุลินทรีย์ (pitching)

3.3.3 การเตรียมน้ำเวิร์ทเพื่อใช้ในการหมักเบียร์สูตรที่ 2 (rice AB6 beer)

การปรับคุณภาพน้ำดื่ม

ตวงน้ำดื่มปริมาตร 17 ลิตร ปรับคุณภาพน้ำดื่มโดยเติมแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) 2.0 กรัม แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) 2.8 กรัม และกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) 10.0 กรัม หลังจากนั้นนำมาวัดค่าพีเอช และค่าความเข้มข้นของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ทำการบันทึกผล

เมื่อนำน้ำดื่มที่ผ่านการปรับคุณภาพมาวัดค่าพีเอชมีค่า 5.15 และค่าความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 0.1 องศาบริกซ์

ขั้นตอนการสกัดองค์ประกอบจากมอลต์เพื่อเตรียมน้ำเวิร์ท (mashing)

ส่วนที่ 1 การต้มสกัดน้ำเวิร์ท rice AB6 malt

1) นำน้ำดื่มที่ผ่านการปรับสภาพปริมาตร 8.5 ลิตร มาปรับอุณหภูมิให้เท่ากับ 39 องศาเซลเซียส เติม rice AB6 malt 2.5 กิโลกรัม และ alpha amylase 10 กรัม เพื่อไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคไซด์ภายในสายพอลิเมอร์ของโมเลกุลสตาร์ช (starch) ทำการบ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ acid rest ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 35-45 องศาเซลเซียส โดยมีจุดประสงค์ให้เอนไซม์ไฟเตส (phytase) ทำงานในการย่อย phytin เพื่อปลดปล่อย phytic acid ซึ่งจะทำให้ค่าพีเอชลดลง

2) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 50 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ protein rest ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 44-59 องศาเซลเซียส โดยมีจุดประสงค์ให้เอนไซม์โปรติเอสทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการย่อยโปรตีนโมเลกุลใหญ่ให้มีโมเลกุลเล็กลง ซึ่งช่วยเพิ่มแหล่งโปรตีนให้กับยีสต์และช่วยลดความขุ่นของเบียร์ที่เกิดจากตะกอนโปรตีน

3) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 70 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 60 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ starch conversion rest ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 70-72 องศาเซลเซียส โดยมีจุดประสงค์ให้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสทำงานในการย่อยแป้งแบบสุ่มทำให้ได้แป้งสายสั้นลง มอลโตโอลิโกแซ็คคาไรด์ มอลโตไตรโอส มอลโตส และกลูโคส ซึ่งจะมีทั้งส่วนที่เป็นน้ำตาลที่ยีสต์สามารถใช้ในการหมักเอทานอลได้และไม่ได้ (non-fermentable sugar)

4) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 78 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ และเพื่อเป็นการสิ้นสุดการต้มสกัดน้ำเวิร์ท (mashing)

5) แยกน้ำเวิร์ทออกจากกากมอลต์ น้ำเวิร์ทที่แยกได้จะเรียกว่า first wort (ส่วนที่ 1)

6) ชะกากมอลต์จากข้อ 5 ด้วยน้ำดื่มอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ปริมาตร 6.5 ลิตร น้ำเวิร์ทที่ได้จากขั้นตอนนี้เรียกว่า last wort (ส่วนที่ 1)

7) นำ first wort จากข้อ 5 และ last wort จากข้อ 6 มาผสมกัน น้ำเวิร์ทที่ผสมกันแล้วจะเรียกว่า full wort (ส่วนที่ 1)

8) วิเคราะห์คุณสมบัติของ first wort, last wort และ full wort โดยวิเคราะห์ค่าพีเอช ค่าของแข็งที่ละลายทั้งหมด ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ และค่าความถ่วงจำเพาะ

ส่วนที่ 2 การต้มสกัดน้ำเวิร์ท barley malt

1) นำน้ำดื่มที่ผ่านการปรับสภาพปริมาตร 8.5 ลิตร มาปรับอุณหภูมิให้เท่ากับ 39 องศาเซลเซียส เติมมอลต์สำหรับการเตรียมน้ำเวิร์ทสำหรับเบียร์สูตรที่ 2 ซึ่งผ่าน การบดแล้ว ที่ประกอบไปด้วย pilsner malt 2.0 กิโลกรัม munich malt 0.5 กิโลกรัม carapils malt 0.2 กิโลกรัม ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ acid rest ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 35-45 องศาเซลเซียส โดยมีเป้าหมายให้เอนไซม์ไฟเตส (phytase) ทำงานในการย่อย phytin เพื่อปลดปล่อย phytic acid ซึ่งจะทำให้ค่าพีเอชลดลง

2) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 50 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ protein rest ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 44-59 องศาเซลเซียส โดยมีเป้าหมายให้เอนไซม์โปรติเอสทำงานใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การย่อยโปรตีนโมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง ซึ่งช่วยเพิ่มแหล่งโปรตีนให้กับยีสต์และช่วยลดความขุ่นของเบียร์ที่เกิดจากตะกอนโปรตีน

3) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 62 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 30 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ starch conversion rest ช่วงแรก ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 60-63 องศาเซลเซียส โดยมีจุดประสงค์ให้เอนไซม์บีต้าอะไมเลสทำงานในการย่อยแป้งจากปลายสายและปลดปล่อย มอลโตส ซึ่งเป็นน้ำตาลที่ยีสต์ใช้ในการหมักเอทานอลได้ (fermentable sugar)

4) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 72 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 30 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ starch conversion rest ช่วงที่สอง ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 70-72 องศาเซลเซียส โดยมีจุดประสงค์ให้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสทำงานในการย่อยแป้งแบบสุ่มทำให้ได้แป้งสายสั้นลง มอลโตโอลิโกแซ็คคาไรค์ มอลโตไตรโอส มอลโตส และกลูโคส ซึ่งจะมีทั้งส่วนที่เป็นน้ำตาลที่ยีสต์ใช้ในการหมักเอทานอลได้และไม่ได้ (non-fermentable sugar)

5) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 78 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ และเพื่อเป็นการสิ้นสุดการต้มสกัดน้ำเวิร์ท (mashing)

6) แยกน้ำเวิร์ทออกจากกากมอลต์ น้ำเวิร์ทที่แยกได้จะเรียกว่า first wort (ส่วนที่ 2)

7) ชะกากมอลต์จากข้อ 6 ด้วยน้ำดื่มอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ปริมาตร 6.5 ลิตร น้ำเวิร์ทที่ได้จากขั้นตอนนี้เรียกว่า last wort (ส่วนที่ 2)

8) นำ first wort จากข้อ 6 และ last wort จากข้อ 7 มาผสมกัน น้ำเวิร์ทที่ผสมกันแล้วจะเรียกว่า full wort (ส่วนที่ 2)

9) วิเคราะห์คุณสมบัติของ first wort, last wort และ full wort โดยวิเคราะห์ค่าพีเอช ค่าของแข็งที่ละลายทั้งหมด ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ และค่าความถ่วงจำเพาะ

<u>ขั้นตอนการต้มน้ำเวิร์ท (wort boiling)</u>

นำ full wort จากทั้งสองส่วนมาผสมให้เข้ากัน ให้ความร้อนจนเดือด เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นเติม mosaic hops (bitter hops) 10.74 กรัม ต้มต่อเป็นเวลา 50 นาที จึงเติม hellatua mitterlfrun hops (aroma hops) 25 กรัม ต้มต่อเป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลาลดอุณหภูมิให้ได้ประมาณ 18 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการเติมกล้าเชื้อจุลินทรีย์ (pitching)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การเตรียมน้ำเวิร์ทเพื่อใช้ในการหมักเบียร์สูตรที่ 3 (rice SP1 beer)

<u>การปรับคุณภาพน้ำดื่ม</u>

ตวงน้ำดื่มปริมาตร 17 ลิตร ปรับคุณภาพน้ำดื่มโดยเติมแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) 2.0 กรัม แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) 2.8 กรัม และกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) 10.0 กรัม หลังจากนั้นนำมาวัดค่าพีเอช และค่าความเข้มข้นของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ทำการบันทึกผล

เมื่อนำน้ำดื่มที่ผ่านการปรับคุณภาพมาวัดค่าพีเอชมีค่า 5.15 และค่าความเข้มข้นของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 0.1 องศาบริกซ์

<u>ขั้นตอนการสกัดองค์ประกอบจากมอลต์เพื่อเตรียมน้ำเวิร์ท (mashing)</u>

ส่วนที่ 1 การต้มสกัดน้ำเวิร์ท rice SP1 malt

1) นำน้ำดื่มที่ผ่านการปรับสภาพปริมาตร 8.5 ลิตร มาปรับอุณหภูมิให้เท่ากับ 39 องศาเซลเซียส เติม rice SP1 malt 2.5 กิโลกรัม และ alpha amylase 10 กรัม เพื่อไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคไซด์ภายในสายพอลิเมอร์ของโมเลกุลสตาร์ช (starch) ทำการบ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ acid rest ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 35-45 องศาเซลเซียส โดยมีจุดประสงค์ให้เอนไซม์ไฟเตส (phytase) ทำงานในการย่อย phytin เพื่อปลดปล่อย phytic acid ซึ่งจะทำให้ค่าพีเอชลดลง

2) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 50 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ protein rest ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 44-59 องศาเซลเซียส โดยมีจุดประสงค์ให้เอนไซม์โปรติเอสทำงานในการย่อยโปรตีนโมเลกุลใหญ่ให้มีโมเลกุลเล็กลง ซึ่งช่วยเพิ่มแหล่งโปรตีนให้กับยีสต์และช่วยลดความขุ่นของเบียร์ที่เกิดจากตะกอนโปรตีน

3) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 70 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 60 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ starch conversion rest ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 70-72 องศาเซลเซียส โดยมีจุดประสงค์ให้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสทำงานในการย่อยแป้งแบบสุ่มทำให้ได้แป้งสายสั้นลง มอลโตโอลิโกแซ็คคาไรด์ มอลโตไตรโอส มอลโตส และกลูโคส ซึ่งจะมีทั้งส่วนที่เป็นน้ำตาลที่ยีสต์สามารถใช้ในการหมักเอทานอลได้และไม่ได้ (non-fermentable sugar)

4) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 78 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ และเพื่อเป็นการสิ้นสุดการต้มสกัดน้ำเวิร์ท (mashing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) แยกน้ำเวิร์ทออกจากกากมอลต์ น้ำเวิร์ทที่แยกได้จะเรียกว่า first wort (ส่วนที่ 1)

6) ชะกากมอลต์จากข้อ 5 ด้วยน้ำดื่มอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ปริมาตร 6.5 ลิตร น้ำเวิร์ทที่ได้จากขั้นตอนนี้เรียกว่า last wort (ส่วนที่ 1)

7) นำ first wort จากข้อ 5 และ last wort จากข้อ 6 มาผสมกัน น้ำเวิร์ทที่ผสมกันแล้วจะเรียกว่า full wort (ส่วนที่ 1)

8) วิเคราะห์คุณสมบัติของ first wort, last wort และ full wort โดยวิเคราะห์ค่าพีเอช ค่าของแข็งที่ละลายทั้งหมด ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ และค่าความถ่วงจำเพาะ

ส่วนที่ 2 การต้มสกัดน้ำเวิร์ท barley malt

1) นำน้ำดื่มที่ผ่านการปรับสภาพปริมาตร 8.5 ลิตร มาปรับอุณหภูมิให้เท่ากับ 39 องศาเซลเซียส เติมมอลต์สำหรับการเตรียมน้ำเวิร์ทสำหรับเบียร์สูตรที่ 3 ซึ่งผ่าน การบดแล้ว ที่ประกอบไปด้วย pilsner malt 2.0 กิโลกรัม munich malt 0.5 กิโลกรัม carapils malt 0.2 กิโลกรัม ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ acid rest ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 35-45 องศาเซลเซียส โดยมีเป้าหมายให้เอนไซม์ไฟเตส (phytase) ทำงานในการย่อย phytin เพื่อปลดปล่อย phytic acid ซึ่งจะทำให้ค่าพีเอชลดลง

2) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 50 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ protein rest ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 44-59 องศาเซลเซียส โดยมีเป้าหมายให้เอนไซม์โปรติเอสทำงานในการย่อยโปรตีนโมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง ซึ่งช่วยเพิ่มแหล่งโปรตีนให้กับยีสต์และช่วยลดความขุ่นของเบียร์ที่เกิดจากตะกอนโปรตีน

3) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 62 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 30 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ starch conversion rest ช่วงแรก ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 60-63 องศาเซลเซียส โดยมีจุดประสงค์ให้เอนไซม์บีต้าอะไมเลสทำงานในการย่อยแป้งจากปลายสายและปลดปล่อย มอลโตส ซึ่งเป็นน้ำตาลที่ยีสต์ใช้ในการหมักเอทานอลได้ (fermentable sugar)

4) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 72 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 30 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ starch conversion rest ช่วงที่สอง ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 70-72 องศาเซลเซียส โดยมีจุดประสงค์ให้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสทำงานในการย่อยแป้งแบบสุ่มทำให้ได้แป้งสายสั้นลง มอลโตโอลิโกแซ็คคาไรด์ มอลโตไตรโอส มอลโตส และกลูโคส ซึ่งจะมีทั้งส่วนที่เป็นน้ำตาลที่ยีสต์ใช้ในการหมักเอทานอลได้และไม่ได้ (non-fermentable sugar)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 78 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ และเพื่อเป็นการสิ้นสุดการต้มสกัดน้ำเวิร์ท (mashing)

