สมบัติทางเคมีและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วย

CHEMICAL PROPERTIES AND SENSORY EVALUATION OF FERMENTED VINEGAR FROM BANANA

นางสาวชลธิชา ศรีภิรมย์ รหัสนักศึกษา 60552002

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาพื้นฐานทั่วไป
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT © 2020 BIOTECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับที่.....
งานทะเบียนประมวลผล
ฉบับที่.....

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

หัวข้อโครงงานพิเศษ	สมบัติทางเคมีและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วย
Project Title	Chemical Properties and Sensory Evaluation of Fermented Vinegar from Banana
ชื่อนักศึกษา	นางสาวชลธิชา ศรีภิรมย์
รหัสนักศึกษา	60552002
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.พัชราภรณ์ นาคเทวัญ

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.พัชราภรณ์ นาคเทวัญ	
อ.ดร.วลัยพร มัฆพาน	
อ.ดร.กมลวรรณ ชูชีพ	
อ.ดร.สิริฉัตร ขาวอิ่น	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 30 มิถุนายน 2564

หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ รับรองแล้ว

(ผศ.ดร.พัชราภรณ์ นาคเทวัญ)
ประธานหลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	สมบัติทางเคมีและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วย		
นักศึกษา	นางสาวชลธิชา ศรีภิรมย์	**รหัสนักศึกษา**	60552002
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ		
ปีการศึกษา	2563		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.พัชราภรณ์ นาคเทวัญ		

บทคัดย่อ

น้ำส้มสายชูเป็นของเหลวที่เป็นกรดซึ่งเกิดจากการหมักเอทานอลโดยแบคทีเรียกรดอะซิติก เนื่องจากมีปริมาณกรดอะซิติกและค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำ น้ำส้มสายชูจึงถูกใช้เป็นสารกันเสียสำหรับใช้ในบ้านและในอุตสาหกรรมอาหาร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์กล้วยที่ผลิตจากกล้วย 3 สายพันธุ์ ได้แก่ กล้วยน้ำว้า กล้วยเล็บมือนาง และหอมทอง ในกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยประกอบด้วย 2 ขั้นตอน โดย ขั้นตอนแรกคือ การหมักน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์ และขั้นตอนที่สอง คือ การเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก ในการผลิตไวน์กล้วยได้มีการเตรียมพิวรีกล้วยโดยแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง โดยชุดแรก กล้วยทุกชนิดไม่ผ่านการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์ ส่วนชุดที่สองทำการย่อยแป้งในกล้วยทุกชนิดด้วยเอนไซม์อะไมเลส ร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร นำพิวรีกล้วยมาหมักด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5049 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน จากนั้นทำการวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์กล้วย ผลการทดลองพบว่าไวน์กล้วยทุกชุดการทดลองมีค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลง ในขณะที่ปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์กล้วยทุกชนิดเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดการหมักในชุดการทดลองแรกซึ่งแป้งกล้วยทุกชนิดไม่ถูกย่อยด้วยอะไมเลส พบว่าไวน์กล้วยหอมทองให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด (ร้อยละ 15.25) และไวน์กล้วยน้ำว้าจะให้ปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำสุด เท่ากับ ร้อยละ 12.10 ส่วนในชุดการทดลองที่สองซึ่งนำกล้วยมาย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส เมื่อสิ้นสุดการหมักพบว่าไวน์กล้วยเล็บมือนางจะให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 14.50 และไวน์กล้วยน้ำว้าจะให้ปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำสุด เท่ากับ ร้อยละ 10.90 ไวน์กล้วยทุกชุดการทดลองมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 4.9-10.1°Brix และมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 3.70-3.90 หลังสิ้นสุดการหมักไวน์ได้นำไวน์ทุกชุดการทดลองมาปรับปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นเป็นร้อยละ 10 โดยปริมาตร เพื่อจะหมักต่อด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter pasteurianus* TISTR 102 โดยใช้เชื้อเริ่มต้นในปริมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตร ทำการหมักที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้เขียน

อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน แล้วเก็บตัวอย่างทุกๆ 5 วัน เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักด้วยวิธี 9-point hedonic rating scale แต่เนื่องด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ทำให้ไม่สามารถเข้ามาปฏิบัติงานที่ห้องปฏิบัติการได้ ดังนั้นจึงไม่สามารถดำเนินการทดลองในส่วนกระบวนการหมักน้ำส้มสายชู ได้ดังแผนงานที่วางไว้

คำสำคัญ: กล้วย กรดอะซิติก น้ำส้มสายชูหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Chemical Properties and Sensory Evaluation of Fermented Vinegar from Banana	
Student	Miss Chonthicha Sripirom	**Code** 60552002
Degree	Bachelor of Science	
Major Program	Biotechnology	
Academic Year	2020	
Advisor	Asst.Prof.Dr. Patcharaporn Narkthewan	

ABSTRACT

Vinegar is an acidic liquid produced through the fermentation of ethanol by acetic acid bacteria. Because of acetic acid content and low pH, vinegar is used as a preservative for both domestic use and in the food industry. The objectives of this research were to study the chemical properties and sensory test of the vinegar from banana wine produced from 3 cultures of bananas, namely Kluai Nam Wa, Kluai Leb Mua Nang, and Kluai Hom Thong. The fermentation process of vinegar from bananas consists of 2 steps. The first step is the fermentation of sugar to alcohol and alcohol is then converted into acetic acid. Banana puree preparation was divided into two sets before wine fermentation. In the first set, all banana starches were not hydrolyzed by the enzyme. In the second one, all banana starches were hydrolyzed with 0.5% (v/v) heat-resistant amylase. The banana wine production was carried out at room temperature for 15 days using *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5049. Consequently, pH, total soluble solids, and alcohol content of banana wines were analyzed. The results showed that all the banana wines had pH values and total soluble solids decreased. However, the alcohol content of all banana wines increases until the end of the fermentation. In the first set, all banana starches were not treated with the enzyme. It was found that wine from Kluai Hom Thong showed the highest alcohol content (15.25%) and wine from Kluay Nam Wa showed the lowest alcohol content of 12.10%. The second one, all banana starches hydrolyzed with amylase, it was found that wine from Kluai Leb Mua Nang showed the highest alcohol content of 14.50% and wine from Kluay Nam Wa showed the lowest alcohol content of 10.90% after the end of fermentation. All the banana wines had total soluble solids in the range of 4.9-10.1˚Brix and pH in the range of 3.70-3.90. After the end of the wine fermentation process,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

the initial alcohol content of all wines was adjusted to be 10% vol/vol. *Acetobacter pasteurianus* TISTR 102 was used as the starter for the vinegar fermentation with a concentration of 10% volume/volume. The fermentation process was performed at room temperature for 15 days. The samples were taken every 5 days for analysis of pH, total soluble solids, alcohol content, total acid content, reducing sugar, total phenolic compounds, and sensory test of fermented vinegar using a 9-point hedonic rating scale. Due to the epidemic situation of the COVID-19, it is impossible to come to work at the laboratory. Therefore, the vinegar fermentation process can not be carried out as planned.

keywords: banana, acetic acid, vinegar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในสาขาเทคโนโลยีชีวภาพ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความกรุณาจาก ผศ.ดร. พัชราภรณ์ นาคเทวัญ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ที่สละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่สนับสนุนและให้กำลังใจ ขอขอบคุณเพื่อนๆ ในสาขาเทคโนโลยีชีวภาพที่ค่อยช่วยเหลือ รับฟังปัญหา และให้กำลังใจกันตลอดมา ขอขอบคุณพี่ดานักวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพ ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกต่างๆ ในระหว่างการทำโครงงาน จึงขอขอบพระคุณ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ชลธิชา ศรีภิรมย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
บทที่ 2 บทตรวจเอกสาร	3
2.1 กล้วย	3
2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกล้วย	3
2.2.2 การจำแนกชนิดของกล้วย	4
2.2.3 สายพันธุ์กล้วยที่พบเห็นได้บ่อยในเมืองไทย	4
2.2.4 คุณค่าอาหารของผลกล้วย	6
2.2.5 การแปรรูปกล้วย	8
2.2 กระบวนการหมัก (Fermentation Process)	10
2.2.1 ความหมายและความสำคัญ	10
2.2.2 ชนิดของการหมัก	10
2.3 น้ำส้มสายชู (Vinegar)	12
2.3.1 ประเภทของน้ำส้มสายชู	12
2.3.2 กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก	13
2.3.3 เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการหมักน้ำส้มสายชู	14
2.3.4 ประโยชน์ของน้ำส้มสายชู	14
2.3.5 มาตรฐานของน้ำส้มสายชู	15
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำส้มสายชู	16
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	20
3.1 วัตถุดิบ สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือ	20
3.1.1 วัตถุดิบ	20
3.1.2 สารเคมี	20
3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 วิธีการทดลอง 21
3.2.1 วิธีการผลิตไวน์กล้วย 21
3.2.2 วิธีการผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์กล้วย 23
3.2.3 การศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วย 24
3.2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส 25
บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผลการทดลอง 26
4.1 ผลการเปลี่ยนทางเคมีของไวน์กล้วย 26
4.2 ผลการเปลี่ยนทางเคมีของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วย 29
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 31
5.1 สรุปผลการทดลอง 31
5.2 ข้อเสนอแนะ 31
เอกสารอ้างอิง 32
ภาคผนวก 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมี แร่ธาตุ และปริมาณวิตามินของผลกล้วยพันธุ์ต่าง ๆ เป็นกรัมต่อน้ำหนักสดผลสุก100 กรัม	7
2.2	การแปรรูปผลกล้วยเพื่อใช้เป็นอาหาร	8
2.3	แบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตกรดน้ำส้มสายชูที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู	14
4.1	ผลการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่าง ในไวน์กล้วย หลังจากหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน	27
4.2	ผลการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในไวน์กล้วย หลังจากหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน	28
4.3	ผลการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์กล้วย หลังจากหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ลักษณะทั่วไปของกล้วย	3
2.2	กล้วยน้ำว้า	5
2.3	กล้วยเล็บมือนาง	5
2.4	กล้วยหอมทอง	6
3.1	ตัวอย่างกล้วยสายพันธุ์ต่างๆ	21
3.2	การผลิตไวน์กล้วย (Day 0) ในถังหมักขนาด 6 ลิตร ที่อุณหภูมิห้อง	22
3.3	การผลิตไวน์กล้วยในถังหมักขนาด 6 ลิตร ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

กล้วยเป็นเป็นไม้ล้มลุก ปลูกได้ทั่วไปในประเทศเขตร้อน พบมากในประเทศไทย และยังเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่สำคัญและขึ้นชื่อของเกษตรกรจังหวัดชุมพร โดยกล้วยจะมีลักษณะใบเป็นแผ่นยาวเส้นใบขนานกัน ดอกเป็นช่อเรียกหัวปลี ผลเป็นหวีติดกันเป็นเครือ ซึ่งกล้วยหนึ่งต้นจะออกผลครั้งเดียวแล้วตายไป การขยายพันธุ์กล้วยสามารถทำได้โดยการแยกหน่อ สำหรับกล้วยป่าบางชนิดไม่มีหน่อแต่มีเมล็ดมากจึงใช้เมล็ดในการขยายพันธุ์ (สถาบันวิจัยและพัฒนาที่สูง, 2553) คุณค่าของกล้วยนั้น อุดมไปด้วยโพแทสเซียม ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่มีความจำเป็นต่อการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ควบคุมความดันโลหิต และอัตราการเต้นของหัวใจให้เป็นปกติ รวมทั้งช่วยในการสร้างไกลโคเจน นอกจากนี้ยังช่วยให้รู้สึกดี ผ่อนคลาย ช่วยลดอาการซึมเศร้า ทั้งยังเป็นแหล่งพลังงานด้วยผลกล้วยสดหรือตากแห้งนั้นจะมีน้ำตาลธรรมชาติอยู่มาก ซึ่งน้ำตาลเหล่านี้จะเข้าสู่กระแสโลหิตได้เร็วเมื่อร่างกายเราได้รับก็สามารถนำไปใช้ได้ทันที (เมดไทย, 2017)

น้ำส้มสายชูหมัก (Fermented vinegar) เกิดจากกระบวนการหมักที่แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ เป็นกระบวนการหมักแบบไม่ใช้อากาศ โดยการใช้ยีสต์ *Sacharomyces cerevisiae* และตามด้วยการออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกโดยอะซิติกแอซิดแบคทีเรีย (Acetic Acid Bacteria) (Álvarez-Cáliz และคณะ, 2014) โดยทั่วไปแล้วน้ำส้มสายชูมีองค์ประกอบหลักคือกรดอะซิติก โดยจะมีความเข้มข้นของกรดตั้งแต่ร้อยละ 4 ถึง 8 โดยปริมาตร ซึ่งกรดแอซิติกจะมีบทบาทหลักในการทำให้เกิดรสชาติและเป็นสารต้านจุลชีพ (วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532) เนื่องด้วยยังมีสารอินทรีย์อื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส โซเดียม กรดซิตริก กรดทาร์ทาริก แทนนิน พอลิฟีนอล กรดอะมิโน และน้ำตาล ทำให้น้ำส้มสายชูหมักมีรสชาติและคุณสมบัติที่แตกต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบและกรรมวิธีการหมัก (Patil, 2013) น้ำส้มสายชูหมักนิยมใช้เป็นสารปรุงรสในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ และอุตสาหกรรมอื่นๆ เนื่องจากมีผลดีต่อสุขภาพ (นิสา, 2562) น้ำส้มสายชูหมักจัดเป็นสารปรุงแต่งอาหาร (Food additive) ที่มีคุณค่าเหนือกว่าน้ำส้มสายชูประเภทอื่นๆ ด้วยสารที่เป็นองค์ประกอบทำให้น้ำส้มสายชูหมักมีประโยชน์หลากหลาย เช่น ช่วยในการลดความดันเลือด ชะลอการตอบสนองของอินซูลิน ทำให้ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวาน (Johnston และคณะ, 2004) มีส่วนช่วยในการสลายไขมันในหลอดเลือดและตามอวัยวะต่างๆ ภายในร่างกาย อีกทั้งยังมีผลต่อการควบคุมน้ำหนัก ซึ่งการดื่มน้ำส้มสายชูหมักนั้น จะช่วยทำให้อิ่มเร็วขึ้น และยังลดความอยากอาหารนอกมื้อได้ (Green Horizon Cider, 2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้วยหอมทอง กล้วยเล็บมือ และกล้วยน้ำว้า จัดว่าเป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดชุมพร แต่เมื่อประสบปัญหากล้วยล้นตลาด ส่งผลให้มีราคาตกต่ำ ดังนั้นการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการแปรรูปกล้วยเพื่อใช้เป็นเครื่องปรุงอาหาร ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยซึ่งเป็นผลไม้ในท้องถิ่นของจังหวัดชุมพร โดยการศึกษานี้มีการเปรียบเทียบระหว่างกล้วย 3 สายพันธุ์ และวิเคราะห์สมบัติทางเคมี รวมทั้งมีการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมัก

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของไวน์กล้วย

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วย

1.2.3 เพื่อประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
บทตรวจเอกสาร

2.1 กล้วย

กล้วยเป็นพันธุ์ไม้เขตร้อน มีถิ่นกำเนิดแถบประเทศในเอเชีย พบมากบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศอินโดนีเซีย เวียดนาม ลาว พม่า และไทย ปัจจุบันมีการกระจายไปปลูกทั่วโลก และเป็นพืชเศรษฐกิจที่คนไทยรู้จักกันดี เพราะใช้เป็นอาหารและใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง และกล้วยถือเป็นพืชเก่าแก่ของประเทศไทย และทางภาคใต้มีกล้วยกินได้อยู่มากมาย เช่น จังหวัดชุมพรเป็นแหล่งขึ้นชื่อเรื่องกล้วยเล็บมือนาง ซึ่งทราบโดยทั่วกันเพราะมีชื่ออยู่ในคำขวัญของจังหวัดชุมพร ที่ว่า “ประตูภาคใต้ ไหว้เสด็จในกรม ชมไร่กาแฟ แลหาดทรายรี ดีกล้วยเล็บมือ ขึ้นชื่อรังนก”

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกล้วย

กล้วยเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีลำต้นแท้จริงอยู่ใต้ดินมีลักษณะเป็นหัวเรียกว่าเหง้าหรือไรโซม (rhizome) ซึ่งที่เหง้าของกล้วยจะเห็นตา (bud) เจริญอยู่ทางด้านข้าง ส่วนลำต้นที่อยู่เหนือดินนั้นเป็นลำต้นเทียมซึ่งเป็นส่วนของกาบใบที่อัดกันแน่น ผิวก้านนอกของกาบใบเป็นเงา ก้านใบกลมมนและเป็นร่องทางด้านบน แผ่นใบเรียบเป็นเงา มีเส้นก้านกลางใบชัดเจน ใบเป็นรูปไข่และยาว ปลายใบมน ฐานใบกลม ฐานของแผ่นใบทั้งสองข้างไม่เท่ากันและรูปร่างต่างกัน ใบมีสีเขียวแก่ ดอกออกเป็นช่อ แต่ละช่อมีใบประดับเรียกว่ากาบปลี ส่วนผลออกเป็นเครือ มีหลายหวีเรียงกัน ขนาด รูปร่าง สีสัน และรสชาติ จะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ บางพันธุ์มีเมล็ด บางพันธุ์ก็ไม่มีเมล็ด (เบญจมาศ, 2558) ซึ่งลักษณะทั่วไปของกล้วยแสดงดังรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 ลักษณะทั่วไปของกล้วย
ที่มา : สมเกียรติ (2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การจำแนกชนิดของกล้วย

กล้วยจัดอยู่ใน family Musaceae order Scitamineae หรือ Zingiberales พืชใน Musaceae มี 3 สกุล คือ Musa ซึ่งได้แก่กล้วยแตกกอหรือกล้วยที่เห็นอยู่ทั่วไป และ Ensete คือ กล้วยผาหรือกล้วยที่ไม่แตกกอ และ Musella ซึ่งมีลักษณะระหว่าง Musa และ Ensete

กล้วยในสกุล Musa แบ่งออกเป็น 5 section คือ *Australimusa Callimusa Eumusa Rhodochlamys* และ Ingentimusa สำหรับกล้วยกินได้จัดอยู่ใน section Eumusa มีกำเนิดมาจากกล้วยป่า 2 species คือ *Musa acuminata* Colla กับ *M. balbisiana* Colla การจำแนกชนิดของกล้วยกินได้นิยมใช้วิธีของ Simmonds และ Shepherd (1955) ทำให้ได้กล้วยในยีโนม AA AAA AAB ABB และ ABBB โดยดูลักษณะของ *M. acuminata* และ *M. balbisiana* เป็นพื้นฐาน ต่อมา Silayoi และ Babpraserth (1983) ได้เพิ่มเติมการให้คะแนนลักษณะของยีโนม BBB

ในการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ของกล้วย International Code Nomenclature of Cultivated Plant ให้เขียนชื่อกล้วยปลูกหรือกล้วยกินได้ให้อยู่ในเครื่องหมาย ‘’ จากยีโนมข้างต้นสามารถเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ของกล้วยได้ดังนี้

Musa (AA group) 'Kluai Khai' หรือ *Musa acuminata* 'Kluai Khai'

Musa (ABB group) 'Kluai Namwa' หรือ *Musa X paradisiaca* 'Kluai Namwa'

การจำแนกชนิดของกล้วยกินได้ในประเทศไทย ได้ใช้วิธีการให้คะแนนของ Simmonds และ Sheperd (1955) ประกอบกับการนับจำนวนโครโมโซม จากการรวบรวมพันธุ์ทั่วประเทศไทยได้ ทั้งหมด 330 สายพันธุ์เมื่อปี พศ. 2526 และได้มีการเก็บรวบรวมต่อมาเรื่อย ๆ เมื่อจำแนกกล้วยแล้วจะได้มากกว่า 59 สายพันธุ์ กล้วยที่ได้รวบรวม มียีโนม เป็น AA AAA AB AAB ABB ABBB AABB BB และ BBB สำหรับการจำแนกโดยใช้วิธีทางเคมี ได้ทำการพิสูจน์ยีโนมของกล้วย ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมซึ่งได้ทำกันมากขึ้นในปัจจุบัน (เบญจมาศ, 2558)

2.1.3 สายพันธุ์กล้วยที่พบเห็นได้บ่อยในเมืองไทย มีดังนี้

1. กล้วยน้ำว้า

มีชื่อสามัญหรือชื่อเรียกท้องถิ่นว่า กล้วยใต้ กล้วยตานีอ่อง กล้วยมะลิอ่อง หรือกล้วยอ่อง (Pisang Awak) และมีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า *Musa* (ABB) ‘Nam Wa’มีเหลี่ยมเล็กน้อย เปลือกผลหนา เมื่อผลสุกมีสีเหลือง เนื้อสีขาวนวล รสหวาน ไส้กลางสีเหลือง ชมพู หรือขาว มีหลากหลายสายพันธุ์ อาทิ กล้วยน้ำว้าค่อม กล้วยน้ำว้าดำ กล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง และกล้วยน้ำว้าจันทร์ ให้คุณประโยชน์มากมาย มีธาตุเหล็กสูงที่สุด ช่วยป้องกันโรคโลหิตจางได้ยอดเยี่ยม เป็นยาอายุวัฒนะ สามารถทานเพื่อลดน้ำหนัก นอกจากนี้ยังมีสารฮิสโตแฟนที่เป็นสารตั้งต้นฮอร์โมนเอนดอร์ฟิน หลั่งสารแห่งความสุข ช่วยให้หลับสบาย คลายความเครียด ทั้งยังมีแคลเซียมสูง ช่วยป้องกันฟันผุ (วรุณพร, 2563)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 กล้วยน้ำว้า

2. กล้วยเล็บมือนาง

มีชื่อเรียกโดยทั่วไปคือ กล้วยข้าว กล้วยเล็บมือ กล้วยทองดอกหมาก และกล้วยหมาก ชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Musa* (AA) 'Leb Mue Nang' เป็นกล้วยประจำท้องถิ่นของภาคใต้ ปัจจุบันนำมาปลูกกันทั่วทุกภาค โดยเฉพาะภาคกลาง กล้วยเล็บมือนางมีผลเล็ก ปลายเรียวยาวและโค้ง ก้านผลสั้น เปลือกหนา เมื่อสุกสีเหลืองทองและมีก้านเกสรเพศเมียติดที่ปลายผล เนื้อด้านในมีสีเหลืองหรือสีครีม เนื้อนุ่ม รับประทานง่ายเพราะผลมีขนาดเรียวเล็ก กลิ่นรสหวานหอม ผลดิบมีรสมัน ไม่ฝาด นิยมนำมาปรุงอาหารปักษ์ใต้ ไม่นิยมนำมาแปรรูปเหมือนกล้วยชนิดอื่นเพราะขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังมีฟอสฟอรัสมากที่สุด ช่วยบำรุงให้กระดูกและฟันแข็งแรง (วรุณพร, 2563)

รูปที่ 2.3 กล้วยเล็บมือนาง

3. กล้วยหอมทอง

เป็นชื่อท้องถิ่นที่ถูกเรียกโดยทั่วไป มีชื่อสามัญคือ Gros Michel และชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Musa* (AAA) 'Hom' มีผลใหญ่ ปลายโค้งเรียวยาว เปลือกบาง เมื่อสุกจะมีสีเหลืองทอง เนื้อในสีส้มอ่อน รสหวาน มีกลิ่นหอม สายพันธุ์ที่เป็นที่รู้จัก ได้แก่ กล้วยหอมเขียว กล้วยหอมทอง กล้วยหอมค่อม และกล้วยหอมแกรนด์เนน มีผลวิจัยพบว่า กล้วยหอมทองมีโปรตีนสูง ช่วยให้ร่างกายเติบโตแข็งแรง มีแร่ธาตุเป็นจำนวนมาก สรรพคุณมากมาย รักษาอาการโลหิตจาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังช่วยลดอาการของโรคหลอดเลือดในสมอง บำรุงประสาท ปรับอารมณ์ ลดความเครียด ช่วยให้ร่างกายสดชื่น สามารถป้องกันโรคซึมเศร้าและบรรเทาอาการปวดต่างๆ (วรุณพร, 2563)

รูปที่ 2.4 กล้วยหอมทอง

2.1.4 คุณค่าอาหารของผลกล้วย

กล้วยสุกจะมีรสหวาน โดยน้ำตาลในกล้วยมีอยู่ 3 ชนิด คือ ซูโครส ฟรักโทส และกลูโคส จะให้พลังงานร่างกายสามารถดูดซึมนำไปใช้งานได้ทันที ดังนั้นกล้วยจึงเหมาะสำหรับการเป็นอาหารของทารกหรือผู้ที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับลำไส้ กล้วยมีโปรตีนใกล้เคียงกับนมแม่ กล้วยส่วนใหญ่รับประทานได้ทั้งผลดิบและสุก มีไขมัน คอเรสเตอรอลและเกลือแร่ต่ำ จึงเหมาะสำหรับเป็นอาหารของคนที่ลดความอ้วน กล้วยมีเกลือโซเดียมเพียงเล็กน้อย และมีโพแทสเซียมอยู่ประมาณ 400 มิลิแกรม การที่มีโปแตสเซียมสูงจะช่วยลดความดันโลหิตได้ กล้วยจึงเป็นอาหารที่แนะนำสำหรับคนชรา ผู้เป็นโรคเกี่ยวกับการทางเดินอาหารและเด็กที่ท้องเสีย กล้วยสามารถลดแก๊สในกระเพาะ ซึ่งเกิดจากความเครียด และยังมีวิตามิน A, B และ C อีกด้วย (เบญจมาศ, 2558) ซึ่งคุณค่าอาหารของผลสุกเป็นดังนี้

จากน้ำหนักเนื้อผลกล้วยสุก 100 กรัม มีองค์ประกอบดังนี้

น้ำ	75.7	กรัม
พลังงาน	85	แคลอรี่
โปรตีน	1.1	กรัม
ไขมัน	0.2	กรัม
คาร์โบไฮเดรท	22.2	กรัม
เถ้า	0.8	กรัม
แคลเซียม	8.0	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.7	มิลลิกรัม
โปแตสเซียม	370	มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แมกนีเซียม	33	มิลลิกรัม
วิตามิน A	190	IU
ไทอะมีน	0.05	มิลลิกรัม
ไรโบฟลาวิน	0.06	มิลลิกรัม
ไนอาซีน	0.7	มิลลิกรัม
วิตามิน C	10.0	มิลลิกรัม

สำหรับคุณค่าอาหารของผลกล้วยที่รับประทานกันอยู่เป็นประจำในประเทศไทย ได้แก่ กล้วยเล็บมือนาง กล้วยน้ำว้า และกล้วยหอม แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมี แร่ธาตุ และปริมาณวิตามินของผลกล้วยพันธุ์ต่าง ๆ เป็นกรัมต่อน้ำหนักสดผลสุก 100 กรัม

องค์ประกอบทางเคมี	**เล็บมือนาง**	**หอมทอง**	**น้ำว้า**
ความชื้น (ก)	68.6	77.2	69.0
ไขมัน (ก)	0.3	0.73	0.2
โปรตีน (N X 6.25)	1.6	1.82	0.90
คาร์โบไฮเดรต(ก)	28.5	18.4	22.2
เถ้า (ก)	0.9	0.65	0.72
เยื่อใย (ก)	0.1	-	-
แคลเซียม (มก)	5.2	14.3	20
ฟอสฟอรัส(มก)	27.8	21.1	25.8
เหล็ก (มก)	0.50	8.71	8.27
ไทอามีน (มก)	0.06	-	-
ไรโบฟลาวิน (มก)	0.08	-	-
วิตามินอี (IU)	0.09	-	-
B-Carotene (ug)	158	197	582
วิตามินเอ (IU)	264	-	278
แอสคอนิก (มก)	-	11.1	15

หมายเหตุ: ยังไม่ได้วิเคราะห์

ที่มา: ชูจิตร (2503) เนื้อทอง และคณะ (2533) ประภาส (2512) วิไลลักษณ์ และคณะ (2532) เบญจมาศ และคณะ (2549) อ้างถึงโดยเบญจมาศ (2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 การแปรรูปกล้วย

ในการผลิตกล้วยเพื่อจำหน่ายเป็นสินค้าเพื่อการส่งออกนั้น จะต้องมีการคัดเลือกผลผลิตที่มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ผลผลิตที่ไม่ได้ตามมาตรฐานหรือมีตำหนิจะถูกตัดทิ้ง ผลผลิตที่ถูกตัดทิ้งนี้ บางครั้งคุณภาพของเนื้อยังดีอยู่ แต่ผิวและรูปร่างไม่สวย ขนาดเล็กเกินไป ดังนั้นจึงควรนำกล้วยเหล่านั้นมาแปรรูป เพื่อจะเก็บรักษากล้วยไว้ได้นานขึ้น ซึ่งวิธีการแปรรูปสามารถทำได้หลายรูปแบบ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การแปรรูปผลกล้วยเพื่อใช้เป็นอาหาร

สภาพที่แปรรูปแล้ว	**สภาพของกล้วยที่ใช้**
พิวรี (puree)	ผลสุก
บรรจุกระป๋อง	ผลสุก ฝานบาง ๆ บรรจุในน้ำเชื่อม
กล้วยตาก	ผลสุก ตากแห้ง
แป้งกล้วย	ผลดิบ ตากแห้ง
แช่แข็ง	ผลสุก
กล้วยฉาบ	ผลดิบฝานบาง ๆ ทอดในน้ำมันพืช
กล้วยผง	ผลสุก ทำแห้ง
น้ำผลไม้	การนำเอาเอ็นไซม์จากผลสุก
กล้วยกวน	ผลสุกงอม กวน
แยมกล้วย	ผลสุก
flake	ผลสุกฝานบาง ๆ ทำให้แห้ง
freezed-dried slice	ผลสุกฝาน บาง ๆ เก็บที่เย็น
น้ำส้ม	ผลสุกหมักให้ ferment
เหล้า เบียร์ ไวน์	ผลสุกหมักให้ ferment

ที่มา: Stover และ Simmonds (1987) อ้างถึงโดยเบญจมาศ (2558)

กล้วยมักจะรับประทานเป็นผลสด หรือนำมาประกอบอาหารหวาน เช่น กล้วยเชื่อม กล้วยบวชชี กล้วยทอด กล้วยปิ้ง ขนมกล้วย ข้าวต้มมัด และข้าวเม่าทอด และกล้วยย่าง

