การปรับปรุงกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรด้วยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088 และ *Acetobacter aceti* TISTR 354

IMPROVEMENT PROCESSING OF DRINKING HERB BY *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088 AND *Acetobacter aceti* TISTR 354

พรนภัส จอมพงษ์
พรนภา พิบาลศิลป์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การปรับปรุงกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรด้วยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088 และ *Acetobacter aceti* TISTR 354

IMPROVEMENT PROCESSING OF DRINKING HERB BY *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088 AND *Acetobacter aceti* TISTR 354

พรนภัส จอมพงษ์
พรนภา พิบาลศิลป์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

IMPROVEMENT PROCESSING OF DRINKING HERB BY *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088 AND *Acetobacter aceti* TISTR 354

PORNNAPAS JOMPONG

PORNNAPA PIBANSIN

A SPECIAL PROJECT IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE IN INDUSTRIAL MICROBIOLOGY

DEPARTMENT OF BIOLOGY

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2017

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การปรับปรุงกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรด้วยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088 และ *Acetobacter aceti* TISTR 354 Improvement processing of drinking herb by *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088 and *Acetobacter aceti* TISTR 354
ชื่อนักศึกษา	พรนภัส จอมพงษ์ พรนภา พิบาลศิลป์
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชา	ชีววิทยา
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดวงใจ โอชัยกุล

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
(จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ประจำปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ลินจง สุขลำภู ประธานกรรมการ	
ดร.สุทธิจิต ศรีวัชรกุล กรรมการ	
รศ.ดวงใจ โอชัยกุล กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การปรับปรุงกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรด้วยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088 และ *Acetobacter aceti* TISTR 354 Improvement processing of drinking herb by *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088 and *Acetobacter aceti* TISTR 354
ชื่อนักศึกษา	พรนภัส จอมพงษ์ รหัสนักศึกษา 57050856 พรนภา พิบาลศิลป์ รหัสนักศึกษา 57050857
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชา	ชีววิทยา
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดวงใจ โอชัยกุล

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรโดยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088 และ *Acetobacter aceti* TISTR 354 พบว่าการใช้ความเข้มข้นของน้ำกล้วยร้อยละ 50 โดยปริมาตร หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักในสภาวะไม่มีอากาศ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นหมักต่อด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักในสภาวะมีอากาศ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 9 วัน น้ำหมักที่ได้มีปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ร้อยละ 3.57±0.01 และปริมาณแอลกอฮอล์เหลือร้อยละ 0.20±0.03 โดยปริมาตร จากนั้นศึกษาการฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพร พบว่า การพาสเจอไรซ์โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วินาที สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งยีสต์และรา ขณะที่การเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ เมื่อศึกษาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่เป็นเวลา 14 วันที่อุณหภูมิห้อง พบว่า เครื่องดื่มสมุนไพร ซึ่งหมักด้วยเชื้อบริสุทธิ์ของ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี

DPPH และ วิธี ORAC สูงกว่าเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ รวมทั้งผู้บริโภคให้การยอมรับสูง

คำสำคัญ : เครื่องดื่มสมุนไพร ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ลูกแปลกแม่ *Saccharomyces cerevisiae* *Acetobacter aceti*

Title	Improvement processing of drinking herb by *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088 and *Acetobacter aceti* TISTR 354
Students	Pornnapas Jompong Student ID 57050856
	Pornnapa Pibansin Student ID 57050857
Degree	Bachelor of Science (Industrial Microbiology)
Department	Biology
Academic Year	2017
Advisor	Assoc.Prof.Duangjai Ochaikul

Abstract

The purposes of this study were focus on the optimum conditions for drinking herb fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088 and *Acetobacter aceti* TISTR 354. The result found that 50% (v/v) banana fermented was fermented by 2% (v/v) of *S. cerevisiae* TISTR 5088 for 3 days at room temperature. After that these was fermented by 2% (v/v) of *A. aceti* TISTR 354 for 9 days at room temperature. The fermented mash was 3.57±0.01% (v/v) of total acidity (acetic acid) and 0.20±0.03% (v/v) of alcohol. Studied on preservation of drinking herb, pasteurization at 80-90°C for 1-2 second was the effective inhibit total bacteria and yeast. Drinking herb was fermented by pure culture of *S. cerevisiae* TISTR 5088 and *A. aceti* TISTR 354 had higher antioxidant activity by DPPH and ORAC including higher score for overall acceptability than traditional fermentation.

Keywords : Drinking herb, Antioxidant, Luk Pak Mae, *Saccharomyces cerevisiae*, *Acetobacter aceti*

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้จะประสบความสำเร็จไปไม่ได้ หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวคำขอบพระคุณเป็นอย่างสูง คือ รองศาสตราจารย์ดวงใจ โอชัยกุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ผู้ให้ความกรุณาช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและชี้นำแนวทางในการทำและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างทำโครงงานพิเศษ จนทำให้ผู้วิจัยสามารถทำโครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ลินจง สุขลำภู ประธานกรรมการการสอบโครงงานพิเศษ และดร.สุทธิจิต ศรีวัชรกุล กรรมการการสอบโครงงานพิเศษ ที่ให้ความกรุณาในการตรวจทาน แก้ไขข้อบกพร่อง และชี้แนะแนวทางในการทำโครงงานพิเศษนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและเจ้าหน้าที่ธุรการทุกท่านที่คอยอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือในการปฏิบัติงานต่างๆ รวมถึงการเบิกอุปกรณ์และสารเคมีต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้องๆ ที่คอยให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ที่สำคัญอย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่เป็นกำลังใจ เป็นแรงผลักดัน และให้โอกาสในการศึกษาเสมอมา

คุณงามความดีใดๆที่เกิดขึ้นจากโครงงานพิเศษฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดา ครอบครัว และครูบาอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ตลอดจนกัลยาณมิตรทั้งหลาย

นางสาวพรนภัส จอมพงษ์

นางสาวพรนภา พิบาลศิลป์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูป	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 น้ำส้มสายชู (Vinegar)	3
2.1.1 กรดอะซิติก (Acetic acid)	3
2.2 ประเภทของน้ำส้มสายชู	4
2.2.1 น้ำส้มสายชูหมัก (fermented vinegar)	4
2.2.2 น้ำส้มสายชูกลั่น (distilled vinegar)	4
2.2.3 น้ำส้มสายชูเทียม	5
2.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู	6
2.4 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำส้มสายชู	6
2.4.1 เชื้อยีสต์	7
2.4.2 แบคทีเรียอะซิติก (Acetic acid bacteria)	8
2.5 การผลิตน้ำส้มสายชูหมัก	9
2.5.1 กระบวนการหมักน้ำส้มสายชู	9
2.5.2 กรรมวิธีในการผลิตน้ำส้มสายชู	10
2.6 การฆ่าเชื้อในน้ำส้มสายชู	11
2.7 การเสื่อมเสียในน้ำส้มสายชู	12
2.8 ประโยชน์ของน้ำส้มสายชู	12
2.9 มะตูม	13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.10 พริกไทยดำ 15
2.11 กล้วยน้ำว้า 16
2.12 อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ 19
2.12.1 อนุมูลอิสระ 19
2.12.2 สารต้านอนุมูลอิสระ 19
2.12.3 วิธีการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 20
2.13 สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 21
2.13.1 สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) 21
2.13.2 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 22
2.14 วิธีการประเมินการยอมรับ 22
2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย 26
3.1 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง 26
3.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง 26
3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ 26
3.4 สารเคมี 26
3.5 อุปกรณ์ 27
3.6 วิธีการวิจัย 28
3.6.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ 28
3.6.1.1 การเตรียมหัวเชื้อ *Saccharomyses cerevisiae* TISTR 5088 28
3.6.1.2 การเตรียมหัวเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 354 28
3.6.1.3 ศึกษาความเข้มข้นของน้ำกล้วยน้ำว้าที่หมักเป็นเวลา 1 ปี และปริมาณเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ที่เหมาะสมต่อการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ 28
3.6.1.4 ศึกษาปริมาณเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 354 ที่เหมาะสมต่อการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ 29
3.6.2 ศึกษาการฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรที่ได้จากการใช้เชื้อบริสุทธิ์ 29
3.6.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ระหว่างการเก็บรักษา 30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	33
4.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่	33
4.1.1 ศึกษาความเข้มข้นของน้ำกล้วยและปริมาณเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088	33
4.1.2 ศึกษาปริมาณเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 354 ที่เหมาะสมต่อการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่	55
4.2 ศึกษาการฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรที่ผลิตได้จากการใช้เชื้อบริสุทธิ์	62
4.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ระหว่างการเก็บรักษา	67
4.3.1 ค่าพีเอช	68
4.3.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้	69
4.3.3 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก)	70
4.3.4 ปริมาณแอลกอฮอล์	71
4.3.5 กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ	72
4.3.6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก	74
4.3.7 ค่าสี	78
4.3.8 จำนวนจุลินทรีย์	80
4.3.9 การทดสอบด้านประสาทสัมผัส	81
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	86
5.1 สรุปผลการวิจัย	86
5.2 ข้อเสนอแนะ	87
เอกสารอ้างอิง	89
ภาคผนวก	93
ภาคผนวก ก	94
ภาคผนวก ข	95
ภาคผนวก ค	97
ภาคผนวก ง	99

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ค่าพีเอชที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 34

4.2 ค่าพีเอชที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 35

4.3 ค่าพีเอชที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 36

4.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 39

4.5 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 40

4.6 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 41

4.7 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 44

4.8 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 45

4.9 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 46

4.10 ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 50

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.11 ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 51

4.12 ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 52

4.13 ปริมาณแอลกอฮอล์ และระยะเวลาการหมักที่ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 5.0-6.0 โดยปริมาตร เมื่อเติมน้ำกล้วย และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณต่าง ๆ 54

4.14 ค่าพีเอชที่ได้จากการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร ที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ปริมาณฯต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 57

4.15 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ที่ได้จากการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร ที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 58

4.16 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร ที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็น ระยะเวลา 9 วัน 59

4.17 ปริมาณแอลกอฮอล์ระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร ที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 60

4.18 การเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรโดยใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักในสภาวะไม่มีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 63

4.19 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างกระบวนการหมักน้ำหมักที่เติมและไม่เติมเอทานอล หมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักในสภาวะมีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 64

4.20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ระหว่างกระบวนการหมักน้ำหมักที่เติมและไม่เติมเอทานอล หมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักในสภาวะมีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 64

4.21 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ระหว่างกระบวนการหมักน้ำหมักที่เติมและไม่เติมเอทานอล หมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักในสภาวะมีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 65

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ ระหว่างกระบวนการหมักน้ำหมักที่เติมและไม่เติมเอทานอล หมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักในสภาวะมีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 66

4.23 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ทดสอบโดยใช้อาหาร Plate count agar (PCA) ของน้ำหมักหลังจากผ่านการฆ่าเชื้อ 66

4.24 ปริมาณยีสต์และรา ทดสอบโดยใช้อาหาร Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC Agar) ของน้ำหมักหลังจากผ่านการฆ่าเชื้อ 67

4.25 ค่าพีเอชของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน 68

4.26 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน 69

4.27 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ รักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน 70

4.28 ปริมาณแอลกอฮอล์ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน 71

4.29 ค่าการดักจับอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน 73

4.30 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน 74

4.31 ค่าสีของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน 79

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.32 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ทดสอบโดยใช้อาหาร Plate count agar (PCA) ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน 80

4.33 ปริมาณยีสต์และรา ทดสอบโดยใช้อาหาร Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC Agar) ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน 81

4.34 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ 84

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 สูตรโครงสร้างของกรดอะซิติก (Acetic acid)	4
2.2 เซลล์และการแตกหน่อ (budding) ของ *Saccharomyces cerevisiae*	8
2.3 เซลล์ของ *Acetobacter aceti*	9
2.4 ผลและต้นมะตูม	14
2.5 มะตูมอบแห้ง	15
2.6 พริกไทยดำ	15
2.7 กล้วยน้ำว้า	17
2.8 ต้นกล้วยน้ำว้าและปลีกล้วย	18
2.9 สมการการเกิดปฏิกิริยาของ DPPH	20
4.1 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน	37
4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน	37
4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน	38
4.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) ในระหว่างกระบวนการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน	42
4.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) ในระหว่างกระบวนการหมักเมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน	42
4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) ในระหว่างกระบวนการหมักเมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน	43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) ระหว่างกระบวนการหมักเมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน 47

4.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) ระหว่างกระบวนการหมักเมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน 47

4.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) ระหว่างกระบวนการหมักเมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน 48

4.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) ระหว่างกระบวนการหมักเมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน 53

4.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) ระหว่างกระบวนการหมักเมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน 53

4.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) ระหว่างกระบวนการหมักเมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน 54

4.13 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 56

4.14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) ระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 61

4.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) ระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 61

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) ระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน 62

4.17 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับการหมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน 75

4.18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน 76

4.19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน 76

4.20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน 77

4.21 ค่าการดักจับอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน 77

4.22 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน 78

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

น้ำส้มสายชู (vinegar) เป็นสารให้กลิ่นรสและช่วยในการถนอมอาหาร นิยมใช้อย่างแพร่หลายในหลากหลายประเทศรวมถึงประเทศไทย อีกทั้งยังนำไปใช้ในการรักษาโรคต่าง ๆ เช่น โรคอ้วน โรคไขข้ออักเสบ หอบหืด และผมร่วง เป็นต้น (Joshi และ Sharma, 2007; Stornik และคณะ, 2016) น้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้ มีใช้ในทางการแพทย์มากว่า 10,000 ปี ในทุกศาสตร์ของการแพทย์ทั่วโลก น้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้ได้รวมสารพฤกษเคมีจากผลไม้ไว้อย่างครบครัน โดยปราศจากแอลกอฮอล์ และได้ถูกบรรจุไว้ในตำรับยาอายุวัฒนะทั่วโลก กระบวนการหมักของน้ำส้มสายชูจากผลไม้ทำให้เกิดสารที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากมาย เช่น ฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรค สารที่เป็นอาหารเลี้ยงแบคทีเรียตัวดีในร่างกายหรือพรีไบโอติก และแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์หรือโพรไบโอติก เอนไซม์ และกรดอะมิโน ตำราการแพทย์แผนตะวันตกได้บันทึกไว้ว่า น้ำส้มสายชูหมักจะออกฤทธิ์ได้ดียิ่งขึ้นหากได้ร่วมผสมกับน้ำผึ้ง ซึ่งมีคุณค่าวิตามิน แร่ธาตุ และสารสำคัญจากธรรมชาติไว้เช่นกัน ดังนั้นการพัฒนาการผลิตน้ำส้มสายชูจากผลไม้จึงเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับสนใจในปัจจุบัน (Liu และคณะ, 2008)

บางจังหวัดในประเทศไทยมีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักด้วยวิธีพื้นบ้าน โดยการนำผลไม้และสมุนไพรมาหมักร่วมกันโดยอาศัยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ ดังเช่นในชุมชนวัฒนธรรมศรีษะอโศก จังหวัดศรีสะเกษ ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ “ลูกแปลกแม่” ซึ่งเป็นน้ำส้มสายชูที่หมักจาก มะตูม พริกไทยดำและกล้วยน้ำว้ามีสรรพคุณเป็นยาอายุวัฒนะ ช่วยบำรุงเลือดลม กระตุ้นการไหลเวียนของโลหิต (ณัชชา, 2559) โดยนำมะตูม พริกไทยดำ กล้วยน้ำว้า และน้ำตาล คลุกให้เข้ากันและหมักเป็นระยะเวลา 15 วัน จากนั้นเติมน้ำกล้วยน้ำว้าที่หมักเป็นระยะเวลา 1 ปี และหมักต่ออีก 6 เดือน จนได้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชู สุดท้ายจึงเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แล้วนำมาเติมน้ำผึ้ง ก่อนบรรจุขวดและนำไปจำหน่ายต่อไป แต่ปัญหาปัจจุบันที่พบคือในกระบวนการหมักใช้เชื้อจุลินทรีย์ตามธรรมชาติที่มากับวัตถุดิบ จึงไม่สามารถควบคุมคุณภาพให้คงที่ตามมาตรฐานกำหนด เช่น มีปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์เกินกว่ามาตรฐานฮาลาลกำหนด ระยะเวลาในการหมักนานเกินไป (8-12 เดือน) ไม่สามารถควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลิตภัณฑ์ได้ เป็นต้น โครงงานพิเศษนี้จึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงกระบวนการหมักและการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำส้มสายชูที่หมักโดยวิธีพื้นบ้านของจังหวัดศรีสะเกษ จากนั้นนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้ประโยชน์เบื้องต้นในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้และสมุนไพร เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานและพัฒนากระบวนการหมักให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1.2.1 ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำกล้วยที่ใช้ในการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร โดยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088 และ *Acetobacter aceti* TISTR 354

1.2.2 ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 ที่ใช้ในการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร

1.2.3 ศึกษาการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยการใช้โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และวิธีพาสเจอไรซ์ในเครื่องดื่มสมุนไพร ที่หมักโดยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

ปรับปรุงกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร โดยใช้น้ำกล้วย เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 ในความเข้มข้นที่เหมาะสม หมักจนได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพร ศึกษาการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ที่ได้ จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อแล้วมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 สามารถผลิตเครื่องดื่มสมุนไพร โดยใช้เชื้อบริสุทธิ์ของ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 และลดระยะเวลาในการหมัก เมื่อเปรียบเทียบกับการหมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ

4.2 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรที่ได้มีคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

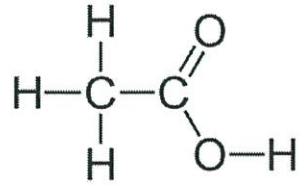
2.1 น้ำส้มสายชู (Vinegar)

น้ำส้มสายชู (Vinegar) หรือกรดอะซิติก (Acetic Acid) เป็นสารละลายใส มีสีหรือไม่มีสี ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต คำว่า vinegar มาจากภาษาฝรั่งเศส 2 คำ คือ vin แปลว่า ไวน์ และ aigre แปลว่า เปรี้ยว การผลิตน้ำส้มสายชูเพื่อการบริโภคมีได้ประมาณ 10,000 ปีมาแล้ว (Cruger และ Cruger, 1990) ในสมัยโบราณพบว่าน้ำส้มสายชูเกิดจากการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ไวน์ โดยเกิดจากการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในสกุล *Acetobacter* ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ในไวน์เป็นกรดอะซิติก ในสภาพที่มีออกซิเจน ทำให้ไวน์นั้นมีรสเปรี้ยว และเรียกผลิตภัณฑ์ที่ได้นี้ว่า "น้ำส้มสายชู" (วราวุฒิ และ รุ่งนภา, 2532) ปัจจุบันน้ำส้มสายชูเป็นเครื่องปรุงรสที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในหลากหลายประเทศทั่วโลก เช่น อังกฤษ สหรัฐอเมริกา สวิสเซอร์แลนด์ และไทย เป็นต้น ใช้สำหรับปรุงรสอาหารเพื่อเพิ่มรสเปรี้ยว ใช้ถนอมอาหารเพื่อรักษาสีและคุณภาพของอาหาร (Tesfaye และคณะ, 2002) นอกจากนี้น้ำส้มสายชูยังมีประโยชน์ต่อร่างกาย คือ ช่วยให้ร่างกายสามารถย่อยและดูดซึมอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย (จิราภรณ์ และคณะ, 2529; ปัญญา, 2530)

น้ำส้มสายชูเป็นเครื่องปรุงรสที่ผลิตได้จากวัตถุดิบพวกแป้งหรือน้ำตาลโดยกระบวนการหมัก 2 ระยะ คือ การหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์โดยยีสต์ หลังจากนั้นจึงเป็นการออกซิไดส์แอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกโดยแบคทีเรียกลุ่ม Acetic acid bacteria (Adams, 1985) ซึ่งน้ำส้มสายชูต้องประกอบด้วยกรดอะซิติกไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร หรือร้อยละ 4 โดยปริมาตร และเอทานอลไม่เกินร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (Beech และคณะ, 1985; Frazier และ Westhoff, 1988) ค่าพีเอชของน้ำส้มสายชูควรอยู่ระหว่าง 2.0-3.5 (Hutkins, 2006)

2.1.1 กรดอะซิติก (Acetic acid)

กรดอะซิติก หรือกรดน้ำส้ม เป็นสารประกอบกรดอินทรีย์ประเภทกรดคาร์บอกซิลิก (Carboxylic acid) มีสูตรโครงสร้างคือ CH_3COOH ลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี และสิ่งเจือปน มีรสเปรี้ยวและกลิ่นฉุน มีจุดเยือกแข็งที่อุณหภูมิ 16.7 องศาเซลเซียส (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2560) มีบทบาทในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมการผลิตน้ำส้มสายชู อาหาร เครื่องดื่ม ยา พลาสติก และสีย้อมผ้า เป็นต้น



รูปที่ 2.1 สูตรโครงสร้างของกรดอะซิติก (Acetic acid)
ที่มา: ดุษณี (2555)

2.2 ประเภทของน้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชูตามคำจำกัดความของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส ทำจากวัตถุดิบที่เหมาะสม เช่น ผลไม้ ธัญพืช น้ำตาล หรือกากน้ำตาล ตามกรรมวิธีการผลิตน้ำส้มสายชูแต่ละประเภท มีรสเปรี้ยวที่เกิดจากกรดอะซิติกเป็นส่วนใหญ่ (จิราภรณ์ และคณะ, 2529)

น้ำส้มสายชูเป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายใต้การควบคุมของพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหาร ซึ่งแบ่งน้ำส้มสายชูออกเป็น 3 ชนิด (ประวีณา, 2554; นภา, 2520; ราชกิจจานุเบกษา, 2523; จิราภรณ์ และคณะ, 2529) คือ

2.2.1 น้ำส้มสายชูหมัก (fermented vinegar) หมายถึง น้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักผลไม้ ธัญพืช หรือน้ำตาล ด้วยส่าหรือยีสต์เพื่อให้ได้แอลกอฮอล์ แล้วหมักต่อด้วยเชื้อน้ำส้มสายชู น้ำส้มสายชูหมักจัดเป็นน้ำส้มสายชูที่มีกลิ่นหอมและรสชาติดี มีสีต่างกันตามสีของวัตถุดิบ มีกลิ่นหอมจากสารบางชนิดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก และกลิ่นรสจะดียิ่งขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน

2.2.2 น้ำส้มสายชูกลั่น (distilled vinegar หรือ spirit vinegar หรือ white vinegar) เป็นน้ำส้มสายชูที่ได้จากการนำน้ำสุราขาวเจือจาง หรือแอลกอฮอล์เจือจางมาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชู มีการเติมเกลือแร่และอาหารเสริมที่จำเป็นต่อการเจริญของเชื้อน้ำส้มสายชู ได้แก่ แอมโมเนียม ไนโตรเจน ฟอสเฟต กลูโคส ออโตไลซ์ ยีสต์ (autolyzed yeast) แพนโตธีเนต และเกลือของกรดอินทรีย์ แล้วนำน้ำส้มสายชูที่ได้ไปกลั่นหรือกรองต่อไป (ประวีณา, 2554) น้ำส้มสายชูกลั่นนอกจากจะได้จากวิธีข้างต้นแล้วยังได้จากการนำน้ำส้มสายชูหมักมากลั่นอีกครั้งหนึ่ง น้ำส้มสายชูกลั่นที่ได้มีลักษณะใส ไม่มีสี และขาดกลิ่นรสบางอย่างที่พบในน้ำส้มสายชูหมัก

น้ำส้มสายชูหมักแบบธรรมชาติจะมีความแตกต่างจากน้ำส้มสายชูกลั่นตรงที่ นอกจากความเปรี้ยวที่ใช้ในการปรุงรส ประกอบอาหาร หรือใช้ในการถนอมอาหารแล้ว น้ำส้มสายชูหมักยังอุดมไปด้วยสารอาหารต่าง ๆ ซึ่งไม่มีในน้ำส้มสายชูกลั่น สารอาหารต่าง ๆ เหล่านี้ เช่น กรดอะมิโน เอนไซม์

แร่ธาตุต่าง ๆ เช่น แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส ทั้งนี้ขึ้นกับวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการหมัก (กองบรรณาธิการเกษตรกรรมธรรมชาติ, 2548)

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 204 พ.ศ.2543 เรื่อง น้ำส้มสายชู น้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่นต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

1. กรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 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

2.2.3 น้ำส้มสายชูเทียม เป็นสารละลายที่ได้จากการผสมกรดอะซิติก (glacial acetic acid) ซึ่งสังเคราะห์ขึ้นทางเคมีในน้ำบริสุทธิ์ ให้มีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 4 กรัมแต่ไม่เกิน 7 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส น้ำส้มสายชูเทียมเป็นน้ำส้มสายชูที่มีราคาถูก ความบริสุทธิ์สูง แต่ขาดกลิ่นรสที่ดี

นอกจากนี้ยังมีน้ำส้มสายชูอีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า น้ำส้มสายชูปลอม ซึ่งได้จากการนำกรดอนินทรีย์ที่มีพิษร้ายแรง เช่น กรดกำมะถัน หรือกรดเกลือเข้มข้น ซึ่งมีราคาถูก มาเจือจางกับน้ำแทนการใช้หัวน้ำส้มพวกกรดอะซิติกล้วน ซึ่งมีราคาแพงมาผสมน้ำ ถ้ารับประทานน้ำส้มสายชูปลอมจะทำให้เยื่อบุกระเพาะและลำไส้อักเสบ อาจทำให้เป็นโรคกระเพาะเรื้อรัง และยังบั่นทอนระบบประสาทตลอดจนระบบการย่อยอาหารอีกด้วย (ปัญญา, 2530; พรพรรณ, 2537; จักรพันธุ์, 2542) ในน้ำส้มสายชูปลอมนอกจากจะมีอันตรายจากความเข้มข้นของกรดแล้ว ยังอาจมีสารปนเปื้อนอื่น ๆ เช่น ปรอท ตะกั่ว สารหนู ซึ่งล้วนเป็นอันตรายทั้งสิ้น และไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค (ดุษณี, 2555)

2.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู

วัตถุดิบหลายชนิดที่นำมาใช้ได้ เช่น ผลไม้ ได้แก่ แอปเปิล กล้วย เปลือกกล้วย น้ำมะพร้าว องุ่น มะม่วง ขนุน ส้ม สับปะรด มะขาม เชอร์รี่ มะเขือเทศ แตงโม เมล็ดธัญพืช ได้แก่ ข้าวมอลต์ ข้าว ผลิตภัณฑ์น้ำตาล ได้แก่ กากน้ำตาล น้ำอ้อย น้ำผึ้ง ผลิตภัณฑ์แอปเปิล ซึ่งวัตถุดิบที่แตกต่างกันจะมีผลต่อกลิ่นรสและคุณภาพของน้ำส้มสายชู (วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532; Adams, 1985; Ghose และ Bhadra, 1985; Maal และ Shafiee, 2010)

น้ำส้มสายชูนอกจากจะแยกประเภทตามชนิดของการผลิตแล้ว ยังสามารถแยกออกได้ตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต (วิชุดา, 2525; อรพิน, 2526; Frazier และ Westhoff, 1988) ได้แก่

1. น้ำส้มสายชูที่หมักจากผลไม้ จัดเป็นน้ำส้มสายชูคุณภาพเยี่ยม มีกลิ่นหอม รสกลมกล่อม ราคาแพง เพราะวัตถุดิบที่ใช้มีราคาแพง มีขั้นตอนในการเตรียมมาก ผลไม้ที่ใช้ในการหมัก เช่น แอปเปิล องุ่น ส้ม ลูกแพร์ สับปะรด และอื่น ๆ

2. น้ำส้มสายชูหมักที่ได้จากพืชประเภทแป้ง เช่น มันฝรั่ง มันเทศ มันสำปะหลัง ซึ่งจะต้องมีการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลก่อน

3. น้ำส้มสายชูหมักที่ได้จากเมล็ดธัญพืช เป็นน้ำส้มสายชูที่ขายตามท้องตลาดทั่ว ๆ ไป วัตถุดิบที่ใช้มีราคาถูก จึงทำให้น้ำส้มสายชูชนิดนี้มีราคาต่ำลงไปด้วย ส่วนใหญ่จะใช้เมล็ดธัญพืชพวกข้าว ข้าวมอลต์ ข้าวบาร์เลย์ ข้าวไรย์ ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และข้าวเหนียว

4. น้ำส้มสายชูที่หมักจากน้ำตาล กากน้ำตาล น้ำผึ้ง หรืออื่น ๆ เป็นน้ำส้มสายชูที่มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ

5. น้ำส้มสายชูที่หมักได้จากเหล้าหรือแอลกอฮอล์ เช่น ผลิตจากของเสียที่ได้จากการหมักเบียร์ จากการผลิตยีสต์ หรือจากเอทิลแอลกอฮอล์ที่เจือจาง

2.4 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชูเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมัก 2 ขั้นตอน คือการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์ และการออกซิไดส์เอทิลแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก ดังนั้นจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักน้ำส้มสายชูจึงมี 2 ชนิด คือยีสต์และแบคทีเรีย โดยยีสต์จะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน ยีสต์ที่นิยมใช้คือ *Saccharomyces cerevisiae* เนื่องจากให้แอลกอฮอล์ในปริมาณสูง หลังจากนั้นแบคทีเรียจะเปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นกรดแอซีติก ในสภาพที่มีออกซิเจน แบคทีเรียที่นิยมใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูคือ *Acetobacter* sp. (ดวงพร, 2530)

นอกจาก *S. cerevisiae* แล้ว ยังอาจใช้ยีสต์ชนิดอื่นๆได้ เช่น ใช้ยีสต์ *S. ellipsoideus* ในการผลิตไวน์และใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* ที่ได้จากการผลิตเบียร์ ในการผลิตน้ำส้มสายชูจากข้าวมอลต์ และบางครั้งอาจมีการเติม *S. diastaticus* เพื่อช่วยเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่เชื้อ *S. cerevisiae* ใช้ไม่หมด

แบคทีเรียหลายชนิดสามารถผลิตกรดอะซิติกได้ แต่มีเพียงแบคทีเรียกลุ่มเดียว คือ Acetic acid bacteria ที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำส้มสายชู แบคทีเรียในกลุ่ม Acetic acid bacteria ตามการจัดจำแนกของ Bergey's Manual of Systemic Bacteriology ที่จัดจำแนกตามความแตกต่างของ 16s RNA ของแบคทีเรีย ได้แก่ *Acetobacter*, *Gluconobacter* (*Acetomonas*), *Fratueria*, *Acidomonas* และ *Gluconoacetobacter* (Holt และคณะ, 1994; Maal และ Shafiee, 2010) ซึ่ง *Gluconobacter* จะออกซิไดส์เอทานอลให้เป็นกรดอะซิติกเพียงอย่างเดียว ในขณะที่ *Acetobacter* สามารถออกซิไดส์กรดอะซิติกเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำได้ เรียกว่ากระบวนการ Overoxidation และ *Acetobacter* ยังสามารถผลิตกกรดอะซิติกได้มากกว่า *Gluconobacter* อีกด้วย (วราวุฒิ และ รุ่งนภา, 2532)

2.4.1 เชื้อยีสต์

ยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส (Eukaryotic microorganisms) จัดอยู่ในกลุ่มเห็ดและรา (Fungi) มีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยว (Unicellular) มีขนาดเล็กประมาณ 5-10 ไมครอน รูปร่างค่อนข้างกลม เจริญได้ดีทั้งในสภาพมีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน (facultative anaerobe) ชอบอุณหภูมิปานกลาง (mesophile) สืบพันธุ์โดยการแตกหน่อ (budding) ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหลากหลายประเภท เช่น เบียร์ ไวน์ สุรา ขนมปังและโปรตีนเซลล์เดียว และที่สำคัญคือเอทานอล โดยยีสต์ที่ใช้ในการผลิตเอทานอลในระดับอุตสาหกรรม คือ *Saccharomyces cerevisiae, S. uvarum (carlsbergensis), Shizosaccharomyces pombe และ Kluyvermyces fragilis* (ชญาณ์พิสุทธิ์ และคณะ, 2555) สำหรับ *S. cerevisiae* เป็นยีสต์ที่ทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่ไม่เหมาะสมได้ดีกว่ายีสต์ชนิดอื่น และนอกจากนี้ยังสามารถใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอน เจริญได้ดีในอาหารที่มีน้ำตาลมาก เช่น ผลไม้ที่มีรสหวาน น้ำผึ้ง แยม เป็นต้น มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์ จึงนิยมใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหารหมักและเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เช่น เบียร์ และไวน์

จากการศึกษาพบว่าการเจริญและการหมักเอทานอลของยีสต์จะลดลงเมื่อมีปริมาณเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 1-2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และการเจริญของยีสต์จะหยุดลงเมื่อมีปริมาณเอทานอลร้อยละ 4.7-7.8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (ชญาณ์พิสุทธิ์ และคณะ, 2555)

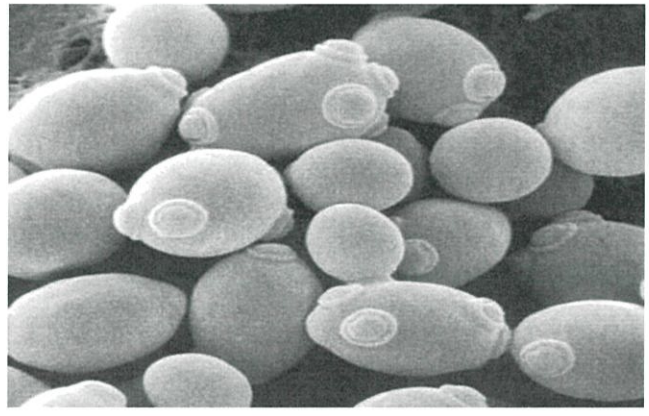
2.4.1.1 คุณสมบัติของยีสต์ที่เหมาะสมในการใช้หมักเพื่อผลิตเอทานอล

1. หมักได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ
2. หมักได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงและทนต่อแอลกอฮอล์สูง
3. ให้กลิ่นและรสที่ดี
4. ไม่ให้กลิ่นแก๊สไข่เน่า (H_2S) หรือให้ในปริมาณที่ต่ำมาก

5. ไม่กลายพันธุ์ง่าย

6. ไม่ก่อให้เกิดฟอง (foam) มากในระหว่างการหมัก

7. ควรเป็นยีสต์เพชฌฆาต (killer yeast) เนื่องจากยีสต์บางสายพันธ์สามารถผลิตโปรตีนที่เป็นพิษต่อยีสต์สายพันธุ์เดียวกันหรือคนละสายพันธุ์ได้ ดังนั้น ยีสต์ที่ใช้ในการผลิตไวน์จึงควรเป็นยีสต์ที่มีคุณสมบัตินี้เพื่อควบคุมยีสต์ที่ไม่พึงประสงค์และเพื่อไม่ให้ถูกทำลายด้วยสารพิษจากยีสต์ในธรรมชาติ (นัยทัศน์, 2532)



รูปที่ 2.2 เซลล์และการแตกหน่อ (budding) ของ *Saccharomyces cerevisiae*
ที่มา: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1509/saccharomyces-cerevisiae (วันที่สืบค้น 21 มกราคม 2561)

2.4.2 แบคทีเรียอะซิติก (Acetic acid bacteria)

แบคทีเรียอะซิติก (Acetic acid bacteria) เป็นแบคทีเรียแกรมลบ มีรูปร่างแท่งทั้งแบบที่มีแฟลกเจลลาและไม่มีแฟลกเจลลา เติบโตได้เฉพาะในสภาวะที่มีออกซิเจนและจัดเป็น Alphaproteobacteria ที่อยู่ในวงศ์ Acetobacteraceae ประกอบไปด้วยแบคทีเรียในสกุล *Acetobacter, Gluconobacter, Gluconacetobacter, Acidomonas, Asaia, Kozakia, Swaminathania, Saccharibacter, Neoasaia, Granulibacter, Tantic haroenia, Ameyamaea, Neokomagataea* และ *Komagataeibacter* แบคทีเรียกลุ่มนี้มักจะพบได้ทั่วไปในธรรมชาติโดยเฉพาะในเกสรดอกไม้และผลไม้สุกหลาย ๆ ชนิดซึ่งมีปริมาณน้ำตาลสูง นอกจากนี้ยังพบได้ในผลิตภัณฑ์หมักที่มีแอลกอฮอล์ เช่น ไวน์ สาโท ไซเดอร์ และเบียร์ โดยพบว่าเป็นสาเหตุของการเสื่อมของผลิตภัณฑ์เหล่านั้น เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มนี้จะเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้กลายเป็นกรดอะซิติกที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยวและกลิ่นฉุน ผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักกรดอะซิติกด้วยแบคทีเรียอะซิติกโดยใช้สารตั้งต้นเป็นน้ำผลไม้หรือน้ำตาลต่าง ๆ (ณัฏฐ์สรัล, 2558)

