ผลของวิธีการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันต่อคุณสมบัติทางด้านเคมีและจุลินทรีย์ของคอมบูชาจากกระเจี๊ยบ

EFFECT OF DIFFERENT STERILIZATION METHODS ON PHYSIOCHEMICAL AND MICROBIOLOGY PROPERTIES OF ROSELLE KOMBUCHA

กฤติญาณี ถาวงษ์เพีย
จุฑามาศ สุวรรณมาศ
วสุนันท์ นาคทิพย์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

EFFECT OF DIFFERENT STERILIZATION METHODS ON PHYSIOCHEMICAL AND MICROBIOLOGY PROPERTIES OF ROSELLE KOMBUCHA

KRIDTIYANEE THAWONGPIA
JUTHAMAS SUWANNAMAS
WASUNAN NAKTHIP

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 2018

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ผลของวิธีการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันต่อคุณสมบัติทางด้านเคมีและจุลินทรีย์ของคอมบูชาจากกระเจี๊ยบ Effect of different sterilization methods on physiochemical and microbiology properties of roselle kombucha
ชื่อนักศึกษา	กฤติญาณี ถาวงษ์เพีย จุฑามาศ สุวรรณมาศ วสุนันท์ นาคทิพย์
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชา	ชีววิทยา
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดวงใจ โอชัยกุล

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2561

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

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ผลของวิธีการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันต่อคุณสมบัติทางด้านเคมีและจุลินทรีย์ของคอมบูชาจากกระเจี๊ยบ Effect of different sterilization methods on physiochemical and microbiology properties of roselle kombucha		
ชื่อนักศึกษา	กฤติญาณี	ถาวงษ์เพีย	รหัสนักศึกษา 58050857
	จุฑามาศ	สุวรรณมาศ	รหัสนักศึกษา 58050870
	วสุนันท์	นาคทิพย์	รหัสนักศึกษา 58050969
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)		
ภาควิชา	ชีววิทยา		
ปีการศึกษา	2561		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดวงใจ	โอชัยกุล	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันต่อคุณสมบัติทางด้านเคมีและจุลินทรีย์ของคอมบูชาจากกระเจี๊ยบ การหมักคอมบูชาทำโดยหมักที่อุณหภูมิห้อง (30±2°c) เป็นเวลา 9 วัน หลังจากนั้นนำมาปรับปรุงรสชาติและฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลต่อปริมาตร (500 ppm) เก็บรักษาผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2°c) เป็นระยะเวลา 60 วัน ทำการเก็บตัวอย่างทุก 10 วัน พบว่า คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอไรซ์และคอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ทั้งสองวิธีนี้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ทั้งหมดรวมทั้งยีสต์และรา และมีคุณภาพทางด้านเคมี เช่น พีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิก และค่าการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ที่ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอไรซ์ มีคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติเท่ากับ 7.37 ± 1.54 และคะแนนด้านความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.33 ± 1.03 สูงกว่าคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน ดังนั้นการผลิตคอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอไรซ์ สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 วัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยมากและการทดสอบทางประสาทสัมผัสยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

คำสำคัญ คอมบูชา พาสเจอไรซ์ โปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ การฆ่าเชื้อ การเก็บรักษา

Title	Effect of different sterilization methods on physiochemical and microbiology properties of roselle kombucha		
Students	Kridtiyanee	Thawongpia	Student ID 58050857
	Juthamas	Suwannamas	Student ID 58050870
	Wasunan	Nakthip	Student ID 58050969
Degree	Bachelor of Science (Industrial Microbiology)		
Department	Biology		
Academic Year	2018		
Advisor	Assoc.Prof.Duangjai	Ochaikul	

Abstract

We studied the effect of different sterilization methods on the physiochemical and microbiology properties of roselle kombucha (*Medusomyces gisevii* Lindau). The kombucha was fermented at room temperature (30 ± 2) for 9 days. After that, the taste was improved and it was sterilized by (a) pasteurization at 85°c for 15 minutes and (b) addition of potassium metabisulfite at 0.05%. The products were stored at room temperature for 60 days. The samples were analysed every 10 days. Both methods were effective in inhibiting all bacteria including yeast and mold. Furthermore, the chemical properties of kombucha such as pH, total acidity, total phenolic content and the scavenging by 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) method was stable throughout the storage period. The sterilized roselle kombucha by pasteurization had an acceptable taste. The taste test scores were 7.4 ± 1.5 and the overall taste score was 7.3 ± 1.0, higher than the kombucha that was sterilized with potassium metabisulfite throughout the storage period. Therefore, kombucha, sterilized by pasteurization, can be stored at room temperature for 60 days with very few quality changes and the taste was also acceptable to consumers.

Keywords: kombucha, pasteurization, potassium metabisulfite, sterilization, storage

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้จะประสบความสำเร็จไปไม่ได้ หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ได้แก่ บุคคลแรกที่ต้องกล่าวคำขอบพระคุณเป็นอย่างสูง คือ รองศาสตราจารย์ดวงใจ โอชัยกุล ที่คอยให้คำปรึกษาด้านการทดลองอีกทั้งด้านการวางแผนการทำงาน คอยให้คำชี้แนะและแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ จนทำให้ผู้วิจัยสามารถทำโครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ลินจง สุขลำภู และผศ.ดร.สุทธิจิต ศรีวัชรกุล ที่ให้คำแนะนำด้านการทดลอง ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและเจ้าหน้าที่ธุรการทุกท่านที่คอยอำนวยความสะดวกในการเบิกอุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมี ช่วยอำนวยความสะดวกด้านการติดต่อประสานงาน ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ป้าแม่บ้าน และทุกคนที่มีส่วนร่วมในการให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงการแลกเปลี่ยนความรู้ คำแนะนำและกำลังใจ ที่สำคัญอย่างยิ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่เป็นแรงผลักดันและให้โอกาสในการศึกษามาโดยตลอด

คุณงามความดีทุกประการที่เกิดขึ้นจากโครงงานพิเศษฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดา ครอบครัว และครูอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ตลอดจนกัลยาณมิตรทั้งหลาย

นางสาวกฤติญาณี ถาวงษ์เพีย
นางสาวจุฑามาศ สุวรรณมาศ
นางสาววสุนันท์ นาคทิพย์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ .... ก

Abstract .... ข

กิตติกรรมประกาศ .... ค

สารบัญ .... ง

สารบัญตาราง .... ซ

สารบัญรูป .... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

- 1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
- 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ 3
- 1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ 3
- 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

- 2.1 ที่มาและความสำคัญของเครื่องดื่มคอมบูชา 4
  - 2.1.1 การผลิตเครื่องดื่มคอมบูชา 4
- 2.2 กลุ่มของจุลินทรีย์ในหัวเชื้อของชาหมักคอมบูชา 5
- 2.3 ปฏิกิริยาการเกิดชาหมัก 7
- 2.4 ประโยชน์ของคอมบูชา 8
  - 2.4.1 ประโยชน์ของกรดอินทรีย์ที่พบในคอมบูชา 9
- 2.5 ชาอูหลง 9
  - 2.5.1 สรรพคุณของชาอูหลง 10
  - 2.5.2 ประโยชน์ของชาอูหลง 11
  - 2.5.3 วิธีชงชาอูหลง 12
- 2.6 กระเจี๊ยบแดง 13
  - 2.6.1 ลักษณะของกระเจี๊ยบแดง 14
  - 2.6.2 สรรพคุณของกระเจี๊ยบแดง 14
  - 2.6.3 สาระสำคัญที่พบในกระเจี๊ยบแดง 15
- 2.7 น้ำตาลอ้อย 16
- 2.8 กระบวนการพาสเจอไรซ์ (Pasteurization) 16
  - 2.8.1 วัตถุประสงค์ของการพาสเจอไรซ์ 16
  - 2.8.2 ผลกระทบต่ออาหาร 17
  - 2.8.3 สีและกลิ่น 17
- 2.9 โปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) 18
- 2.10 อนุมูลอิสระ 19
- 2.11 สารต้านอนุมูลอิสระ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ได้รับอนุญาตสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.11.1 สารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิ....20
2.11.2 สารต้านอนุมูลอิสระทุติยภูมิ....21
2.11.3 ชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระ 21
2.11.4 กลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ....22
    2.11.4.1 ดักจับอนุมูลอิสระ....22
    2.11.4.2 ยับยั้งการทำงานของ singlet oxygen....22
    2.11.4.3 จับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้....22
    2.11.4.4 หยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ....22
    2.11.4.5 เสริมฤทธิ์....23
    2.11.4.6 ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ 23
2.11.5 การสกัดและการตรวจสอบฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ....23
2.11.6 ประโยชน์ของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีต่อร่างกาย....24
2.11.7 อาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ....25
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....26
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย....29
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี 29
3.1.1 วัตถุดิบ 29
3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 29
3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์....29
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย....31
3.2.1 ศึกษากระบวนการหมักและการปรับปรุงรสชาติชาหมักคอมบูชาจากกระเจี๊ยบ....31
    3.2.1.1 การเตรียมวัตถุดิบ....31
    3.2.1.2 การเตรียมหัวเชื้อในการหมักคอมบูชา....31
    3.2.1.3 การหมักคอมบูชาจากชาอูหลงและดอกกระเจี๊ยบ 31
    3.2.1.4 ขั้นตอนการปรับปรุงรสชาติ 32
3.2.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการต่าง ๆ....32
3.2.3 การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ได้ภายหลังการฆ่าเชื้อ....32
    3.2.3.1 ค่าพีเอช 32
    3.2.3.2 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก....32
    3.2.3.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด....33
    3.2.3.4 ปริมาณเอทานอล....33

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.3.5 การวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด.............................34
3.2.3.6 การวิเคราะห์กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH.........35
3.2.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ได้ภายหลังการฆ่าเชื้อ 36
3.2.5 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ได้ภายหลังการฆ่าเชื้อ..36
3.2.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ..36
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปราย..37
4.1 การศึกษาคุณภาพทางเคมีของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ผ่านการปรับปรุงรสชาติและผ่านการฆ่าเชื้อโดยวิธีต่าง ๆ เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วันที่อุณหภูมิห้อง 37
4.1.1 ค่าพีเอช...37
4.1.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้...38
4.1.3 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก)..40
4.1.4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด...42
4.1.5 การวิเคราะห์กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH..........................44
4.1.6 ปริมาณเอทานอล...46
4.2 การศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ได้ภายหลังการฆ่าเชื้อ..48
4.2.1 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด...48
4.2.2 ปริมาณยีสต์และรา...49
4.3 การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ได้ภายหลังการฆ่าเชื้อ..50
4.3.1 ความใส..50
4.3.2 สี..51
4.3.3 กลิ่น...52
4.3.4 รสชาติ..53
4.3.5 ความชอบโดยรวม...54
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 56
5.1 สรุปผลการวิจัย..56
5.2 ข้อเสนอแนะ 57
เอกสารอ้างอิง...58
ภาคผนวก 61
ภาคผนวก ก 62

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ข 65
ภาคผนวก ค 66
ภาคผนวก ง 67
ภาคผนวก จ 68
ภาคผนวก ฉ 69

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของกระเจี๊ยบแดง 15

ตารางที่ 4.1 ค่าพีเอชของคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 วัน....................37

ตารางที่ 4.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 60 วัน...........39

ตารางที่ 4.3 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปของกรดอะซิติก) ของคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 60 วัน.. 41

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 60 วัน...........43

ตารางที่ 4.5 กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 60 วัน 45

ตารางที่ 4.6 ปริมาณเอทานอลของคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัวเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 60 วัน....................47

ตารางที่ 4.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความใสของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และคอมบูชาทางการค้า....................51

ตารางที่ 4.8 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และคอมบูชาทางการค้า.......52

ตารางที่ 4.9 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และคอมบูชาทางการค้า....................53

ตารางที่ 4.10 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และคอมบูชาทางการค้า..54

ตารางที่ 4.11 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และคอมบูชาทางการค้า....................55

สารบัญรูป

หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะของเครื่องดื่มคอมบูชา 5
รูปที่ 2.2 ลักษณะของเชื้อ *Acetobacter* 6
รูปที่ 2.3 ลักษณะของเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* 7
รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของกระเจี๊ยบแดงแห้ง....13
รูปที่ 2.5 ลักษณะทางกายภาพของน้ำตาลอ้อย 16
รูปที่ 2.6 การทำงานของวิตามินอีในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน....23
รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างของอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ....25
รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงของพีเอชของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์เปรียบเทียบกับการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์....38
รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์เปรียบเทียบกับการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์....40
รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด(ในรูปกรดอะซิติก)ของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์เปรียบเทียบกับการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์....42
รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์เปรียบเทียบกับการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์....44
รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์เปรียบเทียบกับการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์....46
รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณเอทานอลของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์เปรียบเทียบกับการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์....48
รูปที่ 4.7 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์และคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 วัน....49
รูปที่ 4.8 ปริมาณยีสต์และราของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์และคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 วัน....50

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เครื่องดื่มคอมบูชาดั้งเดิมคือการหมักชาดำหวานโดยใช้แบคทีเรียกรดอะซิติก (เช่น *Acetobacter xylinum, Acetobacter xylinoides* หรือ *Bacterium gluconicum*) และยีสต์ (เช่น *Schizosaccharomyces pombe, Saccharomyces ludwigii, Zygosaccharomyces rouxii, Candida* spp., หรือ *Pichia* spp.) หมักเป็นเวลา 2 อาทิตย์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ประกอบด้วยสองส่วน คือส่วนที่เป็นแผ่นเซลลูโลสลอยอยู่ด้านบนและส่วนที่เป็นน้ำหมัก (Chen and Liu, 2000) ซึ่งประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระต่าง ๆ เช่น สารประกอบฟีนอลิก วิตามินที่ละลายน้ำได้ กรดอินทรีย์และแร่ธาตุต่าง ๆ (Bauer-Petrovska and Petrushevska-Tozi, 2000) Williamson *et al.*(2005) แสดงให้เห็นว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของคอมบูชาเป็นผลมาจากสารโพลีฟีนอลในชาหมักและเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย มีการทดลองให้หนูกินชาหมักคอมบูชา ในระยะเหนี่ยวนำการออกซิเดชัน แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่มีศักยภาพของชาหมักคอมบูชา เช่น การออกซิเดชันไขมันและการแตกหักของสายดีเอ็นเอลดลง (Dipti *et al.*, 2003)