การแปรรูปที่สำคัญและทำกันทั่วไปคือ การทำเป็นอาหารเหลว หรือเรียกว่า พิวรี (puree) การบรรจุกระป๋อง กล้วยตาก กล้วยฉาบ แช่แข็ง แป้ง และกล้วยกวน ส่วนการแปรรูป ชนิดอื่นนั้นมีการทำกันบ้างในบางประเทศ เช่น การทำ flake ซึ่งคล้าย Corn flake ใช้รับประทานเป็นอาหารเช้า สำหรับ น้ำส้ม ไวน์ มีทำกันมากในแถบแอฟริกา ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การทำพิวรีกล้วย (banana puree) กล้วยเหลวหรือกล้วยบด เป็นอาหารที่สำคัญที่ได้จากการแปรรูปมากที่สุด การแปรรูปกล้วยเป็นพิวรีนี้นิยมบรรจุในกระป๋องโดยไม่ใส่สารกันบูดและน้ำตาลจะบรรจุในสภาพปลอดเชื้อ เมื่อบรรจุเสร็จแล้วจะเก็บในที่เย็นหรือทำให้แข็ง

2. กล้วยตาก (banana figs หรือ dried banana) กล้วยตากทำจากผลกล้วยที่สุกงอมแล้วปอกเปลือกเอาแต่ตัวเนื้อกล้วยไปตากแดด เป็นกล้วยแปรรูปที่รู้จักกันดี และเป็นที่นิยมรับประทานกันมากในประเทศไทย

3. แป้งกล้วย (banana flour) ทำจากผลกล้วยดิบซึ่งแก่เต็มที่แล้ว แป้งกล้วยมีการขายกันในตลาดท้องถิ่น บางแห่งเพื่อใช้เป็นอาหารของเด็กทารกและคนชรา แป้งกล้วยที่ได้นำมาผสมทำอาหารอาจนำไปผสมกับแป้งสาลีเพื่อทำขนมเด็กหรือขนมปังแต่เราไม่สามารถใช้แป้งกล้วยอย่างเดียวได้เพราะแป้งกล้วยไม่มีกลูเตนซึ่งจะทำให้แป้งนั้นเหนียวหรือมีความยืดหยุ่นได้ นอกจากนี้ยังนำมาทำขนมไทย ๆ ได้เช่นขนมกล้วย ขนมบัวลอย ขนมต้ม เป็นต้น การทำแป้งกล้วย ทำได้โดยนำผลกล้วยดิบมาตากแดดจนกว่าจะแห้ง หรืออาจจะใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์หรือเตาอบธรรมดาก็ได้ แต่การอบด้วยเตาอบจะทำให้ได้แป้งที่สะอาด หลังจากตากจนแห้งสนิทแล้วนำมาบดให้ละเอียด

4. กล้วยผง (banana powder) กล้วยผงทำจากผลกล้วยสุก ซึ่งจะต่างจากแป้งกล้วยที่ทำจากผลกล้วยดิบ การทำกล้วยผงนี้ยังไม่มีการทำเป็นการค้ามาก เพราะกล้วยผงไม่สามารถรักษากลิ่นได้นาน มักมีความชื้นทำให้เก็บรักษาได้ยาก

5. กล้วยแผ่นแช่แข็ง (freeze dried banana slice) นิยมรับประทานร่วมกับ corn flake เป็นอาหารเช้า ทำจากกล้วยที่สุกเต็มที่ แล้วแช่แข็งทันที อาจจะแช่ทั้งผลหรือฝานเป็นชิ้นบาง ๆ หนาประมาณ 25 มม. รับประทานร่วมกับผลไม้อื่น ๆ ก็ได้ เช่นทำ fruit salad

6. กล้วยทอดกรอบ (banana chip) ใช้ผลกล้วยดิบฝานบาง ๆ ลงกระทะทันที หรือผึ่งลมไว้สักครู่ แล้วจึงนำลงทอดในน้ำมันพืชถ้าจะให้ดีควรเป็นน้ำมันมะพร้าว ต้องใช้น้ำมันมาก คล้ายกับการทำ potato chip นิยมใช้กล้วยน้ำว้าหรือกล้วยหักมุก

7. กล้วยกระป๋อง (banana syrup) ใช้ผลกล้วยสุก ปอกเปลือก ฝานบาง ๆ หรือบรรจุทั้งและการบรรจุมักใช้การบรรจุกับน้ำเชื่อม กล้วยที่นิยมทำการบรรจุกระป๋อง ได้แก่ กล้วยไข่และกล้วยน้ำว้า ซึ่งอาจจะนำไปปรุงอาหารต่อไปได้ เช่น นำไปทำกล้วยบวชชี

8. การหมัก (fermentation) สำหรับทำเบียร์ ไวน์ น้ำส้ม นิยมใช้ผลกล้วยสุกมาทำเบียร์ที่มีแอลกอฮอร์ต่ำ กล้วยที่ใช้มักใช้กล้วยในกลุ่ม AAA หรือ AAB ในการหมักกล้วยทำโดยนำเอากล้วยที่สุกงอมมีปริมาณของน้ำตาล ประมาณ 16% และแป้ง 2% นำไปผสมกับน้ำทำให้เกิดเป็นของเหลวข้น (slurry) แล้วเติมน้ำตาล 10% และยีสต์ที่ใช้สำหรับทำขนมปัง หมักไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง นำมากรองด้วยผ้ากรอง ผสมน้ำผลไม้ที่เป็นแอลกอฮอล์หรือหัวเชื้อน้ำส้ม แล้วบ่มไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 สัปดาห์ จะได้น้ำส้ม (vinegar) ปรับความเป็นกรด เทคนิคนี้

9. การทำน้ำผลไม้ (fruit juice) นำเนื้อผลกล้วยที่สุกมาใส่ pectinolytic enzyme 0.01% เพื่อย่อยเนื้อกล้วยแล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จะได้น้ำกล้วยที่ใส โดยมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำ 55-60% ของน้ำหนักของเนื้อกล้วย หลังจากบ่มแล้วนำมาทำให้ตกตะกอนด้วยเครื่อง centrifuge จะได้น้ำกล้วยที่ใสมากยิ่งขึ้น

2.2 กระบวนการหมัก (Fermentation Process)

2.2.1 ความหมายและความสำคัญ

เทคโนโลยีการหมัก (Fermentation Technology) เป็นรายวิชาหนึ่งที่อยู่ภายใต้ขอบเขตของเทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology) เป็นวิทยาศาสตร์ประยุกต์สาขาหนึ่งที่มีการนำเอาเชื้อจุลินทรีย์มาปรับใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม โดยมีการจัดการสภาพแวดล้อมให้มีความเหมาะสมเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ต้องการเพื่อให้จุลินทรีย์สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ออกมา เช่น น้ำย่อยหรือเอนไซม์เพื่อใช้ในการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ เซลล์จุลินทรีย์ เช่น โปรตีนเซลล์เดียวที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีน หรือ Single Cell Protein (SCP) หรือเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น เช่น เอนไซม์ที่ใช้ผสมกับผงซักฟอกเพื่อกำจัดคราบไขมัน คราบโปรตีน หรือกรดอินทรีย์ที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้น และมีความสำคัญในเชิงอุตสาหกรรมทางด้านอุปโภคบริโภค เช่น กรดซิตริกหรือกรดมะนาว กรดอะซิตริกหรือกรดน้ำส้ม (สมใจ, 2537)

สมใจ (2555) กล่าวว่า การหมัก (Fermentation) เป็นคำที่มีรากศัพท์จากคำว่า “Fervere” ซึ่งเป็นภาษาละติน แปลว่า “การเดือด” มีความหมายว่าเป็นกระบวนการหรือวิธีการที่มีลักษณะที่เกิดจากการกระทำของเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะเชื้อยีสต์ในน้ำผลไม้หรือจากเมล็ดธัญพืชต่าง ๆ เช่น ข้าวมอลต์ ภายใต้การย่อยสลายน้ำตาลในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (Anaerobic fermentation) จากยีสต์ ทำให้เกิดฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ผุดขึ้นมาคล้ายกับการเดือดของน้ำ ในทางชีวเคมี การหมัก หมายถึง เป็นปฏิกิริยาที่ใช้สำหรับสร้างพลังงานจากกระบวนการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ หรือเป็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีของสารประกอบอินทรีย์เนื่องจากเอนไซม์ โดยตัวให้และตัวรับอิเล็กตอนจากปฏิกิริยา คือ สารอินทรีย์ ในทางจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม การหมัก หมายถึง กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ใด ๆ ก็ตามที่ต้องอาศัยวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ให้มีจำนวนมาก (Mass culture) ซึ่งจะต้องมีการควบคุมกระบวนการผลิตทั้งแบบที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic fermentation) และไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic fermentation)

2.2.2 ชนิดของการหมัก

กระบวนการหมักที่มีความสำคัญทางการค้า สามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิด คือ

1. การหมักที่ให้ผลผลิตเป็นตัวเซลล์ (Microbial cell or biomass) การผลิตเซลล์จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญทางการค้า ได้แก่ การผลิตเซลล์ยีสต์เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมขนมปัง (Baker’s yeast) และการผลิตเซลล์จุลินทรีย์เพื่อใช้เป็นอาหารมนุษย์หรือสัตว์ (Single Cell Protein, SCP)

2. การหมักที่ให้ผลผลิตเป็นเอนไซม์ (Microbial enzyme) เป็นกระบวนการหมักเพื่อผลิตเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมเคมีและอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารสามารถผลิตได้จากทั้งพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามแหล่งผลิตเอนไซม์ที่มีความสำคัญที่สุดและได้รับการยอมรับ คือ การหมักจากเชื้อจุลินทรีย์เนื่องจากผลิตได้จำนวนมาก ใช้เวลาในการหมักสั้น และสามารถปรับปรุงทางด้านพันธุวิศวกรรมเพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่มีความสามารถให้ผลผลิตสูงขึ้นได้ง่ายกว่าการผลิตจากพืชหรือสัตว์ เอนไซม์ที่มีการผลิตในเชิงการค้าระดับอุตสาหกรรมสามารถนำมาใช้ประโยชน์มากมาย ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอาหารและยา นอกจากนี้ยังนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ อาทิ เช่น อุตสาหกรรมการย้อม อุตสาหกรรมการผลิตผงซักฟอก อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ อุตสาหกรรมการฟอกหนัง และใช้ในการวิจัยทดลอง เป็นต้น

3. การหมักที่ให้ผลผลิตเป็นสารเมแทบอไลต์ (Microbial metabolite) เป็นผลผลิตที่ได้จากกระบวนการหมักจากเชื้อจุลินทรีย์แบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่

ก. สารเมแทบอไลต์ปฐมภูมิ (Primary metabolite) เป็นสารที่มีความจำเป็นต่อ การเจริญของจุลินทรีย์ ตัวอย่างเช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลิอิก ลิปิด และคาร์โบไฮเดรต สามารถผลิตได้ในช่วง log phase ของการเจริญ สารเมแทบอไลต์ปฐมภูมิที่สามารถผลิตได้จากกระบวนการหมักในเชิง การค้า เช่น เอธานอล กรดซิตริก กรดกลูตามิก อะซิโตน โพลีแซคคาไรด์ และวิตามิน เป็นต้น

ข. สารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ (Secondary metabolite) เป็นสารที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสารตัวกลางหรือผลผลิตที่ได้จากระบวนการผลิตสารเมแทบอไลต์ปฐมภูมิ ซึ่งจะพบอยู่ ในช่วงการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในช่วง stationary phase สารเมแทบอไลต์เหล่านี้มีความสำคัญในเชิงอุตสาหกรรมการหมักมากเนื่องจากมีผลต่อจุลินทรีย์ เช่น ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดอื่นได้ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิด เป็นสารช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต หรือมีคุณสมบัติเป็นยารักษาโรค เป็นต้น

4. การหมักเพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบ (Transformation process) เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบให้อยู่ในรูปที่คล้ายกัน แต่มีราคาสูงขึ้น อาจได้จากการทำโดยใช้เอนไซม์จากจุลินทรีย์หรือใช้สารเคมีเป็นตันเร่งปฏิกิริยา การหมักเพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบที่ใช้จุลินทรีย์ที่รู้จักกันดี ได้แก่ กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชู (การเปลี่ยนเอธานอลไปเป็น กรดอะซิตริก) อย่างไรก็ตาม Transformation process ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตสารที่มูลค่าสูง เช่น ยาปฏิชีวนะ steroid และ prostaglandin เป็นต้น

นอกจากนี้ Milic และคณะ (2007) ได้แบ่งกระบวนการหมักตามความต้องการอากาศหรือออกซิเจน ได้ 2 ชนิด ได้แก่

(1) Aerobic fermentation เป็นการหมักที่ต้องการปริมาณออกซิเจนในระบบ เช่น การหมักกรดซิตริก และกรดอะซิตริก

(2) Anaerobic fermentation เป็นการหมักที่ไม่ต้องการออกซิเจน เช่น การหมักอะซิโตน และบิวทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือการหมักถ้าแบ่งตามลักษณะหรือปริมาณน้ำในอาหารเลี้ยงเชื้อได้เป็น 2 ชนิด คือ

(1) Solid state fermentation เป็นการหมักบนอาหารแข็ง ซึ่งมีการเติมน้ำเล็กน้อยเพียงเพื่อให้เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องการ เช่น การหมักกรดซิตริกโดยใช้เชื้อรา

(2) Submerged fermentation เป็นการหมักที่ทำได้โดยการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ลงในอาหารที่มีลักษณะเหลว เช่น การหมักแอลกอฮอล์ และน้ำส้มสายชู

2.3 น้ำส้มสายชู (Vinegar)

น้ำส้มสายชู (Vinegar) เป็นเครื่องปรุงรสอาหาร (seasoning) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวัน เกิดจากกระบวนการหมักโดยน้ำตาลในอาหารจะถูกทำให้เกิดการสลายโมเลกุลแตกตัวโดยเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นแรกน้ำตาลจะถูกเปลี่ยนให้กลายเป็นแอลกอฮอล์ ขั้นที่สองการหมักแอลกอฮอล์ต่อไปให้กลายเป็นน้ำส้มสายชู ซึ่งสอดคล้องกับคำว่า “vinegar” มาจากคำว่า vin + aigre เป็นภาษาฝรั่งเศษ แปลว่า “ไวน์เปรี้ยว”เพราะน้ำส้มสายชูในสมัยเริ่มต้นได้จากการหมัก (fermentation) เอทธิลแอลกอฮอล์ในไวน์ด้วยแบคทีเรียในกลุ่ม *Acetobacter aceti* และ *Gluconobacter oxydans* ให้ได้กรดน้ำส้ม (acetic acid) ซึ่งมีรสเปรี้ยว (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2555)

วราวุฒิ และรุ่งนภา (2532) ได้ให้ความหมายของน้ำส้มสายชูหรือกรดอะซิติก (acetic acid) เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้จากกระบวนการหมักเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหมักประเภทไวน์ พบว่าน้ำส้มสายชูเกิดจากการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ไวน์นั่นเอง โดยเกิดจากการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในสกุล *Acetobacter* sp. ซึ่งสามารถเจริญเติบโตในเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์และสามารถเปลี่ยนแอลกอฮอล์ในไวน์ให้เป็นกรดน้ำส้มสายชูหรือกรดอะซิติกในสภาพที่มีออกซิเจนซึ่งจะทำให้ไวน์มีรสชาติเปรี้ยว จึงเรียกผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเช่นนี้ว่า “น้ำส้มสายชู”