Acetobacter จัดอยู่ในวงศ์ Acetobacteriaceae เป็นแบคทีเรียแกรมลบ ทนกรดได้ดี ในการผลิตน้ำส้มสายชูส่วนใหญ่จะใช้เชื้อ *Acetobacter* โดยจะเลือกใช้เฉพาะสายพันธุ์ที่มีคุณสมบัติดี เช่น ทนต่อความเข้มข้นสูงของกรดอะซิติกได้ ไม่ก่อให้เกิดปฏิกิริยา Overoxidation ซึ่งจะเปลี่ยนกรดอะซิติกให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ต้องการสารอาหารเพิ่มเติมเล็กน้อยในการเจริญ และให้กรดอะซิติกสูงกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร (รสสุคนธ์, 2528; วารุณี, 2549) สายพันธุ์ที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตระดับอุตสาหกรรม ได้แก่ *Acetobacter aceti*, *A. pasteurianus* และ *A. peroxidans* นอกจากนี้ยังมีการนำเชื้อ *Gluconobacter oxydans* มาใช้ในการผลิตอีกด้วย เนื่องจากเชื้อแบคทีเรียชนิดนี้ไม่ทำให้เกิดกระบวนการ Overoxidation (Beech และคณะ, 1985)

รูปที่ 2.3 เซลล์ของ *Acetobacter aceti*
ที่มา: http://78.media.tumblr.com/tumblr_maq u0spv na1qc 0noyo1_1280.jpg (วันที่สืบค้น 21 มกราคม 2561)

2.5 การผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

2.5.1 กระบวนการหมักน้ำส้มสายชู

กระบวนการหมักเพื่อให้ได้กรดอะซิติกหรือน้ำส้มสายชู เป็นปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกเป็นการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์กับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนโดยยีสต์ที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติในวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก หรือจากการใส่เชื้อยีสต์ลงไปในกระบวนการหมัก (ปัญญา, 2530; วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532; Frazier and Westhoff, 1988) ซึ่งในระยะแรกเป็นการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ยีสต์}} 2CO_2 + 2C_2H_5OH + \text{พลังงาน}$$

น้ำตาลหรือน้ำผลไม้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เอทิลแอลกอฮอล์

ระยะที่สองเป็นปฏิกิริยาการออกซิไดส์เอทิลแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกหรือน้ำส้มสายชู โดยการทำงานของเชื้อแบคทีเรียภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$C_2H_5OH + O_2 \xrightarrow{\textit{Acetobacter}\ \text{sp.}} CH_3COOH + H_2O$$

เอทิลแอลกอฮอล์ ออกซิเจน กรดอะซิติก

ในทางทฤษฎีพบว่าเอทานอล 1 ลิตร สามารถเปลี่ยนเป็นกรดอะซิติกได้ 1.036 กิโลกรัม และน้ำ 0.313 กิโลกรัม (Adams, 1985) และในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูจะต้องมีออกซิเจนอยู่เพียงพอ ซึ่งปริมาณออกซิเจนจะลดลงไปเนื่องจากกระบวนการหายใจของเซลล์ ในการผลิตกรดอะซิติก 1 โมล จะมีการผลิต ATP ออกมาด้วย 6 ATP ซึ่งถ้าปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอและมีความเข้มข้นของกรดอะซิติกและเอทานอลอยู่สูง จะทำให้เซลล์ตายได้ เช่น ที่ความเข้มข้นของกรดอะซิติกและเอทานอลร้อยละ 5 จะมีผลทำให้เซลล์แบคทีเรียตายร้อยละ 34 ภายใน 2 นาที หลังจากมีการหยุดชะงักของการให้ออกซิเจน และที่ความเข้มข้นของกรดอะซิติกและเอทานอลร้อยละ 12 จะทำให้เซลล์ตายภายใน 10-12 วินาที (Crueger และ Crueger, 1990) ดังนั้น ระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติกและเอทานอลจะต้องอยู่ในปริมาณที่เหมาะต่อการเจริญของ *Acetobacter* ซึ่งปริมาณเอทานอลสูงสุดไม่ควรเกินร้อยละ 5 ในกระบวนการหมักทั่ว ๆ ไป และในปัจจุบันสายพันธุ์แบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพจะผลิตกรดอะซิติกได้สูงสุดร้อยละ 13-14 (ดุษณี, 2555)

2.5.2 กรรมวิธีในการผลิตน้ำส้มสายชู (ศิริพร, 2558)

1. เทคนิคการหมักแบบช้า (Slow process) เป็นวิธีการหมักแบบดั้งเดิมที่อาศัยเชื้อจุลินทรีย์ในธรรมชาติ โดยแบคทีเรียจะสร้างแผ่นฟิล์มและลอยอยู่บนผิวหน้าของภาชนะ มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี แต่ใช้ระยะเวลาที่นานในการผลิต

2. เทคนิคการหมักแบบเร็ว (Quick process หรือ Trickling generator process) เป็นวิธีการหมักที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ซึ่งมุ่งเน้นให้ได้ปริมาณกรดอะซิติกที่สูง ลดระยะเวลาในการหมัก และได้น้ำส้มสายชูที่มีคุณภาพ

3. เทคนิคการผลิตน้ำส้มสายชูแบบ Submerged culture กระบวนการหมักเกิดขึ้นในถังหมักทรงสูงที่มีการควบคุมอุณหภูมิ มีระบบการให้อากาศโดยการกวนใบพัด การหมักด้วยวิธีนี้แบคทีเรียอะซิติกสามารถสัมผัสและออกซิไดซ์เอทานอลได้อย่างรวดเร็ว จากนั้นกรดอะซิติกจะถูกถ่ายออกนอกถังหมัก และเติมเอทานอลเพื่อเริ่มกระบวนการหมักอีกครั้ง เป็นวิธีที่นิยมใช้ผลิตน้ำส้มสายชูในระดับอุตสาหกรรม

2.6 การฆ่าเชื้อในน้ำส้มสายชู

กระบวนการฆ่าเชื้อน้ำส้มสายชูเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้ยาวนานโดยคุณภาพและคุณลักษณะของน้ำส้มสายชูไม่เปลี่ยนแปลง มักจะนำมาฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนก่อนการบรรจุหรือหลังการบรรจุขวด โดยผลของการทำลายจุลินทรีย์ได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนและเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อน การใช้ความร้อนสูงและเวลานาน จะสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้หมด ได้น้ำส้มสายชูที่ปราศจากเชื้อโรคและสามารถเก็บได้นานโดยไม่เน่าเสีย โดยทั่วไปแล้วการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การพาสเจอไรซ์ (Pasteurization) และการสเตอริไรส์ (Sterilization) (ประภาศิริ และ ศิริชัย, 2558)

1. การพาสเจอไรซ์ (Pasteurization) เป็นวิธีการถนอมอาหารโดยใช้อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือด อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 60 – 85 องศาเซลเซียส และระยะเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ซึ่งความร้อนระดับนี้สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดได้ อาหารที่ถนอมรักษาโดยวิธีนี้ต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ โดยในการพาสเจอไรซ์อาจทำได้ 2 ระบบ คือ

1.1 ระบบช้าอุณหภูมิต่ำ (LTLT : Low Temperature-Long Time) เป็นระบบที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วทำให้เย็นลงทันที เป็นวิธีที่ง่ายทำได้ในครัวเรือน

1.2 ระบบเร็วอุณหภูมิสูง (HTST : High Temperature–Short Time) เป็นระบบที่ให้ความร้อนในระดับอุณหภูมิสูงขึ้น แต่ใช้เวลาสั้นลง คือ อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที โดยประมาณ แล้วทำให้เย็นลงโดยเร็ว

2. การสเตอริไรส์ (Sterilization) เป็นวิธีการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนประมาณ 100-130 องศาเซลเซียส การใช้ความร้อนระดับนี้จะทำลายจุลินทรีย์ได้ทุกชนิด ซึ่งมีวิธีการให้ความร้อน 2 แบบ คือ

2.1 ทางตรง (Direct type) เป็นการใช้น้ำร้อนเป็นตัวให้ความร้อนโดยตรง โดยฉีดลงไปผสมกับอาหารโดยตรง แล้วจึงส่งผ่านไปยังเครื่องระเหยน้ำ เพื่อระเหยน้ำส่วนที่เกินออกไป โดยทำภายใต้ระบบสุญญากาศ

2.2 ทางอ้อม (Indirect type) เป็นการให้ความร้อนผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน เหมือนกระบวนการพาสเจอไรซ์ แต่ใช้อุณหภูมิสูงกว่า

นอกจากกระบวนการฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนแล้ว ยังสามารถฆ่าเชื้อโดยเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ลงไป ซึ่งสามารถใช้ได้ถึง 70 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยจะต้องเติมลงไปทันทีก่อนการบรรจุขวด เนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถถูกออกซิไดส์ได้อย่างรวดเร็ว มีผลทำให้สูญเสียประสิทธิภาพได้ (Ebner, 1982; Adams, 1985; Frazier และ Westhoff, 1988)

2.7 การเสื่อมเสียของน้ำส้มสายชู

การเสื่อมเสียของน้ำส้มสายชูอาจเกิดได้หลายสาเหตุ เช่น โลหะและเกลือของโลหะที่ปนมากับวัตถุดิบ อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้น้ำส้มสายชูขุ่นและเปลี่ยนสีได้ โดยเฟอรัสไอออน (ferrous ion) อาจถูกออกซิไดส์ให้เป็นเฟอริกไอออน (ferric ion) และไปรวมกับแทนนิน ฟอสเฟต หรือโปรตีน มีผลทำให้น้ำส้มสายชูขุ่น นอกจากนี้แล้วความขุ่นของน้ำส้มสายชูยังอาจเกิดจากเกลือของดีบุกหรือทองแดง และสีที่เข้มของน้ำส้มสายชูอาจเกิดจากการทำปฏิกิริยาของเหล็กกับแทนนิน หรือปฏิกิริยาของออกซิเดส (oxidase) (Frazier และ Westhoff, 1988)

จุลินทรีย์ที่ทำให้น้ำส้มสายชูเสื่อมเสียโดยทำให้กลิ่นรสผิดปกติไป มักเกิดจากแบคทีเรีย *Lactobacillus* และ *Leuconostoc* โดยปะปนมากับน้ำผลไม้ที่ใช้ในการหมัก นอกจากนี้ยังมี film yeast รา และสาหร่ายบางชนิดที่สามารถออกซิไดส์กรดอะซิติกให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน แต่การเสื่อมเสียของน้ำส้มสายชูที่สำคัญที่สุดคือการสร้างเมือกในปริมาณมากโดยแบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติก ซึ่งเมือกที่เกิดขึ้นในปริมาณมากกว่าปกตินี้จะลดอัตราการผลิตกรดอะซิติกลง และยังมีผลในการขัดขวางการให้อากาศในกระบวนการหมักอีกด้วย เชื้อแบคทีเรียที่ผลิตน้ำส้มสายชูหลายชนิดสามารถทำให้เกิดเมือก (เซลลูโลส) แต่แบคทีเรียที่เป็นสาเหตุสำคัญที่สุดตัวหนึ่งคือ *A. xylinum* (Frazier และ Westhoff, 1988)

2.8 ประโยชน์ของน้ำส้มสายชู

ปัจจุบันน้ำส้มสายชูเป็นสารอินทรีย์ที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรม โดยมีการผลิตน้ำส้มสายชูเพื่อการบริโภคกันทั่วโลก ในระดับครัวเรือนมีการใช้น้ำส้มสายชูในการเตรียมอาหาร การปรุงสลัดและอื่นๆ สำหรับในระดับอุตสาหกรรมอาหารมีการนำน้ำส้มสายชูมาใช้ในการหมักดองอาหารพวกผัก ปลา ทำสลัด น้ำซอส หรือมัสตาร์ด (Ebner, 1982; Adams, 1985) กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูเป็น

กระบวนการหมักที่เก่าแก่ นอกจากจะใช้เป็นสารปรุงแต่งทำให้อาหารมีกลิ่นรสเฉพาะแล้ว ยังมีคุณสมบัติในการถนอมอาหารไม่ให้เกิดการเน่าเสีย ป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ (Adams, 1985; Maal และ Shafiee, 2010)

ในสมัยโบราณ ประเทศจีนใช้น้ำส้มสายชูในการจุดไฟ ในช่วงสงครามโลกครั้งที่สองมีการผลิตน้ำส้มสายชูจากกากน้ำตาลเพื่อใช้เป็นสารตกตะกอนน้ำยางในการผลิตยาง มีการใช้น้ำส้มสายชูในการผลิตตะกั่วขาวที่ใช้ในสี และเครื่องสำอาง นอกจากนี้ยังมีการนำมาใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์อีกด้วย โดยบริโภคน้ำส้มสายชูเพื่อรักษาโรคต่าง ๆ เช่น โรคอ้วน โรคไขข้ออักเสบ โรคหอบหืด ผมร่วง (Joshi และ Sharma, 2009) ยับยั้งเนื้องอก และภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (Johnston และ Gaas, 2006) สลายลิ่มเลือดเป็นก้อนแข็งในร่างกาย แก้พิษ ช่วยย่อยอาหาร ช่วยเจริญอาหาร สลายไอน้ำในร่างกาย รักษาความเจ็บปวดจากเลือดลมในท้องและหัวใจ ละลายเสมหะ รักษาโรคดีซ่าน ปากลิ้นเป็นแผล รักษาอาการเมาค้าง ท้องผูก โรคเบาหวาน การดื่มน้ำส้มสายชูบ่อย ๆ ทำให้ร่างกายแข็งแรง (ชาตรี, 2552)

น้ำส้มสายชูมีสูตรทางเคมีคือ CH_3COOH โมเลกุลมีขนาดเล็กกว่าน้ำตาล ทำให้ร่างกายสามารถดูดซึมได้ดี เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดความอ้วนหรือผู้ที่ต้องการอดอาหารเนื่องจากช่วยลดความอยากอาหาร Ostman และคณะ (2005) ทดลองให้ชายและหญิงสุขภาพแข็งแรงจำนวน 12 คน รับประทานขนมปังขาวเพียงอย่างเดียว เปรียบเทียบกับการรับประทานร่วมกับน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน คือ 18 23 และ 28 มิลลิโมล พบว่า ระดับของกลูโคสและอินซูลินลดลงตามสัดส่วนของน้ำส้มสายชูที่รับประทานเข้าไป นอกจากนี้ผู้เข้าทดลองต่างมีความหิวลดลงนานมากขึ้นถึง 2 ชั่วโมงหลังรับประทานขนมปังขาวพร้อมกับน้ำส้มสายชู 2 ช้อนโต๊ะ เมื่อเปรียบเทียบกับการทานแต่ขนมปังเพียงอย่างเดียว

นอกจากน้ำส้มสายชูจะช่วยลดความอยากอาหารแล้ว ยังช่วยให้ระบบย่อยอาหารทำงานได้ดีขึ้น เนื่องจากน้ำส้มสายชูมีความเป็นกรด เมื่อรับประทานเข้าไปจะช่วยให้กระเพาะและลำไส้เป็นกรดอ่อน ๆ สามารถย่อยอาหารได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยให้ระบบขับถ่ายเป็นไปอย่างปกติ ทำให้ผู้บริโภคมีผิวพรรณ ผ่องใส (ดุษณี, 2555)

2.9 มะตูม (ปิติ, 2552)

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Aegle marmelos Correa.*

ชื่อสามัญ: Bael, Bengal Quince

วงศ์: Rutaceae

ชื่อท้องถิ่น: มะตูม มะปิน ตุ่มเต้ง มะปีส่า หมากตูม

มะตูมเป็นผลไม้ป่าที่ค่อนข้างหายากในปัจจุบัน เนื่องจากลำต้นมีขนาดใหญ่ ใช้เวลานานเป็นปีถึงออกผล จึงไม่นิยมปลูก แต่ยังพบได้ในบางพื้นที่ โดยเฉพาะตามหัวไร่ปลายนา ป่าเต็งรัง และป่าเบญจพรรณ ทั้งในภาคเหนือ อีสาน ตะวันออก และภาคอื่น ๆ

2.9.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มะตูมเป็นไม้ยืนต้น เนื้อแข็ง สูงประมาณ 15-25 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 25-50 เซนติเมตร เปลือกค่อนข้างหนามีสีเทา เปลือกแตกเป็นร่องตามความยาวของลำต้น มีหนามขึ้นตามกิ่งทั่วลำต้น หนามมีลักษณะแข็ง ยาวประมาณ 2-3.5 เซนติเมตร ใบมะตูมเป็นใบประกอบ มีก้านใบยาว 3-5 เซนติเมตร ประกอบด้วยใบย่อย 3 ใบ ใบย่อยตรงกลางมีขนาดใหญ่สุด ใบกว้างประมาณ 3.0 – 6.0 เซนติเมตร และยาวประมาณ 4.0 – 12.0 เซนติเมตร ใบมีรูปทรงรูปไข่หรือรูปหอก ขอบใบหยักปลายใบแหลม แผ่นใบเรียบ แผ่นใบด้านบนมีสีเขียว ดอกมะตูมเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีทั้งดอกเพศเมีย และดอกเพศผู้ในดอกเดียวกัน ดอกมีขนาดเล็ก กลีบดอกสีเขียวอมขาว ขนาดประมาณ 0.6-1.0 เซนติเมตร มีลักษณะเป็นแฉกคล้ายปลาดาว 5 กลีบ มีกลิ่นหอม ถัดมาเป็นเกสรตัวผู้จำนวนมาก และรังไข่ มีอับละอองเรณูสีขาว 35-45 อัน ดอกแทงออกเป็นช่อตามซอกใบบริเวณปลายกิ่ง ออกดอกเพียงครั้งเดียวใน 1 ปี ในช่วงเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน ผลมะตูมมีลักษณะเป็นผลกลมรี เปลือกมีลักษณะเรียบ เปลือกหนา เป็นมัน ผลอ่อนมีสีเขียว ผลสุกสีเขียวอมเหลือง ส่งกลิ่นหอม เนื้อในมีสีเหลืองหรือส้มอมเหลือง มีเมล็ดจำนวนมากเรียงเป็นวงกลมรอบแกนผล

รูปที่ 2.4 ผลและต้นมะตูม
ที่มา: http://puechkaset.com/มะตูม/
(วันที่สืบค้น 22 มกราคม 2561)

2.9.2 สรรพคุณมะตูม

ผลดิบ ช่วยควบคุมระดับน้ำตาล ป้องกันการเป็นโรคเบาหวาน รักษาโรคลำไส้อักเสบ แก้ท้องเดิน ท้องอืด ช่วยขับลม แก้กระหายน้ำ ช่วยให้ชุ่มคอ ลดอาการหอบหืด ลดอาการไอ ขับเสมหะ รักษาแก้ไข้ทรพิษ แก้พิษฝี ลดอาการปวดฝี แก้เยื่อตาอักเสบ และลดความดันโลหิตสูง

ผลสุก ช่วยในการทำงานของลำไส้ รักษาแผลในกระเพาะอาหาร ช่วยระบบขับถ่าย เป็นยาระบาย แก้จุกเสียดแน่นท้อง เพิ่มระดับอินซูลิน (insulin) ลดระดับไขมันในเส้นเลือด บำรุงหัวใจ และบำรุงร่างกาย

ใบอ่อน ช่วยขับลมในกระเพาะอาหาร ฆ่าเชื้อโรคในระบบทางเดินอาหาร บรรเทาหลอดลมอักเสบ และแก้อาการไข้หวัด

รากมะตูม ช่วยบรรเทาอาการเลือดตกของสตรีหลังคลอด แก้หลอดลมอักเสบ บรรเทาอาการไอเป็นเลือด ปัสสาวะเป็นเลือด และอาการอักเสบหรือเป็นแผลในระบบทางเดินอาหาร

รูปที่ 2.5 มะตูมอบแห้ง

2.10 พริกไทยดำ (ประธาน, 2550)

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Piper nigrum* L.

ชื่อสามัญ: Pepper

วงศ์: Piperaceae

ชื่อท้องถิ่น: พริกไทยดำ พริกไทยล่อน (ภาคกลาง) พริกน้อย (ภาคเหนือ) พริก (ภาคใต้)

รูปที่ 2.6 พริกไทยดำ

ลักษณะภายนอกเป็นผลแห้ง ผิวสีดำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4-6 มิลลิเมตร เปลือกนอกสีน้ำตาลเข้มออกดำ เปลือกผลชั้นนอกและชั้นกลางลอกออกง่าย เปลือกชั้นในบางและแข็ง 1 ผลมี 1 เมล็ด ผงพริกไทยดำมีสีน้ำตาลดำ กลิ่นฉุน รสเผ็ดเล็กน้อย พริกไทยดำคือพริกไทยสดตากแห้ง การทำพริกไทยดำจะใช้พริกที่แก่เต็มที่ นำมาตากแดดเพื่อไล่ความชื้นออก จากนั้นนำมานวดเอาซังหรือรวงออกแล้วตากแดดจนเมล็ดแห้งดำ (ทวีทอง, 2547)

2.10.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้นมีความสูงประมาณ 5 เมตร รากฝอยออกบริเวณข้อเพื่อใช้ยึดเกาะ ใบมีลักษณะรีใหญ่ ยาว 8-16 เซนติเมตร กว้าง 4-7 เซนติเมตร ปลายใบแหลม ขอบใบเรียบ ท้องใบมีสีเขียวอมเทา หลังใบสีเขียวเข้ม ดอกออกเป็นช่อจากข้อ ช่อดอกมีสีขาว ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ผลมีลักษณะกลมออกเป็นพวง เป็นช่อทรงกระบอกกลมยาว ช่อผลสีเขียว ส่วนผลแก่สีเหลืองและสีแดง (กัญจนา และคณะ, 2542) นิยมปลูกบริเวณชายฝั่งตะวันออก ได้แก่ จันทบุรี ตราด และขยายพื้นที่เพาะปลูกมายังภาคใต้ จังหวัดตรัง

2.10.2 สรรพคุณพริกไทย

ใบมีรสเผ็ดร้อน แก้ลมจุกเสียดแน่น ปวดมวนท้อง เมล็ดช่วยแก้ลมอัมพฤกษ์ บำรุงธาตุ แก้ท้องอืดเฟ้อ รากช่วยขับลมในลำไส้ แก้ปวดท้อง แก้ลมวิงเวียน และช่วยย่อยอาหาร

2.11 กล้วยน้ำว้า (ทวีทอง, 2547)

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Musa sapientum* Linn.
ชื่อสามัญ: Banana blossom, Pisang Awak
วงศ์: Musaceae
ชื่อท้องถิ่น: กล้วยน้ำว้า (ภาคกลาง) กล้วยใต้ กล้วยเหลือง (ภาคเหนือ) กล้วยมะลิอ่อง (ภาคตะวันออก) กล้วยอ่อง กล้วยตานีอ่อง (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

กล้วยน้ำว้า จัดเป็นกล้วยพื้นเมืองที่พบได้ทั่วไปในทุกภาค เป็นกล้วยที่นิยมปลูกไว้ในทุกครัวเรือนเพื่อการรับประทานผลสุก และแปรรูปผลดิบ รวมถึงการนำส่วนต่างๆมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะใบตองที่ใช้สำหรับห่ออาหารหรือประกอบอาหาร ปลีกล้วย และหยวกกล้วยสำหรับนำมาปรุงอาหาร กล้วยน้ำว้า เป็นกล้วยที่เกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ของกล้วยป่า 2 ชนิด ได้แก่ *Musa acuminate* และ *Musa balbisaina*

รูปที่ 2.7 กล้วยน้ำว้า

2.11.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

กล้วยน้ำว้าเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีลำต้นสูง 3.0- 4.5 เมตร ลำต้นแท้จะเป็นส่วนหัวหรือเหง้าที่อยู่ฝังอยู่ใต้ดินหรือเหนือดินเล็กน้อย ส่วนลำต้นเหนือดินจะเป็นลำต้นเทียมประกอบด้วยกาบใบและใบ โดยกาบใบจะแทงออกจากเหง้าเรียงซ้อนกันแน่นจนกลายเป็นลำต้น แผ่นกาบด้านนอกมีสีเขียวปนดำ กาบใบเป็นแผ่นโค้งเป็นรูปครึ่งวงกลม มีแกนกลางเป็นกาบอ่อนเรียงซ้อนกัน ใบกล้วยประกอบด้วยส่วนก้านใบและใบ ก้านใบยาวประมาณ 0.5-1 เมตร ส่วนใบเรียกว่าใบตอง แผ่นใบมีลักษณะเรียบ แผ่นใบด้านบนมีสีเขียวสด เป็นมัน ส่วนแผ่นใบด้านล่างมีสีเขียวอมเทา ความยาวของแผ่นใบแต่ละข้างยาวประมาณ 25-30 เซนติเมตร แผ่นใบที่เป็นยอดอ่อนจะมีสีเขียวอ่อนและตั้งตรง เมื่อแก่จะมีสีเขียวสดและก้านใบโน้มลงด้านล่าง รากกล้วยเป็นระบบรากแขนงที่แตกออกจากเหง้ากล้วย ขนาดของรากประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร ดอกกล้วยแทงออกที่ปลายยอด มีลักษณะเป็นช่อห้อยลง เรียกว่า เครือกล้วย โดยเครือกล้วยประกอบด้วยใบประดับสีแดงหุ้มดอกไว้ เรียกว่า ปลีกล้วย แผ่นใบประดับด้านนอกบริเวณส่วนบนมีสีแดงม่วง ส่วนล่างมีสีแดง แผ่นใบประดับด้านในมีสีครีม ส่วนดอกที่อยู่ด้านในจะมีหลายดอกย่อยเรียงซ้อนกันเป็นแผง เรียกว่า หวี โดยกล้วยน้ำว้า 1 เครือจะมีหวีกล้วยประมาณ 7-12 หวี แต่ละหวีมีผลกล้วยประมาณ 10-16 ผล ผลกล้วยเจริญจากดอก ผลอ่อนมีลักษณะเปลือกผลสีเขียวและเป็นเหลี่ยม เนื้อกล้วยมีสีขาว เนื้อแน่นและเหนียว ส่วนผลสุกเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เนื้อกล้วยมีสีเหลืองอ่อน

2.11.2 สรรพคุณกล้วยน้ำว้า (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2550)

1. กล้วยน้ำว้ามีสารแทนนินสามารถช่วยรักษาอาการท้องเสียแบบไม่รุนแรงได้ ช่วยแก้ท้องผูกได้ สำหรับผู้ที่เป็นโรคกระเพาะหรือกระเพาะอักเสบ การรับประทานกล้วยบ่อย ๆ จะช่วยรักษาแผลในลำไส้เรื้อรัง เพราะกล้วยมีสภาพเป็นกลาง ทำให้ไม่ระคายเคืองในผนังลำไส้และกระเพาะอาหาร

2. ช่วยระงับกลิ่นปาก หากรับประทานกล้วยน้ำว้าหลังตื่นนอนทันทีแล้วค่อยแปรงฟัน จะสามารถช่วยลดกลิ่นปากลงได้

3. ช่วยบรรเทาอาการเจ็บคอ เมื่อรับประทานกล้วยน้ำว้าวันละ 5-6 ผล จะลดอาการระคายเคืองคอลดน้อยลง

4. ช่วยควบคุมอุณหภูมิในร่างกายให้เป็นปกติ ช่วยเพิ่มพลังให้แก่สมอง เพราะมีสารที่ทำให้เกิดสมาธิและตื่นตัวตลอดเวลา มีสารต่อต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอความแก่ชรา

5. ช่วยลดความอ้วน ปรับระดับน้ำตาลในเลือด ลดอาการนอนไม่หลับ

6. ช่วยรักษาโรคซึมเศร้า ความเครียดได้ เนื่องจากกล้วยมีโปรตีนชนิดหนึ่งที่เรียกว่า ทริปโตเฟน (Tryptophan) ซึ่งช่วยในการผลิตสารเซโรโทนิน (Serotonin) หรือฮอร์โมนแห่งความสุข จึงช่วยผ่อนคลายอารมณ์ได้ดี

7. ช่วยลดอาการเมาค้าง ช่วยชดเชยน้ำตาลที่ร่างกายขาดไปในขณะดื่มแอลกอฮอล์

8. ช่วยรักษาอาการท้องผูก เพราะมีเส้นใยและกากอาหาร ช่วยให้ระบบขับถ่ายเป็นปกติ บรรเทาอาการริดสีดวงทวาร หรือในขณะขับถ่ายแล้วมีเลือดออกมา

9. ช่วยรักษาโรคโลหิตจาง เพราะในกล้วยมีธาตุเหล็กสูง จึงช่วยในการผลิตฮีโมโกลบินในเลือด เพื่อรักษาภาวะโลหิตจางหรือผู้ที่อยู่ในสภาวะขาดกำลัง

10. ช่วยรักษาโรคความดันโลหิตสูงหรือเส้นเลือดฝอยแตกได้ ลดโอกาสเสี่ยงของ การเกิดเส้นโลหิตแตก

รูปที่ 2.8 ต้นกล้วยน้ำว้าและปลีกล้วย
ที่มา: http://puechkaset.com/มะตูม/
(วันที่สืบค้น 22 มกราคม 2560)

2.12 อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ

2.12.1 อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (free radicals) หมายถึง สารที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยว (unpaired electrons) ในอะตอมหรือโมเลกุล สามารถพบได้ทุกแห่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการผลิตพลังงานภายในเซลล์ หรือจากกระบวนการเมแทบอลิซึม โดยมีการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนออกจากโมเลกุลของออกซิเจน ทำให้อิเล็กตรอนในโมเลกุลออกซิเจนไม่สมดุลกลายเป็นอนุมูลอิสระและว่องไวในการเข้าทำปฏิกิริยามาก สามารถดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นมาแทนที่อิเล็กตรอนที่ขาดหายไปเพื่อให้ตัวเองเกิดความสมดุลหรือเสถียร ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ และเกิดขึ้นในเซลล์ตลอดเวลา (บุหรัน, 2556)

2.12.2 สารต้านอนุมูลอิสระ (บุหรัน, 2556)

สารต้านอนุมูลอิสระ คือสารที่มีหน้าที่ต่อต้านหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารต้านอนุมูลอิสระมีทั้งที่เป็นสารจากธรรมชาติ เช่น Amino acid Ascorbic acid Carotenoids Tannins Flavonoids Tocopherols เป็นต้น โดยทั่วไปสารต้านอนุมูลอิสระ แบ่งเป็น 5 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1. Primary antioxidant สารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) ทำหน้าที่หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน นอกจากนี้ยังรวมถึงสารโทโคฟีรอลธรรมชาติและสังเคราะห์ (Natural and synthetic tocopherol) alkyl gallate BHA BHT TBHQ และอื่น ๆ ซึ่งสารในกลุ่มดังกล่าว ทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน

2. Oxygen scavenger สารในกลุ่มนี้ได้แก่ กรดแอสคอร์บิค หรือวิตามินซี สารในกลุ่มนี้จะเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จึงเป็นการช่วยกำจัดออกซิเจนในระบบปิดได้

3. Secondary antioxidant สารในกลุ่มนี้ได้แก่ dilauryl thiopropionate และ thiopropionic acid ทำหน้าที่สลายโมเลกุลของ lipid hydroperoxide ให้เป็นสารที่มีความเสถียร

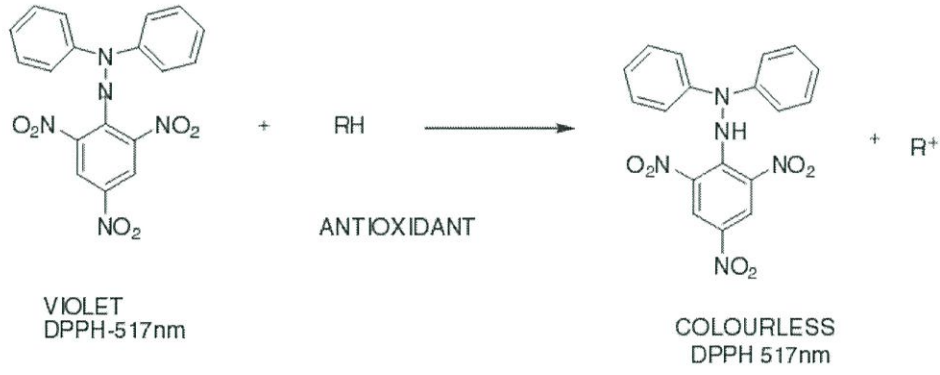
4. Enzymic antioxidant สารในกลุ่มนี้ได้แก่ เอนไซม์ต่าง ๆ โดยแบ่งเป็น primary antioxidant enzyme และ auxiliary antioxidant enzyme สารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่กำจัดออกซิเจนหรืออนุพันธ์ของออกซิเจนโดยเฉพาะไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

5. Chelating agent หรือ sequestrant สารในกลุ่มนี้ เช่น กรดซิตริค กรดอะมิโน เป็นต้น ทำหน้าที่ไปจับกับไอออนของโลหะ เช่น เหล็ก และทองแดง ซึ่งไอออนเหล่านี้เป็นไอออนที่ส่งเสริมและเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียร

2.12.3 วิธีการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

2.12.3.1 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay)

วิธี DPPH เป็นการวิเคราะห์ความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการกำจัดสาร DPPH ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระของไนโตรเจนที่เสถียร มีสีม่วงอยู่ในรูปของอนุมูลอิสระอยู่แล้วและสามารถรับอิเล็กตรอนได้อีก เพื่อเปลี่ยนเป็นโมเลกุลที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระและเมื่อได้รับอะตอมไฮโดรเจนจากโมเลกุลอื่นจะทำให้สารดังกล่าวไม่เป็นอนุมูลอิสระ การวิเคราะห์เป็นการวัดความสามารถในการรีดิวซ์ ทำการวัดโดยใช้เครื่องมือสเปคโตโฟโตมิเตอร์วัดการลดลงของสีเมื่อเติมสารต้านอนุมูลอิสระลงไปโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ข้อดีของวิธีนี้คือง่ายต่อการใช้เครื่องมือและเครื่องมือมีทั่วไป จึงนิยมใช้เป็นวิธีเบื้องต้นในการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารธรรมชาติ ข้อเสียของวิธีนี้คืออนุมูล DPPH มีความคงตัวไม่ไวต่อปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลที่เกิดในเซลล์หรือร่างกาย วิธีนี้จึงไม่สามารถที่จะใช้จัดอันดับอนุมูลที่มีความไวสูงได้ นอกจากนี้สารรีดิวซ์สามารถทำให้อนุมูล DPPH จางลงได้อีกด้วย (โอภา, 2550)



รูปที่ 2.9 สมการการเกิดปฏิกิริยาของ DPPH
ที่มา: Nithya และ Madhavi (2017)

2.12.3.2 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยการฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอส (ABTS radical cation decolorization assay)

เป็นวิธีการวัดความสามารถในการฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอส ($ABTS^{\bullet+}$; 2,2′-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical) ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่มีสีเขียวปนน้ำเงิน สามารถดูดกลืนแสงได้สูงสุดที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เนื่องจากสีของ $ABTS^{\bullet+}$ ปกติจะมีค่าการดูดกลืนแสงสูง จึงต้องทำการเจือจาง $ABTS^{\bullet+}$ ด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์ จากนั้นนำ $ABTS^{\bullet+}$ ทำปฏิกิริยากับตัวอย่างที่ละลายด้วยเอทานอลเจือจางและตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา จากนั้นจึง

สามารถหาความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างได้จากการคำนวณ สีที่จางลงของการยับยั้งอนุมูลอิสระ $ABTS^{\bullet+}$ ซึ่งวิธีการคำนวณและการเทียบกับสารมาตรฐาน trolox เช่นเดียวกับวิธี DPPH ข้อดีของวิธีการนี้คือ อนุมูลอิสระ $ABTS^{\bullet+}$ สามารถละลายน้ำได้ดี ทำให้ตัวทำละลายอินทรีย์ทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระได้อย่างรวดเร็ว และมีช่วงพีเอชในการทำงานที่กว้าง ส่วนข้อเสียคือ $ABTS^{\bullet+}$ เป็นสารสังเคราะห์ที่ไม่สามารถพบได้ในร่างกายหรือในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต และต้องมีการทำปฏิกิริยากับสารอื่นก่อนถึงจะเกิดเป็นอนุมูลอิสระ (บุหรัน, 2556)

$$ABTS^{\bullet+} + AH \rightarrow ABTS \text{ (สีจางลง)} + A^{\bullet}$$

2.12.3.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) assay)

วิธีการนี้อาศัยหลักการของสารต้านอนุมูลอิสระสามารถถ่ายเทอิเล็กตรอนให้กับสารประกอบเชิงซ้อน $[Fe(III)(TPTZ)_2]^{3+}$ ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปเป็น $[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ ซึ่ง $[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ มีความสามารถในการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ปริมาณของ $[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ ที่เกิดขึ้นสามารถประมาณความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ในรูป FRAP value เทียบกับกราฟมาตรฐานของเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ซึ่งขั้นตอนโดยละเอียดของวิธีการนี้ได้แก่ การทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน $[Fe(III)(TPTZ)_2]^{3+}$ โดยนำสารละลาย TPTZ (2,4,6-tri-(2-pyridyl)-striazine) ที่ละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกเจือจางมาทำปฏิกิริยากับสารละลายอะซิเทตบัฟเฟอร์และสารละลายเฟอริกไตรคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต จากนั้นทำการรีดิวซ์เฟอร์ริกโดยการเติมสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟตหรือสารตัวอย่าง (สารต้านอนุมูลอิสระ) และตั้งทิ้งไว้ในที่มืด วิธีการนี้เป็นวิธีที่ง่าย ใช้เวลาน้อย และสามารถทำซ้ำแล้วให้ผลเหมือนเดิม แต่ข้อเสียคือปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะร่างกาย (บุหรัน, 2556)