6) แยกน้ำเวิร์ทออกจากกากมอลต์ น้ำเวิร์ทที่แยกได้จะเรียกว่า first wort (ส่วนที่ 2)

7) ชะกากมอลต์จากข้อ 6 ด้วยน้ำดื่มอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ปริมาตร 6.5 ลิตร น้ำเวิร์ทที่ได้จากขั้นตอนนี้เรียกว่า last wort (ส่วนที่ 2)

8) นำ first wort จากข้อ 6 และ last wort จากข้อ 7 มาผสมกัน น้ำเวิร์ทที่ผสมกันแล้วจะเรียกว่า full wort (ส่วนที่ 2)

9) วิเคราะห์คุณสมบัติของ first wort, last wort และ full wort โดยวิเคราะห์ค่าพีเอช ค่าของแข็งที่ละลายทั้งหมด ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ และค่าความถ่วงจำเพาะ

ขั้นตอนการต้มน้ำเวิร์ท (wort boiling)

นำ full wort จากทั้งสองส่วนมาผสมให้เข้ากัน ให้ความร้อนจนเดือด เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นเติม mosaic hops (bitter hops) 10.74 กรัม ต้มต่อเป็นเวลา 50 นาที จึงเติม hellatua mitterlfrun hops (aroma hops) 25 กรัม ต้มต่อเป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลาลดอุณหภูมิให้ได้ประมาณ 18 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการเติมกล้าเชื้อจุลินทรีย์ (pitching)

3.3.5 การเตรียมน้ำเวิร์ทเพื่อใช้ในการหมักเบียร์สูตรที่ 4 (rice AB6+P beer)

การปรับคุณภาพน้ำดื่ม

ตวงน้ำดื่มปริมาตร 17 ลิตร ปรับคุณภาพน้ำดื่มโดยเติมแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) 2.0 กรัม แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) 2.8 กรัม และกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) 10.0 กรัม หลังจากนั้นนำมาวัดค่าพีเอช และค่าความเข้มข้นของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ทำการบันทึกผล

เมื่อนำน้ำดื่มที่ผ่านการปรับคุณภาพมาวัดค่าพีเอชมีค่า 5.15 และค่าความเข้มข้นของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 0.1 องศาบริกซ์

ขั้นตอนการสกัดองค์ประกอบจากมอลต์เพื่อเตรียมน้ำเวิร์ท (mashing)

ส่วนที่ 1 การต้มสกัดน้ำเวิร์ท rice AB6 malt

1) นำน้ำดื่มที่ผ่านการปรับสภาพปริมาตร 8.5 ลิตร มาปรับอุณหภูมิให้เท่ากับ 39 องศาเซลเซียส เติม rice AB6 malt 2.5 กิโลกรัม protein grain 250 กรัม และ alpha amylase 10 กรัม เพื่อไฮโดรไลซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธะไกลโคไซด์ภายในสายพอลิเมอร์ของโมเลกุลสตาร์ช (starch) ทำการบ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ acid rest ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 35-45 องศาเซลเซียส โดยมีจุดประสงค์ให้เอนไซม์ไฟเตส (phytase) ทำงานในการย่อย phytin เพื่อปลดปล่อย phytic acid ซึ่งจะทำให้ค่าพีเอชลดลง

2) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 50 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ protein rest ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 44-59 องศาเซลเซียส โดยมีจุดประสงค์ให้เอนไซม์โปรติเอสทำงานในการย่อยโปรตีนโมเลกุลใหญ่ให้มีโมเลกุลเล็กลง ซึ่งช่วยเพิ่มแหล่งโปรตีนให้กับยีสต์และช่วยลดความขุ่นของเบียร์ที่เกิดจากตะกอนโปรตีน

3) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 70 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 60 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ starch conversion rest ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 70-72 องศาเซลเซียส โดยมีจุดประสงค์ให้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสทำงานในการย่อยแป้งแบบสุ่มทำให้ได้แป้งสายสั้นลง มอลโตโอลิโกแซ็คคาไรค์ มอลโตไตรโอส มอลโตส และกลูโคส ซึ่งจะมีทั้งส่วนที่เป็นน้ำตาลที่ยีสต์สามารถใช้ในการหมักเอทานอลได้และไม่ได้ (non-fermentable sugar)

4) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 78 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ และเพื่อเป็นการสิ้นสุดการต้มสกัดน้ำเวิร์ท (mashing)

5) แยกน้ำเวิร์ทออกจากกากมอลต์ น้ำเวิร์ทที่แยกได้จะเรียกว่า first wort (ส่วนที่ 1)

6) ชะกากมอลต์จากข้อ 5 ด้วยน้ำดื่มอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ปริมาตร 6.5 ลิตร น้ำเวิร์ทที่ได้จากขั้นตอนนี้เรียกว่า last wort (ส่วนที่ 1)

7) นำ first wort จากข้อ 5 และ last wort จากข้อ 6 มาผสมกัน น้ำเวิร์ทที่ผสมกันแล้วจะเรียกว่า full wort (ส่วนที่ 1)

8) วิเคราะห์คุณสมบัติของ first wort, last wort และ full wort โดยวิเคราะห์ค่าพีเอช ค่าของแข็งที่ละลายทั้งหมด ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ และค่าความถ่วงจำเพาะ

ส่วนที่ 2 การต้มสกัดน้ำเวิร์ท barley malt

1) นำน้ำดื่มที่ผ่านการปรับสภาพปริมาตร 8.5 ลิตร มาปรับอุณหภูมิให้เท่ากับ 39 องศาเซลเซียส เติมมอลต์สำหรับการเตรียมน้ำเวิร์ทสำหรับเบียร์สูตรที่ 4 ซึ่งผ่าน การบดแล้ว ที่ประกอบไปด้วย pilsner malt 2.0 กิโลกรัม munich malt 0.5 กิโลกรัม carapils malt 0.2 กิโลกรัม ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ acid rest ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 35-45 องศาเซลเซียส โดยมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป้าหมายให้เอนไซม์ไฟเตส (phytase) ทำงานในการย่อย phytin เพื่อปลดปล่อย phytic acid ซึ่งจะทำให้ค่าพีเอชลดลง

2) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 50 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ protein rest ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 44-59 องศาเซลเซียส โดยมีเป้าหมายให้เอนไซม์โปรติเอสทำงานในการย่อยโปรตีนโมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง ซึ่งช่วยเพิ่มแหล่งโปรตีนให้กับยีสต์และช่วยลดความขุ่นของเบียร์ที่เกิดจากตะกอนโปรตีน

3) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 62 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 30 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ starch conversion rest ช่วงแรก ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 60-63 องศาเซลเซียส โดยมีจุดประสงค์ให้เอนไซม์บีต้าอะไมเลสทำงานในการย่อยแป้งจากปลายสายและปลดปล่อย มอลโตส ซึ่งเป็นน้ำตาลที่ยีสต์ใช้ในการหมักเอทานอลได้ (fermentable sugar)

4) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 72 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 30 นาที ขั้นตอนนี้ คือ การทำ starch conversion rest ช่วงที่สอง ซึ่งนิยมทำในช่วงอุณหภูมิ 70-72 องศาเซลเซียส โดยมีจุดประสงค์ให้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสทำงานในการย่อยแป้งแบบสุ่มทำให้ได้แป้งสายสั้นลง มอลโตโอลิโกแซ็คคาไรด์ มอลโตไตรโอส มอลโตส และกลูโคส ซึ่งจะมีทั้งส่วนที่เป็นน้ำตาลที่ยีสต์ใช้ในการหมักเอทานอลได้และไม่ได้ (non-fermentable sugar)

5) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 78 องศาเซลเซียส บ่มที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ และเพื่อเป็นการสิ้นสุดการต้มสกัดน้ำเวิร์ท (mashing)

6) แยกน้ำเวิร์ทออกจากกากมอลต์ น้ำเวิร์ทที่แยกได้จะเรียกว่า first wort (ส่วนที่ 2)

7) ชะกากมอลต์จากข้อ 6 ด้วยน้ำดื่มอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ปริมาตร 6.5 ลิตร น้ำเวิร์ทที่ได้จากขั้นตอนนี้เรียกว่า last wort (ส่วนที่ 2)

8) นำ first wort จากข้อ 6 และ last wort จากข้อ 7 มาผสมกัน น้ำเวิร์ทที่ผสมกันแล้วจะเรียกว่า full wort (ส่วนที่ 2)

9) วิเคราะห์คุณสมบัติของ first wort, last wort และ full wort โดยวิเคราะห์ค่าพีเอช ค่าของแข็งที่ละลายทั้งหมด ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ และค่าความถ่วงจำเพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการต้มน้ำเวิร์ท (wort boiling)

นำ full wort จากทั้งสองส่วนมาผสมให้เข้ากัน ให้ความร้อนจนเดือด เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นเติม mosaic hops (bitter hops) 10.74 กรัม ต้มต่อเป็นเวลา 50 นาที จึงเติม hellatua mitterlfrun hops (aroma hops) 25 กรัม ต้มต่อเป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลาลดอุณหภูมิให้ได้ประมาณ 18 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการเติมกล้าเชื้อจุลินทรีย์ (pitching)

3.3.6 การเติมกล้าเชื้อจุลินทรีย์ (pitching)

ขั้นตอนการเตรียมกล้าเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* สำหรับใช้ในการหมักเบียร์ แบ่งออกได้ 2 ขั้นตอน ดังนี้

การเตรียมกล้าเชื้อขั้นที่ 1 (primary starter)

เขี่ยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* จากอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อ YPD (อาหารแข็งเลี้ยงเชื้อ YPD เตรียมโดยชั่งปริมาณ yeast extract 5 กรัม peptone 20 กรัม และ dextrone 20 กรัม นำไปละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 800 มิลลิลิตรจากนั้นปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร ใส่ agar ปริมาณ 15 กรัม คนให้เข้ากัน นำไปใส่ในไมโครเวฟให้ความร้อนจนกระทั่ง agar ละลายจนหมด จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เมื่อครบกำหนดระยะเวลา นำอาหารเลี้ยงเชื้อเทลงบนจานเลี้ยงเชื้อปริมาตร 20 มิลลิลิตร รอให้วุ้นแข็งตัว) ลงในอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อ malt (อาหารเหลวเลี้ยงเชื้อ malt เตรียมโดยชั่งปริมาณ malt extract ปริมาณ 150 กรัม เทลงในน้ำกลั่นปริมาตร 800 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เมื่อครบกำหนดระยะเวลา ทำการแบ่งใส่ในฟลาสก์ ขนาด 500 มิลลิลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยอัตราส่วนระหว่างเชื้อกับอาหารเหลว malt คือ 150 กรัมต่อลิตร) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ ขนาด 500 มิลลิลิตร เพาะเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เขย่าที่ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง

การเตรียมหัวเชื้อขั้นที่ 2 (secondary starter)

ถ่ายกล้าเชื้อในขั้นที่ 1 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อ malt ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ ขนาด 500 มิลลิลิตร เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เขย่าที่ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดระยะเวลา นำกล้าเชื้อในขั้นที่ 2 เทลงในถังหมักในขั้นตอนการหมักเบียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 การหมักเบียร์ (fermentation)

ขั้นตอนการหมักเบียร์ขั้นที่ 1 (first fermentation)

1) หลังเติมกล้าเชื้อในถังหมักนำผ้าขาวบางที่ผ่านการฆ่าเชื้อปิดบริเวณปากถังหมัก จากนั้นนำถังหมักหมักที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่เฉพาะตัวของเบียร์

2) เมื่อครบเวลา นำผ้าขาวบางออกและทำการเติมฮอปส์ให้ทั่วบริเวณผิวหน้าของเบียร์ จากนั้นปิดฝาถังหมักหมักนำ air lock ติดตั้งบริเวณฝาถัง หมักที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้เกิดกระบวนการหมักต่อไป

การหมักเบียร์ขั้นที่ 2 (secondary fermentation)

นำถังหมักหมักที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 วัน โดยมีจุดประสงค์เพื่อทำให้เกิดการตกตะกอนของยีสต์ ฮอปส์ และกากธัญพืชต่าง ๆ เพื่อให้เบียร์จะมีความใสที่เพิ่มมากขึ้น

3.3.8 การบ่มเบียร์ (aging)

1) เติมซูโครส ปริมาตร 5 มิลลิลิตร (เตรียมโดยชั่งปริมาตรน้ำตาลทราย 20.36 กรัม และนำไปละลายในน้ำดื่มปริมาตร 50 มิลลิลิตร) ลงในขวดสีชาสำหรับบรรจุเบียร์

2) บรรจุเบียร์ที่ผ่านขั้นตอนการหมักปริมาตร 330 มิลลิลิตร ลงในขวดสีชาที่มีการเติมซูโครส จากนั้นปิดปากขวด และนำไปบ่มที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ยีสต์เปลี่ยนซูโครสเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน

3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.4.1 การวัดการเจริญเติบโตของเชื้อ

การวัดการเจริญของเชื้อ ดำเนินการโดยนับจำนวนเซลล์ของยีสต์ด้วย Haematocytometer โดยนำตัวอย่างน้ำเวิร์ท และเบียร์ มาทำการเจือจางด้วยน้ำกลั่นตามความเข้มข้นที่เหมาะสม จากนั้นทำการเติมสีย้อมเซลล์ (สารละลาย Methylene blue มีปริมาณของ Methylene blue 0.1 กรัม ละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตร) ด้วยอัตราส่วน 1:1 จากนั้นทำการทิ้งไว้ 10 นาที และนำไปทำการนับใต้กล้องจุลทรรศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การวัดความถ่วงจำเพาะ

