

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการปรับสภาพหัวเชื้อน้ำส้มสายชูหมัก

Comparative efficacy of starter adaptation for acetification.



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการปรับสภาพหัวเชื้อน้ำส้มสายชูหมัก

Comparative efficacy of starter adaptation for acetification.

จัดทำโดย

จุฬารักษ์ ดีสม รหัสนักศึกษา 59080068

ฉันทพร มะรินทร์ รหัสนักศึกษา 59080086

พิสุทธิกานต์ หารี รหัสนักศึกษา 59080100

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 7..../..ก.ค.../..2563....

(ศ.ดร.วราวุฒิ ทรูสง)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการปรับสภาพหัวเชื้อน้ำส้มสายชูหมัก

ชื่อนักศึกษา จุฬารักษ์ ดีสม รหัสนักศึกษา 59080068

ชั้นยพร มะรินทร์ รหัสนักศึกษา 59080086

พิสุทธิกานต์ หารี รหัสนักศึกษา 59080100

หลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม

พ.ศ. 2562

อาจารย์ที่ปรึกษา ศ.ดร.วราวุฒิ ครุสง

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการปรับสภาพหัวเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* ในการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวไร้ ไวน์ข้าวกล้องงอก ไวน์มะม่วง ไวน์ใหม่ข้าวโพดม่วง และไวน์มั่งคุด ในสภาพที่ใช้ความเข้มข้นทั้งหมด (Total concentration; TC) เท่ากับ 8% พบว่า หัวเชื้อ *A. pasteurianus* จากไวน์ข้าวไร้ สามารถผลิตกรดได้สูงที่สุดเฉลี่ยที่ 55 กรัม/ลิตร และใช้ระยะเวลาในการหมักน้อยที่สุดโดยเฉลี่ย 24.9 วัน ส่วนหัวเชื้อ *A. pasteurianus* จากไวน์ข้าวกล้องงอกผลิตกรดเฉลี่ยอยู่ที่ 49 กรัม/ลิตร ใช้ระยะเวลาในการหมักโดยเฉลี่ย 27.4 วัน หัวเชื้อ *A. pasteurianus* จากไวน์มะม่วงผลิตกรดเฉลี่ยอยู่ที่ 45 กรัม/ลิตร ใช้ระยะเวลาในการหมักโดยเฉลี่ย 28.4 วัน หัวเชื้อ *A. pasteurianus* ไวน์ใหม่ข้าวโพดม่วงผลิตกรดเฉลี่ยอยู่ที่ 42 กรัม/ลิตร ใช้ระยะเวลาในการหมักโดยเฉลี่ย 29.2 วัน ส่วนหัวเชื้อ *A. pasteurianus* จากไวน์มั่งคุดสามารถผลิตกรดออกมาได้ต่ำที่สุดเฉลี่ยที่ 34 กรัม/ลิตร ใช้ระยะเวลาในการหมักโดยเฉลี่ยนานถึง 28.4 วัน สรุปได้ว่าหัวเชื้อ *A. pasteurianus* สามารถปรับตัวในวัตถุดิบได้แตกต่างกัน

Special problem title Comparative efficacy of starter adaptation for acetification.

Student name Jularuk Deesom Student ID 59080068
 Thanyaporn Marin Student ID 59080086
 Pisuttikan Haree Student ID 59080100

Program Bachelor of Science Program in Industrial Fermentation Technology

Year 2019

Advisor Prof.Dr. Warawut Krusong

ABSTRACT

This research aimed to study the comparative effect of adaptation of *Acetobacter pasteurianus* for various substrate of vinegar fermentation. Five substrates consisted of rice wine, germinated brown rice wine, mango wine, purple corn silk wine and mangosteen wine were compared within 9 cycles of acetification. The total concentration (TC) was adjusted to 8% Results showed that adapted *A. pasteurianus* for rice wine gave the highest average acid per cycle 55 g/L, in 24.9 days. However, adapted *A. pasteurianus* for the germinated brown rice wine gave the average acid per cycle 49 g/L, in 27.4 days, mango wine gave the average acid per cycle 45 g/L, in 28.4 days, purple corn silk wine gave the average acid per cycle 42 g/L, in 29.2 days and mangosteen gave the lowest average acid per cycle 34 g/L, in 28.4 days. It seemed that *A. pasteurianus* could adapt for various substrate, but in different efficiency.

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเรื่องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการปรับสภาพหัวเชื้อน้ำส้มสายชูหมักฉบับนี้สำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ศ.ดร.วรารุณี ครูส่ง อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาสละ เวลาอันมีค่าคอยให้ความช่วยเหลือ ให้ความรู้ และคำแนะนำ ตลอดจนแนวทางแก้ไขปัญหาในทุก ๆ ด้านด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง เพื่อให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้มีความสมบูรณ์และถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยคำแนะนำและแนวทางแก้ไขเหล่านั้นเป็นประโยชน์อย่างมากในการจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ ขอขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบคุณนางสาวรัตติพร โปธิมล นักศึกษาระดับปริญญาเอก ที่คอยให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำ ตลอดจนการทำงานวิจัย รวมทั้งเล่มปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้ผ่านลุล่วงไปได้ด้วยดีจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณครอบครัวที่เคารพรัก และเพื่อนๆ รวมถึงรุ่นพี่ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และคอย สนับสนุนการทำวิชาปัญหาพิเศษนี้ในทุก ๆ ด้าน ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

จุฬารักษ์ ดีสม

ธันยพร มะรินทร์

พิสุทธิกานต์ หารี

22 มิถุนายน 2563

สารบัญ

| | |
|--|-----|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | II |
| กิตติกรรมประกาศ..... | III |
| สารบัญ..... | IV |
| สารบัญตาราง..... | VI |
| สารบัญภาพ..... | VII |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... | 2 |
| 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 2 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 3 |
| 2.1 น้ำส้มสายชู..... | 3 |
| 2.2 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการผลิตน้ำส้มสายชู..... | 6 |
| 2.3 ข้าว..... | 7 |
| 2.4 ไวน์ข้าว..... | 8 |
| 2.5 ข้าวโพดสีม่วง..... | 9 |
| 2.6 ไหมข้าวโพด..... | 9 |
| 2.7 มังคุด..... | 10 |
| 2.8 น้ำส้มสายชูมังคุด..... | 11 |
| 2.9 มะม่วง..... | 11 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|----|
| 2.10 น้ำส้มสายชูมะม่วง..... | 12 |
| บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... | 13 |
| 3.1 วัตถุประสงค์และสารเคมี | 13 |
| 3.2 อุปกรณ์ | 14 |
| 3.3 เครื่องมือ | 15 |
| 3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง..... | 16 |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ | 21 |
| 4.1 ผลการเปรียบเทียบการปรับสภาพของหัวเชื้อน้ำส้มสายชูสำหรับผลิตน้ำส้มสายชู จากไวน์ข้าวไร้ ไวน์ข้าว กล็องงอก ไวน์ใหม่ข้าวโพดม่วง ไวน์มั่งคุด และไวน์มะม่วง..... | 21 |
| 4.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัตราการสร้างกรดต่อวันของเชื้อ <i>Acetobacter pasteurianus</i> ในการหมัก น้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวไร้ ไวน์ข้าวกล็องงอก ไวน์ใหม่ข้าวโพดม่วง ไวน์มั่งคุด และไวน์มะม่วง | 27 |
| 4.3 วิจารณ์ผลการทดลอง..... | 28 |
| บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ | 29 |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง..... | 29 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 30 |
| บรรณานุกรม | 31 |
| ภาคผนวก..... | 34 |
| ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ..... | 35 |
| ภาคผนวก ข อาหารเลี้ยงเชื้อ | 39 |
| ภาคผนวก ค ข้อมูลการทดลอง | 40 |
| ประวัติผู้เขียน..... | 55 |

สารบัญตาราง

| | |
|---|----|
| ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราเฉลี่ยของการสร้างกรดของน้ำส้มสายชูจากไวน์ต่างชนิดกัน..... | 27 |
| ตารางที่ ค-1 แสดงการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวไร่..... | 40 |
| ตารางที่ ค-2 แสดงการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวกล้องงอก..... | 43 |
| ตารางที่ ค-3 แสดงการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์มะม่วง..... | 46 |
| ตารางที่ ค-4 แสดงการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ไหมข้าวโพดม่วง..... | 49 |
| ตารางที่ ค-5 แสดงการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์มั่งคุด..... | 52 |



สารบัญภาพ

| | |
|---|----|
| ภาพที่ 2.1 น้ำส้มสายชูหมัก..... | 4 |
| ภาพที่ 2.2 <i>Acetobacter</i> spp. | 6 |
| ภาพที่ 4.1 การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวไร่..... | 22 |
| ภาพที่ 4.2 การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวกล้องงอก..... | 23 |
| ภาพที่ 4.3 การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์มะม่วง..... | 24 |
| ภาพที่ 4.4 การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ไหมข้าวโพดม่วง..... | 25 |
| ภาพที่ 4.5 การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์มั่งคุด..... | 26 |
| ภาพที่ ก-1 อีบุลลิโอมิเตอร์..... | 36 |
| ภาพที่ ก-2 แผ่นอ่านเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์..... | 37 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

น้ำส้มสายชู (Vinegar) คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีกรดน้ำส้ม (Acetic acid) เป็นองค์ประกอบหลัก ได้จากกระบวนการหมักในสภาพของอาหารเหลว (ปรีชา มุณิศรี, 2538) นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม สุขภาพ และอุตสาหกรรมอื่น ๆ เนื่องจากมีผลประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ ช่วยลดระดับการเพิ่มขึ้นของน้ำตาล กลูโคสและอินซูลิน ทำให้ความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานลดลง ช่วยยับยั้งการขยายตัวของเซลล์มะเร็งและการขยายของเนื้องอก ช่วยให้ระบบย่อยอาหารดีขึ้น ทำลายเชื้อก่อโรคในร่างกาย ช่วยในการเผาผลาญไขมัน บรรเทาอาการไอข้ออักเสบ ช่วยรักษาโรคความดันโลหิตสูง (วารุณี ครูส่งและรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิตย์, 2532) โดยทั่วไปน้ำส้มสายชูหมักประกอบด้วยกรดอะซิติก 3.9 – 9.0 % ทำให้เกิดรสชาติและคุณสมบัติแตกต่างกันตามวัตถุดิบ

กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจะแบ่งเป็น 2 กระบวนการ คือ กระบวนการหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ โดยใช้ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ในสภาวะที่ไม่มีอากาศ (Anaerobe fermentation) และกระบวนการออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก โดยอาศัยแบคทีเรียกลุ่ม Acetic Acid Bacteria เปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก ในสภาวะที่มีอากาศ (Aerobic fermentation)

วัตถุดิบที่นิยมนำมาผลิตน้ำส้มสายชูส่วนใหญ่จะมาจากวัตถุดิบที่เหลือทิ้งจากการเกษตรและอุตสาหกรรมการผลิต ซึ่งจะนำวัตถุดิบเหล่านั้นผ่านการแปรรูปและนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปเพื่อเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นน้ำส้มสายชู แบ่งได้ดังนี้

1. ผลไม้ เช่น มังคุด มะม่วง องุ่น และผลไม้ต่าง ๆ ที่ให้น้ำตาลและสามารถนำมาหมักเป็นไวน์ได้
2. ผักที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ เช่น มันฝรั่ง มันสำปะหลัง โดยต้องผ่านการแปรรูปแบ่งให้กลายเป็นน้ำตาลก่อน โดยการผ่านการให้ความร้อน ก่อนนำไปย่อยด้วยลูกแป้งหรือเชื้อราหรือการใช้เอนไซม์
3. ธัญพืชต่าง ๆ เช่น ข้าวไร้ ข้าวกล้องงอก ข้าวบาร์เลย์ ข้าวเหนียว เป็นต้น จำเป็นต้องทำการแปรรูปให้เป็นน้ำตาลก่อน แล้วจึงนำไปหมักให้เป็นแอลกอฮอล์และน้ำส้มสายชูต่อไป
4. วัตถุดิบจำพวกน้ำตาล เช่น กากน้ำตาล น้ำตาลมะพร้าว น้ำผึ้ง น้ำเชื่อม เป็นต้น โดยยีสต์สามารถหมักให้เป็นแอลกอฮอล์ได้เลย แต่จำเป็นต้องปรับความหวานของน้ำตาลให้เหมาะสม
5. แอลกอฮอล์ ได้แก่ สาโท แอลกอฮอล์เจองา แอลกอฮอล์ที่สูญเสียธรรมชาติ เป็นต้น สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มสายชูได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษนี้มีแนวคิดในการทำการศึกษการปรับสภาพหัวเชื้อน้ำส้มสายชู *Acetobacter pasteurianus* ในไวน์ที่ผลิตจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ ประกอบด้วย ข้าวไร้ ข้าวกล้องงอก ไหมข้าวโพดม่วง มังคุดและมะม่วง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษการปรับสภาพหัวเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* ให้เหมาะสมกับการหมักไวน์จาก ข้าวไร้ ข้าวกล้องงอก ไหมข้าวโพดม่วง มังคุดและมะม่วง สำหรับการผลิตน้ำส้มสายชู

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพที่ได้จากกระบวนการหมักน้ำส้มสายชู

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 นำการปรับสภาพหัวเชื้อที่ได้ไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.3.2 ลดระยะเวลาในการผลิตน้ำส้มสายชูจากวัตถุดิบต่าง ๆ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำส้มสายชู

