การผลิตเบียร์ส้มโอโดยใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำส้มโอและชนิดของยีสต์ที่แตกต่างกัน

POMELO BEER PRODUCTION USING DIFFERENT CONCENTRATION OF POMELO JUICE AND TYPES OF YEAST

ปภาวรินท์ รอดเลิศไร้
วรัญญา พยัคชน
วริศราภรณ์ แซ่ลี้

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POMELO BEER PRODUCTION USING DIFFERENT CONCENTRATION OF POMELO JUICE AND TYPES OF YEAST

Papawarin Roedlertrhai
Waranya Payachon
Warisaraporn Saelee

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
(INDUSTRIAL MICROBIOLOGY)
DEPARTMENT OF BIOLOGY, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานพิเศษ	การผลิตเบียร์ส้มโอโดยใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำส้มโอและชนิดของยีสต์ที่แตกต่างกัน Pomelo Beer Production Using Different Concentration of Pomelo Juice and Types of Yeast		
ชื่อนักศึกษา	นางสาว ปภาวรินท์	รอดเลิศไร้	รหัสนักศึกษา 58050921
	นางสาว วรัญญา	พยัคชน	รหัสนักศึกษา 58050967
	นางสาว วริศราภรณ์	แซ่ลี้	รหัสนักศึกษา 58050968
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)		
ภาควิชา	ชีววิทยา		
ปีการศึกษา	2561		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. มงคล เพ็ญสายใจ		

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ. วีนา ชูโชติ ประธานกรรมการ	
รศ.ดร. นวลพรรณ ณ ระนอง กรรมการ	
ผศ. มงคล เพ็ญสายใจ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้**ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์**นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงงานพิเศษ	การผลิตเบียร์ส้มโอโดยใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำส้มโอและชนิดของยีสต์ที่แตกต่างกัน		
ชื่อนักศึกษา	นางสาว ปภาวรินท์	รอดเลิศไร้	รหัสนักศึกษา 58050921
	นางสาว วรัญญา	พยัคชน	รหัสนักศึกษา 58050967
	นางสาว วริศราภรณ์	แซ่ลี้	รหัสนักศึกษา 58050968
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)		
ภาควิชา	ชีววิทยา		
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)		
ปีการศึกษา	2561		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. มงคล เพ็ญสายใจ		

บทคัดย่อ

จากการศึกษาเบียร์ส้มโอที่ความเข้มข้นของน้ำส้มโอที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 100, 25, 50 และ 75 ตามลำดับ โดยใช้ยีสต์ 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 และ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 พบว่ามีแนวโน้มการลดลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณแอลกอฮอล์อย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 0 ถึง 2 หลังจากนั้นปริมาณการลดลงของน้ำตาลเริ่มชะลอตัวลงในช่วงวันที่ 2-6 และการตรวจหาปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้เครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์อีบูลลิโอมิเตอร์พบว่าเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 มีค่าปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดร้อยละ 6.13±0.29 โดยปริมาตร และเบียร์ที่มีน้ำ ส้มโอร้อยละ 75 หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 มีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำที่สุดซึ่งเท่ากับร้อยละ 3.9±0.2 โดยปริมาตร ผลการวัดสีด้วยวิธีการใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง เบียร์ที่ผสมน้ำส้มโอร้อยละ 75 และหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 มีค่าสีสูงสุด 61.28±1.27 EBC และเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอและหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 มีค่าต่ำสุดซึ่งเท่ากับ 10.0±0.1 EBC การวิเคราะห์ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 และหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.18±0.91 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร การทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าตัวอย่างเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสมกับการหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 เป็นที่ชื่นชอบมากที่สุดโดยผู้ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสำคัญ : กระบวนการผลิตเบียร์ เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เบียร์ผลไม้ เบียร์ส้มโอ

Title	Pomelo Beer Production Using Different Concentration of Pomelo Juice and Types of Yeast		
Students	Miss Papawarin	Roedlertrhai	Student ID 58050921
	Miss Waranya	Payachon	Student ID 58050967
	Miss Warisaraporn	Saelee	Student ID 58050968
Degree	Bachelor of Science (Industrial Microbiology)		
Department	Biology		
Faculty	Science		
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)		
Academic Year	2018		
Advisor	Asst. Prof. Mongkol Pensaijai		

Abstract

Pomelo beer at 4 different concentrations of pomelo juice : 100%, 25%, 50% and 75% were studied with 2 types of : *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 and *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 for fermentation. It was found that the amount of reducing sugar and alcohol content tended to decrease rapily during the days of 0 to 2 day. After that, the amout of reducing sugar began to slow down during the 2nd to 6th days and the determination of alcohol content by using ebulliometer found that beer containing 50% of mixed pomelo juice fermented with yeast *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 has the highest alcohol content, which was equal to 6.13±0.29% (v/v) and beer with 75% mixed pomelo juice fermented with yeast. *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 has the lowest alcohol content, which was equal to 3.9±0.2% (v/v). The result of color measurent by spectrophotometric method of beer with 75% mixed pomelo juice and fermented with yeast *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 had the highest color value, which was 61.28±1.27 EBC and the beer without mixed pomelo juice fermented with *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 yeast was the lowest which was equal to 10.0±0.1 EBC. Analysis of the amount of the amount of antioxidant beer the contains 75% of mixed Pomelo juice was fermented with yeast *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23, which was equal to 3.18±0.91 micrograms per milliliter. The sensory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

testing was found that samples of beer without mixed pomelo with yeast fermentation *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 was the most favorite by tester.

Keywords : Alcoholic beverages, Beer production, Fruit beer, Pomelo beer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยคณะผู้จัดทำ ต้องขอขอบคุณ ผศ. มงคล เพ็ญสายใจ อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำปรึกษาชี้ข้อบกพร่องและให้คำแนะนำในการแก้ไข ให้กำลังใจ และสนับสนุนอุปกรณ์สำหรับการทดลอง

ขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์เครื่องมือ งบประมาณ และสถานที่ในการศึกษาทดลองและบุคลากรของภาคชีววิทยาประยุกต์ ที่คอยให้คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ อย่างดี

ท้ายสุดนี้ขอขอบคุณครอบครัว เพื่อน พี่ น้องร่วมไปถึงบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาทดลองในครั้งที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนกลุ่มของข้าพเจ้าจนโครงงานพิเศษนี้เสร็จสิ้นลุล่วงไปด้วยดี หากมีข้อผิดพลาดและบกพร่องประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้ทั้งหมดและขออภัย มา ณ ที่นี้ด้วย

ปภาวรินท์ รอดเลิศไร้
วรัญญา พยัคชน
วริศราภรณ์ แซ่ลี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 ความเป็นมาเกี่ยวกับเบียร์ 3
2.1.1 ประวัติการผลิตเบียร์ในประเทศไทย 3
2.2 องค์ประกอบสำคัญในการผลิตเบียร์ 5
2.2.1 ข้าวมอลต์ 5
2.2.2 ฮอปส์ 5
2.2.3 น้ำ 6
2.2.4 ยีสต์ 7
2.3 กระบวนการผลิตเบียร์ 7
2.3.1 การเตรียมข้าวมอลต์ (Malting) 7
2.3.2 การหมักเบียร์ (Beer Fermentation) 8
2.3.3 การบ่มเบียร์ (Aging and Maturation) 8
2.4 การใส่ผลไม้ลงในเบียร์ 9
2.5 ส้มโอ 9
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 12

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ 12

3.2 วัตถุดิบ 13

3.3 เชื้อจุลินทรีย์ 13

3.4 สารเคมี 13

3.5 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ 14

3.6 การเตรียมหัวเชื้อเริ่มต้น 14

3.7 การเตรียมน้ำส้มโอสำหรับการผลิตเบียร์ 16

3.8 การเตรียมมอลต์ 17

3.9 กระบวนการผลิตเบียร์จากส้มโอ 18

3.10 การวิเคราะห์ 20

3.11 การวิเคราะห์ทางสถิติ 24

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 25

4.1 ลักษณะทางกายภาพเคมีของน้ำส้มโอ 25

4.2 ค่าพีเอชของเบียร์ 25

4.3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณแอลกอฮอล์ในกระบวนการหมักเบียร์ 26

4.4 การวัดค่าสี 33

4.5 การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเบียร์โดยวิธีดีพีพีเอช 34

4.6 การทดสอบทางประสาทสัมผัส 35

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 37

5.1 สรุปผลการวิจัย 37

เอกสารอ้างอิง 39

ภาคผนวก 42

ภาคผนวก ก 43

ภาคผนวก ข 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัส..... 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ **หน้า**

3.1 แสดงการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อเริ่มต้นของเชื้อยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 และสายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23.....15
3.2 แสดงการนำเชื้อยีสต์ทั้งสองสายพันธุ์นำไปเลี้ยงในสภาวะเขย่าโดยใช้เครื่องบ่มเขย่า ในสภาวะอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง..... 15
3.3 แสดงการนับจำนวนเซลล์ของยีสต์โดยใช้ฮีมาไซโตมิเตอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์..... 16
3.4 แสดงภาพส้มโอสายพันธุ์ทองดี (*Citrus maxima* (Burm.) Merr Thong Dee) จากจังหวัดพิจิตร มีลักษณะค่อนข้างมนหรือกลม ผิวผลเรียบสีเขียวเข้ม..... 16
3.5 แสดงภาพเนื้อส้มโอลักษณะสีของเปลือกในและเนื้อที่มีสีแดงคล้ายสีปูน..... 17
3.6 แสดงภาพน้ำส้มโอที่ผ่านการปั่นแล้วมากรองแยกกากออกด้วยผ้าขาวบาง..... 17
3.7 แสดงภาพเพลล์มอลต์ (Pale Malt) ก่อนทำการบด..... 18
3.8 แสดงภาพเพลล์มอลต์ (Pale Malt) ที่นำไปบดแบบหยาบด้วยเครื่องบดมอลต์..... 18
3.9 แสดงขวดหมักเบียร์ โดยแต่ละขวดมีความเข้มข้นที่แตกต่างกันในอัตราส่วนน้ำเวอร์ตต่อน้ำส้มโอ 100:0 (a), 75:25 (b), 50:50 (c) และ 25:75 (d) ตามลำดับ..... 19
3.10 แสดงเครื่องมืออีบูลลิโอมิเตอร์ (Ebulliometer) สำหรับทำการวิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์ 20
3.11 แสดงเครื่องมือพีเอชมิเตอร์ สำหรับการวิเคราะห์ค่าพีเอช..... 21
3.12 แสดงการเปรียบเทียบสีโดยกำหนดวิธีการแบบ European Brewery Convention เพื่อประเมินสีของน้ำเวอร์ตหรือเบียร์เป็นมาตรฐาน..... 21
3.13 แสดงตัวอย่างที่ให้ผู้ที่ทำการทดสอบประเมินโดยมีการให้รหัสตัวอย่าง (Sample coding) กับตัวอย่างที่จะทำการทดสอบ.....23
4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดด่างเมื่อผ่านกระบวนการหมักวันที่ 0 และวันที่ 6..... 26
4.2 แสดงกราฟมาตรฐานสารละลายกลูโคส..... 27
4.3 แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของตัวอย่างเบียร์ในวันที่ 0..... 27
4.4 แสดงปริมาณแอลกอฮอล์ของกระบวนการหมักเบียร์ในวันที่ 6..... 28
4.5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกระบวนการหมักเบียร์ของการหมักเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสมที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (ตัวอย่าง A) 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกระบวนการหมักเบียร์ของการหมักเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 25 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (ตัวอย่าง B) 29

4.7 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกระบวนการหมักเบียร์ของการหมักเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (ตัวอย่าง C) 30

4.8 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกระบวนการหมักเบียร์ของการหมักเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (ตัวอย่าง D) 30

4.9 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกระบวนการหมักเบียร์ของการหมักเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสมที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (ตัวอย่าง E) 31

4.10 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกระบวนการหมักเบียร์ของการหมักเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 25 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (ตัวอย่าง F)..... 31

4.11 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกระบวนการหมักเบียร์ของการหมักเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (ตัวอย่าง G) 32

4.12 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของกระบวนการหมักเบียร์ของการหมักเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (ตัวอย่าง H) 32

4.13 แสดงการเปรียบเทียบค่าสีเมื่อผ่านกระบวนการหมักวันที่ 0 และวันที่ 6 ของเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสม (ตัวอย่าง A) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 25 (ตัวอย่าง B) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 (ตัวอย่าง C) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 (ตัวอย่าง D) ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 และ ของเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสม (ตัวอย่าง E) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 25 (ตัวอย่าง F) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 (ตัวอย่าง G) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 (ตัวอย่าง H) ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (EBC units)..... 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.14 แสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสม (ตัวอย่าง A) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 25 (ตัวอย่าง B) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 (ตัวอย่าง C) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 (ตัวอย่าง D) ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 และ ของเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสม (ตัวอย่าง E) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ ร้อยละ 25 (ตัวอย่าง F) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 (ตัวอย่าง G) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ ร้อยละ 75 (ตัวอย่าง H) ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ

เบียร์เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่เป็นที่นิยมแพร่หลายเป็นอย่างมากในหลาย ๆ ประเทศ ซึ่งวัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิตเบียร์ประกอบด้วย มอลต์ ฮอปส์ ยีสต์ และน้ำ แต่ในระยะหลังเริ่มมีการนำผลไม้เข้าสู่กระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มความหลากหลายในกลิ่นและรสชาติของเบียร์ โดยผลไม้ที่นิยมนำมาทำการผลิตเบียร์ ได้แก่ ผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ เชอร์รี่ ส้ม มะนาว เป็นต้น

ในงานวิจัยครั้งนี้มีการคิดค้นการผลิตเบียร์ผลไม้ที่เป็นผลไม้ที่หาได้ง่ายในประเทศไทยและสามารถหาได้ตลอดทั้งปี โดยใช้ส้มโอสายพันธุ์ทองดี จากจังหวัดพิจิตร เป็นส่วนผสมของน้ำผลไม้ซึ่งจะช่วยส่งเสริมในเรื่องของรสชาติที่แปลกใหม่และยังพบสารที่มีประโยชน์ในเรื่องของสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณของกรดอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำส้มโอ ในการทดลองนี้เป็นการผสมผสานระหว่างน้ำเวอร์ตและน้ำส้มโอในอัตราส่วน 100:0 75:25 50:50 และ 25:75 โดยที่จะหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดใน การหมักเบียร์ และนำยีสต์มาใช้ในการหมักเบียร์ครั้งนี้ 2 ชนิด ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 สำหรับเบียร์ประเภทเอลและ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 สำหรับเบียร์ประเภทลาเกอร์ และฮอปส์ที่นำมาใช้ได้แก่สายพันธุ์ Galena ซึ่งให้รสชาติขมแก่เบียร์ และสายพันธุ์ Cascade เพื่อให้กลิ่นแก่เบียร์ โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างน้ำเวอร์ตและน้ำส้มโอ และยีสต์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

1) เพื่อศึกษาการผลิตเบียร์ส้มโอโดยใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำส้มโอที่ต่างกัน
2) เพื่อศึกษาอิทธิพลของชนิดของยีสต์ที่แตกต่างกันในการผลิตเบียร์ส้มโอ
3) เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำส้มโอที่มีต่อคุณภาพของการผลิตเบียร์
4) เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพเคมีของเบียร์ส้มโอ

1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1) ศึกษาระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันของน้ำส้มโอในกระบวนการผลิตเบียร์
2) ศึกษาลักษณะที่แตกต่างกันของชนิดของยีสต์ในกระบวนการผลิตเบียร์
3) ศึกษาลักษณะทางกายภาพเคมีของเบียร์ส้มโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถทราบอิทธิพลของชนิดของยีสต์ที่แตกต่างกันในการผลิตเบียร์ส้มโอ
2) สามารถทราบลักษณะทางกายภาพเคมีของเบียร์ส้มโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความเป็นมาเกี่ยวกับเบียร์

"เบียร์" เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งที่ใช้กระบวนการหมักจากธัญพืชและน้ำ โดยประวัติศาสตร์ของเบียร์นั้นมีมาแต่สมัยโบราณ 6,000 ปีก่อนคริสตกาล ทำให้เบียร์เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดแรกของโลก โดยชนชาติ บาบิโลเนียน นอกจากนี้เบียร์ยังเป็นที่รู้จักในสมัยอียิปต์และเมโสโปเตเมียที่มีหลักฐานย้อนไปยาวนานถึง 4,000 ปีก่อนคริสตกาล ด้วยการใช้ข้าวบาร์เลย์ เป็นวัตถุดิบ ต่อมาราว 1,000 ปีก่อนคริสตกาล ได้มีการผสมพืชอีกหนึ่งชนิดเข้าไป คือ ฮอปส์ (Hops) ทำให้เบียร์มีกลิ่นหอม รสชาติขม และสามารถรักษาคุณภาพของเบียร์ให้เก็บได้นานขึ้น แต่เบียร์เหล่านี้แตกต่างจากเบียร์ในปัจจุบัน เนื่องจากเครื่องปรุงและกรรมวิธีในการผลิตเบียร์แตกต่างกันไปตามสถานที่ ลักษณะของเบียร์ (ชนิดของเบียร์ รสชาติ และสี) จึงมีความแตกต่างกันได้มาก ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไป "เบียร์" ยังคงเป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ประเภทหนึ่งที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคมากที่สุดในหมวดของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เพราะ "เบียร์" นอกจากจะสร้างความผ่อนคลายให้กับสมองและร่างกาย เบียร์ยังให้ประโยชน์อื่น ๆ เมื่อบริโภคในปริมาณที่เหมาะสม เพราะส่วนประกอบหลักของเบียร์มาจากน้ำและพืช ซึ่งปัจจุบันได้มีการวิจัยเกี่ยวกับการดื่มเบียร์ในปริมาณที่เหมาะสมส่งผลต่อสุขภาพของผู้ดื่มในทิศทางที่ดี หรืออาจกล่าวโดยสรุปได้ว่าการดื่มเบียร์วันละ 1 กระป๋องสามารถเสริมสร้างสุขภาพได้ โดยการศึกษาของมหาวิทยาลัย Montreal ค้นพบว่า คนทำงานที่ได้ดื่มเบียร์บ้างเป็นครั้งคราวจะมีความเครียดน้อยกว่าผู้ที่ไม่ดื่มเบียร์ อีกทั้งเบียร์ยังป้องกันนิ่วในถุงน้ำดีและในไตสอดคล้องกับนักวิชาการจากเมืองเฮลซิงกิ ประเทศฟินแลนด์ที่ค้นพบว่า การดื่มเบียร์วันละหนึ่งขวดจะได้รับแมกนีเซียม ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงโรคนิ่วในไตได้ถึงร้อยละ 40 ป้องกันโรคนอนไม่หลับสารจากดอกฮอปส์ในเบียร์เปรียบเสมือนยานอนหลับจากธรรมชาติ ช่วยให้ประสาทผ่อนคลาย ดังนั้นการดื่มเบียร์หนึ่งแก้วในตอนเย็นจึงเหมือนกับการกินยานอนหลับ เพราะเบียร์มีสารต่าง ๆ มากกว่า 1,000 ชนิด มีวิตามินและเกลือแร่ เช่น สังกะสี แมกนีเซียม เหล็ก และแร่ธาตุจำเป็น ช่วยให้เส้นประสาทและกล้ามเนื้อแข็งแรง โรคหัวใจ และเบียร์ยังช่วยเสริมสร้างสมองอีกด้วย (ศิริพร, 2560)