คอมบูชาเป็นเครื่องดื่มชาหมักที่ให้ความสดชื่น รสหวานเล็กน้อยอมเปรี้ยว เกิดจากกระบวนการหมักของจุลชีพกลุ่มที่ดีที่เป็นโพรไบโอติก มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีนมานานกว่า 2000 ปี ปัจจุบันเป็นเครื่องดื่มสุขภาพที่นิยมดื่มทั้งในยุโรปและอเมริกา ส่วนประกอบหลัก ได้แก่ กรดอะซิติก กรดแลคติก กรดกลูโคนิก กรดกลูคูโรนิก และยังมีสาร DSL (D-saccharic acid-1,4-lactone) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคอมบูชา กรดกลูคูโรนิกและ DSL เป็นสารที่ช่วยส่งเสริมให้ตับขับสารพิษและสารก่อมะเร็งได้ดีขึ้น ในคอมบูชายังมีสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น โพลีฟีนอล รวมทั้งทีเฟลวิน และทีรูบิกินซึ่งพบในปริมาณที่สูงกว่าในชาดำ ปริมาณโพลีฟีนอลที่สูง ทำให้การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ช่วยปกป้องร่างกายจากการทำลายของอนุมูลอิสระได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังตรวจพบสารต้านจุลชีพก่อโรคและสารต้านการเจริญของเซลล์มะเร็งบางชนิด (สายสมร, 2549)

การพาสเจอร์ไรซ์ เป็นการถนอมอาหาร เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร ทำให้อาหารปลอดภัยต่อการบริโภค โดยการทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (pathogen) ทุกชนิด และเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการพาสเจอไรซ์ต้องเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคที่ทนต่อความร้อนให้ปลอดภัยต่อการบริโภค ในระยะเวลาการเก็บรักษาที่กำหนด ตัวอย่างเช่น อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้เพื่อการพาสเจอไรซ์น้ำนม (low temperature long time, LTLT) คือ 62.8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที สามารถทำลายจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *Mycobacterium tuberculosis* ซึ่งทำให้เกิดวัณโรค และ *Coxiella burnetti* ซึ่งทำให้เกิดโรค Q fever นอกจากนี้

ความร้อนยังเพียงพอที่จะทำลายยีสต์ (yeast) รา (mold) แบคทีเรียแกรมลบ และแบคทีเรียแกรมบวกหลายชนิด แต่มีจุลินทรีย์ 2 กลุ่มที่อาจจะมีชีวิตรอดจากการทำลายด้วยการพาสเจอไรซ์ คือ จุลินทรียที่ทนต่อความร้อน (thermoduric microorganism) และจุลินทรีย์ที่ชอบเจริญที่อุณหภูมิสูง (thermophilic microorganism) จึงต้องเก็บรักษาอาหารที่ผ่านการพาสเจอไรซ์แล้วไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (cold storage) หรือหากต้องการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ต้องใช้วิธีการถนอมอาหารอื่นร่วมด้วย เช่น การลดวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity, a_w) การใช้น้ำตาล เกลือ ความเข้มข้นสูง การปรับให้เป็นกรด (acidification) การใช้สารกันเสีย (preservative) เป็นต้น (http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0428/pasteurization ; สืบค้นเมื่อ 6 มกราคม 2562)

สารในกลุ่มซัลไฟต์ (sulfites อาจเขียนว่า sulphites) อาจเรียกว่า sulfiting agent (หรือ sulphiting agent) ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) เช่น โปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เมื่อถูกความร้อนจะสลายให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide : SO_2) หรือ ซัลฟูรัสแอนไฮดราย (sulfurous anhydride) หรือ ซัลฟูรัสออกไซด์ (sulfurous oxide) SO_2 เป็นก๊าซที่มีสภาวะเป็นกรด ไม่ติดไฟ มีกลิ่นฉุนรุนแรง ทำให้หายใจไม่ออก มีน้ำหนักกว่าอากาศ 2.264 เท่า ละลายได้ดีในน้ำ ละลายในน้ำแล้วให้กรดซัลฟิวรัส

การใช้สารในกลุ่มซัลไฟต์ในอาหาร ใช้เป็นสารกันเสีย (preservative) ที่มีประสิทธิภาพสูง ราคาถูก ง่ายต่อการใช้งาน ช่วยยับยั้งการเจริญของ ยีสต์ (yeast) รา (mold) และแบคทีเรีย (bacteria) เช่น ใช้ฆ่าจุลินทรีย์ในการทำไวน์ (wine) เบียร์ (beer) หรือใช้เป็นวัตถุกันหืน (antioxidant) ยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) ใช้ในอาหารที่เป็นผักผลไม้สด ผักผลไม้แห้ง ผักผลไม้ดอง ผักผลไม้แช่อิ่ม ผลไม้กวน แยม (jam) น้ำตาลทราย น้ำตาลปี๊บ น้ำเชื่อม และผลิตภัณฑ์แป้ง เช่น วุ้นเส้น เส้นหมี่ และก๋วยเตี๋ยว ใช้ในเจลาติน (gelatin) ถั่วบรรจุกระป๋อง หน่อไม้กระป๋อง เห็ดกระป๋อง กะทิกระป๋อง มันฝรั่งกระป๋อง และอาหารแช่แข็ง เป็นต้น ข้อดีของการใช้สารเคมี คือ

1. ช่วยทำให้เกิดการสร้างสารกลีเซอรอล (glycerol) ในปริมาณที่เหมาะสม ที่จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของไวน์ในด้านความเข้มข้นของไวน์ และทำให้ไวน์มีรสชาติที่กลมกล่อม
2. ช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น และรสของไวน์ในระหว่างการหมักและเก็บบ่ม
3. ช่วยรักษาปริมาณไวตามินซีที่มีในน้ำหมัก

อย่างไรก็ตาม สารประกอบซัลไฟต์ก็มีข้อเสีย คือ ถ้าใช้ในปริมาณที่มากจะทำให้เกิดความเป็นพิษ และยังเป็นสารฟอกสีกับผลไม้บางชนิด

องค์การอนามัยโลกกำหนดค่าความปลอดภัยไว้ คือ ปริมาณที่ได้รับต้องไม่เกิน 0.7 มิลลิกรัม/คน/วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำการแก้ไขเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาโครงงานพิเศษครั้งนี้จะทำการทดสอบ การปรับปรุงรสชาติของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบให้ผู้บริโภคยอมรับ โดยใช้ชาอูหลงหวานและกลิ่นชาสังเคราะห์เป็นตัวปรับปรุงรสชาติ เมื่อได้อัตราส่วนของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่เหมาะสม นำมาศึกษาการฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์คอมบูชาที่ได้ โดยใช้วิธีการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยปริมาตร เก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ดูการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทางจุลินทรีย์ รวมทั้งการทดสอบทางประสาทสัมผัส

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1.1 ปรับปรุงรสชาติของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบ โดยใช้ชาอูหลงหวานและกลิ่นชาสังเคราะห์เป็นตัวปรับปรุงรสชาติ

1.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ได้ปรับปรุงรสชาติและฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์โดยการพาสเจอไรซ์ เปรียบเทียบกับการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ดูการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทางจุลินทรีย์ รวมทั้งการทดสอบทางประสาทสัมผัส

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

ปรับปรุงรสชาติของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบให้ผู้บริโภคยอมรับ โดยใช้ชาอูหลงหวานและกลิ่นชาสังเคราะห์เป็นตัวปรับปรุงรสชาติ เมื่อได้อัตราส่วนของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่เหมาะสม นำมาศึกษาการฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์คอมบูชาที่ได้ โดยใช้วิธีการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยปริมาตร เก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน เก็บตัวอย่างทุก 10 วัน เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทางจุลินทรีย์ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งการทดสอบทางประสาทสัมผัส

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ผู้บริโภคยอมรับในผลิตภัณฑ์มากขึ้น

2. สามารถใช้วิธีการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์คอมบูชาที่เหมาะสมและคอมบูชายังมีคุณภาพตามมาตรฐานกำหนด

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ที่มาและความสำคัญของเครื่องดื่มคอมบูชา

2.1.1 การผลิตเครื่องดื่มคอมบูชา

คอมบูชาเป็นเครื่องดื่มที่มีรสเปรี้ยวและมีความซ่า ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการหมักของชาดำหวาน (*Camellia sinensis*) โดยวิธีทางชีวภาพเกิดจากกลุ่มแบคทีเรียอะซิติก ได้แก่ *Bacterium xylinum, B. xylinoides, B. gluconicum* และกลุ่มยีสต์*Saccharomyces ludwigii, S. apiculatus, Schizosaccharomyces pombe* (Sreeramulu *et al*., 2000) กระบวนการหมักของคอมบูชา อาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและสายพันธุ์ของยีสต์และแบคทีเรีย (Mayser *et al*., 1995)

กระบวนการหมักเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของยีสต์ที่หมักน้ำตาลกลูโคสและฟรักโทสไปเป็นเอทานอล ซึ่งจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นกรดอะซิติกโดยใช้แบคทีเรียอะซิติก แหล่งคาร์บอนหลักในกระบวนการหมัก คือ ซูโครสซึ่งเป็น น้ำตาลที่ถูกย่อยโดยเอนไซม์อินเวอร์เทสจากยีสต์ที่มีอยู่ในคอมบูชา จากนั้นแบคทีเรียอะซิติกจะเปลี่ยนเอทานอลไปเป็นกรดกลูโคนิกและกรดอะซิติก รวมทั้งกรดอินทรีย์อื่น ๆ เช่น กรดแลคติค กรดอะซิติก กรดกลูโคนิก และกรดกลูโคโรนิก ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักของคอมบูชา คอมบูชามีส่วนประกอบ 2 ส่วนคือ แผ่นเซลลูโลสที่ลอยบนน้ำหมักและน้ำหมัก (Greenwalt *et al*., 2000) รวมทั้งมีกรดอะซิติก เอทานอล และกรดกลูโคนิก เป็นส่วนประกอบหลักของของน้ำหมัก (Roussin, 1996) นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น กรดแลคติก กรดกลูโคโรนิก ฟีนอล กลุ่มวิตามินบีและเอนไซม์ (Blanc and Florensco, 1931)

โดยทั่วไป เครื่องดื่มคอมบูชา เตรียมได้จากชาดำ ร้อยละ 1-2 ต้มในน้ำเดือดเพื่อสกัดสารอาหารและแร่ธาตุต่าง ๆ ออกจากใบชา เติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5-10 ในปริมาณที่พอเหมาะเพื่อใช้เป็นแหล่งสารอาหารในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จากนั้นเติมน้ำหมักของหัวเชื้อคอมบูชาร้อยละ 10-20 และแผ่นเซลลูโลสของหัวเชื้อคอมบูชาร้อยละ 2.5-5.0 บ่มที่อุณหภูมิ 25-37 ° C เป็นเวลา 7-12 วัน เพื่อให้จุลินทรีย์ดำเนินกิจกรรมการหมัก (Kallel *et al*., 2012)

รูปที่ 2.1 ลักษณะของเครื่องดื่มคอมบูชา

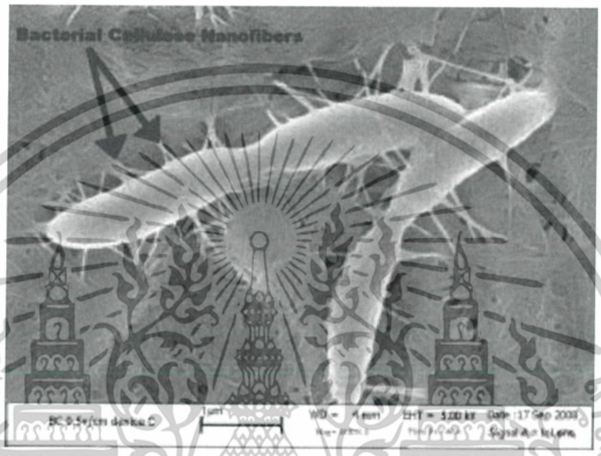
2.2 กลุ่มของจุลินทรีย์ในหัวเชื้อของชาหมักคอมบูชา

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักของเครื่องดื่มคอมบูชา เป็นการอยู่ร่วมกลุ่มของจุลินทรีย์ทั้ง 2 กลุ่ม แบบสภาวะพึ่งพาอาศัยกัน (symbiosis) ของแบคทีเรียกรดอะซิติก ได้แก่ *Acetobacter xylinum* ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะ และกลุ่มยีสต์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ *Brettanomyces sp.*, *Zygosacchamyces* sp., *Saccharomyces* sp., และ *Pichia* sp. เป็นต้น

กลุ่มแบคทีเรียและยีสต์ โดยกลุ่มแบคทีเรียที่พบเป็นชนิดต้องใช้อากาศในการเจริญเติบโต และสามารถสร้างสารเซลลูโลสที่มีลักษณะคล้าย surface mold หรือ mushroom ส่วนกลุ่มยีสต์ที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมัก คือ กลุ่มยีสต์ที่สามารถผลิตแอลกอฮอล์ ในการศึกษาการแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ผลิตชาหมักจากแหล่งผลิต พบว่ามีกลุ่มแบคทีเรีย Acetobacter และยีสต์ จากการนำเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 2กลุ่มที่ได้ ทำการจำแนกโดยอาศัยความแตกต่างของคุณสมบัติทางbiochemical และ physiological พบว่าเป็นแบคทีเรียกลุ่ม *A. aceti* sp., *A. xylinum* และ *A. pasteurianus* ซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะ คือ สามารถผลิตเซลลูโลสได้ ส่วนยีสต์ที่จำแนกได้ คือ *S. cerevisiae* , *B. bruxellensis* และ *Z. balilii* พบว่ายีสต์กลุ่มนี้มีความสำคัญทางอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และอาหารหมักมีคุณสมบัติเด่นคือสามารถเจริญได้ในอาหารที่มีความเป็นกรดสูงและมีน้ำตาลสูงนอกจากนี้ยังอาจพบยีสต์ชนิดอื่นบ้างแต่ไม่ค่อยมีความสำคัญกับกระบวนการหมัก ซึ่งได้แก่ *C. tropicalis, Debaryomyces hansenii, Torulopsis famata* และ*Pichia membranefacience* (Greenwalt and Liu, 2000)