2.1.1 ความหมายของน้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชู เป็นของเหลวที่ได้จากกระบวนการหมัก มีองค์ประกอบหลักคือกรดน้ำส้ม (กรดอะซิติก) น้ำส้มสายชูทั่วไปมีความเข้มข้นของกรดตั้งแต่ 4% ถึง 8% โดยปริมาตร และอาจสูงถึง 18% หากเป็นน้ำส้มสายชูที่ได้จากการดอง น้ำส้มสายชูหมักโดยธรรมชาติยังมีกรดชนิดอื่น ๆ ในปริมาณเล็กน้อย เช่น กรดทาร์ทาริก และ กรดซิตริก มนุษย์รู้จักการผลิตและใช้น้ำส้มสายชูมาตั้งแต่สมัยโบราณ น้ำส้มสายชูเป็นองค์ประกอบสำคัญของอาหารยุโรป อาหารเอเชีย และตำรับอาหารอื่น ๆ และยังสามารถนำมากำจัดคราบได้อีกด้วย (Merriam Webster, 2018)

2.1.2 น้ำส้มสายชูหมัก

น้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมัก เมล็ดธัญพืช (เช่น ข้าว ข้าวโพด) ผลไม้ (เช่น สับปะรด แอปเปิ้ล) หรือน้ำตาล กากน้ำตาล (molasse) วัตถุดิบที่มีน้ำตาล (sugar) เช่น ผลไม้ต่าง ๆ เป็นอาหารของยีสต์ได้โดยตรง ส่วนวัตถุดิบที่มีสตาร์ช (starch) เช่น ข้าวจะต้องเปลี่ยนเป็นโมเลกุลของน้ำตาลก่อน การผลิตน้ำส้มสายชูหมักเป็นการหมักสองขั้นตอน คือ การหมักน้ำตาลให้เกิดแอลกอฮอล์ (Alcoholic fermentation) โดยใช้ยีสต์ (yeast) ตามด้วยการหมักแอลกอฮอล์ให้เกิดกรดอะซิติก (Acetic acid fermentation) ด้วยแบคทีเรียในกลุ่ม *Acetobacter* และ *Gluconobacter* ในภาวะที่มีออกซิเจน น้ำส้มสายชูหมักควรจะมี ไม่มีตะกอน ยกเว้นตะกอนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีกลิ่นหอมตามกลิ่นของวัตถุดิบ มีรสชาติดี มีรสหวานของน้ำตาลที่ตกค้างมีกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก ความเข้มข้นขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณน้ำตาลของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักและมีปริมาณกรดน้ำส้ม (acetic acid) ไม่น้อยกว่า 4% โดยลักษณะผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมัก ดังแสดงในภาพที่ 2.1 (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์, 2017)



ภาพที่ 2.1 น้ำส้มสายชูหมัก

ที่มา : <https://fineartamerica.com/featured/1-acetobacter-aceti-bacteria-scimat.html?product=art-print>

2.1.3 การผลิตน้ำส้มสายชู

การผลิตน้ำส้มสายชูจากวัตถุดิบประเภทน้ำตาล มี 2 ขั้นตอนด้วยกันคือ

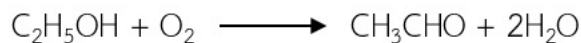
1. การหมักน้ำตาลให้เป็นเอทานอล ซึ่งเป็นกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน และอาศัยเชื้อ ยีสต์ในสกุล *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus* ดังสมการ



การหมักเพื่อผลิตแอลกอฮอล์จากน้ำตาลนี้จะต้องอาศัยปฏิกิริยาหลายขั้นตอนประกอบกันอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งจะเกิดผลพลอยได้หลายชนิด เช่น กลีเซอรอล รวมทั้งกรดอะซิติกอีกด้วย แต่มีในปริมาณน้อย

2. การเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก โดยอาศัยเชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม acetic acid bacteria ทำการหมักในสภาพที่มีอากาศสำหรับปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้
ขั้นตอนแรก เป็นการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นอะซีตัลดีไฮด์ (Acetaldehyde) โดยอาศัยเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (วราวุฒิ คุรุสงและคณะ, 2532) ดังนี้

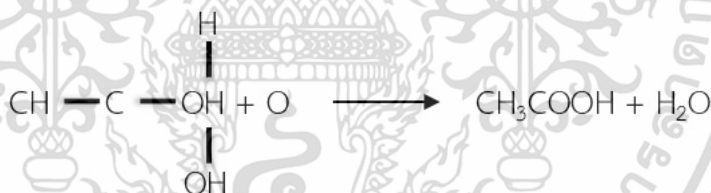
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ขั้นตอนที่สอง เป็นการเปลี่ยนอะซิทัลดีไฮด์ให้ไปเป็นไฮดรอะซิทัลดีไฮด์ (Hydrated acetaldehyde) โดยอาศัยเอนไซม์อะซิทัลดีไฮด์ดีไฮโดรเจเนส (Acetaldehyde dehydrogenase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนี้



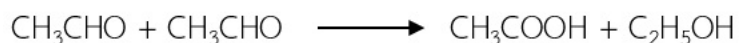
ขั้นตอนที่สาม เป็นขั้นตอนการสร้างกรดอะซิติค โดยที่เกิดปฏิกิริยาการขนส่งโปรตอน 2 ตัวของไฮดรอะซิทัลดีไฮด์ไปยังอะตอมของออกซิเจนทำให้เกิดกรดอะซิติคออกมา โดยอาศัยเอนไซม์อะซิทัลดีไฮด์ดีไฮโดรเจเนส (Acetaldehyde dehydrogenase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนี้



จึงสามารถที่จะสรุปปฏิกิริยาการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติคได้ ดังนี้



นอกจากนี้แล้วการสังเคราะห์กรดอะซิติค อาจเกิดขึ้นได้โดยอาศัยปฏิกิริยาการรวมตัวของอะซิทัลดีไฮด์ 2 โมเลกุล โดยเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Cannizzaro reaction ดังสมการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ประโยชน์จากน้ำส้มสายชู

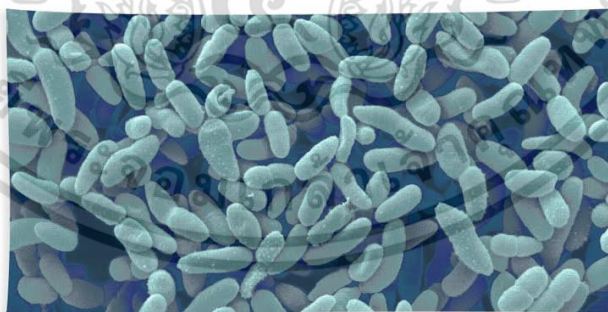
น้ำส้มสายชูผลิตจากอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตหมัก เช่น ไวน์ เบียร์ กากน้ำตาล ข้าวฟ่าง เมล็ดข้าว มันฝรั่ง น้ำผึ้ง องุ่น แอปเปิ้ล และมะพร้าว โดยน้ำตาลที่ได้จากอาหารเหล่านี้จะผ่านกระบวนการแล้วเปลี่ยนเป็นน้ำส้มสายชู ซึ่งในน้ำส้มสายชูปริมาณ 1 ช้อนโต๊ะที่ให้พลังงานประมาณ 3 แคลอรี มักจะประกอบไปด้วยกรดอะซิติกประมาณ 4-7 เปอร์เซ็นต์ น้ำเปล่า และสารเคมีอื่น ๆ เช่น สารแต่งกลิ่นและรส

การรับประทานน้ำส้มสายชูทำให้ผู้บริโภคอาจได้รับสารอาหารจำพวกวิตามิน เกือบแร่ กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ที่ไม่ระเหย และสารประกอบกลุ่มฟีนอล ซึ่งเป็นสารที่อาจมีประโยชน์ต่อร่างกาย บำรุงสุขภาพ และหลายคนเชื่อว่าอาจช่วยรักษาป้องกันโรคบางชนิดได้ด้วย (pobpad.com, 2016: ออนไลน์)

น้ำส้มสายชูช่วยรักษาสมดุลของระบบทางเดินอาหาร ในลำไส้มีจุลินทรีย์ประจำถิ่นอาศัยอยู่ ช่วยในการย่อย ดูดซึมสารอาหาร และการขับถ่าย น้ำส้มสายชูช่วยส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์เหล่านี้ อันจะส่งผลทางอ้อมในการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่มีโทษหรือก่อโรค จึงช่วยป้องกันโรคในระบบทางเดินอาหาร ทั้งนี้ยังสามารถช่วยในการฟื้นฟูและรักษาอาการอักเสบของลำไส้ได้อีกด้วย (Saikahealth.com, 2018: ออนไลน์)

2.2 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการผลิตน้ำส้มสายชู

2.2.1 *Acetobacter* spp.



ภาพที่ 2.2 *Acetobacter* spp.

ที่มา : <https://fineartamerica.com/featured/1-acetobacter-aceti-bacteria-scimat.html?product=art-print>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Acetobacter คือ แบคทีเรียในกลุ่ม acetic acid bacteria จัดอยู่ในวงศ์ Pseudomonadaceae ย้อมติดสีแกรมลบ (gram negative) รูปร่างเป็นท่อน (rod shape) ไม่สร้างสปอร์ ไม่ก่อให้เกิดโรค เจริญได้ในที่มีอากาศ สามารถออกซิไดส์เอทิลแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกในภาวะที่มีออกซิเจน (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2017) ประกอบด้วย

- *Acetobacter aceti* ใช้ประโยชน์ในการผลิตน้ำส้มสายชู (vinegar) แต่เป็นเชื้อที่ทำให้เครื่องดื่มแอลกอฮอล์เสื่อมเสีย
- *Acetobacter xylinum* ผลิตกรดอะซิติกได้เล็กน้อย แต่สามารถผลิตแผ่นวุ้น ซึ่งเป็นเชื้อเหินยวมี ส่วนประกอบหลักเป็นเซลลูโลส (cellulose) แผ่นวุ้นจะเกิดที่ผิวหนังของอาหาร ใช้สำหรับผลิตวุ้นมะพร้าว (Nata de coco)

2.3 ข้าว

2.3.1 ข้าวไร่ (Upland rice)

เป็นข้าวที่ปลูกได้ทั้งบนที่ราบและที่ลาดชัน นิยมปลูกกันมากในบริเวณที่ราบสูง โดยไม่ต้องใช้น้ำมาก ปลูกตามไหล่เขาทางภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศไม่มากนัก แคร่ร้อยละ 10 ของพื้นที่ปลูกทั่วประเทศเท่านั้น ข้าวไร่นี้ภาษาอังกฤษเรียกว่า upland rice ก็เพราะปลูกในที่ราบสูงของพื้นที่นั้น (ศุภิพร บุญขงการ, 2017)

2.3.2 ข้าวกล้องงอก (Germinated brown rice หรือ "GABA-rice")

เป็นข้าวที่ได้จากการนำข้าวกล้องมาแช่น้ำเพื่อทำให้งอก ทำให้ได้ประโยชน์จากปริมาณสารอาหารที่สูงขึ้น โดยเฉพาะ GABA และยังทำให้ข้าวกล้องมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มรับประทานได้ง่าย

2.3.3 ประโยชน์ของข้าว

ข้าวเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีการเจริญเติบโต จะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี การเปลี่ยนแปลงจะเริ่มขึ้นเมื่อน้ำได้แทรกเข้าไปในเมล็ดข้าว จะกระตุ้นให้เอนไซม์ภายในเมล็ดข้าวเริ่มงอก (Malting) สารอาหารที่ถูกเก็บไว้ในเมล็ดข้าวจะถูกย่อยสลายไปตามกระบวนการทางชีวเคมีจนเกิดเป็นสารอาหารที่มีประโยชน์ (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็ก (Oligosaccharide) และน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar)
- โปรตีนภายในเมล็ดข้าวจะถูกลดให้กลายเป็นกรดอะมิโนและเปปไทด์
- การสะสมสารโทโคฟีรอล (Tocopherol) โทโคไตรอีนอล (Tocotrienol)

โดยเฉพาะสารแกมมาอะมิโนบิวทีริกแอซิด (Gamma-aminobutyric acid) หรือที่รู้จักกันว่า "สารกาบา" (GABA) เป็นกรดอะมิโน (Glutamic acid) กรดอะมิโนชนิดนี้จะมามีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท (neurotransmitter) ในระบบประสาทส่วนกลางและเป็นสารสื่อประสาทประเภท สารยับยั้ง (inhibitor) โดยจะทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้นซึ่งช่วยทำให้สมองเกิดการผ่อนคลายและนอนหลับสบาย (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2019)

2.4 ไวน์ข้าว

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ประเทศที่ผลิตข้าว จะมีการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ โดยใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบ เช่น กระแช่ของไทยที่ผลิตจากข้าวเหนียว Shao-shing wine ของจีนผลิตจากหัวเชื้อที่ทำจากข้าวขาวและข้าวสาลี และนำหัวเชื้อนี้ไปผลิตเหล้าต่อโดยใช้ข้าวเหนียว สำหรับสาเก (Sake) ของญี่ปุ่นนั้น จัดเป็นไวน์ข้าวชนิดหนึ่งผลิตจากข้าวเจ้า

สำหรับไวน์ข้าวของไทยส่วนใหญ่ผลิตจากข้าวเหนียว เช่น อุ น้ำขาว หรือกระแช่ ซึ่งมีวิธีการทำต่อเนื่องจากข้าวหมาก โดยนำข้าวเหนียวมาแช่ค้างคืน นึ่งสุก ล้างข้าวเหนียวให้หมดยาง ผสมกับลูกแป้งที่มีทั้งเชื้อราและเชื้อยีสต์ เมื่อทำการหมัก เชื้อราจะเปลี่ยนแป้งในข้าวให้เป็นน้ำตาล จากนั้นเชื้อยีสต์ก็เปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ เมื่อได้เป็นข้าวหมาก เติมน้ำลงไป และหมักต่ออีก 5-14 วัน กรองจะได้ น้ำขาว ซึ่งเป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เก่าแก่ของไทย ส่วนน้ำอุ เติรมโดยใช้ข้าวสารเหนียวกับข้าวเปลือกเหนียว ในอัตราส่วน 1:3 แล้วทำการหมักในหม้อดิน ได้เป็นเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์เช่นกัน (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2017)