2.13 สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

2.13.1 สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds)

สารประกอบฟีนอลิก จัดเป็นสารต้านอนุมูลที่ได้รับจากภายนอกและพบได้มากในธรรมชาติ ได้แก่ พืชผัก ผลไม้ ชาเขียว ชาดำ ช็อกโกแลต และไวน์แดง เป็นต้น ในปัจจุบันพบสารประกอบฟีนอลิกมากกว่า 8,000 ชนิดในธรรมชาติ ตั้งแต่โมเลกุลอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก ฟีนิล โปรพานอยด์ และฟลาโวนอยด์ ไปจนถึงโครงสร้าง โพลิเมอร์ที่ซับซ้อน เช่น ลิกนิน เมลานิน

และแทนนิน เป็นต้น สารโพลีฟีนอลิกเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญเนื่องจากมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ต้านไวรัส ต้านการอักเสบ ต้านการแพ้ เป็นต้น โครงสร้างทั่วไปของสารประกอบฟีนอลิกประกอบด้วยโครงสร้างที่เป็นวงอะโรมาติก และมีหมู่แทนที่เป็นหมู่ไฮดรอกซีอย่างน้อย 1 หมู่ สารกลุ่มที่สำคัญได้แก่ ฟลาโวนอยด์

สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) แบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้หลายกลุ่มตามความแตกต่างของสูตรโครงสร้างโดยเฉพาะที่วงที่มีอะตอมออกซิเจนอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น อีเทอร์ คีโตน รวมทั้งการมีหมู่ไฮดรอกซีแทนที่บนวงอะโรมาติกในโมเลกุล ตัวอย่างของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ได้แก่ ฟลาแวน (flanvanes) ฟลาวาโนน (flavanone) ฟลาวานอล (flavanols) ฟลาโวนอล (flavonols) ฟลาโวน (flavone) และแอนโทไซยานิดิน (anthocyanidins) เป็นต้น (ปริยานุช, 2551)

2.13.2 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (จันทร์ทิพย์ และคณะ, 2553)

ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic compounds) มีความสัมพันธ์กับความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant capacity) สามารถหาได้โดยวิธี Folin-Ciocalteu เป็นการศึกษาการเกิดสีโดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยสารประกอบฟีนอลิกในสารละลายในสภาวะเป็นด่างหรือในสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (pH 10.0) และสาร Folin-Ciocalteu reagent ซึ่งประกอบด้วยกรดฟอสฟอโมลิบดิก ($H_3PMo_{12}O_{40}$) และกรดฟอสฟอทังสเทนติก ($H_3PW_{12}O_{40}$) ถูกรีดิวซ์โดย phenolic hydroxyl groups ในสารละลาย Na_2CO_3 (ด่าง) เกิดเป็น tungsten และmolyndenum blue ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อน Mo-W สีน้ำเงิน และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ปริมาณสารฟีนอลิกรวมใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐานและรายงานในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกหรือ GAE (Gallic Acid Equivalents)

$$\underset{\text{สารฟีนอลิก}}{C_6H_5OH} + Na_2CO_3 + \text{FC reagent} \longrightarrow \underset{\text{สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน}}{\text{Mo-W complex}}$$

2.14 วิธีการประเมินการยอมรับ (ประวีณา, 2554)

ข้อมูลที่ได้จากการประเมินการยอมรับจะทำให้ทราบว่าผู้ประเมินชอบผลิตภัณฑ์มากน้อยแค่ไหน นอกจากนี้ยังสามารถถามผู้ประเมินเรื่องความถี่ในการใช้หรือซื้อผลิตภัณฑ์ จึงเป็นวิธีที่เหมาะจะนำไปใช้ในการประเมินผู้บริโภคเป้าหมายที่มีจำนวนมาก ๆ วิธีการประเมินการยอมรับที่นิยมใช้ ได้แก่

2.14.1 วิธีการให้คะแนนความชอบ (Hedonic Scaling) วิธีการให้คะแนนความชอบโดยใช้สเกลความชอบ 9 คะแนน เป็นวิธีการที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบัน การวิเคราะห์ผลการประเมิน

ความชอบอาจทำได้โดยการหาค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบ หากมีผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 2 ตัวอย่างขึ้นไป จะสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนและทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น Duncan's New Multiple Range หรือ LSD หรือ Turkey เป็นต้น วิธีการนี้จะต้องใช้ผู้ประเมินอย่างน้อย 30 คน

2.14.2 วิธีการวัดความถี่ในการบริโภค (Food Action Rating Scale, FACT) วิธีการนี้เป็นวิธีที่ผู้ประเมินบอกถึงความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์ ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์ได้เช่นเดียวกับวิธีการให้คะแนนความชอบ หรืออาจใช้วิธีการวัดความถี่ในการบริโภคร่วมกับการให้คะแนนความชอบ เพื่อตรวจสอบว่าความชอบหรือการยอมรับผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับความต้องการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่แท้จริง

2.14.3 วิธีการวัดความพอดี (Just About Right Scale, JAR) การวัดความพอดีหรือความพอใจของผู้บริโภคเป็นวิธีการทั่วไปในการทดสอบตลาด การนำวิธีการนี้มาปรับใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จะช่วยในการตัดสินใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนาแล้วมีความเหมาะสมที่จะทดสอบตลาดหรือไม่ สามารถวัดความพอใจโดยการนับความถี่แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์

2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จิตติพงษ์ (2532) ศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูจากน้ำมะพร้าวโดยวิธีหมักแบบเร็ว โดยขั้นแรกใช้เชื้อ *Saccharomyces* sp. CMU1 ในการหมักให้ได้แอลกอฮอล์ และปรับน้ำมะพร้าวให้มีปริมาณน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ โดยน้ำมะพร้าวที่มีปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นร้อยละ 20 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เริ่มต้น 4.5 หมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่าเชื้อ *Saccharomyces* sp. CMU1 สามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้ ร้อยละ 10.49 ในขั้นที่สองที่เป็นการหมักกรดอะซิติก ได้ศึกษาการเติมกรดอะซิติกและการไม่เติมกรดอะซิติกลงไปในน้ำหมักในขั้นที่ 1 โดยใช้เชื้อ *Acetobacter aceti* ในการหมัก พบว่าการเติมกรดอะซิติกลงไปก่อน ทำให้ pH เริ่มต้นของน้ำหมักเท่ากับ 4.0 นั้นส่งผลให้มีการผลิตกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นสูงสุดร้อยละ 2.58 โดยใช้เวลาในการหมัก 72 ชั่วโมง ส่วนอาหารที่ไม่ได้เติมกรดอะซิติกนั้นมีการผลิตกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นสูงสุดร้อยละ 2.46 ใช้เวลาในการหมัก 120ชั่วโมง

ชญาณ์พิสุทธิ์ และคณะ (2555) ศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักเพื่อสุขภาพจากน้ำเชื่อมเปลือกสับปะรด ขั้นแรกใช้ *Saccharomyces cerevisiae* var. *montache* ผลิตแอลกอฮอล์จากน้ำเชื่อมเปลือกสับปะรด ได้แอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 11.9 จากนั้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก โดยศึกษาสายพันธุ์แบคทีเรียสร้างกรดอะซิติกที่เหมาะสม 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *A. aceti* TISTR 102 และ *A. aceti* TISTR 103 เพาะเลี้ยงแบคทีเรียในวัตถุดิบที่มีแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 4 มีการเติมแอมโมเนียมฟอสเฟต ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ได้แก่ 0.5 1.0 และ 2.0 กรัมต่อลิตร ผลการทดลองพบว่า *A. aceti* TISTR 103 สามารถเปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นกรดอะซิติกได้สูงเมื่อเติมแอมโมเนียมฟอสเฟต 0.5 กรัมต่อลิตร โดยสามารถผลิตกรดอะซิติกได้ความเข้มข้นร้อยละ 3.9

วรรณภา และคณะ (2556) ศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากมะขามป้อม โดยหมักน้ำมะขามป้อมด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* var.*montache* เพื่อผลิตไวน์มะขามป้อมที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 8.57 ใช้เวลาในการหมัก 14 วัน และนำมาผลิตน้ำส้มสายชูหมักมะขามป้อมโดยเตรียมจากไวน์มะขามป้อมให้มีปริมาณแอลกอฮอล์แตกต่างกัน พบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์ที่เหมาะสมในการผลิตกรดอะซิติกคือร้อยละ 5 ซึ่งให้ปริมาณกรดอะซิติกสูงที่สุดคือร้อยละ 3.03 ($p < 0.05$) ในวันที่ 11 ของการหมัก และการหมักในสภาวะนิ่งที่อุณหภูมิห้องผลิตกรดได้สูงกว่าสภาวะเขย่า

ประวีณา (2554) ศึกษาพัฒนาน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกล้อง ขั้นแรกย่อยข้าวเหนียวดำให้เป็นน้ำตาลกลูโคส จนได้น้ำตาลกลูโคสร้อยละ 39.6 ขั้นตอนที่สองเป็นการหมักไวน์จากสารละลายน้ำตาลที่ได้ โดยนำสารละลายที่ได้มาผสมกับน้ำมะพร้าว หมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* TISTR 5049 เป็นเวลา 8 วัน ได้ไวน์ข้าวเหนียวดำที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 11.5 ขั้นตอนสุดท้ายคือหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ โดยปรับปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นในไวน์ข้าวเหนียวดำเป็นร้อยละ 5 ค่า pH เริ่มต้น 5.5 หมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *A. aceti* TISTR 354 ด้วยวิธีเขย่าให้อากาศเป็นเวลา 3 วัน ได้น้ำส้มสายชูหมักข้าวเหนียวดำกล้องที่มีปริมาณกรดอะซิติกร้อยละ 5.48 ค่า pH 3.38

นฤมล และคณะ (2558) ศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำส้มสายชูจากกล้วยกับมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) โดยใช้ระยะเวลา 3 เดือนในการหมักผลกล้วยให้เป็นน้ำส้มสายชู พบว่ามีค่า pH อยู่ระหว่าง 2.1-2.9 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้อยู่ระหว่าง 4.6-9.2 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดอะซิติกอยู่ระหว่างร้อยละ 0.91-3.77 และปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ระหว่างร้อยละ 2.2-4.2

Yang และคณะ (2017) ศึกษาคุณสมบัติของน้ำส้มสายชู 2 ชนิด คือ น้ำส้มสายชูที่หมักโดยใช้เชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* บริสุทธิ์เพียงชนิดเดียว และน้ำส้มสายชูที่หมักโดยใช้เชื้อผสมของ *S. cerevisiae* และ *Lactobacillus plantarum* ในขั้นตอนการหมักแอลกอฮอล์พบว่าการหมักโดยใช้เชื้อผสมจะมีปริมาณกรดฟอร์มิก กรดแลกติก และกรดอินทรีย์ทั้งหมดสูงกว่าการหมักโดยใช้เชื้อบริสุทธิ์เพียงชนิดเดียว ในส่วนของสารที่ให้กลิ่นรส เช่น เอสเทอร์ แอลกอฮอล์ และแอลดีไฮด์ นั้นจากการวิเคราะห์ด้านประสาทสัมผัส (sensory) พบว่าน้ำส้มสายชูที่หมักโดยใช้เชื้อผสมให้รสหวานและรสกลมกล่อมมากกว่า และจะมีกลิ่นคล้ายดอกไม้และผลไม้

Zhengliang และคณะ (2017) ศึกษาอัตราส่วนของสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ *Acetobacter pasteurianus* CICIM B7003 ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียอะซิติกที่ใช้ในกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูจากแอปเปิลในครั้งนี้ โดยพบว่าสารอาหารที่มีอิทธิพลต่อการเจริญของเชื้อ

A. pasteurianus CICIM B7003 มากที่สุดคือกรดอะมิโน 4 ชนิด ได้แก่ แอสพาร์เทต กลูตาเมต โพรลีน และทริปโตเฟน โดยต้องเติมลงในอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 0.02 กรัมต่อลิตร 0.03 กรัมต่อลิตร 0.01 กรัมต่อลิตร และ 0.005 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูจากแอปเปิล เมื่อเทียบกับน้ำส้มสายชูที่หมักโดยวิธีดั้งเดิมแล้วพบว่าน้ำส้มสายชูที่ได้นั้นมีผลผลิตของกรดอะซิติกสูงถึงร้อยละ 93.3 และยังเกิดสารประกอบให้กลิ่นรสที่ช่วยให้น้ำส้มสายชูที่ได้ที่มีรสชาติที่ดีขึ้นอีกด้วย

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088

3.1.2 *Acetobacter aceti* TISTR 354

จุลินทรีย์ทั้งสองสายพันธุ์ ได้รับความอนุเคราะห์จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

3.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 มะตูมแห้ง

3.2.2 พริกไทยดำแห้ง

3.2.3 กล้วยน้ำว้าสด

3.2.4 น้ำตาลทรายแดง

วัตถุดิบเหล่านี้ได้รับความอนุเคราะห์จากสหกรณ์สวนฟ้านาบุญศรีษะอโศก จังหวัดศรีสะเกษ ซึ่งผลิตเครื่องดื่มสุขภาพลูกแปลกแม่

3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ

3.3.1 อาหาร YPD (ภาคผนวก ก)

3.3.2 อาหาร GYEA (ภาคผนวก ก)

3.3.3 อาหาร PCA (ภาคผนวก ก)

3.3.3 อาหาร DRBC Agar (ภาคผนวก ก)

3.4 สารเคมี

3.4.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล (ภาคผนวก ข)

3.4.2 สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน (ภาคผนวก ข)

3.4.3 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ (ภาคผนวก ข)

3.4.4 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (ภาคผนวก ข)

3.4.5 สารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) (ภาคผนวก ข)

3.4.6 สารโพแทสเซียมเมทาไบซัลไฟล์ (KMS)

3.4.7 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHP) 0.1 นอร์มัล(ภาคผนวก ข)

3.5 อุปกรณ์

3.5.1 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอ (Autoclave) รุ่น HV-25/50/85/110 ยี่ห้อ HIRAYAMA

3.5.2 เครื่องอบลมร้อน (Hot air oven) รุ่น UF55 ยี่ห้อ Memmert

3.5.3 เครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ (Incubator shaker) รุ่น polar 1000 ยี่ห้อ Contherm

3.5.4 ตู้ถ่ายเชื้อ (Larminar air flow) รุ่น Bio II Advance ยี่ห้อ Telstar

3.5.5 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น TE2145 ยี่ห้อ Sartorius

3.5.6 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) รุ่น S220 Seven Compact pH/Ion ยี่ห้อ Mettler Toledo

3.5.7 เครื่องวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Refractometer) รุ่น MASTER-M ยี่ห้อ Atago

3.5.8 เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) รุ่น Z383K ยี่ห้อ HERMLE

3.5.9 เครื่องวัดค่าสี รุ่น MiniScan EZ ยี่ห้อ HunterLab

3.5.10 เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ (Gas Chromatography) รุ่น GC-2010 Plus ยี่ห้อ Shimadzu

3.5.11 เครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท (Microplate Reader) รุ่น FLUO Star Omega ยี่ห้อ BMG LABtech GmbH

3.5.12 อุปกรณ์ไตเตรท

3.5.13 อุปกรณ์ Spread plate

3.5.14 คิวเวท

3.5.15 ผ้าขาวบาง

3.5.16 ถังพลาสติก ขนาด 10 แกลลอน

3.5.17 ขวดแก้วทึบแสง

3.5.18 อุปกรณ์เครื่องแก้วชนิดต่างๆ

3.6 วิธีการวิจัย

3.6.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่

3.6.1.1 การเตรียมหัวเชื้อ *Saccharomyses cerevisiae* TISTR 5088

เตรียมอาหาร Yeast extract Peptone Dextrose (YPD) ใส่ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร ปริมาตรอาหาร 200 มิลลิลิตร ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที เติมเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 จากอาหารแข็ง YPD 1 ลูป เลี้ยงบนเครื่องเขย่าความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ให้ได้ 0.5 (Garay-Arroyo และคณะ, 2003)

3.6.1.2 การเตรียมหัวเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 354

เตรียมอาหาร Glucose Yeast extract (GYE) ใส่ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร ปริมาตรอาหาร 200 มิลลิลิตร ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที เติมเชื้อ *A. aceti* จากอาหารแข็ง GYEA 1 ลูป เลี้ยงบนเครื่องเขย่าความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ให้ได้ 0.5 (Lida และคณะ, 2008)

3.6.1.3 ศึกษาความเข้มข้นของน้ำกล้วยน้ำว้าที่หมักเป็นเวลา 1 ปี และปริมาณเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ที่เหมาะสมต่อการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่

นำมะตูม 50 กรัม พริกไทยดำ 50 กรัม กล้วยน้ำว้า 50 กรัม และน้ำตาลทรายแดง 167 กรัม หมักเป็นเวลา 15 วัน จากนั้นเติมน้ำกล้วย ปริมาตร 1 ลิตร ในความเข้มข้นดังนี้ ร้อยละ 100 80 และ 50 โดยปริมาตร ตามลำดับ (เจือจางด้วยน้ำกรอง) ทำความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ จากนั้นเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (500 พีพีเอ็ม) ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เติมเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ซึ่งเตรียมได้จากหัวข้อ 3.6.1.1 ในปริมาณต่าง ๆ ดังนี้ ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักในสภาวะไม่มีอากาศที่อุณหภูมิห้อง เก็บตัวอย่างน้ำหมักทุกวัน นำมาวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ดังนี้ วิเคราะห์ค่าพีเอชด้วยเครื่อง pH meter ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ด้วย เครื่อง Refractometer ปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ และปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) โดยนำมาไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จะหยุดกระบวนการหมักเมื่อมีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 5-6 โดยปริมาตร

คัดเลือกความเข้มข้นของน้ำกล้วยและปริมาณเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ที่ทำให้น้ำหมักมีปริมาณแอลกอฮอล์ในช่วงร้อยละ 5-6 โดยปริมาตร โดยใช้ระยะเวลาในการหมักที่สั้นที่สุดเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาหัวข้อต่อไป

3.6.1.4 ศึกษาปริมาณเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 354 ที่เหมาะสมต่อการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่

นำมะตูม 50 กรัม พริกไทยดำ 50 กรัม กล้วยน้ำว้า 50 กรัม และน้ำตาลทรายแดง 167 กรัม มาหมักเป็นเวลา 15 วัน จากนั้นเติมน้ำกล้วย ในความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในหัวข้อ 3.6.1.3 ปริมาตร 1 ลิตร จากนั้นเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (500 พีพีเอ็ม) ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เติมเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในปริมาณที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในหัวข้อ 3.6.1.3 หมักในสภาวะไม่มีอากาศที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลาการหมักได้จากการศึกษาในหัวข้อ 3.6.1.3 จากนั้นกรองน้ำหมักและนำมาทำให้ปราศจากเชื้อปนเปื้อนโดยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (500 พีพีเอ็ม) ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นเติมเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ซึ่งเตรียมได้จากหัวข้อ 3.6.1.2 ในปริมาณต่าง ๆ ดังนี้ ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักในสภาวะมีอากาศที่อุณหภูมิห้อง เก็บตัวอย่างน้ำหมักทุกวัน นำมาวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ดังนี้ วิเคราะห์ค่าพีเอชด้วยเครื่อง pH meter ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ด้วยเครื่อง Refractometer ปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ และปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) โดยนำมาไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จะหยุดกระบวนการหมัก เมื่อปริมาณแอลกอฮอล์น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร

คัดเลือกปริมาณเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ที่เหมาะสม ที่ทำให้น้ำหมักมีปริมาณแอลกอฮอล์ตามเกณฑ์ โดยใช้ระยะเวลาในการหมักที่สั้นที่สุด

3.6.2 ศึกษาการฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรที่ผลิตได้จากการใช้เชื้อบริสุทธิ์

นำมะตูม 250 กรัม พริกไทยดำ 250 กรัม กล้วยน้ำว้า 250 กรัม และน้ำตาลทรายแดง 835 กรัม หมักเป็นเวลา 15 วัน จากนั้นเติมน้ำกล้วย ในความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในหัวข้อ 3.6.1.3 ปริมาตร 5 ลิตร จากนั้นเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (500 พีพีเอ็ม) ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เติมเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในปริมาณที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในหัวข้อ 3.6.1.3 หมักในสภาวะไม่มีอากาศที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลาการหมักได้จากการศึกษาในหัวข้อ 3.6.1.3 จากนั้นกรองน้ำหมักและนำมาทำให้ปราศจากเชื้อปนเปื้อนโดยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (500 พีพีเอ็ม) ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้น

เติมเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ในปริมาณที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในหัวข้อ 3.6.1.4 หมักในสภาวะมีอากาศที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลาการหมักได้จากการศึกษาในหัวข้อ 3.6.1.4 จากนั้นกรองน้ำหมัก เก็บตัวอย่างมาศึกษาการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบต์ซัลไฟต์ความเข้มข้น 100 200 300 400 และ 500 พีพีเอ็ม เปรียบเทียบกับวิธีพาสเจอไรซ์ โดยใช้อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วินาที จากนั้นนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) จำนวนยีสต์และรา โดยวิธี spread plate

3.6.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ระหว่างการเก็บรักษา

หมักเครื่องดื่มสมุนไพรโดยใช้เชื้อบริสุทธิ์ของ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 ในสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในขั้นต้น จากนั้นนำมาปรับความหวานโดยการเติมน้ำผึ้งให้มีความหวานใกล้เคียงผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า และนำน้ำหมักลูกแปลกแม่ที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติเป็นเวลา 6 เดือน มาเติมน้ำผึ้งและปรับให้มีความหวานใกล้เคียงกัน จากนั้นนำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรทั้งสองฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีที่ได้จากการศึกษาในขั้นต้น บรรจุขวด และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ในวันที่ 0 7 และ 14 วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ค่าสี คุณสมบัติทางเคมี เช่น ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ค่าการดักจับอนุมูลอิสระ ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลือในผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.6.3.1 การวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) (A.OA.C., 1990)

นำตัวอย่างน้ำหมักปริมาตร 5 มิลลิลิตร มาเจือจางกับน้ำปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาตร 45 มิลลิลิตร จากนั้นหยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน ความเข้มข้นร้อยละ 1 จำนวน 2-3 หยด เขย่าให้เข้ากัน นำมาไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งสารละลายเป็นสีชมพูอ่อน (จุดยุติ) บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรท นำมาคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก (ร้อยละ) ตามสมการดังนี้

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)} = \frac{N_1 \times V_1 \times \text{M.W.} \times 100}{1000 \times V_2}$$

โดยที่ N_1 คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)

V_1 คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต (มิลลิลิตร)

V_2 คือ ปริมาตรของสารตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

M.W. คือ มวลโมเลกุลของกรดอะซิติก มีค่าเท่ากับ 60.05

2 การวิเคราะห์ค่าการดักจับอนุมูลอิสระ (radical scavenging activity) ด้วยวิธี di(phenyl)-(2,4,6-trinitrophenyl) iminozanium (DPPH)

การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระ ดัดแปลงจากวิธีของ Blois (1958) โดยนำตัวอย่างน้ำหมักปริมาตร 100 ไมโครลิตร มาผสมกับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ที่ละลายในเอทานอลปริมาตร100 ไมโครลิตร บ่มสารผสมในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที และวัดการลดลงของอนุมูลอิสระ DPPH ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เทียบกับชุดควบคุม และ blank ทำการทดลองอย่างละ 9 ซ้ำ คำนวณค่าการดักจับอนุมูลอิสระตามสมการ ดังนี้

$$\text{ค่าการดักจับอนุมูลอิสระ(ร้อยละ)} = \frac{A_{control} - A_{sample}}{A_{control}} \times 100$$

โดยที่ $A_{control}$ คือ ค่าดูดกลืนแสงของ DPPH ที่ละลายในเอทานอล

A_{sample} คือ ค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่เติมสารละลาย DPPH

A_{blank} คือ ค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

3. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content)

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดใช้วิธี Folin-Ciocalteu โดยนำตัวอย่างน้ำหมักมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น ปิเปตสารละลายเจือจางปริมาตร 180 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร จากนั้นเติม Folin-Ciocalteu phenol reagent ปริมาตร 900 ไมโครลิตร และเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ($NaCO_3$) ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 720 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นปิเปตสารละลายที่ได้ลงใน 96 ไมโครเวลเพลท บ่มในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ทำการทดลองอย่างละ 9 ซ้ำ คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด จากกราฟมาตรฐานกรด

แกลลิกที่มีความเข้มข้นในช่วง 0 50 100 150 200 250 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร (พีพีเอ็ม) แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ยในรูปมิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อสารตัวอย่าง 1 ลิตร (mg gAE/ L sample) คำนวณหาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ตามสมการ ดังนี้

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (พีพีเอ็ม) $= [(A_{765} - B)/ M] * D$

โดยที่ A_{765} คือ ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

B คือ จุดตัดแกน Y ของกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

M คือ ค่าความชันของกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

D คือ ค่าการเจือจางตัวอย่าง

4. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อบริสุทธ์และเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ มาทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อดูการยอมรับของผู้บริโภค ใช้การทดสอบชิมแบบ 9-Point Hedonic Scale โดยมีผู้ทดสอบชิม 100 คน คัดเลือกเครื่องดื่มสมุนไพรที่ให้คะแนนความชอบสูงสุด

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยมีจำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยวิธีของ Duncan โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่

4.1.1 ศึกษาความเข้มข้นของน้ำกล้วยและปริมาณเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ โดยหมักมะตูม พริกไทยดำ และกล้วยน้ำว้าเป็นเวลา 15 วัน แล้วเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 80 และ 50 โดยปริมาตร และเติมเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักในสภาวะที่ไม่มีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 9 วัน เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุกวัน ได้ผลดังนี้

4.1.1.1 ค่าพีเอช

ค่าพีเอชของน้ำหมักที่เติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 5 และ10 โดยปริมาตร มีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากัน คือ 3.48±0.01 และค่าพีเอชมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการหมัก ซึ่งการลดลงของค่าพีเอชในระหว่างกระบวนการหมักนี้เป็นผลมาจากคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนไอออนที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ของยีสต์ (Ning, 2008) ในวันสุดท้ายของการหมัก (9 วัน) ค่าพีเอชของน้ำหมักที่ใช้เชื้อร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำหมักที่เติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร มีค่า 3.64±0.01 3.66±0.01 และ 3.65±0.02 ตามลำดับ และค่าพีเอชมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการหมัก ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 สำหรับค่าพีเอชของน้ำหมักที่เติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร มีค่า 3.79±0.01 3.80±0.01 และ 3.80±0.01 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าพีเอชเริ่มต้นสูงกว่าค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำหมักที่เติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 และ 80 โดยปริมาตร อาจเนื่องจากการใช้น้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร มีความเจือจางที่สูงกว่าทำให้ค่าพีเอชของน้ำกล้วยสูงกว่าตามไปด้วย เมื่อนำน้ำกล้วยมาเติมในน้ำหมัก มีผลให้น้ำหมักมีค่าพีเอชที่สูงกว่าการเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 และ 80 โดยปริมาตร และค่าพีเอชมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการหมัก เช่นเดียวกับน้ำหมักที่เติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 และ 80 โดยปริมาตร ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fatima และ

Mishra (2015) ที่ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการหมักน้ำส้มสายชูจากเปลือกกล้วยและน้ำมะพร้าว และพบว่าค่าพีเอชมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาของการหมักเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 4.1 ค่าพีเอชที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ค่าพีเอช		
	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร
0	$3.48^{a,A}$ ±0.01	$3.48^{ab,A}$ ±0.01	$3.48^{a,A}$ ±0.01
1	$3.48^{ab,A}$ ±0.01	$3.48^{ab,A}$ ±0.00	$3.48^{a,A}$ ±0.01
2	$3.49^{a,A}$ ±0.00	$3.49^{a,A}$ ±0.01	$3.48^{a,A}$ ±0.01
3	$3.49^{a,A}$ ±0.00	$3.48^{ab,A}$ ±0.01	$3.49^{a,A}$ ±0.01
4	$3.47^{b,A}$ ±0.00	$3.48^{ab,A}$ ±0.00	$3.48^{a,A}$ ±0.01
5	$3.46^{c,A}$ ±0.01	$3.47^{b,A}$ ±0.01	$3.46^{b,A}$ ±0.01
6	$3.45^{c,A}$ ±0.01	$3.46^{c,A}$ ±0.01	$3.45^{bc,A}$ ±0.01
7	$3.44^{d,A}$ ±0.01	$3.44^{d,A}$ ±0.00	$3.44^{c,A}$ ±0.01
8	$3.44^{d,A}$ ±0.00	$3.42^{e,A}$ ±0.01	$3.45^{bc,A}$ ±0.01
9	$3.43^{e,A}$ ±0.00	$3.40^{f,A}$ ±0.01	$3.44^{c,,A}$ ±0.00

*หมายเหตุ

- ค่าพีเอชแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abcdef} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABC} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.2 ค่าพีเอชที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ค่าพีเอช		
	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร
0	$3.64^{a,A}$ ±0.01	$3.66^{a,A}$ ±0.01	$3.65^{a,A}$ ±0.02
1	$3.65^{a,A}$ ±0.01	$3.66^{a,A}$ ±0.01	$3.65^{a,A}$ ±0.01
2	$3.60^{b,B}$ ±0.00	$3.64^{b,A}$ ±0.01	$3.63^{ab,A}$ ±0.01
3	$3.56^{c,C}$ ±0.01	$3.59^{c,B}$ ±0.01	$3.62^{b,A}$ ±0.02
4	$3.53^{d,B}$ ±0.02	$3.53^{d,B}$ ±0.00	$3.59^{c,A}$ ±0.01
5	$3.49^{e,B}$ ±0.01	$3.51^{e,B}$ ±0.01	$3.56^{d,A}$ ±0.02
6	$3.47^{ef,A}$ ±0.02	$3.47^{f,A}$ ±0.02	$3.44^{e,B}$ ±0.01
7	$3.46^{f,A}$ ±0.01	$3.44^{g,AB}$ ±0.02	$3.43^{e,B}$ ±0.01
8	$3.32^{g,A}$ ±0.03	$3.34^{h,A}$ ±0.01	$3.36^{f,A}$ ±0.01
9	$3.30^{g,B}$ ±0.01	$3.31^{i,AB}$ ±0.02	$3.33^{g,A}$ ±0.01

*หมายเหตุ

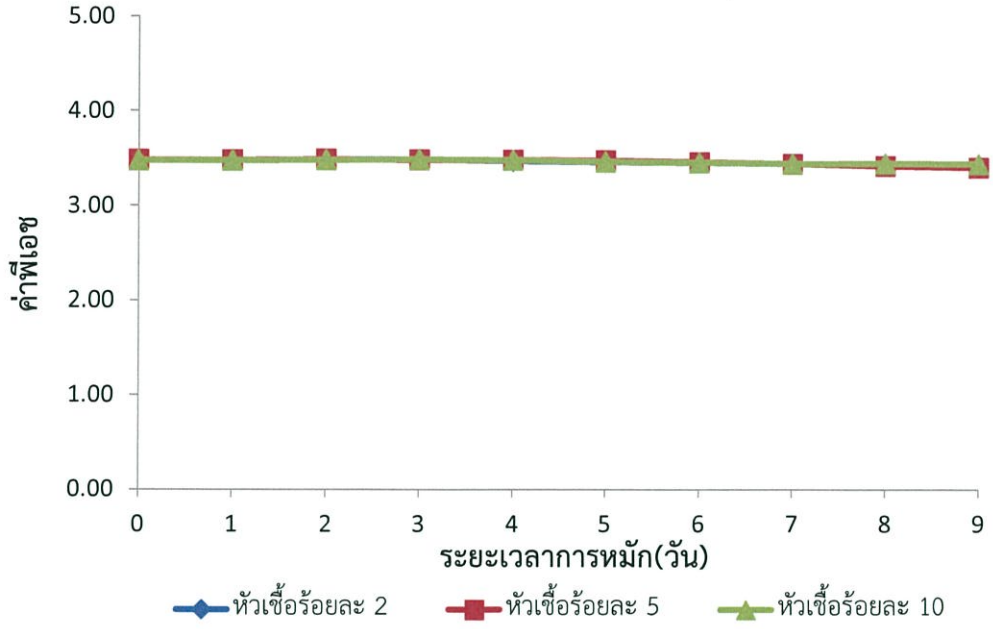
- ค่าพีเอชแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abcdefghi} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABC} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.3 ค่าพีเอชที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

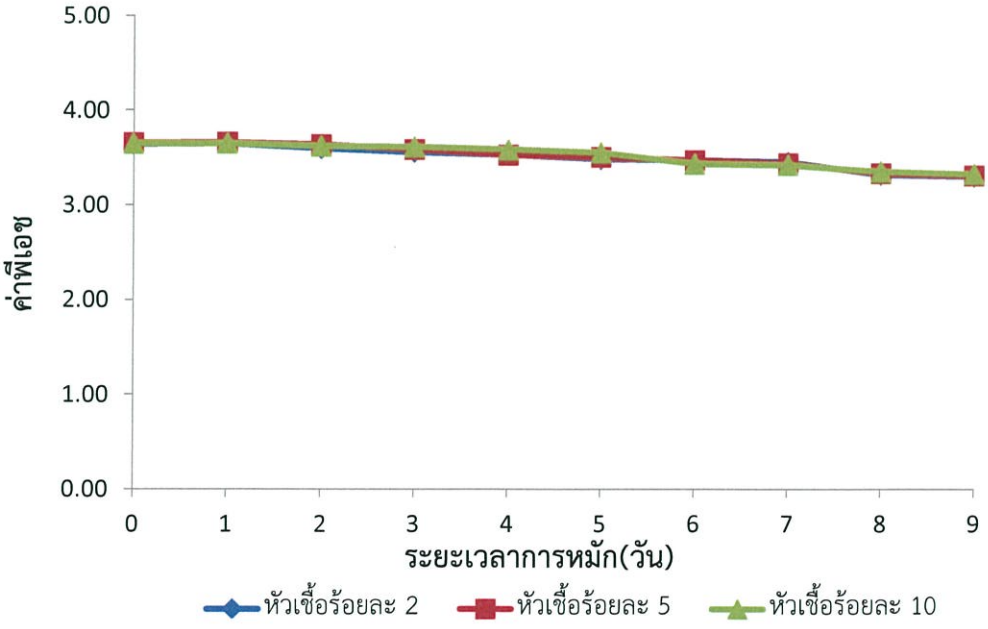
ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ค่าพีเอช		
	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร
0	$3.79^{a,B}$ ±0.00	$3.80^{a,AB}$ ±0.01	$3.80^{a,A}$ ±0.01
1	$3.80^{a,A}$ ±0.01	$3.82^{a,A}$ ±0.02	$3.82^{a,A}$ ±0.02
2	$3.80^{a,A}$ ±0.01	$3.81^{a,A}$ ±0.01	$3.81^{a,A}$ ±0.02
3	$3.77^{b,B}$ ±0.01	$3.79^{a,A}$ ±0.01	$3.80^{a,A}$ ±0.01
4	$3.74^{c,B}$ ±0.00	$3.76^{b,A}$ ±0.01	$3.73^{b,B}$ ±0.01
5	$3.68^{d,A}$ ±0.01	$3.69^{c,A}$ ±0.02	$3.60^{c,B}$ ±0.02
6	$3.65^{e,A}$ ±0.02	$3.55^{d,B}$ ±0.01	$3.55^{d,B}$ ±0.03
7	$3.56^{f,A}$ ±0.02	$3.47^{e,B}$ ±0.00	$3.45^{e,B}$ ±0.02
8	$3.46^{g,A}$ ±0.02	$3.36^{f,C}$ ±0.03	$3.42^{f,B}$ ±0.01
9	$3.39^{h,A}$ ±0.02	$3.28^{g,B}$ ±0.02	$3.37^{g,A}$ ±0.02

*หมายเหตุ

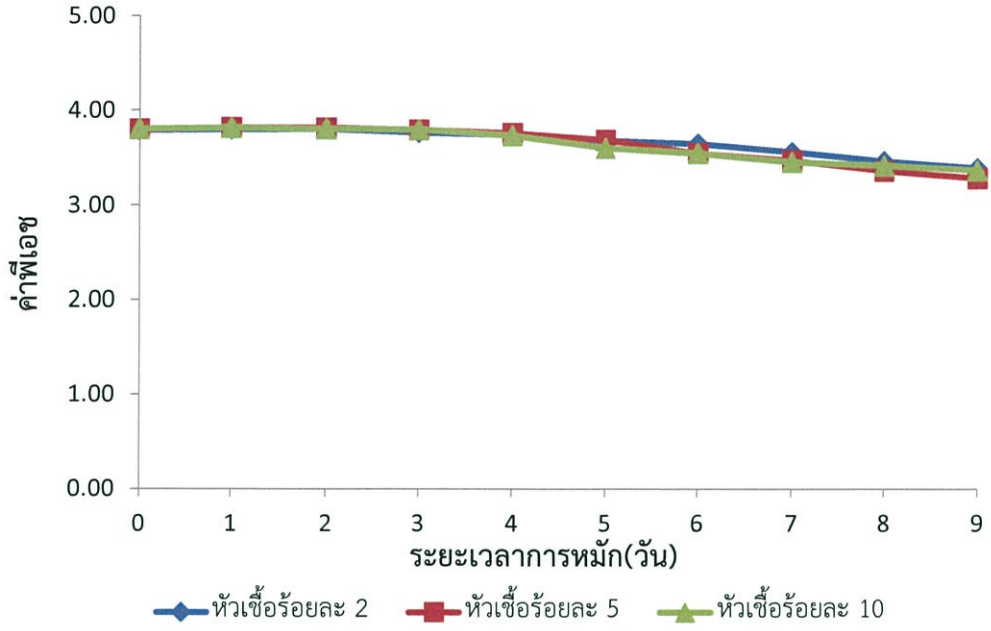
- ค่าพีเอชแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abcdefgh} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABC} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน



รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน

4.1.1.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้

จากการหมักน้ำหมักที่เติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 80 และ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 5 และ10 โดยปริมาตร พบว่ามีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เริ่มต้น เท่ากับ 17.50 องศาบริกซ์ เมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ลดลงตามระยะเวลาการหมัก เนื่องจากยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลที่มีในน้ำกล้วยและวัตถุดิบที่นำมาหมักเป็นแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ ในระหว่างกระบวนการหมัก เมื่อปริมาณน้ำตาลลดลง มีผลทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในวัตถุดิบลดลงด้วย (Fatima และ Mishra, 2015; Masino และคณะ, 2008) ดังแสดงในตารางที่ 4.4 4.5 และ 4.6 และรูปที่ 4.4 4.5 และ 4.6 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ozturk และคณะ (2015) ที่ศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านจุลินทรีย์ แร่ธาตุ สารระเหย คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของน้ำส้มสายชูตุรกี พบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาของการหมักเช่นเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ที่ระยะเวลาการหมักต่าง ๆ ส่วนใหญ่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)		
	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร
0	$17.50^{a,A}$ ±0.06	$17.50^{a,A}$ ±0.10	$17.50^{a,A}$ ±0.06
1	$17.10^{b,B}$ ±0.12	$17.20^{b,B}$ ±0.06	$17.50^{a,A}$ ±0.06
2	$17.10^{b,A}$ ±0.16	$17.00^{c,A}$ ±0.06	$17.10^{b,A}$ ±0.06
3	$16.90^{b,A}$ ±0.12	$16.40^{d,B}$ ±0.06	$16.20^{c,B}$ ±0.21
4	$16.30^{c,A}$ ±0.10	$15.90^{e,B}$ ±0.10	$15.90^{c,B}$ ±0.12
5	$16.00^{d,A}$ ±0.15	$15.70^{f,B}$ ±0.06	$14.40^{d,C}$ ±0.15
6	$15.40^{e,A}$ ±0.12	$13.10^{g,B}$ ±0.25	$13.30^{e,B}$ ±0.12
7	$13.80^{f,A}$ ±0.10	$13.10^{g,B}$ ±0.12	$13.30^{e,B}$ ±0.10
8	$13.40^{g,A}$ ±0.15	$12.50^{h,C}$ ±0.12	$12.80^{f,B}$ ±0.12
9	$12.00^{h,A}$ ±0.15	$11.80^{i,A}$ ±0.17	$11.40^{i,A}$ ±0.20

*หมายเหตุ

- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abcdefg} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{AB} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.5 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)		
	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร
0	$16.90^{a,A}$ ±0.06	$16.90^{a,A}$ ±0.10	$17.00^{a,A}$ ±0.12
1	$16.80^{a,A}$ ±0.12	$16.80^{a,A}$ ±0.06	$16.80^{ab,A}$ ±0.10
2	$16.60^{b,A}$ ±0.10	$15.80^{b,B}$ ±0.06	$16.70^{b,A}$ ±0.10
3	$16.40^{c,A}$ ±0.06	$15.50^{c,B}$ ±0.06	$16.20^{c,A}$ ±0.15
4	$16.10^{d,A}$ ±0.10	$15.10^{d,B}$ ±0.10	$15.00^{d,B}$ ±0.12
5	$15.10^{e,A}$ ±0.15	$14.80^{e,B}$ ±0.15	$14.70^{e,B}$ ±0.06
6	$15.10^{e,A}$ ±0.12	$14.10^{f,B}$ ±0.06	$13.90^{f,C}$ ±0.06
7	$14.90^{f,A}$ ±0.06	$13.70^{g,B}$ ±0.06	$13.20^{g,C}$ ±0.21
8	$13.70^{g,A}$ ±0.21	$13.30^{h,B}$ ±0.21	$12.80^{h,C}$ ±0.12
9	$13.10^{h,A}$ ±0.12	$12.80^{i,A}$ ±0.06	$12.60^{i,B}$ ±0.21

*หมายเหตุ

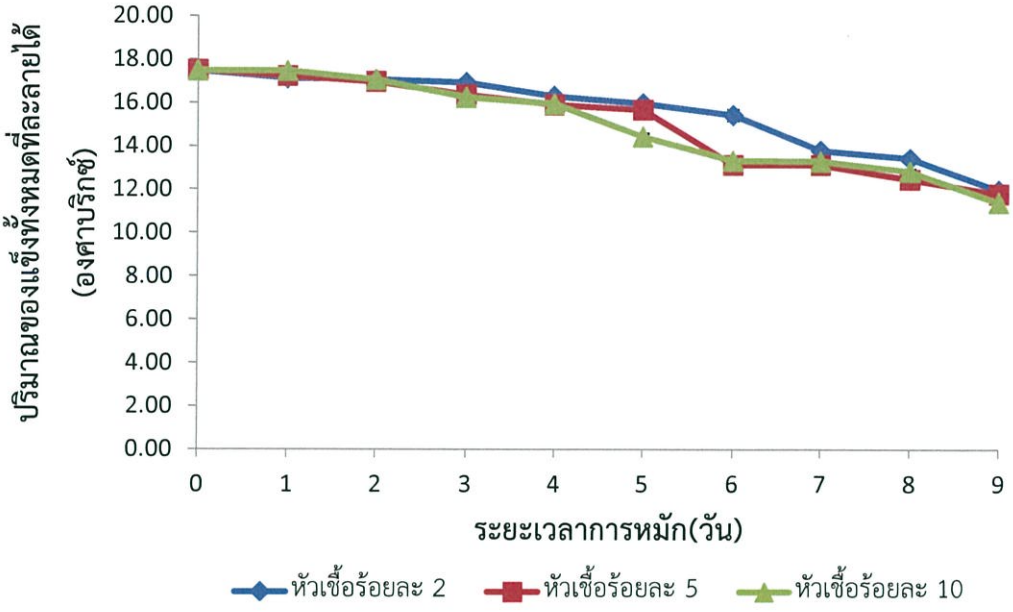
- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abcdefg} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{AB} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.6 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

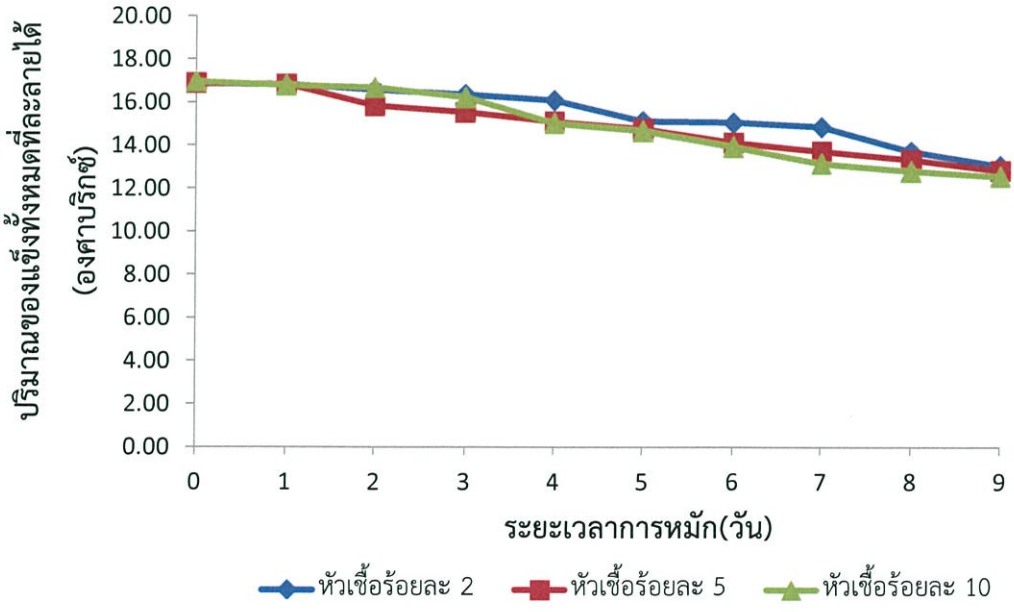
ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)		
	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร
0	$16.80^{a,A}$ ±0.10	$16.80^{a,A}$ ±0.12	$16.90^{a,A}$ ±0.06
1	$16.70^{a,A}$ ±0.12	$16.30^{b,B}$ ±0.12	$16.30^{b,B}$ ±0.10
2	$15.60^{b,B}$ ±0.06	$15.80^{c,A}$ ±0.06	$15.80^{c,A}$ ±0.06
3	$15.00^{c,B}$ ±0.12	$15.20^{d,A}$ ±0.12	$15.30^{d,A}$ ±0.06
4	$14.60^{d,A}$ ±0.21	$14.70^{e,A}$ ±0.06	$14.70^{e,A}$ ±0.06
5	$13.70^{e,B}$ ±0.12	$14.10^{f,A}$ ±0.10	$14.20^{f,A}$ ±0.15
6	$13.50^{f,C}$ ±0.06	$13.90^{g,A}$ ±0.06	$13.70^{g,B}$ ±0.10
7	$13.10^{g,C}$ ±0.06	$13.40^{h,A}$ ±0.10	$13.20^{h,B}$ ±0.06
8	$12.80^{h,A}$ ±0.12	$12.70^{i,A}$ ±0.06	$12.70^{i,A}$ ±0.06
9	$12.50^{i,A}$ ±0.10	$11.70^{j,C}$ ±0.15	$12.20^{j,B}$ ±0.10

*หมายเหตุ

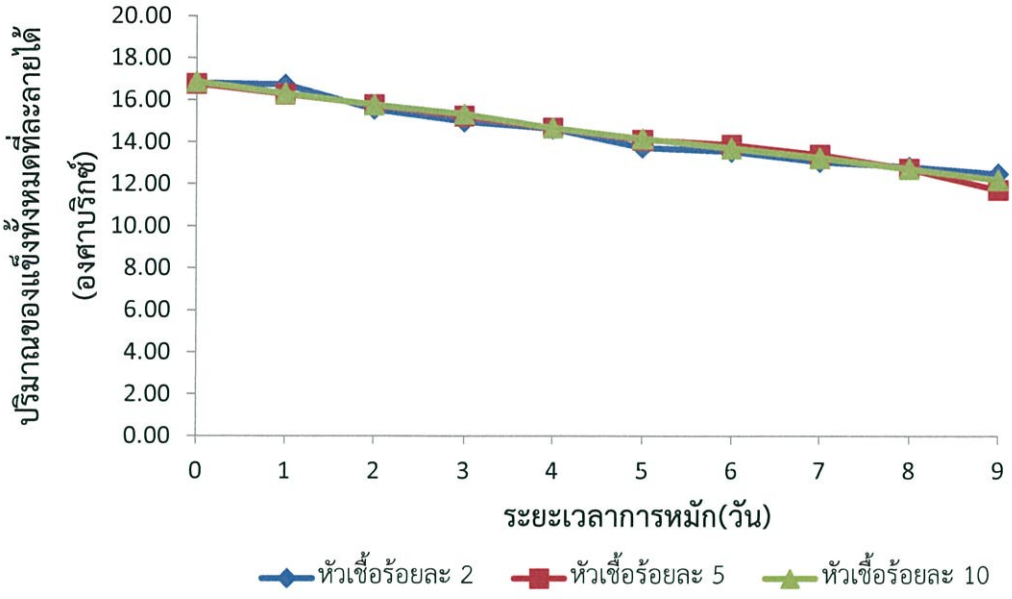
- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abcdefg} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{AB} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) ในระหว่างกระบวนการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) ในระหว่างกระบวนการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน



รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) ในระหว่างกระบวนการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน

4.1.1.3 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก)

น้ำหมักที่เติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร พบว่าในระหว่างการหมักมีปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก ในวันสุดท้ายของการหมัก (9 วัน) การใช้เชื้อร้อยละ 5 โดยปริมาตร มีปริมาณกรดทั้งหมดสูงสุด ร้อยละ 1.37±0.02 ขณะที่การใช้เชื้อร้อยละ 2 และ 10 โดยปริมาตร น้ำหมักมีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 1.19±0.02 และ 1.15±0.02 โดยปริมาตร ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการใช้เชื้อร้อยละ 5 โดยปริมาตร ให้ปริมาณกรดทั้งหมดสูงและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับการใช้เชื้อร้อยละ 2 และ 10 โดยปริมาตร แสดงดังตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.7 เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 80 และ 50 โดยปริมาตร ผลการทดลองเช่นเดียวกับการเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร โดยพบว่าการใช้เชื้อร้อยละ 5 ให้ปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่าการใช้เชื้อร้อยละ 2 และ 10 โดยปริมาตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เช่นเดียวกัน แสดงดังตารางที่ 4.8 และ 4.9 และรูปที่ 4.8 และ 4.9

ตารางที่ 4.7 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)		
	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร
0	$0.95^{g,A}$ ±0.02	$0.95^{h,A}$ ±0.01	$0.95^{f,A}$ ±0.02
1	$0.96^{g,A}$ ±0.02	$0.95^{h,A}$ ±0.02	$0.96^{f,A}$ ±0.02
2	$1.02^{f,A}$ ±0.01	$1.03^{g,A}$ ±0.02	$1.05^{e,A}$ ±0.03
3	$1.07^{e,A}$ ±0.03	$1.10^{f,A}$ ±0.02	$1.07^{de,A}$ ±0.02
4	$1.09^{de,B}$ ±0.02	$1.14^{e,A}$ ±0.02	$1.09^{cd,B}$ ±0.02
5	$1.11^{cd,B}$ ±0.01	$1.27^{d,A}$ ±0.02	$1.12^{bc,B}$ ±0.02
6	$1.13^{bc,B}$ ±0.01	$1.29^{cd,A}$ ±0.02	$1.13^{b,B}$ ±0.01
7	$1.15^{b,B}$ ±0.02	$1.33^{bc,A}$ ±0.02	$1.15^{ab,B}$ ±0.01
8	$1.15^{b,B}$ ±0.02	$1.32^{b,A}$ ±0.02	$1.17^{a,B}$ ±0.02
9	$1.19^{a,B}$ ±0.02	$1.37^{a,A}$ ±0.02	$1.15^{ab,C}$ ±0.02

*หมายเหตุ

- ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abcdef} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABC} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.8 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)		
	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร
0	$0.88^{e,A}$ ±0.02	$0.80^{h,B}$ ±0.02	$0.79^{g,B}$ ±0.01
1	$0.88^{e,A}$ ±0.01	$0.82^{h,B}$ ±0.01	$0.79^{g,C}$ ±0.01
2	$0.81^{g,B}$ ±0.01	$0.85^{g,A}$ ±0.01	$0.83^{f,B}$ ±0.01
3	$0.83^{f,C}$ ±0.01	$0.88^{f,A}$ ±0.01	$0.86^{e,B}$ ±0.00
4	$0.87^{e,B}$ ±0.00	$0.91^{e,A}$ ±0.02	$0.88^{e,B}$ ±0.03
5	$0.90^{d,AB}$ ±0.01	$0.93^{e,A}$ ±0.01	$0.89^{de,B}$ ±0.02
6	$0.93^{c,AB}$ ±0.01	$0.96^{d,A}$ ±0.01	$0.92^{d,B}$ ±0.03
7	$0.94^{c,B}$ ±0.01	$1.00^{c,A}$ ±0.02	$0.96^{c,B}$ ±0.02
8	$0.98^{b,B}$ ±0.02	$1.05^{b,A}$ ±0.02	$0.99^{b,B}$ ±0.03
9	$1.03^{a,C}$ ±0.01	$1.12^{a,A}$ ±0.02	$1.08^{a,B}$ ±0.02

*หมายเหตุ

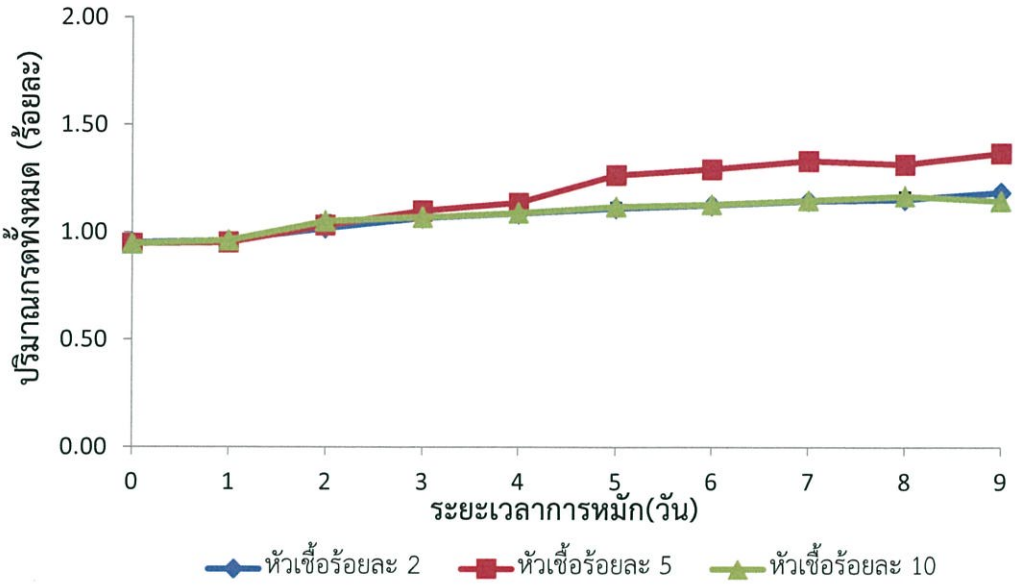
- ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abcdefgh} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABC} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.9 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

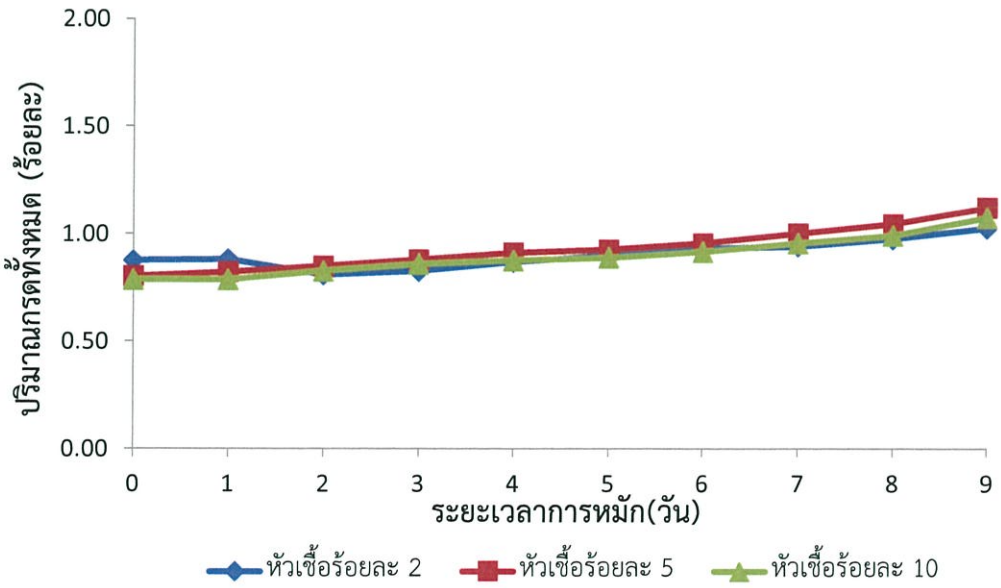
ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)		
	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร
0	$0.51^{i,A}$ ±0.01	$0.52^{j,A}$ ±0.01	$0.52^{i,A}$ ±0.01
1	$0.52^{i,A}$ ±0.04	$0.57^{i,A}$ ±0.03	$0.54^{i,A}$ ±0.01
2	$0.59^{h,B}$ ±0.02	$0.63^{h,A}$ ±0.01	$0.61^{h,A}$ ±0.02
3	$0.65^{g,A}$ ±0.02	$0.69^{g,A}$ ±0.04	$0.67^{g,A}$ ±0.02
4	$0.71^{f,A}$ ±0.01	$0.74^{f,A}$ ±0.02	$0.73^{f,A}$ ±0.02
5	$0.87^{e,A}$ ±0.02	$0.86^{e,A}$ ±0.01	$0.86^{e,A}$ ±0.03
6	$0.94^{d,A}$ ±0.01	$0.94^{d,A}$ ±0.02	$0.92^{d,A}$ ±0.03
7	$1.06^{c,A}$ ±0.02	$1.06^{c,A}$ ±0.02	$1.05^{c,A}$ ±0.04
8	$1.16^{b,A}$ ±0.01	$1.13^{b,A}$ ±0.03	$1.17^{b,A}$ ±0.03
9	$1.20^{a,B}$ ±0.02	$1.26^{a,A}$ ±0.03	$1.24^{a,A}$ ±0.01

*หมายเหตุ

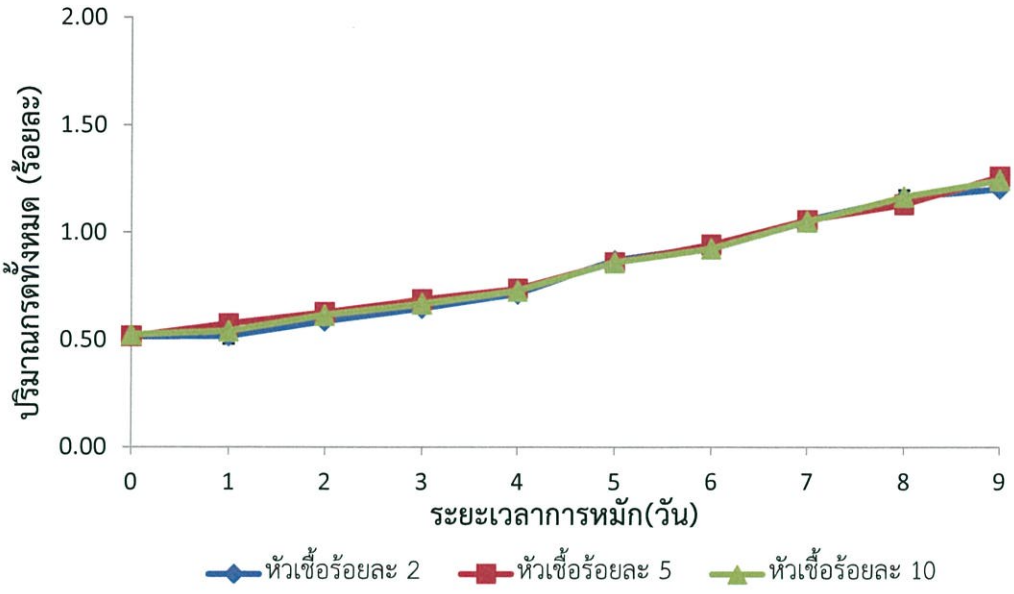
- ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abcdefgh} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABC} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) ระหว่างกระบวนการหมักเมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน



รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) ระหว่างกระบวนการหมักเมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน



รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) ระหว่างกระบวนการหมักเมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน

4.1.1.4 ปริมาณแอลกอฮอล์

น้ำหมักที่เติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักเป็นเวลา 9 วัน พบว่าในระหว่างกระบวนการหมัก ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก ในวันสุดท้ายของการหมัก (9 วัน) การใช้เชื้อร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร มีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 6.43±0.02 6.94±0.02 และ 6.99±0.03 โดยปริมาตร ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงดังตารางที่ 4.10 เมื่อพิจารณาระยะเวลาการหมักที่ให้ปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วงร้อยละ 5.0-6.0 โดยปริมาตร ซึ่งจะเป็นช่วงเวลาที่จะหยุดกระบวนการหมัก พบว่าการใช้เชื้อร้อยละ 2 โดยปริมาตร ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 5.39±0.02 โดยปริมาตร ในวันที่ 7 ของการหมัก การใช้เชื้อร้อยละ 5 โดยปริมาตร ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 5.22±0.01 โดยปริมาตร ในวันที่ 6 ของการหมัก และการใช้เชื้อร้อยละ 10 โดยปริมาตร ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 5.31±0.01 โดยปริมาตร ในวันที่ 6 ของการหมักเช่นเดียวกัน แสดงดังตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.10

น้ำหมักที่เติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร พบว่าในวันที่ 9 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการหมัก การใช้เชื้อ S. *cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร มี

ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดร้อยละ 5.19±0.02 5.53±0.04 และ 5.24±0.04 โดยปริมาตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาระยะเวลาการหมักที่ให้ปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วงร้อยละ 5.0-6.0 โดยปริมาตร ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่จะหยุดการหมัก พบว่าการใช้เชื้อร้อยละ 2 โดยปริมาตร ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 5.19±0.02 โดยปริมาตร ในวันที่ 9 ของการหมัก การใช้เชื้อร้อยละ 5 โดยปริมาตร ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 5.11±0.01 โดยปริมาตร ในวันที่ 8 ของการหมัก และการใช้เชื้อร้อยละ 10 โดยปริมาตร ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 5.24±0.04 โดยปริมาตร ในวันที่ 9 ของการหมัก แสดงดังตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.11

น้ำหมักที่เติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร พบว่าในวันที่ 9 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการหมัก การใช้เชื้อ S. *cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดร้อยละ 8.59±0.04 8.37±0.03 และ 8.41±0.04 โดยปริมาตร ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.12 เมื่อพิจารณาระยะเวลาการหมักที่ให้ปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วงร้อยละ 5.0-6.0 โดยปริมาตร ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่จะหยุดการหมัก พบว่าการใช้เชื้อร้อยละ 2 โดยปริมาตร ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 5.32±0.03 โดยปริมาตร ในวันที่ 3 ของการหมัก การใช้เชื้อร้อยละ 5 โดยปริมาตร ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 5.44±0.04 โดยปริมาตร ในวันที่ 4 ของการหมัก และการใช้เชื้อร้อยละ 10 โดยปริมาตร ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 5.62±0.04 โดยปริมาตร ในวันที่ 5 ของการหมัก แสดงดังตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.12

จากการทดลองจะพบว่าน้ำหมักที่เติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร หมักด้วยเชื้อ S. *cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน ให้ปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วงร้อยละ 5.0-6.0 โดยปริมาตร ซึ่งใช้เวลาหมักน้อยกว่าการเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 และ 80 โดยปริมาตร และการใช้เชื้อ S. *cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 และ 10 โดยปริมาตร แสดงดังตารางที่ 4.13 ในการศึกษาขั้นต่อไปจึงได้ใช้น้ำกล้วยที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ S. *cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักนาน 3 วัน

ตารางที่ 4.10 ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)		
	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร
0	$2.85^{j,A}$ ±0.01	$2.86^{i,A}$ ±0.04	$2.85^{i,A}$ ±0.03
1	$2.88^{i,A}$ ±0.03	$2.86^{i,AB}$ ±0.02	$2.85^{i,B}$ ±0.01
2	$2.95^{h,B}$ ±0.01	$2.93^{h,C}$ ±0.01	$3.01^{h,A}$ ±0.02
3	$3.14^{g,B}$ ±0.02	$3.16^{g,B}$ ±0.02	$3.20^{g,A}$ ±0.01
4	$3.76^{f,C}$ ±0.02	$3.85^{f,B}$ ±0.02	$3.96^{f,A}$ ±0.02
5	$4.32^{e,C}$ ±0.02	$4.57^{e,B}$ ±0.02	$4.63^{e,A}$ ±0.02
6	$4.84^{d,C}$ ±0.01	$5.22^{d,B}$ ±0.01	$5.31^{d,A}$ ±0.01
7	$5.39^{c,B}$ ±0.02	$5.82^{c,A}$ ±0.03	$5.87^{c,A}$ ±0.02
8	$5.91^{b,B}$ ±0.01	$6.35^{b,A}$ ±0.02	$6.38^{b,A}$ ±0.03
9	$6.43^{a,C}$ ±0.02	$6.94^{a,B}$ ±0.02	$6.99^{a,A}$ ±0.03

*หมายเหตุ

- ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abcdefgh} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABC} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.11 ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)		
	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร
0	$2.29^{i,A}$ ±0.02	$2.30^{i,A}$ ±0.04	$2.29^{i,A}$ ±0.05
1	$2.31^{i,B}$ ±0.01	$2.32^{i,A}$ ±0.02	$2.29^{i,B}$ ±0.03
2	$2.43^{h,B}$ ±0.02	$2.48^{h,A}$ ±0.02	$2.41^{h,B}$ ±0.01
3	$2.52^{g,B}$ ±0.02	$2.59^{g,A}$ ±0.03	$2.56^{g,AB}$ ±0.02
4	$2.74^{f,B}$ ±0.03	$3.16^{f,A}$ ±0.03	$3.17^{f,A}$ ±0.02
5	$3.41^{e,B}$ ±0.02	$3.77^{e,A}$ ±0.02	$3.75^{e,A}$ ±0.02
6	$3.76^{d,C}$ ±0.02	$4.37^{d,A}$ ±0.02	$4.20^{d,B}$ ±0.05
7	$4.35^{c,C}$ ±0.02	$4.75^{c,A}$ ±0.03	$4.53^{c,B}$ ±0.03
8	$4.77^{b,C}$ ±0.01	$5.11^{b,A}$ ±0.01	$4.98^{b,B}$ ±0.01
9	$5.19^{a,B}$ ±0.02	$5.53^{a,A}$ ±0.04	$5.24^{a,B}$ ±0.04

*หมายเหตุ

- ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

- ^{abcdefgh} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

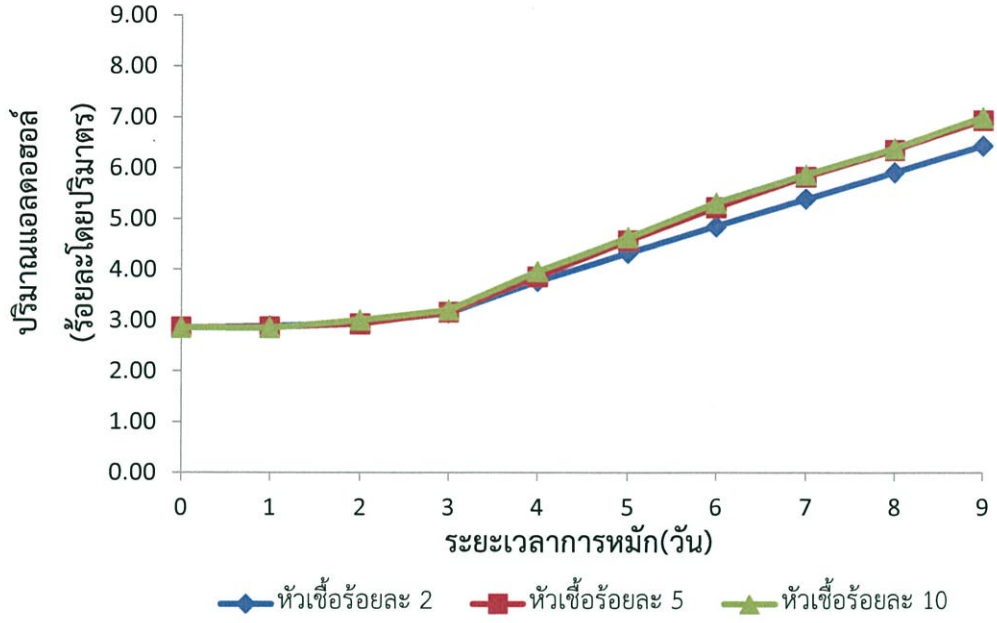
- ^{ABC} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.12 ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในปริมาณต่างๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

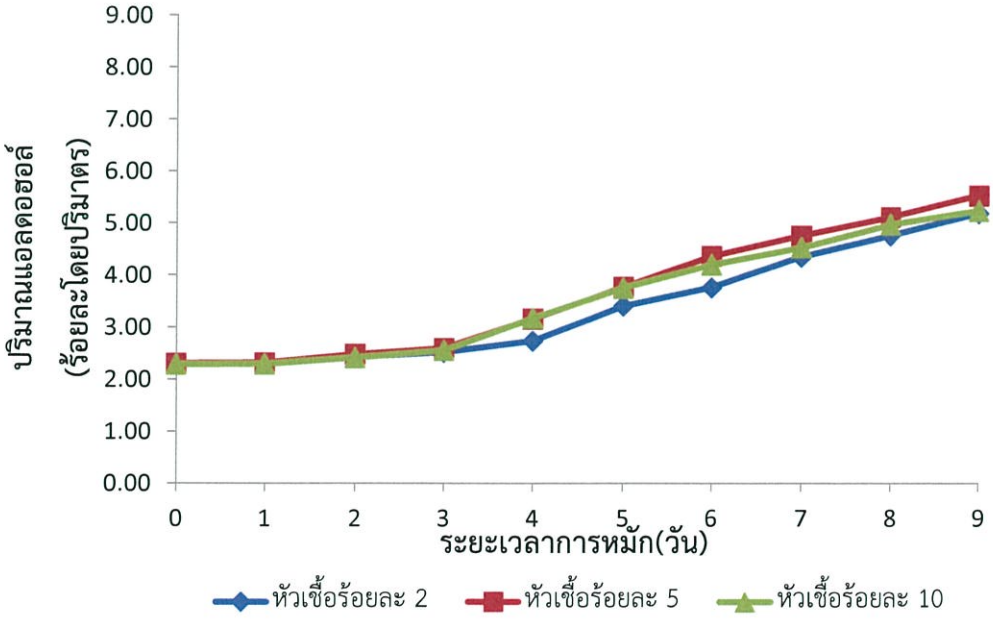
ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)		
	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร	เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร
0	$1.57^{i,A}$ ±0.01	$1.57^{i,A}$ ±0.04	$1.56^{i,A}$ ±0.03
1	$1.59^{i,A}$ ±0.03	$1.61^{i,A}$ ±0.02	$1.57^{i,A}$ ±0.05
2	$3.97^{h,A}$ ±0.02	$3.39^{h,B}$ ±0.03	$2.95^{h,C}$ ±0.05
3	$5.32^{g,A}$ ±0.03	$4.73^{g,B}$ ±0.02	$3.61^{g,C}$ ±0.03
4	$6.37^{f,A}$ ±0.02	$5.44^{f,B}$ ±0.04	$4.53^{f,C}$ ±0.02
5	$6.71^{e,A}$ ±0.04	$6.25^{e,B}$ ±0.03	$5.62^{e,C}$ ±0.04
6	$7.03^{d,A}$ ±0.03	$6.61^{d,B}$ ±0.03	$6.46^{d,C}$ ±0.03
7	$7.48^{c,C}$ ±0.04	$7.56^{c,B}$ ±0.04	$7.93^{c,A}$ ±0.04
8	$8.26^{b,A}$ ±0.05	$8.14^{b,B}$ ±0.02	$8.17^{b,B}$ ±0.03
9	$8.59^{a,A}$ ±0.04	$8.37^{a,B}$ ±,0.03	$8.41^{a,B}$ ±0.04

*หมายเหตุ

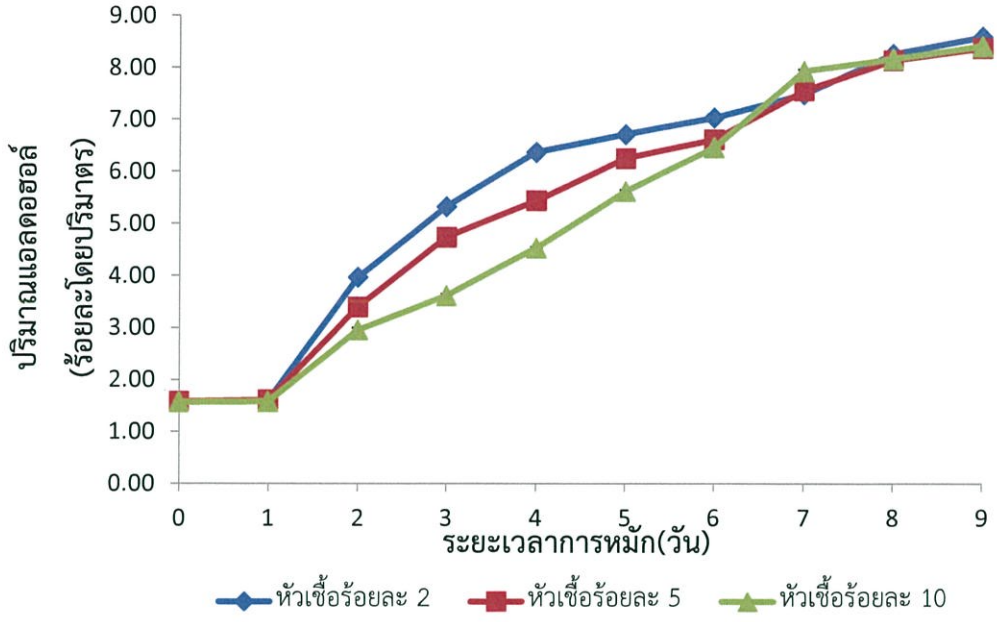
- ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abcdefgh} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABC} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) ระหว่างกระบวนการหมักเมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน



รูปที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) ระหว่างกระบวนการหมักเมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน



รูปที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) ระหว่างกระบวนการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร เป็นระยะเวลา 9 วัน

ตารางที่ 4.13 ปริมาณแอลกอฮอล์ และระยะเวลาการหมักที่ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 5.0-6.0 โดยปริมาตร เมื่อเติมน้ำกล้วย และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ปริมาณต่าง ๆ

ความเข้มข้นน้ำกล้วย (ร้อยละโดยปริมาตร)	ปริมาณเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 (ร้อยละโดยปริมาตร)	ระยะเวลาการหมัก (วัน) ที่ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 5.0-6.0 โดยปริมาตร	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)
100	2	7	5.39±0.02
	5	6	5.22±0.01
	10	6	5.31±0.01
80	2	9	5.19±0.02
	5	8	5.11±0.01
	10	9	5.24±0.04
50	2	3	5.32±0.03
	5	4	5.44+0.01
	10	5	5.62±0.04

4.1.2 ศึกษาปริมาณเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 354 ที่เหมาะสมต่อการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ โดยหมักมะตูม พริกไทยดำ และกล้วยน้ำว้าเป็นเวลา 15 วัน จากนั้นเติมน้ำกล้วยน้ำว้าที่หมักเป็นเวลา 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร เติมเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักในสภาวะไม่มีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน จนมีปริมาณแอลกอฮอล์ ร้อยละ 5.0-6.0 โดยปริมาตร จากนั้นเติมเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักในสภาวะที่มีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 9 วัน เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ทุกวัน ผลการทดลองพบว่า

ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำหมักที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร มีค่าเท่ากัน คือ 3.82±0.02 และค่าพีเอชมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการหมัก โดยในวันที่ 9 ค่าพีเอชของน้ำหมักที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 2.92±0.02 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับค่าพีเอชของน้ำหมักที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร ดังแสดงในตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.13

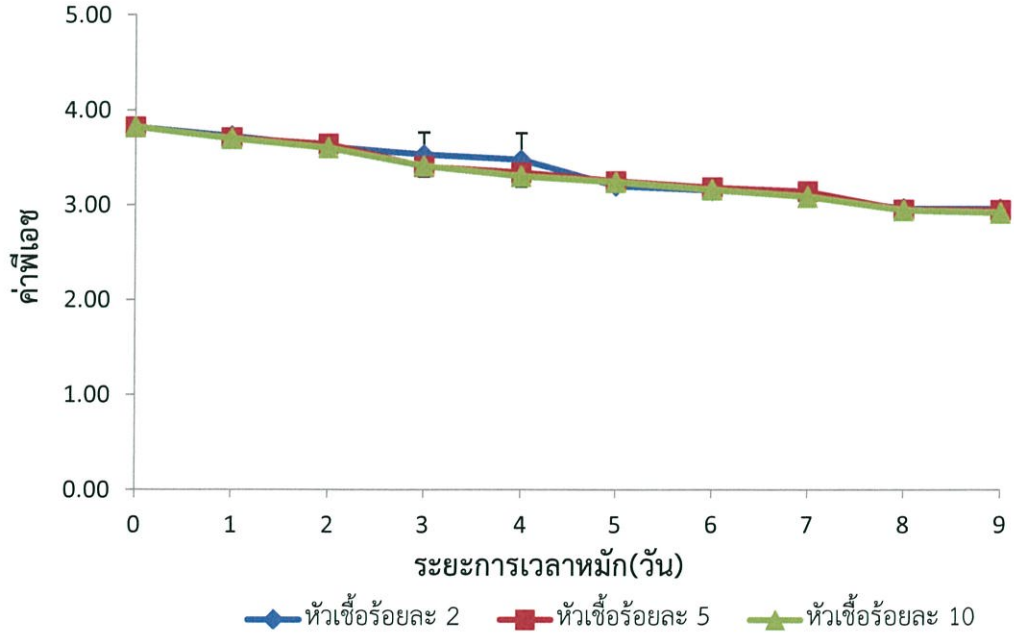
ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เริ่มต้นของน้ำหมักที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร มีค่าเท่ากัน คือ 14.10 องศาบริกซ์ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มีแนวโน้มคงที่ตลอดระยะเวลาการหมัก ดังแสดงในตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.14

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) เริ่มต้นของน้ำหมักที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร มีค่าเท่ากัน คือ ร้อยละ 0.85±0.01 โดยปริมาตร และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก เนื่องจากแบคทีเรียอะซิติกเปลี่ยนแอลกอฮอล์ไปเป็นกรดอะซิติกในระหว่างกระบวนการหมัก (Jose และคณะ, 2011) ในวันที่ 9 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการหมัก น้ำหมักที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร มีปริมาณกรดสูงที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 3.57±0.01 โดยปริมาตร ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำหมักที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 5 และ 10 โดยปริมาตร ดังแสดงในตารางที่ 4.16 และรูปที่ 4.15

ปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นของน้ำหมักที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร มีค่าใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการหมักเนื่องจากแบคทีเรียอะซิติกเปลี่ยนแอลกอฮอล์ไปเป็นกรดอะซิติกในระหว่างกระบวนการหมัก (Jose และคณะ, 2011)

ในวันที่ 9 น้ำหมักที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร มีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 0.20±0.03 โดยปริมาตร ดังแสดงในตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.16

จากการศึกษาพบว่า การหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม พริกไทยดำ และน้ำตาลทราย เป็นเวลา 15 วัน และเติมน้ำกล้วยน้ำว้าที่หมักเป็นเวลา 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักในสภาวะไม่มีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นศึกษาการใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักในสภาวะมีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 9 วัน พบว่าการใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร ให้ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) สูงในวันที่ 9 ของการหมัก โดยมีปริมาณกรดทั้งหมด ร้อยละ 3.57±0.01 โดยปริมาตร และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับการใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 5 และ 10 โดยปริมาตร และมีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 0.20±0.03 โดยปริมาตร ซึ่งต่ำกว่าการใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 5 และ 10 โดยปริมาตร และเหลือปริมาณแอลกอฮอล์ไม่เกินมาตรฐานน้ำส้มสายชูตามที่ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 204 พ.ศ.2543 กำหนดไว้ว่ามีแอลกอฮอล์ตกค้างได้ไม่เกินร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร จึงเลือกใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักในสภาวะมีอากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 9 วัน ในการศึกษาต่อไป



รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร ที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

ตารางที่ 4.14 ค่าพีเอชที่ได้จากการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร ที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ในปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ค่าพีเอช		
	A. aceti TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร	*A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร	*A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร
0	$3.82^{a,A}$ ±0.02	$3.82^{a,A}$ ±0.02	$3.82^{a,A}$ ±0.02
1	$3.73^{b,A}$ ±0.03	$3.71^{b,A}$ ±0.02	$3.70^{b,A}$ ±0.02
2	$3.61^{c,A}$ ±0.05	$3.64^{c,A}$ ±0.03	$3.60^{c,A}$ ±0.01
3	$3.40^{d,A}$ ±0.02	$3.41^{d,A}$ ±0.01	$3.42^{d,A}$ ±0.02
4	$3.32^{e,AB}$ ±0.03	$3.34^{e,A}$ ±0.02	$3.30^{e,B}$ ±0.01
5	$3.20^{f,A}$ ±0.01	$3.25^{f,A}$ ±0.04	$3.24^{f,A}$ ±0.02
6	$3.16^{g,A}$ ±0.02	$3.19^{g,A}$ ±0.02	$3.16^{g,A}$ ±0.01
7	$3.10^{h,B}$ ±0.00	$3.15^{h,A}$ ±0.02	$3.09^{h,B}$ ±0.01
8	$2.97^{i,A}$ ±0.02	$2.95^{i,A}$ ±0.02	$2.95^{i,A}$ ±0.03
9	$2.96^{i,A}$ ±0.02	$2.95^{i,AB}$ ±0.02	$2.92^{i,B}$ ±0.02

*หมายเหตุ

- ค่าพีเอชแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abcdefgh} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABC} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.15 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ที่ได้จากการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร ที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ในปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)		
	A. aceti TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร	*A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร	*A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร
0	$14.10^{a,A}$ ±0.40	$14.10^{a,A}$ ±0.35	$14.10^{a,A}$ ±0.64
1	$14.10^{a,A}$ ±0.81	$14.10^{a,A}$ ±0.25	$14.30^{a,A}$ ±0.29
2	$14.10^{a,A}$ ±0.36	$14.00^{a,A}$ ±0.21	$14.20^{a,A}$ ±0.19
3	$14.20^{a,A}$ ±0.42	$14.10^{a,A}$ ±0.21	$14.10^{a,A}$ ±0.10
4	$14.10^{a,A}$ ±0.40	$14.10^{a,A}$ ±0.40	$14.10^{a,A}$ ±0.10
5	$14.20^{a,A}$ ±0.10	$14.30^{a,A}$ ±0.47	$14.10^{a,A}$ ±0.36
6	$14.20^{a,A}$ ±0.25	$14.00^{a,A}$ ±0.20	$14.10^{a,A}$ ±0.25
7	$14.30^{a,A}$ ±0.35	$14.10^{a,A}$ ±0.81	$14.00^{a,A}$ ±0.21
8	$14.20^{a,A}$ ±0.17	$14.10^{a,A}$ ±0.05	$14.20^{a,A}$ ±0.15
9	$14.20^{a,A}$ ±0.06	$14.10^{a,A}$ ±0.18	$14.10^{a,A}$ ±0.36

*หมายเหตุ

- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abcdefgh} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABC} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.16 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ในปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณกรดอะซิติก (ร้อยละ)		
	A. aceti TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร	*A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร	*A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร
0	$0.85^{j,A}$ ±0.01	$0.85^{j,A}$ ±0.01	$0.85^{g,A}$ ±0.01
1	$1.15^{i,A}$ ±0.02	$1.14^{i,A}$ ±0.01	$1.14^{f,A}$ ±0.01
2	$1.28^{h,A}$ ±0.01	$1.29^{h,A}$ ±0.01	$1.27^{f,A}$ ±0.03
3	$1.33^{g,A}$ ±0.03	$1.32^{g,A}$ ±0.02	$1.31^{f,A}$ ±0.01
4	$1.76^{f,A}$ ±0.02	$1.74^{f,A}$ ±0.02	$1.77^{e,A}$ ±0.02
5	$2.21^{e,C}$ ±0.00	$2.25^{e,A}$ ±0.01	$2.22^{d,B}$ ±0.01
6	$2.68^{d,A}$ ±0.02	$2.64^{d,B}$ ±0.02	$2.67^{c,AB}$ ±0.01
7	$3.07^{c,B}$ ±0.01	$3.08^{c,A}$ ±0.01	$3.05^{b,C}$ ±0.00
8	$3.23^{b,A}$ ±0.01	$3.15^{b,B}$ ±0.03	$3.20^{b,A}$ ±0.01
9	$3.57^{a,A}$ ±0.01	$3.54^{a,A}$ ±0.04	$3.54^{a,A}$ ±0.02

*หมายเหตุ

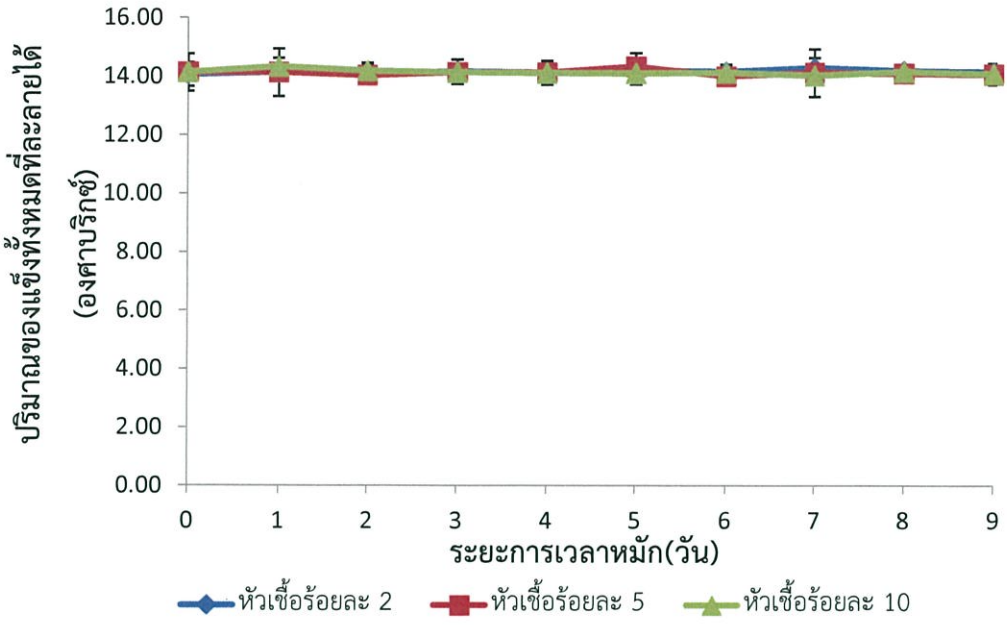
- ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abcdefgh} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABC} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.17 ปริมาณแอลกอฮอล์ระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร ที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ในปริมาณต่าง ๆ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

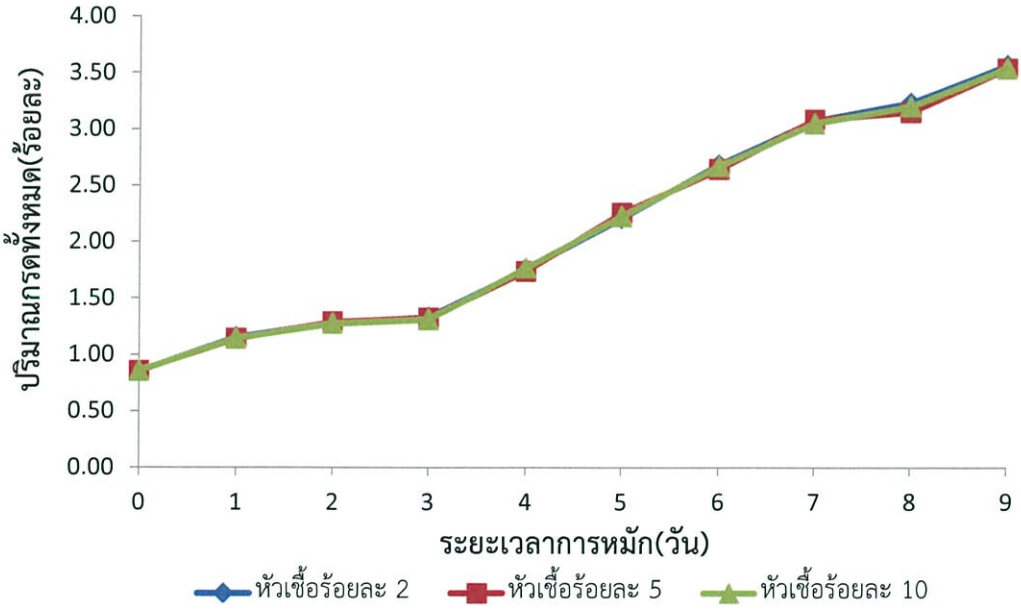
ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)		
	A. aceti TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร	*A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร	*A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร
0	$5.26^{a,A}$ ±0.04	$5.26^{a,A}$ ±0.03	$5.26^{a,A}$ ±0.01
1	$5.07^{b,A}$ ±0.04	$5.02^{b,A}$ ±0.04	$5.05^{b,A}$ ±0.03
2	$4.47^{c,B}$ ±0.03	$4.41^{c,C}$ ±0.02	$4.56^{c,A}$ ±0.03
3	$4.17^{d,B}$ ±0.03	$4.18^{d,B}$ ±0.03	$4.34^{d,A}$ ±0.04
4	$3.37^{e,C}$ ±0.03	$3.63^{e,B}$ ±0.03	$3.73^{e,A}$ ±0.02
5	$2.67^{f,C}$ ±0.06	$3.01^{f,B}$ ±0.04	$3.12^{f,A}$ ±0.02
6	$1.97^{g,C}$ ±0.04	$2.33^{g,B}$ ±0.03	$2.60^{g,A}$ ±0.02
7	$1.26^{h,C}$ ±0.03	$1.47^{h,B}$ ±0.03	$1.94^{h,A}$ ±0.03
8	$0.71^{i,C}$ ±0.01	$0.86^{i,B}$ ±0.01	$1.29^{i,A}$ ±0.03
9	$0.20^{j,C}$ ±0.03	$0.42^{j,B}$ ±0.02	$0.50^{j,A}$ ±0.03

*หมายเหตุ

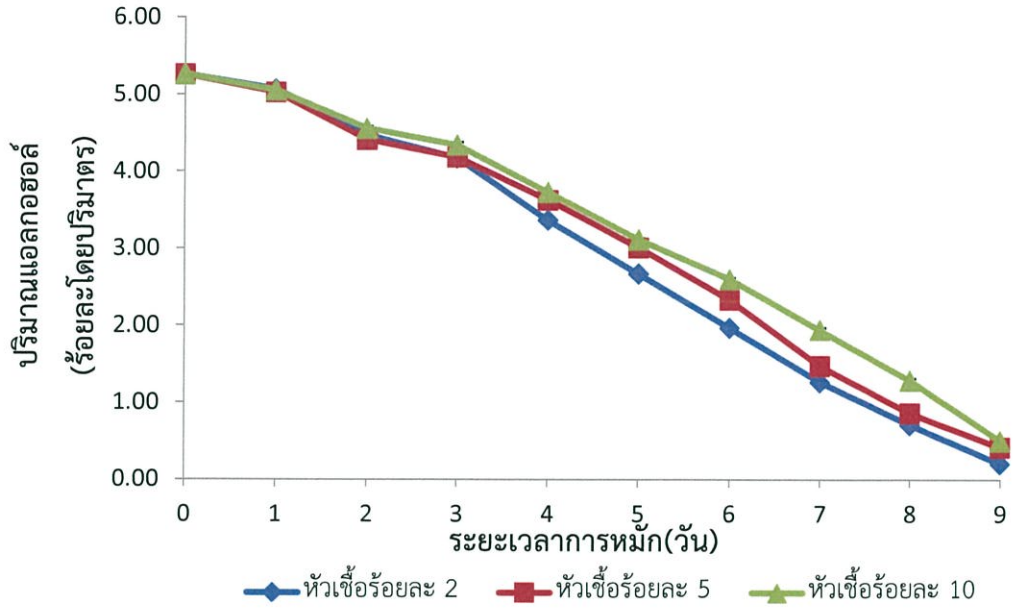
- ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abcdefgh} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABC} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) ระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร ที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน



รูปที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) ระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร ที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน



รูปที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) ระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร ที่ใช้เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ปริมาณร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

4.2 ศึกษาการฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรที่ผลิตได้จากการใช้เชื้อบริสุทธิ์

เมื่อนำกล้วยน้ำว้า มะตูม พริกไทยดำ และน้ำตาลทราย หมักเป็นเวลา 15 วัน จากนั้นเติมน้ำกล้วยน้ำว้าที่หมักเป็นเวลา 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร ในสภาวะไม่มีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน พบว่าน้ำหมักมีค่าพีเอช 3.27±0.03 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 17.70±0.22 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ร้อยละ 1.08±0.05 โดยปริมาตร และปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 2.73±0.03 โดยปริมาตร ซึ่งผลการหมักครั้งนี้ค่าต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ได้มีค่าต่ำและแตกต่างจากหมักในครั้งที่ผ่านมา อาจเนื่องจากวัตถุดิบที่นำมาใช้หมักทั้งสองรอบมีความแตกต่างกัน คือ พริกไทยดำ ที่นำมาใช้ในกระบวนการหมักครั้งนี้ได้ผ่านการบดให้แตกเป็นผง เมื่อนำมาใช้หมักอาจเป็นสาเหตุให้เชื้อยีสต์ที่ใช้เป็นหัวเชื้อในกระบวนการหมักถูกยับยั้งการเจริญเติบโต เนื่องจากพริกไทยดำมีฤทธิ์เป็นสารต้านจุลินทรีย์ (Zou และคณะ, 2015) ส่งผลให้ปริมาณแอลกอฮอล์เกิดขึ้นน้อยมาก โดยมีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 2.73±0.03 โดยปริมาตร เมื่อหมักต่อจนถึงวันที่ 9 ปริมาณแอลกอฮอล์ยังคงมีปริมาณต่ำ คือ ร้อยละ 2.90±0.02 โดยปริมาตร แสดงดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรโดยใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักในสภาวะไม่มีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ค่าพีเอช	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)
0	3.26^{b} ±0.04	17.70^{a} ±0.22	0.97^{d} ±0.06	2.65^{d} ±0.04
3	3.27^{a} ±0.03	17.40^{c} ±0.57	1.08^{c} ±0.05	2.73^{c} ±0.03
6	3.22^{c} ±0.03	17.60^{b} ±0.32	1.52^{b} ±0.03	2.80^{b} ±0.01
9	3.17^{d} ±0.03	17.40^{c} ±0.41	2.44^{a} ±0.05	2.90^{a} ±0.02

* หมายเหตุ

- ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) และปริมาณแอลกอฮอล์ แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 9 ซ้ำ
- ^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ในการศึกษาในหัวข้อต่อไป ได้แบ่งการทดลองเป็นสองชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 น้ำหมักที่ได้ซึ่งมีปริมาณแอลกอฮอล์น้อย (ร้อยละ 2.90 โดยปริมาตร) เติมแอลกอฮอล์ให้อยู่ในช่วงร้อยละ 5.0-6.0 โดยปริมาตร

ชุดการทดลองที่ 2 น้ำหมักที่ได้ซึ่งมีปริมาณแอลกอฮอล์น้อย (ร้อยละ 2.90 โดยปริมาตร)

นำน้ำหมักจากชุดทดลองทั้งสองหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักในสภาวะมีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 9 วัน พบว่า

ชุดการทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นน้ำหมักที่ปรับปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นอยู่ในช่วงร้อยละ 5.0-6.0 โดยปริมาตร มีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณแอลกอฮอล์ไปในแนวทางเดียวกันกับน้ำหมักของชุดการทดลองที่ 2 โดยพบว่า ค่าพีเอช มีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการหมัก แสดงดังตารางที่ 4.19 ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก แสดงดังตารางที่ 4.21 เนื่องจากเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 จะออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ไปเป็นกรดอะซิติกในสภาวะที่มีอากาศ (Jose และคณะ, 2011) แสดง

ดังตารางที่ 4.22 จากผลการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 ใช้เวลาหมัก 9 วัน น้ำหมักจะเหลือปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 0.16±0.04 โดยปริมาตร ซึ่งตามมาตรฐานของน้ำส้มสายชูหมัก ต้องมีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่เกินร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 204 พ.ศ.2543) ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ใช้เวลาในการหมัก 6 วัน น้ำหมักมีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 0.47±0.02 โดยปริมาตร

ตารางที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างกระบวนการหมักน้ำหมักที่เติมและไม่เติมเอทานอลหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักในสภาวะมีอากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ค่าพีเอช	
	ชุดที่ 1 : เติมเอทานอล	ชุดที่ 2 : ไม่เติมเอทานอล
0	3.19^{a}±0.01	3.17^{a}±0.01
3	3.11^{b}±0.01	3.10^{b}±0.01
6	3.03^{c}±0.03	3.03^{c}±0.01
9	2.90^{d}±0.02	

* หมายเหตุ

- ค่าพีเอช แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ระหว่างกระบวนการหมักน้ำหมักที่เติมและไม่เติมเอทานอล หมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักในสภาวะมีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)	
	ชุดที่ 1 : เติมเอทานอล	ชุดที่ 1 : เติมเอทานอล
0	17.30^{a}±0.10	17.30^{a}±0.23
3	17.20^{a}±0.15	17.30^{a}±0.06

ตารางที่ 4.20 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ระหว่างกระบวนการหมักน้ำหมักที่เติมและไม่เติมเอทานอล หมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักในสภาวะมีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)	
	ชุดที่ 1 : เติมเอทานอล	ชุดที่ 1 : เติมเอทานอล
6	17.30^{a}±0.12	17.30^{a}±0.15
9	17.20^{a}±0.10	

* หมายเหตุ

- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ระหว่างกระบวนการหมักน้ำหมักที่เติมและไม่เติมเอทานอล หมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักในสภาวะมีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	
	ชุดที่ 1 : เติมเอทานอล	ชุดที่ 2 : ไม่เติมเอทานอล
0	2.46^{d}±0.01	2.48^{c}±0.02
3	2.70^{c}±0.03	2.68^{b}±0.01
6	3.35^{b}±0.04	3.32^{a}±0.03
9	3.50^{a}±0.04	

* หมายเหตุ

- ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ ระหว่างกระบวนการหมักน้ำหมักที่เติมและไม่เติมเอทานอล หมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักในสภาวะมีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)	
	ชุดที่ 1 : เติมเอทานอล	ชุดที่ 2 : ไม่เติมเอทานอล
0	5.13^{d} ±0.04	2.81^{a} ±0.03
3	3.89^{c} ±0.03	1.60^{b} ±0.02
6	1.65^{b} ±0.06	0.47^{c} ±0.02
9	0.16^{a} ±0.04	

*หมายเหตุ

- ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากนั้นนำน้ำหมักที่ได้จากชุดทดลองทั้งสองชุดฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 100 200 300 400 และ 500 พีพีเอ็ม และฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ ที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส นาน 1-2 วินาที พบว่า การฆ่าเชื้อโดยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นต่างๆ ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมถึงยีสต์และรา ในน้ำหมักทั้งสองชุดการทดลองได้ สำหรับการพาสเจอไรซ์สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมถึงยีสต์และราได้ แสดงดังตารางที่ 4.23 และ 4.24

ตารางที่ 4.23 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ทดสอบโดยใช้อาหาร Plate count agar (PCA) ของน้ำหมักหลังจากผ่านการฆ่าเชื้อ

ตัวอย่าง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/มิลลิลิตร)					
	ความเข้มข้นของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟล์ (พีพีเอ็ม)					วิธีพาสเจอไรซ์
	100	200	300	400	500	
ชุดที่ 1: เติมเอทานอล	2.50×10^{6}	2.45×10^{6}	2.25×10^{6}	1.96×10^{6}	1.87×10^{6}	<250
ชุดที่ 2: ไม่เติมเอทานอล	2.48×10^{6}	2.42×10^{6}	2.30×10^{6}	2.00×10^{6}	1.85×10^{6}	<250

ตารางที่ 4.24 ปริมาณยีสต์และรา ทดสอบโดยใช้อาหาร Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC Agar) ของน้ำหมักหลังจากผ่านการฆ่าเชื้อ

ตัวอย่าง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/มิลลิลิตร)					
	ความเข้มข้นของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟล์ (พีพีเอ็ม)					วิธีพาสเจอไรซ์
	100	200	300	400	500	
ชุดที่ 1: เติมเอทานอล	4.10×10^2	4.00×10^2	3.90×10^2	3.40×10^2	3.00×10^2	<250
ชุดที่ 2: ไม่เติมเอทานอล	4.00×10^2	3.90×10^2	3.70×10^2	3.40×10^2	3.10×10^2	<250

4.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ระหว่างการเก็บรักษา

หมักเครื่องดื่มสมุนไพร ปรับความหวานโดยการเติมน้ำผึ้งให้มีความหวานใกล้เคียงผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วินาที บรรจุขวด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน ในการทดลองนี้แบ่งชุดทดลองเป็น 4 ชุดการทดลอง ดังนี้

เครื่องดื่มสมุนไพร 1 เครื่องดื่มสมุนไพรหมักด้วย *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 และเติมเอทานอลให้ได้ร้อยละ 5 โดยปริมาตร ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์

เครื่องดื่มสมุนไพร 2 เครื่องดื่มสมุนไพรหมักด้วย *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 และไม่เติมเอทานอล ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์

เครื่องดื่มสมุนไพร 3 เครื่องดื่มสมุนไพรหมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์

เครื่องดื่มสมุนไพร 4 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า (หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.01 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

4.3.1 ค่าพีเอช

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่าพีเอชมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แสดงดังตารางที่ 4.25 และรูปที่ 4.17

ตารางที่ 4.25 ค่าพีเอชของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ค่าพีเอช			
	เครื่องดื่มสมุนไพร 1	เครื่องดื่มสมุนไพร 2	เครื่องดื่มสมุนไพร 3	เครื่องดื่มสมุนไพร 4
0	$3.21^{a,A}$ ±0.01	$3.17^{a,B}$ ±0.02	$2.85^{a,D}$ ±0.02	$2.96^{a,C}$ ±0.01
7	$3.20^{a,A}$ ±0.00	$3.12^{a,B}$ ±0.00	$2.83^{b,D}$ ±0.00	$2.94^{b,C}$ ±0.01
14	$3.18^{a,A}$ ±0.00	$3.11^{b,B}$ ±0.01	$2.81^{ab,D}$ ±0.01	$2.93^{c,C}$ ±0.01

* หมายเหตุ

- เครื่องดื่มสมุนไพร 1 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 2 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 3 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 4 คือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า
- ค่าพีเอชแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABCD} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ระหว่างการเก็บรักษา พบว่า เครื่องดื่มสมุนไพรทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เครื่องดื่มสมุนไพร 1 เครื่องดื่มสมุนไพร 2 เครื่องดื่มสมุนไพร 3 และเครื่องดื่มสมุนไพร 4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้คงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เท่ากับ 56.20±0.12 56.10±0.10 60.20±0.10 และ 60.10±0.06 องศาบริกซ์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.26 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)			
	เครื่องดื่มสมุนไพร 1	เครื่องดื่มสมุนไพร 2	เครื่องดื่มสมุนไพร 3	เครื่องดื่มสมุนไพร 4
0	$56.10^{a,B}$±0.21	$56.10^{a,B}$±0.12	$60.10^{a,A}$±0.21	$60.10^{a,A}$±0.15
7	$56.20^{a,B}$±0.15	$56.10^{a,B}$±0.12	$60.20^{a,A}$±0.15	$60.10^{a,A}$±0.15
14	$56.20^{a,B}$±0.12	$56.10^{a,B}$±0.10	$60.20^{a,A}$±0.10	$60.10^{a,A}$±0.06

* หมายเหตุ

- เครื่องดื่มสมุนไพร 1 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 2 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 3 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 4 คือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า
- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABCD} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในเครื่องดื่มสมุนไพร 3 มีค่าสูงที่สุด (60.20±0.03 องศาบริกซ์) และมีความแตกต่างกับเครื่องดื่มสมุนไพร 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงดังตารางที่ 4.26 และรูปที่ 4.18

4.3.3 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ในเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ระหว่างการเก็บรักษา พบว่า เครื่องดื่มสมุนไพรทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เครื่องดื่มสมุนไพร 1 เครื่องดื่มสมุนไพร 2 และเครื่องดื่มสมุนไพร 3 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ค่อนข้างคงที่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา มีปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ร้อยละ 1.28±0.02 1.76±0.01 และ 2.38±0.02 ตามลำดับ ส่วนเครื่องดื่มสมุนไพร 4 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 2.36±0.02 ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.27 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)			
	เครื่องดื่มสมุนไพร 1	เครื่องดื่มสมุนไพร 2	เครื่องดื่มสมุนไพร 3	เครื่องดื่มสมุนไพร 4
0	$1.26^{a,D}$ ±0.02	$1.74^{a,C}$ ±0.01	$2.39^{a,A}$ ±0.01	$2.18^{c,B}$ ±0.03
7	$1.26^{a,D}$ ±0.02	$1.76^{a,C}$ ±0.04	$2.39^{a,A}$ ±0.02	$2.27^{b,B}$ ±0.02
14	$1.28^{a,C}$ ±0.02	$1.76^{a,B}$ ±0.01	$2.38^{a,A}$ ±0.02	$2.36^{a,A}$ ±0.02

* หมายเหตุ

- เครื่องดื่มสมุนไพร 1 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 2 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 3 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 4 คือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า

- ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABCD} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณกรดของเครื่องดื่มสมุนไพร 4 ที่เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 14 วัน แตกต่างกับปริมาณกรดของเครื่องดื่มสมุนไพร 1 และ 2 ที่เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 14 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงดังตารางที่ 4.27 และรูปที่ 4.19

4.3.4 ปริมาณแอลกอฮอล์

การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ในเครื่องดื่มสมุนไพรทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 14 วัน พบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์ในเครื่องดื่มสมุนไพร 1 เครื่องดื่มสมุนไพร 2 และเครื่องดื่มสมุนไพร 3 มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากหรือแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา สำหรับเครื่องดื่มสมุนไพร 4 ปริมาณแอลกอฮอล์จะลดลง เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ในวันที่ 14 มีปริมาณแอลกอฮอล์เหลือร้อยละ 0.73±0.03 โดยปริมาตร อาจเนื่องจากในเครื่องดื่มสมุนไพร 4 ยังมีจุลินทรีย์หลงเหลืออยู่ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น จุลินทรีย์จะออกซิไดส์แอลกอฮอล์ที่มีในผลิตภัณฑ์ให้เป็นกรดอะซิติก ส่งผลให้ปริมาณแอลกอฮอล์ลดลง และปริมาณกรดทั้งหมดจะเพิ่มขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับผลการทดลองข้างต้น

ตารางที่ 4.28 ปริมาณแอลกอฮอล์ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)			
	เครื่องดื่มสมุนไพร 1	เครื่องดื่มสมุนไพร 2	เครื่องดื่มสมุนไพร 3	เครื่องดื่มสมุนไพร 4
0	$0.13^{a,D}$ ±0.02	$0.43^{ab,C}$ ±0.02	$1.16^{a,A}$ ±0.02	$0.87^{a,B}$ ±0.02
7	$0.14^{a,D}$ ±0.01	$0.44^{a,C}$ ±0.02	$1.13^{a,A}$ ±0.02	$0.83^{a,B}$ ±0.01
14	$0.13^{a,D}$ ±0.02	$0.43^{b,C}$ ±0.01	$1.15^{a,A}$ ±0.01	$0.73^{b,B}$ ±0.03

* หมายเหตุ

- เครื่องดื่มสมุนไพร 1 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 2 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 3 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 4 คือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า
- ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABCD} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์ของเครื่องดื่มสมุนไพร 4 ที่เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 14 วัน แตกต่างกับปริมาณแอลกอฮอล์ของเครื่องดื่มสมุนไพร 1 2 และ 3 ที่เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 14 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.28 และรูปที่ 4.20

4.3.5 กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ

จากการศึกษากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน พบว่าค่าการดักจับอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มสมุนไพร 1 และเครื่องดื่มสมุนไพร 2 ซึ่งเป็นเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อบริสุทธิ์ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ วันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีค่าการดักจับอนุมูลอิสระร้อยละ 85.10±1.18 และ 85.35±0.98 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่าการดักจับอนุมูลอิสระมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา เครื่องดื่มสมุนไพร 1 และ เครื่องดื่มสมุนไพร 2 มีค่าการดักจับอนุมูลอิสระร้อยละ 84.98±0.99 และ 86.03±0.61 ตามลำดับ

สำหรับเครื่องดื่มสมุนไพร 3 และเครื่องดื่มสมุนไพร 4 ซึ่งหมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ ในวันแรกของการเก็บรักษา (0 วัน) มีค่าการดักจับอนุมูลอิสระต่ำกว่าเครื่องดื่มสมุนไพร 1 และ 2 โดยมีค่าร้อยละ 70.52±0.76 และ 69.16±0.62 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ค่าการดักจับอนุมูลอิสระมีการเปลี่ยนแปลงน้อยเช่นเดียวกัน โดยในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา

เครื่องดื่มสมุนไพร 3 และ เครื่องดื่มสมุนไพร 4 มีค่าการดักจับอนุมูลอิสระร้อยละ 69.92±0.48 และ 70.75±0.97 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่าการดักจับอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มสมุนไพร 2 มีค่าสูงที่สุด (ร้อยละ 86.03±0.61) และมีความแตกต่างกับเครื่องดื่มสมุนไพร 1 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงดังตารางที่ 4.29 และรูปที่ 4.21

ตารางที่ 4.29 ค่าการดักจับอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ค่าการดักจับอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)			
	เครื่องดื่มสมุนไพร 1	เครื่องดื่มสมุนไพร 2	เครื่องดื่มสมุนไพร 3	เครื่องดื่มสมุนไพร 4
0	$85.10^{a,A}$ ±1.18	$85.35^{a,A}$ ±0.98	$70.52^{a,B}$ ±0.76	$69.16^{b,C}$ ±0.62
7	$85.88^{a,A}$ ±0.76	$85.29^{b,B}$ ±0.98	$69.96^{a,C}$ ±0.76	$70.13^{a,C}$ ±0.94
14	$84.98^{a,B}$ ±0.99	$86.03^{a,A}$ ±0.61	$69.92^{a,D}$ ±0.48	$70.75^{a,C}$ ±0.97