แบคทีเรียที่สร้างเซลลูโลส ได้แก่ *Acetobacter* , *Aerobacter, Achromobacter, Agrobacterium, Alcaligenes* และ *Rhizobium* เป็นต้น โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้มีความสามารถผลิตเส้นใยเซลลูโลสออกมาภายนอกเซลล์ เมื่อเลี้ยงในอาหารและเจริญบนผิวหน้าของอาหารจะมีการสร้างเส้นใยสีขาว (pellicle) ซึ่งประกอบกันเป็นแผ่นเซลลูโลส ในระหว่างที่มีการเจริญของเชื้อจะมีการสร้างเส้นใยไปพร้อม ๆ กัน เมื่อระยะเวลาการเจริญนานขึ้นจะมีปริมาณมากขึ้น จะสานและรวมตัวกันเป็นเส้นสาย

ขุ่นขาวอยู่ในอาหารเหลวและจะค่อย ๆ ลอยขึ้นสู่ผิวหน้าอาหาร เมื่อลอยขึ้นสู่ผิวหน้าอาหารเหลวจะเริ่มสานกันแน่นขึ้นเป็นแผ่นวุ้นมีลักษณะขุ่นและมีความเหนียว โดยสันนิษฐานได้ว่าการสร้างวุ้นของเชื้อที่เกิดขึ้นนั้นเนื่องจากเชื้อที่ต้องการอากาศ สามารถลอยตัวอยู่บนผิวหน้าอาหารเหลวได้เพื่อรับออกซิเจนให้ได้มากที่สุด โดยเฉพาะเซลลูโลสที่สร้างโดย *Acetobacter* sp. นั้น พบว่า มีความบริสุทธิ์โดยปราศจากลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส



รูปที่ 2.2 ลักษณะของเชื้อ *Acetobacter*
ที่มา : http://rungnapa59.blogspot.com/2016/03/2.html ; สืบค้นเมื่อ 29 มกราคม 2562

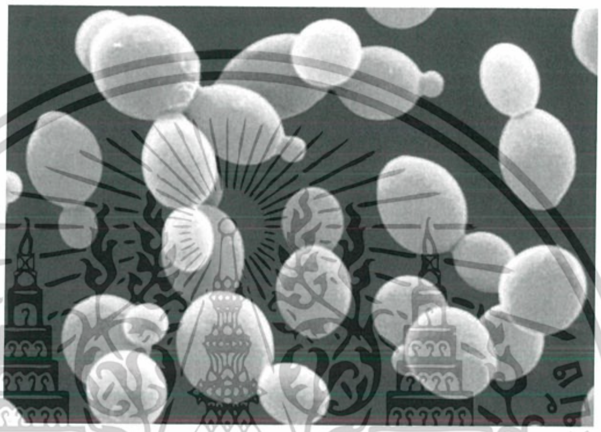
ยีสต์จัดเป็นราเซลล์เดี่ยวมักมีรูปร่างกลม หรือรี สามารถสืบพันธุ์ได้โดยการแตกหน่อ (Budding) ซึ่งเป็นแบบไม่อาศัยเพศ อยู่ใน Family Saccharomycetaceae เมื่ออายุยังน้อยจะมีรูปร่างค่อนข้างกลม แต่เมื่ออายุมากขึ้นจะมีรูปร่างรียาว ยีสต์จะทำให้เกิดกระบวนการหมักโดยเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ ยีสต์มีความเกี่ยวข้องในกระบวนการหมักจะมีการสร้าง Ascospores แบบอาศัยเพศอยู่ใน Asci ได้แก่ ยีสต์สกุล *Saccharomyces* sp. เนื่องจากยีสต์มีคุณสมบัติในการหมักน้ำตาลได้ดี ดังนั้นในกระบวนการหมักของยีสต์จะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ยีสต์ในธรรมชาติจะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์เนื่องจากได้แหล่งอาหารจากน้ำตาลโดยจะพบอยู่ที่บริเวณผิวหน้าของวัสดุหมักเป็นฟองที่ลอยเป็นฝ้าอยู่ที่ผิวของน้ำหมักอาจจะเรียกว่า TopYeasts เมื่อการหมักลดลงจะตกตะกอนลง นอกจากนี้จะมีผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นออกมาในปริมาณเล็กน้อย ได้แก่ กลีเซอรอล กรดอะซิติก กรดอินทรีย์ กรดอะมิโน พิวรีน ไพริมิดีน และแอลกอฮอล์ นอกจากนี้ยีสต์จะผลิตวิตามินและฮอร์โมนในระหว่างกระบวนการหมักด้วย ในกระบวนการหมักนั้นจะมีค่าความเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำการดัดแปลงแก้ไขและต้องอ้างอิงแหล่งที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดด่างต่ำมาก แต่ยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่เป็นกรดสูงระหว่าง 4.0-6.5 และอยู่ได้ในสภาพที่มีค่าความเป็นกรดด่างของน้ำหมักระหว่าง 1.5-3.5

จะมีจุลินทรีย์กลุ่มอื่นร่วมทำปฏิกิริยาอยู่ด้วยซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกรดอินทรีย์เกิดขึ้นมาก ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำหมักมีความเป็นกรดสูง สภาวะที่ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำหมักมีค่าต่ำนั้นมีผลดีต่อการควบคุมจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียได้ และขณะเดียวกันแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมคุณภาพของน้ำหมักด้วย



รูปที่ 2.3 ลักษณะของเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae*
ที่มา : https://www.hellotaste.it/birra/come ; สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2561

2.3 ปฏิกิริยาการเกิดชาหมัก

กิจกรรมการหมักในระยะแรกยีสต์จะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลซูโครสให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว คือ กลูโคส และฟรักโทส จากนั้นก็จะเปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวให้เป็นแอลกอฮอล์ ทำให้สภาวะดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกลุ่มแบคทีเรีย *Acetobacter* ที่สามารถเจริญได้ดีพร้อมทั้งผลิตกรดอะซิติก ทำให้ชาหมักที่ได้มีคุณภาพดี ปริมาณกรดอะซิติกที่เพิ่มขึ้นจะแปรผกผันกับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายที่ลดลง ขณะเดียวกันก็จะส่งผลต่อการเร่งการเจริญเติบโตของยีสต์และทำให้ยีสต์ผลิตแอลกอฮอล์ได้มากขึ้น ปริมาณแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้นยังสามารถช่วยกระตุ้นให้ *Acetobacter* เจริญและผลิตกรดอะซิติกได้ดีขึ้นเช่นกัน ขณะเดียวกันแบคทีเรีย *Acetobacter* สามารถออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ไปเป็น acetaldehyde และสารให้กลิ่นรสอื่น ๆ
(ที่มา : http://yaamata.blogspot.com/2011/10/kombucha.html ; สืบค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2561)

การเปลี่ยนแปลงน้ำตาลให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์โดยอาศัยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ภายใต้สภาพไร้อากาศ แสดงดังปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังนี้

$$C_6H_{12}C_6 \longrightarrow 2CO_2 + 2C_2H_5OH$$

กลูโคส คาร์บอนไดออกไซด์ แอลกอฮอล์

การเปลี่ยนแปลงแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ต้องการอากาศ และอาศัยแบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติก ดังปฏิกิริยาดังนี้

$$C_2H_5OH + O_2 \longrightarrow CH_3COOH + H_2O$$

แอลกอฮอล์ ออกซิเจน กรดอะซิติก น้ำ

นอกจากกรดอะซิติก ผลิตภัณฑ์อื่นก็ถูกผลิตออกมาด้วย เช่น อัลดีไฮด์ เอสเทอร์ เป็นต้น แต่มีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

(ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0316/fermentation-การหมัก ; สืบค้นเมื่อ 29 มกราคม 2562)

2.4 ประโยชน์ของคอมบูชา

คอมบูชาเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่มีรสหวานอมเปรี้ยว เกิดจากกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์กลุ่มไพรไบโอติก ส่วนประกอบหลักได้แก่ กรดอะซิติก กรดแลคติก กรดกลูโคนิก กรดกลูโคโรนิก และยังมีสาร DSL (D-saccharic acid-1,4-lactone) ซึ่งกรดกลูคูโรนิกและสาร DSL เป็นสารที่ช่วยส่งเสริมให้ตับขับสารพิษ และสารก่อมะเร็งได้ดีขึ้น ในคอมบูชามีสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น โพลีฟีนอล รวมทั้งทีเฟลวิน และทีรูบิกิน ซึ่งพบในปริมาณที่สูงกว่าในชาดำ ปริมาณโพลีฟีนอลที่สูงทำให้การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ช่วยปกป้องร่างกายจากการทำลายของอนุมูลอิสระได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังตรวจพบสารต้านจุลชีพก่อโรคและสารต้านการเจริญของเซลล์มะเร็งบางชนิด (สายสมร, 2557)

นอกจากนี้ยังพบว่าคอมบูชาช่วยในการทำงานของตับ หน้าที่ของตับคือ การกำจัดของเสียและสารพิษออกจากร่างกาย สารพิษที่เข้าสู่ร่างกายจะเข้าสู่ตับ และถูกกำจัดออกนอกร่างกายด้วยกระบวนการที่เรียกว่า กลูคูโรนิเดชัน (glucuronidation) โดยสารพิษจะรวมตัวกับกรดกลูคูโรนิก เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกลูคูโรไนด์ (glucuronide complex) สารประกอบที่เกิดขึ้นมีความเป็นพิษน้อยลงหรือหมดความเป็นพิษ ซึ่งผ่านออกจากตับทางท่อน้ำดี เข้าสู่ลำไส้ใหญ่และกำจัดทิ้งทางอุจจาระ ขณะที่สารกลูคูโรไนด์อยู่ในลำไส้ใหญ่เพื่อรอการกำจัดทิ้ง จะถูกเอนไซม์เบต้ากลูคูโรนิเดส (β-glucuronidase) ซึ่งสังเคราะห์จากแบ็คทีเรียอีโคไล (*Escherichia coli*) ที่อาศัยในลำไส้ใหญ่

ปลดปล่อยสารพิษออกมาและดูดซึมกลับเข้าสู่ร่างกาย มีงานวิจัยที่บ่งชี้ว่าในคนที่มีการทำงานของเอ็นไซม์ชนิดนี้สูง มีโอกาสเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่สูงกว่าคนทั่วไป เนื่องจากสารก่อมะเร็งที่ถูกกำจัดทิ้งโดยกระบวนการกลูคูโรนิเดชัน จะถูกปลดปล่อยโดยเอนไซม์ชนิดนี้ และดูดซึมเข้าสู่ผนังลำไส้ใหญ่ มีรายงานว่าสาร DSL (D-saccharic acid-1,4-lactone) ซึ่งเป็นสารที่พบในคอมบูชาเช่นเดียวกับกรดกลูคูโรนิก สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์นี้ จึงช่วยส่งเสริมการกำจัดสารก่อมะเร็งและสารพิษอื่น ๆ ออกจากร่างกาย ดังนั้น การที่ร่างกายได้รับอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีกรดกลูคูโรนิกและสาร DSL จึงช่วยส่งเสริมการทำงานของตับในการกำจัดสารก่อมะเร็ง และสารพิษต่าง ๆ ออกจากร่างกาย (พาณี, 2557)

นอกจากนี้คอมบูชาถือเป็นเครื่องดื่มที่สามารถฟื้นฟูสภาพร่างกายของผู้ป่วยจากโรคต่าง ๆ ช่วยระบบขับถ่าย บรรเทาอาการอ่อนเพลีย ช่วยการนอนหลับ ลดคอเลสเตอรอล ลดความดันโลหิต ลดการอักเสบ ไมเกรน ช่วยการทำงานของตับและขับสารพิษ เป็นต้น (ฉัตรชัย, 2557)

2.4.1 ประโยชน์ของกรดอินทรีย์ที่พบในคอมบูชา

1. กรดอะซิติก (Acetic acid) ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคและมีส่วนช่วยถนอมอาหาร
2. กรดมาลิก (Malic acid) ช่วยกระบวนการล้างพิษ
3. กรดกลูคูโรนิก (Glucuronic acid) จัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ
4. กรดนิวคลีอิก (Nucleic acid) ซ่อมแซมฟื้นฟูเซลล์
5. กรดโฟลิค (Folic acid) ช่วยสร้างเม็ดเลือดแดง ควบคุมการทำงานของสมอง
6. กรดแลคติก (Lactic acid) ช่วยในการย่อยสลาย ถนอมอาหาร
7. กรดออกซาลิก (Oxalic acid) ส่งเสริมการผลิตพลังงานของเซลล์ ถนอมอาหาร
8. กรดบิวทิริก (Butyric acid) ช่วยลดการอักเสบ

(ที่มา : http://www.madikombucha.com/th/re-search ; สืบค้นเมื่อ 28 มกราคม 2562)

2.5 ชาอูหลง (ที่มา : https://medthai.com ; สืบค้นเมื่อ 28 มกราคม 2562)

ชาที่เราดื่มกันนั้นไม่ว่าจะเป็นยี่ห้อใดก็ตาม ก็จะมาจากพืชชนิดเดียวกันทั้งสิ้น นั้นก็คือ “ต้นชา” ที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* แต่ชาที่ได้นั้นจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับระดับการหมักของกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันออกไป เช่น ชาเขียว ชาดำ ชาอูหลง ชาฝรั่ง เป็นต้น