2.3.1 ประเภทของน้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชูจัดเป็นอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ.2543 เรื่อง น้ำส้มสายชู ประเภทของน้ำส้มสายชูนั้นแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

(1) น้ำส้มสายชูหมัก (Fermented vinegar) คือ น้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักจากวัตถุดิบที่เหมาะสมโดยส่วนใหญ่สามารถผลิตได้จากวัตถุดิบทางการเกษตร ได้แก่ เมล็ดธัญพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด หรือผลไม้ต่าง ๆ เช่น สับปะรด แอปเปิ้ล หรือ น้ำตาล กากน้ำตาล (molasses) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีน้ำตาล (sugar) ใช้เป็นแหล่งอาหารของยีสต์ได้โดยตรงโดยนำมาหมักกับส่าเหล้า แล้วนำมาหมักกับหัวเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีการผลิต (มาลัย และพิสมัย, 2555) ส่วนวัตถุดิบที่มีสตาร์ช (starch) เช่น ข้าว จะต้องเปลี่ยนเป็นโมเลกุลของน้ำตาลก่อนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการหมักสองขั้นตอน คือ การหมักน้ำตาลให้เกิดแอลกอฮอล์ (alcoholic fermentation) โดยใช้ยีสต์ ตามด้วยการหมักแอลกอฮอล์ให้เกิดกรดอะซิติก (acetic acid fermentation) ด้วยแบคทีเรียในกลุ่ม *A. aceti* และ *G. oxydans* ในภาวะที่มีออกซิเจน น้ำส้มสายชูที่หมักจะใส ไม่มีตะกอน ยกเว้นตะกอนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีกลิ่นหอมตามกลิ่นของวัตถุดิบ มีรสชาติดี มีรสหวานของน้ำตาลที่ตกค้าง มีกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก ความเข้มข้นขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณน้ำตาลของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก และมีปริมาณกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่าร้อยละ 4

(2) น้ำส้มสายชูกลั่น (Distilled vinegar or spirit vinegar) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอทธิลแอลกอฮอล์กลั่นเจือจาง (Dilute Distilled Alcohol) มาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชู หรือเมื่อหมักแล้วนำไปกลั่น (Distillation) หรือได้จากการนำน้ำส้มสายชูหมักมากลั่น น้ำส้มสายชูกลั่นจะต้องมีลักษณะใส ไม่มีตะกอน และมีปริมาณกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่าร้อยละ 4 ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1. น้ำส้มสายชูที่เรียกว่า distilled vinegar คือ น้ำส้มสายชูที่ได้จากกระบวนการ นำเอาน้ำส้มสายชูหมักมากลั่นให้มีร้อยละกรดอะซิติกตามต้องการ

2. น้ำส้มสายชูที่เรียกว่า spirit vinegar คือ น้ำส้มสายชูที่ได้จากการนำเอธิลแอลกอฮอล์เจือจางมาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีการผลิต แล้วนำไปกลั่นหรือกรอง

(3) น้ำส้มสายชูเทียม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอากรดน้ำส้มซึ่งสังเคราะห์ขึ้นทางเคมี เป็นกรดอินทรีย์มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนมีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 95 มาทำให้เจือจางจนได้ปริมาณกรดร้อยละ 4-7 ลักษณะใส ไม่มีสี กรดน้ำส้มที่นำมาเจือจางจะต้องมีความบริสุทธิ์สูงเหมาะสมที่จะนำมาเป็นอาหารได้และน้ำที่ใช้เจือจางต้องเหมาะสมที่จะใช้ดื่มได้

2.3.2 กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก (วิลาวัณย์, 2536)

การหมักน้ำส้มสายชูเป็นกรรมวิธีการหมัก 2 ขั้นตอน คือ

1. การหมักน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์

ขั้นตอนนี้เป็นการหมักน้ำตาลให้กลายเป็นเอธิลแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ต้องการออกซิเจน ซึ่งจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการนี้ คือ ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*

$$\underset{\text{น้ำตาล}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow[\text{ยีสต์}]{} \underset{\text{แอลกอฮอล์}}{2C_2H_5OH} + \underset{\text{คาร์บอนไดออกไซด}}{2CO_2}$$

2. การออกซิไดส์เอทานอลไปเป็นกรดอะซิติก

ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการที่ต้องใช้ออกซิเจน โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกเป็นการออกซิไดส์เอทานอลเป็นอะซิตัลดีไฮด์ โดยเอนไซม์ alcohol dehydrogenase และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่สองเป็นกานเปลี่ยนอะซิตัลดีไฮด์เป็นกรดอะซิติก โดยเอนไซม์ acetaldehyde dehydrogenase จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตกระอะซิติก เช่น *Acetobacter*

C_2H_5OH	⟶	3COOH	+	H_2O
แอลกอฮอล์	*Acetobacter*	กรดน้ำส้มสายชู		น้ำ

2.3.3 เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการหมักน้ำส้มสายชู

เชื้อที่ใช้ในการหมักน้ำส้มสายชูส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มของ *Acetobacter* sp. และ *Gluconobacter* sp. ซึ่งจะสามารถออกซิไดซ์เอทานอลให้เป็นกรดอะซิติกได้โดยภายใต้สภาวะที่มีอากาศ (วราวุฒิ, 2538) มีรายงานเกี่ยวกับเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูแสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู

แบคทีเรีย	ที่มา
Acetobacter aceti	Roda และคณะ (2017)
A. pasteurianus	Boonsupa และคณะ (2019)
A. Pasteurianus	Konate และคณะ (2015)
A. tropicalis	จุฑามาศ (2551)
A. europaeus	Sokollek และคณะ (1998)
Gluconacetobacter europaeus และ *A. malorum*	Gullo และ Giudici (2008)
Gluconobacter frateurii	วัลลภา (2550)
A. peroxidans	สมใจ (2550)
A. Ghanensis	ศิริพร (2557)
A. pasteurii และ *A.r Pasteurian*	Zhai และคณะ (2021)
G. Oxydans	นิสา (2019)

2.3.4 ประโยชน์ของน้ำส้มสายชู

ใช้ในการปรุงรสอาหาร เพื่อเพิ่มรสชาติ แต่ปัจจุบันนี้ นิยมนำน้ำส้มสายชูหมักมาชงเป็นเครื่องดื่มสำหรับบริโภค โดยผสมน้ำผึ้งและน้ำอุ่น เนื่องด้วยน้ำส้มสายชูหมักมีประโยชน์ต่อสุขภาพช่วยให้ระบบต่างๆ ในร่างกายดีขึ้น แล้วยังช่วยให้กระปรี้กระเปร่า ทำให้ระบบย่อยอาหารดี ทำลายเชื้อแบคทีเรีย รา ไวรัส ในร่างกาย ลดความดันโลหิต ช่วยขจัดเสมหะและน้ำมูก ลดการสะสมไขมันในร่างกาย เช่น ในหลอดเลือด และส่วนต่างๆ ของร่างกาย (ฉกามาศ, 2550)

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 มาตรฐานของน้ำส้มสายชู

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 204 (2543) เรื่อง น้ำส้มสายชู ได้กำหนดว่า น้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่น ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(1) มีกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 27 องศาเซลเซียส

(2) ตรวจพบสารปนเปื้อนได้ไม่เกินปริมาณที่กำหนด ดังต่อไปนี้

(2.1) สารหนู ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

(2.2) ตะกั่ว ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

(2.3) ทองแดงและสังกะสี ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

(2.4) เหล็ก ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

(3) ไม่มีกรดน้ำส้มที่มิได้มาจากการผลิตน้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่น

(4) ไม่มีกรดกำมะถัน (Sulfuric acid) หรือกรดแร่อิสระอย่างอื่น

(5) ใสไม่มีตะกอน เว้นแต่น้ำส้มสายชูหมักตามธรรมชาติ

(6) ไม่มีหนอนน้ำส้ม (Vinegar eel)

(7) ใช้น้ำสะอาดเป็นส่วนผสม

(8) ให้ใช้วัตถุเจือปนอาหาร (Food Additives) ได้ ดังต่อไปนี้

(8.1) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 70 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

(8.2) กรดแอล-แอสคอร์บิก ไม่เกิน 400 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

(9) มีแอลกอฮอล์ตกค้าง (Residual alcohol) ไม่เกินร้อยละ 0.5

(10) การแต่งสี ให้ใช้น้ำตาลเคี่ยวไหม้หรือสีคาราเมล

น้ำส้มสายชูเทียม ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(1) มีกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัม และไม่เกิน 7 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 27 องศาเซลเซียส

(2) ตรวจพบสารปนเปื้อนได้ไม่เกินปริมาณที่กำหนด ดังต่อไปนี้

(2.1) สารหนู ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

(2.2) ตะกั่ว ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

(2.3) ทองแดง และสังกะสี ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

(2.4) เหล็ก ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

(3) ใสไม่มีตะกอน

(4) ไม่มีกรดกำมะถันหรือกรดแร่อิสระอย่างอื่น

(5) ไม่ใช้สี

(6) ไม่มีการแต่งกลิ่นหรือรส

(7) ใช้น้ำสะอาดเป็นส่วนผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำส้มสายชู

นฤมล และคณะ (2558) หมักน้ำส้มสายชูจากกล้วยน้ำว้า 2 สายพันธุ์ ได้แก่ กล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง และกล้วยน้ำว้าค่อม ที่มีระยะเวลาการสุก 3 ระยะ คือ สุกน้อย สุก และ สุกจัด โดยทำการหมักผลกล้วยเป็นเวลา 3 เดือน แล้วตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มสายชู พบว่าน้ำส้มสายชูจากกล้วยที่มีลักษณะสีเหลืองน้ำตาล มีกลิ่นหอมของกล้วยและกลิ่นกรดอะซิติก และกล้วยสุกจัดจะให้ปริมาณน้ำส้มสายชูหมักมากที่สุดเท่ากับ 883.33 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมของกล้วย ในขณะที่กล้วยสุกน้อยจะให้ปริมาณน้ำส้มสายชูหมักน้อยที่สุดเท่ากับ 700.00 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมของกล้วย

ธนาวรรณ และคณะ (2559) ศึกษาสูตรน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มจากมะขาม ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR 102 และ *Gluconobacter krungthepensis* ทั้งหมด 24 สูตร มาทำการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบทดสอบชิม 9 point Hedonic scale พบว่าน้ำส้มสายชูหมักพร้อมดื่มจากมะขามพันธุ์ประกายทองที่หมักด้วยเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 102 ปรับแต่งรสชาติด้วยน้ำผึ้ง (fructose) ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3 ได้รับความพึงพอใจจากผู้บริโภคมากที่สุดมีคะแนนความชอบโดยรวม 7.00

วิลาวัลย์ และคณะ (2560) ได้ผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์แคนตาลูปที่ผลิตจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เอมี่ พันธุ์เอกะ และพันธุ์คิโมจิ โดยปรับปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์แคนตาลูปเป็นร้อยละ 7 แล้วหมักด้วยเชื้อ *A. pasteurianus* โดยใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร ทำการหมักที่อุณหภูมิห้อง นาน 15 วัน และนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุกๆ 5 วัน ผลปรากฏว่าปริมาณแอลกอฮอล์มีแนวโน้มลดลง และปริมาณกรดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์แคนตาลูปพันธุ์เอมี่ ให้ปริมาณกรดอะซิติกสูงที่สุดเป็น ร้อยละ 7.31± 0.07

วิลาวัลย์ และคณะ (2560) ได้ทำการผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์สับปะรด 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์หอมสุวรรณ พันธุ์ห้วยมุ่น พันธุ์ปัตตาเวีย และพันธุ์ตราดสีทอง โดยนำไวน์สับปะรดที่หมักได้ไปปรับปริมาณของแอลกอฮอล์ เป็นร้อยละ 10 แล้วเติมเชื้อ *A. pasteurianus* ในปริมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตร ทำการหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน และตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างทุกๆ 5 วัน พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาในการหมัก ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หลังสิ้นสุดการหมัก พบว่าน้ำส้มสายชูที่ทำจากสับปะรดสายพันธุ์ตราดสีทอง มีปริมาณกรดทั้งหมดสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 3.09±0.04 และรองลงไปคือน้ำส้มสายชูที่ทำจากสับปะรดสายพันธุ์ห้วยมุ่น (ร้อยละ 2.82±0.26)

และเมื่อทดสอบประสาทสัมผัสตัวอย่างน้ำส้มสายชูพร้อมดื่มจากน้ำส้มสายชูจากสับปะรด 4 สายพันธุ์ที่หมักไว้ โดยใช้การทดสอบแบบ 9-point Hedonic scale คือ การให้คะแนนในช่วง 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) -9 (ชอบมากที่สุด) พบว่า ผลิตภัณฑ์จากสับปะรดสายพันธุ์ห้วยมุ่น ได้รับคะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลี่ยความชอบรวมสูงสุด เป็น 6.20+1.69 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ ชอบเล็กน้อย ตามหลักเกณฑ์ 9-point hedonic scale

รวิสรา และยุพารัตน์ (2564) หมักน้ำส้มสายชูโดยใช้เนื้อและเปลือกของลิ้นจี่ตกเกรด (*Litchi chinensis* Sonn.) พันธุ์ฮงฮวย และศึกษาวิเคราะห์หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเนื้อและเปลือกของลิ้นจี่ต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของเนื้อและเปลือกลิ้นจี่ คือ 1:3 โดยปริมาตร โดยมีปริมาณกรดอะซิติกและแอลกอฮอล์ เท่ากับ ร้อยละ 1.98 และร้อยละ 0.3 ตามลำดับ เมื่อมีการเสริมด้วยเปลือกลิ้นจี่ทำให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์สูงขึ้น

Ameyapoh และคณะ (2010) ศึกษาปัจจัยทางเคมีกายภาพของน้ำส้มสายชูหมักจากมะม่วง (*Mangifera indica*) โดยนำน้ำมะม่วง 200 มิลลิลิตร ปรับปริมาณน้ำตาลเป็น 20°Brix และใช้วิธีการหมักอย่างต่อเนื่องโดยผลิตไวน์มะม่วงด้วยเชื้อ *S. cerevisisae* ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 144 ชั่วโมง จากนั้นใช้แบคทีเรียกรดอะซิติกเพื่อเปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นกรดอะซิติก โดยทำการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน วิเคราะห์ปริมาณเอทานอลและกรดอะซิติกในระหว่างกระบวนการหมักน้ำส้มสายชู โดยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟีและวิธีไทเทรต ตามลำดับ ผลจากการศึกษาปรากฏว่า ภายใน 72 ชั่วโมง สามารถผลิตเอทานอลได้ 22.4 กรัมต่อลิตร เมื่อเวลาผ่านไป 288 ชั่งโมง ปริมาณเอทานอลร้อยละ 93 ถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดอะซิติก

Konate และคณะ (2015) ศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูจากน้ำกล้วยเข้มข้น (*Musa* ssp.) โดยหมักน้ำกล้วยเข้มข้นกล้วยด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* โดยปรับให้มีปริมาณของแข็งเริ่มต้นเป็น 11°Brix หลังจากหมักเป็นเวลา 7 วัน ได้ปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับร้อยละ 6.4 หลังจากนั้นทำการหมักแอลกอฮอล์ด้วยเชื้อ *A. pasteurianus* strain S3 และ *A. pasteurianus* strain S32 ซึ่งแยกได้จากไวน์ปาล์ม (*Elaeis guineensis*) พบว่า สามารถผลิตน้ำกรดอะซิติก ได้ 60 และ 58 กรัม/ลิตร จากเชื้อสายพันธุ์ S3 และ S32 ตามลำดับ