* หมายเหตุ

- เครื่องดื่มสมุนไพร 1 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 2 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 3 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 4 คือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า
- ค่าการดักจับอนุมูลอิสระ (ร้อยละ) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 9 ซ้ำ
- ^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABCD} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเครื่องดื่มสมุนไพร 1 และเครื่องดื่มสมุนไพร 2 ซึ่งเป็นเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อบริสุทธิ์ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 704.72±1.86 และ 704.88±1.84 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา เครื่องดื่มสมุนไพร 1 และ เครื่องดื่มสมุนไพร 2 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 704.32±1.71 และ 708.95±1.57 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

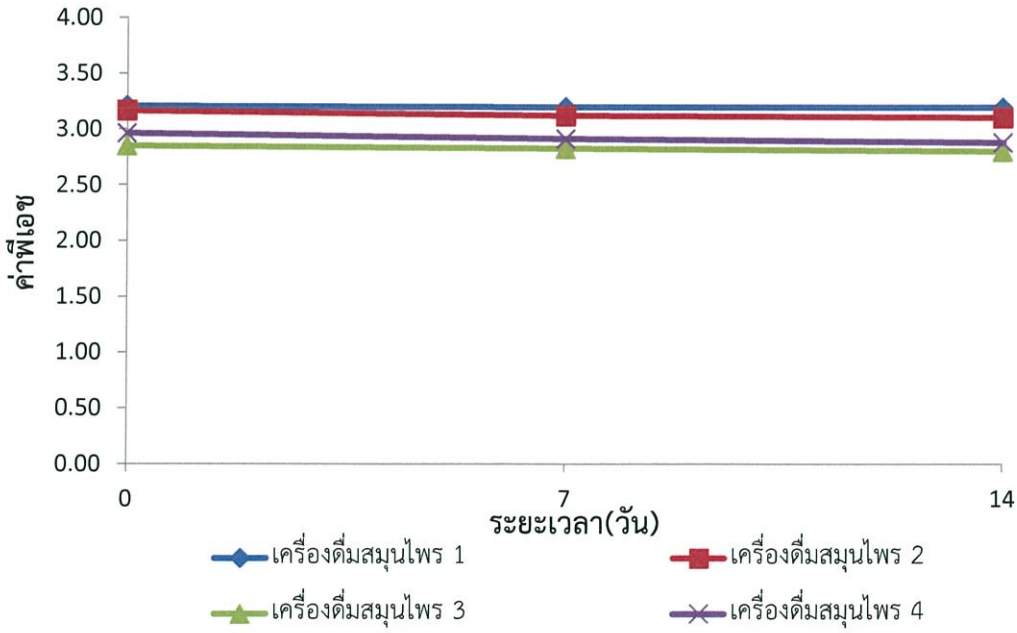
สำหรับเครื่องดื่มสมุนไพร 3 และเครื่องดื่มสมุนไพร 4 ซึ่งหมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ ในวันแรกของการเก็บรักษา (0 วัน) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกต่ำกว่าเครื่องดื่มสมุนไพร 1 และ 2 โดยมีค่า 401.48±1.94 และ 399.94±1.77 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีการเปลี่ยนแปลงน้อยเช่นเดียวกัน โดยในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา เครื่องดื่มสมุนไพร 3 และเครื่องดื่มสมุนไพร 4 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 400.00±1.99 และ 401.85±1.58 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเครื่องดื่มสมุนไพร 2 มีค่าสูงที่สุด (708.95±1.57 พีพีเอ็ม) และมีความแตกต่างกับเครื่องดื่มสมุนไพร 1 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงดังตารางที่ 4.30 และรูปที่ 4.22

ตารางที่ 4.30 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน

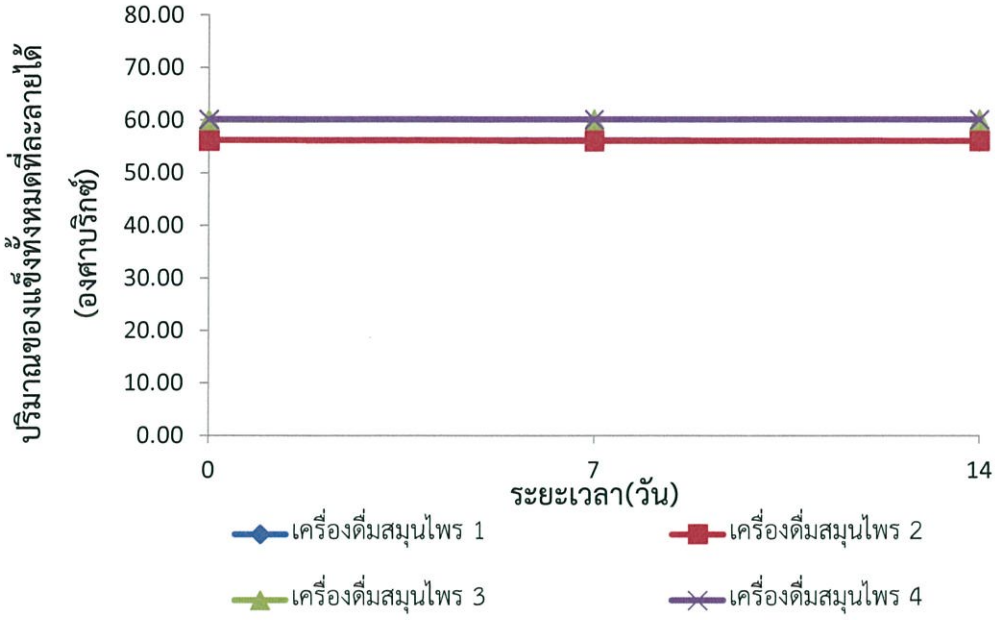
ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (พีพีเอ็ม)			
	เครื่องดื่มสมุนไพร 1	เครื่องดื่มสมุนไพร 2	เครื่องดื่มสมุนไพร 3	เครื่องดื่มสมุนไพร 4
0	$704.72^{a,A}$±1.86	$704.88^{b,A}$±1.84	$401.48^{a,B}$±1.94	$399.94^{b,B}$±1.77
7	$705.06^{a,A}$±1.83	$704..44^{b,A}$±1.62	$400.59^{a,B}$±1.49	$401.36^{ab,B}$±1.59
14	$704.32^{a,B}$±1.71	$708.95^{a,A}$±1.57	$400.00^{a,D}$±1.99	$401.85^{a,C}$±1.58

* หมายเหตุ

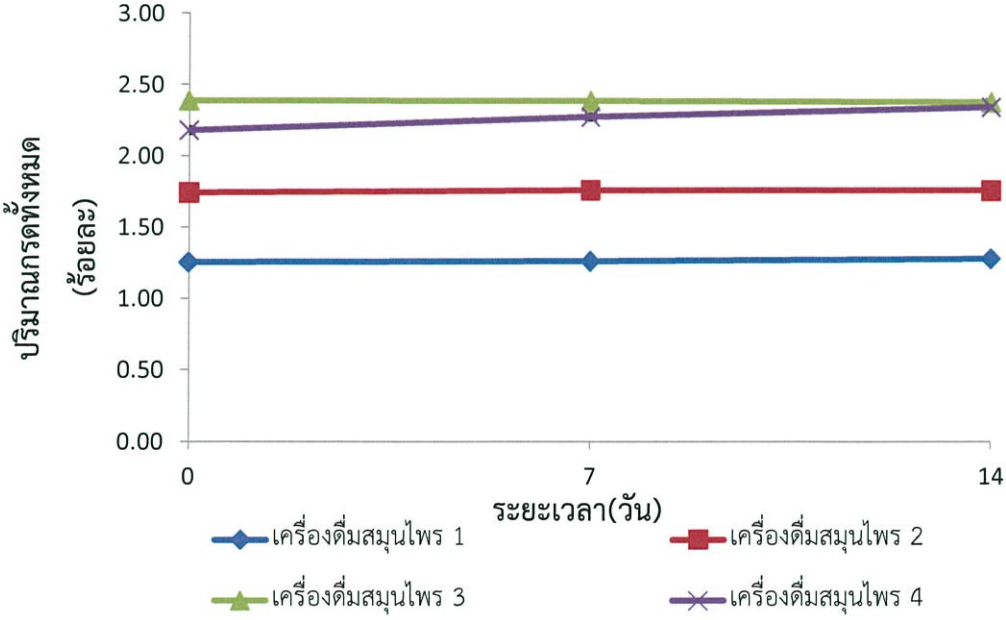
- เครื่องดื่มสมุนไพร 1 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 2 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 3 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 4 คือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า
- ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (พีพีเอ็ม) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 9 ซ้ำ
- ^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABCD} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



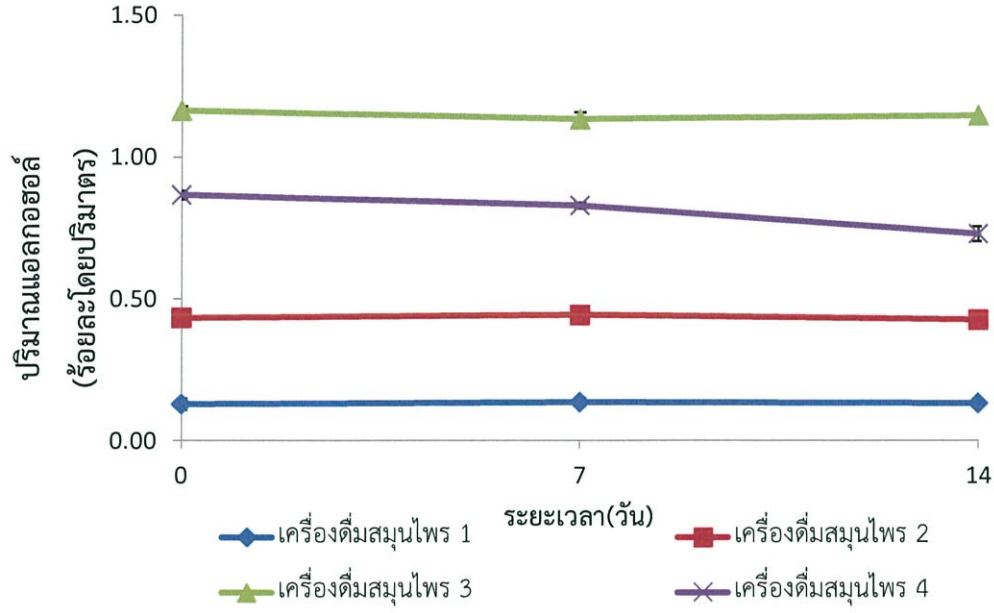
รูปที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับการหมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน



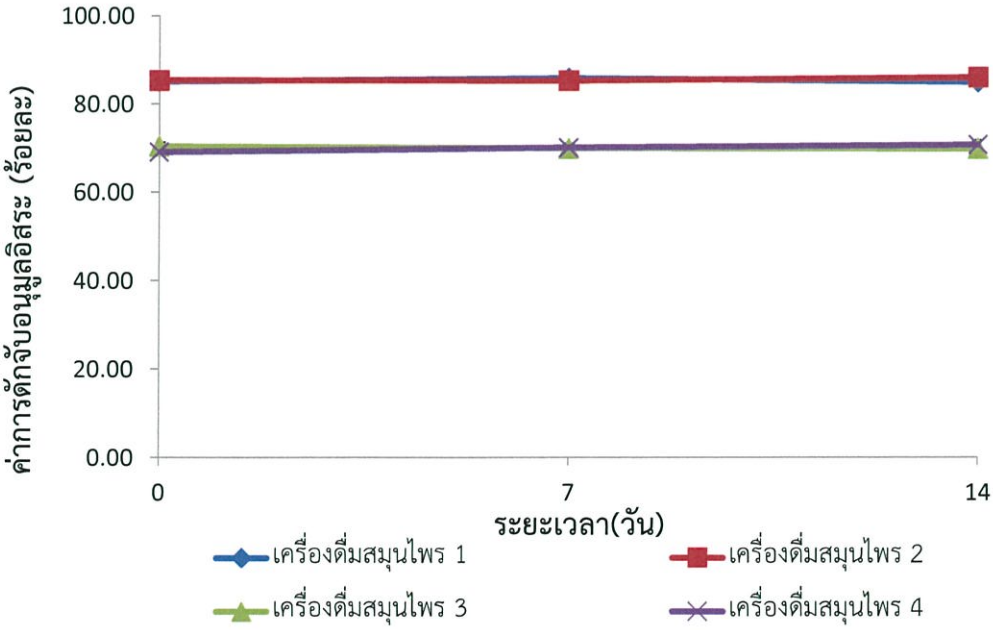
รูปที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน



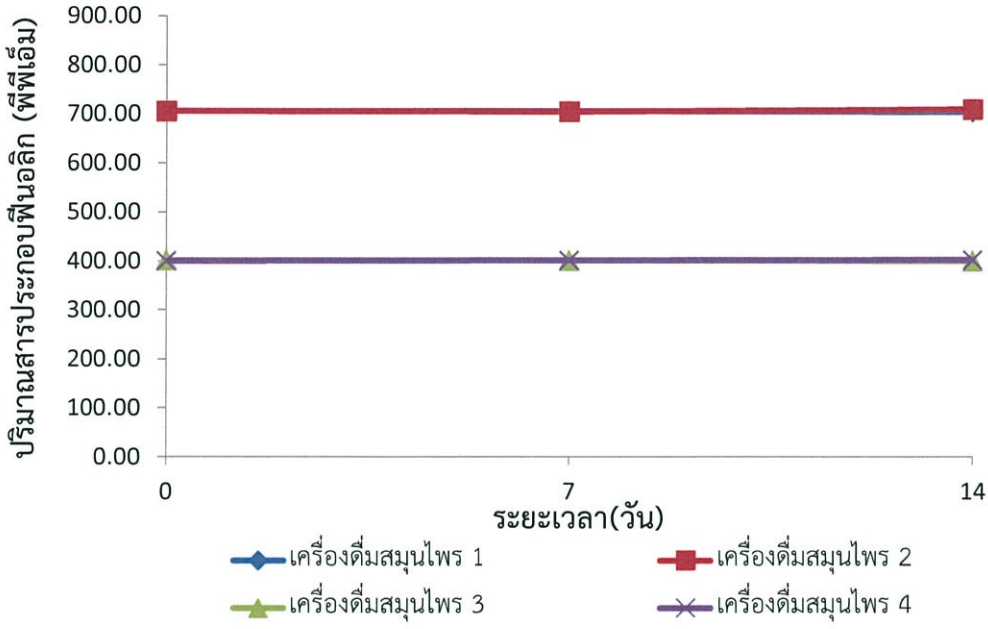
รูปที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน



รูปที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน



รูปที่ 4.21 ค่าการดักจับอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน



รูปที่ 4.22 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน

4.3.7 ค่าสี

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน พบว่า เครื่องดื่มสมุนไพร 1 2 3 และ 4 เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ของทุกผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าความเป็นสีแดง (a*) ของเครื่องดื่มสมุนไพร 1 2 3 และ 4 มีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกัน และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของเครื่องดื่มสมุนไพร 1 2 3 และ 4 มีแนวโน้มลดลงทุกผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 ค่าสีของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน

ตัวอย่าง	วันที่	ค่าสี		
		L*	a*	b*
เครื่องดื่มสมุนไพร 1	0	5.23^{a}±0.10	1.25^{a}±0.06	4.88^{a}±0.09
	7	5.19^{a}±0.05	1.23^{a}±0.08	4.87^{a}±0.05
	14	5.14^{a}±0.05	1.17^{a}±0.08	4.81^{a}±0.05
เครื่องดื่มสมุนไพร 2	0	5.29^{a}±0.07	1.28^{a}±0.07	4.80^{a}±0.08
	7	5.26^{a}±0.07	1.25^{a}±0.09	4.72^{a,}±0.08
	14	5.20^{a}±0.07	1.23^{a}±0.03	4.56^{a}±0.06
เครื่องดื่มสมุนไพร 3	0	4.46^{a}±0.05	1.21^{a}±0.03	3.98^{a}±0.07
	7	4.43^{a}±0.05	1.13^{ab}±0.06	3.86^{a}±0.11
	14	4.44^{a}±0.13	1.05^{b}±0.11	3.84^{a}±0.15
เครื่องดื่มสมุนไพร 4	0	4.64^{a}±0.07	3.28^{a}±0.10	4.74^{a}±0.05
	7	4.64^{a}±0.10	3.23^{a}±0.07	4.68^{a}±0.06
	14	4.62^{a}±0.10	3.19^{a}±0.06	4.67^{a}±0.06

* หมายเหตุ

- เครื่องดื่มสมุนไพร 1 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 2 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 3 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 4 คือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า
- ค่าสี แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

- ^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABCD} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.8 จำนวนจุลินทรีย์

ในระหว่างการเก็บรักษาเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน พบว่า ไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมดในเครื่องดื่มสมุนไพร 1 2 และ 3 ซึ่งเป็นเครื่องดื่มสมุนไพรที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์ แต่พบจุลินทรีย์ทั้งหมดในเครื่องดื่มสมุนไพร 4 ซึ่งหมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ และฆ่าเชื้อด้วยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.01 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (100 พีพีเอ็ม) โดยในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา ตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดจำนวน $1.43x10^4$ CFU/มิลลิลิตร สำหรับการตรวจปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ พบว่า ไม่พบจำนวนยีสต์และราในเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 4.32 และ 4.33

ตารางที่ 4.32 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ทดสอบโดยใช้อาหาร Plate count agar (PCA) ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน

ระยะเวลา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/มิลลิลิตร)			
	เครื่องดื่มสมุนไพร 1	เครื่องดื่มสมุนไพร 2	เครื่องดื่มสมุนไพร 3	เครื่องดื่มสมุนไพร 4
0	<250	<250	<250	$9.83x10^3$
7	<250	<250	<250	$1.14x10^4$
14	<250	<250	<250	$1.43x10^4$

* หมายเหตุ

- เครื่องดื่มสมุนไพร 1 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 2 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์

- เครื่องดื่มสมุนไพร 3 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 4 คือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า

ตารางที่ 4.33 ปริมาณยีสต์และรา ทดสอบโดยใช้อาหาร Dichloran Rose Bengal Agar (DRBC Agar) ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน

ระยะเวลา (วัน)	จำนวนยีสต์และรา (CFU/มิลลิลิตร)			
	เครื่องดื่มสมุนไพร 1	เครื่องดื่มสมุนไพร 2	เครื่องดื่มสมุนไพร 3	เครื่องดื่มสมุนไพร 4
0	<250	<250	<250	<250
7	<250	<250	<250	<250
14	<250	<250	<250	<250

* หมายเหตุ
- เครื่องดื่มสมุนไพร 1 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 2 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 3 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 4 คือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า

4.3.9 การทดสอบด้านประสาทสัมผัส

จากการนำเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อบริสุทธิ์ (เครื่องดื่มสมุนไพร 1 และเครื่องดื่มสมุนไพร 2) และเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ (เครื่องดื่มสมุนไพร 3 และเครื่องดื่มสมุนไพร 4) ทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อดูการยอมรับของผู้บริโภค ใช้การทดสอบแบบ 9-Point Hedonic Scale ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน แสดงผลดังตารางที่ 4.34 พบว่า

4.3.9.1 คะแนนด้านความใส

เครื่องดื่มสมุนไพร 3 และเครื่องดื่มสมุนไพร 4 มีคะแนนความชอบด้านความใสสูงกว่าเครื่องดื่มสมุนไพร 1 และเครื่องดื่มสมุนไพร 2 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.9.2 คะแนนด้านสี

เครื่องดื่มสมุนไพร 3 และเครื่องดื่มสมุนไพร 4 มีคะแนนความชอบด้านสีสูงกว่าเครื่องดื่มสมุนไพร 1 และเครื่องดื่มสมุนไพร 2 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.9.3 คะแนนด้านกลิ่น

เครื่องดื่มสมุนไพร 4 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงกว่าเครื่องดื่มสมุนไพร 1 เครื่องดื่มสมุนไพร 2 และเครื่องดื่มสมุนไพร 3 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับเครื่องดื่มสมุนไพร 2 และ 3

4.3.9.4 คะแนนด้านความเปรี้ยว

เครื่องดื่มสมุนไพร 1 และเครื่องดื่มสมุนไพร 2 มีคะแนนความชอบด้านความเปรี้ยวสูงกว่าเครื่องดื่มสมุนไพร 3 และเครื่องดื่มสมุนไพร 4 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.9.5 คะแนนด้านความหวาน

เครื่องดื่มสมุนไพร 1 และเครื่องดื่มสมุนไพร 2 มีคะแนนความชอบด้านความหวานสูงกว่าเครื่องดื่มสมุนไพร 3 และเครื่องดื่มสมุนไพร 4 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.9.6 คะแนนด้านความกลมกล่อม

เครื่องดื่มสมุนไพร 1 มีคะแนนความชอบด้านความกลมกล่อมสูงกว่าเครื่องดื่มสมุนไพร 2 เครื่องดื่มสมุนไพร 3 และเครื่องดื่มสมุนไพร 4 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.9.7 คะแนนด้านความชอบโดยรวม

เครื่องดื่มสมุนไพร 1 มีคะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมสูงกว่าเครื่องดื่มสมุนไพร 2 เครื่องดื่มสมุนไพร 3 และเครื่องดื่มสมุนไพร 4 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับเครื่องดื่มสมุนไพร 3 และเครื่องดื่มสมุนไพร 4 ซึ่งหมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ มีคะแนนความชอบโดยรวมต่ำกว่าเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อจากธรรมชาติ แสดงดังตารางที่ 4.34

จากการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน พบว่า ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพร 1 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่หมักด้วยเชื้อบริสุทธิ์ของ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรที่มีผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมสูง 6.93±1.89 และผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีค่าการดักจับอนุมูลอิสระโดยวิธีดีพีพีเอชสูง โดยมีค่าร้อยละ 84.98±0.99 สัมพันธ์กับการส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ที่สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล พบว่าค่าการดักจับอนุมูลอิสระโดยวิธี ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) สูง 13,008 μmoles TE แสดงดังตารางที่ 4.35 สำหรับเครื่องดื่มสมุนไพร 2 ซึ่งหมักด้วยเชื้อบริสุทธิ์ของ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เครื่องดื่มสมุนไพรชนิดนี้ไม่ได้ปรับปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นเป็น 5.0 โดยปริมาตร ก่อนที่จะหมักด้วย *A. aceti* TISTR 354 ซึ่งต่างกับเครื่องดื่มสมุนไพร 1 ซึ่งมีการปรับปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นเป็น 5.0 โดยปริมาตร ก่อนที่จะหมักด้วย *A. aceti* TISTR 354 มีคะแนนความชอบโดยรวมรองลงมา สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพร 3 และเครื่องดื่มสมุนไพร 4 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ มีค่าการดักจับอนุมูลอิสระโดยวิธีดีพีพีเอชและวิธี ORAC รวมถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกน้อยกว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพร 1 และ เครื่องดื่มสมุนไพร 2 และการทดสอบทางประสาทสัมผัสได้รับคะแนนความชอบโดยรวมน้อยกว่าเครื่องดื่มสมุนไพร 1 และเครื่องดื่มสมุนไพร 2 เช่นเดียวกัน ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่หลงเหลือในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ พบว่า เครื่องดื่มสมุนไพร 1 3 และ 4 มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลงเหลือในผลิตภัณฑ์ไม่เกินมาตรฐานน้ำส้มสายชู ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 204 พ.ศ. 2543 ซึ่งกำหนดว่า ผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ได้ไม่เกิน 70 มิลลิกรัมต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม ยกเว้นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพร 2 มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 73.21 มิลลิกรัมต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม เกินมาตรฐานน้ำส้มสายชู อาจเนื่องจากในกระบวนการหมัก มีการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำหมัก ก่อนที่จะเติม *S. cerevisiae* และ *A. aceti* โดยมีการใช้โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (500 พีพีเอ็ม) ทำให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลงเหลือในผลิตภัณฑ์เกินมาตรฐาน

ตารางที่ 4.35 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ

ตัวอย่าง	ปัจจัยคุณภาพ						
	ความใส	สี	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความกลมกล่อม	ความชอบโดยรวม
เครื่องดื่มสมุนไพร 1	6.39^{b} ±1.63	6.60^{b} ±1.66	6.21^{ab} ±2.17	6.64^{a} ±1.76	6.53^{a} ±1.96	6.63^{a} ±2.08	6.93^{a} ±1.89
เครื่องดื่มสมุนไพร 2	6.15^{b} ±1.46	6.30^{b} ±1.53	5.69^{b} ±1.84	5.74^{b} ±1.98	5.75^{b} ±1.98	6.00^{b} ±2.01	6.17^{b} ±1.93
เครื่องดื่มสมุนไพร 3	7.25^{a} ±1.47	7.16^{a} ±1.34	5.74^{b} ±1.89	5.07^{c} ±2.02	5.16^{c} ±1.87	5.45^{b} ±2.10	5.69^{b} ±1.86
เครื่องดื่มสมุนไพร 4	7.44^{a} ±1.34	7.56^{a} ±1.60	6.72^{a} ±1.99	5.21^{bc} ±2.24	5.16^{c} ±1.99	5.55^{b} ±2.05	5.79^{b} ±2.22

* หมายเหตุ

- เครื่องดื่มสมุนไพร 1 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 2 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 3 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 4 คือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า
- ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 100 ซ้ำ
- ^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.35 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มสมุนไพรด้วยวิธี ORAC และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่หลงเหลือในผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	ค่า ORAC (μmoles TE)	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
เครื่องดื่มสมุนไพร 1	13,008	58.62
เครื่องดื่มสมุนไพร 2	14,705	73.21
เครื่องดื่มสมุนไพร 3	4,528	0
เครื่องดื่มสมุนไพร 4	6,726	10.47

* หมายเหตุ

- เครื่องดื่มสมุนไพร 1 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 2 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 3 คือ เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- เครื่องดื่มสมุนไพร 4 คือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ โดยหมักมะตูม พริกไทยดำ กล้วยน้ำว้า และน้ำตาลทราย เป็นเวลา 15 วัน จากนั้นเติมน้ำกล้วย (ซึ่งผ่านการหมักเป็นเวลา 1 ปี) ความเข้มข้นร้อยละ 100 80 และ 50 โดยปริมาตร และเติมเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักในสภาวะไม่มีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง จนได้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 5.0-6.0 โดยปริมาตร จึงยุติการหมัก พบว่า เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร จะได้ปริมาณแอลกอฮอล์ในปริมาณที่สูงและใช้ระยะเวลาในการหมักน้อยที่สุด นั่นคือ ในวันที่ 3 ของการหมัก มีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 5.32±0.03 โดยปริมาตร จึงเลือกน้ำกล้วยและเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ความเข้มข้นดังกล่าวมาใช้ในการศึกษาต่อไป โดยนำน้ำหมักที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 5.0-6.0 โดยปริมาตร มาเติมเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักในสภาวะมีอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง จนเหลือปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำกว่าร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร ซึ่งเป็นปริมาณแอลกอฮอล์ที่ไม่เกินมาตรฐานของน้ำส้มสายชู ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้ (ฉบับที่ 204 พ.ศ.2543) พบว่า ในวันที่ 9 ของการหมัก การหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร เหลือแอลกอฮอล์ตกค้างในน้ำหมักน้อยที่สุด คือร้อยละ 0.20±0.03 โดยปริมาตร จึงเลือกเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร มาใช้ในการผลิตเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่

ศึกษาการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ ที่หมักจากมะตูม พริกไทยดำ กล้วยน้ำว้า และน้ำตาลทราย เป็นเวลา 15 วัน เติมน้ำกล้วยความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร และ เชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร หมักจนเหลือปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำกว่าร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร แล้วจึงเติมน้ำผึ้งเพื่อปรับความหวานของเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ที่หมักด้วยเชื้อบริสุทธิ์ให้มีความหวานเทียบเท่ากับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า จากนั้นฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในเครื่องดื่มสมุนไพรโดยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ความเข้มข้น 100 200 300 400 และ 500 พีพีเอ็ม เปรียบเทียบกับการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์ ที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส นาน 1-2 วินาที พบว่า การใช้โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ความเข้มข้นต่างๆ ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ โดยตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ที่

ฆ่าเชื้อโดยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ในทางตรงข้าม การฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งยีสต์ และรา ในผลิตภัณฑ์ได้ทั้งหมด สุดท้ายจึงนำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน พบว่า เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อบริสุทธิ์ของ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เครื่องดื่มสมุนไพร 1 และ 2) เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากกว่าเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักโดยเชื้อตามธรรมชาติ (เครื่องดื่มสมุนไพร 3 และ 4) โดยเครื่องดื่มสมุนไพร 1 ที่ผ่านการปรับให้มีปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นร้อยละ 5.0-6.0 โดยปริมาตร ก่อนเติมเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดคือ 6.93±1.89 และเครื่องดื่มสมุนไพร 2 ซึ่งไม่ได้ปรับปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้น มีคะแนนความชอบโดยรวมรองลงมาคือ 6.17±1.93 นอกจากนี้เครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อบริสุทธิ์ของ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เครื่องดื่มสมุนไพร 1 และ 2) ยังมีค่าการดักจับอนุมูลอิสระโดยวิธีดีพีพีเอชสูงกว่าเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักโดยเชื้อตามธรรมชาติ (เครื่องดื่มสมุนไพร 3 และ 4) โดยเครื่องดื่มสมุนไพร 1 และ 2 มีค่าการดักจับอนุมูลอิสระร้อยละ 84.98±0.99 และ 86.03±0.61 ตามลำดับ สัมพันธ์กับค่าการดักจับอนุมูลอิสระโดยวิธี ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) ที่ได้จากการส่งตรวจวิเคราะห์ที่สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล โดยมีค่า 13,008 และ 14,705 μmoles TE ตามลำดับ สำหรับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์นั้น มาตรฐานน้ำส้มสายชูตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204 พ.ศ.2543) กำหนดว่ามีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่หลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ พบว่า เครื่องดื่มสมุนไพร 1 3 และ 4 มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด ยกเว้นเครื่องดื่มสมุนไพร 2 มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 73.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเกินมาตรฐานกำหนด

5.2 ข้อเสนอแนะ

ต้องควบคุมและกำหนดคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร ให้มีมาตรฐานชัดเจน ไม่ว่าจะเป็นมะตูม พริกไทยดำ กล้วยน้ำว้า น้ำตาลทราย และน้ำกล้วยน้ำว้าที่หมักเป็นเวลา 1 ปี เพราะหากวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักแต่ละรอบแตกต่างกัน ผลการทดลองที่ได้อาจคลาดเคลื่อนไปจากเดิมได้ ยกตัวอย่างเช่น ค่าที่วิเคราะห์ได้ระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ในรอบที่ 2 (หมักเพื่อศึกษาการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา) มีความแตกต่างจากค่าที่วิเคราะห์ได้ในระหว่างกระบวนการหมักรอบที่ 1 (หมักเพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่) อย่างสิ้นเชิง เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักทั้งสองรอบแตกต่างกัน ทั้งชนิดของพริกไทยดำ (หมักรอบที่ 1 พริกไทยดำมีลักษณะเป็นเม็ด ส่วนการหมักรอบที่ 2 พริกไทยดำป่นละเอียด) น้ำตาลทราย (หมักรอบที่ 1 ใช้น้ำตาลทรายแดง ส่วนการหมักรอบที่ 2 ใช้น้ำตาลอ้อย) และคุณสมบัติของน้ำกล้วย ที่มีค่าพีเอช ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้

ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) สี กลิ่น และรสชาติ แตกต่างกันทั้งสองรอบการหมัก ส่งผลให้ปริมาณแอลกอฮอล์ในการหมักรอบที่ 2 น้อยกว่ารอบที่ 1 อย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะในช่วงการหมักแอลกอฮอล์ด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยปริมาตร ซึ่งต้องการหมักให้มีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วงร้อยละ 5.0-6.0 โดยปริมาตร พบว่า

การหมักรอบที่ 1 มีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 5.32±0.03 โดยปริมาตร ใช้เวลาในการหมัก 3 วัน แต่การหมักรอบที่ 2 วันที่ 9 ของการหมักกลับมีปริมาณแอลกอฮอล์เพียงร้อยละ 2.90±0.02 โดยปริมาตรเท่านั้น จึงต้องแบ่งการทดลองในการหมักรอบที่ 2 ออกเป็น 2 ชุด นั่นคือ ชุดการทดลองที่ 1 ปรับปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นของน้ำหมักให้อยู่ในช่วงร้อยละ 5.0-6.0 โดยปริมาตร ชุดที่ 2 ไม่มีการปรับปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้น แล้วจึงเติมเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 เพื่อหมักเครื่องดื่มสมุนไพรต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กำเนิด สุภัณวงษ์. 2534. **จุลชีวอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮาส์.

จุฑารัตน บุญศรี. 2550. "การศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูจากหัวหอมชนิดต่างๆ โดยเชื้อ *Acetobacter aceti*". ปญหาพิเศษภาควิชาวิทยาศาสตร์. คณะศิลปศาสตรและวิทยาศาสตร์.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชญาณ์พิสุทธิ์ แก้วสุวรรณ์ นรารัตน์ เทียนชัยทัศน์ สุดาวดี มโนรมณ์ และ หนึ่งฤทัย ห้าวหาญ. 2555 "การผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักเพื่อสุขภาพจากน้ำเชื่อมเปลือกสับปะรด". วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ณัชชา เต็งเติมวงศ์. 2559. "สูตรยา "สาวสองพันปี" ตำรับยาสมุนไพร "ลูกแปลกแม่" บำรุงร่างกาย กระตุ้นเลือดลม". [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: https://mgronline.com /qol/detail /95 90000062797. (29 มกราคม 2561)

ณัฏฐ์สรัล สายชนะ. 2558. "แบคทีเรียอะซิติก : สรีรวิทยาและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม Acetic acid bacteria : physiology and industrial applications" บทความมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. 1, 7-8.

ดวงพร คันธโชติ. 2530. **จุลชีวิทยาอุตสาหกรรม: ผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์.** กรุงเทพ: โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์

นภา โล่ทอง. 2520. "น้ำส้มสายชู". วารสารข่าวสารเกษตรศาสตร์. 21(4), 70-75.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. "*Saccharomyces cerevisiae*". [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.foodn etworksolution.com/wiki/ word/1509 /saccharomyces-cerevisiae . (29 มกราคม 2561)

นิธิยา รัตนาปนนท์ และ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. "Vinegar / น้ำส้มสายชู". [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.foodetwor ksolution.com/wiki/word/1183/vinegar-% (29 มกราคม 2561)

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ.2543 เรื่อง น้ำส้มสายชู

ประภาศิริ จบศรี และ ศิริชัย ขวัญคุ้ม. 2558. "การศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนของผลิตภัณฑ์หอยจ๊อบรรจุรีทอร์ตเพาท์". โครงงานพิเศษ. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

พวงน้อย โลหะขจรพันธ์. 2522. "การศึกษาฤทธิ์ของการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย รา ของสมุนไพรบางชนิด". วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มาลัย บุญรัตนกรกิจ. 2548. "น้ำส้มสายชู Vinegar". *วารสารบทความเกษตรกรรมธรรมชาติ.* 11, 22-24.

วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. **เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2529. **เทคโนโลยีชีวภาพ.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

วิไล รังสาดทอง. 2545. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.** กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

"สารเคมีในห้องครัว : น้ำส้มสายชู". [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: https://touchzy-sci.blogspot.com/016/12/blog-post_12.html (29 มกราคม 2561).

Baena-Ruano, S., Jimenez-Ot, C., Santos-Duenas, I. M., Jimenez-Hornero, J. E., Bonilla Venceslada, J. L., Alvarez-Caliz, C., García-García, I. 2010. "Influence of the final ethanol concentration on the acetification and production rate in the wine vinegar process." *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 85(7): 908–912.

Drysdale, G. S., Fleet, G. H. 1988. "Acetic acid bacteria in winemaking: A review." *American Journal of Enology and Viticulture*. 39(2): 143–154.

Fernandez-Perez, R., Torres, C., Sanz, S., Ruiz-Larrea, F. 2010. "Strain typing of acetic acid bacteria responsible for vinegar production by the submerged elaboration method." *Food Microbiology*. 27(8): 973–978.

Harrison, D. E. 1978. "Mixed cultures in industrial fermentation processes." *Advances in Applied Microbiology*. 24: 129-164.

Heimler, D., Vignolini, P., Dini, M. G., and Romani, A. 2005. "Rapid tests to assess the antioxidant activity of Phaseolus vulgaris L. dry beans." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53(8): 3053-3056.

Johnston, C. S., and Gaas, C. A. 2006. "Vinegar: Medicinal uses and antiglycemic effect." *Medscape General Medicine*. 8(2): 61-69.

Keivan, B. M., and Rasool, S. 2010. "Isolation and characterization of an Acetobacter strain from Iranian White-Red Cherry as a potential strain for Cherry vinegar production." *Asian Journal of Biotechnology*. 2(1): 53-59.