2.1.1 ประวัติการผลิตเบียร์ในประเทศไทย

ประเทศไทยนั้น เริ่มผลิตเบียร์ในสมัยของพระบาทสมเด็จพระปกเกล้าเจ้าอยู่หัว โดยพระยาภิรมย์ภักดี (บุญรอด เศรษฐบุตร) ได้ยื่นเรื่องขอจัดตั้งบริษัทผลิตเบียร์ขึ้นในปีพุทธศักราช 2473 โดยจะใช้ปลายข้าวในการผลิตแทนข้าวมอลต์ ด้านตัวโรงงานนั้นได้ถูกสร้างขึ้น ภายหลังการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการปกครองในปีพุทธศักราช 2476 ที่ย่านบางกระบือ ริมแม่น้ำเจ้าพระยา ภายใต้ ชื่อของบริษัท บุญรอด บริวเวอรี่ จำกัด โดยบริษัทฯ ทำการผลิตเบียร์จำหน่ายเป็นครั้งแรกในปี พุทธศักราช 2477 ภายใต้ต่อมาในปีพุทธศักราช 2504 ได้มีโรงเบียร์แห่งที่สองจัดตั้งขึ้น ภายใต้ชื่อบริษัท บางกอกเบียร์ โดยบริษัทฯ ดังกล่าวได้ทำการผลิตเบียร์ตราหนุมาน ตราแผนที่ และตรากระทิง แต่ ไม่ได้รับความนิยมจากผู้ดื่มจึงได้ยกเลิกกิจการไป ต่อมาในปีพุทธศักราช 2509 จึงได้เปลี่ยนเจ้าของ กิจการและเปลี่ยนชื่อเป็น บริษัทไทยอมฤต บริวเวอรี่ จำกัด ผลิตเบียร์อมฤต และซื้อลิขสิทธิ์ยี่ห้อเบียร์ จากต่างประเทศชื่อ คลอสเตอร์ มาผลิตเมื่อปีพุทธศักราช 2521 ภายหลังจากที่ประเทศไทยมีโรงงานเบียร์แห่งที่สองแล้ว ภาครัฐก็ไม่ได้มีนโยบายในการสนับสนุนให้มีการตั้งโรงงานเพิ่มเติม เนื่องจากเห็นว่าเบียร์นั้นเป็นสินค้าฟุ่มเฟือย และตั้ง กำแพงภาษีเพื่อให้ความคุ้มครองกับผู้ผลิตในประเทศ จนกระทั่งปีพุทธศักราช 2535 รัฐบาลได้มีนโยบายเปิดเสรีทางการค้า โดยการเปลี่ยนเงื่อนไขของผู้ผลิตเบียร์จากการกำหนดให้ผู้ถือหุ้นใหญ่ต้อง เป็นบุคคลสัญชาติไทยและเป็นนิติบุคคลสัญชาติไทย เพื่อเป็นการจูงใจให้นักลงทุนต่างชาติหันมาสนใจ ลงทุนสร้างโรงงานในประเทศ โดยปัจจุบันกลุ่มบริษัทผู้ผลิตเบียร์ในประเทศไทย ได้แก่

- บริษัท บุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด: ผู้ผลิตเบียร์ตราสิงห์ มีโรงงานจัดตั้งอยู่ที่ จังหวัดปทุมธานี ขอนแก่น นอกจากนี้ยังมีโครงการปลูกข้าวบาร์เลย์และมีโรงงานแปรรูปมอลต์อยู่ทางภาคเหนือ

- บริษัท ไทยอมฤต บริวเวอรี่ จำกัด: ผู้ผลิตเบียร์ตราอมฤต เอ็นบี คลอสเตอร์ และรับผลิตเบียร์บัดไวเซอร์ จากสหรัฐอเมริกา จัดตั้งโรงงานอยู่ที่จังหวัดปทุมธานี ปัจจุบันถูกซื้อ กิจการโดย ซานมิเกล จากฟิลิปปินส์ เมื่อปีพุทธศักราช 2547

- บริษัท คอสมอส บริวเวอรี่ (ประเทศไทย) จำกัด: ผู้ผลิตเบียร์ตราช้าง ให้กับ กลุ่มนายเจริญ สิริวัฒนภักดีตั้งโรงงานอยู่ที่อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

- บริษัท เบียร์ทิพย์ บริวเวอรี่ (1991) จำกัด: ผู้ผลิตเบียร์ตราช้างและเบียร์ลาว ให้กับกลุ่มนายเจริญ สิริวัฒนภักดีตั้งโรงงานอยู่ที่อำเภอบางบาล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

- บริษัท เบียร์ไทย (1991) จำกัด: ผู้ผลิตเบียร์ช้างให้กับกลุ่มนายเจริญ สิริวัฒน ภักดี จัดตั้งโรงงานอยู่ที่จังหวัดกำแพงเพชร

- บริษัท ไทยเอเชีย แปซิฟิค บริวเวอรี่ จำกัด ผู้ผลิตเบียร์ไฮเนเก้น เบียร์จาก ประเทศเนเธอร์แลนด์ เริ่มวางจำหน่ายเมื่อเดือนกรกฎาคม ปีพุทธศักราช 2538 ตั้งโรงงานอยู่ที่จังหวัด นนทบุรี (ศิริพร, 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 องค์ประกอบสำคัญในการผลิตเบียร์

2.2.1 มอลต์

การทำมอลต์ (Malting) วัตถุประสงค์ของการทำมอลต์ คือ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของธัญพืชให้มีความเหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นเบียร์ ได้แก่ การสร้างเอนไซม์ที่มีความจำเป็น ต่อการผลิตน้ำเวอร์ตในขั้นตอนต่อไป การทำมอลต์สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

2.2.1.1 การแช่ข้าว (Steeping) การแช่ข้าวมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ข้าวมีความชื้นที่สูงขึ้นเพื่อทำให้เกิดความเหมาะสมในขั้นตอนการงอกต่อไป โดยปกติแล้ว ความชื้นที่เหมาะสมที่สุดในการงอกของ ข้าวนั้นอยู่ที่ประมาณร้อยละ 35 (Gamlatha และคณะ, 2008)

2.2.1.2 การงอก (Germination) ขั้นตอนนี้คือการตอนการผลิตมอลต์เพื่อใช้ในการทำเบียร์ ทำได้โดยการทิ้งข้าวให้มีอากาศไหลผ่าน (Air rest) โดยมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว ในระหว่างกระบวนการงอก ฮอร์โมนจิบเบอร์เรลลิน (Gibberellic acid, GA) จะถูกสังเคราะห์ขึ้นในส่วนของคัพภะ (Embryo) และแพร่ไปยังเยื่ออารูโลน (Aleurone layer) เพื่อให้เกิดกระตุ้นการสร้างเอนไซม์ ได้แก่ แอลฟา และเบตา-อะไมเลส โปรติเอส และอื่น ๆ และแพร่ออกมายังส่วนที่เป็นแป้ง (Starch Endosperm) ซึ่งเอนไซม์ดังกล่าวจะย่อยแป้งในเมล็ดข้าวให้เป็นอาหารสำหรับการสร้างเป็นยอดและรากต่อไป (Briggs, 1998)

2.2.1.3 การอบมอลต์ (Klining) วัตถุประสงค์ของการอบมอลต์ คือ ลดปริมาณความชื้นในมอลต์จากร้อยละ 43 ลงเหลือประมาณร้อยละ 5 ทำได้โดยผ่านลมร้อนเข้าไปในเมล็ดมอลต์เพื่อดึงเอาความชื้นออกมา การลดลงของความชื้นในมอลต์ช่วยชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ที่มีในมอลต์ อีกทั้งยังเพิ่มอายุการเก็บของ มอลต์ นอกจากนี้กระบวนการอบมอลต์ยังช่วยทำให้เกิดการสร้างสีและกลิ่นเฉพาะในผลิตภัณฑ์เบียร์ ซึ่งเกิดจากกระบวนการเมลลาร์ด (Maillard reaction) (Palmer, 2006) หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการอบมอลต์แล้ว ราก และยอดของมอลต์จะถูกกำจัดออก (โชคชัย, 2558)

2.2.2 ฮอปส์ (Wishbeer, 2016)

ฮอปส์เป็นพืชเถาไม้เลื้อยชนิดหนึ่งซึ่งใช้ดอกมาเป็นส่วนผสมหลักของเบียร์ ในอดีตนั้นฮอปส์ถูกนำไปใช้เป็นยา เครื่องดื่มและอาหารหลายชนิด แต่ในปัจจุบันฮอปส์ที่เพาะปลูกกันเกือบทั้งหมดในโลกได้ถูกใช้ไปเพื่อการผลิตเบียร์ ทั้งนี้แม้ว่าในช่วงแรกที่ดอกฮอปส์เริ่มถูกนำมาใช้เป็นหนึ่งในวัตถุดิบสำหรับผลิตเบียร์นั้น วัตถุประสงค์ของมีเพียงเพื่อการปรุงรสขมและการยืดอายุของน้ำเบียร์เป็นหลักเนื่องจากฮอปส์มีคุณสมบัติที่ดีในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย แต่ทุกวันนี้ฮอปส์ได้รับการพัฒนาขึ้นอย่างมากมายและรับหน้าที่สำคัญยิ่งอีกประการ นั่นคือการแต่งกลิ่นหอมหวนในรูปแบบต่าง ๆ ให้กับเบียร์ฮอปส์มียางที่เกิดจากกรดอัลฟาและเบต้า กรดอัลฟาจะขมและเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาต้มจะช่วยเพิ่มรสขมให้แก่ของเหลว นั่นเป็นเหตุผลที่เติมฮอปส์เพื่อเพิ่มรสขมในช่วงแรกของการต้ม และ มักจะต้มเป็นเวลาประมาณ 60-90 นาทีเพื่อเพิ่มรสชาติให้กับเบียร์ นอกจากนี้ความขมของกรดชนิดนี้ยังเป็นสารกันเสียจากธรรมชาติ ซึ่งดีมากสำหรับผู้ผลิตเบียร์ที่ไม่พาสเจอร์ไรซ์เบียร์หลังจากหมักแล้ว ส่วนกรดเบต้านั้นจะไม่ได้มีผลในขณะที่ต้ม แต่จะช่วยเติมกลิ่นให้กับเบียร์ ฮอปส์ที่มีกรดเบต้าสูงและมีกรดอัลฟาต่ำกว่าจะเรียกกันโดยทั่วไปว่า โนเบิล ฮอปส์

ประเภทของฮอปส์ที่ใช้ในการหมักเบียร์จะมีอยู่สองประเภทหลัก ประเภทแรกเป็นฮอปส์สด ซึ่งเก็บมาจากต้นสด ๆ การใช้ฮอปส์สดที่จริงจะทำให้ต้นทุนสูงเพราะว่าฮอปส์สดจะใช้ได้เฉพาะในตอนที่เพิ่งเก็บมาจากต้นเท่านั้น ซึ่งโดยปกติจะทำในฤดูใบไม้ร่วง ประเภทที่สองของฮอปส์ที่ใช้ในการหมักเบียร์ก็คือฮอปส์แห้ง ซึ่งก็คือฮอปส์ที่เก็บมาและบ่มให้แห้งในห้องพิเศษที่เรียกว่า โอสต์ เฮาส์ เมื่อแห้งแล้วปกติจะนำมาอัดเป็นแท่ง จากนั้นก็สามารถเก็บไว้ได้จนกว่าจะต้องใช้

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น คือ ฮอปส์มีกรดสองประเภทที่แตกต่างกัน ฮอปส์ประเภทต่าง ๆ จะมีความเข้มข้นของกรดสองชนิดนี้ไม่เหมือนกัน ดังนั้นอาจจะเหมาะกว่าที่จะใช้เพื่อเพิ่มรสหรือไม่ก็กลิ่นอย่างใดอย่างหนึ่ง ประเภทของฮอปส์ที่นิยมใช้กัน ได้แก่

แคสเคด – มีเปอร์เซนต์ของกรดเบต้าสูงกว่า และเป็นตัวชูกลิ่นในเบียร์เอลแบบขมหลายชนิดที่ทำในตะวันตกของสหรัฐและแคนาดา

ชินุค – มีเปอร์เซนต์ของกรดอัลฟาสูงกว่า และเป็นตัวให้รสขมในเพลเอลหลายชนิดที่เป็นสไตล์อเมริกัน

โกลดิ้ง – เป็นฮอปส์ของอังกฤษที่รู้จักกันดี ใช้เพื่อชูกลิ่นในเบียร์หลายประเภท ได้แก่ เอลอังกฤษ และลาเกอร์

แฮลเลอร์ทอ – เป็นฮอปส์ที่ให้กลิ่นโดยตรง ใช้กันมากที่สุดในลาเกอร์สไตล์ยุโรป

นักเก็ต – ฮอปส์เหล่านี้เป็นหนึ่งในฮอปส์ประเภทที่นิยมใช้มากที่สุดในการทำให้เบียร์ขม

แซส – ใช้เป็นหลักในการหมักเบียร์ลาเกอร์พิลส์เนอร์ ฮอปส์เหล่านี้ให้รสชาติที่สะอาดแต่ก็ยังขมเล็กน้อย

วิลลาเมทท์ – เป็นฮอปส์ให้กลิ่นที่นิยมใช้ในเบียร์ลาเกอร์และเอลหลายชนิดของอเมริกัน

2.2.3 น้ำ

เป็นวัตถุดิบที่สำคัญอีกตัวหนึ่ง เนื่องจากเบียร์มีส่วนประกอบที่เป็นน้ำมากกว่าร้อยละ 90 คุณภาพของน้ำที่ใช้สำหรับการผลิตเบียร์ ขึ้นอยู่กับลักษณะของเบียร์ที่จะผลิต ความอ่อน ความกระด้างของน้ำ จะมีผลต่อรสชาติของเบียร์ หรือมีผลต่อความเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เป็นต้นว่า สารที่ให้ความขมที่มีอยู่ในดอกฮอปส์ จะให้ความขมแก่เบียร์ได้มากน้อยแค่ไหน ขึ้นอยู่กับความกระด้างและค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ยีสต์

ยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมาก มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส (Eukaryotic micro-organisms) จัดอยู่ในกลุ่มจำพวกเห็ด รา (Fungi) มีทั้งที่เป็นประโยชน์และโทษต่ออาหาร มีการนำยีสต์มาใช้ประโยชน์มานาน โดยเฉพาะการผลิตอาหารที่มีแอลกอฮอล์ จากคุณสมบัติที่มีขนาดเล็กมาก สามารถเพาะเลี้ยงให้เกิดได้ในเวลาอันรวดเร็ว และวิธีการไม่ยุ่งยาก ทำให้ยีสต์เริ่มมีบทบาทที่สำคัญในวงการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงอาหารธรรมชาติที่สำคัญอีกทีหนึ่ง เช่น ไรแดง โรติเฟอร์ และอาร์ทีเมีย

การใช้ประโยชน์จากยีสต์ในปัจจุบัน

1) ทำอาหารหมักบางชนิด ได้แก่ ข้าวหมาก อุ สาโท และกระแช่

2) ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น การทำขนมปัง ไวน์ เหล้า เบียร์ แอลกอฮอล์ และอาหารเสริมโปรตีน ฯลฯ อุตสาหกรรมสังเคราะห์วิตามิน เอนไซม์ และไขมัน

3) ทางด้านการประมงหรือการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในการเป็นอาหารสำหรับเลี้ยงอาหารธรรมชาติ เพราะยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมาก คือมีขนาดประมาณ 3 – 4 ไมครอน และสามารถดำเนินการเพาะเลี้ยงได้ค่อนข้างง่ายมาก

การแบ่งแยกชนิดการหมักของยีสต์ แบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ ยีสต์ชนิดลอย หรือ Top yeast และยีสต์ชนิดจม หรือ Bottom yeast

Top yeast เบียร์ที่ได้จากการหมักโดยใช้ยีสต์ประเภทนี้เป็นพวกวีทเบียร์ (Wheat beer) ไวท์เบียร์ (White beer) อัลท์เบียร์ (Alt beer) เคิลช์ (Koelsch) เอล (Ale) พอร์ทเทอร์ (Porter) และสเตาท์ (Stout)

Bottom yeast เบียร์ที่ได้จากการหมักโดยใช้ยีสต์ประเภทนี้ เป็นพวกลาเกอร์เบียร์ (Lager beer) พิลเซ่นเบียร์ (Pilsen beer) เบียร์ดำ (dark beer) บ๊อคเบียร์ (Bock beer) ไอซ์เบียร์ (Ice beer) เบียร์ที่ปราศจากแอลกอฮอล์ (Alcohol free beer) ไดเอ็ทเบียร์ (Diet beer) (ประภาส, 2553)

2.3 กระบวนการผลิตเบียร์

2.3.1 การผลิตเวอร์ต (Wort production)

กระบวนการนี้จะเป็นการผลิตน้ำหมักเบียร์เพื่อใช้ในการ สร้างแอลกอฮอล์และกลิ่นรสเฉพาะตัวโดยยีสต์ กรรมวิธีการผลิตเวอร์ตแบ่งออกได้ดังนี้

2.3.1.1 การต้มมอลต์ (Mashing) กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่สำคัญที่สุดในการผลิต น้ำเวอร์ต โดยมอลต์ที่บดแล้วจะถูกนำมาผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม และบ่มไว้ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน พร้อมกับการก้วน วิธีดังกล่าวจะช่วยกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ให้ทำหน้าที่ตามอุณหภูมิที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

เหมาะสม ตัวอย่างเช่น เอนไซม์โปรติเอส ซึ่งทำหน้าที่ย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนมีอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ 50 องศาเซลเซียส เอนไซม์เบตาอะไมเลสซึ่งทำหน้าที่ย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลมอลโตส (Maltose) มีอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ 63 องศาเซลเซียส

2.3.1.2 การกรองเวอร์ต (Lautering) ทำหน้าที่แยกน้ำเวอร์ตออกจากกากมอลต์ หรือที่เรียกว่า Spent Grain เพื่อให้ได้น้ำเวอร์ตที่มีความใส และเหมาะสมกับกระบวนการต่อไป

2.3.1.3 การต้มฆ่าเชื้อเวอร์ตและการเติมฮอปส์ (Wort Boiling and Hopping) ขั้นตอนดังกล่าว จะทำการต้มน้ำเวอร์ตให้เดือดประมาณ 1 ชั่วโมง และในระหว่างการต้มจะมีการเติมฮอปส์ (Hops) วัตถุประสงค์ ของกระบวนการดังกล่าวมีดังนี้

- หยุดกิจกรรมของเอนไซม์ทั้งหมดในกระบวนการต้มมอลต์
- ฆ่าจุลินทรีย์เชื้อทั้งหมดที่มีในน้ำเวอร์ต ซึ่งได้แก่ แบคทีเรีย รา ยีสต์ ที่อาจก่อให้เกิดกลิ่น ไม่พึงประสงค์ในผลิตภัณฑ์เบียร์
- ตกตะกอนโปรตีนที่ยังหลงเหลืออยู่ในน้ำเวอร์ตที่อาจก่อให้เกิดความขุ่นในเบียร์
- กระตุ้นให้เกิดการสร้างสารประกอบไดเมททิล ซัลไฟด์ (dimethyl sulfite, DMS) ซึ่งสารดังกล่าวเป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะตัวในเบียร์ โดยมีปริมาณที่ยอมรับได้ในช่วง 30-100 ไมโครกรัมต่อลิตร
- สกัดสารประกอบที่ให้ความขมออกจากฮอปส์
- ทำให้ผลิตภัณฑ์เบียร์มีสีที่ดีขึ้น

2.3.2 การหมักเบียร์ (Beer Fermentation)

วัตถุประสงค์หลักของการหมักเบียร์คือ การผลิตเอทานอลจากน้ำตาลและกรดอะมิโนโดยยีสต์ที่เติมลงไปในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจน โดยยีสต์จะบริโภคน้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุลและเปลี่ยนเป็น กรดไพรูวิค (Pyruvic acid) 2 โมเลกุล ผ่านกระบวนไกลโคไลซิส (Glycolysis) และจากสภาวะไร้อากาศ กรดไพรูวิคจะถูกเปลี่ยนเป็นเอทานอล ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและ ATP อย่างไรก็ตาม จากเป็นต้องมีการเติม อากาศเข้าไปเมื่อเริ่มต้นกระบวนการ (wort aeration) เพื่อกระตุ้นการทำงานของยีสต์ที่เติมลงไป (Depraetere, 2008)

2.3.3 การบ่มเบียร์ (Aging and Maturation)