เป็นการวัดความถ่วงจำเพาะโดยอาศัยหลักการลอยตัวของวัตถุ โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์และอ่านค่าบนไฮโดรมิเตอร์ เพื่อเสดงค่าความถ่วงจำเพาะในตัวอย่างน้ำเวิร์ทและเบียร์ที่วัดได้

3.4.3 การวัดค่าพีเอช

ทำการปรับเทียบมาตรฐานก่อนการใช้งานโดยเทียบกับสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน ค่าความเป็นกรดด่าง 4, 7 และ 10 จากนั้นวัดค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเวิร์ทและเบียร์ที่มีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

3.4.4 การวัดค่าสี (Cela *et al.,*2022)

การวิเคราะห์สีของตัวอย่างดำเนินการโดยนำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร จากนั้นนำตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank จากนั้นทำการคำนวณค่าที่ได้ตามสมการดังต่อไปนี้

Color (EBC units) = A x f x 25

เมื่อ A = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 430

f = ค่าการเจือจาง

3.4.5 การวิเคราะห์ปริมาณของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (คฑาธร และพัชรพร, 2560)

วิเคราะห์ความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายในตัวอย่างน้ำเวิร์ท และเบียร์ โดยอาศัยหลักการหักเหของแสงจากปริซึมเพื่ออ่านค่าความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายอยู่ในตัวอย่างด้วย refractometer ซึ่งค่าการหักเหจะแปรเปลี่ยนไปตามความเข้มข้นของน้ำตาลที่อยู่ในของเหลวตัวอย่างที่ใช้วัด

3.4.6 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของน้ำตาลด้วยวิธี DNS (Miller, 1959)

วิเคราะห์ความเข้มข้นของน้ำตาลด้วยวิธี DNS ดำเนินการโดยนำตัวอย่างมาเจือจางจนได้ความเข้มข้นที่เหมาะสม จากนั้นผสมตัวอย่างปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร กับสารละลายกรดไดไนโตรซาลิไซลิก (3,5-dinitrosalicylic acid ; DNS) ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตรในหลอดทดลอง เขย่าให้เข้ากันและนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นแช่หลอดทดลองลงในน้ำเย็นเป็นเวลา 5 นาที เพื่อหยุดปฏิกิริยา เติมน้ำกลั่นลงในหลอดทดลองปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.7 การวิเคราะห์อะมิโนไนโตรเจนอิสระ (Prasad *et al.,* 2022)

วิเคราะห์อะมิโนไนโตรเจนอิสระ (free amino nitrogen, FAN) ของตัวอย่างโดยนำตัวอย่างน้ำเวิร์ทและเบียร์ปริมาตร 1 และ 2 มิลลิลิตร ตามลำดับ ทำการเจือจางที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม จากนั้นนำตัวอย่างที่ผ่านการเจือจางที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม 1 มิลลิลิตร และทำการเติม Ninhydrin color reagent ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และนำไปให้ความร้อนในน้ำเดือดเป็นเวลา 16 นาที จากนั้นทำให้เย็นเป็นเวลา 20 นาที และทำการเติม Dilution solution ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 นาที และทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร โดยทำการวัดเทียบกับ glycine standard solution ซึ่งสามารถคำนวนค่า FAN ได้ตามสมการดังต่อไปนี้

$$\text{FAN (mg/L)} = \frac{Abs_S}{Abs_G} \times 2 \times D$$

เมื่อ Abs_S = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 570 nm

Abs_G = ค่าเฉลี่ยของการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานที่ความยาวคลื่น 570 nm

D = ค่าการเจือจางตัวอย่าง

3.4.8 การวิเคราะห์ความขม (Analytica-EBC, 2008)

การวิเคราะห์ความขมจะดำเนินการโดยนำตัวอย่างเบียร์ที่ผ่านการไล่แก๊สปริมาตร 10 มิลลิลิตรทำการเติม 1-octanol1 หยด 3M HCl ปริมาตร 1 มิลลิลิตรและ Isooctane ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปิดฝาให้แน่นและทำการเขย่าเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นนำไปใส่ในเครื่องหมุนเหวี่ยงตกตะกอนที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที และนำส่วนใสที่ได้ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 275 นาโนเมตร

3.4.9 การวิเคราะห์รสสัมผัสของเบียร์

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบให้คะแนน 5 ระดับ (5 points hedonic scale) โดยผู้ทดสอบจำนวน 36 คน โดยเป็นผู้ที่เคยดื่มหรือชอบดื่มเบียร์และมีอายุตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป เพื่อทำการทดสอบความชอบ แบบทดสอบจะทำการกำหนดคะแนนที่ได้โดยระบุระดับคะแนน ดังนี้ ชอบมาก เท่ากับ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คะแนน ชอบ เท่ากับ 4 คะแนน ปานกลาง เท่ากับ 3 คะแนน ไม่ชอบ เท่ากับ 2 คะแนน และไม่ชอบมาก เท่ากับ 1 คะแนน

3.4.10 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์การทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และ One Way ANOVA วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

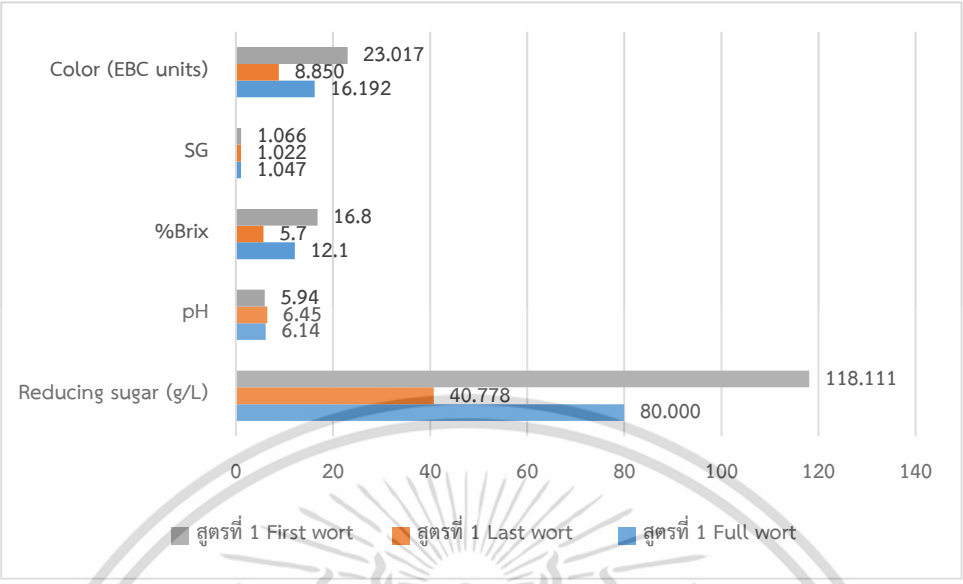
บทที่ 4

ผลการศึกษา

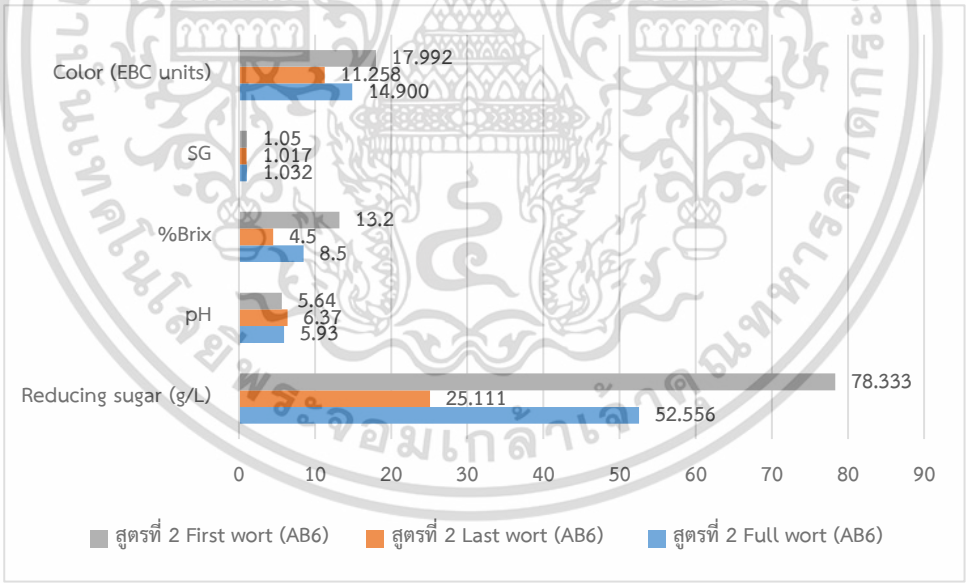
4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพของน้ำเวิร์ท

ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ค่าความเป็นพีเอช ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และความเข้มข้นของน้ำตาลด้วยวิธี DNS พบว่า full wort จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 (AB6 rice) เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช มีค่าสีสูงที่สุด 24.617 EBC units (รูปที่ 4.4) รองลงมาคือ full wort จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี (SP1 rice) 21.467 EBC units (รูปที่ 4.3) และ full wort จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ที่มีค่าสีต่ำที่สุดคือ full wort จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 (AB6 rice) 14.900 EBC units (รูปที่ 4.2) ซึ่งมีค่าสีน้อยว่าตัวควบคุม full wort จากมอลต์ข้าวสาลี 16.192 EBC units (รูปที่ 4.1) และ full wort จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 (AB6 rice) เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืชที่ มีค่าสีสูงที่สุด มีค่าความถ่วงจำเพาะ มากที่สุด 1.052 (รูปที่ 4.5) รองลงมาคือ full wort จากมอลต์ข้าวสาลี 1.047 (รูปที่ 4.1) ซึ่งเป็นตัวควบคุม และมีปริมาณของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มากที่สุด 12.1 องศาบริกซ์ ค่าพีเอช full wort จากมอลต์ข้าวสาลีมีค่ามากที่สุด 6.14 เนื่องจากน้ำดื่มที่นำมาทำการต้มสกัดน้ำเวิร์ทมีค่าพีเอชสูงกว่าน้ำดื่มที่นำมาทำการต้มสกัดมอลต์จากข้าวเหนียวทำให้น้ำเวิร์ทจากข้าวสาลีมีค่ามากที่สุด และ full wort จากมอลต์ข้าวสาลีมีความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุด 80.000 กรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.1) full wort จากข้าวเหนียวที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุดคือ full wort จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี (SP1 rice) 56.444 กรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.4) รองลงมาคือ 54.667 (รูปที่ 4.3) กรัมต่อลิตร full wort จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 (AB6 rice) เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช และมีความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์น้อยที่สุดคือ full wort จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 (AB6 rice) 52.556 กรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

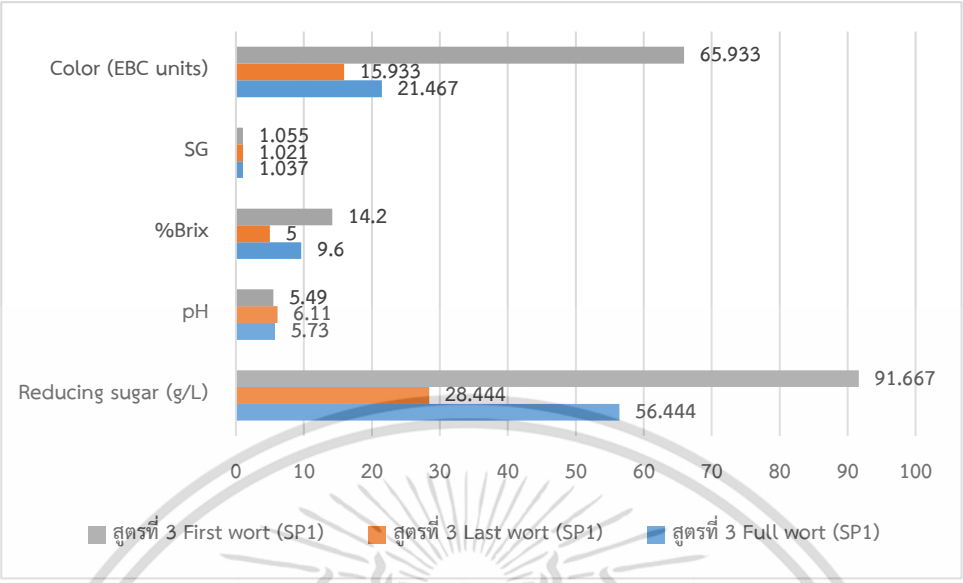


รูปที่ 4.1 แสดงค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ ของน้ำเวิร์ทสูตรที่ 1 มอลต์ข้าวสาลี