ชาอูหลง (Oolong tea) คือ ชาชนิดที่ผ่านกระบวนการหมักยอดใบชาสดเพียงบางส่วนประมาณ 10-80% ในระหว่างการผลิต โดยการเพิ่มขั้นตอนการนำใบชามาผึ่งแดดไว้ประมาณ 20-40 นาที ทำให้อุณหภูมิของใบชานั้นสูงขึ้นจนเกิดกลิ่นหอมแล้วจึงนำไปผึ่งในที่ร่มอีกครั้ง พร้อมกระตุ้นให้ยอดชาตื่นตัว เร่งการหมัก แล้วจึงนำยอดชาที่หมักนั้นมาทำให้แห้ง

จากการที่กรรมวิธีการผลิตชาอูหลงที่ผ่านกระบวนการกึ่งหมักนั้น จึงทำให้เกิดสารสำคัญที่เรียกว่า Oolong Tea polymerized-polyphenols หรือ OTPPs (พบได้มากในชาอูหลง) นอกเหนือจากคาเฟอีน (Caffeine) และสารในกลุ่มคาเทชิน (Catechin) ที่พบได้เช่นกันในชาเขียวและชาดำ สำหรับ OTPPs นั้นเป็นกลุ่มของสารโพลีฟีนอลที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากสารกลุ่มคาเทชินอันเนื่องมาจากกระบวนการกึ่งหมักของใบชา โดยมีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและความร้อนจากกระบวนการผลิตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งสารในกลุ่มนี้จะมีผลต่อสี กลิ่น และรสชาติของชาอูหลง โดยปริมาณของสารนั้นจะแตกต่างกันออกไปตามระดับของการหมัก มักพบอยู่ในช่วงประมาณ 8-85% ตัวอย่างของสารในกลุ่มนี้ก็ได้แก่ ไดเมอร์ริกคาเทชิน เช่น Oolonghomobisflavan A และ Oolonghomobisflavan B สารกลุ่มทีเอฟลาวิน (Theaflavins) และทีอะรูบิจิน (Thearubigins)

โดยขั้นตอนการหมักนั้นจะช่วยทำให้สีของน้ำชาเข้มขึ้น ชาแบบนี้ที่รู้จักกันก็คือ “ชาอู่หลง” หรือ “ชาอูหลง” เป็นที่นิยมดื่มกันมากในแถบประเทศจีนตอนกลาง แถบมณฑลฝูเจี้ยน กวางตุ้ง เป็นชาที่มีรสชาติเข้มข้นและมีกลิ่นหอม น้ำชาที่ได้จะมีสีแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต เช่น สีเหลืองอมเขียว สีน้ำตาลอมเขียว สีน้ำตาลอมเหลือง สีน้ำตาลอมส้ม เป็นต้น ส่วนในประเทศไทยนั้นได้มีการผลิตชาอูหลงในแถบยอดดอยแม่สลอง ดอยวาวี จังหวัดเชียงราย ซึ่งชาที่ได้จะมีคุณภาพที่ดี รสชุ่มคอ และมีกลิ่นหอม ซึ่งเป็นที่รู้จักและนิยมดื่มกันมากขึ้น

2.5.1 สรรพคุณของชาอูหลง (ที่มา : https://medthai.com ; สืบค้นเมื่อ 28 มกราคม 2562)

1. ชาอูหลง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสาเหตุของโรคต่าง ๆ หลายโรคและช่วยชะลอวัย
2. ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็ง
3. ช่วยต้านอาการอักเสบและบวม
4. ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ และโรคหลอดเลือดหัวใจ
5. ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคเบาหวาน
6. ช่วยลดความเสี่ยงของการเป็นโรคความดันโลหิตสูง

2.5.2 ประโยชน์ของชาอูหลง

ชาอูหลง เป็นชาที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางมาเป็นระยะเวลานาน มีจุดเด่นตรงที่มีกลิ่นหอมละมุนชุ่มติดคอ ให้รสชาติที่เข้มกว่าชาเขียว แต่ฝาดน้อยกว่าชาดำ โดยจัดเป็นเครื่องดื่มที่รายงานการศึกษาถึงผลดีต่อร่างกายหลายด้าน จากการศึกษาวิจัยของชาวสหรัฐอเมริกา และได้มีการตีพิมพ์ลงในวารสาร Journal of Nutrition ได้ระบุว่า ชาอูหลงเป็นตัวช่วยในการล้างพิษ สามารถช่วยกำจัดอนุมูลอิสระที่ทำลาย DNA ในกระแสเลือดได้ดี ชาอูหลงมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง จึงช่วยต่อต้านริ้วรอยที่เกิดจากการเผชิญกับรังสีอัลตราไวโอเล็ต มลภาวะต่าง ๆ และความเครียด จึงช่วยชะลอความแก่ได้อีกด้วย

จากการศึกษาวิจัยทางคลินิกหลายการศึกษาแสดงให้เห็นคุณประโยชน์ของชาอูหลงต่อสุขภาพในแง่ต่าง ๆ ได้แก่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Kuroda *et al.*, 1999; Siddiqui *et al.*, 2004) ลดระดับไขมันในเลือด (Rong-rong *et al.*, 2009) ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด (Hosoda *et al.*, 2003) ลดความดันโลหิต (Yang and Koo, 2000) ป้องกันโรคอ้วน (Han *et al.*, 1999; Rumpler *et al.*, 2001; Komatsu *et al.*, 2003) รวมทั้งลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (Yang and Koo, 1997)

จากหลักฐานเชิงประจักษ์ทางวิทยาศาสตร์หลายการศึกษา ค้นพบว่าสาร OTPP ซึ่งเป็นสารสำคัญในชาอูหลงสามารถป้องกันหรือลดความอ้วนได้ (Han *et al.*, 1999; Rumpler *et al.*, 2001; Komatsu *et al.*, 2003) โดยออกฤทธิ์ผ่านกลไกยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Pancreatic lipase ทำให้การดูดซึมอาหารจำพวกไขมันลดลง การศึกษาของ Hara *et al.*, (2004) พบว่า การดื่มชาอูหลงที่อุดมไปด้วยสาร OTPP สามารถลดระดับไตรกลีเซอร์ในเลือดหลังการรับประทานอาหารไขมันสูงได้ประมาณ 18% จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าชาอูหลงสามารถลดการดูดซึมไขมันได้ ทำให้การสะสมไขมันในร่างกายลดลง จึงป้องกันโรคอ้วนได้ (Hara *et al.*, 2004) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า การดื่มชาอูหลงสามารถยับยั้งการดูดซึมไขมัน ส่งผลให้เพิ่มการขับไขมันออกทางอุจจาระ (Fecal lipid excretion) ได้ การศึกษาของ Hsu *et al.*, (2006) ทำการศึกษาแบบ Double-blindplacebo-controlled crossover design พบว่า การดื่มชาอูหลงปริมาณ 750 มล. ซึ่งมีสาร OTPP ประมาณ 200 มก. ช่วยเพิ่มการขับไขมันออกทางอุจจาระได้ (Hsu *et al.*, 2006)

นอกจากชาอูหลงจะช่วย ยับยั้งการดูดซึมไขมัน ทำให้มีการขับไขมันออกทางอุจจาระเพิ่มขึ้นแล้ว ชาอูหลงยังช่วยกระตุ้นกระบวนการเมตาบอลิซึม และเพิ่มการเผาผลาญไขมันทำให้มีการใช้พลังงานภายในร่างกายเพิ่มขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักตัวลดลงได้ (Han *et al.*,1999; Rumpler *et al.*, 2001; Komatsu *et al.*, 2003) จากการศึกษาของ Rumpler *et al.*, (2001) พบว่าการดื่มชาอูหลงทำให้ร่างกายมีการสลายไขมัน (Fat oxidation) เพิ่มขึ้นถึง 12% (Rumpler *et al.*, 2001) สอดคล้องกับการศึกษาของ Komatsu *et al.*, (2003) พบว่าการดื่มชาอูหลง สามารถเพิ่มค่าการใช้พลังงานภายในร่างกาย (Energy Expenditure) ได้มากขึ้น 10% (Komatsu *et al.*, 2003)

การศึกษาวิจัยทางคลินิกหลายการศึกษา แสดงให้เห็นผลของการดื่มชาอูหลงต่อการลดความอ้วน ในผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน และโรคอ้วน การศึกษาของ Rong-rong *et al*., (2009) พบว่าการดื่มชาอูหลงวันละ 8 กรัม เป็นระยะเวลา6 สัปดาห์ ทำให้น้ำหนักตัวลดลงมากกว่า 1 กิโลกรัม ไขมันสะสมในร่างกายลดลง 12% และมีความสัมพันธ์กับเส้นรอบวงเอวที่ลดลง (Rong-rong *et al*., 2009) การศึกษาของ Junichi *et al*., (2007) ทำการศึกษาแบบ Randomized double-blind placebo-controlledstudy พบว่าการดื่มชาอูหลงที่มี Oolong Tea polymerized-polyphenols (OTPP) ปริมาณสูง (OTPP 70 มก/350 มล) เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ช่วยให้ไขมันในช่องท้อง (Visceral fat) ลดลง โดยไม่มีผลข้างเคียงใด ๆ (Junichi *et al*., 2007) เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Maekawa *et al*., (2011) พบว่าการดื่มชาอูหลง ทำให้น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย มวลไขมันรวมในร่างกาย ไขมันในช่องท้อง เส้นรอบวงเอว เส้นรอบวงสะโพก และความหนาของชั้นไขมันใต้ผิวหนังลดลง และมีความปลอดภัยในการบริโภค (Maekawa *et al*., 2011) สอดคล้องกับการศึกษาของ NakamuraJ *et al*., (2008) พบว่าการดื่มชาอูหลง สามารถลดไขมันสะสมในช่องท้อง และขนาดรอบวงเอว (Nakamura *et al*., 2008) ดังนั้น การดื่มชาอูหลงจึงน่าจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันและบำบัดภาวะอ้วนลงพุงหรือ Metabolic syndrome ได้ อย่างไรก็ตาม ข้อควรระวังในการดื่มชาอูหลงรวมทั้งชาชนิดอื่น ๆ คือสารแทนนิน ที่ทำให้ชามีรสฝาด อาจขัดขวางการดูดซึมเกลือแร่และทำให้ท้องผูกได้ ดังนั้นไม่ควรดื่มชาที่มีรสฝาดมาก ๆ นอกจากนี้ในชายังมี คาเฟอีน เป็นส่วนประกอบ จึงอาจไม่เหมาะสำหรับผู้ที่ไวต่อคาเฟอีน อาจทำให้ใจสั่น นอนไม่หลับและความดันโลหิตเพิ่มขึ้นได้ สรุป ชาอูหลง คือ ชาที่มีการบ่มแบบกึ่งหมัก ทำให้ได้สารออกฤทธิ์เฉพาะที่สำคัญ ได้แก่ OTPP ซึ่งมีคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระ ลดการดูดซึมไขมัน โดยผ่านทางกลไกการยับยั้งเอนไซม์ Lipase ที่ย่อยไขมัน ทำให้ไขมันที่ไม่ถูกย่อยถูกขับออกทางอุจจาระเพิ่มขึ้น ทั้งยังช่วยกระตุ้นกระบวนการเมตาบอลิซึม และเพิ่มการเผาผลาญไขมันช่วยลดความอ้วนได้ นอกจากนี้ชาอูหลงยังมีคุณประโยชน์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดความดันโลหิต รวมทั้งลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม การป้องกันหรือลดความอ้วนที่ดีนั้น ควรเป็นแบบองค์รวม ผสานร่วมกันทั้งการควบคุมอาหาร ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ และพักผ่อนให้เพียงพอ ก็จะทำให้สุขภาพดีได้อย่างยาวนาน

2.5.3 วิธีชงชาอูหลง (ที่มา : https://medthai.com ; สืบค้นเมื่อ 28 มกราคม 2562)

การชงชาอูหลง ให้มีรสชาติดีนั้นมีข้อสำคัญหลักอยู่ 4 ประการ ได้แก่

1. ปริมาณของใบชา : การจะใช้ในปริมาณเท่าใดนั้นจะอยู่กับลักษณะของใบชา (เช่น กลมแน่น กลมหลวม หรือเป็นเส้น) ถ้าใบชาที่ใช้มีลักษณะกลมแน่น ให้ใช้ชาประมาณ 25% ของกาชา (เมื่อแช่อยู่ในน้ำร้อนจะคลายตัวจนเป็นใบชัดเจน ถ้าใส่มากเกินไปจะทำให้การคลายตัวไม่ดี รสชาติที่ได้จะไม่ได้มาตรฐาน) เมื่อคลายเต็มที่ควรจะมีปริมาณ 90% ของกาชา ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับคุณภาพของใบชา และขึ้นอยู่กับความชอบของแต่ละคน ว่าต้องการให้มีรสชาติเข้มข้นมากน้อยเพียงใด

2. อุณหภูมิของน้ำ : น้ำที่ใช้ชงไม่จำต้องใช้น้ำร้อนเกิน 100 องซาเซลเซียส แต่ให้ดูว่า

จะชงชาประเภทใด เช่นอุณหภูมิต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส จะใช้ชงกับชาเขียวทั่วไป อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จะเหมาะกับชาที่เป็นรูปทรงบอบบางแตกหักง่ายหรือชาที่มีใบอ่อนมาก ส่วนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสขึ้นไปนั้นจะเหมาะสำหรับชาที่รูปทรงแน่นกลมแข็ง

3. เวลาในการชง : เวลาเป็นตัวบ่งบอกว่า น้ำชาที่ได้จะมีรสอ่อนหรือแก่ โดยปกติแล้วชาประเภททรงกลมแน่นจะใช้เวลาในการชงครั้งแรกประมาณ 45-60 วินาที แต่ถ้าชงครั้งต่อ ๆ ไป ก็ให้เพิ่มเป็น 10-15 วินาทีต่อครั้ง

4. กาชาที่ใช้ชง : กาที่ใช้ควรทำมาจากดินเผา เพราะกาดินเผาจะเก็บความร้อนได้ดีกว่า และให้การตอบสนองที่ดีกว่ากาที่ทำมาจากวัสดุแบบอื่น