วัตถุประสงค์ของกระบวนบ่มเบียร์คือ ปรับกลิ่นรส ของเบียร์ให้มีความละมุนมากขึ้น การบ่มเบียร์ยังสามารถช่วยการจัดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ออกไปได้ เช่น สาร กลุ่มไดอะซิทิล (Diacetyl) และกลุ่มสารประกอบซัลเฟอร์ โดยสารกลุ่มไดอะซิทิลหรือสารกลุ่มวิซินอล ไดคีโตน (Vicinal Diketones, VDKs) เป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นรสที่ดีในเบียร์ เมื่อมีปริมาณอยู่ในช่วง 0.1 – 0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร การบ่มเบียร์ยังทำช่วยให้เบียร์มีความคงตัวมากยิ่งขึ้น ซึ่งส่วนมากจะบ่มเบียร์ที่อุณหภูมิต่ำ (ประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0 องศาเซลเซียส) เพื่อให้เซลล์ยีสต์และสารแขวนลอยตกลงสู่ก้นถัง ทำให้เบียร์มีความใสมากขึ้น หรือบางที่อาจใช้วิธีกรอง เบียร์ผ่านตัวกรองด้วย (โชคชัย, 2558)

2.4 การใส่ผลไม้ลงในเบียร์

เบียร์เป็นเครื่องดื่มยอดนิยมและเป็นเครื่องดื่มที่มีการบริโภคมากที่สุดอันดับที่ห้าของโลก (Sohrabvandi และคณะ, 2011) ถูกจัดทำโดยการหมักวัตถุดิบที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบ เช่น ข้าวบาร์เลย์ หรือธัญพืชอื่น ๆ ได้แก่ ข้าวสาลี มอลต์ ข้าวโพด ข้าว และข้าวฟ่าง ซึ่งเป็นแหล่งของมอลโตส และน้ำตาลกลูโคส นอกจากนี้อาจ มีการใช้สารเสริมต่าง ๆ เช่น ผลไม้ และเครื่องเทศ เพื่อช่วยในเรื่องกลิ่นรสของเบียร์ แต่เดิมมีการผลิตเบียร์ที่มีการต้มกับเครื่องเทศหลากหลายรูปแบบ ในทำนองเดียวกันก็มีผลไม้อีกหลากหลายชนิด เช่น เชอร์รี่ ราสเบอร์รี่ และลูกพีช ถูกนำมาใช้เป็นสารเสริมเบียร์ หรือเป็นสารปรุงแต่งรสมานานหลายศตวรรษ ซึ่งผลไม้ที่ใช้ในการผลิตเบียร์ไม่ได้เป็นสารหลักที่ใช้ในการหมัก อาจจะเพิ่มเข้าไปสำหรับการให้รสผลไม้กับเบียร์ที่หมักเสร็จแล้ว (Cho และคณะ, 2018)

2.5 ส้มโอ

ส้มโอ (*Citrus maxima* (Brum.) Merr) จัดอยู่ในวงศ์ Rutaceae เป็นพืชตระกูลส้มขนาดใหญ่ที่มีถิ่นกำเนิดในภูมิภาคเอเชียบริเวณจีนตอนใต้ บริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และบริเวณตะวันออกเฉียงเหนือของอินเดีย ส้มโอสามารถพบได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ส้มโอสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นนอกสุด (Exocarp) เรียกว่า ฟลาวิโด (Flavedo) มีลักษณะเป็นสีเขียว แต่เมื่อผลแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อนบริเวณอิพิเดอมิสจะมีคิวติเคิลหนามากและมีต่อมน้ำมัน (Oil gland) กระจายอยู่ทั่วไปตามผิว ถัดมาเป็นชั้นกลาง (Mesocarp) เรียกว่าอัลบิโด (Albedo) เป็นเซลล์พวกสปอนจีพาเรนไคมา (Spongyparenchyma) มีสีขาวและหนามากส่วนชั้นในสุด (Endocarp) เมื่อมีการพัฒนาของผล เซลล์ผนังด้านในของชั้นนี้จะมีการแบ่งเซลล์และขยายตัวออกกลายเป็นถุงน้ำหวาน (Juice sac) ทำหน้าที่เก็บสะสมน้ำ น้ำตาลและสารต่าง ๆ ลักษณะลำต้นของส้มโอมีสีน้ำตาล มีหนามขนาดเล็กต้นสูงประมาณ 5-15 เมตร ใบมีลักษณะมนรีที่ปลายใบและโคนใบจะมนขอบใบเป็นคลื่นเล็กน้อย ผลส้มโอจะมีลักษณะลูกกลมโตบางสายพันธุ์ตรงบริเวณขั้วจะนูนขนาดของผลประมาณ 5-7 นิ้ว เนื้อส้มโอจะมีประมาณ 12-18 กลีบ จะมีสีขาวหรือสีชมพูขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของส้มโอ ซึ่งส้มโอจัดเป็นผลไม้ทางเศรษฐกิจสำคัญของประเทศเนื่องจากนิยมบริโภคทั้งในและต่างประเทศ มีประโยชน์หลากหลาย พร้อมทั้งมีสรรพคุณทางยาในการรักษาโรคต่าง ๆ เช่น ผิวส้มโอนำมาใช้ร่วมกับสมุนไพรชนิดอื่น ๆ มีสรรพคุณในการแก้ลมวิงเวียนอาเจียนแก้ลมจุกแน่นในท้อง ส่วนใบส้มโอสามารถใช้เป็นยาแก้ปวดข้อท้องอืดแน่นและแก้ปวดหัว ดอกของส้มโอสามารถช่วยลดอาการปวดกระเพาะอาหารปวดกระบังลมขับลมในท้องขับเสมหะ ส่วนของเนื้อส้มโอสามารถแก้อาการเมาสุราขับลมในลำไส้และกระเพาะอาหารทำให้เจริญอาหาร รากสามารถช่วยแก้อาการหวัดแก้ไอแก้ปวด จากรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิจัยพบว่าส้มโออุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (antioxidant) (Pichaiyongvongdee และ Haruenkit, 2009 ; Kumar และคณะ, 2013 ; Tsai และคณะ, 2007) นอกจากนี้ยังพบการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของส้มโอสายพันธุ์ทองดีในประเทศไทย (Chaiwong และ Theppakorn, 2010) ซึ่งประกอบไปด้วยสาระสำคัญหลายชนิด เช่น วิตามินซี แคโรทีนอยด์ ฟลาโวนอยด์ และสารประกอบฟีนอลิค โดยฤทธิ์ต้านออกซิเดชันมีบทบาทสำคัญในการช่วยชะลอและยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอันเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคอัลไซเมอร์ และเกิดริ้วรอยก่อนวัยอันควร (บัณฑวรรณ และคณะ, 2559)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Wei และ Cheowtirakul (2013) รายงานว่าตามปกติวัตถุดิบสำหรับการผลิตเบียร์เป็นข้าวบาร์เลย์ ฮอปส์ น้ำ และยีสต์ อย่างไรก็ตามผู้ผลิตเบียร์ส่วนใหญ่ยังใช้สารเสริมอื่น ๆ ในระหว่างการหมักแอลกอฮอล์ การใส่สารเสริมจะทำให้มีความหอมจากส่วนผสมอื่น ๆ และรสชาติของเบียร์ในขั้นสุดท้ายขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของวัตถุดิบ สายพันธุ์ของยีสต์และสภาวะของกระบวนการบนพื้นฐานของการศึกษาครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่าน้ำมะนาวจะสามารถเพิ่มแอลกอฮอล์ได้ในระหว่างกระบวนการหมัก การเพิ่มน้ำมะนาวในระหว่างการหมักสามารถผลิตเบียร์ที่มีการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูง คุณภาพสูง รสชาติที่ดีและรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์

Martínez และคณะ (2017) ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตเบียร์ผลไม้ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน (100:0, 75:25, 50:50 และ25:75 ร้อยละโดยปริมาตร) ของเมล็ดข้าวบาร์เลย์และน้ำลูกพลับจากพันธุ์ Rojo Brillante กระบวนการหมักเกิดขึ้นภายใต้ตัวแปรการควบคุมคุณภาพของเบียร์และอิทธิพลของน้ำลูกพลับที่มีต่อคุณภาพของเบียร์ ส่วนสี ความขุ่น (Turbidity) พีเอช (pH) ปริมาณกรดที่ไตเตรท (TA) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) น้ำตาล กรดอินทรีย์ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (TPC) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และการสร้างเอทานอลได้กำหนดไว้ระหว่างกระบวนการหมัก เบียร์ผลไม้มีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (3.6- 5.63 เอทานอลร้อยละโดยปริมาตร) โดยกรดซิตริกและกรดแลคติคเป็นกรดอินทรีย์ที่มีมากที่สุด สีทองใสไม่ขุ่น (2.05-2.83 European Brewery Convention units) สารประกอบฟีนอลิกรวม (283.0-327.1 mg GAE/L) และการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระระหว่าง 1.65-5.78 mM TE/L เครื่องดื่มลูกพลับซึ่งมีน้ำผล ไม้ร้อยละ 75 เป็นเครื่องดื่มที่มีค่ามากที่สุดและเป็นที่ต้องการของผู้ร่วมอภิปรายตามด้วยเบียร์ลูกพลับ 50:50

Melo และคณะ (2017) ศึกษาลักษณะทางกายภาพเคมีของเนื้อเสาวรสป่า การผลิต และลักษณะทางกายภาพเคมีของเอลเบียร์ที่ทำจากเสาวรสป่าแทนมอลต์ โดยใช้ความเข้มข้นของเสาวรสป่าเป็นอัตราร้อยละ (10 29 39 และ 49) และอุณหภูมิ (15 และ 22องศาเซลเซียส) ที่แตกต่างกัน เพื่อประเมินศักยภาพการหมักในการผลิตเบียร์และเพื่อตรวจสอบอิทธิพลของปริมาณของแข็งที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลายได้และแรงถ่วงจำเพาะที่ลดลงในระหว่างการหมัก ผลการทดลองพบว่าเสาวรสป่าที่มีความเหมาะสมต่อกระบวนการหมักและปริมาณที่เหมาะสม คือ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 29 ทำให้ได้ผลการทดลองที่ดีที่สุดทั้งในอุณหภูมิที่ 15 และ 22 องศาเซลเซียส โดยมีความเข้มข้นของแอลกอฮอล์เท่ากับ 7.61 และ 8.29 (ร้อยละโดยปริมาตร) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 ตู้ปลอดเชื้อ (Laminar Air Flow) รุ่น FLEXLAB BV4-06
3.1.2 เครื่องบ่มเขย่า (Incubator Shaker) รุ่น NB-205Q
3.1.3 เครื่องบ่มเชื้อจุลินทรีย์ (Incubator) รุ่น BINDER
3.1.4 เครื่องบดมอลต์
3.1.5 เครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ (Ebulliometer)
3.1.6 เครื่องวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) รุ่น METTLER TOLEDO
3.1.7 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) รุ่น UV-1280
3.1.8 เครื่องอ่านไมโครเพลท (Microplate Reader) รุ่น Biochrom-EZ Read 2000
3.1.9 96 well plate ชนิดโพลีสไตรีน (Polystyrene)
3.1.10 เครื่องวัดค่าความถ่วงจำเพาะ (Hydrometer)
3.1.11 บิวเรต (Burette)
3.1.12 ที่ยึดบิวเรต (Burette Clamp)
3.1.13 เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer)
3.1.14 รีแฟรคโตมิเตอร์ (Refractometer)
3.1.15 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) รุ่น BINDER
3.1.16 ตู้แช่เย็นอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
3.1.17 หม้อนึ่งความดันไอฆ่าเชื้อ (Autoclave) รุ่น TOMY ES-315
3.1.18 กล้องจุลทรรศน์ (Microscope)
3.1.19 ฮีมาไซโตมิเตอร์ (Haemacytometer)
3.1.20 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง (Analytical balance) รุ่น FX-300i
3.1.21 เครื่องปั่น (Blender)
3.1.22 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
3.1.23 จุกสำลี
3.1.24 ปิเปตต์ขนาด 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร
3.1.25 หลอดทดลอง
3.1.26 คิวเวตต์
3.1.27 ขวดสีชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.28 แอร์ล็อค (Airlock)

3.1.29 ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask)

3.1.30 ผ้ากรอง

3.1.31 หลอดหยด (Dropper)

3.1.32 แท่งแก้ว

3.1.33 จานเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

3.1.34 บีกเกอร์

3.1.35 กระบอกตวงขนาด 100 และ 1000 มิลลิลิตร

3.1.36 ลูปเขี่ยเชื้อ (Loop)

3.1.37 ตะเกียงแอลกอฮอล์

3.1.38 จุกยาง

3.1.39 ไฟแช็ก

3.1.40 มีด

3.1.41 เขียง

3.2 วัตถุดิบ

3.2.1 ส้มโอสายพันธุ์ทองดี (*Citrus maxima* (Burm.) Merr Thong Dee)

3.2.2 เพลล์มอลต์ (Pale Malt)

3.2.3 ฮอปส์สายพันธุ์กาลีนา (Galena hops)

3.2.4 ฮอปส์สายพันธุ์แคสเคด (Cascade hops)

3.3 เชื้อจุลินทรีย์

3.3.1 เชื้อยีสต์ สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05

3.3.2 เชื้อยีสต์ สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23

3.4 สารเคมี

3.4.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast extract – Malt extract (YM) broth

1) Yeast Extract

2) Malt Extract

3) Peptone

4) Glucose

3.4.2 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 Absolute ethanol 95%

3.4.4 Tocopherol

3.4.5 3,5-Dinitrosalicylic acid

3.4.6 Potassium Sodium tartrate

3.4.7 NaOH

3.4.8 Phenolphthalien

3.4.9 Dextrose

3.4.10 Ethanol 70%

3.4.11 น้ำปลอด CO_2

3.4.12 น้ำกลั่น

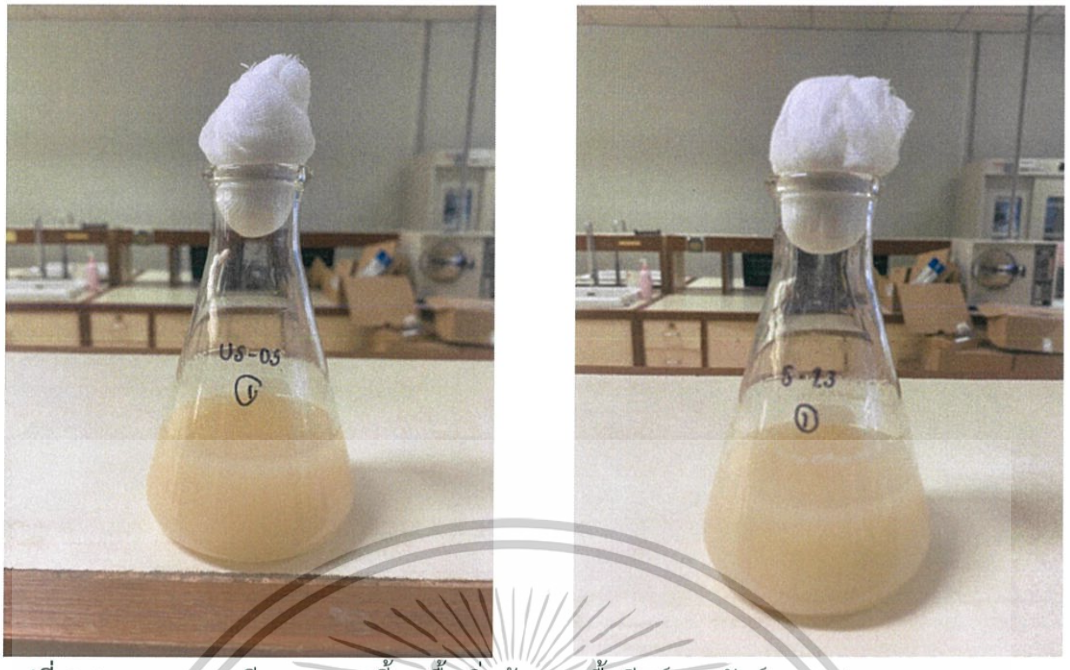
3.5 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ Yeast extract – Malt extract (YM) broth มีขั้นตอนในการเตรียมดังนี้ ชั่งสาร Yeast extract 0.54 กรัม Malt extract 0.54 กรัม Peptone 0.9 กรัม และ Glucose 1.8 กรัม จากนั้นนำมาละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 180 มิลลิลิตร เทใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave) ที่สภาวะอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แรงดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที และทิ้งไว้ให้เย็น

3.6 การเตรียมหัวเชื้อเริ่มต้น

เตรียมเชื้อยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 และสายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 ทำการกระตุ้นการเจริญของเอลยีสต์และลาเกอร์ยีสต์ โดยเขี่ยเชื้อยีสต์ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Yeast extract – Malt extract (YM) broth ชนิดละขวด (รูปที่ 3.1) โดยทำในตู้ปลอดเชื้อ จากนั้นจะนำไปเลี้ยงในสภาวะเขย่าโดยใช้เครื่องบ่มเขย่า ในสภาวะอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง (รูปที่ 3.2) ทำการนับจำนวนเซลล์ของยีสต์โดยใช้ฮีมาไซโตมิเตอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (รูปที่ 3.3) และวัดค่าความขุ่นของเซลล์โดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

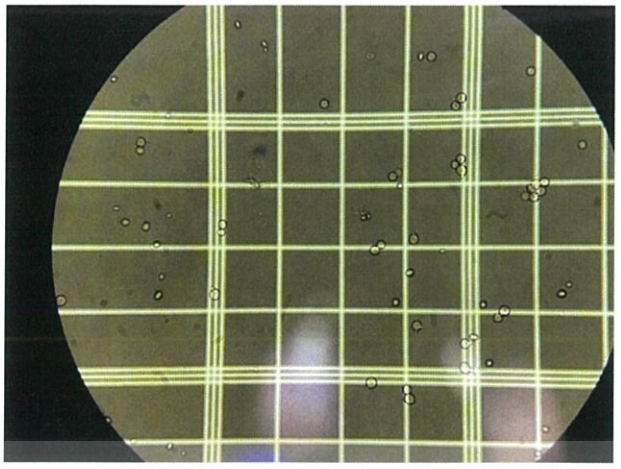
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อเริ่มต้นของเชื้อยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 และสายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23

รูปที่ 3.2 แสดงการนำเชื้อยีสต์ทั้งสองสายพันธุ์นำไปเลี้ยงในสภาวะเขย่าโดยใช้เครื่องบ่มเขย่าในสภาวะอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงการนับจำนวนเซลล์ของยีสต์โดยใช้ฮีมาไซโตมิเตอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

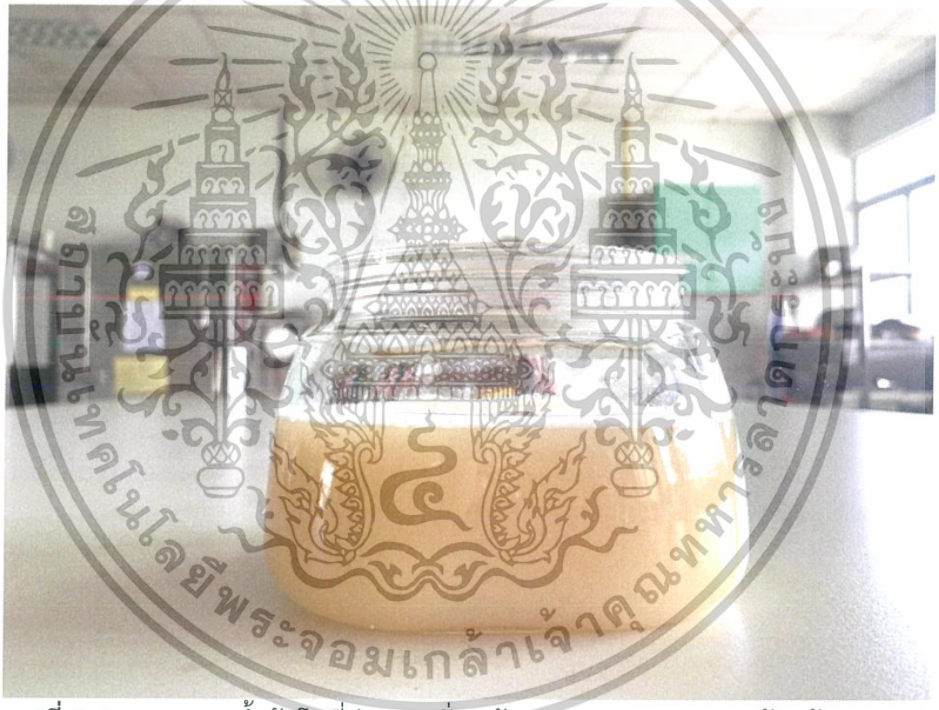
3.7 การเตรียมน้ำส้มโอสำหรับการผลิตเบียร์