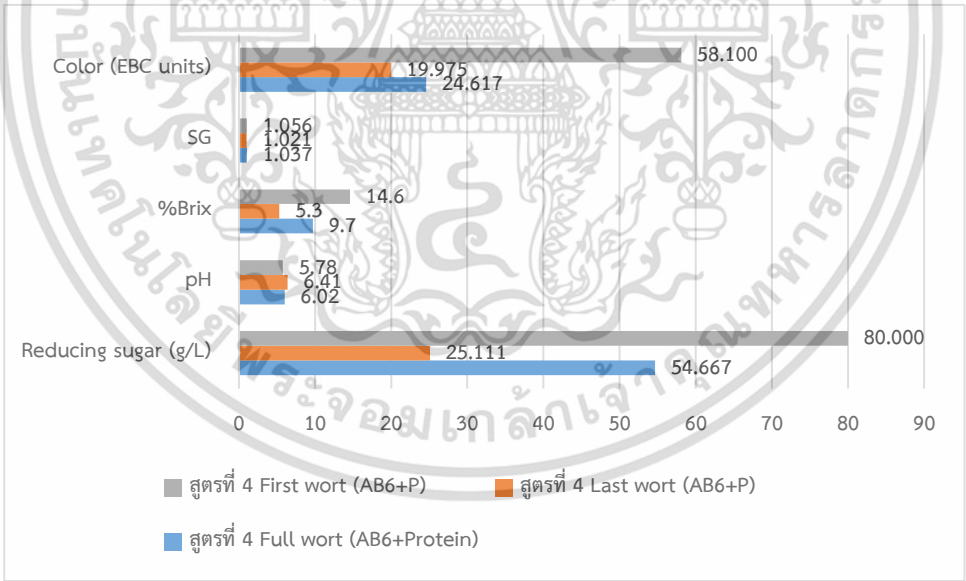


รูปที่ 4.2 แสดงค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ ของน้ำเวิร์ทส่วนที่ 1 สูตรที่ 2 จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ ของน้ำเวิร์ทส่วนที่ 1 สูตรที่ 3 จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี1

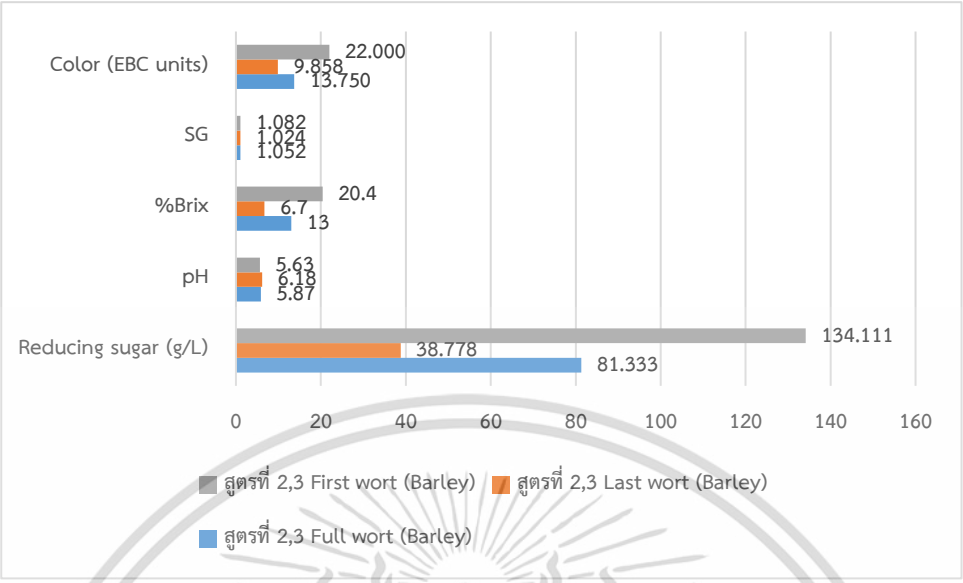


รูปที่ 4.4 แสดงค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ ของน้ำเวิร์ทส่วนที่ 1 สูตรที่ 2 จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช

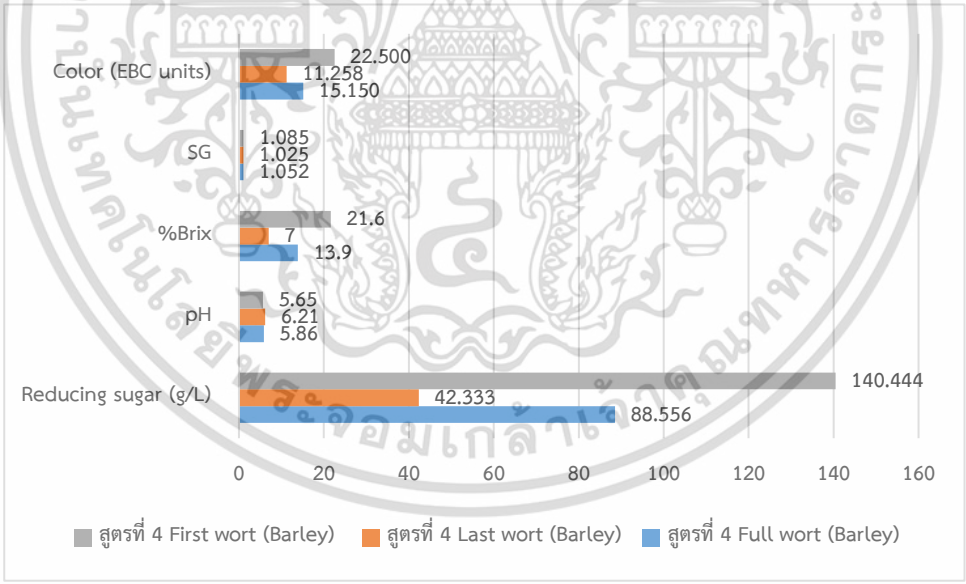
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ค่าความเป็นพีเอช ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และความเข้มข้นของน้ำตาลด้วยวิธี DNS พบว่าเมื่อนำ full wort จากมอลต์ข้าวบาร์เลย์ (รูปที่ 4.5 กับรูปที่ 4.6) เทผสมกับ full wort จากมอลต์ข้าวเหนียว ค่าสีของ full wort ที่เทผสมระหว่าง มอลต์ข้าวบาร์เลย์ กับมอลต์ข้าวเหนียว full wort จากสูตรที่ 3 (มอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี) มีค่าสีมากที่สุดคือ 20.883 EBC units รองลงมาคือ full wort จากสูตรที่ 4 (มอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช) 19.542 EBC units และน้อยที่สุดคือ full wort จากสูตรที่ 2 (มอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6) 19.033 EBC units ค่าความถ่วงจำเพาะ ปริมาณของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และ ค่าพีเอช ของ full wort ทั้ง 3 สูตรมีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่ค่าความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุดคือ full wort จากสูตรที่ 4 (มอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช) 72.556 กรัมต่อลิตร รองลงมาคือ full wort จากสูตรที่ 3 (มอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี) 67.222 กรัมต่อลิตร และน้อยที่สุดคือ full wort จากสูตรที่ 2 (มอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6) 65.333 กรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.7) ส่งผลให้ค่าสีของ full wort จากมอลต์ข้าวเหนียว มีค่ามากกว่า full wort จากมอลต์ข้าวสาลี ซึ่งเป็นตัวควบคุม โดยค่าสีของ full wort จากมอลต์ข้าวเหนียวมีผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดของแกลบระหว่างขั้นตอนการต้มสกัดน้ำเวิร์ทและขั้นตอนการต้มน้ำเวิร์ทจากมอลต์ข้าวเหนียว โดยผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลการทดลองของ โชคชัย (2558) แต่ความถ่วงจำเพาะ ค่าความเป็นพีเอช ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ ของ full wort จากมอลต์ข้าวเหนียวใกล้เคียงกับ full wort จากมอลต์ข้าวสาลี ทำให้สามารถนำมาน้ำเวิร์ทที่มีส่วนผสมระหว่างมอลต์ข้าวเหนียว กับมอลต์ข้าวบาร์เลย์นำไปใช้ในผลิตเบียร์ต่อไปได้ โดยมีคุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพ ใกล้เคียงกับน้ำเวิร์ทจากมอลต์ข้าวเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

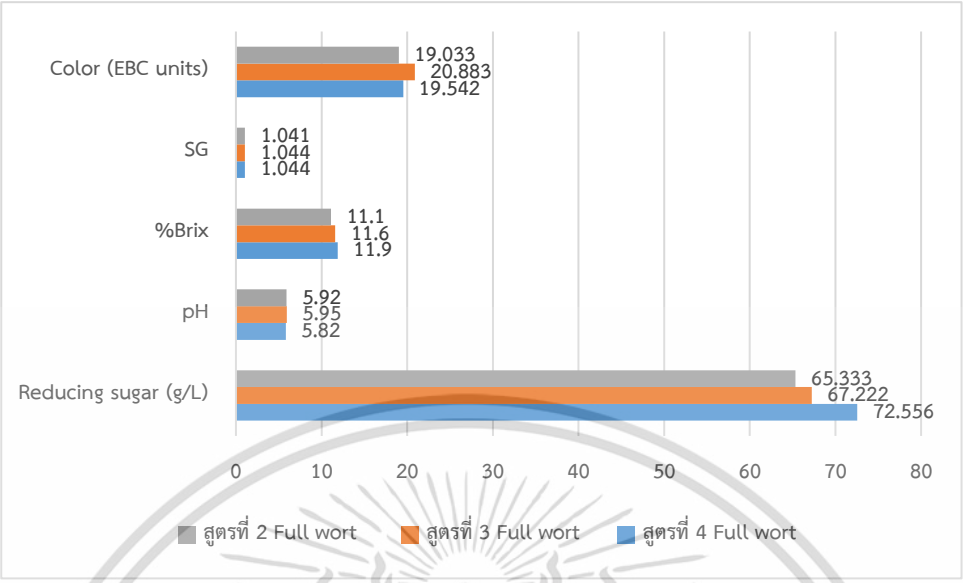


รูปที่ 4.5 แสดงค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ ของน้ำเวิร์ทส่วนที่ 2 สูตรที่ 2 กับสูตรที่ 3 จากมอลต์ข้าวบาร์เลย์



รูปที่ 4.6 แสดงค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ ของน้ำเวิร์ทสูตรที่ 4 จากมอลต์ข้าวบาร์เลย์

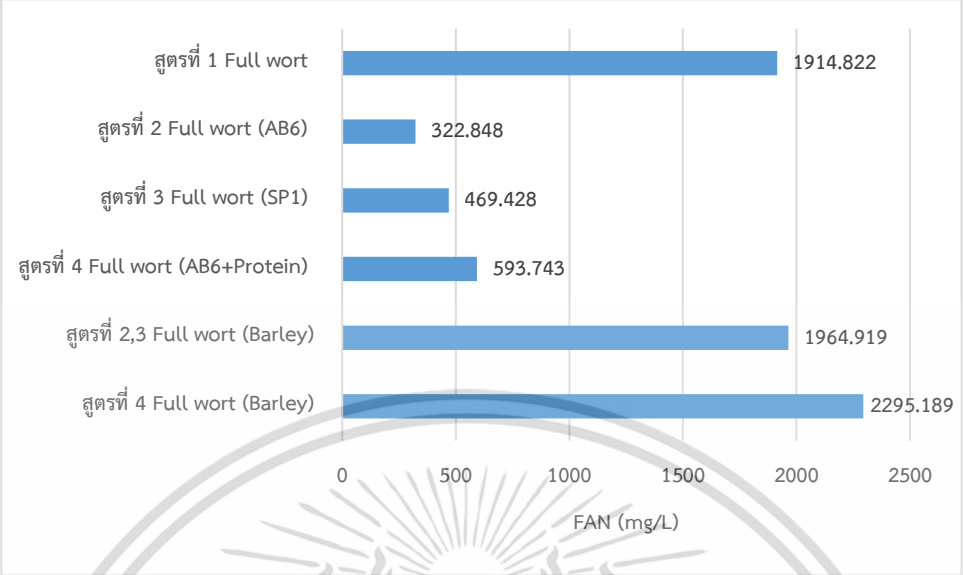
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ ของ full wort ส่วนที่ 1 จากสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 ผสมกับ full wort ส่วนที่ 2 จากสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4

วิเคราะห์อะมิโนไนโตรเจนอิสระของ full wort จากมอลต์ข้าวเหนียว (สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4) และ full wort จากมอลต์ข้าวบาร์เลย์ (สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4) เปรียบเทียบกับตัวควบคุม full wort จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) พบว่า full wort จากมอลต์ข้าวบาร์เลย์ (สูตรที่ 4) มีอะมิโนไนโตรเจนอิสระมากที่สุดคือ 2295.189 มิลลิกรับต่อลิตร รองลงมาคือ full wort จากมอลต์ข้าวบาร์เลย์ (สูตรที่ 2 และ 3) 1964.919 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าใกล้เคียงกับ full wort จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) 1914.822 มิลลิกรัมต่อลิตร อะมิโนไนโตรเจนอิสระใน full wort จากมอลต์ข้าวเหนียวมีค่าน้อยกว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับ full wort จากมอลต์ข้าวสาลี ซึ่งเป็นตัวควบคุม (รูปที่ 4.8)