นอกจากนี้ จากการศึกษาใช้ข้าวเจ้าในการผลิตไวน์ข้าว พบว่าข้าวเจ้าชนิดอมิโลสต่ำ และข้าวเหนียว จะให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่าข้าวอมิโลสปานกลาง และสูง นอกจากนี้การนำข้าวหอมมะลิมาผลิตไวน์ข้าว ยังช่วยให้รสชาติผลิตภัณฑ์ดีขึ้น น้ำส้มสายชูหมักจากข้าว (Rice vinegar) มีขั้นตอนการเตรียมทำนองเดียวกับการทำน้ำขาว แต่เดิมเชื่อน้ำส้มลงในน้ำหมักนานประมาณ 3-8 เดือน จึงกรองแยกน้ำใสเป็นน้ำส้มสายชูหมัก ซึ่งมีปริมาณกรดอะซิติกประมาณ 4 % (River spirits, 2019: ออนไลน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ข้าวโพดสีม่วง

สีม่วงเข้มในเมล็ดข้าวโพดสีม่วงนั้น เป็นสารแอนโทไซยานิน ซึ่งมีคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระได้ในระดับสูง ช่วยลดโอกาสในการเกิดโรคมะเร็งชนิดเนื้อเยื่อ เสริมภูมิคุ้มกันให้ร่างกายต่อต้านเชื้อโรค สมานแผล เพิ่มการทำงานของเม็ดเลือดแดง ชะลอการเกิดไขมันอุดตันในหลอดเลือด ลดภาวะการเป็นโรคหัวใจ ชะลอความเสื่อมของดวงตา ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลและชะลอความแก่ (บริษัท ซีดีไลน์ จำกัด, ม.ป.ป.: ออนไลน์)

2.5.1 ประโยชน์ของข้าวโพดสีม่วง

ในส่วนของสรรพคุณทางยาของข้าวโพดสีม่วง หรือข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง ที่คนโบราณค้นพบและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ เมล็ดของข้าวโพดใช้ทานเพื่อบำรุงร่างกาย หัวใจ ปอด ขับปัสสาวะ นำมาบดพอกรักษาแผล

นอกเหนือจากนี้ยังใช้ชงข้าวโพดต้มน้ำนำมาดื่มแก้บิด ท้องร่วง ขับปัสสาวะ ตัน ราก และไหมข้าวโพดรสจืด หวาน ต้มเอาน้ำดื่ม ขับปัสสาวะ ได้เป็นอย่างดี (chavanratt, 2017)

2.6 ไหมข้าวโพด

ไหมข้าวโพด(Corn Silk) เป็นก้านเกสรตัวเมียของข้าวโพด, ในแต่ละต้นของข้าวโพดจะมีดอกสองชนิด คือ ดอกเกสรตัวผู้เกิดที่ปลายยอดมีลักษณะคล้ายรวงข้าว และดอกเกสรตัวเมียจะมีลักษณะเป็นฝัก เกิดที่ชอกใบ เมื่อเกสรตัวผู้ร่วงหล่นหรือปลิวไปติดกับก้านเกสรตัวเมีย จึงเกิดเป็นเมล็ดข้าวโพด

ไหมข้าวโพด ใช้เป็นสมุนไพรได้ทั้งแบบสดและแห้ง โดยนำไหมข้าวโพดสดมาอบแห้งหรือตากแห้ง ทำเป็นชาชงดื่ม หมอพื้นบ้านมักใช้ไหมข้าวโพดที่แก่ซึ่งจะมีลักษณะเป็นเส้นฝอยสีน้ำตาล ผิวสัมผัสหยาบ ต้มกับน้ำดื่มเป็นสมุนไพร มีฤทธิ์ขับปัสสาวะ บรรเทาอาการปวดที่เกี่ยวข้องกับทางเดินปัสสาวะ เช่น การติดเชื้อ การอักเสบและนิ่ว ในทางวิทยาศาสตร์นั้น การขับปัสสาวะก็จะมีส่วนช่วยลดความดันโลหิต (greenclinic.in.th, 2020: ออนไลน์)

ในปี 2009 มีรายงานของ Ansley Hill, RD, LD พบว่า ไหมข้าวโพดช่วยในการกระตุ้นการหลังอินซูลิน ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดไขมันและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดของหนูทดลองที่เป็นเบาหวานได้อย่างมีนัยสำคัญ

ในปี 2016 พบว่าไหมข้าวโพดมีสารฟลาโวนอยด์ ชื่อ เมย์ซิน(maysin) ซึ่งเป็นสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดี ช่วยต้านเซลล์มะเร็งชนิดต่าง ๆ ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน(Immunity booster)

2.6.1 ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ของไหมข้าวโพด (greenclinic.in.th, 2020: ออนไลน์)

- ต้านการอักเสบ (Anti-inflammatory)
- ลดน้ำตาลในเลือด (Reduced blood sugar levels) ลดความเสี่ยงของโรคเบาหวาน
- ลดการติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ (Treats urinary tract infections)
- ช่วยขับปัสสาวะ (Diuretic)
- ลดการก่อตัวของนิ่วในไต (Lower kidney stone formation)
- ลดภาวะกั่งน้ำ (Water retention)
- ลดความดันโลหิต (Lowers blood pressure)
- ลดอาการปัสสาวะรดที่นอน (Bedwetting) ภาวะกลั้นปัสสาวะไม่อยู่ (Urinary incontinence)
- ช่วยแก้ปัญหาผิวจากโรคผิวหนังบางชนิด (Relieve skin pigmentation issues) เช่น โรคด่างขาว (Vitiligo)
- ช่วยกำจัดอนุมูลอิสระ และต้านเซลล์มะเร็ง

2.7 มังคุด

นิมรับประทานมังคุดสุกเป็นผลไม้ ซึ่งมีประโยชน์ในการช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย มีส่วนช่วยในการชะลอวัยและการเกิดริ้วรอย และยังมีส่วนช่วยบำรุงผิวพรรณให้เปล่งปลั่งสดใสอีกด้วย (Medthai.com, 2013: ออนไลน์)

เมื่อมังคุดมีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะโพแทสเซียม โปรตีน สารเยื่อใย วิตามินซี ฟอสฟอรัส แคลเซียมและแมกนีเซียม จากการตรวจวิเคราะห์พบว่าในน้ำมังคุด 100 มิลลิลิตร ประกอบด้วยโพแทสเซียม ปริมาณสูงถึง 87.14 มิลลิกรัม แคลเซียม 34.53 มิลลิกรัม และแมกนีเซียม 111.22 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลือกของมังคุดมีสารให้รสฝาด คือแทนนิน เช่น โทน (โดยเฉพาะเมงโกสทิน) แทนนินมีฤทธิ์ฝาดสมาน ทำให้แผลหายเร็ว มังคุดช่วยลดอาการอักเสบและมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดหนองได้ดี ในทางยาสมุนไพร ใช้เปลือกมังคุดตากแห้งต้มกับน้ำหรือย่างไฟ ผนกับน้ำปูนใส แก้ท้องเสีย เปลือกแห้งฝนกับน้ำปูนใส ใช้รักษาอาการน้ำกัดเท้า แผลเปื่อย เปลือกมังคุด มีสารป้องกันเชื้อราเหมาะแก่การหมักปุ๋ย

ยางมังคุด มีประโยชน์อย่างมากต่ออุตสาหกรรมหลายประเภท เนื่องจากยางมังคุดใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดสารกลุ่มแทนนิน ซึ่งแต่ละชนิดที่มีฤทธิ์ทางยาที่แตกต่างกัน รวมทั้งมีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมพลาสติก นอกจากนี้ยางมังคุดยังเข้ามามีบทบาทในการใช้เป็นสารเจือปนในอาหาร เพราะมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus Aureus* ซึ่งเป็นเชื้อที่ก่อให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษได้

2.8 น้ำส้มสายชูมังคุด

น้ำส้มสายชูมังคุด เป็นการหมักเนื้อมังคุดด้วยเชื้อ *Gluconobacter Oxydans* จะได้ปริมาณกรดน้ำส้มอยู่ระหว่าง 4 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพของน้ำส้มสายชูที่ได้จะมีสีตามธรรมชาติ มีกลิ่นหอมของกรดน้ำส้ม มีลักษณะใส ไม่มีหนองน้ำส้ม สิ่งสกปรกหรือสิ่งเจือปน ไม่มีตะกอนจากตะกอนที่เกิดโดยธรรมชาติของน้ำส้มสายชูหมัก ผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูมังคุดเพื่อสุขภาพ อุดมด้วยโพแทสเซียม ปริมาณ 97.8 มิลลิกรัม แคลเซียม 3.3 มิลลิกรัม แมกนีเซียม 13.7 ต่อ 100 กรัม และปริมาณกรดน้ำส้ม 4.68 เปอร์เซ็นต์ (กรมวิชาการเกษตร, 2003)

2.9 มะม่วง

ผลมะม่วงสามารถนำมารับประทานได้ทั้งดิบและสุก มะม่วงดิบเปลือกสีเขียวเนื้อสีขาวส่วนใหญ่มีรสเปรี้ยว ยกเว้นบางพันธุ์ที่เรียกว่ามะม่วงมัน ส่วนผลสุกจะมีสีเหลืองทั้งเปลือกและเนื้อ สามารถรับประทานสดหรือนำไปประกอบเป็นอาหาร เช่น ข้าวเหนียวมะม่วง อีกทั้งมีการนำไปแปรรูป เช่น มะม่วงแก้ว มะม่วงดอง มะม่วงเชื่อม มะม่วงเค็ม น้ำแยมมะม่วง พายมะม่วง เป็นต้น (Medthai.com, 2013: ออนไลน์)

2.10 น้ำส้มสายชูมะม่วง

จากงานวิจัยของศ.ดร. วราวุฒิ ครูส่ง ได้ทดลองแปรรูปมะม่วงสุกงอมให้เป็นน้ำส้มสายชูที่มีกลิ่นหอมของเนื้อมะม่วงเป็นเอกลักษณ์ โดยใช้มะม่วงน้ำดอกไม้ที่จําหรือสุกงอมเป็นวัตถุดิบ ซึ่งมีความเปรี้ยวและวิตามินซีสูง มีกลิ่นหอมและแร่ธาตุหลายชนิด (สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ, 2008)

จากการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการวิจัยของศ.ดร. วราวุฒิ ครูส่ง (ม.ป.ป.) พบว่าน้ำส้มสายชูมะม่วงให้คุณค่าทางอาหารควบคู่กับรสชาติหอมหวาน ไม่แพ้ น้ำส้มสายชูที่ทำจากวัตถุดิบอื่น จึงเหมาะนำไปประกอบอาหารที่ต้องการกลิ่นหอมจําเพาะอย่าง เช่น อาหารในโรงแรม รวมถึงอาหารเพื่อสุขภาพที่เน้นใช้เครื่องปรุงรสที่ทำมาจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติแทนการใช้สารสังเคราะห์

ขั้นตอนการหมักน้ำส้มสายชูมะม่วงเริ่มจากการปั่นเนื้อมะม่วงให้ละเอียด คั้นแยกน้ำออกมาหมักกับยีสต์ตกตะกอน (เอ็ม 30) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยนักวิจัยของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผ่านไป 7-12 วัน น้ำมะม่วงจะกลายเป็นไวน์สีเหลืองนวล และเติมหัวเชื้อน้ำส้มสายชูสายพันธุ์ดับเบิลยูเค ซึ่งทีมวิจัยร่วมกับบริษัท ไวน์วิเศษจำกัด พัฒนาขึ้น และหมักทิ้งไว้ 15 วัน ก็ได้ผลผลิตน้ำส้มสายชูตามต้องการ (สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ, 2008)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

1. ข้าวไร้
2. ข้าวกล้องงอก
3. ไชร้ปเข้มข้น 65 °brix
4. น้้ามะม่วงเข้มข้น
5. น้้ามังคุดเข้มข้น
6. ไหมข้าวโพดม่วง
7. น้้ากลั่น
8. เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* M30
9. เชื้อแบคทีเรียอะซิติก *Acetobacter pasteurianus*

3.1.2 สารเคมี

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1. Acetic acid 99.8% | Merck KGaA, Germany |
| 2. Calcium carbonate (CaCO ₃) | AJAXFINECHEM, Australia |
| 3. D – glucose | UNILAB, Australia |
| 4. Di-ammonium phosphate (DAP) | UNIVAR, New Zealand |
| 5. Ethanol 95% | Excise Department, Thailand |
| 6. Magnesium sulfate (MgSO ₄) | UNIVAR, New Zealand |
| 7. Phenolphthalein | |
| 8. Sodium hydroxide (NaOH) | UNIVAR, New Zealand |
| 9. Yeast extract | HIMEDIA, India |
| 10. Malt extract | HIMEDIA, India |
| 11. Peptone | HIMEDIA, India |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ

- | | |
|-------------------------------|----------------|
| 1. Potato Dextrose Agar (PDA) | HIMEDIA, India |
| 2. Yeast Malt Agar (YM) | HIMEDIA, India |

3.2 อุปกรณ์

1. ขวดดูแลน 2000 มิลลิลิตร
2. ขวดใส่อาหาร
3. เข็มเขี่ยเชื้อ (Needle)
4. กลีปน็ิบกระดาศ
5. เครื่องซั่ง
6. ซ้อนตักสาร
7. ตะเกียงแอลกอฮอล์
8. ตัวกรองอากาศ (ฟิวเตอร์)
9. เต้าแก๊ส
10. บิวเรต
11. บิวเรต แคมป์
12. บีกเกอร์พลาสติก
13. ปลั๊กไฟ
14. บั้มลมให้อากาศ
15. ฝาดูแลนซื้อต่อ 2 หัว
16. ฟอยล์ปิดสายยาง
17. ไม้พาย
18. ลูกยาง
19. สายยางปลอดเชื้อ
20. หม้อต้มขนาด 50 ลิตร
21. สำลีม้วน
22. หลอดทดลองแก้ว
23. กระดาศกรองเบอร์ 1
24. เข็มเขี่ยเชื้อปลายกลม (loop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25. ตะแกรงวางหลอดทดลอง
26. แปรงล้างหลอดทดลอง
27. ถังพลาสติก(PP)
28. หนัียง
29. ถังมือกั้นร้อน
30. ไดอะตอมไมต์
31. ถังบรรจุขนาด 20 ลิตร
32. ขวดรูปชมพู่ขนาด 2000 มิลลิลิตร
33. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
34. แท่งแก้วคนสาร
35. หัวเปิดปิดบิวเรต
36. ถังหมักไวน์ขนาด 100 ลิตร
37. ปิเปต (Graduated pipette)
38. กรวยพลาสติก
39. กระจบอกรปิเปต
40. ขวดแก้วเก็บตัวอย่าง
41. ปิเปตทิป (Pipette tips)
42. ไมโครปิเปต (Micropipette)
43. แท่งแก้วเกลี่ยเชื้อ(Glass Plate Spreader)