ส้มโอสายพันธุ์ทองดี (*Citrus maxima* (Burm.) Merr Thong Dee) จากจังหวัดพิจิตร (รูปที่ 3.4) นำมาทำการปอกเปลือกเพื่อแยกส่วนเปลือกและส่วนเนื้อออกจากกัน (รูปที่ 3.5) จากนั้นนำเนื้อส้มโอที่ได้ มาคั้นน้ำด้วยผ้าขาวบางให้พอมีน้ำส้มโอออกมา แล้วนำเนื้อส้มโอที่ผ่านการคั้นน้ำมาใส่ลงในเครื่องปั่นและใส่น้ำส้มโอที่คั้นได้ลงไปเล็กน้อยเพื่อให้ง่ายต่อการปั่นเนื้อส้มโอ หลังจากนั้นทำการปั่นและนำน้ำส้มโอที่ผ่านการปั่นแล้วมากรองแยกกากออกด้วยผ้าขาวบาง ซึ่งจะทำการกรองทั้งหมด 3 ครั้ง เพื่อให้ได้น้ำส้มโอที่ปราศจากกากส้มโอและเพื่อให้ได้น้ำส้มโอที่มีปริมาณฟองอากาศน้อยที่สุด (รูปที่ 3.6) แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าความหวานโดยใช้รีแฟรคโตมิเตอร์ และวิเคราะห์หาค่าพีเอชด้วยพีเอชมิเตอร์

รูปที่ 3.4 แสดงภาพส้มโอสายพันธุ์ทองดี (*Citrus maxima* (Burm.) Merr Thong Dee) จากจังหวัดพิจิตร มีลักษณะค่อนข้างมนหรือกลม ผิวผลเรียบสีเขียวเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 แสดงภาพเนื้อส้มโอลักษณะสีของเปลือกในและเนื้อที่มีสีแดงคล้ายสีปูน



รูปที่ 3.6 แสดงภาพน้ำส้มโอที่ผ่านการปั่นแล้วมากรองแยกกากออกด้วยผ้าขาวบาง

3.8 การเตรียมมอลต์

การเตรียมมอลต์สำหรับกระบวนการผลิตเบียร์ส้มโอ ทำโดยการนำเพลล์มอลต์ (Pale Malt) (รูปที่ 3.7) ไปบดแบบหยาบด้วยเครื่องบดมอลต์ เพื่อเตรียมสำหรับการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการต้มน้ำเวอร์ต (รูปที่ 3.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 แสดงภาพเพลล์มอลต์ (Pale Malt) ก่อนทำการบด

รูปที่ 3.8 แสดงภาพเพลล์มอลต์ (Pale Malt) ที่นำไปบดแบบหยาบด้วยเครื่องบดมอลต์

3.9 กระบวนการผลิตเบียร์จากส้มโอ

กระบวนการผลิตเบียร์จากส้มโอมีขั้นตอนในการผลิตดังนี้ การเตรียมน้ำเวอร์ต เตรียมโดยใช้มอลต์ 1 ส่วนต่อน้ำ 3 ส่วน แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิของการต้มเป็น 65 องศาเซลเซียส แล้วทำการต้มเป็นเวลา 50 นาที ปรับอุณหภูมิ เป็น 75 องศาเซลเซียส และต้มเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำมาทำการกรองด้วยผ้าขาวบางที่ ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เพื่อแยกน้ำเวอร์ตและกากข้าวออกจากกัน

นำน้ำเวอร์ตที่แยกกากเรียบร้อยแล้วมาทำการต้มและใส่ฮอปส์สายพันธุ์กาลีนา (Galena hops) ปริมาณร้อยละ 0.1 ลงไป และทำการต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นใส่ฮอปส์สายพันธุ์แคสเคด (Cascade hops) ปริมาณร้อยละ 0.05 ลงไปในน้ำเวอร์ตแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เร่งอุณหภูมิการต้มให้เดือด จากนั้นทิ้งไว้ให้น้ำเวอร์ตเย็นตัวลงแล้วทำการวัดค่าความหวานโดยใช้รีแฟรคโตมิเตอร์

นำน้ำเวอร์ตที่ผ่านการต้มกับฮอปส์เรียบร้อยแล้วมาผสมกับน้ำส้มโอที่เตรียมไว้ โดยเตรียมอัตราส่วนน้ำเวอร์ตต่อน้ำส้มโอ ดังนี้ 100:0, 25:75, 50:50 และ 75:25 ตามลำดับ (รูปที่ 3.9) จากนั้นนำใส่ลงในถังสำหรับหมักแล้วเติมหัวเชื้อยีสต์ที่นับจำนวนเซลล์โดยใช้ฮีมาไซโตมิเตอร์ โดยยีสต์แต่ละชนิดจะถูกใส่ลงในน้ำเวอร์ตที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ทุกความเข้มข้น แล้วนำน้ำเวอร์ตที่ใส่เชื้อยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 ไปบ่มที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และน้ำเวอร์ตที่ใส่เชื้อยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 ไปบ่มที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส โดยทำการบ่มเป็นเวลา 6 วัน เก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยอีบูลลิโอมิเตอร์ วัดค่าพีเอชโดยใช้พีเอชมิเตอร์ วัดค่าสีโดยใช้วิธีสเปกโตรโฟโตเมตริก วิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเบียร์โดยวิธีดีพีพีเอช วิเคราะห์หาค่าความหวานโดยใช้รีแฟรคโตมิเตอร์ วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธีดีเอ็นเอส (DNS reagent) วิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ และวิเคราะห์รสสัมผัสของเบียร์ (Sensory)

รูปที่ 3.9 แสดงขวดหมักเบียร์ โดยแต่ละขวดมีความเข้มข้นที่แตกต่างกันในอัตราส่วนน้ำเวอร์ตต่อน้ำส้มโอ 100:0 (a), 75:25 (b), 50:50 (c) และ 25:75 (d) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 การวิเคราะห์

3.10.1 การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ โดยใช้อีบูลลิโอมิเตอร์ (Ebulliometer)

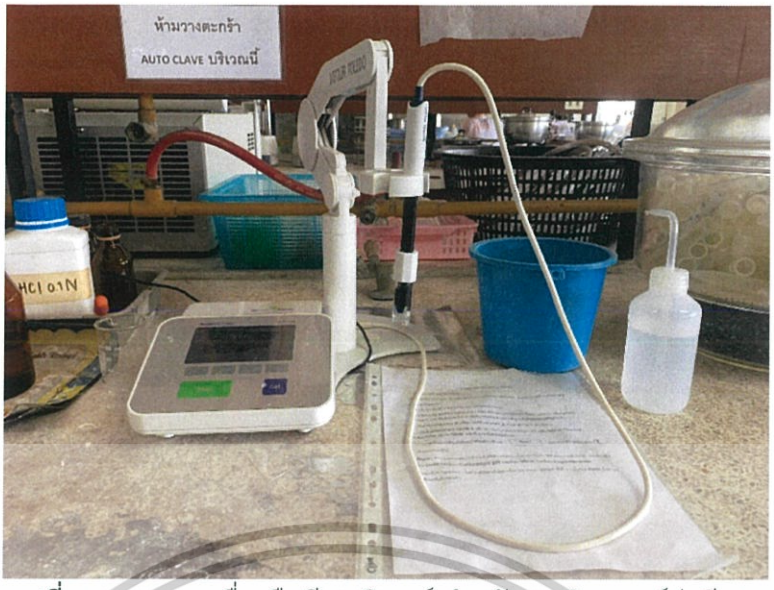
เป็นการวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ โดยจุดเดือดของน้ำเบียร์ที่ลดลงจากจุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์ และนำค่าอุณหภูมิจุดเดือดที่อ่านได้ ไปเทียบกับตารางที่ให้มากับเครื่อง เพื่ออ่านค่าปริมาณแอลกอฮอล์ (รูปที่ 3.10)

รูปที่ 3.10 แสดงเครื่องมืออีบูลลิโอมิเตอร์ (Ebulliometer) สำหรับทำการวิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์

3.10.2 การวิเคราะห์ค่าพีเอชโดยใช้พีเอชมิเตอร์ (pH meter)

การวิเคราะห์ค่าพีเอชโดยใช้พีเอชมิเตอร์ (รูปที่ 3.11) โดยทำการปรับเทียบมาตรฐาน (Calibration) ก่อนการใช้งาน การปรับที่นิยมใช้ คือระบบ two-point calibration ซึ่งจะปรับช่วง pH ที่ต้องการวัดด้วยสารบัฟเฟอร์ 2 ค่า เช่น พีเอช 4 และ 7 หรือพีเอช 7 และ 10 ที่มีค่าครอบคลุมในช่วงที่ต้องการวัด ทั้งนี้เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง ปวีณา และ วิภาพรรณ (2561) จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าพีเอช โดยล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำปราศจากไอออน (Deionized water) หรือน้ำ (Distilled water) และซับด้วยกระดาษทิชชู จากนั้นจุ่มอิเล็กโทรดลงในน้ำเวอร์ตแล้วอ่านค่าที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงเครื่องมือพีเอชมิเตอร์ สำหรับการวิเคราะห์ค่าพีเอช

3.10.3 การวิเคราะห์ค่าสีของเบียร์

ทำการวิเคราะห์ค่าสีของเบียร์ด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตริกโดยใช้เครื่องสเปกโครโฟโตมิเตอร์ ทำการวิเคราะห์การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร และใช้น้ำกลั่นเป็นแบลงค์ จากนั้นนำมาคำนวณดังสมการที่ 3.1 (Shellhammer, 2008)

$$\text{Color (EBC units)} = A_{430} \times 25 \qquad (3.1)$$

เมื่อ A_{430} = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ 430 นาโนเมตร

รูปที่ 3.12 แสดงการเปรียบเทียบสีโดยกำหนดวิธีการแบบ European Brewery Convention เพื่อประเมินสีของน้ำเวอร์ตหรือเบียร์เป็นมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเบียร์โดยวิธีดีพีพีเอช

การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเบียร์โดยวิธีดีพีพีเอช ตามวิธีของ บัณฑวรรณ และคณะ (2559) ซึ่งได้ดัดแปลงจากวิธีของ Brand และคณะ (1995) โดยใช้สารที่มีคุณสมบัติเป็นอนุมูลอิสระ คือ อนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระที่คงตัวและมีสีม่วง เมื่อดีพีพีเอชทำปฏิกิริยากับสารต้านออกซิเดชันที่ละลายด้วยเอทานอล จะทำให้สีม่วงจางลงจนเป็นสีเหลือง การเตรียมสารละลายดีพีพีเอช (DPPH reagent) โดยชั่งดีพีพีเอช 0.0079 กรัม ละลายในเอทานอล 100 มิลลิลิตร ทำการทดสอบสารตัวอย่าง โดยผสมสารละลายตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร กับสารละลายดีพีพีเอช 100 ไมโครลิตร ใน 96 well plate ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้โทโคฟีรอลเป็นสารมาตรฐาน จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งจากสมการที่ 3.2

$$\% \text{ Inhibition} = [(A_{DPPH} - A_{\text{สารตัวอย่าง}}) / A_{DPPH}] \times 100 \qquad (3.2)$$

ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันจะแสดงเป็นค่า IC_{50} คือความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50

3.10.5 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยใช้ดีเอ็นเอส (DNS reagent)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ทำโดยนำน้ำเวอร์ตที่ทำการเจือจางมา 1 มิลลิลิตร เติมสารละลายดีเอ็นเอส (ที่มีองค์ประกอบของ 3,5-Dinitrosalicylic acid จำนวน 10 กรัม Potassium Sodium tartrate 300 กรัม ที่ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปผสมกับ 2M NaOH ที่มีปริมาตร 200 มิลลิลิตร และทำการปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำสารผสมที่ได้ไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที ทำให้เย็น และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ 540 นาโนเมตร ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์จะถูกคำนวณเทียบกับค่าที่ได้จากสารละลายมาตรฐานของกลูโคสที่ความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นำไปพล็อคเป็นกราฟมาตรฐานกลูโคส

3.10.6 การวัดความถ่วงจำเพาะโดยเครื่องวัดค่าความถ่วงจำเพาะ (Hydrometer)

เทตัวอย่างเบียร์ปริมาตร 100 มิลลิลิตรลงในกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นหย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงไปในของเหลวตัวอย่างโดยให้หันกระเปาะลง พร้อมทั้งหมุนไฮโดรมิเตอร์เบา ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้ของเหลวดูดไฮโดรมิเตอร์ไว้ที่ผนังกระบอกตวงหรือเป็นการสลัดฟองให้ออกจากไฮโดรมิเตอร์ จากนั้นจึงเริ่มอ่านค่าสเกลที่ตัดบนผิวน้ำ ซึ่งในการอ่านค่าสเกลที่ตัดบนผิวน้ำนั้นให้ดูที่เส้นต่ำสุดของผิวน้ำใต้แรงตึงผิวที่โค้งเว้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการคำนวณปริมาณเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ หรือ % Alcohol by volume (ABV%) สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 3.3

$$ABV\% = (OG - FG) \times 105 \times 1.25 \qquad (3.3)$$

โดย OG คือ Original Gravity และ FG คือ Final Gravity

3.10.7 การวิเคราะห์รสสัมผัสของเบียร์

การทดสอบลำดับความชอบด้วย 9 – point hedonic scale

ตัวอย่างเบียร์ที่แตกต่างกันจะถูกนำเสนอให้กับผู้ทดสอบได้ชิมผลิตภัณฑ์เพื่อตรวจสอบความชอบระหว่างผลิตภัณฑ์ด้วยกัน

การเตรียมตัวอย่าง

นำเบียร์จำนวน 4 ตัวอย่าง ใส่ในเหยือกทั้ง 4 ใบ แล้วทำการติดรหัสเลขสุ่ม 3 หลักซึ่งจะปรากฏในแบบทดสอบแต่ละใบตามที่กำหนดไว้ (รูปที่ 3.13)

รูปที่ 3.13 แสดงตัวอย่างที่ให้ผู้ที่ทำการทดสอบประเมินโดยมีการให้รหัสตัวอย่าง (Sample coding) กับตัวอย่างที่จะทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ทดสอบ

นักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์จำนวนทั้งหมด 50 คนเป็นผู้ที่เคยรับประทานหรือชอบรับประทานผลิตภัณฑ์เบียร์และมีอายุในช่วง 20-25 ปี และทำการกรอกแบบทดสอบที่ให้โดยทำการกำหนดลำดับคะแนนที่ได้รับโดยระบุจาก

ชอบมากที่สุด = 9 คะแนน ชอบมาก = 8 คะแนน ชอบปานกลาง = 7 คะแนน ชอบเล็กน้อย = 6 คะแนน เฉยๆ = 5 คะแนน ไม่ชอบเล็กน้อย = 4 คะแนน ไม่ชอบปานกลาง = 3 คะแนน ไม่ชอบมาก = 2 คะแนน ไม่ชอบมากที่สุด = 1 คะแนน

3.11 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และ One Way ANOVA โดยวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab version 18.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ลักษณะทางกายภาพเคมีของน้ำส้มโอ

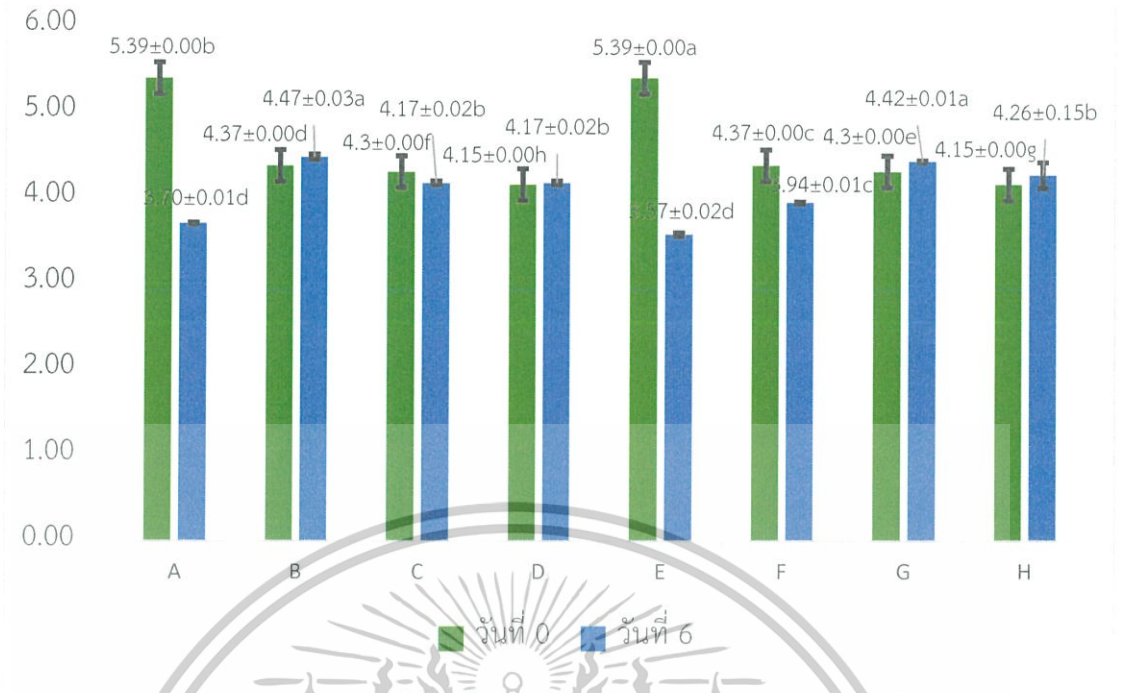
จากการนำส้มโอสายพันธุ์ทองดีมาทำการปอกเปลือกเพื่อแยกส่วนเปลือกและส่วนเนื้อออกจากกัน จากนั้นนำเนื้อส้มโอที่ได้มาทำการคั้นน้ำด้วยผ้าขาวบางให้พอมีน้ำส้มโอออกมา แล้วนำเนื้อส้มโอที่ผ่านการคั้นน้ำมาใส่ลงในเครื่องปั่นและใส่น้ำส้มโอที่คั้นได้ลงไปเล็กน้อยเพื่อให้ง่ายต่อการปั่นเนื้อส้มโอ หลังจากนั้นทำการปั่นและนำน้ำส้มโอที่ผ่านการปั่นแล้วมากรองแยกกากออกด้วยผ้าขาวบาง แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดโดยใช้รีแฟรคโตมิเตอร์พบว่าน้ำส้มโอมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 10.8 องศาบริกซ์ และการวิเคราะห์ค่าพีเอชด้วยพีเอชมิเตอร์ พบว่ามีค่าพีเอชเท่ากับ 4.06

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของส้มโอสายพันธุ์ทองดีมี 10.8 องศาบริกซ์ โดยปริมาณของของแข็งที่ละลายได้ถูกนำมาใช้เพื่อบ่งชี้ระดับความสุกของผลไม้ หากมีระดับที่ลดลงเนื้อหรือ น้ำผลไม้จะมีปริมาณกรดมากขึ้นและมีความหวานที่น้อยลง ในทางกลับกันระดับน้ำตาลที่สูงขึ้นในผลไม้นั้นจะส่งผลดีให้กับการหมัก (Melo และคณะ, 2017)