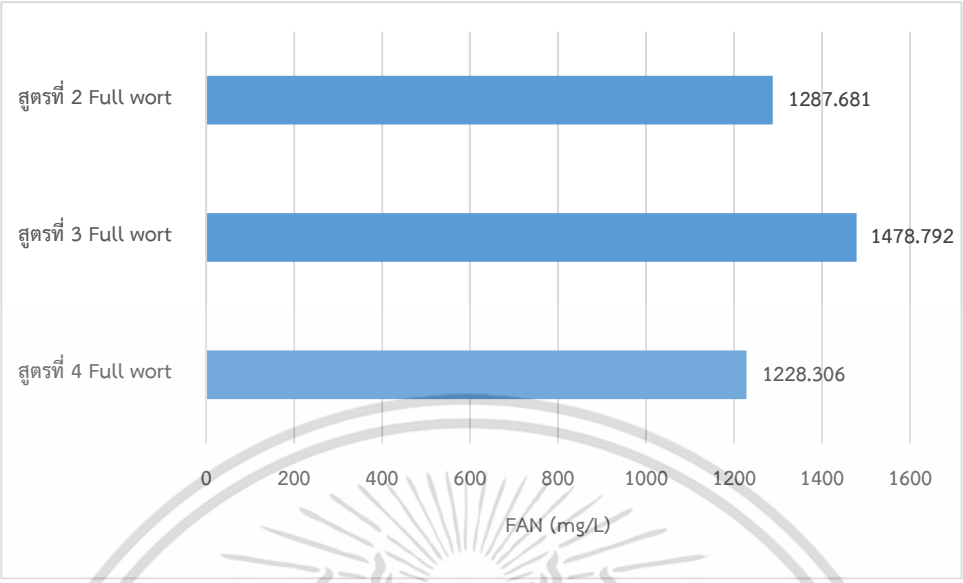
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงอะมิโนไนโตรเจนอิสระของ full wort จากมอลต์ข้าวเหนียวสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 และ full wort จากมอลต์ข้าวบาร์เลย์สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4

วิเคราะห์อะมิโนไนโตรเจนอิสระของ full wort จากมอลต์ข้าวบาร์เลย์ เทผสมกับ full wort จากมอลต์ข้าวเหนียว พบว่าเมื่อนำ full wort จากมอลต์ข้าวบาร์เลย์ (สูตรที่ 2 กับสูตรที่ 3) เทผสมกับ full wort จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี1 (สูตรที่ 3) มีอะมิโนไนโตรเจนมากที่สุดคือ 1478.792 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ full wort จากมอลต์ข้าวบาร์เลย์ (สูตรที่ 2 กับสูตรที่ 3) เทผสมกับ full wort จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 (สูตรที่ 2) 1287.681 มิลลิกรัมต่อลิตร และ full wort จากมอลต์ข้าวบาร์เลย์ (สูตรที่ 4) เทผสมกับ full wort จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 (สูตรที่ 4) มีอะมิโนไนโตรเจนน้อยที่สุด (รูปที่ 4.9) เมื่อเปรียบเทียบกับ full wort จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) ซึ่งเป็นตัวควบคุม จะมีอะมิโนไนโตรเจนอิสระน้อยกว่า แต่มีอะมิโนไนโตรเจนอิสระมากขึ้นเมื่อทำการเทผสมระหว่าง full wort จากมอลต์ข้าวบาร์เลย์ กับ full wort จากมอลต์ข้าวเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

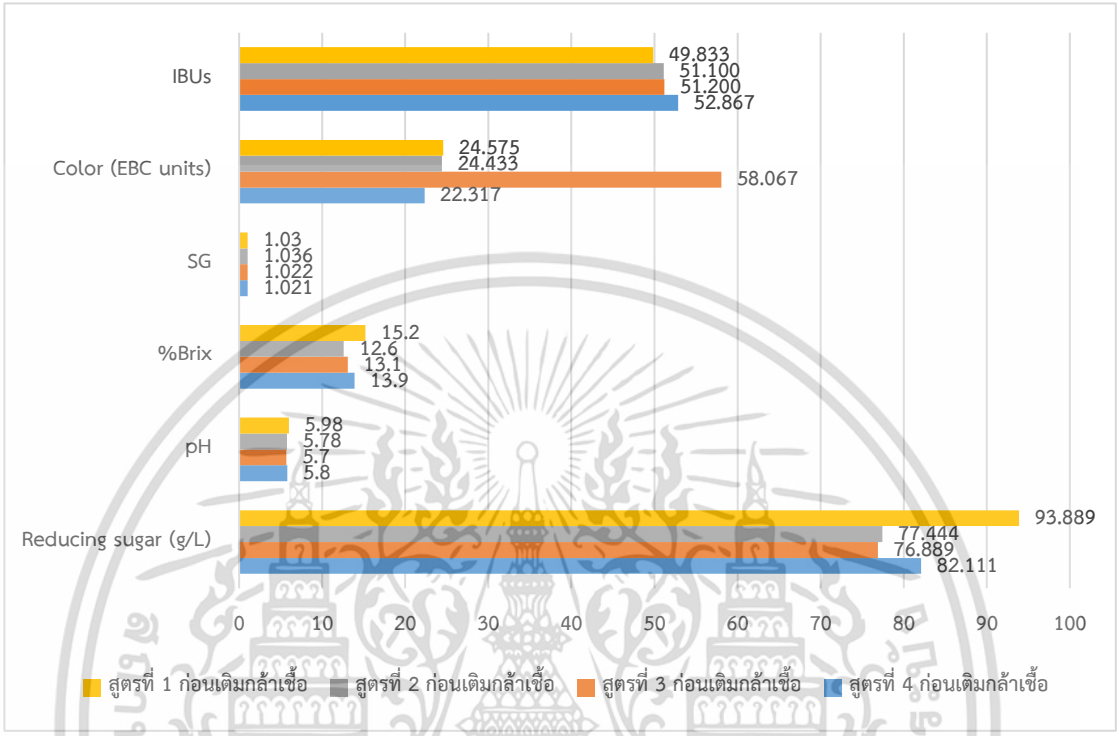


รูปที่ 4.9 แสดงอะมิโนไนโตรเจนอิสระของ full wort ส่วนที่ 1 จากสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 ผสมกับ full wort ส่วนที่ 2 จากสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4

4.2 การวิเคราะห์ คุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพของเบียร์

ก่อนและหลังทำการเติมกล้าเชื้อในน้ำเวิร์ทเพื่อให้เกิดระบวนการหมัก เก็บตัวอย่างเบียร์วันที่ 0 วันที่ 7 วันที่ 28 และเก็บตัวอย่างเบียร์หลังทำการบ่มเบียร์ เป็นเวลา 20 วัน ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพ ได้แก่ ความขม ค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่าก่อนทำการเติมกล้าเชื้อ เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว มีค่าความขมมากกว่าเบียร์จากข้าวสาลีเล็กน้อย แต่เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี (สูตรที่ 3) จะมีค่าสี 58.067 EBC units มากกว่าเบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) ที่เป็นตัวควบคุม มีค่าสี 24.575 EBC units ซึ่งใกล้เคียงกับเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 (สูตรที่ 2) และเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช (สูตรที่ 4) ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าพีเอชของเบียร์ทั้ง 4 สูตรใกล้เคียงกัน แต่เบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) จะมีค่าความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มากที่สุดคือ 15.2 องศาบริกซ์ รองลงมาคือ เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช (สูตรที่ 3) 13.9 องศาบริกซ์ และเบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) มีความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุดคือ 93.889 กรัมต่อลิตร รองลงมาคือ เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช (สูตรที่ 4) 82.111 กรัมต่อลิตร เช่นเดียวกัน (รูปที่ 4.10)

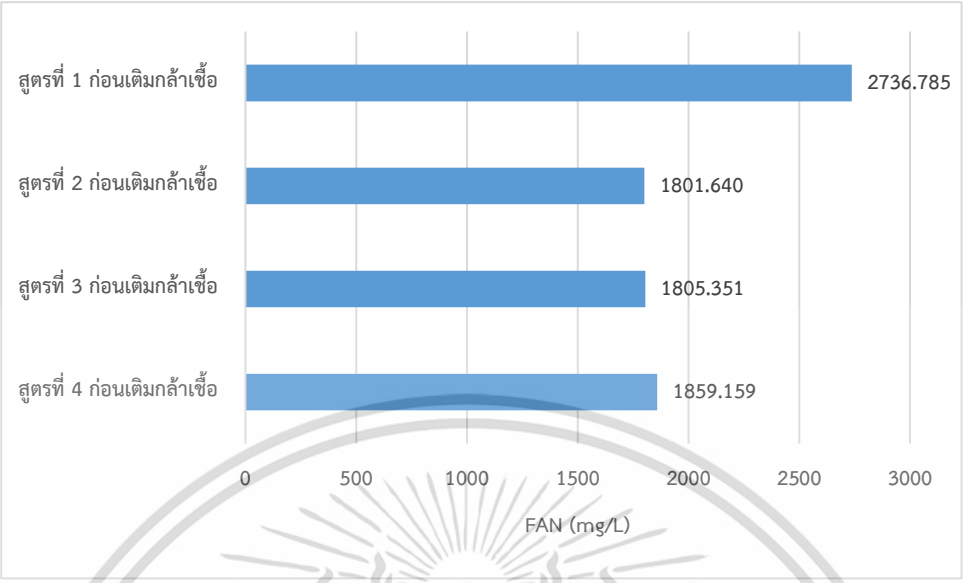
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงค่าความขม ค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ จากทั้ง 4 สูตร ก่อนทำการเติมกล้าเชื้อ

วิเคราะห์อะมิโนไนโตรเจนอิสระของเบียร์ทั้ง 4 สูตรก่อนทำการเติมกล้าเชื้อ พบว่าเบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) ซึ่งเป็นตัวควบคุม มีอะมิโนไนโตรเจนอิสระมากที่สุดคือ 2736.785 มิลลิกรัมต่อลิตร เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียวจะมีอะมิโนไนโตรเจนใกล้เคียงกัน โดยเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียวที่มีอะมิโนไนโตรเจนมากที่สุดคือ เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช (สูตรที่ 4) 1859.159 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี (สูตรที่ 3) และมีอะมิโนไนโตรเจนน้อยที่สุดคือ เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 (สูตรที่ 2) 1801.640 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.11)

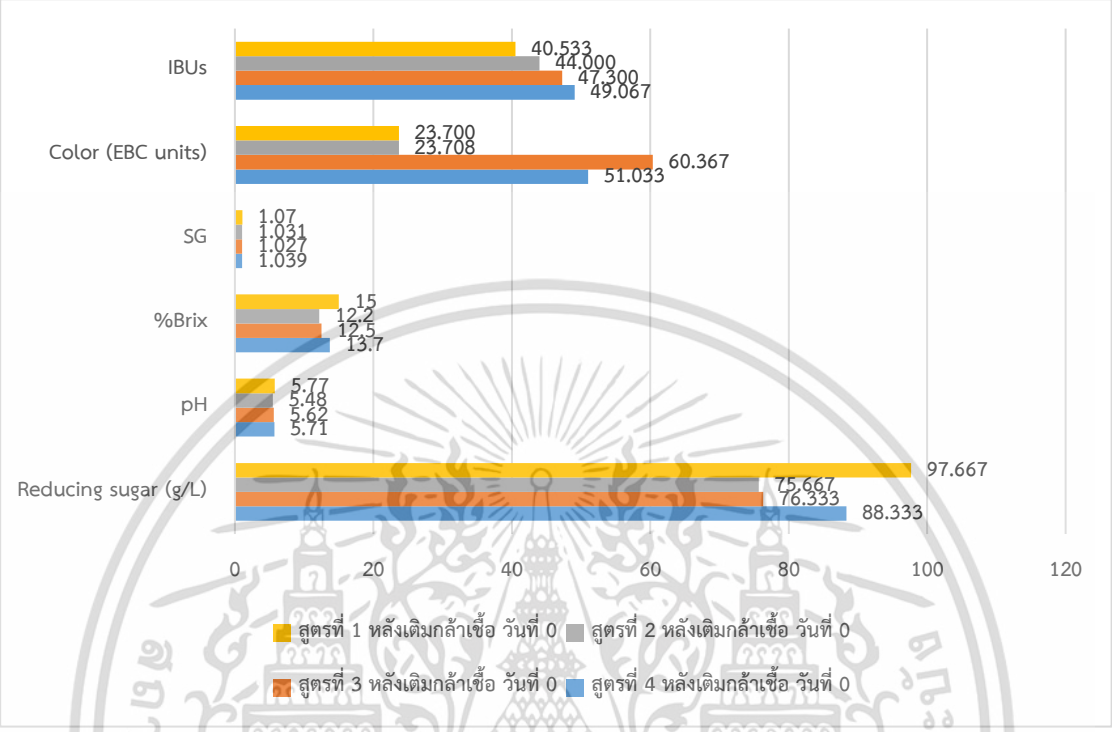
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



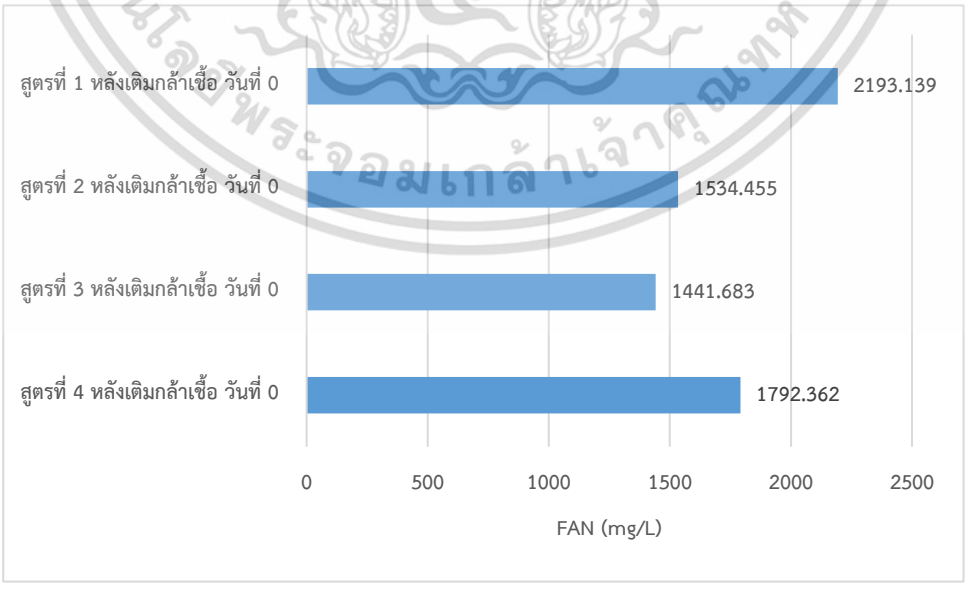
รูปที่ 4.11 แสดงอะมิโนไนโตรเจนอิสระของ จากทั้ง 4 สูตร ก่อนทำการเติมกล้าเชื้อ หลังทำการเติมกล้าเชื้อ วันที่ 0

วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพ ได้แก่ ความขม ค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่าหลังทำการเติมกล้าเชื้อวันที่ 0 ค่าความขมของเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช (สูตรที่ 4) มีค่ามากที่สุดคือ 49.067 IBU ค่าสีของเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี (สูตรที่ 3) มีค่ามากที่สุดคือ 60.367 EBC units ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าพีเอชของเบียร์ทั้ง 4 สูตรใกล้เคียงกัน แต่เบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) จะมีค่าความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มากที่สุดคือ 15.0 องศาบริกซ์ มีความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุดคือ 97.667 กรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.12) และมีอะโนไนโตรเจนอิสระมากที่สุดคือ 2193.139 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.13)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงค่าความขม ค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ จากทั้ง 4 สูตร หลังทำการเติมกล้าเชื้อ วันที่ 0

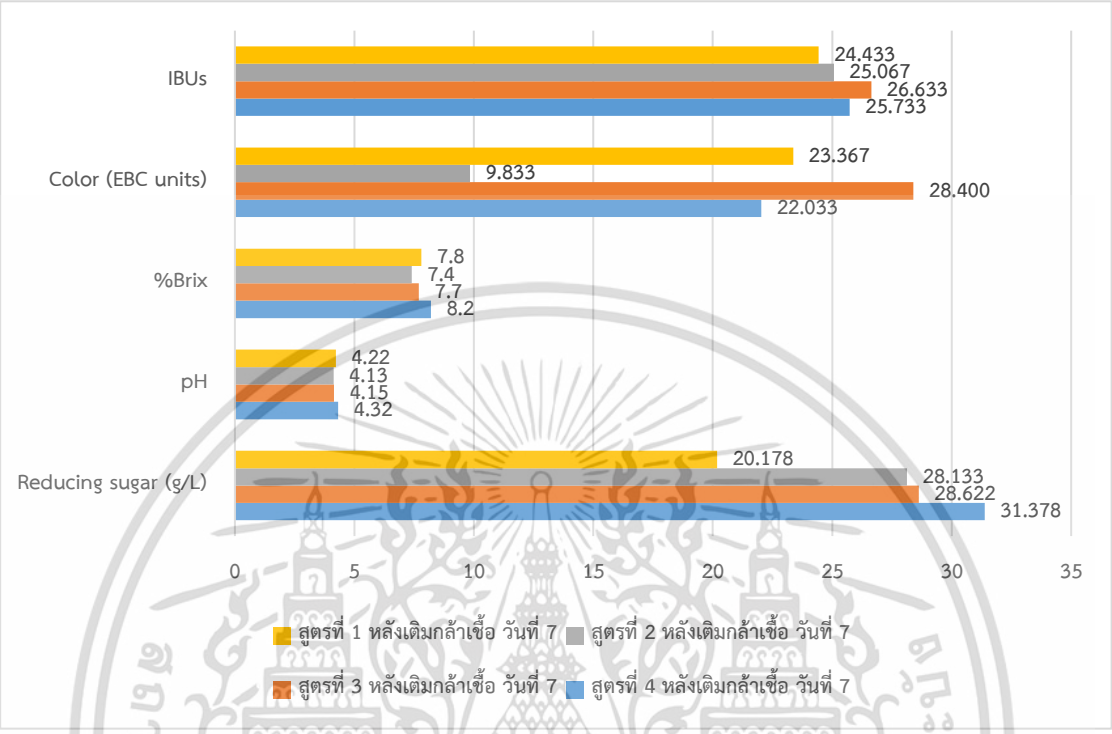


รูปที่ 4.13 แสดงอะมิโนไนโตรเจนอิสระของ จากทั้ง 4 สูตร หลังทำการเติมกล้าเชื้อ วันที่ 0

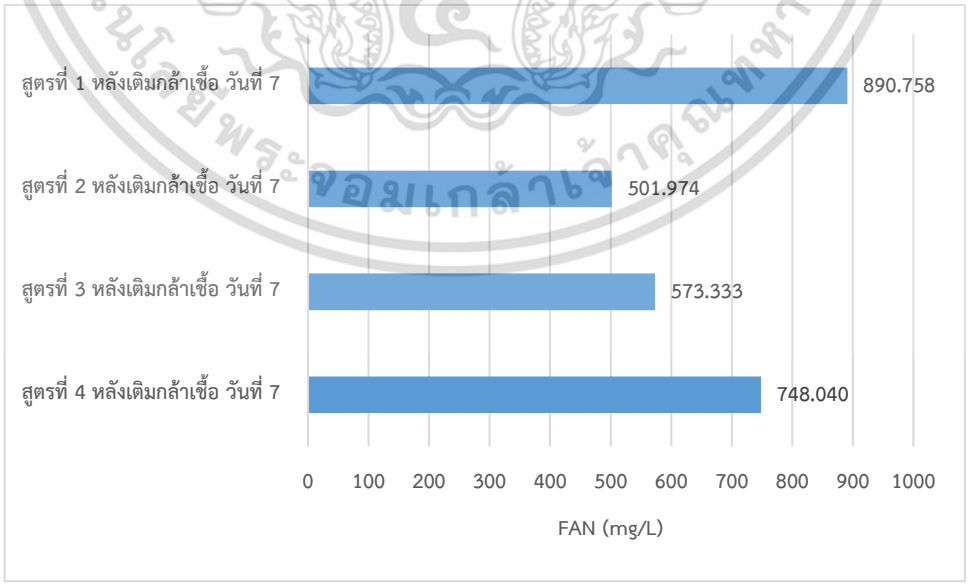
เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพ ได้แก่ ความขม ค่าสี ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ หลังทำการเติมกล้าเชื้อ วันที่ 7 พบว่าเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี (สูตรที่ 3) มีค่าความขมมากที่สุดคือ 26.633 IBU รองลงมาคือ เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช (สูตรที่ 4) 25.733 IBU ค่าสีของเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี (สูตรที่ 3) มีค่ามากที่สุดคือ 28.400 EBC units รองลงมาคือ เบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) มีค่าสี 23.367 EBC units ซึ่งเป็นตัวควบคุม ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช (สูตรที่ 4) มีค่ามากที่สุดคือ 8.2 องศาบริกซ์ รองลงมาคือ เบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) 7.8 องศาบริกซ์ ค่าพีเอชของเบียร์ทั้ง 4 สูตรใกล้เคียงกัน แต่ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียวจะมีค่ามากกว่าเบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี ซึ่งเป็นตัวควบคุม โดยเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช (สูตรที่ 4) มีค่ามากที่สุดคือ 31.378 กรัมต่อลิตร รองลงมาคือ มอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี (สูตรที่ 3) 28.622 กรัมต่อลิตร มีค่าใกล้เคียงกับเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 (สูตรที่ 2) 28.133 และเบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) มีค่าน้อยที่สุดคือ 20.178 กรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.14) แต่เบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) มีอะมิโนไนโตรเจนมากที่สุดคือ 890.758 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช (สูตรที่ 4) 748.040 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงค่าความขม ค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ จากทั้ง 4 สูตร หลังทำการเติมกล้าเชื้อ วันที่ 7

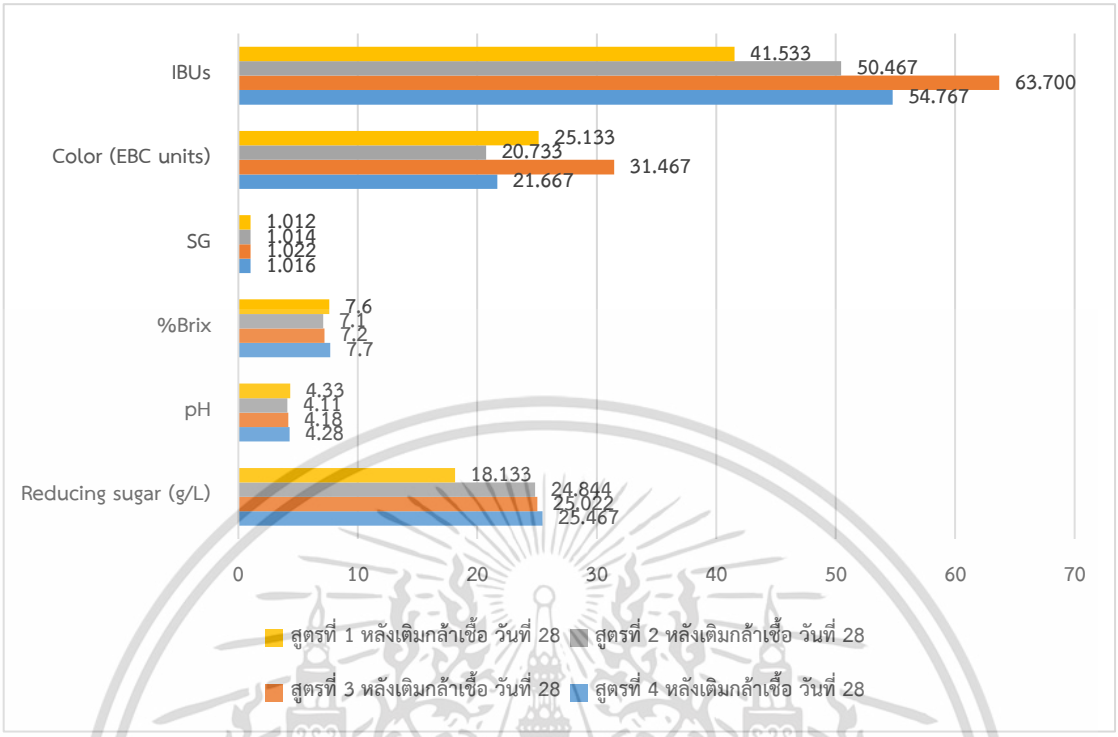


รูปที่ 4.15 แสดงอะมิโนไนโตรเจนอิสระของ จากทั้ง 4 สูตร หลังทำการเติมกล้าเชื้อ วันที่ 7

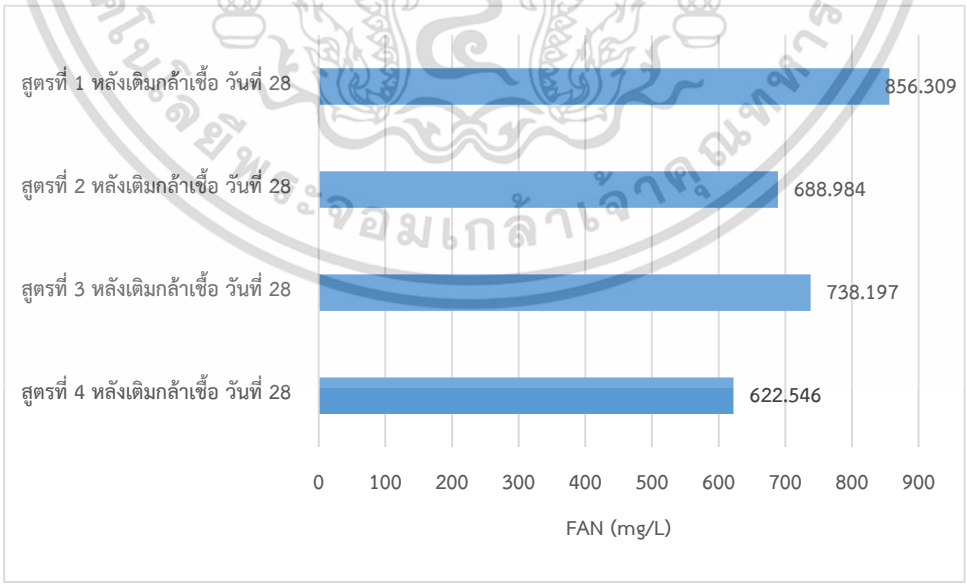
เอกสารนี้เป็น[illegible]ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพ ได้แก่ ความขม ค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ หลังทำการเติมกล้าเชื้อวันที่ 28 พบว่าพบว่าเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี (สูตรที่ 3) มีค่าความขมมากที่สุดคือ 63.700 IBU รองลงมาคือ เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช (สูตรที่ 4) 54.767 IBU ค่าสีของเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี (สูตรที่ 3) มีค่ามากที่สุดคือ 31.467 EBC units รองลงมาคือ เบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) มีค่าสี 25.183 EBC units ซึ่งเป็นตัวควบคุม ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และค่าพีเอชของเบียร์ทั้ง 4 สูตรใกล้เคียงกัน แต่ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียวจะมีค่ามากกว่าเบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี ซึ่งเป็นตัวควบคุม โดยเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช (สูตรที่ 4) มีค่ามากที่สุดคือ 25.467 กรัมต่อลิตร รองลงมาคือ มอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี (สูตรที่ 3) 25.022 กรัมต่อลิตร มีค่าใกล้เคียงกับเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 (สูตรที่ 2) 24.844 และเบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) มีค่าน้อยที่สุดคือ 18.133 กรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.16) แต่เบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) มีอะมิโนไนโตรเจนมากที่สุดคือ 856.309 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี (สูตรที่ 3) 739.197 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