3.3 เครื่องมือ

1. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง Ohaus Corp. Pine Brock, U.S.A
2. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง Ohaus Corp. Pine Brock, U.S.A
3. เครื่องเขย่า (Shaker)
4. เครื่องวัดปริมาณน้ำตาล (Hand refractometer) ATAGO, Japan
5. ตู้ลามิน่า (Lamina air flow cabinet)
6. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดันไอน้ำ (Autoclave) Tommy, Japan
7. เครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ (Ebulliometer) Dujadin – Salleron, France
8. เครื่องซีลสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เครื่องกรองแบบลดความดัน

3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

การเปรียบเทียบการปรับสภาพของหัวเชื้อ *A. pasteurianus* ในไวน์ ที่เตรียมจากวัตถุดิบ 5 ชนิด ประกอบด้วย ข้าวไร้ ข้าวกล้องงอก ไหมข้าวโพดม่วง มะม่วง และมังคุด

ขั้นตอนและวิธีการทดลองแบ่งได้ดังนี้

3.4.1. ขั้นตอนการเตรียมกล้าเชื้อ

3.4.2. ขั้นตอนการหมักไวน์

3.4.3. ขั้นตอนการลงถังหมักไวน์

3.4.4. ขั้นตอนการหมักน้ำส้มสายชู

3.4.5. การตรวจสอบคุณภาพ

3.4.1 ขั้นตอนการเตรียมกล้าเชื้อ

3.4.1.1 PDA Slant

การเตรียมอาหาร PDA slant จะเป็นการเตรียมเพื่อเพาะเชื้อยีสต์ที่จะนำมาทดลอง เริ่มจากการเตรียมการซึ่งสารลงในปิ๊กเกอร์ โดยใช้อัตราส่วน คือ PDA 40 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตรละลายด้วยการต้ม หรือให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟจนละลาย ก่อนนำไปใส่ในหลอด หลอดละ 6 มิลลิลิตร ทำการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปเอียง slant รอให้อาหารแข็งตัว

การถ่ายเชื้อจะทำโดยการใช้ needle ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว มาทำการเขี่ยเชื้อยีสต์ *S.cerevisiae* M30 ลงไปใน PDA Slant ที่ได้เตรียมไว้ภายใต้สภาพ Aseptic technique จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 3 วัน สังเกตการเจริญของเชื้อ

3.4.1.2 การเลี้ยงเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* M30

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ YM ซึ่งประกอบไปด้วย malt extract, D-glucose, Yeast extract และ peptone ทำการคนให้ละลาย จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทิ้งให้เย็น ทำการถ่ายเชื้อ *S. cerevisiae* M30 จาก Stock culture โดยชุดด้วยเข็มเขี่ยเชื้อปลาย

กลม 1 ลูก ใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ YM ที่เตรียมไว้ จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่อง Shaker ที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.4.1.3 การเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียอะซิติก *Acetobacter pasteurianus*

การเลี้ยงหัวเชื้อ *A. pasteurianus* คัดแยกได้จาก Stock culture ของอาหาร GYE agar slant ทำการชุบด้วยเข็มเย็บเชื้อปลายกลม จำนวน 1 ลูก เลี้ยงบนอาหาร GYE both ซึ่งประกอบไปด้วย D-glucose, Yeast extract และน้ำกลั่น คนให้ส่วนผสมละลาย จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เมื่อได้ GYE both ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ นำมาเติมเอทานอล จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่อง Shaker ที่ความเร็ว 180 รอบต่อนาทีที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

3.4.2 ขั้นตอนการหมักไวน์

3.4.2.1 ข้าวไร่หรือข้าวกล้องงอก

นำข้าวมาล้างน้ำสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกออก จากนั้นเตรียมวัตถุดิบต่าง ๆ โดยประมาณ ดังนี้ ข้าวไร่หรือข้าวกล้องงอก 1-2 กิโลกรัม เติมน้ำกรอง 12 ลิตรแล้วนำไปต้ม เติมน้ำที่เข้มข้นประมาณ 65 °brix ลงไป 28 ลิตร และน้ำกรอง 55 ลิตร เพื่อให้เกิดการแตกตัวหรือการย่อยในเมล็ดข้าว ใช้ไม้พายคนเพื่อไม่ให้เกิดการไหม้ติดที่ก้นหม้อ จับเวลา 10-15 นาที สังเกตการแตกตัวของเมล็ดข้าว นำมากรองด้วยผ้าขาวบาง โดยผ้าขาวบางต้องผ่านการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน

3.4.2.2 ไหมข้าวโพดม่วง

นำไหมม่วงมาล้างน้ำสะอาด 1 รอบเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกออก จากนั้นนำไหมข้าวโพดม่วง 0.5 กิโลกรัม มาต้มกับน้ำกรอง 5 ลิตร เติมน้ำที่ที่มีความเข้มข้นประมาณ 65 °brix ลงไป 28 ลิตร และเติมน้ำกรองอีก 60 ลิตร ใช้ไม้พายคนให้ส่วนผสมเข้ากัน ต้มจนเดือด จากนั้นให้ทำการจับเวลาหลังเดือด 1 ชั่วโมง นำมากรองด้วยผ้าขาวบาง โดยผ้าขาวบางต้องผ่านการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันเรียบร้อยแล้ว

3.4.2.3 น้ำมะม่วงเข้มข้น

นำน้ำมะม่วงเข้มข้น 12 ลิตร เติมน้ำที่ความเข้มข้นประมาณ 65 °brix ลงไป 28 ลิตร และน้ำกรอง 55 ลิตร มาผสมรวมกันตามอัตราส่วน ทำการต้มจนเดือด และตั้งทิ้งไว้เพื่อรอให้อุณหภูมิลดลง ปิดฝาหม้อทุกครั้งในระหว่างต้มและรออุณหภูมิลดลง

3.4.2.4 น้ำมิ่งคุดเข้มข้น

นำน้ำมิ่งคุดเข้มข้น 12 ลิตร เติมน้ำที่ความเข้มข้นประมาณ 65 °brix ลงไป 28 ลิตร และน้ำกรอง 55 ลิตร มาผสมรวมกันตามอัตราส่วน ทำการต้มจนเดือด และตั้งทิ้งไว้เพื่อรอให้อุณหภูมิลดลง

3.4.3 ขั้นตอนการลงถังหมักไวน์ข้าว

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ YM เพื่อทำการเลี้ยงเชื้อยีสต์ในไวน์ต่าง ๆ โดยการเตรียมอาหาร YM ตามส่วนผสมดังนี้ malt extract 3 กรัม D-glucose 10 กรัม-Yeast extract 3 กรัม-peptone 5 กรัม และ น้ำกลั่น 1 ลิตร ใส่ในพลาสติก 1 ลิตร ทำการคนให้ละลาย นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน จากนั้นทิ้งให้เย็น ทำการถ่ายเชื้อ *S.cerevisiae* M30 ยีสต์ 2 หลอดต่อ 1 พลาสติก (ทำทั้งหมด 5 พลาสติก คิดเป็น 5%) เลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้อง ด้วยการเขย่าด้วยเครื่อง Shaker เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ขั้นตอนการหมัก จะนำข้าวไร้ ข้าวกล้องงอก หรือไหมข้าวโพดม่วง ที่ผ่านการย่อยด้วยวิธีการต้มแล้วจึงกรองออกมาเป็นน้ำข้าวหรือน้ำไหมข้าวโพดม่วง และมะม่วง หรือมิ่งคุด ผสมกับน้ำเชื่อมและน้ำกรอง เพื่อให้มีปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นเท่ากับ 18 °brix ทำการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน จึงจะได้ไวน์ชนิดต่าง ๆ ในระหว่างนั้นจะมีการเก็บผลตัวอย่างทุกวัน ที่ 0 1 3 5 และ 7 เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ โดยการตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์(%) ด้วยเครื่อง Ebulliometer หลังจากนั้นให้ทำการกรองโดยวิธีการกรองแบบลดความดันและพาสเจอร์ไรส์ไวน์ที่ 75 °C เป็นเวลา 10 นาที

3.4.4 ขั้นตอนการเลี้ยงหัวเชื้อน้ำส้มสายชู

นำน้ำส้มสายชูหมักและไวน์ที่เตรียมไว้ได้แก่ ไวน์ข้าวไร้ ไวน์ข้าวกล้องงอก ไวน์ไหมข้าวโพดม่วง ไวน์มะม่วง และไวน์มิ่งคุด มาทำการปรับสูตรในขวดคูแรนขนาด 2 ลิตร โดยปรับความเข้มข้นทั้งหมด (Total concentration ;TC) เท่ากับ 8 โดยผลรวมของความเข้มข้นกรดอะซิติก มีกรดเริ่มต้น 4.5% และปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นที่ 3.5% ทำการปรับสภาพหัวเชื้อน้ำส้มสายชูที่อุณหภูมิห้อง ทำการตรวจติดตามผลทุก ๆ 48,60,72 ชั่วโมง จนกว่าแอลกอฮอล์ระหว่างหมักต่ำกว่าหรือเท่ากับ 0.5% ถึงจะทำการเปลี่ยน Cycle ถัดไป หลังจากนั้นให้ทำการดึงน้ำหมักออก 40 % ของที่มีอยู่ (Krusong et al. 2014) แล้วทำการเติมไวน์ชนิดนั้นลงไป

ให้มีปริมาณน้ำหมักทั้งหมดในขวด 1600 มิลลิลิตร ทำการปรับความเข้มข้นกรดอะซิติกและปริมาณแอลกอฮอล์ให้ได้เท่ากับกรดเริ่มต้นที่ 4.5 % และปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นที่ 3.5% จากนั้นทำการเติมอาหารในการหมักน้ำส้มลงไป โดยการทดลองครั้งนี้ทำไปทั้งหมด 9 รอบการผลิต เพื่อศึกษาการปรับสภาพของหัวเชื้อในไวน์นั้นๆ

3.4.5 ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพ

3.4.5.1 การตรวจวัดค่าความเป็นกรด-เบส ด้วยวิธีการไทเทรต

นำตัวอย่างไวน์หรือน้ำส้มสายชูที่หมักแล้วมาทำการวิเคราะห์ โดยใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ดูดตัวอย่างปริมาตร 6 มิลลิลิตร ใส่ในฟลasks ขมพูนขนาด 250 มิลลิลิตร หยด Phenolphthalein ประมาณ 2-3 หยด จากนั้นนำไปไทเทรตกับสารละลาย Sodium hydroxide 1 นอร์มอล เมื่อถึงจุดยุติทำการบันทึกปริมาณของสารละลาย Sodium hydroxide ที่ทำปฏิกิริยากันกับตัวอย่าง

3.4.5.2 การตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ (% v/v) ด้วยเครื่อง Ebuliometer

ตวงน้ำกลั่นให้ถึงขีด EAU (น้ำ) หรือปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่าง แล้วใส่เทอร์โมมิเตอร์ จากนั้นทำการต้มจนจุดเดือดมีอุณหภูมิคงที่ อ่านค่าอุณหภูมิของน้ำบริสุทธิ์จากเทอร์โมมิเตอร์ นำค่าที่ได้ไปตั้งในแผ่นอ่านค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ โดยตั้งจุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์ที่อ่านได้ (สเกลด้านใน) ให้ตรงกับ 0.0% แอลกอฮอล์ (สเกลด้านนอก)

การวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์หรือน้ำส้มสายชู เติมตัวอย่างทดสอบประมาณ 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่างแล้วใส่เทอร์โมมิเตอร์ เติมน้ำเย็นลงไปในส่วนที่ควมแน่น จากนั้นจุดตะเกียงเพื่อต้มตัวอย่าง อ่านค่าจุดเดือดของไวน์ที่ทดสอบ อ่านค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ของไวน์ (สังเกตสเกลด้านนอก) ที่อยู่ตรงกับจุดเดือด ของไวน์ (สังเกตสเกลด้านใน) จากแผ่นอ่านเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์

3.4.5.3 การตรวจเชื้อในไวน์หรือน้ำส้มสายชู

การตรวจวัดการเจริญของเชื้อแบคทีเรียอะซิติก บนอาหารเลี้ยงเชื้อ GYE ทดสอบโดยใช้วิธีการ Spread plate เริ่มจากการดูดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ลงไปในการอาหาร เลี้ยงเชื้อ GYE ที่เตรียมไว้ จากนั้นทำการกระจายตัวอย่างบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยแท่งแก้วเกลี่ยเชื้อ (Glass Plate Spreader) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อเกลี่ยเชื้อจนแห้งสนิท ก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 วัน

การตรวจวัดการเจริญแบคทีเรียทั้งหมดบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ทดสอบโดยใช้วิธีการ Spread plate เริ่มจากการดูดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ที่เตรียมไว้ จากนั้นทำการกระจายตัวอย่างบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อด้วย แท่งแก้วเกลี่ยเชื้อ(Glass Plate Spreader) ให้แห้งสนิทที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ก่อนนำไปป้อนที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 วัน