4.2 ค่าพีเอชของเบียร์

จากกระบวนการหมักเบียร์และการเก็บตัวอย่างเบียร์เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าพีเอชของเบียร์โดยพีเอชมิเตอร์ เบียร์ที่หมักด้วยน้ำส้มโอทุกระดับความเข้มข้นและการหมักด้วยยีสต์ทั้งสองชนิดจนถึงวันที่ 6 เมื่อผ่านการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าพีเอชมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยเบียร์ที่มีค่าความเป็นกรดด่างสูงที่สุด คือ เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 25 และหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (ตัวอย่าง B) ซึ่งมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.47±0.03 และเบียร์ที่มีพีเอชต่ำที่สุด คือ เบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสมที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (ตัวอย่าง E) ซึ่งมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.57±0.02 ซึ่งสอดคล้องกับคำอธิบายของ วิลาวัณย์ (2539) ซึ่งได้อธิบายว่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของยีสต์ส่วนใหญ่จะอยู่ระหว่าง 4.0-4.5 ยีสต์ส่วนใหญ่จะเติบโตไม่ดีในสภาพที่เป็นด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



a,b,c,d,e,f,g,h แสดงค่าความแตกต่างกันที่ $p<0.05$

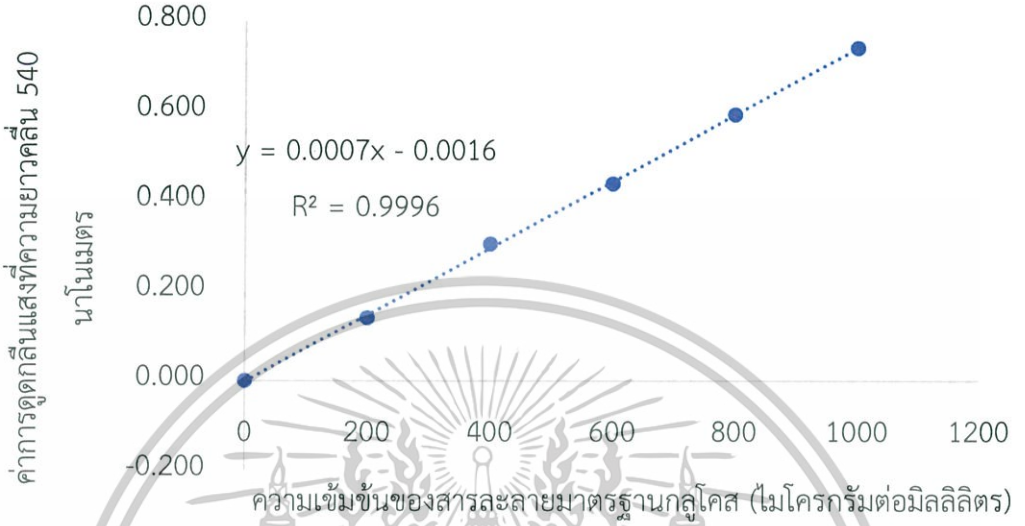
รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดด่างเมื่อผ่านกระบวนการหมักวันที่ 0 และวันที่ 6 ของเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสม (ตัวอย่าง A) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 25 (ตัวอย่าง B) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 (ตัวอย่าง C) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 (ตัวอย่าง D) ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 และ ของเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสม (ตัวอย่าง E) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 25 (ตัวอย่าง F) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 (ตัวอย่าง G) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 (ตัวอย่าง H) ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23

4.3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณแอลกอฮอล์ในกระบวนการหมักเบียร์

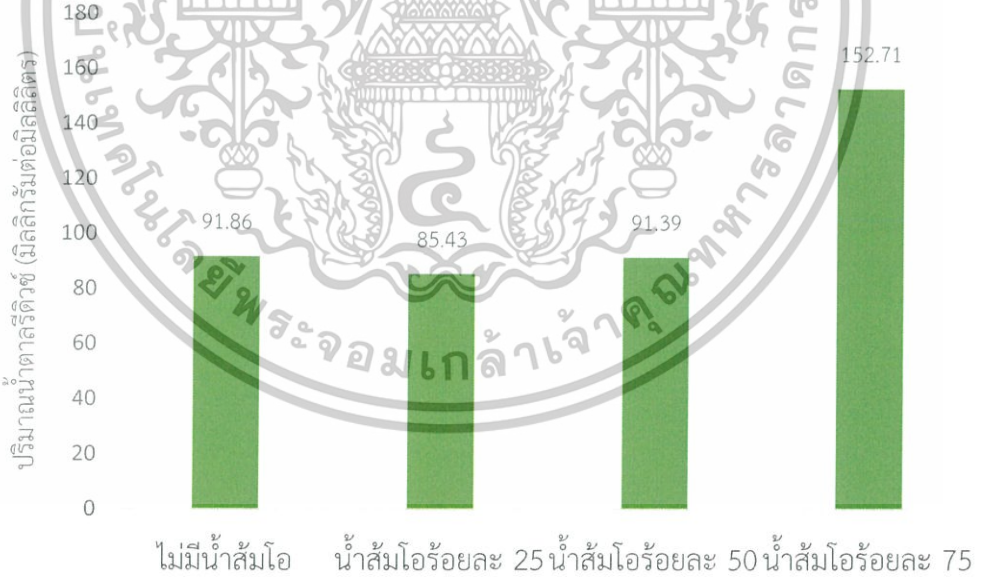
จากกระบวนการหมักเบียร์และการเก็บตัวอย่างเบียร์เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในเบียร์ด้วยวิธี DNS reagent โดยนำมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานกลูโคส (รูปที่ 4.2) พบว่าตัวอย่างเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสมในวันที่ 0 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 91.86 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตัวอย่างที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 25 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 85.43 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตัวอย่างที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 91.39 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และตัวอย่างที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 152.71 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยแสดงในรูปที่ 4.3 ความเข้มข้นของน้ำส้มโอทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าที่สูงขึ้น ซึ่งตรงกับคำอธิบายของ Henley (2011) ซึ่งอธิบายว่า ส่วนเสริม (Adjunct) สามารถทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นสำหรับเอนไซม์มอลต์ (Bamforth, 2006) และเพิ่มปริมาณของน้ำตาลที่หมักได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของตัวอย่างของการหมักด้วยน้ำส้มโอทุกระดับความเข้มข้นและการหมักด้วยยีสต์ทั้งสองชนิดมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 2 หลังจากนั้นปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะเริ่มลดช้าลงในช่วงวันที่ 2 ถึงวันที่ 6



รูปที่ 4.2 แสดงกราฟมาตรฐานสารละลายกลูโคส

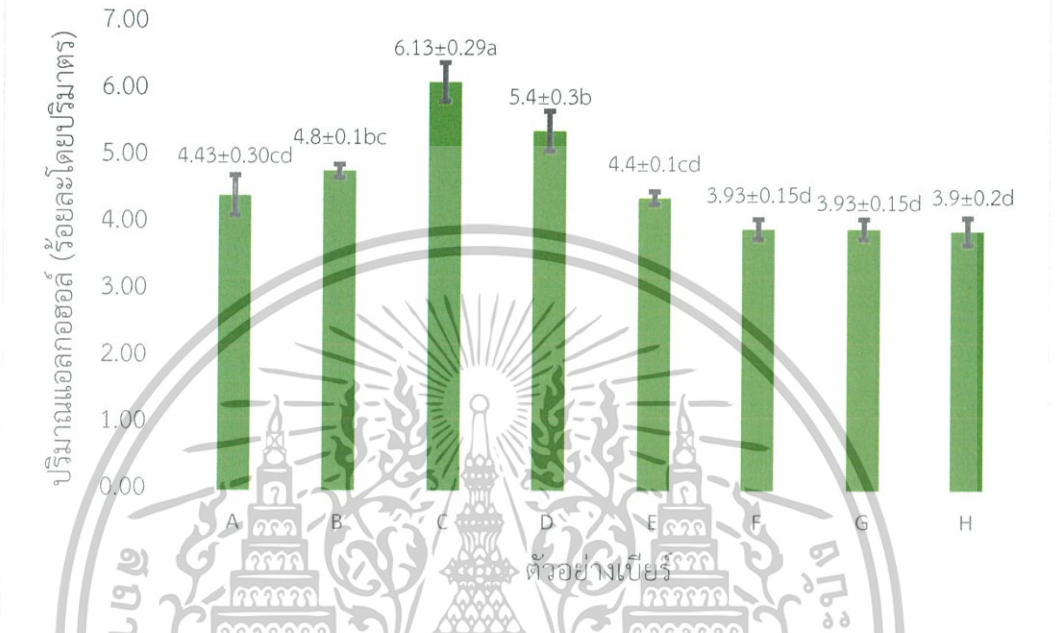


รูปที่ 4.3 แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของตัวอย่างเบียร์ในวันที่ 0

การหาปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้เครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ (Ebulliometer) พบว่า **ปริมาณแอลกอฮอล์มีปริมาณเพิ่มขึ้น** โดยเมื่อผ่านกระบวนการหมักมาจนถึงวันที่ 6 พบว่าเบียร์ที่มี

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (ตัวอย่าง C) มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.13±0.29 ร้อยละโดยปริมาตร และเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (ตัวอย่าง H) มีปริมาณแอลกอฮอล์น้อยที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.9±0.2 ร้อยละโดยปริมาตร แสดงดังรูปที่ 4.4

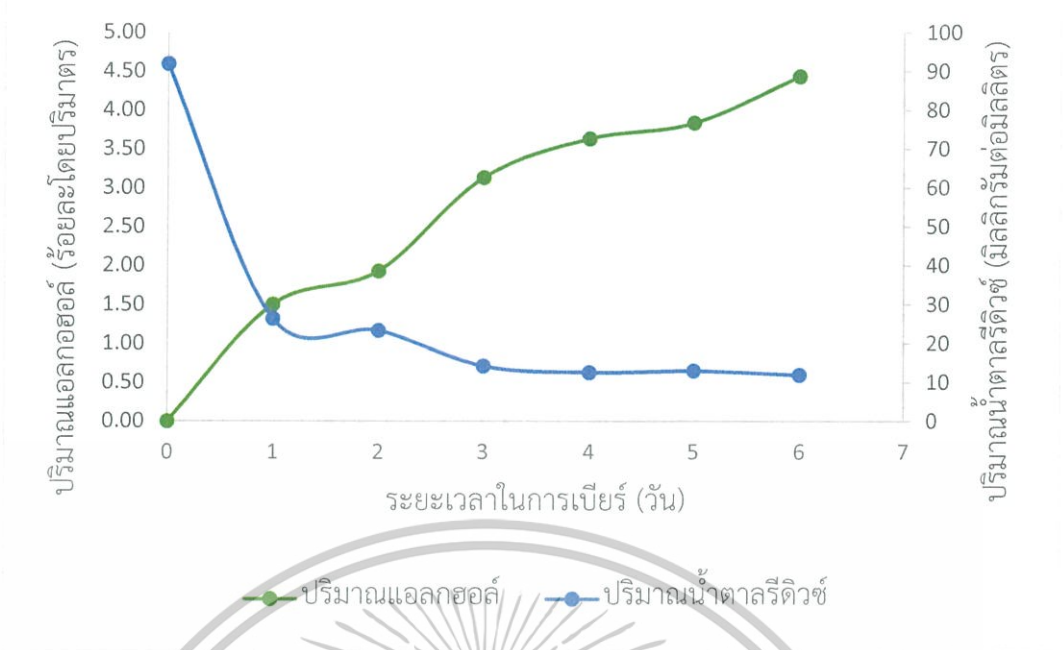


a,b,c,d แสดงค่าความแตกต่างกันที่ $p<0.05$

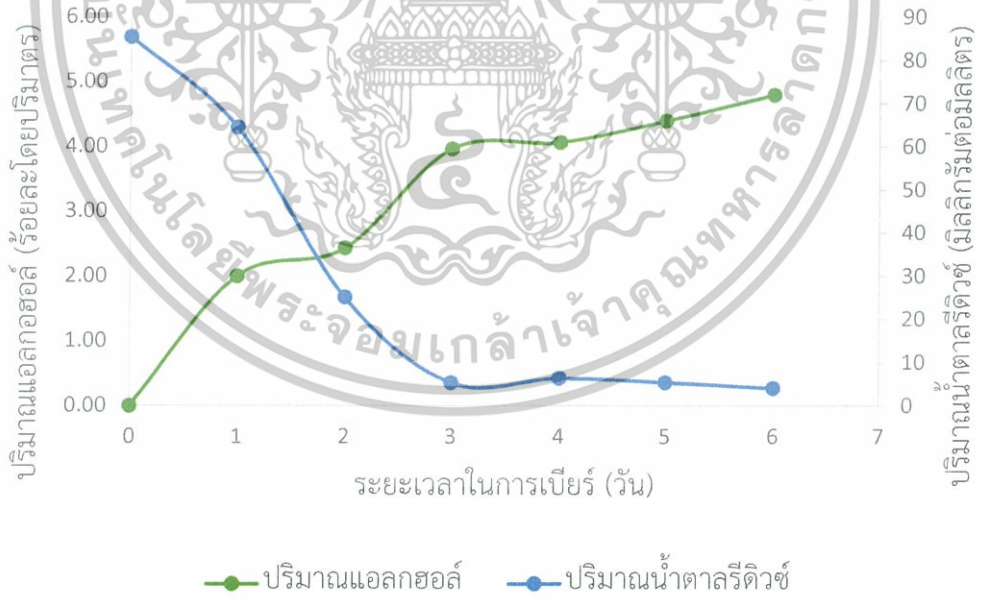
รูปที่ 4.4 แสดงปริมาณแอลกอฮอล์ของกระบวนการหมักเบียร์ในวันที่ 6 ของเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสม (ตัวอย่าง A) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 25 (ตัวอย่าง B) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 (ตัวอย่าง C) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 (ตัวอย่าง D) ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 และ ของเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสม (ตัวอย่าง E) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 25 (ตัวอย่าง F) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 (ตัวอย่าง G) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 (ตัวอย่าง H) ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (ร้อยละโดยปริมาตร)

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณแอลกอฮอล์ พบว่าเมื่อผ่านกระบวนการหมักเบียร์ด้วยยีสต์ทั้งสองชนิด ระดับน้ำตาลมีแนวโน้มที่ลดลงในขณะที่ปริมาณแอลกอฮอล์มีปริมาณที่มากขึ้น แสดงดังรูปที่ 4.5 ถึง 4.12 ซึ่งผลพลอยได้จากการหมักภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสให้เป็นเอทานอลและคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ประมาณร้อยละ 95 (คนอง, 2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

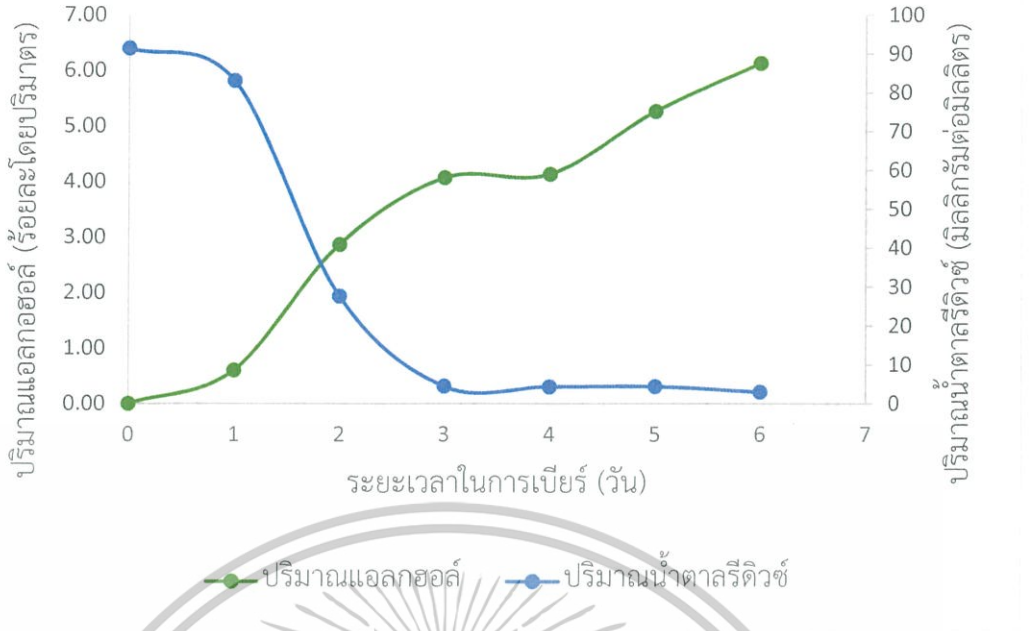


รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ของกระบวนการหมักเบียร์ของการหมักเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสมที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (ตัวอย่าง A)

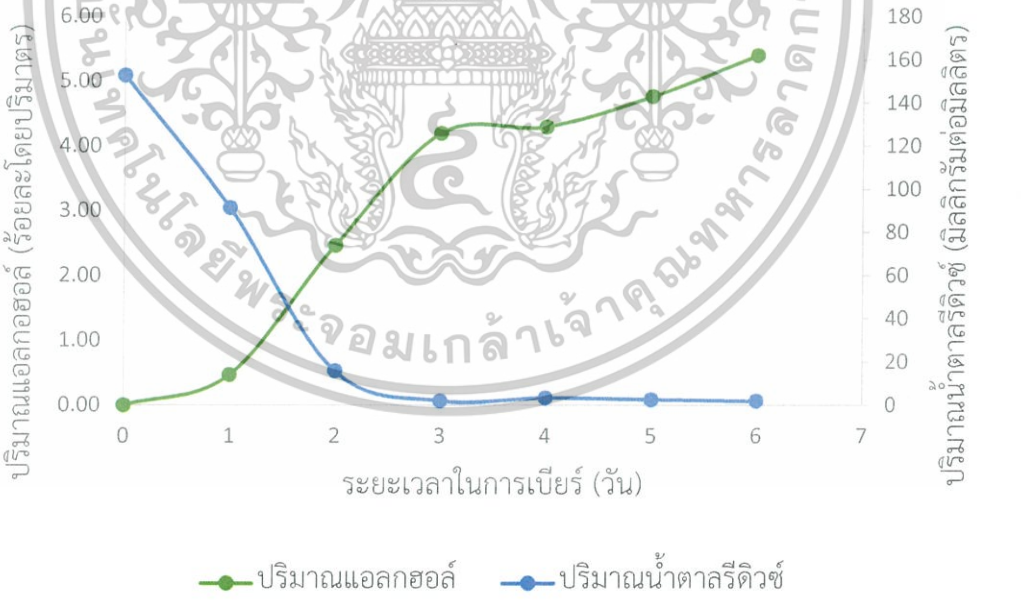


รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ของกระบวนการหมักเบียร์ของการหมักเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 25 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (ตัวอย่าง B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

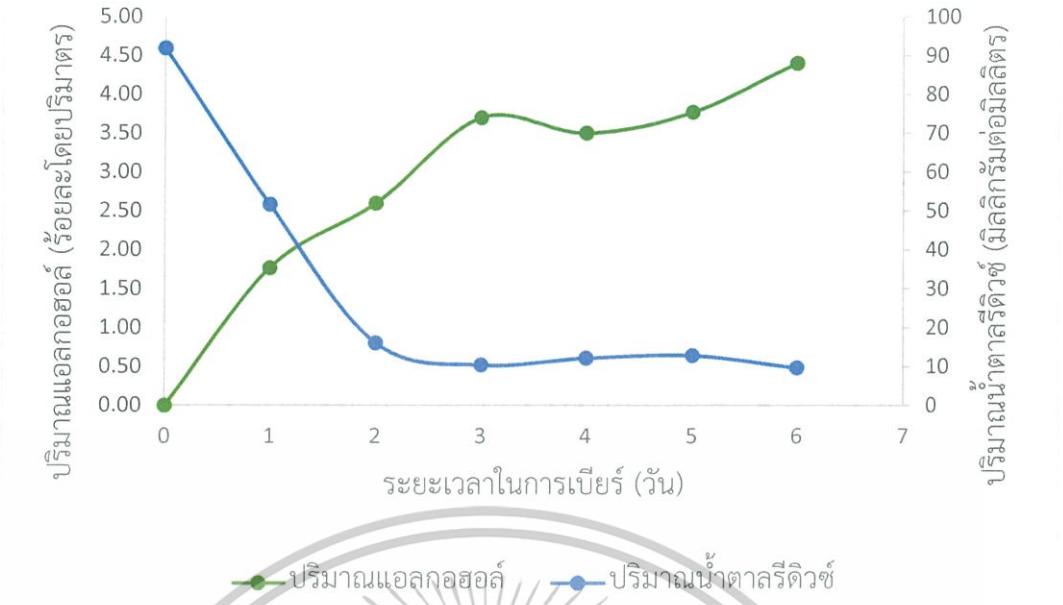


รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ของกระบวนการหมักเบียร์ของการหมักเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (ตัวอย่าง C)