Kuda, T., Takahashi, H., and Kimura, B. 2016. "Alcohol-brewing properties of acid-and bile-tolerant yeasts co-cultured with lactic acid bacteria isolated from traditional handmade domestic dairy products from Inner Mongolia." *LWT-Food Science and Technology*. 65: 62-69.

Liu, D., Zhu, Y., Beeftink, R., Ooijkaas, L., Rinzema, A., Chen, J., et al. 2004. "Chinese vinegar and its solid-state fermentation process." *Food Reviews International*. 20(4): 407-424.

Maria, G. and Paolo, G. 2008. "Acetic acid bacteria in traditional balsamic vinegar: Phenotypic traits relevant for starter cultures selection." *International Journal of Food Microbiology*. 125(1): 46-53.

Qi, Z., Yang, H., Xia, X., Wang, W., and Yu, X. 2014. "High strength vinegar fermentation by Acetobacter pasteurianus via enhancing alcohol respiratory chain." *Biotechnology and Bioprocess Engineering*. 19(2): 289–297.

Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, C., Luyckx, M., 2000. "Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour." *Journal of Ethnopharmacology*. 72(1): 35-42.

Rao, M. R., Stokes, J. L. 1953. "Nutrition of the acetic acid bacteria." *Journal of Bacteriology.* 65(4): 405–412.

Stephanie, C., Stephanie, J., and Buddhi, L. 1988. **Food Processing: Principles and Applications.** United states.

Štornik, A., Skok, B., and Trc˘ek, J. 2016. "Comparison of cultivable acetic acid nacterial microbiota in organic and conventional apple cider vinegar." *Food Technology & Biotechnology*. 54(1): 113–119.

Tesfaye, W., Morales, M. L., Garcıa-Parrilla, M. C., and Troncoso, A. M. 2002. "Wine vinegar: Technology, authenticity and quality evaluation." *Trends in Food Science and Technology*. 13(1): 12-21.

Wang, S. Y., and Millner, P. 2009. "Effect of different cultural systems on antioxidant capacity, phenolic content, and fruit quality of strawberries (*fragaria aranassa* duch.)." Journal of Agricultural and Food Chemistry. 57(20): 9651-9657.

Yakushi, T., and Matsushita, K. 2010. Alcohol dehydrogenase of acetic acid bacteria: Structure, mode of action, and applications in biotechnology. Applied Microbiology and Biotechnology, 86(5), 1257–1265.

Yamada, Y., and Yukphan, P. 2008. "Genera and species in acetic acid bacteria." **International Journal of Food Microbiology.** 125(1): 15–24.

Yang, C., Yao, h., Ye, B., Caixia, F., Mengzhou, Z., Bing, G., Chao, W., Dongsheng, L., Yong, H., and Ning, X. 2017. "Effects of mixed cultures of *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus plantarum* in alcoholic fermentation on the physicochemical and sensory properties of citrus vinegar." *Food Science and Technology*. 84: 753-763

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast extract Peptone Dextrose agar (YPD) ประกอบด้วย

Yeast extract	10.0	กรัมต่อลิตร
Peptone	20.0	กรัมต่อลิตร
Dextrose	20.0	กรัมต่อลิตร
Agar	15.0	กรัมต่อลิตร

ผสมส่วนประกอบต่างๆด้วยน้ำกลั่น และนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2. อาหารเลี้ยงเชื้อ Glucose Yeast Extract Agar (GYEA) ประกอบด้วย

Glucose	50.0	กรัมต่อลิตร
Yeast extract	10.0	กรัมต่อลิตร
แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)	20.0	กรัมต่อลิตร
Agar	20.0	กรัมต่อลิตร

ผสมส่วนประกอบต่างๆด้วยน้ำกลั่น (ยกเว้นแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แยกฆ่าเชื้อต่างหาก) และนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

3. อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ประกอบด้วย

Plate Count Agar	22.0	กรัมต่อลิตร

ผสมส่วนประกอบต่างๆด้วยน้ำกลั่น และนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

4. อาหารเลี้ยงเชื้อ Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC Agar) ประกอบด้วย

Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol	31.63	กรัมต่อลิตร
Agar	5.0	กรัมต่อลิตร

ผสมส่วนประกอบต่างๆด้วยน้ำกลั่น และนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

ภาคผนวก ข

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล (0.1 N NaOH)

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยขวดปรับปริมาตร

2. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน

ชั่งผงฟีนอล์ฟทาลีน 1.0 กรัม ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % ปริมาตร 60 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร

3. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHP) 0.1 นอร์มัล

ชั่ง KHP 2.0423 g. ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยขวดปรับปริมาตร

4. สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์

4.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานภายในโดยใช้โพรพานอล (n-propanol) ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร ปิเปตโพรพานอล (n-propanol) และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตรด้วยขวดปรับปริมาตร

4.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานเอทานอลให้มีความเข้มข้น 8 12 16 20 และ 24 โดยปริมาตร วิธีทำดังแผนภาพรูปที่ ข-1

5. สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

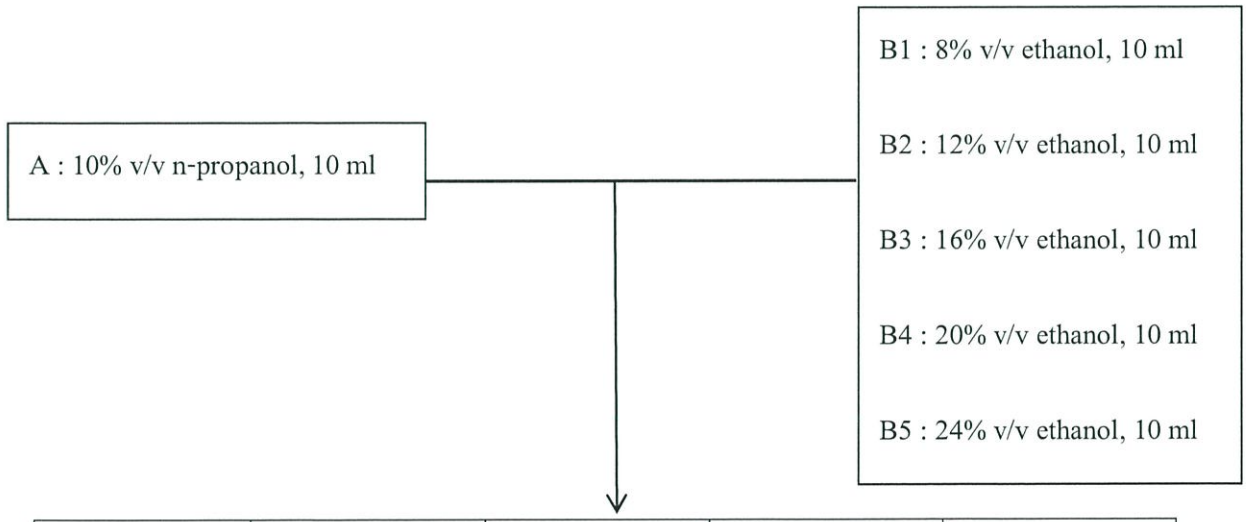
5.1 เตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้นร้อยละ 7.5 โดยชั่งโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ในรูปผงแห้งมา 7.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยขวดปรับปริมาตร

5.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic acid) ความเข้มข้น 250 พีพีเอ็ม โดยชั่งกรดแกลลิก 250 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตรด้วยขวดปรับปริมาตร

6. สารละลาย 2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl (DPPH) ในเอทานอล ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์

เนื่องจาก DPPH ($C_{18}H_{12}N_5O_6$) มีมวลโมเลกุล 395 กรัมต่อโมล ดังนั้น สาร 1 โมลาร์จะต้องใช้ $C_{18}H_{12}N_5O_6$ ผงแห้ง 395 กรัม ละลายในเอทานอล 1,000 มิลลิลิตร ถ้า ต้องการสารเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ จะต้องใช้สาร $0.2 \times 10^{-3} \times 395$ กรัม = 0.079 กรัม ละลายในเอทานอลและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยขวดปรับปริมาตร

<u>หมายเหตุ</u> ในการเตรียมสาร DPPH จะทำการเตรียมครั้งละ 10 มิลลิลิตร เนื่องจากสาร DPPH ไม่สามารถเก็บไว้ได้หลายวัน จึงจำเป็นต้องใช้ทันทีหลังเตรียมเสร็จและควรเก็บให้พ้นแสง



+500 µl A +500 µl B1 สารละลาย มาตรฐาน ร้อยละ 8	+500 µl A +500 µl B2 สารละลาย มาตรฐาน ร้อยละ 12	+500 µl A +500 µl B3 สารละลาย มาตรฐาน ร้อยละ 16	+500 µl A +500 µl B4 สารละลาย มาตรฐาน ร้อยละ 20	+500 µl A +500 µl B5 สารละลาย มาตรฐาน ร้อยละ 24

รูปที่ ข-1 แผนภาพวิธีเตรียมสารละลายมาตรฐานเอทานอล

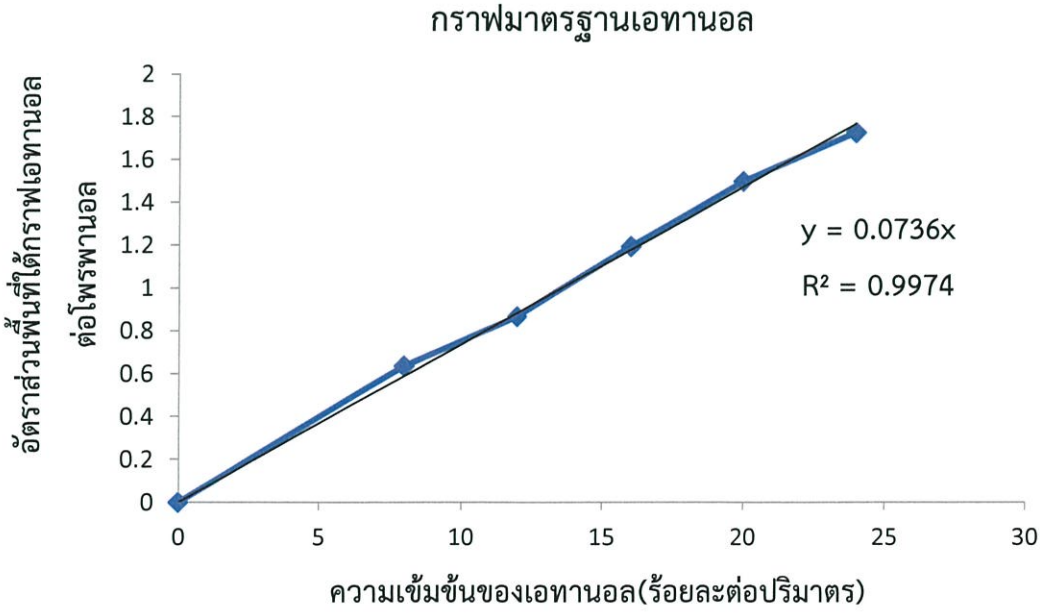
ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์สารละลายมาตรฐาน

1. สารละลายมาตรฐานเอทานอล

ตารางที่ ค-1 ค่าพื้นที่ใต้กราฟของสารละลายมาตรฐานเอทานอลและโพรพานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ

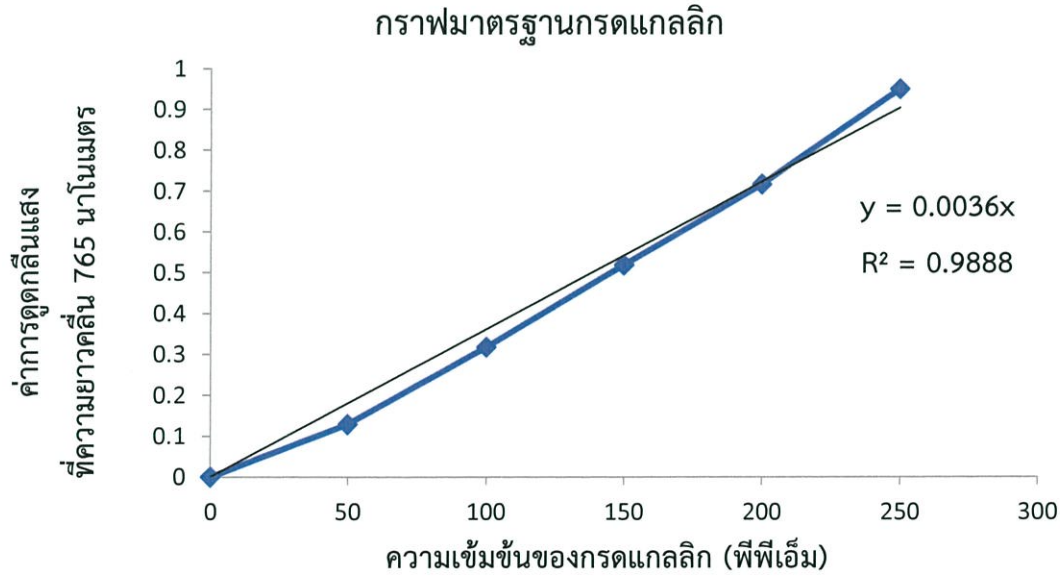
ความเข้มข้นของเอทานอล (ร้อยละต่อปริมาตร)	เอทานอล	โพรพานอล	เอทานอล / โพรพานอล
0	0	0	0
8	806690	1268207	0.63608701
12	1327305	1531400	0.86672652
16	1822916	1527062	1.19374066
20	2277682	1520100	1.49837642
24	1715569	993994	1.72593497



รูปที่ ค-1 อัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟเอทานอลต่อโพรพานอลของสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ**2. สารละลายมาตรกรดแกลลิก**

ตารางที่ ค-2 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรของสารมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของกรดแกลลิก (พีพีเอ็ม)	ค่าการดูดกลืนแสง
25	0.027
50	0.113
100	0.307
150	0.505
200	0.717
250	0.953



รูปที่ ค-2 ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรของสารละลายกรดแกลลิกความเข้มข้นต่างๆ

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่ม (Completely Randomized Design; CRD) โดยใช้โปรแกรม SPSS โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างแต่ละตัวอย่างด้วยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

1. การศึกษาความเข้มข้นของน้ำกล้วยและปริมาณเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่

ตารางที่ ง-1 ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วย ความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
D0 2%	3	2.8533	.00577	.00333	2.8390	2.8677	2.85	2.86
5%	3	2.8567	.03512	.02028	2.7694	2.9439	2.82	2.89
10%	3	2.8500	.02646	.01528	2.7843	2.9157	2.82	2.87
Total	9	2.8533	.02236	.00745	2.8361	2.8705	2.82	2.89
D1 2%	3	2.8833	.02517	.01453	2.8208	2.9458	2.86	2.91
5%	3	2.8633	.01528	.00882	2.8254	2.9013	2.85	2.88
10%	3	2.8467	.00577	.00333	2.8323	2.8610	2.84	2.85
Total	9	2.8644	.02186	.00729	2.8476	2.8812	2.84	2.91

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
D2 2%	3	2.9533	.00577	.00333	2.9390	2.9677	2.95	2.96
5%	3	2.9267	.00577	.00333	2.9123	2.9410	2.92	2.93
10%	3	3.0067	.01528	.00882	2.9687	3.0446	2.99	3.02
Total	9	2.9622	.03632	.01211	2.9343	2.9901	2.92	3.02
D3 2%	3	3.1433	.01528	.00882	3.1054	3.1813	3.13	3.16
5%	3	3.1567	.01528	.00882	3.1187	3.1946	3.14	3.17
10%	3	3.2033	.00577	.00333	3.1890	3.2177	3.20	3.21
Total	9	3.1678	.02949	.00983	3.1451	3.1904	3.13	3.21
D4 2%	3	3.7633	.02082	.01202	3.7116	3.8150	3.74	3.78
5%	3	3.8533	.01528	.00882	3.8154	3.8913	3.84	3.87
10%	3	3.9600	.01732	.01000	3.9170	4.0030	3.95	3.98
Total	9	3.8589	.08667	.02889	3.7923	3.9255	3.74	3.98
D5 2%	3	4.3200	.02000	.01155	4.2703	4.3697	4.30	4.34
5%	3	4.5667	.01528	.00882	4.5287	4.6046	4.55	4.58
10%	3	4.6300	.02000	.01155	4.5803	4.6797	4.61	4.65
Total	9	4.5056	.14275	.04758	4.3958	4.6153	4.30	4.65

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
D6	2%	3	4.8433	.00577	.00333	4.8290	4.8577	4.84	4.85
	5%	3	5.2167	.01155	.00667	5.1880	5.2454	5.21	5.23
	10%	3	5.3100	.01000	.00577	5.2852	5.3348	5.30	5.32
	Total	9	5.1233	.21401	.07134	4.9588	5.2878	4.84	5.32
D7	2%	3	5.3900	.02000	.01155	5.3403	5.4397	5.37	5.41
	5%	3	5.8233	.02517	.01453	5.7608	5.8858	5.80	5.85
	10%	3	5.8667	.02082	.01202	5.8150	5.9184	5.85	5.89
	Total	9	5.6933	.22907	.07636	5.5173	5.8694	5.37	5.89
D8	2%	3	5.9133	.01155	.00667	5.8846	5.9420	5.90	5.92
	5%	3	6.3500	.01732	.01000	6.3070	6.3930	6.34	6.37
	10%	3	6.3833	.03055	.01764	6.3074	6.4592	6.35	6.41
	Total	9	6.2156	.22788	.07596	6.0404	6.3907	5.90	6.41
D9	2%	3	6.4333	.01528	.00882	6.3954	6.4713	6.42	6.45
	5%	3	6.9367	.01528	.00882	6.8987	6.9746	6.92	6.95
	10%	3	6.9933	.02517	.01453	6.9308	7.0558	6.97	7.02
	Total	9	6.7878	.26748	.08916	6.5822	6.9934	6.42	7.02

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Alcohol100-2 Between Groups	48.455	9	5.384	2.098	.000
Within Groups	.005	20	.000		
Total	48.460	29			
Alcohol100-5 Between Groups	65.137	9	7.237	2.129	.000
Within Groups	.007	20	.000		
Total	65.144	29			
Alcohol100-10 Between Groups	65.890	9	7.321	1.927	.000
Within Groups	.008	20	.000		
Total	65.897	29			

*หมายเหตุ

-Alcohol100-2 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร

-Alcoho100-5 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร

-Alcoho100-10 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร

ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร (เติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 100)

Day	N	Subset for alpha = 0.05									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D0	3	2.8533									
D1	3		2.8833								
D2	3			2.9533							
D3	3				3.1433						
D4	3					3.7633					
D5	3						4.3200				
D6	3							4.8433			
D7	3								5.3900		
D8	3									5.9133	
D9	3										6.4333
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 0

-D1 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 1

-D2 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 2

-D3 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 3

-D4 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 4

-D5 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 5

-D6 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 6

-D7 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 7

-D8 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 8

-D9 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 9

ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร (เติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 100)

Day	N	Subset for alpha = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
D0	3	2.8567								
D1	3	2.8633								
D2	3		2.9267							
D3	3			3.1467						
D4	3				3.8533					
D5	3					4.5667				
D6	3						5.2167			
D7	3							5.8233		
D8	3								6.3500	
D9	3									6.9367
Sig.		.663	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 0

-D1 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 1

-D2 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 2

-D3 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 3

-D4 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 4

-D5 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 5

-D6 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 6

-D7 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 7

-D8 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 8

-D9 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 9

ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร (เติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 100)

Day	N	Subset for alpha = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
D1	3	2.8467								
D0	3	2.8500								
D2	3		3.0067							
D3	3			3.2033						
D4	3				3.9600					
D5	3					4.6300				
D6	3						5.3100			
D7	3							5.8667		
D8	3								6.3833	
D9	3									6.9933
Sig.		.836	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 0

-D1 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 1

-D2 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 2

-D3 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 3

-D4 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 4

-D5 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 5

-D6 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 6

-D7 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 7

-D8 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 8

-D9 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 9

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 0 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Alcohol100-10	3	2.8500
Alcohol100-2	3	2.8533
Alcohol100-5	3	2.8567
Sig.		.768

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 1 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Alcohol100-10	3	2.8467	
Alcohol100-5	3	2.8633	2.8633
Alcohol100-2	3		2.8833
Sig.		.283	.207

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 2 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol100-5	3	2.9267		
Alcohol100-2	3		2.9533	
Alcohol100-10	3			3.0067
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 3 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Alcohol100-2	3	3.1433	
Alcohol100-5	3	3.1567	
Alcohol100-10	3		3.2033
Sig.		.253	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 4 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol100-2	3	3.7633		
Alcohol100-5	3		3.8533	
Alcohol100-10	3			3.9600
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 5 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol100-2	3	4.3200		
Alcohol100-5	3		4.5667	
Alcohol100-10	3			4.6300
Sig..		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 6 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol100-2	3	4.8433		
Alcohol100-5	3		4.2167	
Alcohol100-10	3			5.3100
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 7 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Alcohol100-2	3	5.3900	
Alcohol100-5	3		5.8233
Alcohol100-10	3		5.8667
Sig.		1.000	.299

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 8 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Alcohol100-2	3	5.9133	
Alcohol100-5	3		6.3500
Alcohol100-10	3		6.3833
Sig.		1.000	.104

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 9 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol100-2	3	6.4333		
Alcohol100-5	3		6.9367	
Alcohol100-10	3			6.9933
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-Alcoho100-2 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร

-Alcoho100-5 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร

-Alcoho100-10 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร

1. การศึกษาความเข้มข้นของน้ำกล้วยและปริมาณเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ (ต่อ)

ตารางที่ ง-2 ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วย ความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
D0 2%	3	2.2867	.01528	.00882	2.2487	2.3246	2.27	2.30
5%	3	2.3033	.03786	.02186	2.2093	2.3974	2.26	2.33
10%	3	2.2867	.04726	.02728	2.1693	2.4041	2.25	2.34
Total	9	2.2922	.03232	.01077	2.2674	2.3171	2.25	2.34
D1 2%	3	2.3100	.01000	.00577	2.2852	2.3348	2.30	2.32
5%	3	2.3167	.01528	.00882	2.2787	2.3546	2.30	2.33
10%	3	2.2933	.02517	.01453	2.2308	2.3558	2.27	2.32
Total	9	2.3067	.01871	.00624	2.2923	2.3210	2.27	2.33
D2 2%	3	2.4333	.02082	.01202	2.3816	2.4850	2.41	2.45
5%	3	2.4833	.02082	.01202	2.4316	2.5350	2.46	2.50
10%	3	2.4133	.00577	.00333	2.3990	2.4277	2.41	2.42
Total	9	2.4433	.03464	.01155	2.4167	2.4700	2.41	2.50

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
D3	2%	3	2.5233	.01528	.00882	2.4854	2.5613	2.51	2.54
	5%	3	2.5933	.02517	.01453	2.5308	2.6558	2.57	2.62
	10%	3	2.5567	.02082	.01202	2.5050	2.6084	2.54	2.58
	Total	9	2.5578	.03528	.01176	2.5307	2.5849	2.51	2.62
D4	2%	3	2.7367	.03055	.01764	2.6608	2.8126	2.71	2.77
	5%	3	3.1600	.02646	.01528	3.0943	3.2257	3.14	3.19
	10%	3	3.1733	.02082	.01202	3.1216	3.2250	3.15	3.19
	Total	9	3.0233	.21628	.07209	2.8571	3.1896	2.71	3.19
D5	2%	3	3.4100	.02000	.01155	3.3603	3.4597	3.39	3.43
	5%	3	3.7700	.02000	.01155	3.7203	3.8197	3.75	3.79
	10%	3	3.7533	.02082	.01202	3.7016	3.8050	3.73	3.77
	Total	9	3.6444	.17686	.05895	3.5085	3.7804	3.39	3.79
D6	2%	3	3.7633	.01528	.00882	3.7254	3.8013	3.75	3.78
	5%	3	4.3667	.01528	.00882	4.3287	4.4046	4.35	4.38
	10%	3	4.2033	.04509	.02603	4.0913	4.3153	4.16	4.25
	Total	9	4.1111	.27141	.09047	3.9025	4.3197	3.75	4.38

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
D7 2%	3	4.3533	.01528	.00882	4.3154	4.3913	4.34	4.37
5%	3	4.7533	.02517	.01453	4.6908	4.8158	4.73	4.78
10%	3	4.5333	.02517	.01453	4.4708	4.5958	4.51	4.56
Total	9	4.5467	.17457	.05819	4.4125	4.6809	4.34	4.78
D8 2%	3	4.7667	.00577	.00333	4.7523	4.7810	4.76	4.77
5%	3	5.1133	.00577	.00333	5.0990	5.1277	5.11	5.12
10%	3	4.9767	.01155	.00667	4.9480	5.0054	4.97	4.99
Total	9	4.9522	.15139	.05046	4.8359	5.0686	4.76	5.12
D9 2%	3	5.1900	.02000	.01155	5.1403	5.2397	5.17	5.21
5%	3	5.5267	.03786	.02186	5.4326	5.6207	5.50	5.57
10%	3	5.2367	.03786	.02186	5.1426	5.3307	5.21	5.28
Total	9	5.3178	.16053	.05351	5.1944	5.4412	5.17	5.57

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Alcohol80-2 Between Groups	32.035	9	3.559	1.101	.000
Within Groups	.006	20	.000		
Total	32.041	29			
Alcohol80-5 Between Groups	41.149	9	4.572	7.414	.000
Within Groups	.012	20	.001		
Total	41.161	29			
Alcohol80-10 Between Groups	35.732	9	3.970	4.708	.000
Within Groups	.017	20	.001		
Total	35.749	29			

*หมายเหตุ

-Alcohol80-2 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร

-Alcohol80-5 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร

-Alcohol80-10 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร

ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร (เติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 80)

Day	N	Subset for alpha = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
D1	3	2.2867								
D0	3	2.3100								
D2	3		2.4333							
D3	3			2.5233						
D4	3				2.7367					
D5	3					3.4100				
D6	3						3.7633			
D7	3							4.3533		
D8	3								4.7667	
D9	3									5.1900
Sig.		.128	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 0

-D1 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 1

-D2 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 2

-D3 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 3

-D4 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 4

-D5 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 5

-D6 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 6

-D7 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 7

-D8 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 8

-D9 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 9

ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร (เติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 80)

Day	N	Subset for alpha = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
D1	3	2.3033								
D0	3	2.3167								
D2	3		2.4833							
D3	3			2.5933						
D4	3				3.1600					
D5	3					3.7700				
D6	3						4.3667			
D7	3							4.7533		
D8	3								5.1133	
D9	3									5.5267
Sig.		.518	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 0

-D1 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 1

-D2 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 2

-D3 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 3

-D4 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 4

-D5 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 5

-D6 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 6

-D7 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 7

-D8 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 8

-D9 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 9

ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร (เติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 80)

Day	N	Subset for alpha = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
D1	3	2.2867								
D0	3	2.2933								
D2	3		2.4133							
D3	3			2.5567						
D4	3				3.1733					
D5	3					3.7533				
D6	3						4.2033			
D7	3							4.5333		
D8	3								4.9767	
D9	3									5.2367
Sig.		.781	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 0

-D1 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 1

-D2 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 2

-D3 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 3

-D4 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 4

-D5 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 5

-D6 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 6

-D7 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 7

-D8 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 8

-D9 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 9

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 0 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Alcohol80-10	3	2.2867
Alcohol80-2	3	2.2867
Alcohol80-5	3	2.3033
Sig.		.603

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 1 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Alcohol80-10	3	2.2933
Alcohol80-2	3	2.3100
Alcohol80-5	3	2.3167
Sig.		.175

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 2 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Alcohol80-10	3	2.4133	
Alcohol80-2	3	2.4333	
Alcohol80-5	3		2.4833
Sig.		.207	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 3 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Alcohol80-2	3	2.5233	
Alcohol80-10	3	2.5567	2.5567
Alcohol80-5	3		2.5933
Sig.		.098	.074

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 4 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Alcohol80-2	3	2.7367	
Alcohol80-5	3		3.1600
Alcohol80-10	3		3.1733
Sig.		1.000	.557

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 5 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Alcohol80-2	3	3.4100	
Alcohol80-10	3		3.7533
Alcohol80-5	3		3.7700
Sig.		1.000	.353

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 6 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol80-2	3	3.7633		
Alcohol80-10	3		4.2033	
Alcohol80-5	3			4.3667
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 7 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol80-2	3	4.3533		
Alcohol80-10	3		4.5333	
Alcohol80-5	3			4.7533
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 8 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol80-2	3	4.7667		
Alcohol80-10	3		4.9767	
Alcohol80-5	3			5.1133
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 9 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Alcohol80-2	3	5.1900	
Alcohol80-10	3	5.2367	
Alcohol80-5	3		5.5267
Sig.		.134	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-Alcohol80-2 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร

-Alcohol80-5 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร

-Alcohol80-10 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร

1. การศึกษาความเข้มข้นของน้ำกล้วยและปริมาณเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ (ต่อ)

ตารางที่ ง-3 ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักกล้วยน้ำว้า มะตูม และพริกไทยดำ เมื่อเติมน้ำกล้วย ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
D0 2%	3	1.5667	.00577	.00333	1.5523	1.5810	1.56	1.57
5%	3	1.5733	.03512	.02028	1.4861	1.6606	1.54	1.61
10%	3	1.5633	.02517	.01453	1.5008	1.6258	1.54	1.59
Total	9	1.5678	.02224	.00741	1.5507	1.5849	1.54	1.61
D1 2%	3	1.5933	.02517	.01453	1.5308	1.6558	1.57	1.62
5%	3	1.6067	.02082	.01202	1.5550	1.6584	1.59	1.63
10%	3	1.5700	.04583	.02646	1.4562	1.6838	1.52	1.61
Total	9	1.5900	.03240	.01080	1.5651	1.6149	1.52	1.63
D2 2%	3	3.9667	.02082	.01202	3.9150	4.0184	3.95	3.99
5%	3	3.3933	.02517	.01453	3.3308	3.4558	3.37	3.42
10%	3	2.9533	.04509	.02603	2.8413	3.0653	2.91	3.00
Total	9	3.4378	.44093	.14698	3.0988	3.7767	2.91	3.99

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
D3 2%	3	5.3233	.03215	.01856	5.2435	5.4032	5.30	5.36
5%	3	4.7333	.01528	.00882	4.6954	4.7713	4.72	4.75
10%	3	3.6133	.03055	.01764	3.5374	3.6892	3.58	3.64
Total	9	4.5567	.75258	.25086	3.9782	5.1352	3.58	5.36
D4 2%	3	6.3700	.02000	.01155	6.3203	6.4197	6.35	6.39
5%	3	5.4400	.03606	.02082	5.3504	5.5296	5.40	5.47
10%	3	4.5300	.02000	.01155	4.4803	4.5797	4.51	4.55
Total	9	5.4467	.79709	.26570	4.8340	6.0594	4.51	6.39
D5 2%	3	6.7133	.03512	.02028	6.6261	6.8006	6.68	6.75
5%	3	6.2467	.03055	.01764	6.1708	6.3226	6.22	6.28
10%	3	5.6167	.03512	.02028	5.5294	5.7039	5.58	5.65
Total	9	6.1922	.47751	.15917	5.8252	6.5593	5.58	6.75
D6 2%	3	7.0333	.02517	.01453	6.9708	7.0958	7.01	7.06
5%	3	6.6133	.02517	.01453	6.5508	6.6758	6.59	6.64
10%	3	6.4600	.02646	.01528	6.3943	6.5257	6.44	6.49
Total	9	6.7022	.25801	.08600	6.5039	6.9005	6.44	7.06

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
D7 2%	3	7.4833	.04041	.02333	7.3829	7.5837	7.44	7.52
5%	3	7.5600	.03606	.02082	7.4704	7.6496	7.53	7.60
10%	3	7.9333	.03512	.02028	7.8461	8.0206	7.90	7.97
Total	9	7.6589	.21098	.07033	7.4967	7.8211	7.44	7.97
D8 2%	3	8.2633	.04726	.02728	8.1459	8.3807	8.21	8.30
5%	3	8.1400	.02000	.01155	8.0903	8.1897	8.12	8.16
10%	3	8.1667	.03055	.01764	8.0908	8.2426	8.14	8.20
Total	9	8.1900	.06364	.02121	8.1411	8.2389	8.12	8.30
D9 2%	3	8.5933	.03512	.02028	8.5061	8.6806	8.56	8.63
5%	3	8.3733	.02517	.01453	8.3108	8.4358	8.35	8.40
10%	3	8.4100	.03606	.02082	8.3204	8.4996	8.37	8.44
Total	9	8.4589	.10588	.03529	8.3775	8.5403	8.35	8.63

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Alcohol50-2	Between Groups	175.411	9	19.490	2.052	.000
	Within Groups	.019	20	.001		
	Total	175.430	29			
Alcohol50-5	Between Groups	170.095	9	18.899	2.444	.000
	Within Groups	.015	20	.001		
	Total	170.110	29			
Alcohol50-10	Between Groups	187.841	9	20.871	1.815	.000
	Within Groups	.023	20	.001		
	Total	187.864	29			

*หมายเหตุ

-Alcohol50-2 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร

-Alcohol50-5 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร

-Alcohol50-10 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร

ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร (เติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 50)

Day	N	Subset for alpha = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
D1	3	1.5667								
D0	3	1.5933								
D2	3		3.9667							
D3	3			5.3233						
D4	3				6.3700					
D5	3					6.7133				
D6	3						7.0333			
D7	3							7.48333		
D8	3								8.2633	
D9	3									8.5933
Sig.		.302	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 0

-D1 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 1

-D2 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 2

-D3 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 3

-D4 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 4

-D5 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 5

-D6 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 6

-D7 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 7

-D8 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 8

-D9 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 9

ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร (เติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 50)

Day	N	Subset for alpha = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
D1	3	1.5733								
D0	3	1.6067								
D2	3		3.3933							
D3	3			4.7333						
D4	3				5.4400					
D5	3					6.2467				
D6	3						6.6133			
D7	3							7.5600		
D8	3								8.1400	
D9	3									8.3733
Sig.		.158	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 0

-D1 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 1

-D2 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 2

-D3 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 3

-D4 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 4

-D5 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 5

-D6 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 6

-D7 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 7

-D8 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 8

-D9 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 9

ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร (เติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 80)

Day	N	Subset for alpha = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
D1	3	1.5633								
D0	3	1.5700								
D2	3		2.9533							
D3	3			3.6133						
D4	3				4.5300					
D5	3					5.6167				
D6	3						6.4600			
D7	3							7.9333		
D8	3								8.1667	
D9	3									8.4100
Sig.		.812	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 0

-D1 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 1

-D2 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 2

-D3 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 3

-D4 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 4

-D5 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 5

-D6 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 6

-D7 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 7

-D8 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 8

-D9 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 9

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 0 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Alcohol50-10	3	1.5633
Alcohol50-2	3	1.5667
Alcohol50-5	3	1.5733
Sig.		.654

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 1 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Alcohol50-10	3	1.5700
Alcohol50-2	3	1.5933
Alcohol50-5	3	1.6067
Sig.		.230

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 2 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol50-10	3	2.9533		
Alcohol50-5	3		3.3933	
Alcohol50-2	3			3.9667
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 3 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol50-10	3	3.6133		
Alcohol50-5	3		4.7333	
Alcohol50-2	3			5.3233
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 4 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol50-10	3	4.5300		
Alcohol50-5	3		5.4400	
Alcohol50-2	3			6.3700
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 5 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol50-10	3	5.6167		
Alcohol50-5	3		6.2467	
Alcohol50-2	3			6.7133
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 6 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol50-10	3	6.4600		
Alcohol50-5	3		6.6133	
Alcohol50-2	3			7.0333
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 7 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol50-2	3	7.4833		
Alcohol50-5	3		7.5600	
Alcohol50-10	3			7.9333
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 8 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Alcohol50-5	3	8.1400	
Alcohol50-10	3	8.1667	
Alcohol50-2	3		8.2633
Sig.		.380	.353

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ วันที่ 9 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Alcohol50-5	3	8.3733	
Alcohol50-10	3	8.4100	
Alcohol50-2	3		8.5933
Sig.		.216	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-Alcohol50-2 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ได้จากการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร

-Alcohol50-5 แทนปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ที่ได้จากการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร

-Alcohol50-10 แทนปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ที่ได้จากการหมัก เมื่อเติมน้ำกล้วยน้ำว้าหมัก 1 ปี ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร

2. การศึกษาปริมาณเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ที่เหมาะสมต่อการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่

ตารางที่ ง-4 ปริมาณแอลกอฮอล์ระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพร ที่เติมเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 9 วัน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
D0 2%	3	5.2633	.03786	.02186	5.1693	5.3574	5.22	5.29
5%	3	5.2567	.03055	.01764	5.1808	5.3326	5.23	5.29
10%	3	5.2600	.01000	.00577	5.2352	5.2848	5.25	5.27
Total	9	5.2600	.02500	.00833	5.2408	5.2792	5.22	5.29
D1 2%	3	5.0667	.04163	.02404	4.9632	5.1701	5.02	5.10
5%	3	5.0233	.03512	.02028	4.9361	5.1106	4.99	5.06
10%	3	5.0533	.02517	.01453	4.9908	5.1158	5.03	5.08
Total	9	5.0478	.03563	.01188	5.0204	5.0752	4.99	5.10
D2 2%	3	4.4667	.03055	.01764	4.3908	4.5426	4.44	4.50
5%	3	4.4100	.01732	.01000	4.3670	4.4530	4.40	4.43
10%	3	4.5567	.03055	.01764	4.4808	4.6326	4.53	4.59
Total	9	4.4778	.06815	.02272	4.4254	4.5302	4.40	4.59