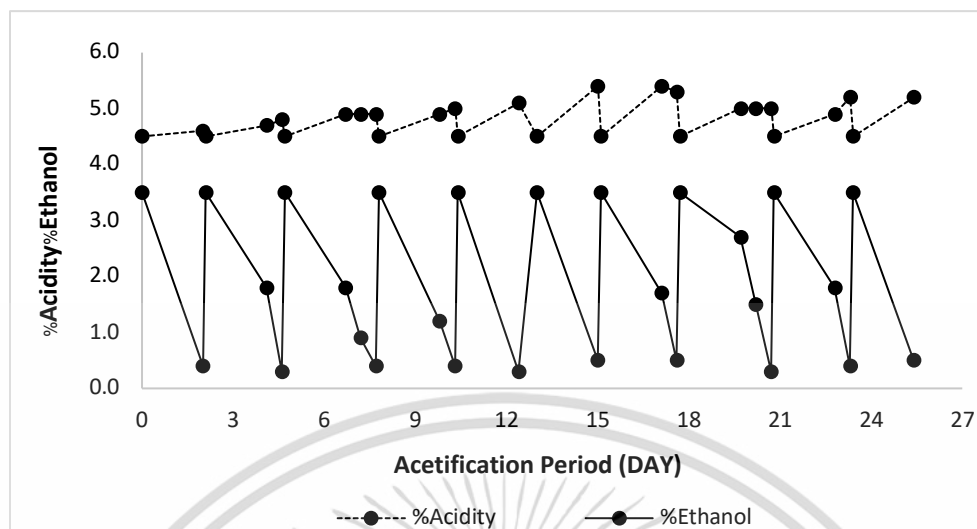
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

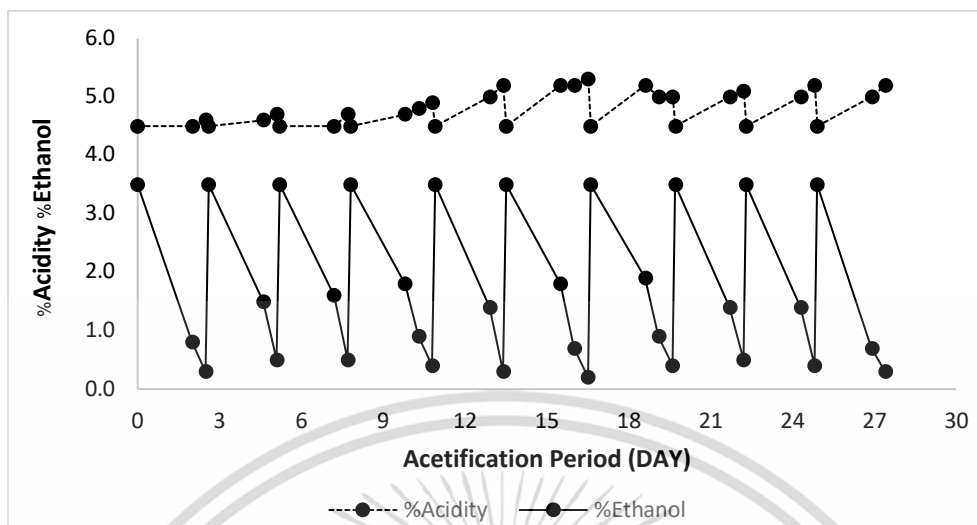
4.1 ผลการเปรียบเทียบการปรับสภาพของหัวเชื้อน้ำส้มสายชูสำหรับผลิตน้ำส้มสายชู จากไวน์ข้าวไร้ ไวน์ข้าวกล้องงอก ไวน์โหมข้าวโพดม่วง ไวน์มั่งคุด และไวน์มะม่วง

ในการศึกษาการเปรียบเทียบการปรับสภาพของหัวเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* ในการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ชนิดต่างกัน ที่ความเข้มข้นทั้งหมด (Total concentration; TC) เท่ากับ 8% (โดยอาศัยการปรับกรดอะซิติก 4.5% และแอลกอฮอล์ 3.5%) ควบคุมที่อุณหภูมิห้อง (30 °C) ในสภาวะการปรับสภาพหัวเชื้อแบบกึ่งต่อเนื่อง ในขวดควมแลนขนาด 2 ลิตร ปริมาตรน้ำหมัก 1 ลิตร ทำการทดลองทั้งหมด 9 รอบการผลิต ซึ่งในช่วง Start-up phase เชื้อมีการปรับตัวจึงสามารถเจริญเติบโตได้น้อยและผลิตกรดออกมาได้ในปริมาณเล็กน้อย เมื่อเชื้อเริ่มเข้าสู่ Operational phase เชื้อจะสามารถปรับตัวและสร้างกรดออกมาได้ในปริมาณที่เหมาะสม ดังแสดงในภาพที่ 4.1 – 4.5 แสดงปริมาณการสร้างกรดของการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ชนิดต่างกัน โดยภาพที่ 4.1 เป็นการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวไร้ ซึ่งสามารถผลิตกรดได้ปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ที่นำมาทำการหมักน้ำส้มสายชู เนื่องจากในข้าว (แป้ง) บางส่วนจะถูกย่อยให้เป็นน้ำตาลในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการหมักไวน์ จากนั้นในขั้นตอนการหมักไวน์ ยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นเอทานอล เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการหมักน้ำส้มสายชู เอทานอลจะถูกเปลี่ยนให้เป็นกรดอะซิติกโดยเชื้อ *Acetobacter pasteurianus*



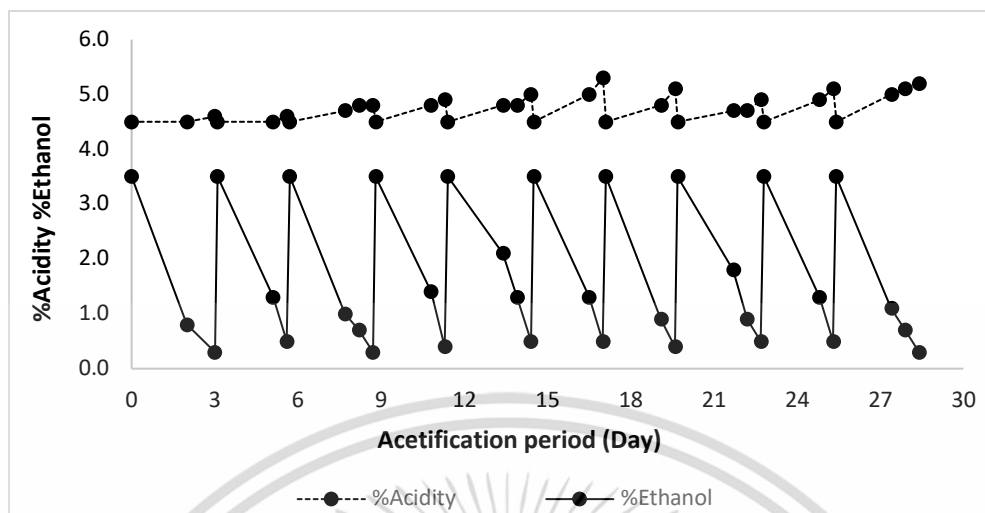
ภาพที่ 4.1 การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวไร้

จากการศึกษาการปรับสภาพของหัวเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* ในการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวไร้ แสดงให้เห็นช่วง Start-up ในระยะ 0 – 2 วัน เชื้อได้เริ่มทำการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะจึงผลิตกรดออกมา น้อยที่ 46 กรัม/ลิตร เมื่อเริ่มเข้าสู่รอบการผลิตที่ 1 – 2 ของการหมักเชื้อยังคงอยู่ในช่วงปรับตัวให้เข้ากับสภาวะทำให้ยังผลิตกรดออกมาได้เล็กน้อย เมื่อเริ่มเข้าสู่รอบการผลิตที่ 3 – 6 เป็นช่วงที่เชื้อสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาวะได้อย่างช้า ๆ และผลิตกรดออกมาเพิ่มขึ้น ซึ่งผลิตกรดออกมาได้สูงที่สุดที่ 54 กรัม/ลิตร ในช่วงรอบการผลิตที่ 5 และจะเริ่มลดลงเมื่อเข้าสู่รอบการผลิตที่ 7 โดยเป็นช่วงที่มีจำนวนเซลล์ตายมากกว่าเซลล์เป็น ทำให้มีอัตราการทำงานลดลง เชื้อจึงผลิตกรดได้ลดลงเล็กน้อย จากนั้นจึงเริ่มปรับตัวใหม่อีกครั้งในรอบการผลิตที่ 8 และสิ้นสุดการหมักในรอบการผลิตที่ 9 ซึ่งสามารถผลิตกรดออกมาได้ที่ 52 กรัม/ลิตร



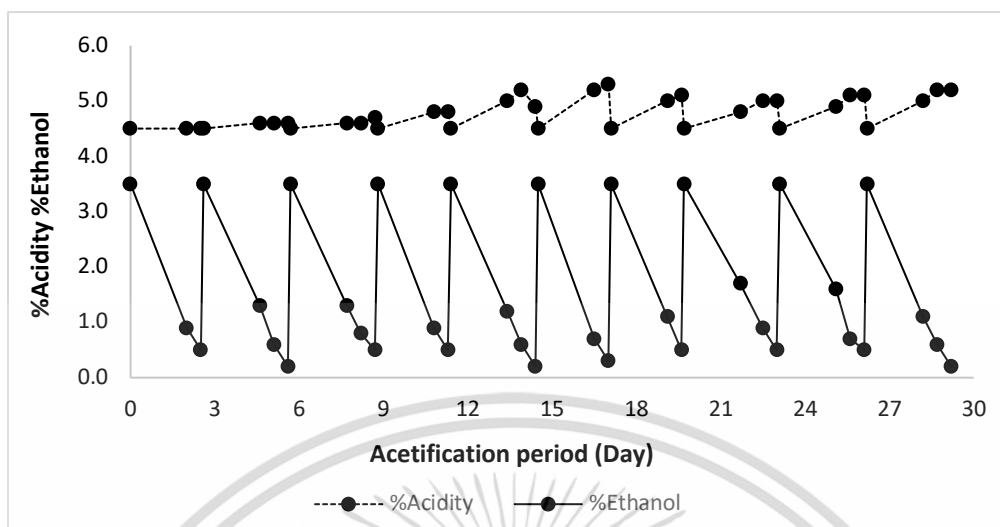
ภาพที่ 4.2 การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวกล้องงอก

จากภาพที่ 4.2 การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวกล้องงอก สามารถผลิตกรดได้ดีเป็นอันดับสองรองมาจากไวน์ข้าวไร่ ข้าวกล้องงอกในระหว่างการรอกนั้น จะมีผลทำให้ปริมาณของอะซิโตนในเมล็ดลดลง สารอาหารที่อยู่ในข้าวจะย่อยสลายไปเป็นคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลเล็ก ๆ และน้ำตาลรีดิคซ์ โดยในขั้นตอนการต้มย่อยข้าว ข้าวกล้องงอกจะมีลักษณะแข็งร่วน จึงทำให้ย่อยได้ยากกว่าข้าวไร่ ยีสต์สามารถเปลี่ยนน้ำตาลที่ได้จากการย่อยไปเป็นเอทานอล ขั้นตอนต่อมาเกิดการเปลี่ยนเอทานอลให้เป็นกรดอะซิติกโดยเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* ในช่วง Start-up เชื้อยังคงอยู่ในช่วงปรับตัวให้เข้ากับสภาวะใหม่ เมื่อเริ่มเข้าสู่รอบการผลิตที่ 1 – 2 ระยะเวลาการหมัก 5 วัน ยังคงเริ่มปรับตัวให้เข้ากับสภาวะและผลิตกรดออกมาเล็กน้อยที่ 49 กรัม/ลิตร เมื่อเข้าสู่รอบการผลิตที่ 3 – 5 เชื้อเริ่มปรับตัวให้เข้ากับสภาวะได้ดีและผลิตกรดออกมาได้ในปริมาณโดยเฉลี่ย 53 กรัม/ลิตร จากนั้นเมื่อเริ่มเข้าสู่รอบการผลิตที่ 6 – 7 เชื้อสามารถผลิตกรดได้ในปริมาณที่ลดลง เนื่องจากเป็นช่วงที่มีจำนวนเซลล์ตายมากกว่าเซลล์เป็น จึงทำให้มีอัตราการทำงานที่ลดน้อยลง และเชื้อจะปรับสภาพให้เข้ากับสภาวะอีกครั้งเมื่อเข้าสู่รอบการผลิตที่ 8 – 9 ซึ่งเป็นช่วงปลายสุดท้ายของการหมัก และผลิตกรดสิ้นสุดที่ 52 กรัม/ลิตร



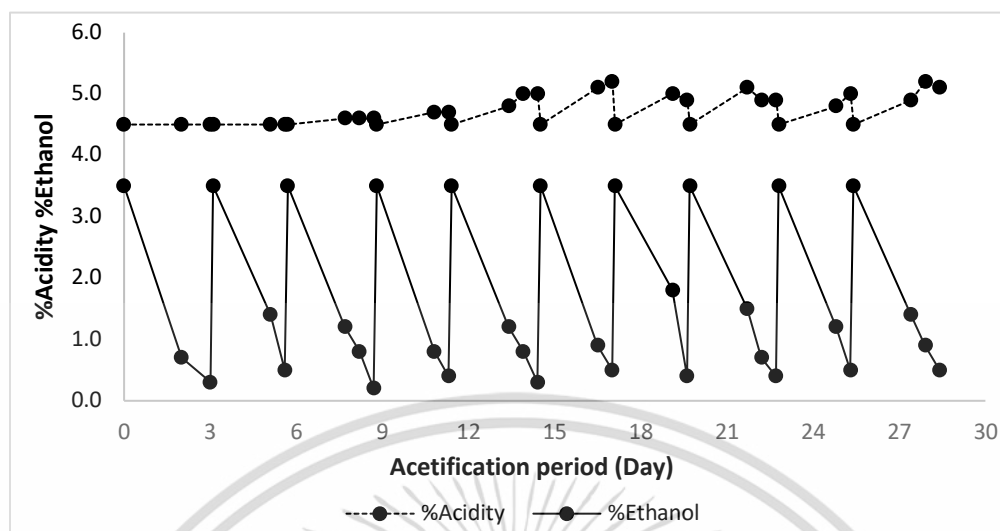
ภาพที่ 4.3 การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์มะม่วง