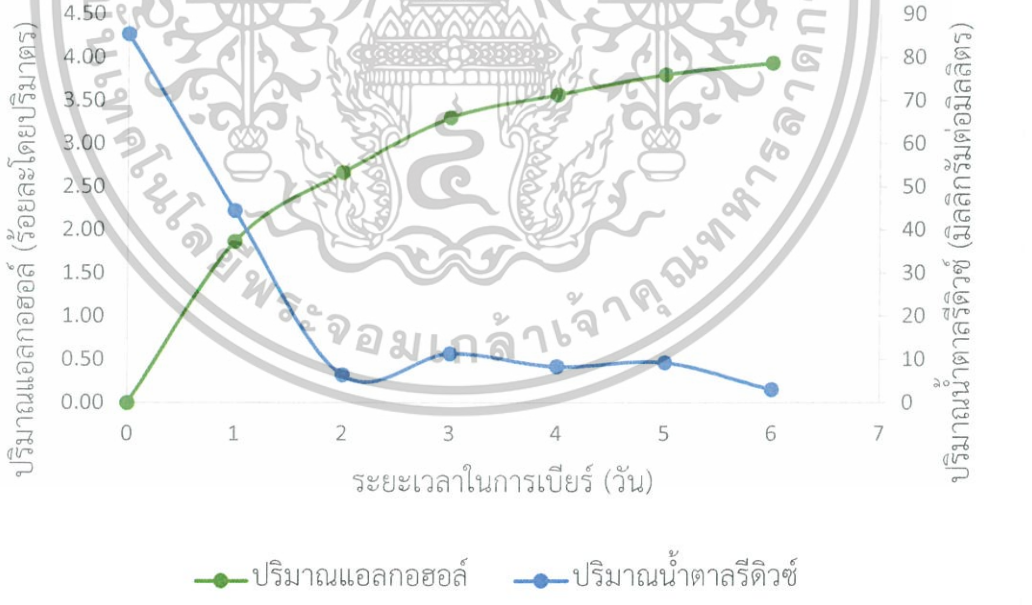


รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ของกระบวนการหมักเบียร์ของการหมักเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (ตัวอย่าง D)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

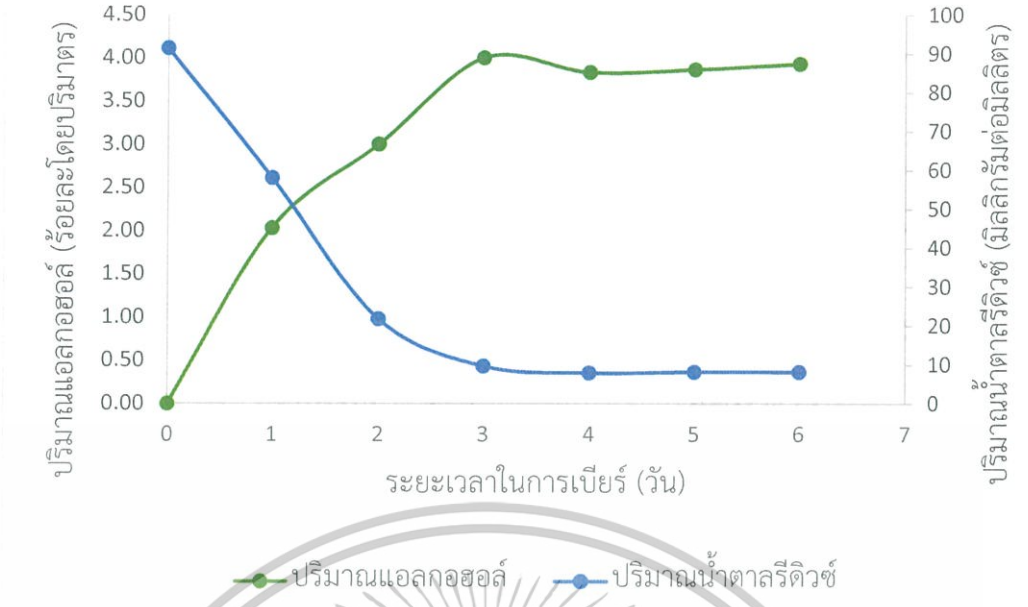


รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ของกระบวนการหมักเบียร์ของการหมักเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสมที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (ตัวอย่าง E)

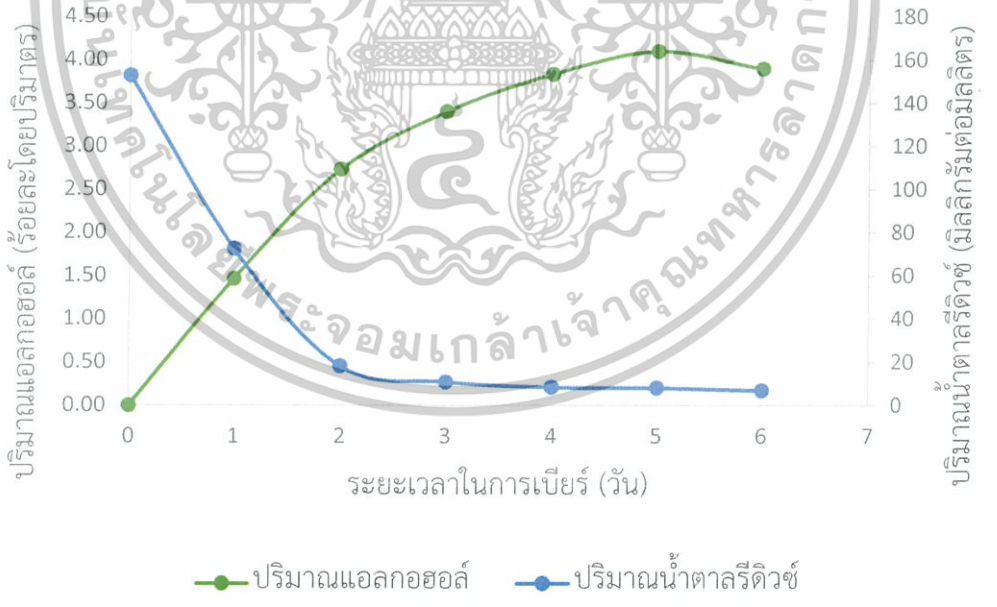


รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ของกระบวนการหมักเบียร์ของการหมักเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 25 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (ตัวอย่าง F)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ของกระบวนการหมักเบียร์ของการหมักเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (ตัวอย่าง G)



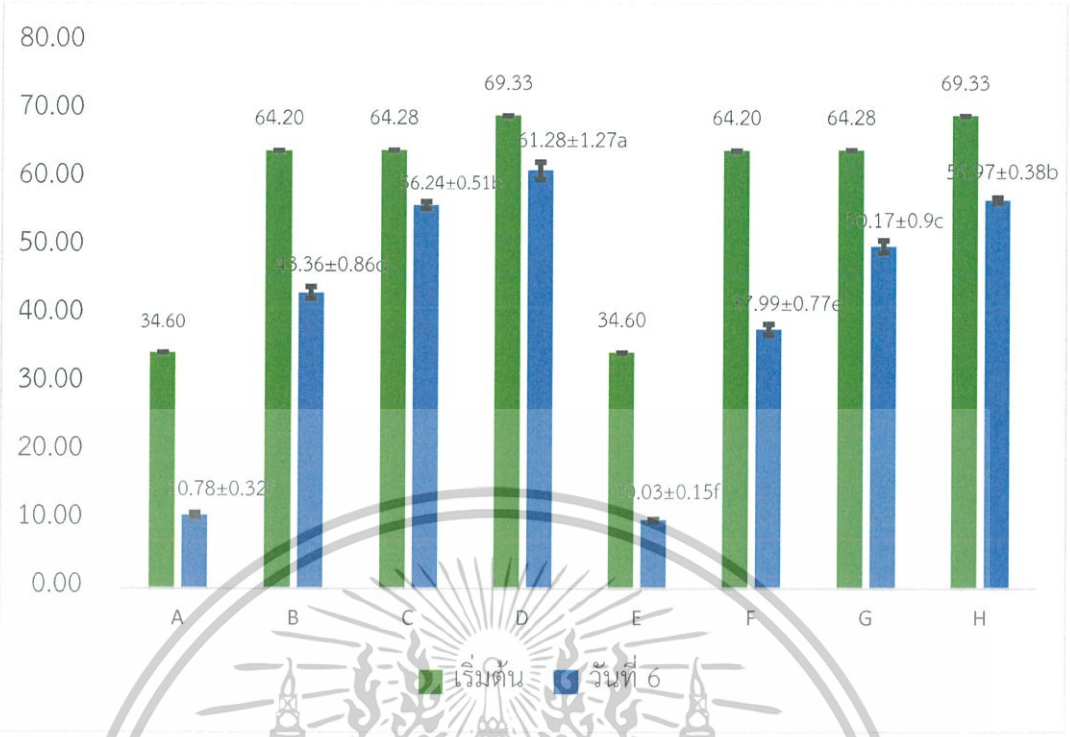
รูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ของกระบวนการหมักเบียร์ของการหมักเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (ตัวอย่าง H)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การวัดค่าสี

จากกระบวนการหมักเบียร์และการเก็บตัวอย่างเบียร์เพื่อนำมาทำการวัดสีของเบียร์ด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตริก โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ทำการวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร จากนั้นนำมาคำนวณให้ออกมาในรูปของ EBC units พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของน้ำส้มโอที่ผสมอยู่ในน้ำเวอร์ตมีปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้สีของเบียร์มีค่าสูงขึ้น ซึ่งค่าที่ได้จะแสดงดังรูปที่ 4.13 โดยเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 และหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (ตัวอย่าง D) มีค่าสีที่มากที่สุดซึ่งเท่ากับ 61.28±1.27 EBC และเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสมที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 มีค่าน้อยที่สุดซึ่งเท่ากับ 10.03±0.15 EBC และทำการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าสีของเบียร์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสมที่หมักด้วยยีสต์ทั้งสองชนิดไม่มีความแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งค่าสีของเบียร์ที่ได้สอดคล้องกับคำอธิบายของ Henley (2011) ซึ่งอธิบายว่า ส่วนเสริมยังให้รสชาติและสีที่เป็นเอกลักษณ์กับเบียร์ในขั้นสุดท้าย และขั้นตอนการต้มให้เดือดยังช่วยในเรื่องของสีและกลิ่นของน้ำเวอร์ต และ Jardim และคณะ (2018) อธิบายว่า เบียร์ที่มีสีเข้มและมีความขุ่นมากขึ้นเป็นเหตุมาจากกลิ่นและรสของผลไม้ ดอกไม้ และมอลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



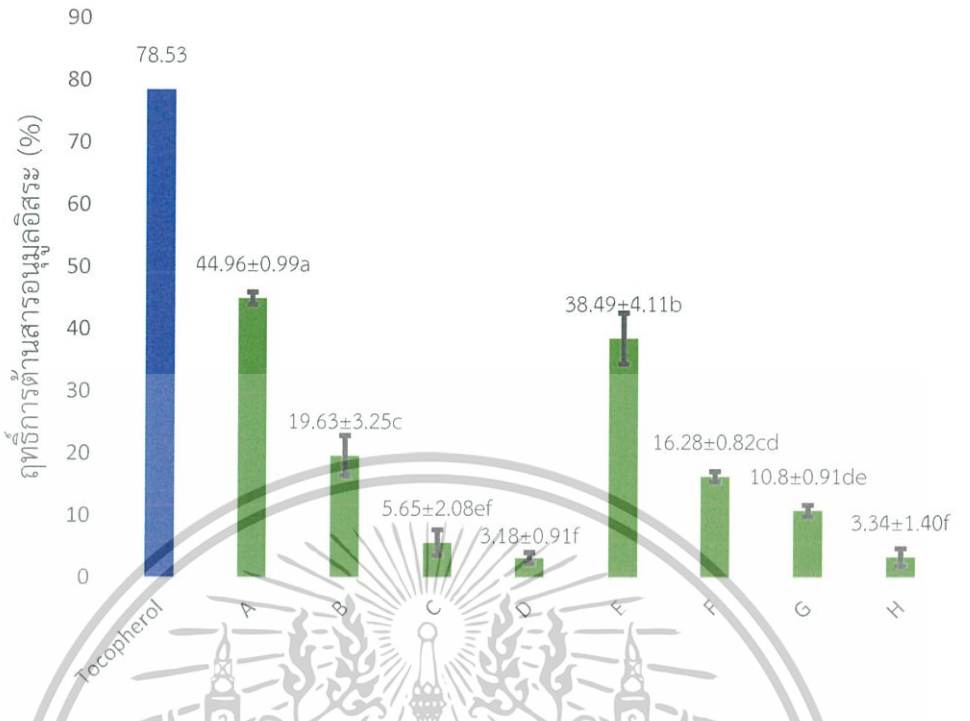
a,b,c,d,e,f แสดงค่าความแตกต่างกันที่ $p<0.05$

รูปที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบค่าสีเมื่อผ่านกระบวนการหมักวันที่ 0 และวันที่ 6 ของเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสม (ตัวอย่าง A) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 25 (ตัวอย่าง B) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 (ตัวอย่าง C) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 (ตัวอย่าง D) ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 และ ของเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสม (ตัวอย่าง E) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 25 (ตัวอย่าง F) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 (ตัวอย่าง G) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 (ตัวอย่าง H) ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (EBC units)

4.5 การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเบียร์โดยวิธีดีพีพีเอช

จากกระบวนการหมักเบียร์และการเก็บตัวอย่างเบียร์เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้สารที่มีคุณสมบัติเป็นอนุมูลอิสระ คือ อนุมูลอิสระดีพีพีเอช และทำปฏิกิริยากับสารต้านออกซิเดชันที่ละลายด้วยเอทานอล ซึ่งฤทธิ์ต้านออกซิเดชันจากวิธีดีพีพีเอชที่ดีที่สุดจะสังเกตได้จากค่า IC_{50} ที่ต่ำที่สุด (บัณฑวรรณ และคณะ, 2559) จากการทดลองพบว่าเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (ตัวอย่าง D) มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ดีที่สุด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 3.18±0.91 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากผลการทดลองของ Nagymate และ Fodor (2018) พบว่าเบียร์ทุกชนิดมีสารต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีวิตามินและสารหลายชนิดที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเบียร์ ซึ่งแหล่งหนึ่งของวิตามินในเบียร์ คือ มอลต์ หากเบียร์นั้นอุดมไปด้วยวิตามินอีและซีรวมกันปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



a,b,c,d,e,f แสดงค่าความแตกต่างกันที่ $p<0.05$

รูปที่ 4.14 แสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสม (ตัวอย่าง A) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 25 (ตัวอย่าง B) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 (ตัวอย่าง C) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 (ตัวอย่าง D) ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 และของเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสม (ตัวอย่าง E) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 25 (ตัวอย่าง F) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 (ตัวอย่าง G) เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 (ตัวอย่าง H) ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23

4.6 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสในงานวิจัยนี้ใช้แบบทดสอบ 9 point hedonic scale โดยชิมตัวอย่างเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสมที่หมักด้วยยีสต์ทั้งสองชนิด (ตัวอย่าง A และ E) และเบียร์มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 ที่หมักด้วยยีสต์ทั้งสองชนิด (ตัวอย่าง C และ G) มีผู้ทดสอบจำนวน 50 คน และมีการทดสอบในคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ กลิ่น สี รสชาติ ความรู้สึกในปาก และความชอบโดยรวม โดยผู้ทดสอบได้ให้คะแนนและนำมาวิเคราะห์ทางสถิติซึ่งมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงดังตารางที่ 4.1

จากการทดสอบพบว่าผู้ทำการทดสอบชอบตัวอย่าง E มากที่สุด ซึ่งคือตัวอย่างเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสมที่มีการหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 โดยมีคะแนนสูงที่สุดในการทดสอบคุณลักษณะทุกการทดสอบ และตัวอย่างเบียร์ที่ชอบรองลงมา คือ ตัวอย่างเบียร์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่มีน้ำส้มโอผสมที่มีการหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 ตัวอย่างเบียร์เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 และตัวอย่างเบียร์เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 ตามลำดับ จากการทดลองของ Marongiu และคณะ (2015) พบว่าสำหรับการหมักเบียร์เพื่อให้ได้คราฟเบียร์ที่มีรสชาติที่ซับซ้อนมากขึ้น จึงใช้เชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* เป็นหัวเชื้อเริ่มต้น

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างเบียร์ โดยวิธี 9 point hedonic scale จากผู้ทดสอบจำนวน 50 คน

ตัวอย่าง	กลิ่น	สี	รสชาติ	ความรู้สึกภายในปาก	ความชอบโดยรวม
A	4.64±0.99b	5.14±1.01a	4.68±0.84b	3.98±1.08b	3.60±0.99b
C	1.54±0.58d	1.56±0.5c	1.30±0.46d	1.24±0.43d	1.34±0.48d
E	6.00±0.83a	5.36±1.19a	5.36±1.14a	5.50±1.04a	5.25±1.23a
G	2.08±0.7c	2.58±0.67b	2.50±0.51c	2.04±0.7c	2.06±0.74c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการผลิตเบียร์โดยจะใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำส้มโอที่แตกต่างกันในการผลิต คือ 100:0. 75:25, 50:50 และ25:75 และใช้ยีสต์ 2 ชนิดในการหมักเบียร์คือ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 และ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 พบว่า ลักษณะทางกายภาพเคมีของน้ำส้มโอ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 10.8 องศาบริกซ์ และวิเคราะห์ค่าพีเอชด้วยพีเอชพบว่ามีค่าพีเอชเท่ากับ 4.06 โดยค่าพีเอชของเบียร์ที่หมักด้วยน้ำส้มโอทุกระดับความเข้มข้นด้วยยีสต์ทั้งสองชนิดจนถึงวันที่ 6 พบว่า เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 25 และหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 ซึ่งมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.47±0.03 และเบียร์ที่มีพีเอชต่ำที่สุด คือ เบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสมที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 ซึ่งมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.57±0.02

การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณแอลกอฮอล์ในกระบวนการหมักเบียร์ด้วยวิธีดีเอ็นเอส พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของตัวอย่างของการหมักด้วยน้ำส้มโอปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะเริ่มลดช้าลงในช่วงวันที่ 2 ถึงวันที่ 6 และการหาปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้เครื่องวัดทุกระดับความเข้มข้นด้วยยีสต์ทั้งสองชนิดมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 0 ถึงวันที่ 2 หลังจากนั้นปริมาณแอลกอฮอล์ (Ebulliometer) พบว่า เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.13±0.29 และเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 มีปริมาณแอลกอฮอล์น้อยที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.9±0.2

การวัดค่าสีของเบียร์ด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตริก ที่ความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร โดยเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 และหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 มีค่าสีที่มากที่สุดซึ่งเท่ากับ 61.28±1.27 EBC และเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสมที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 มีค่าน้อยที่สุดซึ่งเท่ากับ 10.03±0.15

การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเบียร์โดยวิธีดีพีพีเอชพบว่าเบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 75 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ดีที่สุด เนื่องจากมีค่า IC_{50} ต่ำที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 3.18±0.91 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

การทดสอบทางประสาทสัมผัส การประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสในงานวิจัยนี้ใช้แบบทดสอบ 9 point hedonic scale พบว่าตัวอย่างเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสมที่มีการหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 ผู้ทดสอบชอบมากที่สุด และตัวอย่างเบียร์ที่ผู้ทดสอบมีความชอบรองลงมา คือ ตัวอย่างเบียร์ที่ไม่มีน้ำส้มโอผสมที่มีการหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cerevisiae SafAle US-05 ตัวอย่างเบียร์เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 และตัวอย่างเบียร์เบียร์ที่มีน้ำส้มโอผสมอยู่ร้อยละ 50 ที่หมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

คนอง ศรีนรคุตร. 2532. “ผลของตัวแปรบางตัวที่มีต่อการผลิตเอทานอลจากวัสดุการเกษตรโดยเครื่องหมักแบบคอลัมน์ชนิดต่อเนื่อง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โชคชัย วนภู. 2558. “การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเบียร์จากข้าวไทยเป็นส่วนประกอบหลักโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนองและการประยุกต์ใช้ในการผลิตเบียร์ระดับกึ่งอุตสาหกรรม.”