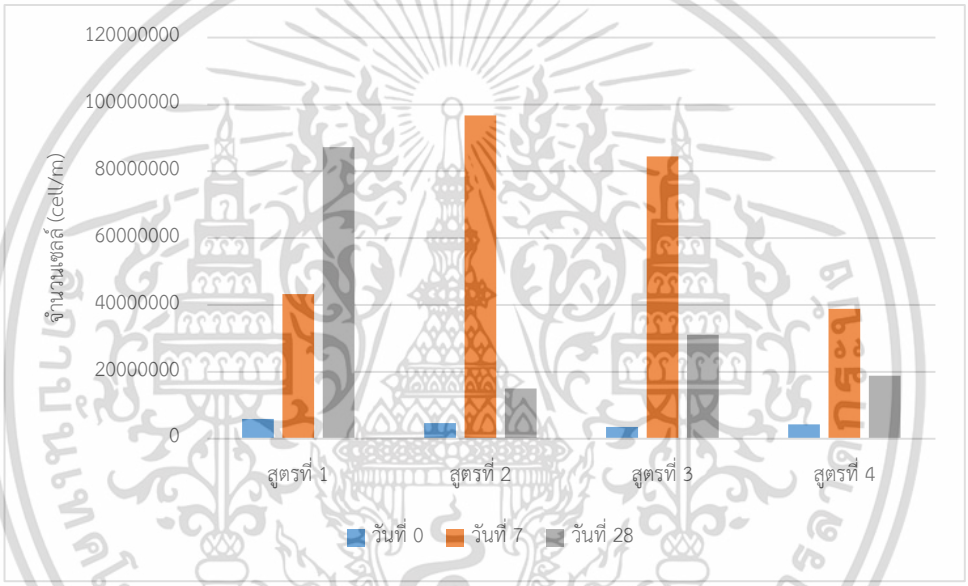
รูปที่ 4.16 แสดงค่าความขม ค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ จากทั้ง 4 สูตร หลังทำการเติมกล้าเชื้อ วันที่ 28



รูปที่ 4.17 แสดงอะมิโนไนโตรเจนอิสระของ จากทั้ง 4 สูตร หลังทำการเติมกล้าเชื้อ วันที่ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการวิเคราะห์การเจริญของกล้าเชื้อจุลินทรีย์ของเบียร์ทั้ง 4 สูตร พบว่าหลังการเติมกล้าเชื้อวันที่ 0 จำนวนเซลล์ของเบียร์ทั้ง 4 สูตรมีจำนวนใกล้เคียงกัน เมื่อเวลาผ่านไป 7 วัน หลังการเติมกล้าเชื้อ พบว่าเบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) ซึ่งเป็นตัวควบคุม มีจำนวนเซลล์น้อยกว่าในเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 (สูตรที่ 2) และเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี (สูตรที่ 3) เบียร์จากมอลต์ข้าวเนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช (สูตรที่ 4) มีจำนวนเซลล์น้อยกว่าในเบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) เล็กน้อย แต่เมื่อเวลาผ่านไป 28 วัน หลังการเติมเชื้อ พบว่าเบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) ซึ่งเป็นตัวควบคุม มีจำนวนเซลล์มากกว่าในเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว (รูปที่ 4.18)

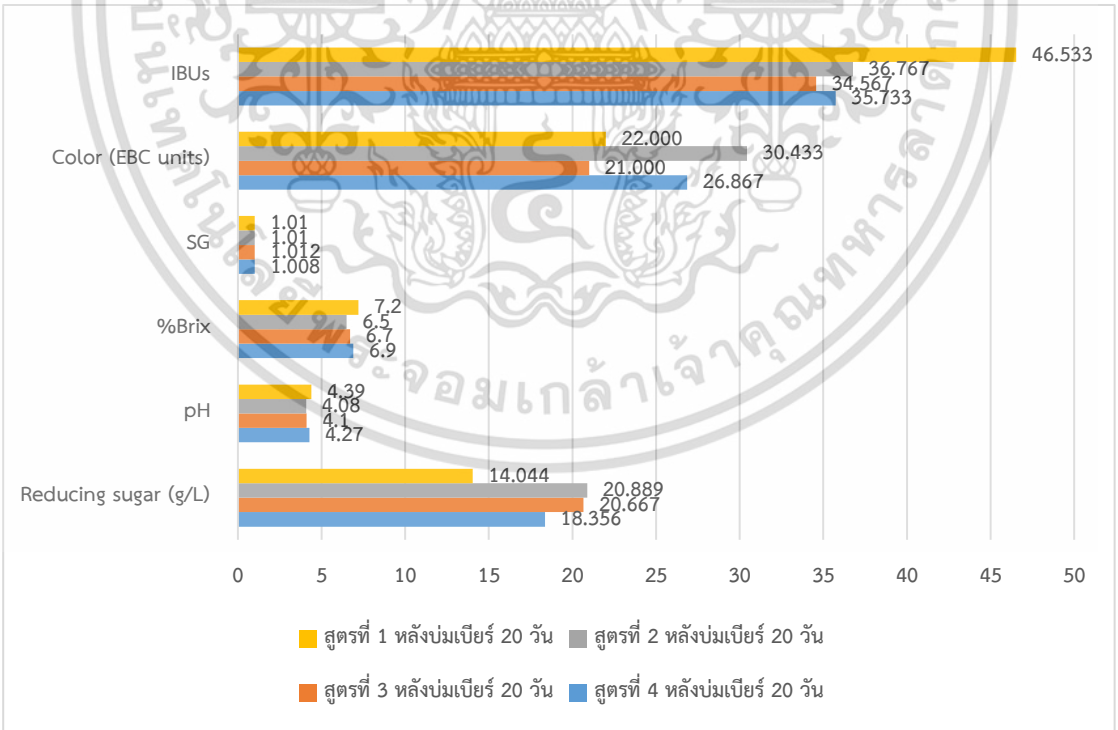


รูปที่ 4.18 แสดงการเจริญของกล้าเชื้อจุลินทรีย์ จากทั้ง 4 สูตร

ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพ ได้แก่ ความขม ค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ หลังบ่มเบียร์เป็นเวลา 20 วัน พบว่าเบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) ซึ่งเป็นตัวควบคุม มีค่าความขมมากที่สุดคือ 46.533 IBU เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียวมีค่าความขมใกล้เคียงกัน โดยเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 (สูตรที่ 2) มีค่าความขม 36.767 IBU รองลงมาคือ เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช (สูตรที่ 4) 35.733 IBU และเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี (สูตรที่ 3) มีค่าน้อยที่สุดคือ 34.567 IBU ค่าสีของเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 (สูตรที่ 2) มีค่ามากที่สุดคือ 30.433 EBC units รองลงมาคือ เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช (สูตรที่

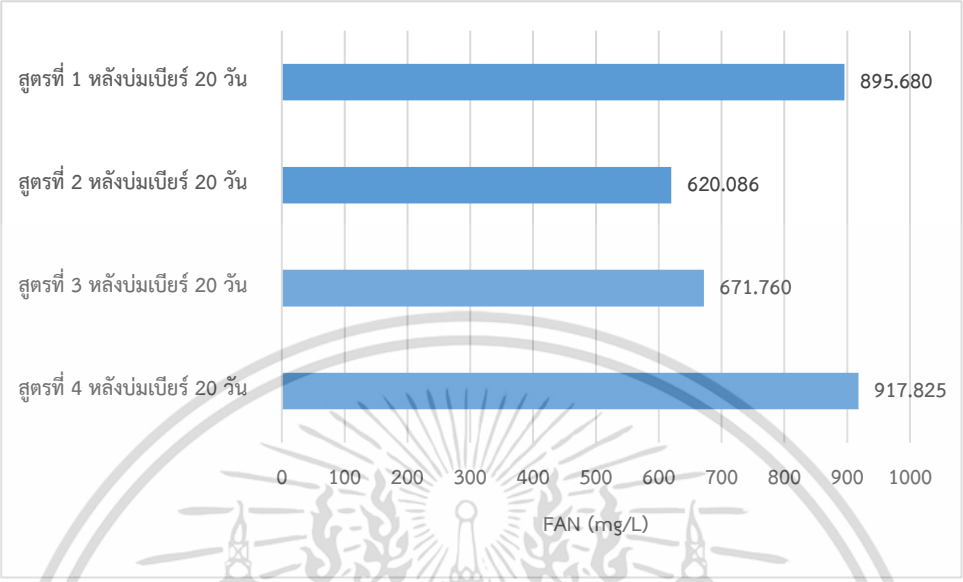
เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) 26.867 และเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี (สูตรที่ 3) มีค่าใกล้เคียงกับเบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) ซึ่งเป็นตัวควบคุม มีค่า 21.000 EBC units และ 22.000 EBC units ตามลำดับ ความถ่วงจำเพาะ และค่าพีเอชของเบียร์ทั้ง 4 สูตร มีค่าใกล้เคียงกัน เบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) มีความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มากที่สุดคือ 7.2 องศาบริกซ์ ซึ่งเป็นตัวควบคุม เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียวจะมีความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ใกล้เคียงกัน โดยเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช (สูตรที่ 4) มีค่า 6.9 รองลงมาคือ เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี (สูตรที่ 3) 6.7 องศาบริกซ์ และเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 (สูตรที่ 2) มีค่าน้อยที่สุดคือ 6.5 องศาบริกซ์ แต่มีความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุดคือ 20.889 กรัมต่อลิตร รองลงมาคือ เบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ สุพรรณบุรี (สูตรที่ 3) 20.667 กรัมต่อลิตร และเบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) ซึ่งเป็นตัวควบคุม มีค่าน้อยที่สุดคือ 14.044 กรัมต่อลิตร (รูปที่ 4.19) และเบียร์จากมอลต์ข้าวสาลี (สูตรที่ 1) ซึ่งเป็นตัวควบคุม มีอะมิโนไนโตรเจนอิสระใกล้เคียงกับเบียร์จากมอลต์ข้าวเหนียว สายพันธุ์ กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช (สูตรที่ 4) 895.680 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 917.825 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ (รูปที่ 4.20)



รูปที่ 4.19 แสดงค่าความขม ค่าสี ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าพีเอช และความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ จากทั้ง 4 สูตร หลังทำการบ่มเบียร์ เป็นเวลา 20 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 แสดงอะมิโนไนโตรเจนอิสระของ จากทั้ง 4 สูตร หลังทำการบ่มเบียร์ เป็นเวลา 20 วัน

4.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเบียร์

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยมีผู้ทดสอบจำนวน 36 คน ซึ่งเป็นผู้ที่เคยดื่มหรือชอบดื่มเบียร์และมีอายุตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป เพื่อทำการทดสอบความชอบ โดยทำการเตรียมตัวอย่างเบียร์จำนวน 4 ตัวอย่าง โดยงานวิจัยนี้ใช้แบบทดสอบการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบให้คะแนน 5 ระดับ (5 points hedonic scale) ซึ่งเป็นการให้ระดับคะแนนความชอบ 1 ถึง 5 (ตารางที่ 4.1) โดยจำแนกคุณสมบัติของเบียร์ออกเป็น 4 ลักษณะที่ต้องการประเมิน คือ ลักษณะที่ 1 สี หมายถึง ระดับคะแนนความชอบด้านสี ลักษณะที่ 2 กลิ่น หมายถึง กลิ่นของเบียร์ที่สัมผัสได้โดยการดมกลิ่น ลักษณะที่ 3 รสชาติ หมายถึง ระดับคะแนนความชอบด้านความรู้สึกที่มีต่อรสสัมผัสที่มีต่อตัวอย่างเบียร์ และลักษณะที่ 4 ความชอบโดยรวม หมายถึง คะแนนโดยรวมเพื่อประเมินความประทับใจที่มีต่อตัวอย่างเบียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะปรากฏ	รหัสตัวอย่าง			
	1	2	3	4
สี	3.4	3.8	3.0	3.9
กลิ่น	4.0	3.5	3.3	3.6
รสชาติ	3.6	3.0	2.4	3.1
ความชอบโดยรวม	3.8	3.5	2.8	3.2

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบจำนวน 36 คน ที่มีต่อตัวอย่างเบียร์จำนวน 4 ตัวอย่าง