จากภาพที่ 4.3 แสดงการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์มะม่วง โดยมีปริมาณการผลิตกรดใกล้เคียงกับน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวกล้องงอก เนื่องจากไวน์มะม่วงมีปริมาณน้ำตาลที่อยู่ในตัวของมะม่วงเอง ทำให้ไวน์มะม่วงมีปริมาณน้ำตาลที่ยีสต์สามารถใช้เปลี่ยนน้ำตาลให้ไปเป็นเอทานอลในขั้นตอนของการหมักได้ และในขั้นตอนต่อมาเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* จะเปลี่ยนเอทานอลให้เป็นกรดอะซิติก เมื่อเริ่มเข้าสู่ช่วง Start-up – รอบการผลิตที่ 1 เชื้อมีการปรับตัวได้ช้า ทำให้ผลิตกรดออกมาได้ในปริมาณน้อยที่ 46 กรัม/ลิตร เมื่อเข้าสู่รอบการผลิตที่ 2 – 5 เชื้อเริ่มปรับตัวเข้ากับสภาวะได้ดีและผลิตกรดออกมาเฉลี่ยที่ 53 กรัม/ลิตร จากนั้นจึงเริ่มผลิตกรดได้ลดลงเมื่อเข้าสู่รอบการผลิตที่ 6 – 7 และเชื้อจะเริ่มปรับตัวให้เข้ากับสภาวะได้อีกครั้งเมื่อเข้าสู่รอบการผลิตที่ 8 – 9 ซึ่งเป็นช่วงสุดท้ายของการหมัก โดยผลิตกรดออกมาได้ที่ 52 กรัม/ลิตร



ภาพที่ 4.4 การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ใหม่ข้าวโพดม่วง

จากภาพที่ 4.4 แสดงการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ใหม่ข้าวโพดม่วง โดยไวน์ใหม่ข้าวโพดม่วงมีการเติมน้ำเชื่อมเข้มข้นลงในขั้นตอนการทำไวน์ ทำให้มีปริมาณบrikซ์ในไวน์ใหม่ข้าวโพดม่วงไม่มาก เชื้อยีสต์จึงเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทานอลได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ และขั้นตอนต่อมาเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* เปลี่ยนเอทานอลให้เป็นกรดอะซิติก ซึ่งผลิตกรดออกมาได้เล็กน้อยและใช้เวลานานในการหมัก ในช่วง Start-up – รอบการผลิตที่ 3 เชื้อปรับตัวให้เข้ากับสภาวะใหม่ได้ช้า จึงทำให้ผลิตกรดออกมาได้น้อยเมื่อเทียบกับน้ำส้มสายชูชนิดอื่น เมื่อเข้าสู่รอบการผลิตที่ 4 – 5 เชื้อสร้างกรดได้โดยเฉลี่ยที่ 53 กรัม/ลิตร และลดลงเมื่อถึงรอบการผลิตที่ 6 – 8 เนื่องจากมีจำนวนเซลล์ตายมากกว่าเซลล์เป็น ทำให้การสร้างกรดลดน้อยลงในช่วงปลายของการหมัก และจะเริ่มปรับตัวให้สร้างกรดอีกครั้งเมื่อเข้าสู่รอบการผลิตที่ 9 ซึ่งเป็นช่วงสุดท้ายของการหมัก และผลิตกรดสิ้นสุดได้ที่ 52 กรัม/ลิตร



ภาพที่ 4.5 การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์มั่งคุด

จากภาพที่ 4.5 แสดงการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์มั่งคุด โดยน้ำส้มสายชูจากไวน์มั่งคุดเป็นน้ำส้มสายชูที่ได้ผลผลิตกรดน้อยที่สุด เนื่องจากในมั่งคุดมีสารแทนนินที่ขัดขวางการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย ทำให้การหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์มั่งคุดมีปริมาณกรดไม่สูง และใช้ระยะเวลาในการหมัก ซึ่งในช่วง Start-up – รอบการผลิตที่ 2 เชื้อยังไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาวะได้ จึงไม่สามารถผลิตกรดออกมาได้ เมื่อเข้าสู่รอบการผลิตที่ 3 – 5 เชื้อเริ่มปรับตัวให้เข้ากับสภาวะและเริ่มผลิตกรดออกมาได้ในปริมาณเฉลี่ย 52 กรัม/ลิตร เมื่อเข้าสู่รอบการผลิตที่ 6 – 7 เชื้อเริ่มผลิตกรดได้ลดลงเมื่อเทียบกับรอบการผลิตที่ 5 ซึ่งเป็นช่วงที่มีจำนวนเซลล์ตายมากกว่าเซลล์เป็น และเชื้อจะเริ่มปรับตัวได้อีกครั้งเมื่อเข้าสู่รอบการผลิตที่ 8 – 9 ทำให้มีการผลิตกรดออกมาได้ในปริมาณไม่สูงมากนัก โดยสิ้นสุดการหมักที่รอบการผลิตที่ 9 ผลิตกรดได้ที่ 51 กรัม/ลิตร

4.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัตราการสร้างกรดต่อวันของเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* ในการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวไร้ ไวน์ข้าวกลี้งงอก ไวน์ใหม่ข้าวโพดม่วง ไวน์ม้งคุด และไวน์มะม่วง

จากการทดลองศึกษาการปรับสภาพของหัวเชื้อในการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวไร้ ไวน์ข้าวกลี้งงอก ไวน์ใหม่ข้าวโพดม่วง ไวน์ม้งคุด และไวน์มะม่วง ในการหมักทั้งหมด 9 รอบการผลิต โดยแต่ละรอบของการผลิตจะใช้ระยะเวลาการหมักที่แตกต่างกัน และมีการเก็บตัวอย่างที่ชั่วโมงที่ 48 60 และ 72 ชั่วโมง ซึ่งจะสังเกตปริมาณของแอลกอฮอล์ที่ต่ำกว่า 0.5% คือปริมาณสิ้นสุดของการหมักใน 1 รอบการผลิต และจะเริ่มทำการเปลี่ยนรอบการผลิตของการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ต่างชนิดกัน ดังนั้นในแต่ละรอบการผลิตจะมีปริมาณการผลิตกรดที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราเฉลี่ยการสร้างกรดของน้ำส้มสายชูจากไวน์ต่างชนิดกัน

| Wine | Acetification period (day) | Final acid produce (g/L) | Acetification rate (g/L) |
|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. ไวน์ข้าวไร้ | 24.9 | 55.0 ± 1.94 | 2.26 ± 1.23 |
| 2. ไวน์ข้าวกลี้งงอก | 27.4 | 49.0 ± 2.24 | 1.75 ± 0.95 |
| 3. ไวน์มะม่วง | 28.4 | 45.0 ± 2.15 | 1.59 ± 0.93 |
| 4. ไวน์ใหม่ข้าวโพดม่วง | 29.2 | 42.0 ± 2.66 | 1.49 ± 1.02 |
| 5. ไวน์ม้งคุด | 28.4 | 34.0 ± 2.33 | 1.22 ± 0.94 |

จากตารางที่ 4.1 แสดงอัตราเฉลี่ยการสร้างกรดของเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* ในการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ต่างชนิดกัน โดยน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวไร้ สามารถผลิตกรดอะซิติกออกมาได้สูงที่สุดเฉลี่ยทั้ง 9 รอบการผลิตได้ที่ 55.0 ± 1.94 กรัม/ลิตร มีอัตราการผลิตกรดเฉลี่ยอยู่ที่ 2.26 ± 1.23 กรัม/ลิตร ใช้ระยะเวลาในการหมักโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 24.9 วัน น้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวกลี้งงอก สามารถผลิตกรดอะซิติกออกมาเฉลี่ยที่ 49.0 ± 2.24 กรัม/ลิตร มีอัตราการผลิตกรดเฉลี่ยอยู่ที่ 1.75 ± 0.95 กรัม/ลิตร ระยะเวลาในการหมักเฉลี่ย 27.4 วัน น้ำส้มสายชูจากไวน์มะม่วงสามารถผลิตกรดอะซิติกออกมาเฉลี่ยที่ 45.0 ± 2.15 กรัม/ลิตร มีอัตราการ

ผลิตรวดเฉลี่ยอยู่ที่ 1.59 ± 0.93 กรัม/ลิตร ระยะเวลาในการหมักเฉลี่ย 28.4 วัน น้ำส้มสายชูจากไวน์ใหม่ข้าวโพดม่วง สามารถผลิตรวดอะซิติกออกมาเฉลี่ยที่ 42.0 ± 2.66 กรัม/ลิตร มีอัตราการผลิตรวดเฉลี่ยอยู่ที่ 1.49 ± 1.02 กรัม/ลิตร ระยะเวลาในการหมักเฉลี่ย 29.2 วัน และน้ำส้มสายชูจากไวน์มั่งคุด สามารถผลิตรวดอะซิติกได้น้อยที่สุดเฉลี่ยที่ 34.0 ± 2.33 กรัม/ลิตร มีอัตราการผลิตรวดเฉลี่ยอยู่ที่ 1.22 ± 0.94 กรัม/ลิตร ระยะเวลาในการหมักเฉลี่ย 28.4 วัน

4.3 วิจารณ์ผลการทดลอง

เนื่องจากการทดลองเรื่องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการปรับสภาพหัวเชื้อน้ำส้มสายชูหมักนี้ จำเป็นต้องมีการให้อากาศในระหว่างการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์แต่ละชนิด เพื่อประสิทธิภาพในการทำปฏิกิริยาระหว่างหัวเชื้อที่ใช้กับน้ำไวน์แต่ละชนิดจนเป็นน้ำส้มสายชู โดยจะสังเกตเห็นได้ว่าการควบคุมอัตราการให้อากาศของการหมักน้ำส้มสายชูทั้ง 5 ชนิดนั้น มีอัตราการให้อากาศในปริมาณที่ไม่เท่ากัน เนื่องจากปริมาณที่ให้อากาศในการหมักครั้งนี้มีหลายตัวและแต่ละตัวมีแรงดันในการให้อากาศไม่เท่ากัน จึงส่งผลให้ระยะเวลาในการหมักน้ำส้มสายชูแต่ละชนิดไม่เท่ากัน ผลที่ได้จากการหมักมีค่าแตกต่างกันและไม่ค่อยเสถียรนัก หากการทดลองนี้สามารถให้อากาศจากปริมาณหนึ่งตัวได้พร้อมกันสำหรับการหมักไวน์ทั้ง 5 ชนิดให้เป็นน้ำส้มสายชูและสามารถปรับการควบคุมอัตราการให้อากาศได้อย่างคงที่เท่ากัน จะทำให้ประสิทธิภาพของการหมักน้ำส้มสายชูแต่ละชนิดมีความเสถียรและถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการเปรียบเทียบการปรับสภาพหัวเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* ในการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ทั้งหมด 5 ชนิด ที่ความเข้มข้นรวม (Total concentration; TC) เท่ากับ 8% และควบคุมที่อุณหภูมิห้อง (30 °C) ในสถานะการปรับสภาพหัวเชื้อแบบกึ่งต่อเนื่องในขวดคูเลนขนาด 2 ลิตร ปริมาณน้ำหมัก 1 ลิตร โดยทำการทดลองทั้งหมด 9 รอบการผลิต พบว่าในแต่ละรอบการผลิตของการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวไร้ หัวเชื้อจะมีการปรับสภาพได้ดีและสามารถผลิตกรดได้ในปริมาณมากที่สุดจากไวน์ทั้งหมด 5 ชนิด และจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัตราการสร้างกรดต่อวันของเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* ในการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ 5 ชนิด จะเห็นได้ว่าน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวไร้ ใช้ระยะเวลาในการหมักโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 24.9 วัน และสามารถผลิตกรดอะซิติกออกมาได้สูงที่สุดเฉลี่ยที่ 55.0 ± 1.94 กรัม/ลิตร มีอัตราการผลิตกรดเฉลี่ยอยู่ที่ 2.26 ± 1.23 กรัม/ลิตร น้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวกล้องงอก ใช้ระยะเวลาในการหมักเฉลี่ย 27.4 วัน สามารถผลิตกรดอะซิติกออกมาเฉลี่ยได้ที่ 49.0 ± 2.24 กรัม/ลิตร มีอัตราการผลิตกรดเฉลี่ยอยู่ที่ 1.75 ± 0.95 กรัม/ลิตร น้ำส้มสายชูจากไวน์มะม่วง ใช้ระยะเวลาในการหมักเฉลี่ย 28.4 วัน สามารถผลิตกรดอะซิติกออกมาเฉลี่ยได้ที่ 45.0 ± 2.15 กรัม/ลิตร มีอัตราการผลิตกรดเฉลี่ยอยู่ที่ 1.59 ± 0.93 กรัม/ลิตร น้ำส้มสายชูจากไวน์ใหม่ข้าวโพดม่วง ใช้ระยะเวลาในการหมักมากที่สุดเฉลี่ย 29.2 วัน สามารถผลิตกรดอะซิติกออกมาเฉลี่ยได้ที่ 42.0 ± 2.66 กรัม/ลิตร มีอัตราการผลิตกรดเฉลี่ยอยู่ที่ 1.49 ± 1.02 กรัม/ลิตร สุดท้ายน้ำส้มสายชูจากไวน์ม้งคุด ใช้ระยะเวลาในการหมักเฉลี่ย 28.4 วัน สามารถผลิตกรดอะซิติกออกมาได้ต่ำที่สุดเฉลี่ยที่ 34.0 ± 2.33 กรัม/ลิตร และมีอัตราการผลิตกรดเฉลี่ยอยู่ที่ 1.22 ± 0.94 กรัม/ลิตร