บัณฑรวรรณ ธุระพระ, จันทนา บุญยะรัตน์, เยาวเรศ ชูลิขิต และสุภาวดี ดาวดี. 2559. “การวิเคราะห์ปริมาณสาระสำคัญและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในส้มโอ”. **ว.เภสัชอีสาน.** 11 : 80-91.

ปวีณา กำเนิดนนท์ และ วิภาพรรณ ไสยสมบัติ. 2561. “การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามข้อกำหนดของ USP 41” **กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์,กระทรวงสาธารณะสุข.**

วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล. 2539. **จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญด้านอาหาร.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ศิริพร สุภโตษะ. 2560. “ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ประเภทเบียร์ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล.” วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะพาณิชยศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Araújo, T.V. et. Al. 2018. “Association between microcephaly, Zika virus infection, and other risk factors in Brazil: final report of a case-control study” **Lancet Infect Dis** 18: 328–36

Bamforth, C.W. 2006. **Scientific principles of malting and brewing.** St. Paul : Minn.

Brand, W.W. and Cuvelier, M. and Berset, C. 1995. “Use of free radical method to evaluate antioxidant activity.” **LWT – Food Science and Technology.** 28(1) : 25–30.

Briggs, D.E. 1998. **Malts and Malting.** 1st ed. Blackie Academic & Professional Chapman & Hall

Chaiwong, S. and Theppakorn, T. 2010. “Bioactive compounds and antioxidant capacity of pink pummelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) CV “Thongdee” in Thailand.” **J of ISSAAS.** 16(2) : 10-16.

Cho, J.H. Kim, I.D. Dhungana, S.K. Do, H.M. and Shin, D.H. 2018. “Persimmon fruit enhanced quality characteristics and antioxidant potential of beer.” **Food Sci Biotechnol.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Depraetere C. 2008. "The Challenge of Nissology: A Global Outlook on the World Archipelago Part II: The Global and Scientific Vocation of Nissology" **Island Studies Journal; Charlottetown.** 3(1) : 17-36

Gamlatha, J. Aldreda, G.P. and Panozzob, F.J. 2008. "Barley ($1^{\rightarrow}3$; $1^{\rightarrow}4$)-β-glucan and arabinoxylan content are related to kernel hardness and water uptake." **Journal of Cereal Science.** 47 : 365-371.

Henley, T. 2011. "Effects of Dark Malts, Dry Hopping, and Filtration on Xanthohumol Content and Bioactivity of American India Pale Ales." Thesis of Degree of Master of Science, Colorado State University.

Jardim, C.C. Souza, D. Machado, I.C.K. Pinto, L.M.N. Ramos, R.C.S. and Garavaglia,J. 2018. "Sensory Profile, Consumer Preference and Chemical Composition of Craft Beers from Brazil." **MDPI.** 4(106).

Kanogporn Payakarintarungku. 2005. "Antioxidants from Uvaria rufa Blume roots."

Kumar, R. Vijay, S. and Khan, N. 2013. "Comparative nutritional analysis and Antioxidant activity of fruit juices of some *Citrus spp.*" **Octa Journal of Biosciences.** 1(1) : 44-53.

Marongiu, A. Zara, G. Legras, J. Del Caro, A. Mascia, I. Fadda, C. and Budroni, M. 2015. "Novel starters for old processes: Use of Saccharomyces cerevisiae strains isolated from artisanal sourdough for craft beer production at a brewery scale." **J. Ind. Microbiol. Biotechnol.** 42 : 85–92.

Martínez, A. Vegara, S. Martí, N. Valero, M. and Saura, D. 2017. "Physicochemical characterization of special persimmon fruit beers using bohemian pilsner malt as a base." **Wiley Online Library.**

Melo, V.F. Araújo, G.S. Bispo, J.A.C. Bianchi, V.L.D. and Carvalho, G.B.M. 2017. "Effect of different concentrations of bush passion fruit pulp and temperature in the production of beer." **African Journal of Biotechnology.** 16 : 1150-1158.

Nagymate, E.J. and Fodor, P. 2018. "Sensory Evaluation of Beer Enriched with Antioxidant Vitamins." **Journal of the American Society of Brewing Chemists.** 20-28.

Palmer, G. H. 2006. **Barley and malt.** In : Priest, F.G. and Stewart, G.G. (eds.). Handbook of brewing. 2nd ed. Taylor&Francis Group : CRC press.

Payakarintarungku K. 2005. "Antioxidants from Uvaria rufa Blume roots."

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pichaiyongvongdee, S. and Haruenkit, R. 2009. "Investigation of limonoids, flavanones, total polyphenol content and antioxidant activity in seven thai pummel cultivars." **Kasetsart J Nat Sci.** 43 : 458-466.

Pichaiyongvongdee, S. and Haruenkit, R. 2009. "Investigation of limonoids, flavanones, total polyphenol content and antioxidant activity in seven thai pummel cultivars." **Kasetsart J Nat Sci.** 43 : 458-466.

Shellhammer, T. H. 2008. **Beer a Quality Perspective.** Califonia. DOI: 10.1021/bk-2008-0983.ch015. 213-227.

Sohrabvandi, S. Mortazavian, A.M. and Rezaei, K. 2011. "Health-related aspects of beer: a review." **Int. J. Food Properties.** 15 : 350–373.

Tsai, H.L. Chang, S.K. and Chang, S.J. 2007. "Antioxidant Content and Free Radical Scavenging Ability of Fresh Red Pummelo [*Citrus grandis* (L.) Osbeck] Juice and Freeze-Dried Products." **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 55(8) : 2867-2872.

Wei, Y.L. and Cheowtirakul, C. 2013. "A Study of Lime Beer Formulations." **AU J.T.** 16(4) : 187-198

ประภาส โฉลกพันธ์รัตน์. 2553. **การเพาะเลี้ยงยีสต์.** [Online]. Available : https://home.kku.ac.th/pracha/Yeast%20Culture.htm

Wishbeer. 2016. **ฟาร์มปลูกฮอปส์แห่งแรกโดยอดีตโปรแกรมเมอร์ชาวไทยผู้หลงรักคราฟต์เบียร์.** [Online]. Available : https://www.wishbeer.com/th/blog/deva-hops-farm-n256

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การวัดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

เทเชื้อยีสต์ชนิดแห้งสายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast extract – Malt extract (YM) broth ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ที่บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรและทำแบบเดียวกันกับเชื้อยีสต์ชนิดแห้งสายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 โดยใช้เทคนิคการกีดกั้นเชื้อ (aseptic technique) และทำในตู้ปลอดเชื้อ จากนั้นนำไปบ่มในสภาวะเขย่าที่เครื่องบ่มเขย่า (Incubator Shaker) ในสภาวะอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

จากนั้นใช้เข็มเขี่ยเชื้อจุ่มเชื้อยีสต์ใน Yeast extract – Malt extract (YM) broth broth มาแยกเชื้อบริสุทธิ์ด้วยวิธีการ cross streak ลงในจานเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ที่บรรจุอาหาร Yeast extract – Malt extract (YM) agar โดยใช้เทคนิคการกีดกั้นเชื้อ (aseptic technique) และทำในตู้ปลอดเชื้อแล้วนำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อ (Incubator) ที่สภาวะอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง

เขี่ยโคโลนีเดี่ยวของเชื้อยีสต์มาลงใน Yeast extract – Malt extract (YM) broth broth ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรเพื่อนำมาใช้เป็นเซลล์เริ่มต้น โดยใช้เทคนิคการกีดกั้นเชื้อ (aseptic technique) และทำในตู้ปลอดเชื้อ จากนั้นนำไปบ่มในสภาวะเขย่าที่เครื่องบ่มเขย่า (Incubator Shaker) ในสภาวะอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง

นำเซลล์เริ่มต้นมาเติมลงในอาหาร Yeast extract – Malt extract (YM) broth ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ที่บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร และทำการปรับให้เซลล์แขวนลอยของเชื้อยีสต์มีค่าความขุ่นของเซลล์เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 0.1 โดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่นแสง 600 นาโนเมตร พร้อมเก็บตัวอย่างเซลล์แขวนลอยที่เตรียมได้มาปริมาตร 1 มิลลิลิตร เพื่อนำไปใช้สำหรับการหาจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตแล้วจึงนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสในสภาวะที่มีการเขย่าที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที จากนั้นเก็บตัวอย่างทุก ๆ 30 นาที โดยการวัดค่าความขุ่นของเซลล์ที่เพาะเลี้ยงโดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง และการตรวจนับจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตโดยใช้ ฮีมาไซโตมิเตอร์ (Haemacytometer) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลดิบของผลการทดลอง

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (°Brix)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (°Brix)								
ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำของการทดลอง	ระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก (วัน)						
		0	1	2	3	4	5	6
A	1	13.0	8.8	7.8	6.6	6.6	6.4	6.2
	2	13.0	8.8	8.0	6.6	6.6	6.4	6.0
	3	13.0	8.8	7.8	6.6	6.6	6.4	6.0
B	1	13.0	9.0	7.2	5.2	5.2	5.0	5.0
	2	13.0	9.0	7.0	5.2	5.2	5.0	5.0
	3	13.0	8.6	6.8	5.2	5.2	5.0	5.0
C	1	13.0	11.2	9.6	5.2	5.0	5.0	5.0
	2	13.0	10.8	9.4	5.0	5.0	5.0	5.0
	3	13.0	12.2	9.4	5.0	5.0	5.0	5.0
D	1	13.0	11.2	8.2	4.8	4.8	4.6	4.6
	2	13.0	11.2	7.8	4.8	4.8	4.6	4.6
	3	13.0	11.0	8.0	4.8	4.8	4.6	4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (°Brix)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (°Brix)								
ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำของการทดลอง	ระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก (วัน)						
		0	1	2	3	4	5	6
E	1	13.0	9.8	7.8	7.0	6.4	6.4	6.2
	2	13.0	10.0	8.4	6.8	6.4	6.4	6.2
	3	13.0	10.0	8.2	6.8	6.4	6.4	6.2
F	1	13.0	9.4	6.4	6.2	5.8	5.4	5.2
	2	13.0	9.6	6.8	6.2	6.0	5.4	4.8
	3	13.0	9.4	6.6	6.2	5.8	5.4	5.0
G	1	13.0	9.4	7.0	6.0	5.4	5.2	5.2
	2	13.0	9.2	6.6	5.8	5.4	5.2	5.2
	3	13.0	9.2	6.8	5.8	5.4	5.2	5.0
H	1	13.0	9.2	8.2	5.8	5.4	5.2	5.0
	2	13.0	9.2	8.2	5.8	5.6	5.2	5.0
	3	13.0	9.2	8.0	5.4	5.4	5.0	5.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของตัวอย่างเบียร์ (°Brix) (เฉลี่ย)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของตัวอย่างเบียร์ (°Brix) (เฉลี่ย)							
ตัวอย่าง	ระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก (วัน)						
	0	1	2	3	4	5	6
A	13.0	8.8	7.9	6.6	6.6	6.4	6.1
B	13.0	8.9	7.0	5.2	5.2	5.0	5.0
C	13.0	11.4	9.5	5.1	5.0	5.0	5.0
D	13.0	11.1	8.0	4.8	4.8	4.6	4.6
E	13.0	9.9	8.1	6.9	6.4	6.4	6.2
F	13.0	9.5	6.6	6.2	5.9	5.4	5.0
G	13.0	9.3	6.8	5.9	5.4	5.2	5.1
H	13.0	9.2	8.1	5.7	5.5	5.1	5.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความเป็นกรดด่าง

ค่าความเป็นกรดด่างของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05

ค่าความเป็นกรดด่างของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05								
ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำของการทดลอง	ระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก (วัน)						
		0	1	2	3	4	5	6
A	1	5.39	3.68	3.63	3.65	3.64	3.68	3.69
	2	5.39	3.66	3.62	3.65	3.63	3.69	3.70
	3	5.39	3.66	3.65	3.65	3.65	3.68	3.70
B	1	4.37	4.22	4.07	4.42	4.44	4.46	4.49
	2	4.37	4.23	4.09	4.43	4.45	4.46	4.48
	3	4.37	4.16	4.23	4.33	4.36	4.39	4.43
C	1	4.30	4.24	4.28	4.16	4.17	4.20	4.19
	2	4.30	4.27	4.33	4.13	4.21	4.17	4.15
	3	4.30	4.24	4.35	4.14	4.18	4.18	4.18
D	1	4.15	4.15	4.16	4.18	4.16	4.10	4.19
	2	4.15	4.15	3.25	4.24	4.24	4.17	4.17
	3	4.15	4.13	4.15	4.16	4.25	4.16	4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความเป็นกรดด่างของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23

ค่าความเป็นกรดด่างของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23								
ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำของการทดลอง	ระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก (วัน)						
		0	1	2	3	4	5	6
E	1	5.39	3.51	3.54	3.58	3.56	3.58	3.57
	2	5.39	3.54	3.56	3.58	3.57	3.59	3.56
	3	5.39	3.55	3.55	3.58	3.57	3.60	3.59
F	1	4.37	3.90	3.94	3.96	3.93	3.95	3.94
	2	4.37	3.88	3.93	4.01	3.94	3.95	3.95
	3	4.37	3.89	3.92	3.95	3.93	3.95	3.93
G	1	4.30	4.36	4.40	4.43	4.43	4.44	4.42
	2	4.30	4.31	4.36	4.41	4.40	4.44	4.41
	3	4.30	4.36	4.42	4.49	4.41	4.42	4.42
H	1	4.15	4.46	4.44	4.45	4.37	4.37	4.33
	2	4.15	4.48	4.42	4.43	4.40	4.44	4.36
	3	4.15	4.96	4.56	4.02	4.06	4.07	4.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความเป็นกรดด่างของตัวอย่างเบียร์ (เฉลี่ย)

ค่าความเป็นกรดด่างของตัวอย่างเบียร์ (เฉลี่ย)							
ตัวอย่าง	ระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก (วัน)						
	0	1	2	3	4	5	6
A	5.39	3.67	3.63	3.65	3.64	3.68	3.70
B	4.37	4.20	4.13	4.39	4.42	4.44	4.47
C	4.30	4.25	4.32	4.14	4.19	4.18	4.17
D	4.15	4.14	3.85	4.19	4.22	4.14	4.17
E	5.39	3.53	3.55	3.58	3.57	3.59	3.57
F	4.37	3.89	3.93	3.97	3.93	3.95	3.94
G	4.30	4.34	4.39	4.44	4.41	4.43	4.42
H	4.15	4.63	4.47	4.30	4.28	4.29	4.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความเป็นกรดด่างของการหมักเบียร์วันที่ 0

Means

Sample	N	Mean	StDev	95% CI
A	3	5.390	0.000	(5.390, 5.390)
B	3	4.370	0.000	(4.370, 4.370)
C	3	4.300	0.000	(4.300, 4.300)
D	3	4.150	0.000	(4.150, 4.150)
E	3	5.390	0.000	(5.390, 5.390)
F	3	4.370	0.000	(4.370, 4.370)
G	3	4.300	0.000	(4.300, 4.300)
H	3	4.150	0.000	(4.150, 4.150)

Pooled StDev = 0

ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	7	5.76285	0.823264	*	*
Error	16	0.00000	0.000000		
Total	23	5.76285			

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sample	N	Mean	Grouping
E	3	5.390	A
A	3	5.390	B
F	3	4.370	C
B	3	4.370	D
G	3	4.300	E
C	3	4.300	F
H	3	4.150	G
D	3	4.150	H

Means that do not share a letter are significantly different.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความเป็นกรดด่างของการหมักเบียร์วันที่ 6

Means

Sample	N	Mean	StDev	95% CI
A	3	3.696	0.00577	(3.62940, 3.76394)
B	3	4.466	0.0321	(4.3994, 4.5339)
C	3	4.173	0.0208	(4.1061, 4.2406)
D	3	4.170	0.0200	(4.1027, 4.2373)
E	3	3.573	0.01528	(3.50606, 3.64060)
F	3	3.940	0.01000	(3.87273, 4.00727)
G	3	4.417	0.00577	(4.34940, 4.48394)
H	3	4.260	0.1480	(4.1927, 4.3273)

Pooled StDev = 0.0549621

ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	7	2.20476	0.314966	104.26	0.000
Error	16	0.04833	0.003021		
Total	23	2.25310			

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sample	N	Mean	Grouping			
B	3	4.4667	A			
G	3	4.41667	A			
H	3	4.2600		B		
C	3	4.1733		B		
D	3	4.1700		B		
F	3	3.94000			C	
A	3	3.69667				D
E	3	3.57333				D

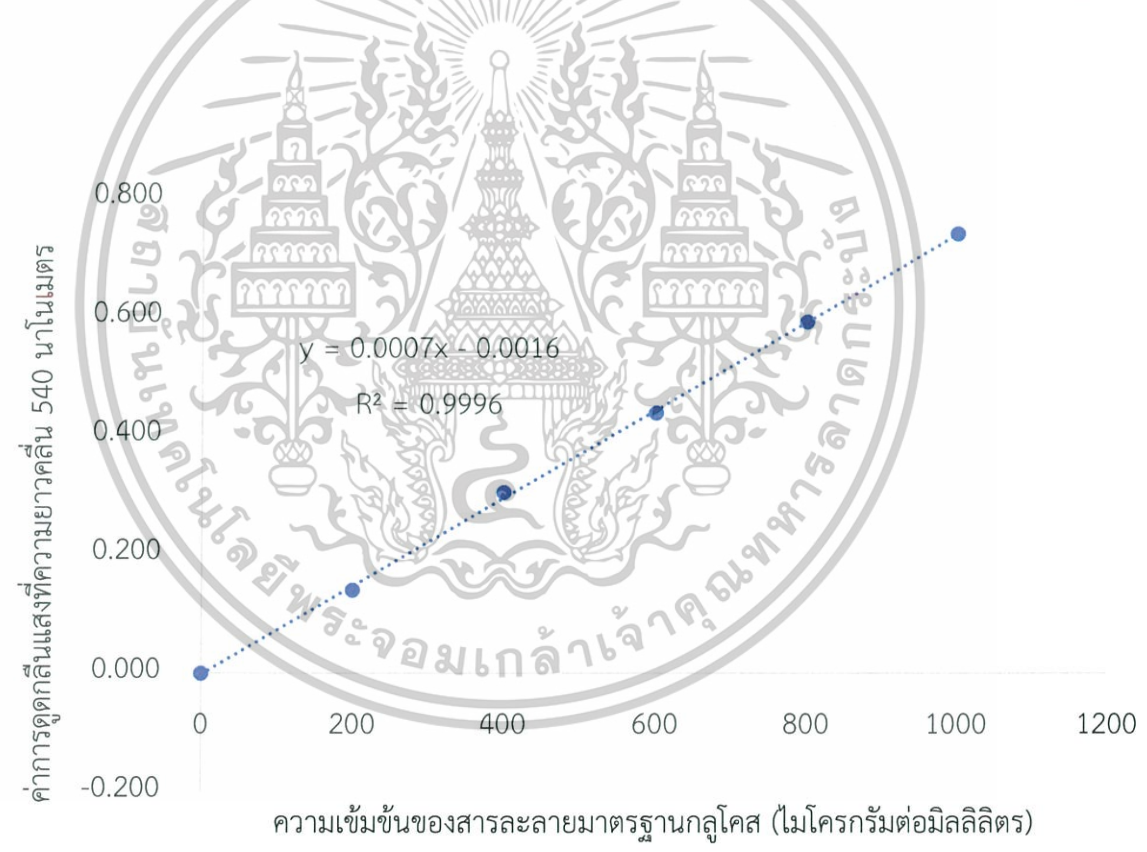
Means that do not share a letter are significantly different.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

การสร้างกราฟสารละลายมาตรฐานกลูโคส

ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
0	0.000	0.000	0.000
200	0.137	0.143	0.140
400	0.295	0.314	0.305
600	0.445	0.432	0.439
800	0.597	0.587	0.592
1000	0.763	0.718	0.741