วิธีการชงชาอูหลง มีขั้นตอน ดังนี้

ใส่ใบชาลงไปในกาประมาณ 1/6-1/4 ของปริมาตรกา รินน้ำเดือดลงในกาครึ่งหนึ่ง แล้วเทน้ำทิ้งทันที (ไม่ควรเกิน 5 วินาที) เพื่อเป็นการล้างและอุ่นใบชาให้ตื่นตัว ขั้นตอนต่อมาให้รินน้ำเดือดลงในกาชาอีกครั้งจนเต็ม แล้วปิดฝากาทิ้งไว้ประมาณ 45-60 วินาที เมื่อเสร็จแล้วให้รินน้ำชาลงในแก้วดื่ม (ในการรินแต่ละครั้ง จะต้องรินน้ำออกให้หมดจากกา มิฉะนั้นจะทำให้น้ำชาที่เหลือคากามีรสขมและฝาดมากขึ้น ซึ่งอาจทำให้เสียรสชาติได้) ใบชาสามารถชงซ้ำได้ประมาณ 4-6 ครั้ง และในการชงแต่ละครั้งให้เพิ่มเวลาครั้งละประมาณ 10-15 วินาที เช่น ชงรอบแรกใช้เวลา 60 วินาที พอจะชงครั้งที่สองก็ให้เพิ่มเป็น 70-75 วินาที เป็นต้น

2.6 กระเจี๊ยบแดง (ที่มา : https://www.medthai.com ; สืบค้นเมื่อ 28 มกราคม 2562)

กระเจี๊ยบแดง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Hibiscus sabdariffa Linn.* จัดอยู่ในวงศ์ชบา (Malvaceae)

รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของกระเจี๊ยบแดงแห้ง

ที่มา : https://www.etsy.com ; สืบค้นเมื่อ 28 มกราคม 2562

2.6.1 ลักษณะของกระเจี๊ยบแดง

ต้นกระเจี๊ยบแดง : จัดเป็นไม้พุ่มมีความสูงประมาณ 50-180 เซนติเมตร มีอยู่หลายสายพันธุ์ ลำต้นและกิ่งก้านมีสีม่วงแดง ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการใช้เมล็ด

ใบกระเจี๊ยบแดง : มีใบเป็นใบเดี่ยว ใบมีหลายลักษณะ ลักษณะคล้ายรูปฝ่ามือ 3 แฉก หรือ 5 แฉก ใบเว้าลึกหรือเรียบ หรือใบเป็นรูปรีแหลม หรือรูปเรียวแหลม ขอบใบมีจักเป็นฟันเลื่อย ใบมีความกว้างและความยาวใกล้เคียงกันประมาณ 8-15 เซนติเมตร และก้านใบมีความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร

ดอกกระเจี๊ยบแดง : ดอกเป็นดอกเดี่ยว ออกดอกตามซอกใบ มีกลีบดอกสีชมพูหรือสีเหลือง บริเวณกลางดอกจะมีสีเข้มกว่าคือสีม่วงแดง ดอกมีเกสรตัวผู้เชื่อมกันเป็นหลอด ก้านดอกสั้น มีริ้วประดับเรียวยาวปลายแหลม มี 8-12 กลีบ กลีบเลี้ยงจะแผ่ขยายติดกันออกหุ้มเมล็ดไว้ มีสีแดงเข้มและหักง่าย เมื่อดอกบานเต็มที่จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6 เซนติเมตร

ผลกระเจี๊ยบแดง : ลักษณะของผลเป็นรูปรีมีปลายแหลม ผลมีความยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียว ผลแก่จะแห้งแตกเป็น 5 แฉก ในผลมีเมล็ดสีน้ำตาล ลักษณะคล้ายรูปไต อยู่จำนวนมาก ประมาณ 30-35 เมล็ดต่อผล และผลยังมีกลีบเลี้ยงหนาสีแดงฉ่ำน้ำหุ้มอยู่ จะเรียกส่วนนี้ว่ากลีบกระเจี๊ยบหรือกลีบรองดอก (Calyx) หรือที่คนทั่วไปเข้าใจว่าเป็นดอกกระเจี๊ยบนั่นเอง

2.6.2 สรรพคุณของกระเจี๊ยบแดง

กระเจี๊ยบมีสรรพคุณหลากหลายชนิด ได้แก่ ช่วยรักษาโรคเบาหวาน ช่วยลดความดันโลหิต ช่วยแก้เส้นเลือดตีบตัน ช่วยรักษาเส้นเลือดให้แข็งแรงและอ่อนนิ่ม ยืดหยุ่นได้ดี ช่วยทำให้ความเหนียวข้นของเลือดลดลง ช่วยรักษาโรคเส้นเลือดแข็งเปราะได้เป็นอย่างดี ช่วยแก้อาการคอแห้ง กระหายน้ำ ช่วยแก้อาการร้อนใน ช่วยลดอุณหภูมิในร่างกาย ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้แข็งแรง ช่วยป้องกันหวัด เนื่องจากกระเจี๊ยบแดงมีสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งเป็นสารสีแดงในกลุ่มเดียวกับที่พบในผลไม้ เช่น บลูเบอร์รี่ มีส่วนช่วยลดไข้ ช่วยรักษาและป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน ช่วยในการย่อยอาหาร ใช้เป็นยาระบาย ช่วยหล่อลื่นลำไส้ ทำให้อุจจาระนิ่มขึ้น ช่วยรักษาโรคกระเพาะและลำไส้อักเสบ ช่วยรักษาแผลในกระเพาะอาหาร ช่วยขับปัสสาวะ เป็นสารช่วยลดความดันได้อีกทางหนึ่ง ช่วยรักษาโรคทางเดินปัสสาวะ นิ่วในไต แก้โรคนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในทางเดินปัสสาวะ ลดอาการกระเพาะปัสสาวะอักเสบ ช่วยแก้อาการขัดเบา ช่วยป้องกันโรคต่อมลูกหมากโต ช่วยเพิ่มการหลั่งน้ำดีจากตับ และช่วยป้องกันไม่ให้ตับถูกทำลาย เป็นต้น

กระเจี๊ยบแดงมีฤทธิ์ในการต้านการเกิดพิษต่อตับและช่วยป้องกันตับจากการถูกทำลายจากสารพิษ โดยมีงานวิจัยในสัตว์ทดลอง พบว่า สารสกัดด้วยน้ำ(Anthocyanins) และสาร Protocatechuic Acid ของกระเจี๊ยบแดง สามารถช่วยลดความเป็นพิษต่อตับจากสารพิษได้หลายชนิด น้ำกระเจี๊ยบแดงช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง โดยสารแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบมีฤทธิ์ช่วย

ยับยั้งออกซิเดชันของไขมันและยับยั้งการตายของแมคโครฟาจ โดยมีสาร Dp3-Sam ซึ่งเป็นแอนโทไซยานินชนิดหนึ่งที่มีฤทธิ์ช่วยกำจัดเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวในห้องทดลองได้ จึงมีผลในการช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งและอาจช่วยชะลอการลุกลามของมะเร็งบางชนิดได้

2.6.3 สารสำคัญที่พบในกระเจี๊ยบแดง

กระเจี๊ยบมีสารจำพวก แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) และสารโพลีฟีนอล ซึ่งได้แก่ Protocatechuic Acid ที่มีฤทธิ์ต่อต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันโรคมะเร็ง ช่วยชะลอความแก่ และช่วยให้เส้นเลือดอ่อนนิ่มได้ ดังนั้น ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคน้ำกระเจี๊ยบเพราะมีส่วนช่วยทำให้ร่างกายสดชื่น เนื่องจากมีกรดซิตริก คุณค่าทางโภชนาการของกระเจี๊ยบแดง แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของกระเจี๊ยบแดง (โดยน้ำหนักของกลีบดอกกระเจี๊ยบ 100 กรัม)

คุณค่าทางโภชนาการของกระเจี๊ยบแดง	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	48
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	10.1
ไขมัน (กรัม)	0.64
โปรตีน (กรัม)	1.7
วิตามินเอ (ไมโครกรัม)	14 (ร้อยละ 2)
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.011 (ร้อยละ 1)
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.028 (ร้อยละ 2)
วิตามินบี 3 (มิลลิกรัม)	0.31 (ร้อยละ 2)
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	12 (ร้อยละ 14)
ธาตุแคลเซียม (มิลลิกรัม)	326 (ร้อยละ 22)
ธาตุเหล็ก (มิลลิกรัม)	1.48 (ร้อยละ 11)
ธาตุแมกนีเซียม (มิลลิกรัม)	51 (ร้อยละ 14)
ธาตุฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	37 (ร้อยละ 5)
ธาตุโพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	208 (ร้อยละ 4)
ธาตุโซเดียม (มิลลิกรัม)	6 (ร้อยละ 0)

ที่มา : USDA Nutrient database (2018)

2.7 น้ำตาลอ้อย

รูปที่ 2.5 ลักษณะทางกายภาพของน้ำตาลอ้อย

การทำน้ำตาลอ้อยทำได้จากการนำลำอ้อยมาบีบเอาน้ำอ้อยออกก่อน จากนั้นนำมาเคี่ยวในกระทะจนกว่าน้ำอ้อยจะเหนียวและมีสีน้ำตาลเข้มมาก จากนั้นหยอดลงแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้ ผู้คนส่วนใหญ่เรียกน้ำตาลอ้อยแบบนี้ว่า น้ำอ้อยหรือน้ำตาลงบ

น้ำตาลอ้อยที่ผลิตขึ้นนำมาใช้ในอาหารและเครื่องดื่มให้มีรสชาติหวาน ซึ่งน้ำตาลอ้อยมีโครงสร้างของซิลิกาที่ซับซ้อน พอลิแซ็กคาไรด์ โปรตีน แว็กซ์ และสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ (Ashurst, 1998)

น้ำตาลอ้อย (Non-centrifugal Cane Sugar, NCS) หรือที่เรียกว่า "panela" เป็นอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง ได้จากการต้มน้ำอ้อย โดยปริมาณน้ำตาลอ้อยมีความต้องการสูงสำหรับใช้เป็นสารทดแทนน้ำตาลส่วนใหญ่กลุ่มผู้บริโภคมักสนใจน้ำตาลที่ได้จากธรรมชาติเพราะถือได้ว่าปลอดภัยกว่าน้ำตาลที่ผ่านการกระบวนการเคมีต่าง ๆ ส่วนประกอบของน้ำตาลอ้อย ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส และฟรักโทสร้อยละ 7 แร่ธาตุ โปตัสเซียม 531 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แคลเซียม 103 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ฟอสฟอรัส 58 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม วิตามิน (วิตามินอี 56 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม วิตามินซี 4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) กรดอินทรีย์ กรดอะมิโน กลุ่มอื่น ๆ (Guerra and Mujica, 2010; Jaffé, 2015) มีสารประกอบฟีนอลิก และมีสารต้านอนุมูลอิสระ (Duarte-Almeida *et al.*, 2011; Jaffé, 2015)

2.8 กระบวนการพาสเจอไรซ์ (Pasteurization)

2.8.1 วัตถุประสงค์ของการพาสเจอไรซ์

การทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (pathogen) ทุกชนิดและเอนไซม์ (enzyme) ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย เป็นวิธีการถนอมอาหาร (food preservation) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร ทำให้อาหารปลอดภัยต่อการบริโภค เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการพาสเจอไรซ์ต้องเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคที่ทนต่อความร้อนให้ปลอดภัยต่อการบริโภค ในระยะเวลาการเก็บ

รักษาที่กำหนด ตัวอย่างเช่น อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้เพื่อการพาสเจอไรซ์น้ำนมระบบ (low temperature long time, LTLT) คือ 62.8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที สามารถทำลายจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *Mycobacterium tuberculosis* ซึ่งทำให้เกิดวัณโรค และ *Coxiella burnetti* ซึ่งทำให้เกิดโรค Q fever นอกจากนี้ความร้อนยังเพียงพอที่จะทำลายยีสต์ (yeast) รา (mold) แบคทีเรียแกรมลบ และแบคทีเรียแกรมบวกหลายชนิด แต่มีจุลินทรีย์ 2 กลุ่มที่อาจจะมีชีวิตรอดจากการทำลายด้วยการพาสเจอไรซ์คือ จุลินทรียที่ทนต่อความร้อน (thermoduric microorganism) และจุลินทรีย์ที่ชอบเจริญที่อุณหภูมิสูง (thermophilic microorganism) จึงต้องเก็บรักษาอาหารที่ผ่านการพาสเจอไรซ์แล้วไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (cold storage) หรือหากต้องการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ต้องใช้วิธีการถนอมอาหารอื่นร่วมด้วย เช่น การลดวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity, a_w) การใช้น้ำตาล เกลือ ความเข้มข้นสูง การปรับให้เป็นกรด (acidification) การใช้สาร
กันเสีย (preservative) เป็นต้น
(ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0428/pasteurization-พาสเจอไรซ์ ; สืบค้นเมื่อ 29 มกราคม 2562)

2.8.2 ผลกระทบต่ออาหาร (ที่มา : https://kanomtoeyz.wordpress.com/about ; สืบค้นเมื่อ 29 มกราคม 2562)

การพาสเจอไรซ์เป็นกระบวนการที่ไม่ค่อยรุนแรงถึงแม้ทำร่วมกับกระบวนการอื่น ๆ เช่นการฉายรังสีและการแช่เย็นจึงทำให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านโภชนาการและประสาทสัมผัสของอาหารน้อยมาก อย่างไรก็ตาม วิธีนี้จะสามารถยืดอายุของผลิตภัณฑ์ออกไปได้เป็นหลายวันหรือหลายอาทิตย์เท่านั้นเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาหลายเดือนเมื่ออาหารผ่านกระบวนการสเตอริไรซ์ซึ่งเป็นการให้ความร้อนที่ค่อนข้างจะรุนแรง

2.8.3 สีและกลิ่น (ที่มา : https://kanomtoeyz.wordpress.com/about ; สืบค้นเมื่อ 29 มกราคม 2562)

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้สีของน้ำผลไม้เกิดการเปลี่ยนแปลง ออกซิเจนจะเป็นตัวเร่งการเกิดสีน้ำตาล เพราะฉะนั้น โดยทั่วไปจะต้องกำจัดอากาศในน้ำผลไม้ก่อนจะเข้าสู่กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ การสูญเสียกลิ่นเพียงเล็กน้อยในระหว่างการพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้อาจทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลง

2.9 โปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS)

เป็นสารยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน อย่างเช่นในกระบวนการของไวน์มันจะช่วยสลายปริมาณออกซิเจนในไวน์ซึ่งหากมีออกซิเจนในปริมาณมากมันจะเป็นการเร่งกระบวนการบ่มและสามารถทำให้รสชาติเสียไป สำหรับในวงการเบียร์นั้นส่วนใหญ่ใช้ในขั้นตอนเตรียมน้ำ Mash เพื่อกำจัดคลอโรมีนและคลอรีนที่มีอยู่ในน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิด Phenolic off flavor ในเบียร์ได้นั่นเอง (กลิ่นเหม็นแบบยา)

KMS มักเรียกกันว่า สารกันบูดเพราะมันจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการเน่าเสียและป้องกันไม่ให้เกิดการหมักต่อเนื่องเพิ่มขึ้น ซึ่งหลัก ๆ คือการสลายออกซิเจนออกไป ทั้งนี้การใส่ KMS จะช่วยถนอมรสชาติและสีของไวน์ได้ เพราะการออกซิไดซ์ของไวน์สามารถทำให้ไวน์สีแดงกลายเป็นสีส้มและหากแย่ที่สุดก็กลายเป็นสีน้ำตาลได้ สำหรับไวน์ขาวนั้นหากเกิดการออกซิไดซ์มาก ๆ ก็สามารถกลายสภาพเป็นสีน้ำตาลเช่นกัน

KMS อาจจะเรียกได้ว่าเป็นสารสำหรับฆ่าจุลินทรีย์ได้ เนื่องด้วยคุณสมบัติการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่ง KMS จะไปจับตัวกับออกซิเจนในไวน์และเมื่อไม่มีออกซิเจนแล้วพวกจุลินทรีย์ต่าง ๆ ก็ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ เมื่อใส่ KMS แล้วทำให้การหมักหยุดลงอย่างสมบูรณ์ เราสามารถใส่ความหวานเพิ่มเติมในไวน์ได้ ซึ่งก็มีความเสี่ยงเล็กน้อยที่จะเกิดการหมักเพิ่มเติมจากความหวานที่เติมลงไป ทั้งนี้ Sodium Metabisulfite (NaMS) ก็สามารถใช้ทดแทนกันได้เพราะลักษณะการทำงานแบบเดียวกัน จะต่างกันแค่ KMS จะเหลือโปตัสเซียม แค่ NaMS จะเหลือโซเดียม โดยปกติแล้วในองุ่นจะมีโปตัสเซียมอยู่แล้วซึ่งเป็นธาตุจำเป็นในการเจริญเติบโต ฉะนั้นการที่มีโปตัสเซียมหลงเหลือเพิ่มเติมจึงไม่ได้เสียหายอะไร แต่ในทางกลับกันถ้ามีโซเดียมหลงเหลือนั้นจะทำให้ไวน์มีรสชาติเค็ม

นอกจากนี้ KMS เมื่อผสมกับน้ำแล้วจะเกิดสาร 3 ชนิดขึ้น คือ sulfur dioxide (SO_2), bisulfite, sulfite ซึ่งสามารถเป็นอันตรายได้หากร่างกายได้รับในปริมาณมาก ๆ SO_2 คือ แก๊สพิษอย่างหนึ่ง ฉะนั้นควรระมัดระวังอย่าสูดดมสารหรือแก๊สที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาหลังจากผสม KMS กับไวน์แล้วและควรทิ้งระยะเวลาสักครู่ก่อนที่จะเริ่มชิม

ข้อควรระวังในการใช้งาน คือ หากใส่ลงไปแล้วก็ยากที่จะเอาออก ทางเดียวที่จะช่วยได้คือการปล่อยทิ้งไว้นาน ๆ ให้มันเจือจางลงไปเอง

การใช้ KMS อัตราส่วนที่ใช้คือ 0.15 – 0.2 กรัมต่อลิตร (150-200 ppm) และหลังจากเติมสารแล้วให้ทิ้งไว้อย่างน้อย 6 ชั่วโมง แต่ส่วนใหญ่นิยมทิ้งไว้ข้ามคืน (24 ชั่วโมง) เพื่อให้สารหมดฤทธิ์

(ที่มา : http://www.brew-corner.com/product/316/potassium-metabisulphite-kms-100g ; สืบค้นเมื่อ 29 มกราคม 2562)

2.10 อนุมูลอิสระ (Free radical)

อนุมูลอิสระ (free radicals) เป็นสารที่มีอิเล็คตรอนอิสระ (unpaired eletron) อยู่ในวงนอกของตะตอมหรือโมเลกุล พบได้ทุกแห่งทั้งในสิ่งแวดล้อม ในสิ่งมีชีวิต และในเซลล์โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการผลิตพลังงานภายในเซลล์หรือจากกระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) โดยมีการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนออกจากโมเลกุลของออกซิเจน ทำให้อิเล็กตรอนในโมเลกุลออกซิเจนไม่สมดุล กลายเป็นอนุมูลอิสระและว่องไวในการเข้าทำปฏิกิริยามากและสามารถดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุล อื่นมาแทนที่อิเล็กตรอนที่ขาดหายไปเพื่อให้ตัวเองเกิดความสมดุลหรือเสถียร ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่และเกิดขึ้นในเซลล์ตลอดเวลา ดังสมการ 1 และ 2

$R^{\bullet} + O_2 \longrightarrow ROO^{\bullet}$ ....สมการที่ 1

$ROO^{\bullet} + RH \longrightarrow ROOH + R^{\bullet}$ ....สมการที่ 2

อนุมูลอิสระที่สำคัญที่สุดที่เกิดในเซลล์ที่ใช้ออกซิเจน ได้แก่ oxygen radical, อนุพันธ์ของ Oxygen radical (เช่น superoxide radical และ hydroxyl radical), hydrogen peroxide, transition metals (โลหะทรานซิชัน), carbonate radical ($CO3^{\bullet-}$), nitrate radical($NO3^{\bullet}$), methyl radical ($CH3^{\bullet}$), superoxide radical($O2^{\bullet}$), peroxyl radical ($ROO^{\bullet}$), reactive oxygenspecies (ROS) เป็นต้น นอกจากนี้อนุมูลอิสระสามารถทำลายชีวโมเลกุลทุกประเภท ทั้งในเซลล์และส่วนประกอบของเซลล์สิ่งมีชีวิต เช่น ลิพิด โปรตีน เอนไซม์ ดีเอ็นเอ อาร์เอ็นเอ คาร์โบไฮเดรต เซลล์เมมเบรน คอลลาเจน ไมโตคอนเดรีย และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissues) ซึ่งเป็นสาเหตุให้เซลล์ตาย เกิดการกลายพันธุ์ของดีเอ็นเอในเซลล์ และก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ ได้แก่ โรคชรา(aging) โรคมะเร็ง(cancer) โรคหัวใจขาดเลือด(coronaryheart disease) โรคความจำเสื่อม(Alzheimer’s disease) โรคข้ออักเสบ(arthritis) โรคภูมิแพ้(allergies) โรคความดันโลหิต โรคเหงือก โรคเกี่ยวกับสายตา ความผิดปกติของปอดและระบบประสาท โรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ โรคเกี่ยวกับความผิดปกติของผิวหนัง และโรคลำไส้อักเสบ เป็นต้น อนุมูลอิสระนอกจากจะเกิดภายในสิ่งมีชีวิตแล้วอนุมูลอิสระสามารถเกิดจากภายนอกสิ่งมีชีวิตหรือในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การได้รับเชื้อโรค เช่น การติดเชื้อโรคไวรัสหรือเชื้อแบคทีเรีย โรคเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน (immune diseases) เช่น ข้ออักเสบ รูมาตอยด์ เป็นต้น จากรังสี เช่น รังสีอัลตราไวโอเลต รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา จากมลภาวะ เช่น ควันบุหรี่ แก๊สจากท่อไอเสีย เช่น ไนตรัสออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ เขม่าจากเครื่องยนต์ ฝุ่นจากกระบวนการประกอบอาหาร เช่น การย่างเนื้อสัตว์ที่มีส่วนประกอบของไขมันสูง การนำน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารที่มีอุณหภูมิสูง ๆ กลับมาใช้อีก การทำให้เกิดอาหารประเภทเกรียม ไหม้ หรือเกิดจากการ

ปิ้งย่าง จากยาบางชนิด เช่น โดโซรูบิซิน (doxorubicin) เพนนิซิลลามิน (penicillamine) พาราเซตามอล (paracetamol)

2.11 สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ คือ สารปริมาณน้อยที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยอนุมูลอิสระชนิดต่าง ๆ ได้ (Halliwell, 1995) สารเหล่านี้มีกลไกการทำงานต้านอนุมูลอิสระด้วยกันหลายแบบ เช่น ดักจับ (scavenge) อนุมูลอิสระโดยตรง ยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระหรือเข้าจับ (chelate) กับเหล็ก (Fe^{2+}) ป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระ เป็นต้น ปกติร่างกายคนเรานั้นจะมีสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติหลากหลายชนิดทั้งที่เป็นเอนไซม์ เช่น superoxide dismutase, catalase และ glutathione peroxide เป็นต้น และสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่ใช่เอนไซม์ เช่น urate, bilirubin และ transferrin เป็นต้น เนื่องจากสารเหล่านี้มีจำนวนจำกัด ดังนั้นเมื่อใดก็ตามที่มีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นเกินกว่ากำจัดได้หมด อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ ดังที่กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้พวกวิตามินบางชนิด เช่น บีตาแคโรทีน (β-carotene) วิตามินซี (vitamin C) วิตามินอี (vitamin E) รวมทั้งสารประกอบกลุ่ม polyphenols ต่าง ๆ ซึ่งมีรายงานพบมากในพืช ผัก ผลไม้ ทั่วไปยังจัดเป็นสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากแหล่งธรรมชาติที่ดีอีกกลุ่มหนึ่ง (Sies, 1991)

อนุมูลอิสระเกิดจากปัจจัยทั้งภายในและภายนอกร่างกาย เป็นสารที่ไม่เสถียรและมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา จึงสามารถจับกับโมเลกุลภายในร่างกายและส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อองค์ประกอบของเซลล์แล้วนำไปสู่การเสื่อมประสิทธิภาพและเป็นสาเหตุของโรคหลายชนิดโดยเฉพาะโรคมะเร็ง อนุมูลอิสระถูกทำลายด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งทำหน้าที่ให้ความเสถียรกับโมเลกุลของอนุมูลอิสระ ปกติร่างกายมนุษย์จะมีสารต้านอนุมูลอิสระคอยดักจับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น หากมีปริมาณมากเกินไปร่างกายจำเป็นต้องได้รับจากภายนอก สารต้านอนุมูลอิสระมีทั้งชนิดสังเคราะห์และมาจากธรรมชาติโดยเฉพาะผักผลไม้

ปัจจุบัน พบสารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากพืชผัก เครื่องเทศ และสมุนไพรได้รับความสนใจ และศึกษากันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความปลอดภัยของสารสกัดจากธรรมชาติ

สารต้านอนุมูลอิสระสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการออกฤทธิ์ (Sherwin, 1990) คือ

2.11.1 สารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิ

เป็นสารที่หยุดปฏิกิริยาอนุมูลอิสระโดยการให้อนุมูลไฮโดรเจน ($H^{\cdot}$) หรืออิเล็คตรอนแก่อนุมูลอิสระโดยตรงเป็นผลให้อนุมูลนั้นกลายเป็นสารที่มีความเสถียรขึ้น สารออกฤทธิ์ในลักษณะดังกล่าวได้แก่ สารประกอบกลุ่ม phenolic เช่น flavonoids, eugenol และ vanillin เป็นต้น มีรายงานว่า

สารต้านอนุมูลอิสระชนิดนี้จำทำหน้าที่ได้ดีที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ แต่เมื่อมีความเข้มข้นสูงขึ้นอาจกลายเป็นสารเสริมฤทธิ์ออกซิเดชันได้ (Rajalakshni and Narasimhan, 1996)

2.11.2 สารต้านอนุมูลอิสระทุติยภูมิ

สารต้านอนุมูลอิสระประเภทนี้ไม่ทำปฏิกิริยาโดยตรงกับอนุมูลอิสระแต่จะช่วยการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิในลักษณะต่าง ๆ เช่น จับกับ Fe^{2+} ดักจับออกซิเจน ดูกซับรังสียูวีไว้ เป็นต้น (Gordon, 2001)

2.11.3 ชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิด ได้แก่

1. สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (Synthetic antioxidants) สารประกอบฟีนอลิกสังเคราะห์ 5 ชนิด ได้แก่ propyl gallate, 2- butylated hydroxyanisole, 3- butylate hydroxyanisole, BHT (butylated hydroxytoluene) และ tertiary butylhydroquinone จัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันซึ่งเป็นสาเหตุทำให้อาหารมีกลิ่น สี และรสชาติที่เปลี่ยนไป สารสังเคราะห์เหล่านี้มีประสิทธิภาพและความคงตัวสูงกว่าสารสกัดจากธรรมชาติ แต่มีข้อจำกัดของการใช้ เนื่องจากเกิดปัญหาด้านความปลอดภัยในการบริโภค (Yang *et al.*, 2000; Pokorny *et al.*, 2001)

2. สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (Natural antioxidants) สารกลุ่มนี้ได้รับความสนใจและมีการค้นคว้าอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีความเชื่อว่ามีความปลอดภัยในการบริโภคที่มากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้ พบได้ทั้งในจุลชีพ สัตว์ และพืช ทั้งที่เป็นวิตามิน เช่น วิตามินซี วิตามินอี เบต้าแคโรทีน และสารที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ (non-nutrient) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นสารประกอบฟีนอลิก โดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenols) เช่น แซนโธน (xanthone) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลที่เกาะบนวงเบนซีน (aromatic hydroxyl) ตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป หมู่ฟังก์ชัน (functional group) สารเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการดักจับอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นหรือก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยการให้อนุมูล $H^{\cdot}$ แก่อนุมูลอิสระเหล่านั้น นอกจากนี้สารประกอบโพลีฟีนอลที่มีโครงสร้างของ ortho-dihydroxyl phenol อยู่ในโมเลกุล ยังสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูล $OH^{\cdot}$ ในปฏิกิริยาที่มีอนุมูลโลหะทรานซิชัน คือ $Fe2^{+}$ และ $Cu2^{+}$ เป็นตัวเหนี่ยวนำได้โดยการเข้าจับกับโลหะดังกล่าวเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (complex) (Sanchez-Moreno *et al.*, 2000) สารประกอบกลุ่มโพลีฟีนอลพบได้ในพืช สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดี

2.11.4 กลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ (Yanishlieva, 2001)

สารต้านอนุมูลอิสระมีกลไกการทำงานแบ่งได้เป็น 6 แบบใหญ่ ๆ คือ

2.11.4.1 ดักจับอนุมูลอิสระ (radical scavenging) โดยการให้ไฮโดรเจนหรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ ดังสมการ

$$R^{\bullet} + AH \longrightarrow RH + A^{\bullet}$$
$$RO^{\bullet} + AH \longrightarrow ROH + A^{\bullet}$$
$$R^{\bullet} + A^{\bullet} \longrightarrow RA$$
$$RO^{\bullet} + A^{\bullet} \longrightarrow ROA$$

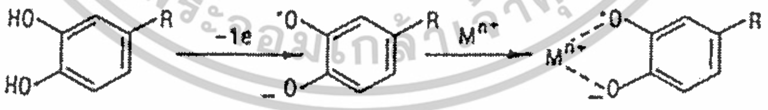
2.11.4.2 ยับยั้งการทำงานของ singlet oxygen (singlet oxygen quenching)

สารกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoids) สามารถยับยั้งการทำงานของ singlet oxygen โดยการเปลี่ยน singlet oxygen ($^1O_2^*$) ให้อยู่ในรูป triplet oxygen ($^3O_2$) และปล่อยพลังงานที่ได้รับออกไปในรูปความร้อน โดยที่ แคโรทีนอยด์ (Car) 1 โมเลกุล สามารถทำปฏิกิริยากับ singlet oxygen ได้ถึง 1,000 โมเลกุล (Sies *et al.*, 1992)

$$^1O_2^* + {}^1Car \longrightarrow {}^3O_2 + {}^3Car^*$$
$$^3Car^* \longrightarrow {}^1Car + \text{thermal energy}$$

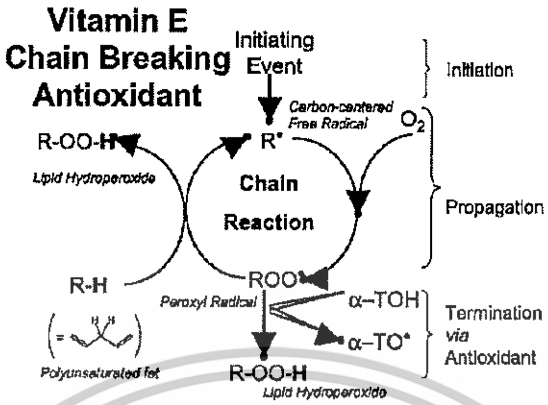
2.11.4.3 จับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (metal chelation)

สารที่สามารถจับโลหะที่สำคัญเหล่านี้คือ Fe^{2+} และ Cu^{2+} ได้แก่ flavonoids, phosphoric acid และ citric acid เป็นต้น สำหรับกลไกการจับโลหะของสารประกอบฟลาโวนอยด์ดังแสดงข้างล่าง



2.11.4.4 หยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ (chain-breaking)

วิตามินอี (α-tocopherol; Toc-OH) สามารถป้องกันเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลายจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (lipid autooxidation) โดยทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็คตรอน (electron-acceptor antioxidants) จากอนุมูล peroxyl ($ROO^{\bullet}$) (Burton and Traber, 1990) ดังแสดงในรูปที่ 2.6


Vitamin E
Chain Breaking
Antioxidant
Initiating Event
Initiation
Carbon-centered Free Radical
O_2
R-OO-H
Lipid Hydroperoxide
R'
Chain Reaction
Propagation
R-H
ROO'
Peroxyl Radical
α–TOH
α–TO'
Termination via Antioxidant
Polyunsaturated fat
R-OO-H
Lipid Hydroperoxide

รูปที่ 2.6 การทำงานของวิตามินอีในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน
ที่มา : Burton and Traber (1990)

2.11.4.5 เสริมฤทธิ์ (synergism)

สารชนิดนี้จะช่วยสนับสนุนให้สารต้านอนุมูลอิสระทำงานได้ดีขึ้น เช่น การทำงานร่วมกันระหว่าง α-tocopherol กับ ascorbic acid โดยที่ ascorbic acid ไม่สามารถทำงานในระบบ hydrophobic ได้เหมือนกับ α-tocopherol แต่จะให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูล α-tocopherol peroxyl ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง α-tocopherol กับอนุมูล peroxyl (ROO') เปลี่ยนรูปกลับไปเป็น α-tocopherol ที่สามารถทำงานได้ (Frankel, 1998)

2.11.4.6 ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ (enzyme inhibition)

สารประกอบ phenolic บางชนิด เช่น flavonoid, phenolic acid และ gallates สามารถยับยั้ง lipoxygenase โดยสามารถเข้าจับกับไอออนของเหล็กซึ่งเป็นโคแฟกเตอร์ (cofactor) มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าว (Puerta, 1999)

2.11.5 การสกัดและการตรวจสอบฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระส่วนใหญ่เป็นสารประกอบฟีนอลิก สารกลุ่มนี้มีหลายชนิด ตัวอย่างเช่น tocopherol, tocotrienol, γ- oryzanol, oryzanols (Lai *et al.*, 2007), caffeic acid, syring acid, rutin, (-)-epicatechin, (+)-catechin, gallic acid, vanilic acid, *p*-coumaric acid, feruric acid และ quercetin (Que *et al.*, 2007) รวมทั้งสารจำพวกฟลาโวนอยด์ (Vichitphan *et al.*, 2007; Ramamoorthy and Bono, 2007) โดยทั่วไปในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกมักใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะและองค์ประกอบของสารตัวทำละลายอินทรีย์

ที่นิยมใช้สำหรับสกัดสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ น้ำ เมธานอล เอธานอล (Alluri *et al.*, 2009) เอธิลอะซิเตค (Ramamoorthy and Bono, 2000; Lai *et al.*, 2009) และตัวทำละลายที่มีขั้วต่างกัน เช่น เฮกเซน (C_6H_{14}) อะซีโตน (C_3H_6O) คลอโรฟอร์ม ($CHCl_3$) ปิโตรเลียมอีเทอร์ หรือคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4) ผลการทดลองแสดงได้ว่า สารต้านอนุมูลอิสระมักประกอบด้วยสารหลายชนิดที่ทำงานเสริมกัน จึงจะมีประสิทธิภาพสูงในการทำงาน ปัจจุบันพบว่า พืชผักและผลไม้ที่มีสี เช่น สีแดง ดำ หรือ ม่วง จะมีสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง (Zang *et al.*, 2006) วิธีการที่นิยมนำมาใช้ในการตรวจสอบฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระมีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีความจำเพาะต่อสารแตกต่างกัน โดยปกติแล้วการตรวจสอบมักจะสรุปผลจากหลายวิธีร่วมกัน เพื่อทำให้ผลการทดสอบมีความถูกต้องยิ่งขึ้น วิธีที่ใช้ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่นิยมได้แก่ 2,2-Diphenyl-1-picryhydrazyl (DPPH) (Que *et al.*, 2006), Ferric reducing /antioxidant power (FRAP) (Alia *et al.*, 2009; Ramamoorthy and Bono, 2007), Trolox equivalents antioxidant capacity (TEAC), lipid peroxidation reducing power และ metal chelating ability (Lai *et al.*, 2007) ส่วนเครื่องมือที่นิยมใช้ในการตรวจหาชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้รับความนิยม คือ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (Vichitphan *et al.*, 2007; Lai *et al.*, 2007)

2.11.6 ประโยชน์ของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีต่อร่างกาย

1. ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง ซึ่งทำหน้าที่ขับสารพิษที่เป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งออกจากร่างกาย
2. ช่วยชะลอความเสื่อมสภาพของเซลล์ต่าง ๆ ช่วยลดความเสื่อมสภาพของร่างกาย ช่วยคงความอ่อนวัยและมีอายุยืนยาวมากขึ้น
3. ช่วยป้องกันและยับยั้งการเจริญเติบโตการเกิดเนื้องอกในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
4. ช่วยป้องกันและลดการเกิดโรคภูมิแพ้
5. ช่วยสร้างคอลลาเจนใต้ชั้นผิว ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเนื้อเยื่อที่จะทำให้ผิวเต่งตึง ลดรอยตีนกาและความหย่อนคล้อย
6. ลดความเสี่ยงต่อโรคอัลไซเมอร์ในผู้สูงอายุ
7. ช่วยปกป้องเซลล์ผิวหนังจากแสงแดด ความร้อน และรังสียูวีในอากาศเปรียบเสมือนเกราะป้องกัน ไม่ให้ผิวเสื่อมสภาพ และยังทำหน้าที่ซ่อมแซมเซลล์ผิวไม่ให้หมองคล้ำ
8. ช่วยลดการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคทางสมอง โรคหลอดเลือด โรคหัวใจ โรคความดัน โรคกระดูกพรุน และโรคเรื้อรังที่พบในผู้ใหญ่วัยกลางคนไปจนถึงวัยสูงอายุ

2.11.7 อาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ

1. วิตามินซี

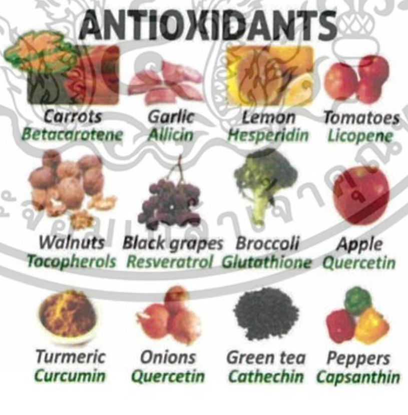
ในวิตามินซีมีสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นตัวช่วยเสริมสร้างคอลลาเจนให้กับชั้นผิว ทำหน้าที่ซ่อมแซมกระดูกอ่อน เส้นเอ็น ผนังหลอดเลือดให้มีความแข็งแรงมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดการอักเสบ การติดเชื้อ และกำจัดแบคทีเรียและไวรัสไม่ให้เข้าสู่ร่างกายอีกด้วย อาหารที่มีวิตามินซีสูง เช่น ส้มเขียวหวาน ฝรั่ง มะขามป้อม พริกชี้ฟ้าเขียว มะละกอสุก เป็นต้น

2. วิตามินอี

ประโยชน์จากวิตามินอีจะช่วยป้องกันความเสื่อมสภาพของเซลล์จากแสงแดดและรังสียูวี ลดการเกิดริ้วรอยบนใบหน้าและตามผิวหนัง อีกทั้งยังช่วยเสริมการสร้างคอลลาเจนให้กับผิว อาหารที่มีวิตามินอีสูง เช่น งา เมล็ดทานตะวัน ฟักทอง น้ำมันพืช เนยเทียม นม และข้าวโพด เป็นต้น

3. เบต้าแคโรทีน

สารต้านอนุมูลอิสระชนิดนี้ มีหน้าที่ช่วยป้องกันการเกิดโรคในร่างกาย ลดความเสื่อมสภาพของเซลล์ต่าง ๆ และซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ และที่สำคัญยังมีหน้าที่กำจัดสารก่อมะเร็ง ยับยั้งเซลล์มะเร็งให้น้อยลง อาหารที่มีเบต้าแคโรทีนสูง เช่น แครอท ฟักทอง แคนตาลูป มะละกอ ผักที่มีสีสันสดใส และมะเขือเทศ เป็นต้น (ที่มา : https://www.honestdocs.co/antioxidants-longevity ; สืบค้นเมื่อ 28 มกราคม 2562)


ANTIOXIDANTS
Carrots
Betacarotene
Garlic
Allicin
Lemon
Hesperidin
Tomatoes
Licopene
Walnuts
Tocopherols
Black grapes
Resveratrol
Broccoli
Glutathione
Apple
Quercetin
Turmeric
Curcumin
Onions
Quercetin
Green tea
Cathechin
Peppers
Capsanthin

รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างของอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ
ที่มา : https://www.honestdocs.co/antioxidants-longevity
; สืบค้นเมื่อ 28 มกราคม 2562

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Dipti *et al.* (2003) กล่าวว่า ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของคอมบูชาเป็นผลมาจากสารโพลีฟีนอลในชาหมักและเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย มีการทดลองให้หนูกินชาหมักคอมบูชา ในระยะเหนี่ยวนำการออกซิเดชัน แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่มีศักยภาพของชาหมัก เช่น การออกซิเดชันไขมันและการแตกหักของสายดีเอ็นเอลดลง

Cao *et al.* (1996) กล่าวว่า สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในชาหมักคอมบูชาเกิดจากสารในใบชา ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยโพลีฟีนอลโดยเฉพาะคาเทชินซึ่งเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่อยู่ในกลุ่มฟลาโวน

Kallel *et al.* (2012) กล่าวว่า โดยทั่วไป เครื่องดื่มคอมบูชา เตรียมได้จากชาดำ ร้อยละ 1-2 ต้มในน้ำเดือดเพื่อสกัดสารอาหารและแร่ธาตุต่าง ๆ ออกจากใบชา เติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5-10 ในปริมาณที่พอเหมาะเพื่อใช้เป็นแหล่งสารอาหารในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จากนั้นเติมน้ำหมักของหัวเชื้อคอมบูชาร้อยละ 10-20 และแผ่นเซลลูโลสของหัวเชื้อคอมบูชาร้อยละ 2.5-5.0 บ่มที่อุณหภูมิ 25-37 ° C เป็นเวลา 7-12 วัน เพื่อให้จุลินทรีย์ดำเนินกิจกรรมการหมัก