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่าควรควบคุมอัตราการให้อากาศของน้ำส้มสายชูจากไวน์แต่ละชนิดให้เท่ากัน เพื่อให้ประสิทธิภาพของการหมักและอัตราการระเหยออกของแอลกอฮอล์มีความเสถียร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการเกษตร. 2003. น้ำส้มสายชูมั่งคุด. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2563. จาก:
<http://www.arda.or.th/kasetinfo/south/mangosteen/used/index.php>
- บริษัท ซีคไลน์ จำกัด. ม.ป.ป. ข้าวโพด ความมหัศจรรย์แห่ง "สีม่วง". [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 เมษายน 2563. จาก: <http://www.seedline.co.th/index.php/th/knowledge/29-corn-anti-cancer.html>
- ปรีชา มุณีศรี. ปีที่ 2538. น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์เปรี้ยว(vinegar). วารสารศูนย์บางพระ. ฉบับที่ 1 : 42-46
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานพนธ์. ม.ป.ป. Acetobacter / แอซิโตแบคเตอร์ [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 เมษายน 2563. จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1129/acetobacter-แอซิโตแบคเตอร์/>
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานพนธ์. ม.ป.ป. Vinegar / น้ำส้มสายชู [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 เมษายน 2563. จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1183/vinegar-น้ำส้มสายชู/>
- วราวุฒิ ครุสง และ รุ่งนภา พงสวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. โอ.เอส.พรีนติ้งเฮาส์, กรุงเทพฯ.
- ศุทธิพร บุญบงการ. 2017. ข้าว. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2563. จาก:
<https://www.chaipat.or.th/publication/publish-document/tips/40-3.html>
- สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. 2008. น้ำส้มสายชูจากมะม่วงสุก. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2563. จาก: <https://www.moe.go.th/น้ำส้มสายชูจากมะม่วงสุกเพิ่มรสและกลิ่นผลไม้ให้อาหาร/>
- สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. 2017. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2563. จาก:
www.ricethailand.go.th/Rkb/product/index.php-file=content.php&id=10.htm
- สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. 2019. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2563. จาก: <https://www.xongdur.com/รายละเอียด/ประโยชน์ของข้าวกล้องงอกคืออะไร/>
- Changa, J. and Fang, T.J. 2007. Survival of Escherichia coli O157:H7 and Salmonella enterica serovars Typhimurium in iceberg lettuce and the antimicrobial effect of rice vinegar against E. coli O157:H7. Food Microbiology, Vol.24: 745–751.
- Chavit chavanratt. 2017. ประโยชน์ของข้าวโพดสีม่วง. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 เมษายน 2563. จาก:
<https://www.winnews.tv/news/15624>

- Choi, J. Y., Shinde1, P. L., Kwon, I. K., Song, Y. H. and Chae, B. J. 2009. Effect of wood vinegar on the performance, nutrient digestibility and intestinal microflora in weanling pigs. *The Asian-Austrian Journal of Animal Science*, Vol.22(2): 267-274.
- FDA: Sec. 525.825 Vinegar, Definitions - Adulteration with Vinegar Eels (CPG 7109.22). ม.ป.ป. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 เมษายน 2563. จาก:
<http://www.fda.gov/ICECI/ComplianceManuals/CompliancePolicyGuidanceManual/ucm074471.htm>
- Fineartamerica. ม.ป.ป. ภาพที่ 2.2 *Acetobacter spp.* [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2563. จาก:
<https://fineartamerica.com/featured/1-acetobacter-aceti-bacteria-scimat.html?product=art-print>
- Greenclinic. 2020. ไหมข้าวโพลด์, Corn Silk. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 เมษายน 2563. จาก:
https://www.greenclinic.in.th/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=593&category_id=23&vmcchk=1&option=com_virtuemart&Itemid=17
- Krusong, W and Tantratian, S.2014. Acetification of rice wine by *Acetobacter aceti* using loofa sponge in a low-cost reciprocating shaker. *Journal of Applied Microbiology* 117: 1348-1357.
- MedThai. 2013. มะม่วง สรรพคุณและประโยชน์ของมะม่วง. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2563. จาก: <https://medthai.com/มะม่วง/>
- MedThai. 2013. มังคุด สรรพคุณและประโยชน์ของมังคุด. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2563. จาก: <https://medthai.com/มังคุด/>
- Merriam Webster. ม.ป.ป. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 เมษายน 2563. จาก: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/vinegar>
- Pickledplum. ม.ป.ป. ภาพที่ 2.1 น้ำส้มสายชูหมัก. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2563. จาก:
<https://pickledplum.com/shop/rice-vinegar/>
- Pobpad. 2016. น้ำส้มสายชู เครื่องปรุงคู่ครัวกับประโยชน์ต่อสุขภาพ. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 เมษายน 2563. จาก: <https://www.pobpad.com/น้ำส้มสายชูเครื่องปรุงคู่ครัวกับประโยชน์ต่อสุขภาพ/>
- River Spirits. 2019. Wine from Thai rice. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 เมษายน 2563. จาก:
<https://www.facebook.com/RiverSpiritsThailand/posts/2395497193838458/>
- Rutala, W.A., Barbee, S.L., Aguiar, N.C, Sobsey, M.D. and Weber, D.J. 2000. Antimicrobial activity of home disinfectants and natural products against potential human pathogens. *The University of Chicago Press on behalf of The Society for Healthcare Epidemiology of America*, Vol.21(1): 33-38.

Saika Health. 2018. Rice Vinegar. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 เมษายน 2563. จาก:

<https://www.saikahealth.com/cn/ricevinegar>

Samuel, A.J.S.J., Kalusalingam, A., Chellappan, D.K., Gopinath, R., Radhamani, S., Husain, H. A.,

Muruganandham, V., Promwichit, P. 2010. Ethnomedical survey of plants used by the orang asli in kampong bawong, Perak, West Malaysia. Joutnal of Ethnobiology and Ethnomedicine. 6:5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

ก.1 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณกรด (AOAC,2000)

1.1 วิธีเตรียมรีเอเจนต์

1.1.1 นำปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ เตรียมโดยน้ำกลั่นต้ม 20 นาที ปิดฝาเพื่อป้องกันไม่ให้ CO₂ ละลายลงในน้ำกลั่น จากนั้นจึงทิ้งให้เย็น

1.1.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1 N เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 40 กรัม ลงในบีกเกอร์ ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นต้ม

1.2 วิธีเตรียมฟีนอล์ฟทาเลอิน (Phenolphthalein) ฟีนอล์ฟทาเลอิน (Phenolphthalein) 1% เตรียมโดยชั่งฟีนอล์ฟทาเลอิน (Phenolphthalein) 1 กรัม ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วย 95% แอลกอฮอล์

1.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1.3.1 ตวงน้ำกลั่นที่ต้มแล้ว 50 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 200 มิลลิลิตร เติม 1% ฟีนอล์ฟทาเลอิน 2-3 หยด

1.3.2 ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน 1 N NaOH จนได้สีชมพูจางๆ หรือฟิเอชเท่ากับ 8.2 ปริมาตรที่ไทเทรตเป็นค่า blank และใช้เป็นสารละลายเทียบมาตรฐาน

1.3.3 ปิเปตตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่นที่ต้มแล้ว 200 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปกรวยขนาด 500 มิลลิลิตร เติม 1% ฟีนอล์ฟทาเลอิน 1 มิลลิลิตร

1.3.4 ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน 1 N NaOH เทียบสีจุดยุติให้ได้สีเดียวกับสารละลายมาตรฐาน

1.3.5 ทำการไทเทรตตัวอย่างอย่างน้อย 3 ซ้ำ

1.3.6 คำนวณความเป็นกรดตามสูตร

$$\text{ค่าความเป็นกรด} = \frac{(V)(N)(Eq.Wt)(100)}{(1000)(V)}$$

V = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน NaOH

N = นอร์มัลลิตีที่แท้จริงของสารละลายมาตรฐาน NaOH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้

Eq.Wt. = น้ำหนักสมมูลของกรดทาร์ทาริก (tartaric) = 75, มาลิก (malic) = 67,

ซิตริก (citric) = 64, แลคติก (lactic) = 90, ซัลฟูริก (sulfuric) = 49, อะซิติก

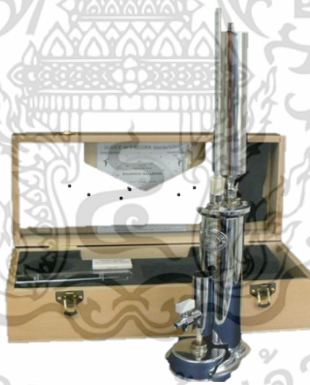
(acetic) = 60

1.3.7 บันทึกค่าที่คำนวณได้

ก.2 การวิเคราะห์หาปริมาณของแอลกอฮอล์โดยวิธี **Ebulliometric analysis**

2.1 หลักการ

ในการหาปริมาณแอลกอฮอล์โดยวิธี ต้องอาศัยหลักการวัดจุดเดือด (boiling point) ของสารตัวอย่างที่ลดลงเมื่อเทียบกับจุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์ โดยปริมาณของแอลกอฮอล์ในสารตัวอย่างเพิ่มขึ้น จะทำให้จุดเดือดของสารตัวอย่างลดลงจากจุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์ที่มากขึ้น เครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณแอลกอฮอล์จะอาศัยหลักการที่เรียกว่า อีบูลลิโอมิเตอร์ ซึ่งเครื่องมือนี้ จะนิยมนำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมในการผลิตไวน์ ไวน์ผลไม้ สุรากลั่น และอุตสาหกรรมผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์อื่น ๆ เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ใช้งานง่ายให้ความสะดวกและรวดเร็วในการวิเคราะห์



ภาพที่ ก-1 อีบูลลิโอมิเตอร์

2.2 วัสดุอุปกรณ์

2.2.1 ชุดเครื่องอีบูลลิโอมิเตอร์

2.2.2 กระจกบอกลวด ขนาด 50 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สารเคมี

2.3.1 น้ำกลั่นบริสุทธิ์ (Double distilled water)

2.3.2 น้ำเย็น หรือน้ำแข็ง

2.3.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร)

2.4 วิธีการ

2.4.1 หาจุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์

2.4.2 ตวงน้ำบริสุทธิ์ 30 มิลลิลิตร หรือใช้หลอดที่ติดมากับเครื่องมือ โดยตวงให้

ถึง “EAU” ใต้ลงใน Boiling chamber (A)

2.4.3 ใส่เทอร์โมมิเตอร์ (C) ให้ปลายอยู่เหนือน้ำใน Boiling chamber

2.4.4 ต้มด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์จนเดือด (B) เมื่อถึงจุดเดือดอุณหภูมิจะนิ่งและคงที่ อ่านค่าอุณหภูมิของจุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์จากเทอร์โมมิเตอร์

2.4.5 นำค่าจุดเดือดของน้ำที่อ่านได้ไปตั้งในแผ่นอ่านค่าเปอร์เซ็นต์

แอลกอฮอล์ (Dosage de l' Alcool dans les Vins) โดยตั้งค่าจุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์ที่อ่านได้ (ดูสเกลด้านใน) ให้ตรงกับ 0.0 % แอลกอฮอล์ (ดูสเกลด้านนอก) หรือตำแหน่งที่มีเครื่องหมาย



ภาพที่ ก-2 แผ่นอ่านเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์

2.4.6 หาจุดเดือดของสารตัวอย่าง

2.4.7 ตวงสารตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร หรือใช้หลอดที่มากับเครื่องมือตวงให้ถึงขีด

“VIN” ใต้ลงใน Boiling chamber

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.8 เติมน้ำเย็น หรือน้ำแข็งลงไปในส่วนควบแน่น (D)

2.4.9 ใส่เทอร์โมมิเตอร์ให้ปลายอยู่เหนือน้ำใน Boiling chamber

2.4.10 ต้มด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์จนกระทั่งเดือด เมื่อถึงจุดเดือดอุณหภูมิจะคงที่ประมาณ 15-30 วินาที อ่านจุดเดือดของสารตัวอย่าง

2.4.11 อ่านเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ของสารตัวอย่าง (คูที่สเกลด้านนอก) ที่อยู่ตรงกับจุดเดือดของสารตัวอย่าง (คูที่สเกลด้านใน) จากแผ่นอ่านเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

อาหารเลี้ยงเชื้อ

ข.1 สารอาหาร

ประกอบด้วย

1.1 0.1% glucose

1.2 0.05% Yeast Extract

1.3 0.05% DAP

1.4 0.02% $MgSO_4$

1.5 0.15% $CaCl_2$

ตึ่งน้ำหมักออกมาบางส่วนเพื่อนำมาละลายสารอาหารทั้งหมด เมื่อสารอาหารละลายเข้ากับน้ำหมักแล้วจึงเติมลงไปนในขวดคุณแลน



ภาคผนวก ค

ข้อมูลการทดลอง

ตารางแสดงความสัมพันธ์ของค่ากรด แอลกอฮอล์ ของน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวไร้ที่หมักด้วยเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* ที่ความเข้มข้นทั้งหมด 8% (กรด 4.5%, แอลกอฮอล์ 3.5%) ในสภาวะการปรับสภาพ หัวเชื้อแบบกึ่งต่อเนื่องที่อุณหภูมิห้อง (30°C)

ตารางที่ ค-1 แสดงการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวไร้

| Acitification period (Day) | Acidity % | Ethanol % |
|-------------------------------|--------------|--------------|
| Start up | | |
| 0 | 4.5 | 3.5 |
| 2 | 4.6 | 1.0 |
| 2.5 | 4.7 | 0.4 |
| Cycle1 | | |
| 2.6 | 4.5 | 3.5 |
| 4.6 | 4.7 | 1.9 |
| 5.1 | 4.8 | 0.8 |
| 5.6 | 4.9 | 0.2 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cycle2

| | | |
|-----|-----|-----|
| 5.7 | 4.5 | 3.5 |
| 7.7 | 4.8 | 1.4 |
| 8.2 | 4.8 | 0.8 |
| 8.7 | 4.9 | 0.4 |