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)								
ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำของการทดลอง	ระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก (วัน)						
		0	1	2	3	4	5	6
A	1	91.86	28.1	23.36	13.64	11.07	13.3	12.24
	2	91.86	32.89	23.21	14.22	12.92	13.33	12.04
	3	91.86	18.29	23.6	14.71	13.72	12.13	11.39
B	1	85.43	68.01	24.66	5.91	6.46	5.37	3.96
	2	85.43	69.7	24.04	4.81	6.36	5.95	4.5
	3	85.43	55.58	26.66	5.32	6.14	4.90	3.67
C	1	91.39	82.92	27.19	4.91	4.20	4.73	2.68
	2	91.39	85.24	28.24	4.78	4.77	4.47	3.47
	3	91.39	80.86	27.55	3.81	4.14	4.10	3.00
D	1	152.7	88.41	15.06	2.29	3.77	2.96	2.03
	2	152.7	93.31	17.11	1.66	3.69	2.54	1.95
	3	152.7	92.41	15.31	2.3	2.71	2.51	1.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)								
ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำของการทดลอง	ระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก (วัน)						
		0	1	2	3	4	5	6
E	1	91.86	48.45	15.39	10.79	12.83	12.68	9.18
	2	91.86	54.60	15.11	10.10	11.26	12.99	9.36
	3	91.86	51.9	17.84	10.16	12.19	12.57	10.3
F	1	85.43	41.97	6.39	10.67	10.79	9.56	3.04
	2	85.43	49.20	6.42	12.33	7.92	8.93	3.06
	3	85.43	42.15	6.48	11.09	6.29	9.34	2.89
G	1	91.39	61.34	14.53	11.33	9.31	9.20	4.50
	2	91.39	53.18	25.34	8.66	7.46	7.89	9.98
	3	91.39	59.6	25.59	9.05	6.96	7.48	10.01
H	1	152.7	67.11	18.63	11.67	8.97	8.21	7.10
	2	152.7	68.37	18.03	12.10	9.22	8.72	7.24
	3	152.7	82.09	17.86	8.62	6.82	7.19	6.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของการหมักเบียร์วันที่ 0

Means

Sample	N	Mean	StDev	95% CI
A	3	91.86	0.00	(91.86, 91.86)
B	3	85.43	0.00	(85.43, 85.43)
C	3	91.39	0.00	(91.39, 91.39)
D	3	152.7	0.00	(152.7, 152.7)
E	3	91.86	0.00	(91.86, 91.86)
F	3	85.43	0.00	(85.43, 85.43)
G	3	91.39	0.00	(91.39, 91.39)
H	3	152.7	0.00	(152.7, 152.7)

Pooled StDev = 0

ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	7	18094.1	2584.88	*	*
Error	16	0.00000	0.000000		
Total	23	18094.1			

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sample	N	Mean	Grouping
H	3	152.7	A
D	3	152.7	B
E	3	91.86	C
A	3	91.86	D
G	3	91.39	E
C	3	91.39	F
F	3	85.43	G
B	3	85.43	H

Means that do not share a letter are significantly different.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของการหมักเบียร์วันที่ 6

Means

Sample	N	Mean	StDev	95% CI
A	3	11.890	0.444	(10.443, 13.337)
B	3	4.043	0.421	(2.597, 5.490)
C	3	3.050	0.397	(1.603, 4.497)
D	3	1.9600	0.0656	(0.5134, 3.4066)
E	3	.613	0.601	(8.167, 11.060)
F	3	2.9967	0.0929	(1.5501, 4.4432)
G	3	8.16	3.17	(6.72, 9.61)
H	3	6.913	0.450	(5.467, 8.360)

Pooled StDev = 1.18191

ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	7	273.26	39.037	27.95	0.000
Error	16	22.35	1.397		
Total	23	295.61			

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sample	N	Mean	Grouping			
A	3	11.890	A			
E	3	9.613	A	B		
G	3	8.16		B		
H	3	6.913		B	C	
B	3	4.043			C	D
C	3	3.050				D
F	3	2.9967				D
D	3	1.9600				D

Means that do not share a letter are significantly different.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณแอลกอฮอล์

ปริมาณแอลกอฮอล์ของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (ร้อยละโดยปริมาตร)

ปริมาณแอลกอฮอล์ของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (ร้อยละโดยปริมาตร)								
ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำของการทดลอง	ระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก (วัน)						
		0	1	2	3	4	5	6
A	1	0.0	1.5	1.8	3.1	3.7	3.7	4.7
	2	0.0	1.5	2.1	3.2	3.5	3.9	4.1
	3	0.0	1.5	1.9	3.1	3.7	3.9	4.5
B	1	0.0	1.8	2.4	4.1	4.1	3.9	4.7
	2	0.0	2.2	2.8	4.1	3.9	4.3	4.9
	3	0.0	2.0	2.1	3.7	4.2	5.0	4.8
C	1	0.0	1.0	3.1	4.0	3.7	4.7	5.8
	2	0.0	0.4	2.8	4.1	4.2	5.4	6.3
	3	0.0	0.4	2.7	4.1	4.5	5.7	6.3
D	1	0.0	0.5	2.5	4.1	4.3	4.7	5.1
	2	0.0	0.4	2.5	4.2	4.3	4.9	5.7
	3	0.0	0.5	2.4	4.3	4.3	4.7	5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณแอลกอฮอล์ของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (ร้อยละโดยปริมาตร)

ปริมาณแอลกอฮอล์ของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (ร้อยละโดยปริมาตร)								
ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำของการทดลอง	ระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก (วัน)						
		0	1	2	3	4	5	6
E	1	0.0	1.8	2.4	3.7	3.5	4.1	4.4
	2	0.0	1.7	2.9	3.7	3.5	3.5	4.3
	3	0.0	1.8	2.5	3.7	3.5	3.7	4.5
F	1	0.0	2.3	2.6	3.3	3.5	3.8	4.1
	2	0.0	1.6	2.8	3.3	3.8	3.9	3.9
	3	0.0	1.7	2.6	3.3	3.4	3.7	3.8
G	1	0.0	2.7	3.0	4.1	3.9	3.9	3.8
	2	0.0	1.6	2.9	4.1	3.8	3.9	4.1
	3	0.0	1.8	3.1	3.8	3.8	3.8	3.9
H	1	0.0	1.8	2.9	3.2	3.7	4.1	3.7
	2	0.0	1.5	2.8	3.6	3.9	3.9	3.9
	3	0.0	1.1	2.5	3.4	3.9	4.3	4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณแอลกอฮอล์ของตัวอย่างเบียร์ (ร้อยละโดยปริมาตร) (เฉลี่ย)

ปริมาณแอลกอฮอล์ของตัวอย่างเบียร์ (ร้อยละโดยปริมาตร) (เฉลี่ย)							
ตัวอย่าง	ระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก (วัน)						
	0	1	2	3	4	5	6
A	0.00	1.50	1.93	3.13	3.63	3.83	4.43
B	0.00	2.00	2.43	3.97	4.07	4.40	4.80
C	0.00	0.60	2.87	4.07	4.13	5.27	6.13
D	0.00	0.47	2.47	4.20	4.30	4.77	5.40
E	0.00	1.77	2.60	3.70	3.50	3.77	4.40
F	0.00	1.87	2.67	3.30	3.57	3.80	3.93
G	0.00	2.03	3.00	4.00	3.83	3.87	3.93
H	0.00	1.47	2.73	3.40	3.83	4.10	3.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณแอลกอฮอล์ของการหมักเบียร์วันที่ 6

Means

Sample	N	Mean	StDev	95% CI
A	3	4.433	0.306	(4.169, 4.698)
B	3	4.800	0.1000	(4.5356, 5.0644)
C	3	6.133	0.289	(5.869, 6.398)
D	3	5.400	0.300	(5.136, 5.664)
E	3	4.400	0.1000	(4.1356, 4.6644)
F	3	3.933	0.1528	(3.6689, 4.1977)
G	3	3.9333	0.1528	(3.6689, 4.1977)
H	3	3.900	0.200	(3.636, 4.164)

Pooled StDev = 0.216025

ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	7	13.4267	1.91810	41.10	0.000
Error	16	0.7467	0.04667		
Total	23	14.1733			

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sample	N	Mean	Grouping		
C	3	6.133	A		
D	3	5.400		B	
B	3	4.8000		B	C
A	3	4.433			C D
E	3	4.4000			C D
F	3	3.9333			D
G	3	3.9333			D
H	3	3.900			D

Means that do not share a letter are significantly different.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดค่าสี

ค่าสีของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (EBC units)

ค่าสีของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 (EBC units)								
ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำของการทดลอง	ระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก (วัน)						
		0	1	2	3	4	5	6
A	1	34.60	16.95	13.48	11.38	11.33	11.15	10.63
	2	34.60	13.25	14.85	11.75	11.38	11.23	11.15
	3	34.60	15.98	13.33	11.60	11.28	10.98	10.58
B	1	64.20	65.78	57.15	46.40	44.38	42.88	42.53
	2	64.20	65.53	57.63	46.85	46.23	44.75	43.30
	3	64.20	66.03	57.48	46.88	46.18	45.48	44.25
C	1	64.28	63.58	61.55	59.53	58.68	57.20	55.73
	2	64.28	63.10	59.88	59.70	57.73	56.60	56.25
	3	64.28	64.55	60.55	59.83	57.85	57.25	56.75
D	1	69.33	69.90	67.35	64.80	62.63	62.20	60.65
	2	69.33	69.78	65.63	64.63	64.48	63.93	60.45
	3	69.33	70.43	67.10	67.60	64.70	64.48	62.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสีของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (EBC units)

ค่าสีของตัวอย่างเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 (EBC units)								
ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำของการทดลอง	ระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก (วัน)						
		0	1	2	3	4	5	6
E	1	34.60	49.53	26.60	10.83	11.55	10.55	10.20
	2	34.60	44.73	27.35	10.88	11.25	10.43	10.00
	3	34.60	45.65	27.50	11.13	10.93	10.50	9.90
F	1	64.20	71.58	60.73	43.08	40.98	39.13	37.28
	2	64.20	69.15	62.88	44.38	41.70	39.30	38.80
	3	64.20	73.78	62.33	42.80	42.10	40.25	37.90
G	1	64.28	68.30	62.58	55.20	53.78	51.28	50.03
	2	64.28	66.00	62.08	55.08	51.93	51.25	51.13
	3	64.28	68.08	62.30	54.05	53.18	51.23	49.35
H	1	69.33	68.60	67.08	63.20	59.13	58.80	56.55
	2	69.33	69.58	65.98	61.33	59.65	58.00	57.05
	3	69.33	68.10	65.95	63.93	60.98	59.18	57.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสีของตัวอย่างเบียร์ (EBC units) (เฉลี่ย)

ค่าสีของตัวอย่างเบียร์ (EBC units) (เฉลี่ย)							
ตัวอย่าง	ระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก (วัน)						
	0	1	2	3	4	5	6
A	34.60	15.39	13.88	11.58	11.33	11.12	10.78
B	64.20	65.78	57.42	46.71	45.59	44.37	43.36
C	64.28	63.74	60.66	59.68	58.08	57.02	56.24
D	69.33	70.03	66.69	65.68	63.93	63.53	61.28
E	34.60	46.63	27.15	10.94	11.24	10.49	10.03
F	64.20	71.50	61.98	43.42	41.59	39.56	37.99
G	64.28	67.46	62.32	54.78	52.96	51.25	50.17
H	69.33	68.76	66.33	62.82	59.92	58.66	56.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสีของการหมักเบียร์วันที่ 0

Means

Sample	N	Mean	StDev	95% CI
A	3	34.60	0.00	(34.60, 34.60)
B	3	34.60	0.00	(34.60, 34.60)
C	3	64.28	0.00	(64.28, 64.28)
D	3	69.33	0.00	(69.33, 69.33)
E	3	34.60	0.00	(34.60, 34.60)
F	3	64.20	0.00	(64.20, 64.20)
G	3	64.28	0.00	(64.28, 64.28)
H	3	69.33	0.00	(69.33, 69.33)

Pooled StDev = 0

ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	7	4522.59	646.085	*	*
Error	16	0.00000	0.000000		
Total	23	4522.59			

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sample	N	Mean	Grouping
H	3	69.33	A
D	3	69.33	B
G	3	64.28	C
C	3	64.28	D
F	3	64.20	E
B	3	64.20	F
E	3	34.60	G
A	3	34.60	H

Means that do not share a letter are significantly different.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสีของการหมักเบียร์วันที่ 6

Means

Sample	N	Mean	StDev	95% CI
A	3	10.783	0.319	(9.887, 11.680)
B	3	43.358	0.864	(42.462, 44.255)
C	3	56.242	0.513	(55.345, 57.138)
D	3	61.283	1.274	(60.387, 62.180)
E	3	10.033	0.1528	(9.1367, 10.9300)
F	3	37.992	0.767	(37.095, 38.888)
G	3	50.167	0.896	(49.270, 51.063)
H	3	56.967	0.382	(56.070, 57.863)

Pooled StDev = 0.732593

ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	7	8607.31	1229.62	2291.10	0.000
Error	16	8.59	0.54		
Total	23	8615.90			

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sample	N	Mean	Grouping
D	3	61.283	A
H	3	56.967	B
C	3	56.242	B
G	3	50.167	C
B	3	43.358	D
F	3	37.992	E
A	3	10.783	F
E	3	10.0333	F

Means that do not share a letter are significantly different.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเบียร์โดยวิธี DPPH

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 วันที่ 6

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafAle US-05 วันที่ 6				
ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำของการทดลอง	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร	% Inhibition	เฉลี่ย
A	1	0.329	45.89	44.956
	2	0.341	43.91	
	3	0.334	45.07	
B	1	0.498	18.09	19.627
	2	0.466	23.36	
	3	0.502	17.43	
C	1	0.576	5.26	5.647
	2	0.585	3.78	
	3	0.560	7.89	
D	1	0.589	3.13	3.180
	2	0.583	4.11	
	3	0.594	2.30	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 วันที่ 6

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเบียร์ที่หมักด้วยยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* SafLager S-23 วันที่ 6				
ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำของการทดลอง	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร	% Inhibition	เฉลี่ย
E	1	0.346	43.09	38.487
	2	0.394	35.20	
	3	0.382	37.17	
F	1	0.504	17.11	16.283
	2	0.514	15.46	
	3	0.509	16.28	
G	1	0.545	10.36	10.800
	2	0.536	11.84	
	3	0.546	10.20	
H	1	0.579	4.77	3.344
	2	0.588	3.29	
	3	0.596	1.97	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเบียร์ของการหมักเบียร์วันที่ 6

Means

Sample	N	Mean	StDev	95% CI
A	3	44.956	0.991	(42.324, 47.589)
B	3	19.63	3.25	(16.99, 22.26)
C	3	5.65	2.08	(3.01, 8.28)
D	3	3.180	0.906	(0.547, 5.812)
E	3	38.49	4.11	(35.85, 41.12)
F	3	16.283	0.822	(13.651, 18.915)
G	3	10.800	0.906	(8.168, 13.433)
H	3	3.344	1.399	(0.712, 5.977)

Pooled StDev = 2.15077

ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	7	5371.35	767.335	165.88	0.000
Error	16	74.01	4.626		
Total	23	5445.36			

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sample	N	Mean	Grouping				
A	3	44.956	A				
E	3	38.49		B			
B	3	19.63			C		
F	3	16.283			C	D	
G	3	10.800				D	E
C	3	5.65					E F
H	3	3.344					F
D	3	3.180					F

Means that do not share a letter are significantly different.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ : เบียร์ส้มโอ

เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง **วันที่ทำการทดสอบ** .....

<u>คำชี้แนะนำ</u> : กรุณาทดสอบตัวอย่างเบียร์ทั้ง 4 ชนิด จากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบต่อลักษณะปรากฏต่าง ๆ ตามลำดับคะแนนที่ได้กำหนดไว้ให้ด้านล่าง (ระดับ 1-9 โดยคะแนนระดับ 1 คือ ไม่ชอบที่สุด และ **คะแนนระดับ 9** คือชอบมากที่สุด) และกรุณาบ้วนปาก**ด้วยน้ำเปล่า**ในแก้วที่วางไว้ให้ด้านขวามือทุกครั้งก่อนชิม**ตัวอย่าง**แต่ละชนิด

คุณลักษณะ	รหัสคะแนนของตัวอย่าง			
กลิ่น				
สี				
รสชาติ				
ความรู้สึกในปาก				
ความชอบโดยรวม				

หมายเหตุ :

รสชาติ = ได้จากการชิมแล้วปล่อยให้กลิ่นนั้นระเหยขึ้นโพรงจมูก ได้แก่ กลิ่น malt hops ส้มโอ

ความรู้สึกในปาก = ความรู้สึกที่ลิ้นและกระพุ้งแก้มสัมผัสกับเบียร์

<u>ข้อเสนอแนะนำ</u> :

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลิ่น

Means

Sample	N	Mean	StDev	95% CI
A	50	4.640	0.985	(4.420, 4.860)
C	50	1.5400	0.5789	(1.3203, 1.7597)
E	50	6.000	0.833	(5.780, 6.220)
G	50	2.0800	0.6952	(1.8603, 2.2997)

Pooled StDev = 0.787725

ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	3	669.5	223.178	359.67	0.000
Error	196	121.6	0.621		
Total	199	791.2			

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sample	N	Mean	Grouping		
E	50	6.000	A		
A	50	4.640		B	
G	50	2.0800			C
C	50	1.5400			D

Means that do not share a letter are significantly different.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สี

Means

Sample	N	Mean	StDev	95% CI
A	50	5.140	1.010	(4.893, 5.387)
C	50	1.5600	0.5014	(1.3127, 1.8073)
E	50	5.360	1.191	(5.113, 5.607)
G	50	2.5800	0.6728	(2.3327, 2.8273)

Pooled StDev = 0.787725

ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	3	532.8	177.613	225.99	0.000
Error	196	154.0	0.786		
Total	199	686.9			

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sample	N	Mean	Grouping		
E	50	5.360	A		
A	50	5.140	A		
G	50	2.5800		B	
C	50	1.5600			C

Means that do not share a letter are significantly different.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รสชาติ

Means

Sample	N	Mean	StDev	95% CI
A	50	4.680	0.844	(4.461, 4.899)
C	50	1.3000	0.4629	(1.0805, 1.5195)
E	50	5.360	1.139	(5.141, 5.579)
G	50	2.5000	0.5051	(2.2805, 2.7195)

Pooled StDev = 0.787012

ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	3	534.3	178.093	287.53	0.000
Error	196	121.4	0.619		
Total	199	655.7			

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sample	N	Mean	Grouping		
E	50	5.360	A		
A	50	4.680		B	
G	50	2.5000			C
C	50	1.3000			D

Means that do not share a letter are significantly different.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความรู้สึกภายในปาก

Means

Sample	N	Mean	StDev	95% CI
A	50	3.980	1.078	(3.742, 4.218)
C	50	1.2400	0.4314	(1.0022, 1.4778)
E	50	5.500	1.035	(5.262, 5.738)
G	50	2.0400	0.6987	(1.8022, 2.2778)

Pooled StDev = 0.852727

ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	3	554.3	184.753	254.08	0.000
Error	196	142.5	0.727		
Total	199	696.8			

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sample	N	Mean	Grouping		
E	50	5.500	A		
A	50	3.980		B	
G	50	2.0400			C
C	50	1.2400			D

Means that do not share a letter are significantly different.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชอบโดยรวม

Means

Sample	N	Mean	StDev	95% CI
A	50	3.600	0.990	(3.348, 3.852)
C	50	1.3400	0.4785	(1.0883, 1.5917)
E	50	5.260	1.226	(5.008, 5.512)
G	50	2.060	0.740	(1.808, 2.312)

Pooled StDev = 0.902547

ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	3	454.5	151.498	185.98	0.000
Error	196	159.7	0.815		
Total	199	614.2			

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sample	N	Mean	Grouping		
E	50	5.260	A		
A	50	3.600		B	
G	50	2.060			C
C	50	1.3400			D

Means that do not share a letter are significantly different.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้