หมายเหตุ : 1 คือ สูตรที่ 1 เบียร์จากข้าวสาลี

2 คือ สูตรที่ 2 เบียร์จากข้าวเหนียว กข6

3 คือ สูตรที่ 3 เบียร์จากข้าวเหนียว สุพรรณบุรี

4 คือ สูตรที่ 4 เบียร์จากข้าวเหนียว กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาการผลิตเบียร์จากข้าวสายพันธุ์ไทย ได้แก่ ข้าวเหนียว กข6 (AB6 rice) และ ข้าวเหนียว สุพรรณบุรี (SP1 rice) ทำการเปรียบเทียบกับเบียร์จากข้าวสาลี พบว่าความเข้มข้นของน้ำตาล ค่าความเป็นกรดด่าง ความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายในของเหลว และอะมิโนไนโตรเจนอิสระ ในน้ำเวิร์ทจากมอลต์ข้าวสาลีมีค่ามากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ น้ำเวิร์ทจากมอลต์ข้าวเหนียว และน้ำเวิร์ทจากการทำมอล์ข้าวเหนียวผสมกับน้ำเวิร์ทจากมอลต์ข้าวบาร์เลย์ มีคุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพมากที่สุด ดังนี้ ความเข้มข้นของน้ำตาล คือ 80 กรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดด่างมาก คือ 6.14 ความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายในของเหลว คือ 12.1 เปอร์เซ็นต์ อะมิโนไนโตรเจนอิสระ คือ 1914.822 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่าความถ่วงจำเพาะทั้ง 4 สูตร มีค่าใกล้เคียงกัน ค่าสีจากข้าวสาลีมีค่าน้อยกว่าน้ำเวิร์ทจากข้าวเหนียวทั้ง 3 สูตร เมื่อทำการหมักน้ำเวิร์ท เบียร์จากข้าวสาลีจะมีความเข้มข้นของน้ำตาลน้อยที่สุด ค่าความเป็นกรดด่าง และความถ่วงจำเพาะในเบียร์ทั้ง 4 สูตร มีค่าใกล้เคียงกัน ความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายในของเหลว ค่าความขม และอะมิโนไนโตรเจนอิสระ ในเบียร์จากข้าวสาลีมีค่ามากที่สุด ส่วนเบียร์จากข้าวเหนียว กข6 มีค่าสีมากที่สุด และการเจริญเติบโตของเชื้อจุลิมทรีย์วันที่ 7 เบียร์จากข้าวเหนียวจะมีค่ามากกว่าเบียร์จากข้าวสาลี แต่วันที่ 28 การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในเบียร์จากข้าวสาลีจะมีค่ามากที่สุด

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเบียร์จากผู้ทดสอบจำนวน 36 คน ทางด้านสี พบว่าเบียร์จากข้าวเหนียว กข6 เพิ่มแหล่งโปรตีนธัญพืช มีสีตรงกับความพึงพอใจของผู้ทดสอบมากที่สุด โดยมีคะแนนพึงพอใจ เท่ากับ 3.9 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเบียร์จากผู้ทดสอบจำนวน 36 คน ทางด้านกลิ่น พบว่าเบียร์จากข้าวสาลี มีกลิ่นตรงกับความพึงพอใจมีสีตรงกับความพึงพอใจของผู้ทดสอบมากที่สุด โดยมีคะแนนพึงพอใจ เท่ากับ 4.0 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเบียร์จากผู้ทดสอบจำนวน 36 คน ทางด้านกลิ่น พบว่าเบียร์จากข้าวสาลี มีกลิ่นตรงกับความพึงพอใจมีสีตรงกับความพึงพอใจของผู้ทดสอบมากที่สุด โดยมีคะแนนพึงพอใจ เท่ากับ 3.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเบียร์จากผู้ทดสอบจำนวน 36 คน ทางด้านรสชาติ พบว่าเบียร์จากข้าวสาลี มีรสชาติตรงกับความพึงพอใจมีสีตรงกับความพึงพอใจของผู้ทดสอบมากที่สุด โดยมีคะแนนพึงพอใจ เท่ากับ 3.6 และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบียร์จากผู้ทดสอบจำนวน 36 คน ความชอบโดยรวม พบว่าเบียร์จากข้าวสาลี ตรงกับความพึงพอใจมีสีตรงกับความพึงพอใจของผู้ทดสอบมากที่สุด โดยมีคะแนนพึงพอใจ เท่ากับ 3.8

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการผลิตเบียร์จากข้าวสายพันธุ์ไทย โดยมอลต์ที่นำมาทำเบียร์ทำการซื้อจากผู้ผลิตมอลต์ข้าวสายพันธุ์ไทย พบว่าเบียร์จากข้าวสาลีซึ่งเป็นตัวเปรียบเทียบกับเบียร์จากข้าวสายพันธุ์ไทยมีคุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพ มากกว่าเบียร์จากข้าวสายพันธุ์ไทย ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเบียร์ พบว่าผู้ทดสอบมีความพึงพอใจเบียร์จากข้าวสาลีมากที่สุด แต่ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเบียร์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเบียร์จากข้าวสายพันธุ์ไทย เบียร์จากข้าวเหนียว กข6 มีค่าไม่แตกต่างกับเบียร์จากข้าวสาลีมาก จึงทำให้สามารถนำข้าวเหนียว กข6 (AB6 rice) ใช้ในการทดแทนข้าวสาลีได้ โดยยังคงกลิ่นและรสชาติที่พึงพอใจต่อผู้บริโภคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรรณานุช ศรีกอก. 2555. การสกัดโปรตีนและการผลิตไฮโดรไลเสตจากรำข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุงที่ผ่านการสกัดน้ำมัน. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. สาขาวิศวกรรมกระบวนการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

คฑาธร ช่างเรือนกุล และพัชรพร เพ็ญศรี. 2560. การผลิตเครื่องดื่มเบียร์จากข้าวเหนียวลืมผัว. รายงานการวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. สาขาวิชา ชีววิทยา. คณะวิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

โชคชัย วนภู. 2558. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเบียร์จากข้าวไทยเป็นส่วนประกอบหลัก โดยวิธี พื้นที่ผิวตอบสนองและการประยุกต์ใช้ในการผลิตเบียร์ระดับกึ่งอุตสาหกรรม. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

หนึ่ง เตียอำรุง, นันทกร บุญเกิด และโชคชัย วนภู. 2553. การผลิตเบียร์จากข้าวไทย. สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

CRAFT ‘N’ ROLL. 2015. BEER BASIC 101 – Ale or Lager...what? ...มารู้จัก เบียร์ กัน ดีกว่าตอน: เอล กับ ลาเกอร์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://craftnroll.net/uncategorized/beer-101-ale-lager-เอล-กับ-ลาเกอร์/. 6 ธันวาคม 2565.

Toptotravel.com Lifestyle. 2015. รู้หรือไม่ เบียร์ เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดแรกของโลก. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://toptotravel.com/2015/09/21/guide- beer- brew-master/. 26 กุมภาพันธุ์ 2566

Kordialik-Bogacka, E., Bogdan, P., & Diowksz, A. 2014. Malted and unmalted oats in brewing. Journal of the Institute of Brewing, 120(4), 390-398.

KRUA.CO. 2022. ประวัติศาสตร์ ‘เบียร์’ น้ำสีทองจากอารยธรรมแรกของมนุษยชาติ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://krua.co/food_story/historyofbeer/. 27 กุมภาพันธ์ 2566

Usansa, U., Burberg, F., Geiger, E., Back, W., Wanapu, C., Arendt, E. K., ... & Zarnkow, M. 2011. Optimization of malting conditions for two black rice varieties, black non-

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

waxy rice and black waxy rice (Oryza sativa L. Indica). Journal of the Institute of Brewing, 117(1), 39-46.

Usansa, U., Sompong, N., Wanapu, C., Boonkerd, N., & Teaumroong, N. 2009. The Influences of steeping duration and temperature on the α-and β- amylase activities of six Thai rice malt cultivars (Oryza sativa L. Indica). Journal of the Institute of Brewing, 115(2), 140-147.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

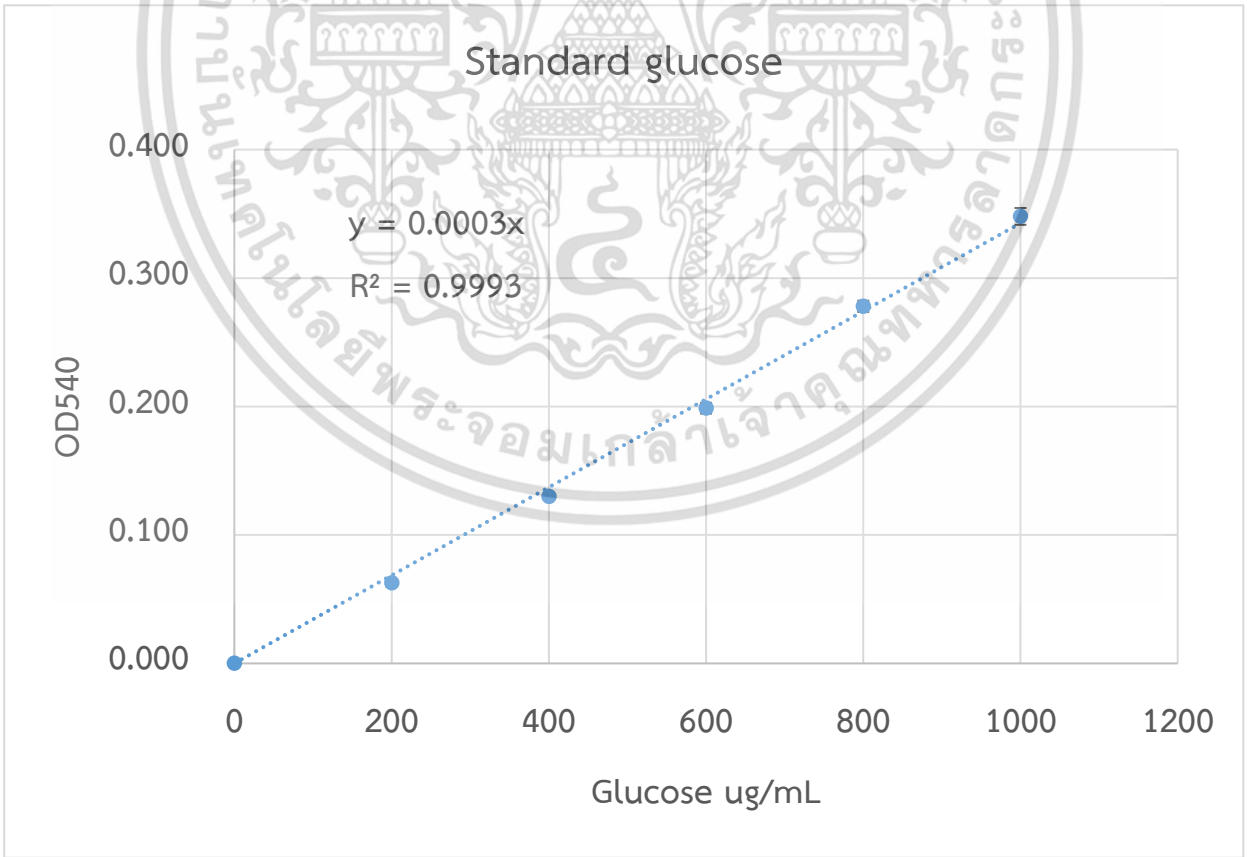
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวช

การทำกราฟมาตรฐานสารละลายกลูโคส

glucose ug/mL	OD540			AVG	SD
	1	2	3		
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
200	0.066	0.062	0.060	0.063	0.00
400	0.129	0.131	0.130	0.130	0.00
600	0.202	0.200	0.194	0.199	0.00
800	0.283	0.276	0.275	0.278	0.00
1000	0.355	0.342	0.347	0.348	0.01



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่ .....

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่าง เครื่องดื่มเบียร์

วันที่ทำการทดสอบ .....

เพศ ○ ชาย ○ หญิง

อายุ ..... ปี

คำชี้แจง กรุณาทดสอบตัวอย่างเครื่องดื่มเบียร์ทั้ง 4 ชนิด เริ่มทดสอบจากรหัสตัวอย่างที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ โปรดให้คะแนนระดับความชอบต่อลักษณะปรากฏต่างๆ โดยให้คะแนนระดับความชอบดังนี้

1 = ไม่ชอบมาก 2 = ไม่ชอบ 3 = เฉยๆ 4 = ชอบ 5 = ชอบมาก

ลักษณะปรากฏ	รหัสตัวอย่าง			
	1	2	3	4
สี				
กลิ่น				
รสชาติ				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ

ANOVA สี

SUMMARY

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
1	36	123	3.416667	0.935714
2	36	136	3.777778	0.977778
3	36	107	2.972222	1.284921
4	36	140	3.888889	0.673016

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	18.47222	3	6.157407	6.361897	0.000449	2.669256
Within Groups	135.5	140	0.967857			
Total	153.9722	143				

ANOVA กลิ่น

SUMMARY

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
1	36	143	3.972222	0.884921
2	36	125	3.472222	1.113492
3	36	117	3.25	0.992857
4	36	129	3.583333	0.821429

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	9.861111	3	3.287037	3.448515	0.018427	2.669256
Within Groups	133.4444	140	0.953175			
Total	143.3056	143				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANAOVA รสชาติ

SUMMARY

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
1	36	129	3.583333	1.107143
2	36	109	3.027778	1.170635
3	36	85	2.361111	1.723016
4	36	111	3.083333	0.992857

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	27.19444	3	9.064815	7.261072	0.000146	2.669256
Within Groups	174.7778	140	1.248413			
Total	201.9722	143				

ANOVA ความชอบโดยรวม

SUMMARY

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
1	36	137	3.805556	0.561111
2	36	125	3.472222	0.827778
3	36	101	2.805556	1.589683
4	36	114	3.166667	1.114286

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	19.6875	3	6.5625	6.413613	0.000421	2.669256
Within Groups	143.25	140	1.023214			
Total	162.9375	143				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นาย ธนวัฒน์ นุ่มก่วน
วัน เดือน ปี เกิด	5 กุมภาพันธุ์ 2544
ประวัติการศึกษา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานวิจัย	การผลิตเบียร์จากข้าวสายพันธุ์ไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้