Adebayo-Oyetoro และคณะ (2017) นำมะม่วงมาแปรรูปเป็นน้ำมะม่วงเพื่อใช้ทำน้ำส้มสายชู เพื่อประเมินการผลิตและคุณภาพของน้ำส้มสายชูจากมะม่วง โดยแบ่งน้ำมะม่วงออกเป็นสองชุด โดยชุดแรกเติมน้ำตาลร้อยละ 20 ในขณะที่ชุดที่สองไม่เติมน้ำตาล จากนั้นเติม *S. cerevisae* ลงในน้ำผลไม้ในสองกระบวนการสำหรับการหมักขั้นต้น หมักเป็นเวลา 15 วัน หลังจากเติมแบคทีเรียกรดอะซิติกแล้ว หมักเป็นเวลา 15 วัน เพื่อผลิตน้ำส้มสายชู ทำการวิเคราะห์สีและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์เค้กที่เก็บรักษาไว้ด้วยน้ำส้มสายชู ผลการศึกษาพบว่า ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณแอลกอฮอล์ และกรดแกลลิค เท่ากับ 4.02 6.17 และ 0.513 กรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเค้กที่เก็บรักษาด้วยน้ำส้มสายชูไม่เป็นที่ยอมรับ ดังนั้นน้ำส้มสายชูที่ผลิตออกมาจึงไม่สามารถนำมาใช้ถนอมเค้กได้

Boonsupa (2018) ศึกษาปริมาณของสารฟีนอลลิกทั้งหมดในน้ำส้มสายชูหมักจากเบอร์รี่ โดยวิธี Folin-ciocalteau พบว่าระดับของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่ตรวจพบในน้ำส้มสายชูเบอร์รี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ผลิตจากผลเบอร์รี่ชนิดต่างๆ ผ่านกระบวนการหมักแบบ 2 ขั้นตอน สังเกตว่าไวน์เบอร์รี่ที่ได้จากสายพันธุ์แครนเบอร์รี่ มีระดับของฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด (518.26 ± 11.25 มิลลิกรัมต่อลิตร) และน้ำส้มสายชูที่วัดเมื่อสิ้นสุดการหมักอะซิติก มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงสุดที่ 250.02 ± 24.19 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งต่ำกว่าที่ตรวจพบในน้ำส้มสายชูสตรอเบอร์รี่มาก (683 ± 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (Ubeda และคณะ, 2013)

Boonsupa (2019) ได้ทำการศึกษาน้ำส้มสายชูมะม่วงที่ผลิตจากมะม่วง 5 สายพันธุ์ ได้แก่ น้ำดอกไม้ กะลอนแก้ว โชคอนันต์ และมหาชนก โดยผลิตน้ำส้มสายชูจากมะม่วงผ่านกระบวนการหมักแบบสองขั้นตอน ขั้นแรกคือการผลิตแอลกอฮอล์ และขั้นที่สองคือการผลิตกรดอะซิติก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำมะม่วงถูกปรับเป็น 22 °Brix ก่อนทำการหมัก สำหรับการหมักแอลกอฮอล์ใช้ *S. cerevisiae* เป็นหัวเชื้อ ในขณะที่ *A. pasteurianus* ใช้สำหรับผลิตกรดอะซิติก เมื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และประเมินผลทางประสาทสัมผัสในระหว่างกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ พบว่าตัวอย่างทั้งหมดมีระดับของของแข็งที่ละลายได้ลดลงอย่างต่อเนื่อง และปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ไวน์ที่ผลิตจากมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีระดับแอลกอฮอล์สูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 14.82 และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เป็นร้อยละ 80.21 สำหรับการผลิตกรดอะซิติก ระดับแอลกอฮอล์จะลดลงอย่างต่อเนื่องและปริมาณของกรดอะซิติกจะสูงขึ้น เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ปริมาณกรดอะซิติกสูงสุดเท่ากับร้อยละ 6.96 ซึ่งพบในน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากพันธุ์กะลอน ในขณะที่พันธุ์มหาชนก มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในระดับสูงสุดร้อยละ 91 และการประเมินผลทางประสาทสัมผัส พบว่า น้ำส้มสายชูที่จากมะม่วงพันธุ์แก้ว มีการยอมรับโดยรวมสูงสุดด้วยคะแนนเฉลี่ย 6.23 ซึ่งบ่งชี้ว่าระดับความชอบของน้ำส้มสายชูอยู่ในระดับเป็นที่น่าพอใจเล็กน้อยของผู้บริโภค

Boonsupa และคณะ (2019) ศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูจากกล้วย 4 สายพันธุ์ คือ กล้วยไข่พระตะบอง (Khai Pra Tabong) กล้วยนาค (Nak) กล้วยหิน (Hin) และกล้วยพม่าแหกคุก (Phama Haek Kuk) โดยปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้เป็น 25°Brix ก่อนจะนำไปหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* เมื่อได้ไวน์กล้วยแล้วจึงเติมหัวเชื้อ *A. pasteurianus* เพื่อหมักน้ำส้มสายชู และพบว่าระหว่างที่ทำการหมักแอลกอฮอล์ ไวน์กล้วยทุกชนิดจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลงอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ปริมาณแอลกอฮอล์จะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนตลอดสิ้นสุดการหมัก นอกจากนั้นแล้วพบว่าไวน์ที่ผลิตจากกล้วยกล้วยพม่าแหกคุก มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุดร้อยละ 9.54 และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดร้อยละ 87.04 ในทำนองเดียวกันระหว่างที่ทำการหมักกรดอะซิติกจากไวน์กล้วยทุกสายพันธุ์ พบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์จะลดลงอย่างต่อเนื่อง และปริมาณกรดอะซิติกจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดกระบวนการหมัก นอกจากนั้นแล้วพบว่ากล้วยพม่าแหกคุก สามารถผลิตน้ำส้มสายชูได้ในปริมาณสูงที่สุดร้อยละ 3.49 กล้วยไข่พระตะบองมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้สูงที่สุดร้อยละ 80.59 เมื่อทดสอบความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสพบว่าน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยไข่พระตะบองได้รับการยอมรับมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zhai และคณะ (2021) พัฒนาและปรับปรุงคุณภาพการทำน้ำส้มสายชูจาก Crabapple (*Malus asiatica*) โดยใช้วิธีการหมักแบบแบคทีเรียผสม โดยเติม *Lactobacillus plantarum* B7 ในกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ พบว่า กรดรวมและเอสเตอร์ทั้งหมดในน้ำส้มสายชูเพิ่มขึ้นร้อยละ 30.51 และ 22.67 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์ สารเคมีและวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 วัตถุดิบ

(1) กล้วยหอม กล้วยเล็บมือนาง กล้วยน้ำว้า

(2) น้ำตาลทราย

(3) น้ำสะอาด

(4) *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5049

(5) *Acetobacter pasteurianus* TISTR 102

3.1.2 สารเคมี

(1) น้ำกลั่นปราศจากเชื้อ

(2) 0.1 N NaOH

(3) 0.1 N KHP

(4) 1% Phenolphthalein

(5) 1% DNS

(6) 70% Ethanol

(7) 10% Na_2CO_3

(8) Folin-Ciocalteau

(9) Potassium sodium tartrate

(10) Gallic acid

(11) เอนไซม์อะไมเลสทนร้อน (iKnowZyme® HTAA)

3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

(1) อุปกรณ์ครัว

(2) ถังน้ำพลาสติกขนาด 6 ลิตร

(3) เครื่องแก้ว

(4) หลอดไมโครเซ็นติฟิวก์ (Microcentrifuge tube)

(5) พาราฟิล์ม

(6) เครื่องชั่งสปริง

(7) เครื่องชั่งดิจิตัล 2 ตำแหน่ง

(8) pH meter

(9) Digital refractometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(10) Ebulliometer

(11) UV-VIS spectrophotometer

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 วิธีการผลิตไวน์กล้วย

3.2.1.1 กระบวนการเตรียมน้ำกล้วย

การศึกษานี้ใช้กล้วยสุก 3 สายพันธุ์ คือ กล้วยน้ำว้า กล้วยเล็บมือนาง และกล้วยหอมทอง ดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยชุดการทดลองแรกจะนำกล้วยมาปอกเปลือกออกและหั่นกล้วยเป็นชิ้นเล็กๆ เติมน้ำลงไป ในอัตราส่วนระหว่างกล้วยต่อน้ำ เป็น 1:4 แล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น จากนั้นนำไปต้มโดยให้ความร้อนถึงอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 20 นาที แล้วปรับความหวานให้ได้ 22˚Brix ก็จะได้พิวรีกล้วย ส่วนชุดการทดลองที่สองจะทำเช่นเดียวกันกับชุดแรก แต่หลังต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที จะมีการเติม สารละลายเอนไซม์อะไมเลส (iKnowZyme® HTAA) ร้อยละ 5 โดยปริมาตร ลงไป และทิ้งให้เอนไซม์อะไมเลสทำการย่อยแป้งในกล้วยแต่ละชนิด เป็นเวลา 15 นาที แล้วปรับความหวานให้ได้ 22˚Brix และวัดความเป็นกรดด่างของพิวรีกล้วยทุกชนิดทั้งชุดการทดลองที่ 1 และ ชุดการทดลองที่ 2 จากนั้นรอจนกระทั่งพิวรีกล้วยมีอุณหภูมิลดลงประมาณ 30 องศาเซลเซียส เทพิวรีกล้วยลงในถังหมัก (ถังน้ำพลาสติกใส) ขนาด 6 ลิตร ปิดฝาให้สนิท

(A) (B) (C)

รูปที่ 3.1 กล้วยสุกสายพันธุ์ต่างๆ
(A) กล้วยน้ำว้า (B) กล้วยเล็บมือนาง (C) กล้วยหอมทอง

3.2.1.2 กระบวนการเตรียมหัวเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*

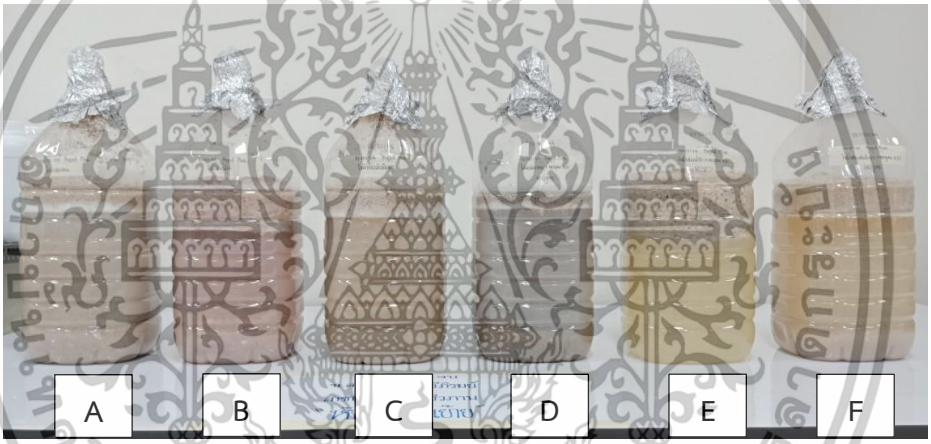
ในการเตรียมเชื้อเริ่มต้นเพื่อใช้ในกระบวนการหมักไวน์กล้วย ทำโดยเขี่ยเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* TISTR 5049 ที่เลี้ยงใน Potato Dextrose Agar slant (PDA slant) จำนวน 2 loop ลงในอาหาร Potato Dextrose Broth (PDB) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่บรรจุอยู่ในฟลาสก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด 250 มิลลิลิตร เลี้ยงเชื้อบนเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อใช้ในการทดลองถัดไป

3.2.1.3 กระบวนการหมักไวน์กล้วย

นำหัวเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* TISTR 5049 ที่เตรียมไว้จากข้อ 3.2.1.2 ปริมาณร้อยละ 5 เติมลงในน้ำกล้วยแต่ละชนิดที่ได้จากข้อ 3.2.1.1 ซึ่งบรรจุในถังหมัก ขนาด 6 ลิตร แล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน แสดงดังรูปที่ 3.2 และ รูปที่ 3.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำน้ำหมักจากกล้วยแต่ละชุดการทดลอง มากรองผ่านผ้าขาวบาง เพื่อแยกเอาตะกอนออกจากส่วนของเหลว นำไวน์ที่ได้ไปบรรจุใส่ขวดแก้ว แล้วทำการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำไวน์ไปตรวจวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณร้อยละของแอลกอฮอล์ และไวน์กล้วยจะถูกนำไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.2 การผลิตไวน์กล้วย (Day 0) ในถังหมักขนาด 6 ลิตร ที่อุณหภูมิห้อง

A. ไวน์กล้วยหอมทองที่ไม่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส

B. ไวน์กล้วยน้ำว้าที่ไม่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส

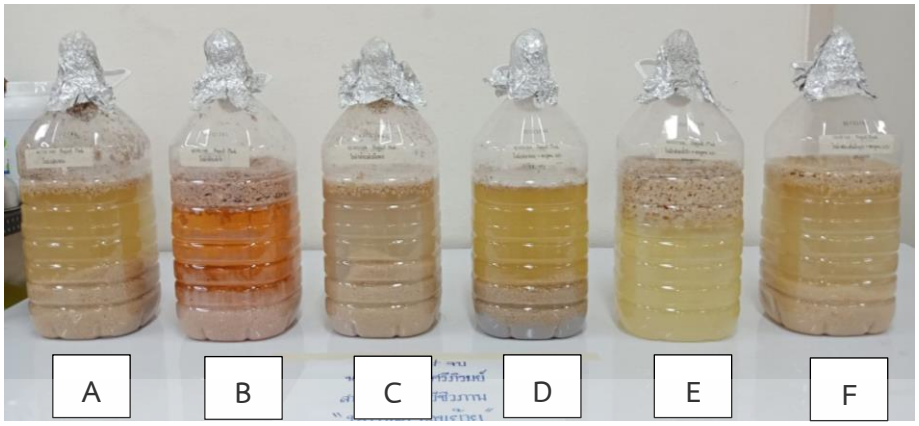
C. ไวน์กล้วยเล็บมือนางที่ไม่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส

D. ไวน์กล้วยหอมทองที่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส

E. ไวน์กล้วยน้ำว้าที่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส

F. ไวน์กล้วยเล็บมือนางที่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 การผลิตไวน์กล้วยในถังหมักขนาด 6 ลิตร ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน

A. ไวน์กล้วยหอมทองที่ไม่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส

B. ไวน์กล้วยน้ำว้าที่ไม่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส

C. ไวน์กล้วยเล็บมือนางไม่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส

D. ไวน์กล้วยหอมทองที่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส

E. ไวน์กล้วยน้ำว้าที่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส

F. ไวน์กล้วยเล็บมือนางที่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส

3.2.2 วิธีการผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์กล้วย

3.2.2.1 การเตรียมหัวเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter pasteurianus*

นำเชื้อแบคทีเรีย *A. pasteurianus* TISTR 102 ที่เลี้ยงในอาหาร Glucose Yeast Agar ปริมาณ 2 loop เขี่ยลงในอาหาร Glucose Yeast Broth ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 150 รอบ/นาที เลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปใช้เป็นหัวเชื้อในกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูต่อไป