Cycle3

| | | |
|------|-----|-----|
| 8.8 | 4.5 | 3.5 |
| 10.8 | 5.0 | 0.9 |
| 11.3 | 5.3 | 0.3 |
| 11.4 | 4.5 | 3.5 |
| 13.4 | 5.0 | 1.6 |
| 13.9 | 5.2 | 0.8 |
| 14.4 | 5.4 | 0.2 |

Cycle5

| | | |
|------|-----|-----|
| 14.5 | 4.5 | 3.5 |
| 16.5 | 4.9 | 0.7 |
| 17.0 | 5.4 | 0.5 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cycle6

| | | |
|------|-----|-----|
| 17.1 | 4.5 | 3.5 |
| 19.1 | 4.8 | 1.1 |
| 19.6 | 5.5 | 0.5 |

Cycle7

| | | |
|------|-----|-----|
| 19.7 | 4.5 | 3.5 |
| 21.7 | 4.7 | 1.7 |
| 22.5 | 4.8 | 0.9 |
| 23.0 | 4.8 | 0.5 |

Cycle8

| | | |
|------|-----|-----|
| 23.1 | 4.5 | 3.5 |
| 25.1 | 4.8 | 1.8 |
| 25.6 | 5.0 | 0.9 |
| 26.1 | 5.2 | 0.5 |

Cycle9

| | | |
|------|-----|-----|
| 26.2 | 4.5 | 3.5 |
| 28.2 | 4.9 | 1.3 |
| 28.7 | 5.2 | 0.8 |
| 29.2 | 5.4 | 0.3 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงความสัมพันธ์ของค่ากรด แอลกอฮอล์ ของน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวกล้องงอกที่หมักด้วยเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* ที่ความเข้มข้นทั้งหมด 8% (กรด 4.5%, แอลกอฮอล์ 3.5%) ในสภาวะการปรับสภาพ หัวเชื้อแบบกึ่งต่อเนื่องที่อุณหภูมิห้อง (30°C)

ตารางที่ ค-2 แสดงการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าวกล้องงอก

| Acitification period (Day) | Acidity % | Ethanol % |
|-------------------------------|--------------|--------------|
| Start-up | | |
| 0.0 | 4.5 | 3.5 |
| 2.0 | 4.5 | 0.8 |
| 3.0 | 4.6 | 0.3 |
| Cycle1 | | |
| 3.1 | 4.5 | 3.5 |
| 5.1 | 4.5 | 1.3 |
| 5.6 | 4.6 | 0.5 |
| Cycle2 | | |
| 5.7 | 4.5 | 3.5 |
| 7.7 | 4.7 | 1.0 |
| 8.2 | 4.8 | 0.7 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|--------|-----|-----|
| 8.7 | 4.8 | 0.3 |
| Cycle3 | | |
| 8.8 | 4.5 | 3.5 |
| 10.8 | 4.8 | 1.4 |
| 11.3 | 4.9 | 0.4 |
| Cycle4 | | |
| 11.4 | 4.5 | 3.5 |
| 13.4 | 4.8 | 2.1 |
| 13.9 | 4.8 | 1.3 |
| 14.4 | 5.0 | 0.5 |
| Cycle5 | | |
| 14.5 | 4.5 | 3.5 |
| 16.5 | 5.0 | 1.3 |
| 17.0 | 5.3 | 0.5 |
| Cycle6 | | |
| 17.1 | 4.5 | 3.5 |
| 19.1 | 4.8 | 0.9 |
| 19.6 | 5.1 | 0.4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cycle7

| | | |
|------|-----|-----|
| 19.7 | 4.5 | 3.5 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 21.7 | 4.7 | 1.8 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 22.2 | 4.7 | 0.9 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 22.7 | 4.9 | 0.5 |
|------|-----|-----|

Cycle8

| | | |
|------|-----|-----|
| 22.8 | 4.5 | 3.5 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 24.8 | 4.9 | 1.3 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 25.3 | 5.1 | 0.5 |
|------|-----|-----|

Cycle9

| | | |
|------|-----|-----|
| 25.4 | 4.5 | 3.5 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 27.4 | 5.0 | 1.1 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 27.9 | 5.1 | 0.7 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 28.4 | 5.2 | 0.3 |
|------|-----|-----|

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงความสัมพันธ์ของค่ากรด แอลกอฮอล์ ของน้ำส้มสายชูจากไวน์มะม่วงที่หมักด้วยเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* ที่ความเข้มข้นทั้งหมด 8% (กรด 4.5%, แอลกอฮอล์ 3.5%) ในสภาวะการปรับสภาพ หัวเชื้อแบบกึ่งต่อเนื่องที่อุณหภูมิห้อง (30°C)

ตารางที่ ค-3 แสดงการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์มะม่วง

| Acitification period | Acidity | Ethanol |
|----------------------|---------|---------|
| (Day) | % | % |
| Start-up | | |
| 0.0 | 4.5 | 3.5 |
| 2.0 | 4.5 | 0.8 |
| 3.0 | 4.6 | 0.3 |
| Cycle1 | | |
| 3.1 | 4.5 | 3.5 |
| 5.1 | 4.5 | 1.3 |
| 5.6 | 4.6 | 0.5 |
| Cycle2 | | |
| 5.7 | 4.5 | 3.5 |
| 7.7 | 4.7 | 1.0 |
| 8.2 | 4.8 | 0.7 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|--------|-----|-----|
| 8.7 | 4.8 | 0.3 |
| Cycle3 | | |
| 8.8 | 4.5 | 3.5 |
| 10.8 | 4.8 | 1.4 |
| 11.3 | 4.9 | 0.4 |
| Cycle4 | | |
| 11.4 | 4.5 | 3.5 |
| 13.4 | 4.8 | 2.1 |
| 13.9 | 4.8 | 1.3 |
| 14.4 | 5.0 | 0.5 |
| Cycle5 | | |
| 14.5 | 4.5 | 3.5 |
| 16.5 | 5.0 | 1.3 |
| 17.0 | 5.3 | 0.5 |
| Cycle6 | | |
| 17.1 | 4.5 | 3.5 |
| 19.1 | 4.8 | 0.9 |
| 19.6 | 5.1 | 0.4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cycle7

| | | |
|------|-----|-----|
| 19.7 | 4.5 | 3.5 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 21.7 | 4.7 | 1.8 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 22.2 | 4.7 | 0.9 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 22.7 | 4.9 | 0.5 |
|------|-----|-----|

Cycle8

| | | |
|------|-----|-----|
| 22.8 | 4.5 | 3.5 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 24.8 | 4.9 | 1.3 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 25.3 | 5.1 | 0.5 |
|------|-----|-----|

Cycle9

| | | |
|------|-----|-----|
| 25.4 | 4.5 | 3.5 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 27.4 | 5.0 | 1.1 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 27.9 | 5.1 | 0.7 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 28.4 | 5.2 | 0.3 |
|------|-----|-----|

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงความสัมพันธ์ของค่ากรด แอลกอฮอล์ ของน้ำส้มสายชูจากไวน์ใหม่ข้าวโพดม่วงที่หมักด้วยเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* ที่ความเข้มข้นทั้งหมด 8% (กรด 4.5%, แอลกอฮอล์ 3.5%) ในสภาวะการปรับสภาพหัวเชื้อแบบกึ่งต่อเนื่องที่อุณหภูมิห้อง (30°C)

ตารางที่ ค-4 แสดงการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ใหม่ข้าวโพดม่วง

| Acitification period (Day) | Acidity % | Ethanol % |
|-------------------------------|--------------|--------------|
| Start-up | | |
| 0.0 | 4.5 | 3.5 |
| 2.0 | 4.5 | 0.9 |
| 2.5 | 4.5 | 0.5 |
| Cycle1 | | |
| 2.6 | 4.5 | 3.5 |
| 4.6 | 4.6 | 1.3 |
| 5.1 | 4.6 | 0.6 |
| 5.6 | 4.6 | 0.2 |
| Cycle2 | | |
| 5.7 | 4.5 | 3.5 |
| 7.7 | 4.6 | 1.3 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|--------|------|-----|-----|
| | 8.2 | 4.6 | 0.8 |
| | 8.7 | 4.7 | 0.5 |
| Cycle3 | | | |
| | 8.8 | 4.5 | 3.5 |
| | 10.8 | 4.8 | 0.9 |
| | 11.3 | 4.8 | 0.5 |
| Cycle4 | | | |
| | 11.4 | 4.5 | 3.5 |
| | 13.4 | 5.0 | 1.2 |
| | 13.9 | 5.2 | 0.6 |
| | 14.4 | 4.9 | 0.2 |
| Cycle5 | | | |
| | 14.5 | 4.5 | 3.5 |
| | 16.5 | 5.2 | 0.7 |
| | 17.0 | 5.3 | 0.3 |
| Cycle6 | | | |
| | 17.1 | 4.5 | 3.5 |
| | 19.1 | 5.0 | 1.1 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|--------|------|-----|-----|
| | 19.6 | 5.1 | 0.5 |
| Cycle7 | | | |
| | 19.7 | 4.5 | 3.5 |
| | 21.7 | 4.8 | 1.7 |
| | 22.5 | 5.0 | 0.9 |
| | 23.0 | 5.0 | 0.5 |
| Cycle8 | | | |
| | 23.1 | 4.5 | 3.5 |
| | 25.1 | 4.9 | 1.6 |
| | 25.6 | 5.1 | 0.7 |
| | 26.1 | 5.1 | 0.5 |
| Cycle9 | | | |
| | 26.2 | 4.5 | 3.5 |
| | 28.2 | 5.0 | 1.1 |
| | 28.7 | 5.2 | 0.6 |
| | 29.2 | 5.2 | 0.2 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงความสัมพันธ์ของค่ากรด แอลกอฮอล์ ของน้ำส้มสายชูจากไวน์มั่งคุดที่หมักด้วยเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* ที่ความเข้มข้นทั้งหมด 8% (กรด 4.5%, แอลกอฮอล์ 3.5%) ในสภาวะการปรับสภาพ หัวเชื้อแบบกึ่งต่อเนื่องที่อุณหภูมิห้อง (30°C)

ตารางที่ ค-5 แสดงการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์มั่งคุด

| Acitification period (Day) | Acidity % | Ethanol % |
|-------------------------------|--------------|--------------|
| Start-up | | |
| 0.0 | 4.5 | 3.5 |
| 2.0 | 4.5 | 0.7 |
| 3.0 | 4.5 | 0.3 |
| Cycle1 | | |
| 3.1 | 4.5 | 3.5 |
| 5.1 | 4.5 | 1.4 |
| 5.6 | 4.5 | 0.5 |
| Cycle2 | | |
| 5.7 | 4.5 | 3.5 |
| 7.7 | 4.6 | 1.2 |
| 8.2 | 4.6 | 0.8 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|--------|-----|-----|
| 8.7 | 4.6 | 0.2 |
| Cycle3 | | |
| 8.8 | 4.5 | 3.5 |
| 10.8 | 4.7 | 0.8 |
| 11.3 | 4.7 | 0.4 |
| Cycle4 | | |
| 11.4 | 4.5 | 3.5 |
| 13.4 | 4.8 | 1.2 |
| 13.9 | 5.0 | 0.8 |
| 14.4 | 5.0 | 0.3 |
| Cycle5 | | |
| 14.5 | 4.5 | 3.5 |
| 16.5 | 5.1 | 0.9 |
| 17.0 | 5.2 | 0.5 |
| Cycle6 | | |
| 17.1 | 4.5 | 3.5 |
| 19.1 | 5.0 | 1.8 |
| 19.6 | 4.9 | 0.4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cycle7

| | | |
|------|-----|-----|
| 19.7 | 4.5 | 3.5 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 21.7 | 5.1 | 1.5 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 22.2 | 4.9 | 0.7 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 22.7 | 4.9 | 0.4 |
|------|-----|-----|

Cycle8

| | | |
|------|-----|-----|
| 22.8 | 4.5 | 3.5 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 24.8 | 4.8 | 1.2 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 25.3 | 5.0 | 0.5 |
|------|-----|-----|

Cycle9

| | | |
|------|-----|-----|
| 25.4 | 4.5 | 3.5 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 27.4 | 4.9 | 1.4 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 27.9 | 5.2 | 0.9 |
|------|-----|-----|

| | | |
|------|-----|-----|
| 28.4 | 5.1 | 0.5 |
|------|-----|-----|

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวจุฬารักษ์ ดีสม
 วัน เดือน ปี เกิด 27 ธันวาคม 2540
 ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาจากโรงเรียนพระแม่มารีสาธุประดิษฐ์
 ปัจจุบันศึกษาอยู่ คณะอุตสาหกรรมเกษตร
 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ประสบการณ์การทำงาน บริษัท เบียร์ไทย (1991) จำกัด (มหาชน)
 และผลงานวิจัย การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการปรับสภาพหัวเชื้อน้ำส้มสายชูหมัก

ชื่อ-นามสกุล นางสาวฉันทพร มะรินทร์
 วัน เดือน ปี เกิด 13 กรกฎาคม 2541
 ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า
 ปัจจุบันศึกษาอยู่ คณะอุตสาหกรรมเกษตร
 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ประสบการณ์การทำงาน บริษัท เบียร์ไทย (1991) จำกัด (มหาชน)
 และผลงานวิจัย การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการปรับสภาพหัวเชื้อน้ำส้มสายชูหมัก

ชื่อ-นามสกุล นางสาวพิศุทธิกานต์ หารี
 วัน เดือน ปี เกิด 8 พฤษภาคม 2540
 ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาจากโรงเรียนชุมแพศึกษา
 ปัจจุบันศึกษาอยู่ คณะอุตสาหกรรมเกษตร
 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ประสบการณ์การทำงาน บริษัท เฟื่องฟูอนันต์ จำกัด
 และผลงานวิจัย การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการปรับสภาพหัวเชื้อน้ำส้มสายชูหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้