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
D3 2%	3	4.1733	.02517	.01453	4.1108	4.2358	4.15	4.20
5%	3	4.1833	.03055	.01764	4.1074	4.2592	4.15	4.21
10%	3	4.3433	.03786	.02186	4.2493	4.4374	4.30	4.37
Total	9	4.2333	.08703	.02901	4.1664	4.3002	4.15	4.37
D4 2%	3	3.3700	.02646	.01528	3.3043	3.4357	3.35	3.40
5%	3	3.6300	.02646	.01528	3.5643	3.6957	3.60	3.65
10%	3	3.7333	.01528	.00882	3.6954	3.7713	3.72	3.75
Total	9	3.5778	.16338	.05446	3.4522	3.7034	3.35	3.75
D5 2%	3	2.6733	.05686	.03283	2.5321	2.8146	2.61	2.72
5%	3	3.0100	.03606	.02082	2.9204	3.0996	2.97	3.04
10%	3	3.1167	.02082	.01202	3.0650	3.1684	3.10	3.14
Total	9	2.9333	.20347	.06782	2.7769	3.0897	2.61	3.14
D6 2%	3	1.9700	.03606	.02082	1.8804	2.0596	1.94	2.01
5%	3	2.3333	.02517	.01453	2.2708	2.3958	2.31	2.36
10%	3	2.6000	.02000	.01155	2.5503	2.6497	2.58	2.62
Total	9	2.3011	.27493	.09164	2.0898	2.5124	1.94	2.62

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
D7 2%	3	1.2633	.03215	.01856	1.1835	1.3432	1.24	1.30
5%	3	1.4733	.03215	.01856	1.3935	1.5532	1.45	1.51
10%	3	1.9433	.03055	.01764	1.8674	2.0192	1.91	1.97
Total	9	1.5600	.30278	.10093	1.3273	1.7927	1.24	1.97
D8 2%	3	.7067	.00577	.00333	.6923	.7210	.70	.71
5%	3	.8633	.00577	.00333	.8490	.8777	.86	.87
10%	3	1.2867	.02517	.01453	1.2242	1.3492	1.26	1.31
Total	9	.9522	.26018	.08673	.7522	1.1522	.70	1.31
D9 2%	3	.2000	.02646	.01528	.1343	.2657	.17	.22
5%	3	.4167	.01528	.00882	.3787	.4546	.40	.43
10%	3	.5000	.03000	.01732	.4255	.5745	.47	.53
Total	9	.3722	.13581	.04527	.2678	.4766	.17	.53

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Alcohol-2	Between Groups	90.809	9	10.090	8.599	.000
	Within Groups	.023	20	.001		
	Total	90.833	29			
Alcohol-5	Between Groups	80.850	9	8.983	1.225	.000
	Within Groups	.015	20	.001		
	Total	80.864	29			
Alcohol-10	Between Groups	71.977	9	7.997	1.206	.000
	Within Groups	.013	20	.001		
	Total	71.990	29			

*หมายเหตุ

-Alcohol-2 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร

- Alcohol-5 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร

- Alcohol-10 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร

ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร

Day	N	Subset for alpha = 0.05									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D0	3	.2000									
D1	3		.7067								
D2	3			1.2633							
D3	3				1.9700						
D4	3					2.6733					
D5	3						3.3700				
D6	3							4.1733			
D7	3								4.4667		
D8	3									5.0667	
D9	3										5.2633
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 0

-D1 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 1

-D2 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 2

-D3 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 3

-D4 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 4

-D5 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 5

-D6 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 6

-D7 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 7

-D8 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 8

-D9 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 9

ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354

ร้อยละ 5 โดยปริมาตร

Day	N	Subset for alpha = 0.05									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D0	3	.4167									
D1	3		.8633								
D2	3			1.4733							
D3	3				2.3333						
D4	3					3.0100					
D5	3						3.6300				
D6	3							4.1833			
D7	3								4.4100		
D8	3									5.0233	
D9	3										5.2567
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 0

-D1 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 1

-D2 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 2

-D3 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 3

-D4 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 4

-D5 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 5

-D6 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 6

-D7 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 7

-D8 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 8

-D9 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 9

ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354

ร้อยละ 10 โดยปริมาตร

Day	N	Subset for alpha = 0.05									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D0	3	.5000									
D1	3		1.2867								
D2	3			1.9433							
D3	3				2.6000						
D4	3					3.1167					
D5	3						3.7333				
D6	3							4.3433			
D7	3								4.5567		
D8	3									5.0533	
D9	3										5.2600
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 0

-D1 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 1

-D2 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 2

-D3 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 3

-D4 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 4

-D5 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 5

-D6 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 6

-D7 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 7

-D8 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 8

-D9 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 9

ปริมาณแอลกอฮอล์วันที่ 0 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Alcohol-5	3	5.2567
Alcohol-10	3	5.2600
Alcohol-2	3	5.2633
Sig.		.792

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์วันที่ 1 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Alcohol-5	3	5.0233
Alcohol-10	3	5.0533
Alcohol-2	3	5.0667
Sig.		.189

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์วันที่ 2 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol-5	3	4.4100		
Alcohol-2	3		4.4667	
Alcohol-10	3			4.5567
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์วันที่ 3 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Alcohol-2	3	4.1733	
Alcohol-5	3	4.1833	
Alcohol-10	3		4.3433
Sig.		.712	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์วันที่ 4 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol-2	3	3.3700		
Alcohol-5	3		3.6300	
Alcohol-10	3			3.7333
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์วันที่ 5 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol-2	3	2.6733		
Alcohol-5	3		3.0100	
Alcohol-10	3			3.1167
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์วันที่ 6 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol-2	3	1.9700		
Alcohol-5	3		2.3333	
Alcohol-10	3			2.6000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์วันที่ 7 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol-2	3	1.2633		
Alcohol-5	3		1.4733	
Alcohol-10	3			1.9433
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์วันที่ 8 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol-2	3	.7067		
Alcohol-5	3		.8633	
Alcohol-10	3			1.2867
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์วันที่ 9 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Alcohol-2	3	.2000		
Alcohol-5	3		.4167	
Alcohol-10	3			.5000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-Alcohol-2 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร

- Alcohol-5 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร

- Alcohol-10 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร

2. การศึกษาปริมาณเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ที่เหมาะสมต่อการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ (ต่อ)

ตารางที่ ง-5 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ระหว่างกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรที่เติมเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 5 และ 10 โดยปริมาตร หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 9 วัน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
D0 2%	3	.8500	.01000	.00577	.8252	.8748	.84	.86
5%	3	.8533	.02517	.01453	.7908	.9158	.83	.88
10%	3	.8533	.00577	.00333	.8390	.8677	.85	.86
Total	9	.8522	.01394	.00465	.8415	.8629	.83	.88
D1 2%	3	1.1533	.01528	.00882	1.1154	1.1913	1.14	1.17
5%	3	1.1400	.01000	.00577	1.1152	1.1648	1.13	1.15
10%	3	1.1433	.00577	.00333	1.1290	1.1577	1.14	1.15
Total	9	1.1456	.01130	.00377	1.1369	1.1542	1.13	1.17
D2 2%	3	1.2833	.00577	.00333	1.2690	1.2977	1.28	1.29
5%	3	1.2867	.00577	.00333	1.2723	1.3010	1.28	1.29
10%	3	1.2733	.02517	.01453	1.2108	1.3358	1.25	1.30
Total	9	1.2811	.01453	.00484	1.2699	1.2923	1.25	1.30

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
D3 2%	3	1.3300	.02646	.01528	1.2643	1.3957	1.31	1.36
5%	3	1.3233	.01528	.00882	1.2854	1.3613	1.31	1.34
10%	3	1.3100	.01000	.00577	1.2852	1.3348	1.30	1.32
Total	9	1.3211	.01833	.00611	1.3070	1.3352	1.30	1.36
D4 2%	3	1.7600	.01732	.01000	1.7170	1.8030	1.75	1.78
5%	3	1.7367	.01528	.00882	1.6987	1.7746	1.72	1.75
10%	3	1.7667	.02082	.01202	1.7150	1.8184	1.75	1.79
Total	9	1.7544	.02068	.00689	1.7385	1.7703	1.72	1.79
D5 2%	3	2.2100	.00000	.00000	2.2100	2.2100	2.21	2.21
5%	3	2.2533	.00577	.00333	2.2390	2.2677	2.25	2.26
10%	3	2.2233	.00577	.00333	2.2090	2.2377	2.22	2.23
Total	9	2.2289	.01965	.00655	2.2138	2.2440	2.21	2.26
D6 2%	3	2.6833	.01528	.00882	2.6454	2.7213	2.67	2.70
5%	3	2.6433	.02082	.01202	2.5916	2.6950	2.62	2.66
10%	3	2.6700	.01000	.00577	2.6452	2.6948	2.66	2.68
Total	9	2.6656	.02242	.00747	2.6483	2.6828	2.62	2.70

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
D7	2%	3	3.0733	.00577	.00333	3.0590	3.0877	3.07	3.08
	5%	3	3.0833	.00577	.00333	3.0690	3.0977	3.08	3.09
	10%	3	3.0500	.00000	.00000	3.0500	3.0500	3.05	3.05
	Total	9	3.0689	.01537	.00512	3.0571	3.0807	3.05	3.09
D8	2%	3	3.2333	.00577	.00333	3.2190	3.2477	3.23	3.24
	5%	3	3.1500	.03000	.01732	3.0755	3.2245	3.12	3.18
	10%	3	3.2033	.00577	.00333	3.1890	3.2177	3.20	3.21
	Total	9	3.1956	.03972	.01324	3.1650	3.2261	3.12	3.24
D9	2%	3	3.5700	.01000	.00577	3.5452	3.5948	3.56	3.58
	5%	3	3.5400	.03606	.02082	3.4504	3.6296	3.50	3.57
	10%	3	3.5433	.01528	.00882	3.5054	3.5813	3.53	3.56
	Total	9	3.5511	.02472	.00824	3.5321	3.5701	3.50	3.58

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Acid-2	Between Groups	25.731	9	2.859	1.618	.000
	Within Groups	.004	20	.000		
	Total	25.735	29			
Acid-5	Between Groups	25.003	9	2.778	7.063	.000
	Within Groups	.008	20	.000		
	Total	25.011	29			
Acid-10	Between Groups	25.915	9	2.879	240.024	.000
	Within Groups	.240	20	.012		
	Total	26.155	29			

*หมายเหตุ

-Acid-2 แทนปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร

- Acid-5 แทนปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร

- Acid-10 แทนปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร

Day	N	Subset for alpha = 0.05									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D0	3	.8500									
D1	3		1.1533								
D2	3			1.2833							
D3	3				1.3300						
D4	3					1.7600					
D5	3						2.2100				
D6	3							2.6833			
D7	3								3.0733		
D8	3									3.2333	
D9	3										3.5700
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 0

-D1 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 1

-D2 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 2

-D3 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 3

-D4 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 4

-D5 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 5

-D6 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 6

-D7 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 7

-D8 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 8

-D9 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 9

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร

Day	N	Subset for alpha = 0.05									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D0	3	.8533									
D1	3		1.1400								
D2	3			1.2867							
D3	3				1.3233						
D4	3					1.7367					
D5	3						2.2533				
D6	3							2.6433			
D7	3								3.0833		
D8	3									3.1500	
D9	3										3.5400
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 0

-D1 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 1

-D2 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 2

-D3 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 3

-D4 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 4

-D5 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 5

-D6 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 6

-D7 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 7

-D8 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 8

-D9 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 9

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร

Day	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
D0	3	.8533						
D1	3		1.1433					
D2	3		1.2733					
D3	3		1.3100					
D4	3			1.7667				
D5	3				2.3767			
D6	3					2.7933		
D7	3						3.0500	
D8	3						3.2033	
D9	3							3.5433
Sig.		1.000	.092	1.000	1.000	1.000	.102	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 0

-D1 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 1

-D2 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 2

-D3 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 3

-D4 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 4

-D5 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 5

-D6 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 6

-D7 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 7

-D8 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 8

-D9 แทนระยะเวลาการหมักวันที่ 9

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) วันที่ 0 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Acid-2	3	.8500
Acid-5	3	.8533
Acid-10	3	.8533
Sig.		.813

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) วันที่ 1 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Acid-5	3	1.1400
Acid-10	3	1.1433
Acid-2	3	1.1533
Sig.		.203

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) วันที่ 2 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Acid-10	3	1.2733
Acid-2	3	1.2833
Acid-5	3	1.2867
Sig.		.341

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) วันที่ 3 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Acid-10	3	1.3100
Acid-5	3	1.3233
Acid-2	3	1.3300
Sig.		.249

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) วันที่ 4 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Acid-5	3	1.7367
Acid-2	3	1.7600
Acid-10	3	1.7667
Sig.		.095

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) วันที่ 5 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Acid-2	3	2.2100		
Acid-10	3		2.2233	
Acid-5	3			2.2533
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) วันที่ 6 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Acid-5	3	2.6433	
Acid-10	3	2.6700	2.6700
Acid-2	3		2.6833
Sig.		.087	.346

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) วันที่ 7 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Acid-10	3	3.0500		
Acid-2	3		3.0733	
Acid-5	3			3.0833
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) วันที่ 8 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Acid-5	3	3.1500	
Acid-10	3		3.2033
Acid-2	3		3.2333
Sig.		1.000	.087

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) วันที่ 9 ของการหมัก

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Acid-5	3	3.5400
Acid-10	3	3.5433
Acid-2	3	3.5700
Sig.		.179

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-Acid-2 แทนปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 2 โดยปริมาตร

- Acid-5 แทนปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 5 โดยปริมาตร

- Acid-10 แทนปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. aceti* TISTR 354 ร้อยละ 10 โดยปริมาตร

3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ ง-6 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
DH1 D0	3	1.2567	.02082	.01202	1.2050	1.3084	1.24	1.28
D7	3	1.2633	.01528	.00882	1.2254	1.3013	1.25	1.28
D14	3	1.2800	.01732	.01000	1.2370	1.3230	1.27	1.30
Total	9	1.2667	.01871	.00624	1.2523	1.2810	1.24	1.30
DH2 D0	3	1.7433	.00577	.00333	1.7290	1.7577	1.74	1.75
D7	3	1.7600	.03606	.02082	1.6704	1.8496	1.73	1.80
D14	3	1.7567	.00577	.00333	1.7423	1.7710	1.75	1.76
Total	9	1.7533	.02000	.00667	1.7380	1.7687	1.73	1.80
DH3 D0	3	2.3900	.01000	.00577	2.3652	2.4148	2.38	2.40
D7	3	2.3867	.01528	.00882	2.3487	2.4246	2.37	2.40
D14	3	2.3767	.02082	.01202	2.3250	2.4284	2.36	2.40
Total	9	2.3844	.01509	.00503	2.3728	2.3960	2.36	2.40

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
DH4 D0	3	2.1800	.02646	.01528	2.1143	2.2457	2.15	2.20
D7	3	2.2733	.02309	.01333	2.2160	2.3307	2.26	2.30
D14	3	2.3400	.02000	.01155	2.2903	2.3897	2.32	2.36
Total	9	2.2644	.07248	.02416	2.2087	2.3202	2.15	2.36

*หมายเหตุ

- DH1 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH2 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH3 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH4 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Acid-DH1	Between Groups	.001	2	.000	1.345	.329
	Within Groups	.002	6	.000		
	Total	.003	8			
Acid-DH2	Between Groups	.000	2	.000	.512	.623
	Within Groups	.003	6	.000		
	Total	.003	8			
Acid-DH3	Between Groups	.000	2	.000	.565	.596
	Within Group	.002	6	.000		
	Total	.002	8			
Acid-DH4	Between Groups	.039	2	.019	35.592	.000
	Within Groups	.003	6	.001		
	Total	.042	8			

*หมายเหตุ

- Acid-DH1 แทนปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- Acid-DH2 แทนปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- Acid-DH3 แทนปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- Acid-DH4 แทนปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ของเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ของเครื่องดื่มสมุนไพร 1 (DH1)

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
D0	3	1.2567
D7	3	1.2633
D14	3	1.2800
Sig.		.175

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ของเครื่องดื่มสมุนไพร 2 (DH2)

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
D0	3	1.7433
D14	3	1.7567
D7	3	1.7600
Sig.		.390

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ของเครื่องดื่มสมุนไพร 3 (DH3)

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
D14	3	2.3767
D7	3	2.3867
D0	3	2.3900
Sig.		.361

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) ของเครื่องดื่มสมุนไพร 4 (DH4)

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
D0	3	2.1800		
D7	3		2.2733	
D14	3			2.3400
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 0

-D0 แทนระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 7

-D0 แทนระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 14

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) วันที่ 0 ของการเก็บรักษา

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
DH1	3	1.2567			
DH2	3		1.7433		
DH4	3			2.1800	
DH3	3				2.3900
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) วันที่ 7 ของการเก็บรักษา

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
DH1	3	1.2633			
DH2	3		1.7600		
DH4	3			2.2733	
DH3	3				2.3867
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก) วันที่ 14 ของการเก็บรักษา

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
DH1	3	1.2800		
DH2	3		1.7400	
DH4	3			2.3400
DH3	3			2.3767
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

- DH1 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH2 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH3 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH4 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า

3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องอื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ระหว่างการเก็บรักษา (ต่อ)

ตารางที่ ง-7 ปริมาณแอลกอฮอล์ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
DH1 D0	3	.1300	.02000	.01155	.0803	.1797	.11	.15
D7	3	.1367	.01528	.00882	.0987	.1746	.12	.15
D14	3	.1333	.01528	.00882	.0954	.1713	.12	.15
Total	9	.1333	.01500	.00500	.1218	.1449	.11	.15
DH2 D0	3	.4333	.01528	.00882	.3954	.4713	.42	.45
D7	3	.4433	.02082	.01202	.3916	.4950	.42	.46
D14	3	.4033	.00577	.00333	.3890	.4177	.40	.41
Total	9	.4267	.02236	.00745	.4095	.4439	.40	.46

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
DH3 D0	3	1.1633	.01528	.00882	1.1254	1.2013	1.15	1.18
D7	3	1.1333	.02517	.01453	1.0708	1.1958	1.11	1.16
D14	3	1.1467	.00577	.00333	1.1323	1.1610	1.14	1.15
Total	9	1.1478	.01986	.00662	1.1325	1.1630	1.11	1.18
DH4 D0	3	.8667	.01528	.00882	.8287	.9046	.85	.88
D7	3	.8300	.01000	.00577	.8052	.8548	.82	.84
D14	3	.7300	.02646	.01528	.6643	.7957	.70	.75
Total	9	.8089	.06333	.02111	.7602	.8576	.70	.88

*หมายเหตุ

- DH1 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH2 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH3 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH4 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Alcohol-DH1	Between Groups	.000	2	.000	.115	.839
	Within Groups	.002	6	.000		
	Total	.002	8			
Alcohol-DH2	Between Groups	.003	2	.001	5.571	.043
	Within Groups	.001	6	.000		
	Total	.004	8			
Alcohol-DH3	Between Groups	.001	2	.001	2.259	.186
	Within Group	.002	6	.000		
	Total	.003	8			
Alcohol-DH4	Between Groups	.030	2	.015	43.581	.000
	Within Groups	.002	6	.000		
	Total	.032	8			

*หมายเหตุ

- Alcohol-DH1 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- Alcohol-DH2 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- Alcohol-DH3 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- Alcohol-DH4 แทนปริมาณแอลกอฮอล์ของเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า

ปริมาณแอลกอฮอล์ของเครื่องดื่มสมุนไพร 1 (DH1)

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
D0	3	.1300
D14	3	.1333
D7	3	.1367
Sig.		.658

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ของเครื่องดื่มสมุนไพร 2 (DH2)

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
D14	3	.4033	
D0	3	.4333	.4333
D7	3		.4433
Sig.		.053	.453

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ของเครื่องดื่มสมุนไพร 3 (DH3)

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
D7	3	1.1333
D14	3	1.1467
D0	3	1.1633
Sig.		.086

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์ของเครื่องดื่มสมุนไพร 4 (DH4)

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
D14	3	.7300	
D7	3		.8300
D0	3		.8667
Sig.		1.000	.052

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 0

-D0 แทนระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 7

-D0 แทนระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 14

ปริมาณแอลกอฮอล์วันที่ 0 ของการเก็บรักษา

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
DH1	3	.1300			
DH2	3		.4433		
DH4	3			.8667	
DH3	3				1.1633
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์วันที่ 7 ของการเก็บรักษา

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
DH1	3	.1367			
DH2	3		.4433		
DH4	3			.8300	
DH3	3				1.1333
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณแอลกอฮอล์วันที่ 14 ของการเก็บรักษา

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
DH1	3	.1333			
DH2	3		.4033		
DH4	3			.7300	
DH3	3				1.1467
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

- DH1 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH2 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH3 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH4 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า

3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ระหว่างการเก็บรักษา (ต่อ)

ตารางที่ ง-8 ค่าการดักจับอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
DH1 D0	9	85.1000	1.18475	.39492	84.1893	86.0107	83.18	87.23
D7	9	85.8800	.76369	.25456	85.2930	86.4670	85.26	87.54
D14	9	84.9811	.99365	.33122	84.2173	85.7449	83.31	86.24
Total	27	85.3204	1.03932	.20002	84.9092	85.7315	83.18	87.54
DH2 D0	9	85.3544	.98481	.32827	84.5975	86.1114	84.02	86.79
D7	9	81.4033	1.03559	.34520	80.6073	82.1994	79.86	83.74
D14	9	86.0322	.61267	.20422	85.5613	86.5032	85.06	86.91
Total	27	84.2633	2.25178	.43336	83.3726	85.1541	79.86	86.91

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
DH3 D0	9	70.5133	.76151	.25384	69.9280	71.0987	69.18	71.56
D7	9	69.9633	.75868	.25289	69.3802	70.5465	69.03	70.99
D14	9	69.9178	.48303	.16101	69.5465	70.2891	69.30	70.77
Total	27	70.1315	.70951	.13654	69.8508	70.4122	69.03	71.56
DH4 D0	9	69.1144	.58701	.19567	68.6632	69.5657	68.11	69.87
D7	9	70.1300	.94226	.31409	69.4057	70.8543	68.20	71.36
D14	9	70.7467	.96794	.32265	70.0026	71.4907	68.56	71.72
Total	27	69.9970	1.06666	.20528	69.5751	70.4190	68.11	71.72

*หมายเหตุ

- DH1 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH2 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH3 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH4 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DPPH-DH1	Between Groups	4.292	2	2.146	2.164	.137
	Within Groups	23.793	24	.991		
	Total	28.085	26			
DPPH-DH2	Between Groups	112.492	2	56.246	69.793	.000
	Within Groups	19.341	24	.806		
	Total	131.833	26			
DPPH-DH3	Between Groups	1.978	2	.989	2.136	.140
	Within Group	11.111	24	.463		
	Total	13.088	26			
DPPH-DH4	Between Groups	12.227	2	6.114	8.455	.002
	Within Groups	17.355	24	.723		
	Total	29.582	26			

*หมายเหตุ

- DPPH-DH1 แทนค่าการดักจับอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DPPH-DH2 แทนค่าการดักจับอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DPPH-DH3 แทนค่าการดักจับอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อจากธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DPPH-DH4 แทนค่าการดักจับอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า

ค่าการดักจับอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มสมุนไพร 1 (DH1)

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
D14	9	84.9811
D0	9	85.1000
D7	9	85.8800
Sig.		.081

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ค่าการดักจับอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มสมุนไพร 2 (DH2)

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
D7	9	81.4033	
D0	9		85.3544
D14	9		86.0322
Sig.		1.000	.122

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ค่าการดักจับอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มสมุนไพร 3 (DH3)

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
D14	9	69.9178
D7	9	69.9633
D0	9	70.5133
Sig.		.091

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ค่าการดักจับอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มสมุนไพร 4 (DH4)

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
D0	9	69.1144	
D7	9		70.1300
D14	9		70.7467
Sig.		1.000	.137

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 0

-D0 แทนระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 7

-D0 แทนระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 14

ค่าการดักจับอนุมูลอิสระวันที่ 0 ของการเก็บรักษา

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
DH4	9	69.1589		
DH3	9		70.5133	
DH1	9			85.1000
DH2	9			85.3544
Sig.		1.000	1.000	.558

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ค่าการดักจับอนุมูลอิสระวันที่ 7 ของการเก็บรักษา

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
DH3	9	69.9633		
DH4	9	70.1411		
DH2	9		81.4033	
DH1	9			85.8800
Sig.		.673	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ค่าการดักจับอนุมูลอิสระวันที่ 14 ของการเก็บรักษา

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
DH3	9	69.9178			
DH4	9		70.7467		
DH1	9			84.9811	
DH2	9				86.0322
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

- DH1 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH2 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH3 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH4 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า

3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ระหว่างการเก็บรักษา (ต่อ)

ตารางที่ ง-9 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
DH1 D0	9	7.0472	1.86509	.62170	703.2853	706.1525	701.94	706.94
D7	9	7.0506	1.83061	.61020	703.6540	706.4682	701.94	707.50
D14	9	7.0432	1.70810	.56937	703.0093	705.6352	701.11	706.67
Total	27	7.0470	1.75893	.33851	704.0049	705.3966	701.11	707.50
DH2 D0	9	7.0488	1.84197	.61399	703.4608	706.2925	701.39	708.33
D7	9	7.0447	1.64735	.54912	703.2037	705.7363	701.67	706.33
D14	9	7.0895	1.56933	.52311	707.7448	710.1574	706.94	711.39
Total	27	7.0610	2.62456	.50510	705.0610	707.1375	701.39	711.39

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
DH3 D0	9	4.0148	1.94133	.64711	399.9889	402.9733	398.33	404.17
D7	9	4.0059	1.49224	.49741	399.4396	401.7337	398.33	402.22
D14	9	4.0000	1.98931	.66310	398.4698	401.5280	398.33	403.89
Total	27	4.0069	1.85690	.35736	399.9543	401.4235	398.33	404.17
DH4 D0	9	3.9994	1.77184	.59061	398.5747	401.2986	397.22	401.94
D7	9	4.0136	1.58606	.52869	400.1397	402.5780	398.89	403.89
D14	9	4.0185	1.58411	.52804	400.6346	403.0699	399.72	403.89
Total	27	4.0105	1.78801	.34410	400.3419	401.7566	397.22	403.89

*หมายเหตุ

- DH1 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH2 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH3 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH4 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Phenolic-DH1	Between Groups	2.461	2	1.231	.379	.689
	Within Groups	77.979	24	3.249		
	Total	80.440	26			
Phenolic-DH2	Between Groups	110.540	2	55.270	19.349	.000
	Within Groups	68.555	24	2.856		
	Total	179.096	26			
Phenolic-DH3	Between Groups	10.027	2	5.014	1.511	.241
	Within Groups	79.623	24	3.318		
	Total	89.650	26			
Phenolic-DH4	Between Groups	17.806	2	8.903	3.271	.055
	Within Groups	65.315	24	2.721		
	Total	83.122	26			

*หมายเหตุ

- Phenolic-DH1 แทนปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- Phenolic-DH2 แทนปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- Phenolic-DH3 แทนปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- Phenolic-DH4 แทนปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเครื่องดื่มสมุนไพร 1 (DH1)

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
D14	9	704.3222
D0	9	704.7189
D7	9	705.0611
Sig.		.421

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเครื่องดื่มสมุนไพร 2 (DH2)

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
D7	9	704.4700	
D0	9	704.8767	
D14	9		708.9511
Sig.		.614	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเครื่องดื่มสมุนไพร 3 (DH3)

Sample	N	Subset for alpha = 0.05
		1
D14	9	399.9989
D7	9	400.5867
D0	9	401.4811
Sig.		.115

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเครื่องดื่มสมุนไพร 4 (DH4)

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
D0	9	399.9367	
D7	9	401.3589	401.3589
D14	9		401.8522
Sig.		.080	.532

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

-D0 แทนระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 0

-D0 แทนระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 7

-D0 แทนระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 14

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกวันที่ 0 ของการเก็บรักษา

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
DH4	3	399.9367	
DH3	3	401.4811	
DH1	3		704.7222
DH2	3		704.9400
Sig.		.088	.806

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกวันที่ 7 ของการเก็บรักษา

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
DH3	3	400.9200	
DH4	3	401.3589	
DH2	3		704.5567
DH1	3		705.0611
Sig.		.603	.550

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกวันที่ 14 ของการเก็บรักษา

Sample	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
DH3	9	4.0000E2			
DH4	9		4.0185E2		
DH1	9			7.0432E2	
DH2	9				7.0895E2
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

- DH1 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH2 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH3 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH4 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า

3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ระหว่างการเก็บรักษา (ต่อ)

ตารางที่ ง-10 ปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
A	DH1	100	6.3900	1.63234	.16323	6.0661	6.7139	1.00	9.00
	DH2	100	6.1500	1.45904	.14590	5.8605	6.4395	1.00	9.00
	DH3	100	7.2500	1.46594	.14659	6.9591	7.5409	2.00	9.00
	DH4	100	7.4400	1.34330	.13433	7.1735	7.7065	2.00	9.00
	Total	400	6.8075	1.57214	.07861	6.6530	6.9620	1.00	9.00
B	DH1	100	6.6000	1.66363	.16636	6.2699	6.9301	1.00	9.00
	DH2	100	6.3000	1.53412	.15341	5.9956	6.6044	1.00	9.00
	DH3	100	7.1600	1.56166	.15617	6.8501	7.4699	2.00	9.00
	DH4	100	7.5600	1.33576	.13358	7.2950	7.8250	2.00	9.00
	Total	400	6.9050	1.59918	.07996	6.7478	7.0622	1.00	9.00

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
C	DH1	100	6.2100	2.16629	.21663	5.7802	6.6398	1.00	9.00
	DH2	100	5.6900	1.84059	.18406	5.3248	6.0552	1.00	9.00
	DH3	100	5.7400	1.88894	.18889	5.3652	6.1148	1.00	9.00
	DH4	100	6.7200	1.99028	.19903	6.3251	7.1149	1.00	9.00
	Total	400	6.0900	2.01172	.10059	5.8923	6.2877	1.00	9.00
D	DH1	100	6.6400	1.76108	.17611	6.2906	6.9894	1.00	9.00
	DH2	100	5.7500	1.98161	.19816	5.3568	6.1432	1.00	9.00
	DH3	100	5.0700	2.01637	.20164	4.6699	5.4701	1.00	8.00
	DH4	100	5.2100	2.23514	.22351	4.7665	5.6535	1.00	9.00
	Total	400	5.6675	2.09114	.10456	5.4619	5.8731	1.00	9.00
E	DH1	100	6.5300	1.96152	.19615	6.1408	6.9192	2.00	9.00
	DH2	100	5.7500	1.97650	.19765	5.3578	6.1422	1.00	9.00
	DH3	100	5.1600	1.87336	.18734	4.7883	5.5317	1.00	8.00
	DH4	100	5.1600	1.99352	.19935	4.7644	5.5556	1.00	9.00
	Total	400	5.6500	2.02429	.10121	5.4510	5.8490	1.00	9.00

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
F	DH1	100	6.6300	2.08242	.20824	6.2168	7.0432	1.00	9.00
	DH2	100	6.0000	2.01008	.20101	5.6012	6.3988	1.00	9.00
	DH3	100	5.4500	2.09557	.20956	5.0342	5.8658	1.00	9.00
	DH4	100	5.5500	2.04680	.20468	5.1439	5.9561	1.00	9.00
	Total	400	5.9075	2.10357	.10518	5.7007	6.1143	1.00	9.00
G	DH1	100	6.9300	1.89233	.18923	6.5545	7.3055	1.00	9.00
	DH2	100	6.1700	1.93352	.19335	5.7863	6.5537	1.00	9.00
	DH3	100	5.6900	1.86241	.18624	5.3205	6.0595	1.00	9.00
	DH4	100	5.7900	2.21699	.22170	5.3501	6.2299	1.00	9.00
	Total	400	6.1450	2.03330	.10167	5.9451	6.3449	1.00	9.00

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
A Between Groups	120.248	3	40.083	18.330	.000
Within Groups	865.930	396	2.187		
Total	986.178	399			
B Between Groups	95.310	3	31.770	13.600	.000
Within Groups	925.080	396	2.336		
Total	1020.390	399			
C Between Groups	69.380	3	23.127	5.926	.001
Within Groups	1545.380	396	3.902		
Total	1614.760	399			
D Between Groups	151.887	3	50.629	12.587	.000
Within Groups	1592.890	396	4.022		
Total	1744.777	399			
E Between Groups	126.460	3	42.153	11.065	.000
Within Groups	1508.540	396	3.809		
Total	1635.000	399			
F Between Groups	86.767	3	28.922	6.822	.000
Within Groups	1678.810	396	4.239		
Total	1765.577	399			
G Between Groups	94.990	3	31.663	8.066	.000
Within Groups	1554.600	396	3.926		
Total	1649.590	399			

*หมายเหตุ

- A แทนความใสของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ*S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ
- B แทนสีของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ*S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ
- C แทนกลิ่นของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ*S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ
- D แทนความเปรี้ยวของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ*S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ

- E แทนความหวานของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ*S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ
- F แทนความกลมกล่อมของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ*S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ
- G แทนความชอบโดยรวมของเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ*S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ

ความใสของเครื่องดื่มสมุนไพร

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
DH2	100	6.1500	
DH1	100	6.3900	
DH3	100		7.2500
DH4	100		7.4400
Sig.		.252	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

สีของเครื่องดื่มสมุนไพร

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
DH2	100	6.3000	
DH1	100	6.6000	
DH3	100		7.1600
DH4	100		7.5600
Sig.		.166	.065

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

กลิ่นของเครื่องดื่มสมุนไพร

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
DH2	100	5.6900	
DH3	100	5.7400	
DH1	100	6.2100	6.2100
DH4	100		6.7200
Sig.		.079	.069

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ความเปรี้ยวของเครื่องดื่มสมุนไพร

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
DH3	100	5.0700		
DH4	100	5.2100	5.2100	
DH2	100		5.7500	
DH1	100			6.6400
Sig.		.622	.058	.558

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ความหวานของเครื่องดื่มสมุนไพร

Sample	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
DH3	100	5.1600		
DH4	100	5.1600		
DH2	100		5.7500	
DH1	100			6.5300
Sig.		1.000	1.000	1.000

ความกลมกล่อมของเครื่องดื่มสมุนไพร

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
DH3	100	5.4500	
DH4	100	5.5500	
DH2	100	6.0000	
DH1	100		6.6300
Sig.		.074	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

ความชอบโดยรวมของเครื่องดื่มสมุนไพร

Sample	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
DH3	100	5.6900	
DH4	100	5.7900	
DH2	100	6.1700	
DH1	100		6.9300
Sig.		.106	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

*หมายเหตุ

- DH1 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH2 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 และ *A. aceti* TISTR 354 (ไม่เติมเอทานอล) ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH3 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์
- DH4 แทนเครื่องดื่มสมุนไพรลูกแปลกแม่ทางการค้า

งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำรับรองเล่มโครงงานพิเศษ

วันที่ 20 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2561

ข้าพเจ้า นางสาว พรนภัส จอมหงษ์ รหัสประจำตัว 57050851

นางสาว พรนภา พิบาลศิลป์ รหัสประจำตัว 57050857

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม ภาควิชาชีววิทยา

ขอรับรองว่าโครงงานพิเศษ เรื่อง

ชื่อภาษาไทย การปรับปรุงกระบวนการหมักเครื่องดื่มสมุนไพรด้วยเชื้อ Saccharomyces cerevisiae TISTR5088 และ Acetobacter aceti TISTR 354

ชื่อภาษาอังกฤษ IMPROVEMENT Processing of DRINKING HERB BY Saccharomyces cerevisiae TISTR 5088 AND Acetobacter aceti TISTR 354

ปีการศึกษา 2560

เป็นผลงานวิจัยที่มิได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นและได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อนเรียบร้อยแล้ว และได้แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่มโครงงานพิเศษฉบับสมบูรณ์แล้ว

โปรแกรมอักขราวิสุทธิ์ ..... 0.66 ..... %

ลงชื่อ พรนภัส จอมหงษ์ ลงชื่อ พรนภา พิบาลศิลป์

(นางสาว พรนภัส จอมหงษ์) (นางสาว พรนภา พิบาลศิลป์)

นักศึกษา นักศึกษา

ข้าพเจ้า ผศ.ดร/ดร./อ. รศ.ดวงใจ โอโรทัย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ได้ตรวจสอบโครงงานพิเศษของนักศึกษาข้างต้นแล้ว ขอรับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อหาสมบูรณ์ จึงลงชื่อไว้เป็นหลักฐาน

ลงชื่อ ลิขิต ศรีสำโรง ลงชื่อ ลงชื่อ สุทธิจิต ศิริชัยกุล

(ผศ.ดร/ดร./อ. ลิขิต ศรีสำโรง) (ผศ.ดร/ดร./อ. รศ.ดวงใจ โอโรทัย) (ผศ.ดร/ดร./อ. สุทธิจิต ศิริชัยกุล)

ประธานกรรมการ อาจารย์ที่ปรึกษา กรรมการ