3.2.2.2 กระบวนการหมักน้ำส้มสายชู

นำไวน์กล้วยทุกชุดการทดลองมาทำการเจือจางด้วยน้ำเพื่อให้ไวน์แต่ละชนิดมีปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร นำไวน์ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 1 ลิตร จากนั้นเติมแบคทีเรีย *A. pasteurianus* TISTR 102 ปริมาณร้อยละ 10 ปิดฝาให้สนิท เขย่าให้เข้ากัน แล้วหมักต่ออีก 15 วัน ในสภาวะที่ใช้อากาศ เก็บตัวอย่างทุก 5 วัน จนกระทั่งครบ 15 วัน เพื่อตรวจวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณร้อยละของแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดอะซิติก ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด นำน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยไปพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วทำให้เย็น วัดปริมาตรของน้ำส้มสายชูที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วย

3.2.3.1 การหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

วิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำส้มสายชูหมักโดยใช้เครื่อง Digital refractometer ซึ่งจะต้องปรับค่ามาตรฐานของเครื่องด้วยน้ำกลั่นก่อนทำการวัดทุกครั้ง ทำการวัดตัวอย่างโดยหยดน้ำส้มสายชูจากกล้วย 1 หยด อ่านค่าที่ได้ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

3.2.3.2 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

นำน้ำส้มสายชูหมักมาตรวจวัดค่าความเป็นกรด-เบส ด้วยเครื่อง pH meter โดยปรับค่ามาตรฐานในการวัดแต่ละครั้งด้วยสารละลายที่มีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 4.00 และ 7.00 ตามลำดับ ทำการวัดตัวอย่างโดยใช้น้ำส้มสายชูหมักจากกล้วย ปริมาตร 20 มิลลิลิตร อ่านค่าที่ได้ และทำการตรวจวัด 3 ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

3.2.3.3 การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์

วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้เครื่อง Ebulliometer (Per Vinum J. Salleron Dujardin ประเทศฝรั่งเศส) โดยการวัดแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยวัดหาจุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์ก่อนที่จะวัดหาจุดเดือดของไวน์ ดังวิธีการต่อไปนี้

1. การวัดจุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์ โดยตวงน้ำกลั่นลงหลอดแก้วให้ตรงกับขีด EAU (ปริมาตรน้ำกลั่นที่ใช้ 30 มิลลิลิตร) เทน้ำกลั่นใส่ chamber สำหรับใส่ตัวอย่าง และติดตั้งคอนเดนเซอร์พร้อมเติมน้ำลงไป ใส่เทอร์โมมิเตอร์เพื่อใช้วัดอุณหภูมิ โดยอย่าให้แตะกับคอนเดนเซอร์ด้านหลัง จุดตะเกียงแอลกอฮอล์ แล้วรอให้น้ำกลั่นเดือดจนกระทั่งอุณหภูมิคงที่ ปรับค่าบนแผ่นสเกลให้ตรงกับจุดเดือดของน้ำ จากนั้นเทน้ำออกจาก chamber

2. การวัดจุดเดือดของไวน์ โดยตวงไวน์ใส่ลงในหลอดแก้วจนถึงขีด VIN (ปริมาตรไวน์ที่ใช้ 50 มิลลิลิตร) เทไวน์ใส่ chamber สำหรับใส่ตัวอย่าง ซึ่งจะต้องกลั้ว chamber ด้วยตัวอย่างไวน์ก่อนจะวัดหาแอลกอฮอล์ และติดตั้งคอนเดนเซอร์พร้อมเติมน้ำเย็นลงไป ใส่เทอร์โมมิเตอร์เพื่อใช้วัดอุณหภูมิ โดยอย่าให้แตะกับคอนเดนเซอร์ด้านหลัง จุดตะเกียงแอลกอฮอล์ แล้วรอให้ไวน์เดือดจนกระทั่งอุณหภูมิคงที่ วิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์ โดยอ่านค่าเปอร์เซนต์ปริมาณแอลกอฮอล์ ที่ตรงกับค่าจุดเดือดของไวน์ที่อ่านได้บนแผ่นสเกล ซึ่งทุกครั้งที่เปลี่ยนตัวอย่างไวน์ต้องล้างทำความสะอาด boiling chamber ทุกครั้ง และเปลี่ยนน้ำเย็นในส่วนควบแน่นอยู่เสมอ

3.2.3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก

การหาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก (A.O.A.C., 2000) ตรวจวัดปริมาณกรดทั้งหมดโดยการไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล โดยใช้สารละลายฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ (indicator) ไทเทรตจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูถาวร บันทึกปริมาตร NaOH ที่ใช้ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาหาความเข้มข้นของกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชู แล้วสามารถคำนวณปริมาณกรด (%) จากสูตรได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณกรดอะซิติก (g/100ml) = C x V x MW x 100/1,000x10

โดย C = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน NaOH (mol/dm^3)

V = ปริมาตร (ml) ของสารละลายมาตรฐาน NaOH ที่ไทเทรต

MW = น้ำหนักโมเลกุลของกรดอะซิติก (g)

3.2.3.5 วัดปริมาณร้อยละของน้ำตาลรีดิวซ์

วัดปริมาณร้อยละของน้ำตาลรีดิวซ์โดยใช้วิธี DNS method (Miller, 1959) เตรียมสารละลายมาตรฐานกลูโคสเข้มข้น 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟมาตรฐาน ซึ่งวิธีการเตรียมกราฟมาตรฐานกลูโคสแสดงดังภาคผนวก ค จากนั้นทำการวิเคราะห์น้ำส้มสายชูจากกล้วย โดยปิเปตน้ำส้มสายชูจากกล้วยมาอย่างละ 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 25 มิลลิลิตร สารผสมที่ได้เรียกว่า สต๊อกตัวอย่าง ปิเปตจากสต๊อกตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร แทนสารละลายมาตรฐานกลูโคส ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน แล้วคำนวณหาปริมาณร้อยละของน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำส้มสายชูจากกล้วย

3.2.3.6 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Singleton และคณะ 1965)

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยปิเปตตัวอย่างละ 1.0 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองและเติมน้ำกลั่น 9.5 มิลลิลิตร (สำหรับ blank ใช้เอทานอลร้อยละ 95 แทนสารตัวอย่าง) เติมสารละลาย Folin-ciocalteau ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค (มิลลิกรัม/ลิตร)

3.2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้การทดสอบแบบ 9-point Hedonic scale ช่วงคะแนน 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) -9 (ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบชิม โดยเป็นผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 20 คน ให้คะแนนความชอบในด้านสี กลิ่นน้ำส้มสายชู รสเปรี้ยว รสหวาน และความชอบรวม และนำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวิเคราะห์หาค่า Standard Deviation ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 ผลการเปลี่ยนทางเคมีของไวน์กล้วย

เมื่อทำการหมักไวน์กล้วย 3 ชนิด ได้แก่ กล้วยน้ำว้า กล้วยเล็บมือนาง และกล้วยหอมทอง ซึ่งแบ่งการทดลองเป็น 2 ชุดการทดลอง โดยที่ชุดที่ 1 กล้วยทุกชนิด จะไม่ผ่านการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์ ส่วนชุดที่ 2 จะทำการย่อยแป้งในกล้วยทุกชนิดด้วย เอนไซม์อะไมเลสทนร้อน (iKnowZyme® HTAA) ร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร หลังจากทำการหมักไวน์เป็นเวลา 15 วัน ได้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง พบว่า พิวรีกล้วยน้ำว้า กล้วยเล็บมือนาง และกล้วยหอมทอง ทั้งที่ผ่านการย่อยและไม่ผ่านการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส มีค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น ในช่วง 4.53-5.10 เมื่อทำการหมักไวน์เป็นเวลานาน 15 วัน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในทุกชุดการทดลองมีค่าลดลง อยู่ในช่วง 3.70-3.90 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของของ Samuel และคณะ (2016) ที่รายงานว่าในการหมักไวน์ปาล์ม ค่าเป็นกรด-ด่าง จะสูงที่สุดในวันแรกของการหมักคือเท่ากับ 6.9 และค่าความเป็นกรด-ด่าง จะลดลงเมื่อหมักไวน์ปาล์มเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 4.6 ในวันที่ 7 ของการหมัก และสอดคล้องกับรายงานของ Okafor (1978) และ Faparusi และ Bashir (1972) ที่กล่าวว่าปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดลง ซึ่งบ่งบอกว่าการลดลงของความเป็นกรด-ด่าง ส่งผลให้ยีสต์มีการผลิตแอลกอฮอล์ได้มากขึ้นและเป็นการยับยั้งการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ ทำนองเดียวกัน ประภาพันธ์ และคณะ (2563) รายงานเกี่ยวกับการผลิตไวน์กระเจี๊ยบ และไวน์กระเจี๊ยบผสมลูกหม่อนที่หมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* TISTR 5918 โดยหมักเป็นเวลา 25 วัน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าอยู่ระหว่าง 2.80-3.20 และ 3.40-3.60 ในไวน์กระเจี๊ยบ และไวน์กระเจี๊ยบผสมลูกหม่อน ตามลำดับ ซึ่งในกระบวนการผลิตไวน์ค่าความเป็นกรด-ด่างจะต้องลดลงตลอดระยะเวลาที่ทำการหมัก เนื่องจากยีสต์มีการย่อยสลายน้ำตาลให้กลายเป็นกรดอินทรีย์ จากนั้นจะมีการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ให้กลายเป็นแอลกอฮอล์ (Podkumnerd และ Prasongchan, 2013) ในกระบวนการหมักไวน์ ซึ่งเป็นกระบวนการหมักที่ทำให้เกิดแอลกอฮอล์ โดยการเปลี่ยนไพรูเวตให้เป็นเอทานอล ในสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งยีสต์จะใช้น้ำตาลส่วนหนึ่งเพื่อการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์ และใช้น้ำตาลบางส่วนในการสังเคราะห์สารแมเทบอไลต์อื่นๆ ได้แก่ เอทานอล ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรดอะซิติก กรดแลคติก กรดซักซินิก เป็นต้น ซึ่งกรดที่เกิดขึ้นมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลง (วันเพ็ญ, 2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่าง ในไวน์กล้วย หลังจากหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน

ชุดการทดลอง	ค่าความเป็นกรด-ด่าง เริ่มต้น ของพิวรีกล้วย	ค่า pH ของไวน์กล้วยเมื่อหมักเป็นเวลา 15 วัน
กล้วยน้ำว้าที่ไม่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส	4.57	3.88
กล้วยเล็บมือนางไม่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส	4.84	3.90
กล้วยหอมทองไม่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส	5.26	3.82
กล้วยน้ำว้าที่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส	4.53	3.70
กล้วยเล็บมือนางที่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส	4.80	3.85
กล้วยหอมทองที่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส	5.10	3.85

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ของพิวรีกล้วยทั้งที่มีการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลสและไม่ได้ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลสถูกปรับความหวานด้วยน้ำตาลทรายให้มีค่าเท่ากับ 22°Brix เมื่อศึกษาผลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด หลังจากหมักไวน์เป็นระยะเวลา 15 วัน พบว่าไวน์กล้วยทุกชุดการทดลองมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลง อยู่ในช่วง 4.9-10.1°Brix ดังแสดงในตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า เมื่อระยะเวลาในการหมักนานขึ้นเชื้อยีสต์จะใช้น้ำตาลในการเจริญเติบโต ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Boonsupa และคณะ (2019) ที่รายงานเกี่ยวกับการผลิตน้ำส้มสายชูจากกล้วย 4 สายพันธุ์ โดยพบว่าระหว่างที่ทำการหมักแอลกอฮอล์ ไวน์กล้วยทุกชนิดจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลงอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ปริมาณแอลกอฮอล์จะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดจนสิ้นสุดการทดลอง และในทำนองเดียวกันกับงานวิจัยของประภาพันธ์ และคณะ (2563) ที่ได้ศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในไวน์กระเจี๊ยบ และไวน์กระเจี๊ยบผสมลูกหม่อน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจากไวน์ทั้งสองชนิด มีแนวโน้มลดลง และปริมาณแอลกอฮอล์มีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น โดยเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักพบว่าปริมาณแอลกอฮอล์มีค่าเท่ากับร้อยละ 5.00 และ 7.70 โดยปริมาตรตามลำดับ เช่นเดียวกันกับ วิลาวัลย์ และคณะ (2562) ที่รายงานว่าการหมักไวน์ส้มโอซึ่งได้ปรับความหวานเริ่มต้นเป็น 21°Brix และเมื่อทำการหมักไวน์เป็นเวลา 5 วัน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้จะลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 5-6°Brix นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในไวน์ลำดวนในอัตราส่วนของลำดวนต่อน้ำที่ 1:1, 1:2 และ 1:3 ที่ระยะเวลาการหมัก 1 สัปดาห์ พบว่าหลังจากหมัก 7 วัน ปริมาณTSS ลดลงทุกอัตราส่วน และตัวอย่างไวน์ลำดวนที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 ค่า TSS ลดลงมากที่สุด โดยลดลงจาก 20°Brix เหลือเพียง 8.67±0.35 และ 10.83±0.15°Brix (นุจรี และคณะ, 2563)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในไวน์กล้วย หลังจากหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน

ชุดการทดลอง	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) หลังจากหมักนาน 15 วัน
กล้วยน้ำว้าที่ไม่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส	10.1
กล้วยเล็บมือนางไม่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส	5.8
กล้วยหอมทองไม่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส	4.9
กล้วยน้ำว้าที่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส	8.2
กล้วยเล็บมือนางที่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส	5.8
กล้วยหอมทองที่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส	5.2

เมื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์กล้วยหลังจากหมักเป็นระยะเวลา 15 วัน พบว่าไวน์กล้วยทุกชุดการทดลองมีปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น อยู่ในช่วงร้อยละ 12.10-15.25 ดังแสดงในตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า เมื่อระยะเวลาในการหมักนานขึ้นเชื้อยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์ ตามทฤษฎีของการหมักแอลกอฮอล์ด้วยยีสต์ ในสภาวะไม่มีออกซิเจน โดยเชื้อยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (วันเพ็ญ, 2556) และจากปริมาณแอลกอฮอล์ของไวน์กล้วยเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน คือ การนำวัตถุดิบจำพวกผลไม้หรือน้ำผลไม้มาผ่านกรรมวิธีการผลิตไวน์ผลไม้ ต้องมีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15 ดีกรี/ร้อยละโดยปริมาตร (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2545) จากการทดลองจะเห็นว่าเมื่อนำกล้วยทุกชนิดไปย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลสก่อนจะนำไปหมักไวน์ พบว่ากล้วยเล็บมือนางจะให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 14.50 และกล้วยน้ำว้าจะให้ปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 10.90 ส่วนชุดการทดลองที่กล้วยไม่ถูกย่อยแป้งด้วยเอนไซม์เมื่อนำไปหมักไวน์ พบว่าไวน์กล้วยน้ำว้าจะให้แอลกอฮอล์ต่ำที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 12.10 ส่วนไวน์จากกล้วยหอมทองให้แอลกอฮอล์สูงสุด (ร้อยละ 15.25) เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ผลิตน้ำส้มสายชูจากน้ำมะม่วง โดยหมักเป็นเวลา 15 วัน พบว่าให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด เป็นร้อยละ 6.75% (Adebayo-Oyetoro และคณะ, 2017) ผลที่ได้ต่างจากงานวิจัยของ วิลาวัลย์ และคณะ (2562) ที่หมักไวน์ส้มโอเป็น เวลา 5 วัน โดยพบว่าในวันที่ 5 ไวน์ที่ทำจากส้มโอสายพันธุ์ทับทิมสยามมีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดเป็นร้อยละ 15.24 + 0.50 เช่นเดียวกับรายงานในไวน์ลำดวนหลังจากหมัก 7 วัน พบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์ในวันสุดท้ายของการหมักไวน์ลำดวน มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดเท่ากับ ร้อยละ 15.00 (นุจรี และคณะ, 2563) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงชนิดของวัตถุดิบที่มีความแตกต่างกันจะส่งผลต่อการผลิตแอลกอฮอล์ วัตถุดิบบางชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีที่เหมาะสมแตกต่างกันโดยเฉพาะน้ำตาลที่เป็นแหล่งคาร์บอนสำคัญต่อการเจริญของเชื้อยีสต์ (Tesfaye และคณะ, 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์กล้วย หลังจากหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน

ชุดการทดลอง	ร้อยละของปริมาณแอลกอฮอล์
กล้วยน้ำว้าที่ไม่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส	12.10
กล้วยเล็บมือนางที่ไม่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส	14.55
กล้วยหอมทองที่ไม่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส	15.25
กล้วยน้ำว้าที่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส	10.90
กล้วยเล็บมือนางที่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส	14.50
กล้วยหอมทองที่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลส	14.20

4.2 ผลการเปลี่ยนทางเคมีของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วย

เนื่องจากการหมักไวน์กล้วยโดยใช้กล้วยที่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลสกับกล้วยที่ไม่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงเลือกเอาไวน์กล้วยทุกชนิดที่กล้วยไม่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์มาใช้เพื่อหมักน้ำส้มสายชู โดยได้ทำการเจือจางแอลกอฮอล์ในไวน์กล้วยทุกชนิด ให้มีปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้น เป็นร้อยละ 10 ก่อนจะนำไปหมักด้วยเชื้อ *A. pasteurianus* TISTR 102 ที่ใช้ปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้น ร้อยละ 10 โดยปริมาตร แล้วหมักเป็นเวลา 15 วัน ในสภาวะที่ใช้อากาศเพื่อผลิตน้ำส้มสายชูหมัก เนื่องจากแบคทีเรียอะซิตริกเป็นแบคทีเรียแบบ aerobe microbe ซึ่งจำเป็นต้องใช้อากาศในการเจริญและผลิตกรดอินทรีย์ (สมใจ, 2550) และเมื่อเก็บตัวอย่างทุก 5 วัน จนกระทั่งครบ 15 วัน ตรวจวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดอะซิติก ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก แต่เนื่องด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ทางสถาบันได้ออกประกาศไม่ให้มีการเข้าไปปฏิบัติงานภายในสถาบัน ทำให้ไม่สามารถดำเนินการในส่วนของการทำน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วยต่อไปได้

จากการทดลองนี้ซึ่งปรับให้ไวน์กล้วยทุกชนิดมีปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้น เท่ากับ ร้อยละ 10 โดยปริมาตร ก่อนจะนำไปหมักโดยใช้เชื้อ *A. pasteurianus* มีความสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ ซึ่งมีรายงานจาก วิลาวัลย์ (2560) ที่ศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูผลไม้จากสับปะรด 4 สายพันธุ์ โดยทำการหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *A. pasteurianus* เป็นเวลา 15 วัน พบวา ในวันที่ 15 ของการหมักน้ำส้มสายชูหมักจากสับปะรดทั้ง 4 สายพันธุ มีปริมาณแอลกอฮอล์ลดลงตลอดระยะเวลาในการหมัก พบว่า มีปริมาณกรดทั้งหมดสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 3.09+0.04 และยังสอดคล้องกับ วราวุฒิ (2532) ที่รายงานว่า ความเข้มข้นของเอทานอลมีผลต่อกระบวนการผลิตกรดอะซิติก และส่วนใหญ่ความเข้มข้นของเอทานอลจะอยู่ในช่วงร้อยละ 8-12 และมีการศึกษาผลของความเข้มข้นของแอลกอฮอล์เริ่มตนที่แบ่งเป็น 3 ระดับ (ร้อยละ 6 ร้อยละ 9 และร้อยละ 12) ในการพัฒนาเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน ผลปรากฏว่า ที่ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์เริ่มต้นร้อยละ 9 ได้ปริมาณกรดอะซิติกมาก

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ที่สุด คือ ร้อยละ 1.07±0.01 (เอื้องพลอย, 2552) ซึ่งต่างจากงานวิจัยของ รวิสรา และยุพารัตน์ (2564) ที่พัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากลิ้นจี่ โดยใช้แบคทีเรีย *A. aceti* เป็นหัวเชื้อในปริมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตร และทำการหมักเป็นเวลา 8-10 วัน พบว่าได้ปริมาณกรดอะซิติก ร้อยละ 1.98 และยังมีงานวิจัยการผลิตน้ำส้มสายชูจากซังขนุน และเมล็ดขนุน หมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ซึ่งให้ปริมาณแอลกอฮอล์แตกต่างกัน คือ ร้อยละ 2.5 5.0 10.0 และ 20.0 โดยปริมาตร เมื่อหมักเป็นเวลา 11 วัน พบว่า แอลกอฮอล์เริ่มต้นที่ร้อยละ 10 มีปริมาณกรดแอซิติกสูงสุด ร้อยละ 4.5 และ 5.2 ตามลำดับ (ยุวรัตน์ และสาวิตรี, 2019) เห็นได้ว่า นอกจากปัจจัยในเรื่องชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูแล้ว ชนิดและสายพันธุ์แบคทีเรียที่ใช้อาจมีผลต่อปริมาณและเวลาในการหมัก ซึ่งทำให้ได้กรดอะซิติกในปริมาณที่แตกต่างกัน (Spinosa และคณะ, 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลการเปลี่ยนทางเคมีของไวน์กล้วย

จากผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของไวน์กล้วย ซึ่งแบ่งการทดลองเป็น 2 ชุดการทดลอง โดยที่ชุดที่ 1 กล้วยทุกชนิด จะไม่ผ่านการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์ ส่วนชุดที่ 2 จะทำการย่อยแป้งในกล้วยทุกชนิดด้วย เอนไซม์อะไมเลสทนร้อน ร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร โดยใช้เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* TISTR 5049 และหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 15 วัน เมื่อทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ พบว่า เมื่อสิ้นสุดการหมัก ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเล็กน้อย และมีค่าอยู่ในช่วง 3.70-3.90 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลง อยู่ในช่วง 4.9-10.1˚Brix ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงร้อยละ 10.9-15.25 โดยปริมาตร และไวน์กล้วยทุกชนิดที่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลสก่อนจะนำไปหมักไวน์ พบว่ากล้วยหอมทองจะให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 15.25 และกล้วยน้ำว้าจะให้ปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 12.10 ส่วนชุดการทดลองที่กล้วยไม่ถูกย่อยแป้งด้วยเอนไซม์เมื่อนำไปหมักไวน์ พบว่าไวน์กล้วยน้ำว้าจะให้แอลกอฮอล์ต่ำที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 10.90 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างการหมักไวน์กล้วยโดยใช้กล้วยที่ย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลสกับกล้วยที่ไม่ผ่านการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลสในกล้วยทั้ง 3 สายพันธุ์นั้น พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้ ไม่แตกต่างกัน

5.1.2 ผลการเปลี่ยนทางเคมีของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วย

ไม่มีการทำการทดลองเนื่องด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 แต่มีการศึกษาและวางแผนการทดลอง ซึ่งมีแนวทางดังวิธีการทดลองในข้อ 4.2

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตไวน์กล้วยแต่ละชนิด เพื่อที่นำไวน์กล้วยไปเป็นสับสเตรตสำหรับการผลิตน้ำส้มสายชูหมักต่อไป

5.2.2 ควรวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในชุดการทดลองที่ 1 หลังจากมีการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้และพาสเจอไรซ์เรียบร้อยแล้ว และควรวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งก่อนและหลังจากมีการย่อยแป้งกล้วยด้วยเอนไซม์อะไมเลสในชุดการทดลองที่ 2 เช่นเดียวกัน

5.2.3 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำส้มสายชูหมักจากกล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรีน ฮอไรซัน ไซเดอร์. 2562. ประโยชน์ของน้ำส้มสายชูหมัก [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://greenhorizonthaifruitcider.lnwshop.com สืบค้น 27 พฤษภาคม 2564

จุฑามาศ มณีวงค์. 2551. การผลิตน้ำส้มสายชูจากสาโท. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

ฉกามาศ วงศ์ข้าหลวง. 2550. ประโยชน์ของน้ำส้มสายชู. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.fda.moph สืบค้น 25 พฤษภาคม 2564

โชติอนันต์ และคณะ. (2551). สมุนไพรไทย สำหรับงานสาธารณสุขมูลฐาน. หน้า 48, 131.

นุจรี สอนสะอาด, สุภาพร รผักชี และวิลาวัลย์ เกษร. 2563. สภาวะที่เหมาะสมในการหมักไวน์ลำดวนโดยใช้กล้าเชื้อแบบตรึงเซลล์. วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่1. ฉบับที่1 มกราคม - เมษายน 2563.

เทคโนโลยีชาวบ้าน. ผลิตภัณฑ์กล้วยเล็บมือนาง ของดีเมืองชุมพร [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: www.technologychaoban.com สืบค้น 12 มิถุนายน 2564

ธนาวรรณ สุขเกษม, กาญจน์ คุ้มทรัพย์, สุรเชษฐ์ เอี่ยมสำอาง, รุจิรา คุ้มทรัพย์, สมเพียร ฟักทอง และแสงจันทร์ สอนสว่าง. 2559. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากมะขาม (*Tamarindus indica* L.) และแนวทางการสร้างมูลค่าเพิ่มเชิงพาณิชย์. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

นฤมล จันทิมา, ศศิธร แท่นทอง และเบญจพร ศรีสุวรมาศ. 2558. การผลิตและการตรวจสอบคุณภาพน้ำส้มสายชูจากกล้วย. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ปีที่ 7. ฉบับที่ 7: หน้า 57 –76.

นิสา แซ่หลี. 2562. การหมักน้ำส้มสายชูมังคุดโดยเทคนิคการหมักรวมระหว่าง *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5279 และ *Gluconobacter oxydans* TRBC 4013. การประชุมวิชาการระดับชาติ “วลัยลักษณ์วิจัย” ครั้งที่ 11. วันที่ 27-28 มีนาคม 2562. 2019(3): หน้า 248.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2558. กล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204). 2543. เรื่อง น้ำส้มสายชู [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://food.fda.moph.go.th สืบค้น 25 พฤษภาคม 2564

ประภาพันธ์ ศิริขันธ์แสง, ณัฐมล แสนโคตร และละอองทิพย์ ชุ่มเสนา. 2563. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางประสาทสัมผัสของไวน์กระเจี๊ยบ และไวน์กระเจี๊ยบผสมลูกหม่อน. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ ปีที่ 13. ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน.

พิชญาดา เจริญจิต. 2561. ดรรชนีวารสาร [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://lib.doa.go.th สืบค้น 25 พฤษภาคม 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชเกษตร. 2558. กล้วย และการปลูกกล้วย [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: https://puechkaset.com สืบค้น 27 พฤษภาคม 2564

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2552). น้ำส้มสายชูหมัก. (มผช. 326/2547) [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://service.ifrpd.ku.ac.th สืบค้น 25 พฤษภาคม 2564

มาลัย เมืองน้อย และพิสมัย ศรีชาเยช. 2555. การผลิตน้ำส้มสายชูหมักและน้ำส้มสายชูพร้อมดื่ม. เอกสารประกอบการฝึกอบรม. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

เมดไทย, 2560. กล้วย สรรพคุณและประโยชน์ของกล้วย 33 ข้อ [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: https://medthai.com สืบค้น 23 พฤษภาคม 2564

ยุวรัตน์ พจน์พิศุทธิพงศ์ และ สาวิตรี วทัญญูไพศาล. 2562. การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากซังขนุนและเมล็ดขนุน. วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์. 18: 75-93.

รวิสรา รื่นไวย์ และยุพารัตน์ โพธิเศษ. 2021. สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำส้มสายชูหมักลิ้นจี่. วารสารนเรศวรพะเยา. 14: 88-95.

วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. โรงพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2538. จุลชีววิทยาในกระบวนการแปรรูปอาหาร. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร.

วรุณพร อโศกพรชัย. 2563. กล้วย [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: https://www.baanlaesuan.com สืบค้น 23 พฤษภาคม 2564

วันเพ็ญ จิตรเจริญ. 2556. คู่มือไวน์เมกเกอร์, สำนักพิมพ์ บริษัทเชียงใหม่พริ้นท์ติ้ง จำกัด, เชียงใหม่.

วัลลภา หล่อเหลี่ยม. 2550. ความหลากหลายทางชีวภาพของแบคทีเรียอะซิติกทนร้อนจากอาหารหมัก. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร.

วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2536. ผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากจุลินทรีย์, พิมพ์ครั้งที่ 1. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร.

วิลาวัลย์ บุณย์ศุภา, กรรณิการ์ ทองดอนเปรียง, ธนพร ปลูกชาลี, ปนัดดา ภูผาดวง, ณัฐกานต์ โคตรทิพย์ และนันทกานต์ แสนโสม. 2560. สมบัติทางเคมี สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากสับปะรด 4 สายพันธุ์, วารสารราชมงคลกรุงเทพ ปีที่ 11. ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2560.

วิลาวัลย์ บุณย์ศุภา, เกษดาวรรณ พลขันธุ์, จุรีมาศ แก้วเกษร, ธิดารัตน์ จันดอนแดง, กมลลักษณ์ นันทฤทธิ์ และกนกพงษ์ บัวพัฒน์, 2560. คุณภาพทางเคมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากแคนตาลูป 4 สายพันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปีที่ 19. ฉบับที่ 2: 187-196.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิลาวัลย์ บุณย์ศุภา, กนกพร ละมัย, ชุติมา อุทัยหงษ์, สุปรียา เทพาลุน, อรทัย วังหิน, พจพร ศรีแก่นทราย, รุ่งนภา สรวงศิริ และอนุวัฒน์ ฝ่ายเทศ. 2562. คุณสมบัติทางเคมี ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มสายชูหมักจากส้มโอ 3 สายพันธุ์. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีที่ 14. ฉบับที่ 3: 86-94.

ศิริพร อาจณรงค์. 2558. การคัดแยกเชื้อยีสต์และแบคทีเรียกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชูหมักจากผลตาลโตนดสุกเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สถาบันวิจัยและพัฒนาที่สูง. 2553. Banana, Cultivated banana [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: https://eherb.hrdi.or.th/index.php สืบค้น 25 พฤษภาคม 2564

สมเกียรติ อยู่สุข. 2562. การปลูกกล้วยโดยใช้หน่อ ให้กล้วยตกเครือไปในทิศเดียวกัน [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.cdoae.doae.go.th สืบค้น 22 พฤษภาคม 2564

สมใจ ศิริโภค. 2555. จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม. ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพมหานคร, กรุงเทพมหานคร. หน้า 352.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2545. มาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมัก (มผช. 2/2546) [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://tisi. go.th/otop/pdf.file/tups 326_47 pdf สืบค้น 22 พฤษภาคม 2564

เอื้องพร ใจลังกา. 2552. การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผลหม่อน. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Adebayo-Oyetoro, A. O., Adenubi E., Ogundipe, O. O., Bankole, B. O. and Adeyeye S. A. O. 2017. Production and quality evaluation of vinegar from mango. Cogent Food & Agriculture. 3: 1278193.

Álvarez-Cáliz, C., Santos-Duenas, I. M., García-Martínez, T., Canete-Rodríguez, A. M., Millán- Pérez, M. C., Mauricio, J. C. and García-García, I. 2014. Effect of biological ageing of wine on its nitrogen composition for producing high quality vinegar. Food and Bioproducts Processing. 92: 291-297.

Ameyapoh, Y., Leveau J. Y., Karou, D. S., Bouix, M., Sossou, K. S. and Souza, C. D. 2010. Vinegar production from togolese local variety mangovi of mango *Mangifera indica* Linn. (Anacardiaceae). Pakistan Journal of Biological Sciences. 13 (3): 132-137.

AOAC. 2000. The Association of official analytical chemists Inc. Official Methods of Analysis (17th ed.). Washington, USA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Boonsupa, W., Pimda, W., Sreeninta, K., Yodon, C., Samorthong, N., Bou-on, B. and Hemwiphat, P. 2019. Development of fermented banana vinegar: chemical characterization and antioxidant activity. Journal of Food Health and Bioenvironmental Science. 12(1): 21-27.

Boonsupa, W. 2019a. Chemical properties, antioxidant activities and sensory evaluation of mango vinegar. International Journal of Agricultural Technology. 15(2): 229-240.

Boonsupa, W. 2019b. Chemical properties, antioxidant activities and sensory evaluation of berry vinegar. Walailak Journal of Science and Technology. 16(6): 887-896.

Chanudom, L., Ongsara, N., Jindawong, C. and Jantajam, M. 2017. Scavenging capacity and antibacterial activity of *Roselle aqueous* extract and wine production. Suan Sunandha Science and Technology Journal. 4(2): 17-22.

Faparusi, S. I. and Bassir, O. 1972. Factors affecting palm wine. Period of tapping. West African Journal of Biological and Applied Chemistry. 15(24): 32.

Gullo, M. and Giudici, P. 2008. Acetic acid bacteria in traditional balsamic vinegar: phenotypic traits relevant for starter cultures selection. International Journal of Food Microbiology. 125(1): 46-53.

Johnston, C., Kim, C., and Buller, A. 2004. Vinegar improves insulin sensitivity to a high carbohydrate meal in subjects with insulin resistance or type 2 diabetes mellitus. Diabets Care. 27: 281-282.

Konate, M., Akpa, E. E., Bernadette, G. G., Koffi, B. L., Honore G. O. and Niamke, L. S. 2015. Banana vinegars production using thermotolerant *Acetobacter pasteurianus* isolated from Ivorian palm wine. Journal of Food Research. 4(2): 2015.

Miller, G. L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry. 31: 426-428.

Okafor, N. 1978. Microbiology and biochemistry of oil-palm wine. Advances in Applied Microbiology. 24: 237-256.

Patil, K. R. 2013. Microbial production of vinegar (sour wine) by using various fruits. Indian Journal of Applied Research. 3(8): 602-604.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Podkumnerd, N. and Prasongchan, S. 2013. Wine production from nypa palm fruits using commercial yeast fermentation. Journal of Community Development and Life Quality. 1(2): 81-88.

Roda, A., Lucini, L., Torchio, F., Dordoni, R., Faveri D. M., D. and Lambri, M. 2017. Metabolite profiling and volatiles of pineapple wine and vinegar obtained from pineapple waste. Food Chemistry. 734-742.

Samuel, O. and Lina, J. 2016. Production of vinegar from oil-palm wine using *Acetobacter Aceti* isolated from rotten banana fruits Obika Ifeanyi. Universal Journal of Biomedical Engineering. 4(1): 1-5.

Silayoi, B. and Babpraserth, C. 1983. Banana genetic resource exploration in Thailand. Report submitted to IBPGR. Kasetsart University, Bangkok.

Simmonds, N. W. and Shepherds, K. 1955. The taxonomy and origin of the cultivated bananas. Botanical journal of the Linnean Society. 55: 302-312.

Simmonds, N. W. 1966. Bananas. 2nd. Longman, London.

Singleton, V. L. and Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture. 16: 144-158.

Sokollek, S. J., Hertel, C., and Hammes, W. P. 1998. Cultivation and preservation of vinegar bacteria. Journal of Biotechnology. 60: 195-206.

Spinosa, W.A., Santos junior, V.D., Galvan, D., Fiorio, J.L. and Castro Gomea, R.J.H. 2015. Vinegar rice (*Oryza sativa* L.) produced by a submerged fermentation process from alcoholic fermented rice. Food Science and Technology (Campinas). 35: 196-201.

Tesfaye, W., Morales, M. L., Garcia-Parrilla, M. C., and Troncoso, A. M. 2002. Wine vinegar: technology, authenticity and quality evaluation. Food Science & Technology. 13: 12-21.

Ubeda, C., Callejón, R. M., Hidalgo, C., Torija, M. J., Troncoso, A. M. and Morales, M. L. 2013. Employment of different processes for the production of strawberry vinegars: Effects on antioxidant activity, total phenols and monomeric anthocyanins. LWT - Food Science and Technology. 52: 139-45.

Xiao, Z., Fang, L, Niu, Y and Yu, H. 2015. Effect of cultivar and variety on phenolic compounds and antioxidant activity of cherry wine. Food Chemistry. 186: 69-73.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zhai, X., Wang, X., Wang, X., Zhang, H., Ji, Y., Ren, D. and Jun, Lu. 2021. An efficient method using ultrasound to accelerate aging in crabapple (*Malus asiatica*) vinegar produced from fresh fruit and its influencing mechanism investigation. Ultrasonics Sonochemistry. 72(2021): 105464.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA)

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยชั่งอาหารเลี้ยง PDA ผง 3.9 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นปริมาตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

2. อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Broth (PDB)

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB ปริมาตร 1.5 ลิตร โดยชั่งอาหารเลี้ยง PDB ผง 19.5 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1.5 ลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3. อาหารเลี้ยงเชื้อ Glucose Yeast Extract Agar (GYEA)

Glucose	100.0	กรัม
Yeast Extract	10.0	กรัม
$CaCO_3$*	10.0	กรัม
Agar	20.0	กรัม
Distilled water	1.0	ลิตร

*ห่อแยกฆ่าเชื้อต่างหาก แล้วจึงนำมาผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วก่อนเทเพลทหรือเอียง slant

ละลายสารด้วยน้ำกลั่น โดยแยกเป็นบีกเกอร์ของ Glucose ที่ละลายด้วยน้ำกลั่นบางส่วน และ Yeast Extract กับ Agar ละลายด้วยน้ำกลั่นในส่วนที่เหลือแล้วนำไปหลอมละลายในไมโครเวฟ และนำไปนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยการรวมส่วนผสมดำเนินการในตู้ปลอดเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อาหารเลี้ยงเชื้อ Glucose Yeast Extract Broth (GYEB)

Glucose	100.0	กรัม
Yeast Extract	10.0	กรัม
Distilled water	1.0	ลิตร

ละลายสารด้วยน้ำกลั่น โดยแยกบีกเกอร์ของ Glucose ที่ละลายด้วยน้ำกลั่นบางส่วน และ Yeast Extract กับ Agar ละลายด้วยน้ำกลั่นในส่วนที่เหลือ และนำไปนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยการรวมส่วนผสมดำเนินการในตู้ปลอดเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การเตรียมกราฟมาตรฐานของน้ำตาลกลูโคส

1. การวิเคราะหปริมาณกลูโคสโดยวิธี Dinitroslicylic acid (DNS) (Miller, 1959)

วิธี DNS เป็นวิธีทดสอบปริมาณหมู่คาร์บอนิลอิสระ (C=O) ซึ่งเป็นส่วนประกอบเฉพาะของน้ำตาลรีดิวซ์ หลักการของวิธีนี้ อาศัยความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของหมู่อัลดีไฮด์ (ซึ่งเป็นหมู่คาร์บอนิลในน้ำตาลรีดิวซ์) ซึ่งในขณะเดียวกัน 3,5-dinitrosalicylic acid ถูกรีดิวซ์ไปเป็น 3-amino, 5-nitrosalicylic acid ภายใต้สภาวะด่าง ดังนี้

Aldehyde group $\xrightarrow{\text{oxidation}}$ carboxyl group

3,5-dinitrosalicylic acid $\xrightarrow{\text{reduction}}$ 3-amino, 5-nitrosalicylic acid

ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาดังกล่าว ทำให้สีของสารละลาย DNS เปลี่ยนแปลงไป จึงสามารถทำให้วัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในไวน์ตัวอย่างได้โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นสารละลายกลูโคสที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน กับการดูดกลืนแสง

สารเคมี

1. 3,5-Dinitrosalicylic acid (DNS) 1.0% เตรียมโดยชั่ง DNS 10 กรัม ในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายด่างทีละน้อย (NaOH 16 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร) คนให้ละลายเข้ากันจนหมด นำไปอุ่นในอ่างน้ำจนได้สารละลายใส จากนั้นเติม potassium sodium tartrate (Rochette salt) ลงไปทีละน้อยจนครบ 300 กรัม ปรับปริมาตรสุดท้ายให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร เก็บรักษาในขวดสีชาที่อุณหภูมิห้อง

2. สารละลายกลูโคสมาตรฐาน เตรียมโดยชั่งกลูโคสมา 0.1000 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายกลูโคสเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นนำมาเจือจางให้ได้ความเข้มข้นตั้งแต่ 0-1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดังตารางผนวกที่ ข1 และบันทึกผลของค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานน้ำตาลกลูโคสในแต่ละความเข้มข้น ดังตารางผนวกที่ ข2

วิธีการทดลอง

1. ดูดสารละลายตัวอย่าง หรือสารละลายกลูโคสมาตรฐาน (ความเข้มข้น 0-1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง

2. เติมสารละลาย DNS ปริมาตร 3 มิลลิลิตร

เอกสารนี้ ... ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ... อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ต้มในน้ำเดือด 5 นาที

4. นำไปแช่ในน้ำเย็นทันที แช่ไว้ 5 นาที

5. เติมน้ำกลั่น 6 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองผสมให้เข้ากันแล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

6. นำค่าการดูดกลืนแสงไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน (รูป ข1) เพื่อหาค่าความเข้มข้นของกลูโคสในสารละลายตัวอย่าง หรือคำนวณได้จาก

$$\text{ความเข้มข้นของกลูโคส} = \frac{\text{ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร x อัตราการเจือจาง}}{\text{ความชันของกราฟมาตรฐาน}}$$

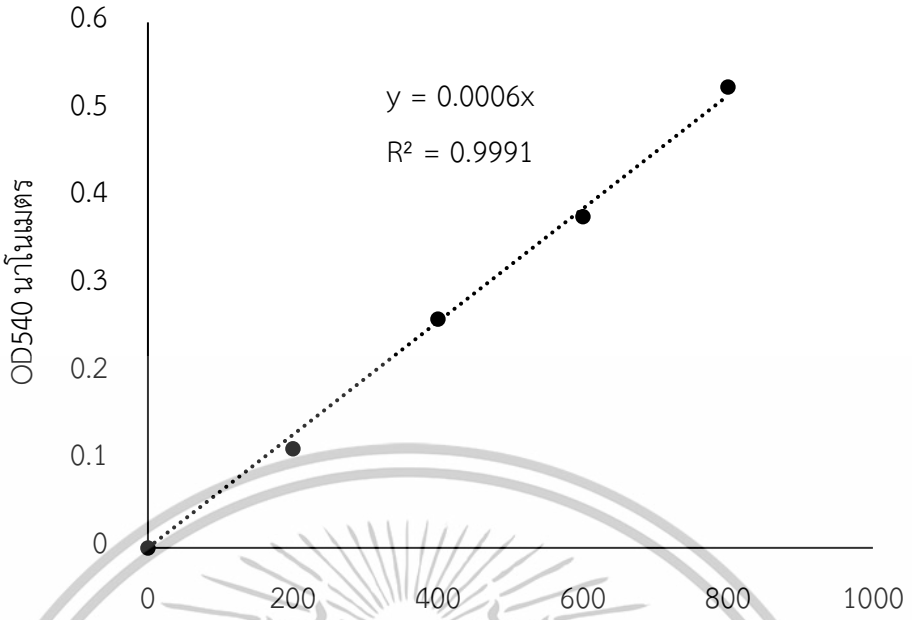
ตางรางผนวกที่ ข1 วิธีการเตรียมสารละลายกลูโคสมาตรฐาน

หลอดที่	สารละลายกลูโคสมาตรฐาน (µg/ml)	ความเข้มข้นกลูโคส (1,000 µg/ml) (µl)	ปริมาณน้ำกลั่น(µl)
1	0	0	1000
2	200	200	800
3	400	400	600
4	600	600	400
5	800	800	200

ตางรางผนวกที่ ข2 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน

ความเข้มข้นของกลูโคส (µg/ml)	ค่าการดูดกลืนแสง
0	0.000
200	0.113
400	0.261
600	0.378
800	0.526

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข1 กราฟมาตรฐานกลูโคส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางผนวกที่ ค1 สมบัติทางเคมีของไวน์กล้วย 3 สายพันธุ์ ที่หมักเป็นเวลา 15 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

ชุดการทดลอง	ค่า pH	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (mg/ml)	ร้อยละแอลกอฮอล์
1. กล้วยน้ำว้า ที่ไม่ได้ย่อยแป้งในกล้วยด้วยเอนไซม์อะไมเลสทนร้อน ร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร	3.88	10.1	4.30	12.10
2. กล้วยเล็บมือนาง ที่ไม่ได้ย่อยแป้งในกล้วยด้วยเอนไซม์อะไมเลสทนร้อน ร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร	3.90	5.8	1.90	14.55
3. กล้วยหอมทอง ที่ไม่ได้ย่อยแป้งในกล้วยด้วยเอนไซม์อะไมเลสทนร้อน ร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร	3.82	4.9	0.04	15.25
4. กล้วยน้ำว้า ที่ย่อยแป้งในกล้วยด้วยเอนไซม์อะไมเลสทนร้อน ร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร	3.70	8.2	7.23	10.90
5. กล้วยเล็บมือนาง ที่ย่อยแป้งในกล้วยด้วยเอนไซม์อะไมเลสทนร้อน ร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร	3.85	5.8	3.52	14.50
6. กล้วยหอมทอง ที่ไม่ได้ย่อยแป้งในกล้วยด้วยเอนไซม์อะไมเลสทนร้อน ร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร	3.85	5.2	1.55	14.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติการศึกษา

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวชลธิชา ศรีภิรมย์
วัน เดือน ปีเกิด	18 สิงหาคม 2541
ที่อยู่	111/2 หมู่ 8 ตำบลทะเลทรัพย์ อำเภอปะทิว
	จังหวัดชุมพร 86160
ประวัติการศึกษา	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
	โรงเรียนปะทิววิทยา
	สายวิทย์-คณิต
	ปีการศึกษา 2559
E-mail	mmink.chonthicha@gmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้