Packer *et al.* (1999) กล่าวว่า สารประกอบฟีนอลิกทำหน้าที่เป็นตัวขับไล่หรือดักจับอนุมูลอิสระที่สำคัญคือ อนุมูลเปอร์ออกซี

Blois (1958) กล่าวว่า อนุมูล $DPPH^{\bullet}$ เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัว มีสีม่วง อยู่ในรูปอนุมูลอยู่แล้ว โดยไม่ต้องทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดอนุมูลเหมือนกับกรณีอนุมูล $ABTS^{+\bullet}$ การวิเคราะห์เป็นการวัดความสามารถของสารทดสอบในการดักจับอนุมูลอิสระโดยวิธีให้ไฮโดรเจนอะตอม การวัดทำโดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) วัดการลดลงของสีเมื่อเติมสารต้านออกซิเดชันลงไป โดยวัดการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร DPPH radical ใช้ในการทดสอบความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระของสารตัวอย่าง (scavenging activity) สารละลายของ $DPPH^{\bullet}$ มีสีม่วงในเอทานอลและเมื่อได้รับ H จะเปลี่ยนเป็น สารละลายสีเหลือง

Falcioni *et al.* (2002) กล่าวว่า สารประกอบฟีนอลิกที่เพิ่มขึ้นมาจากสารประกอบโพลีฟีนอล จุลินทรีย์ในคอมบูชา (ยีสต์และแบคทีเรียกรดอะซิติก) ปล่อยเอนไซม์ระหว่างกระบวนการหมักมาย่อยสารประกอบโพลีฟีนอลให้อยู่ในรูปโมเลกุลเล็ก ๆ ดังนั้นฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างจะได้มาจากสารประกอบฟีนอลิก รวมไปถึงสารประกอบฟลาโวนอยด์

Torskangerpoll and Andersen. (2005) กล่าวว่า แอนโทไซยานินเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่พบมากในผักและผลไม้ ที่มีความสามารถเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ค่า pH เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดใน

การกำหนดความเสถียรของแอนโทไซยานิน ภายใต้สภาวะความเป็นกรดแอนโทไซยานินจะรักษาความเป็นโครงสร้างทางเคมีและมีความเสถียรมากขึ้น

Tie-Yan, Kandasamy Saravanakumar and Myeong-Hyeon. (2018) ศึกษาวิธีการฆ่าเชื้อ 3 วิธี (high hydrostatic pressure sterilization, ultraviolet sterilization, และ ultra-high temperature sterilization) ต่อความเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเคมีและทางด้านจุลชีววิทยาของไวน์ข้าว Makgeolli ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 15 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ ผลที่ได้ชี้ให้เห็นว่า พีเอช ปริมาณกรด สี น้ำตาลรีดิวซ์ และ แอลกอฮอล์ไม่แตกต่างจากเดิมมากนักในแต่ละวิธีฆ่าเชื้อ แต่ปริมาณจุลินทรีย์และรสสัมผัสแตกต่างอย่างชัดเจน ปริมาณจุลินทรีย์ของ Makgeolli ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วมีปริมาณต่ำกว่าที่ยังไม่ผ่านการฆ่าเชื้ออย่างชัดเจนหลังจากผ่านการเก็บรักษา 20 สัปดาห์ ลักษณะทางประสาทสัมผัสขึ้นอยู่กับวิธีฆ่าเชื้อที่ใช้ ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า วิธี high hydrostatic pressure เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการฆ่าเชื้อไวน์ข้าว Makgeolli

Amarasinghe et al., (2017) ได้ทำการศึกษาการหมักคอมบูชา ทำได้โดยการนำหัวเชื้อในชาที่ถูกเพาะไว้ก่อนหน้าลงไปในน้ำชาที่มีความสดใหม่ ซึ่งชาตัวอย่างนี้จะถูกหมักเพื่อใช้ในการบ่มเพาะเชื้อราภายใต้สภาวะที่มีอากาศเป็นระยะเวลาระหว่าง 7-10 วัน ในการวิจัยนี้ตัวอย่างชาหมักจำนวน 4 ชุดตัวอย่าง ได้ถูกจัดเตรียมไว้โดยการใส่เชื้อราในชาดำศรีลังกา ณ ความเข้มข้นที่ต่างกันเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและคุณภาพของตัวอย่างจะถูกตรวจสอบก่อนที่จะเริ่มกระบวนการหมักหนึ่งวันและต่อมาเป็นประจำทุกสัปดาห์ ตัวอย่างทั้งหมดมีความเปลี่ยนแปลงที่แสดงให้เห็นถึงปฏิกิริยาในการต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.5$) ในช่วงปลายสัปดาห์ที่ 8 แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติการทำงานที่ลดลงของเครื่องดื่ม พิจารณาจากสมบัติทางเคมีกายภาพ จะเห็นได้ว่าความเป็นกรดและความขุ่นที่เพิ่มขึ้นซึ่งอาจส่งผลต่อการบริโภคเครื่องดื่มหมักลดลง ดังนั้น เราจำเป็นที่จะต้องศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการทดสอบการสะสมของกรดอินทรีย์ กรดนิวคลีอิก และความเป็นพิษของชาหมักที่มีผลต่ออวัยวะของมนุษย์ตามระยะเวลาในการหมักที่เพิ่มขึ้น

Tzu-Ying, Jia-Shiun and Chinshuh. (2015) ได้ทำการศึกษาชาหมักคอมบูชาดั้งเดิมคือการหมักชาดำและน้ำตาล ชาดำหวาน (ร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร) และน้ำต้นอ่อนข้าวสาลี ผสมกันในอัตราส่วนต่าง ๆ และใช้เป็นสารตั้งต้นในการหมักเพื่อเพิ่มสารประกอบฟีนอลิกและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ หัวเชื้อประกอบไปด้วยยีสต์ (*Dekkera bruxellensis*) และแบคทีเรียกรดอะซิติก (*Gluconacetobacter rhaeticus* และ *Gluconobacter roseus*) เติมร้อยละ 20 โดยปริมาตร และหมักในสภาวะปกติ ที่อุณหภูมิ 29 ± 1 องศาเซลเซียส 12 วัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของคอมบูชาผสมน้ำต้นอ่อนข้าวสาลีมีค่าสูงกว่าการหมักคอมบูชาแบบดั้งเดิม คอมบูชาผสมน้ำต้นอ่อนข้าวสาลีแสดงให้เห็นถึงสารประกอบฟีนอลิกต่าง ๆ เช่น กรดแกลลิค คาเทชิน กรดคาเฟอิก กรดเฟอร์รูลิก รูทิน และ กรดคลอโรเจนิกเมื่อเทียบกับการเตรียมการหมักคอมบูชาแบบดั้งเดิม เมื่อเติมน้ำต้นอ่อนข้าวสาลีทำให้ค่า

ร้อยละการกำจัดอนุมูลของ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) ของคอมบูชาสูงถึงมากกว่าร้อยละ 90 ในขณะที่ค่าการดักจับอนุมูลออกซิเจนเพิ่มขึ้นจาก 5.0 μmol trolox equivalents/mL ถึง 12.8 μmol trolox equivalents/mL หรือเพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 67 โดยปริมาตรอัตราส่วนชาดำต่อน้ำต้นอ่อนข้าวสาลี 1: 1 (โดยปริมาตร) หมักเป็นเวลา 3 วัน เกิดกรดฟีนอลิกชนิดต่าง ๆ และมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการหมักคอมบูชาโดยใช้ชาดำผสมน้ำต้นอ่อนข้าวสาลี ให้ปริมาณกรดฟีนอลิกมากกว่าการหมักคอมบูชาแบบดั้งเดิมและสามารถเพิ่มศักยภาพในการลดการเกิดออกซิเดชันได้อีกด้วย

ปฏิญญา มั่นเกษตรกิจ และ สกุณณี บวรสมบัติ (2561) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากจากชาดำโดยเชื้อบริสุทธิ์ โดยคัดแยกแบคทีเรียกรดอะซิติกจากหัวเชื้อคอมบูชาของโรงงานและน้ำหมักผลไม้เพื่อใช้ผลิตคอมบูชาจากชาดำ ตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยา และชีวเคมี สามารถคัดแยกแบคทีเรียกรดอะซิติกได้ 38 ไอโซเลท เมื่อตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาและชีวเคมี พบว่ามี 34 ไอโซเลทเป็นแบคทีเรียจีนัส *Acetobacter* sp. และ 4 ไอโซเลทเป็นแบคทีเรียจีนัส *Gluconacetobacter* sp. เมื่อทดสอบความสามารถในการผลิตกรด พบว่าไอโซเลท K3-13 สามารถผลิตกรด ได้สูงสุด 7.44 g/L และสามารถเจริญได้ในอาหารที่มีความเข้มข้นของเอทานอล และกรดอะซิติกสูงร้อยละ 8 และร้อยละ 4 เมื่อนำไอโซเลท K3-13 มาใช้ในการหมักชาดำเป็นเวลา 21 วัน พบว่าค่าพีเอชลดลงเหลือ 2.54 ให้ปริมาณกรดสูง 18.08 กรัมต่อลิตร เมื่อวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกด้วยวิธี Folin-Ciocalteu Colorimetric method พบว่ามีปริมาณสูงสุด 43.98 ± 0.6 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร และวิเคราะห์กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay พบว่า มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 139.31 ± 1.20

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 ชาอูหลง (ตราสามม้า)

3.1.1.2 น้ำตาลอ้อย ตรามิตรผล

3.1.1.3 ดอกกระเจี๊ยบแห้ง

3.1.1.4 ชาอูหลงตรานายพลต้วน เบอร์ 12

3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.1.2.1 2,2-diphenyl-1-picryhydrazyl

3.1.2.2 Absolute ethanol

3.1.2.3 0.1M Sodium hydroxide

3.1.2.4 0.1% Phenolphthalein

3.1.2.5 70% Ethanol

3.1.2.6 95% Ethanol

3.1.2.7 2% Sodium carbonate

3.1.2.8 50% Folin-ciocaltau reagent

3.1.2.9 Potassium hydrogen phthalate ($KHC_8H_4O_4$, KHP)

3.1.2.10 5% Propanol

3.1.2.11 Standard gallic

3.1.2.12 อาหาร Plate count agar (PCA)

3.1.2.13 อาหาร Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC)

3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.3.1 ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 และ 500 มิลลิลิตร

3.1.3.2 หลอดทดลอง

3.1.3.3 ขวดเก็บตัวอย่าง

3.1.3.4 กรวยแก้ว

3.1.3.5 ตะเกียงแอลกอฮอล์

3.1.3.6 ปิเปต ขนาด 1,2,5,10 มิลลิลิตร

3.1.3.7 บิวเรตต์

3.1.3.8 บีกเกอร์ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร

3.1.3.9 กระบอกตวง 100 ,500 มิลลิลิตร

3.1.3.10 ขวดปรับปริมาตร 10, 25, 100 มิลลิลิตร

3.1.3.11 โหลแก้ว ขนาด 1000 และ 3000 มิลลิลิตร (สำหรับหมักคอมบูชา)

3.1.3.12 ขวดแก้วขนาด 250 มิลลิลิตร และฝาเกลียว (สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา)

3.1.3.13 คิวเวตต์

3.1.3.14 96-well plate

3.1.3.15 หลอดเซนตริฟิวจ์ขนาด 50 มิลลิลิตรและฝา

3.1.3.16 ไมโครปิเปต ขนาด 20 และ 200 ไมโครลิตร

3.1.3.17 ถาดสแตนเลส

3.1.3.18 ทิปเหลือง

3.1.3.19 ผ้าขาวบาง

3.1.3.20 หนังยาง

3.1.3.21 จุกยาง

3.1.3.22 ขวดน้ำกลั่น

3.1.3.23 ขวด Duran ขนาด 500 มิลลิลิตร

3.1.3.24 แท่งแก้วงอ (spreader)

3.1.3.25 แท่งแก้วคนสาร

3.1.3.26 ช้อนตักสาร

3.1.3.27 จานเพาะเชื้อ

3.1.3.28 สำลีและผ้ากลอส

3.1.3.29 ขวดสีชา

3.1.3.30 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง (Sartorius TE214S, Germany)

3.1.3.31 เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter) (Mettler-Toledo CH 8603, Switzerland)

3.1.3.32 หม้อนึ่งอัดไอ (autoclave) (HIRAYAMA HVE-50, Japan)

3.1.3.33 เครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท (Microplate reader) (BMG LABTECH FLUO Star Omega, The United State of America)

3.1.3.34 เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) (HERMLE Z383K, Germany)

3.1.3.35 เครื่องวิเคราะห์และแยกสารโดยใช้แก๊ส (Gas chromatography, GC) (SHIMADZU C121652, Japan)

3.1.3.36 Refractometer (ATAGO N-1α, Japan)

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 ศึกษากระบวนการหมักและการปรับปรุงรสชาติชาหมักคอมบูชาจากกระเจี๊ยบ

3.2.1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำดอกกระเจี๊ยบแห้ง อบให้แห้งอีกครั้งที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วัน เก็บใส่ถุงพลาสติกนำเข้าตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) ตามวิธีของ Ebrahimi Pure A และ Ebrahimi pure M (2016) สำหรับชาอูหลง ใช้ใบชาตราสามม้า

3.2.1.2 การเตรียมหัวเชื้อในการหมักคอมบูชา

ต้มน้ำให้เดือด ใส่ชาอูหลงตราสามม้าร้อยละ 0.4 โดยมวลต่อปริมาตร ห่อใส่ผ้าขาวบางมัดด้วยด้าย ต้มนาน 5 นาที เมื่อครบ 5 นาทีนำใบชาออก เบาไฟลง แล้วเติมน้ำตาลอ้อยร้อยละ 7 โดยมวลต่อปริมาตร คนจนละลาย ยกลงจากเตา ทิ้งให้เย็น นำใส่โหลแก้วที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ปิดด้วยผ้าขาวบางที่ฆ่าเชื้อแล้วและรัดด้วยหนังยาง หลังจากนั้นเติมแผ่นเซลลูโลสร้อยละ 3 โดยมวลต่อปริมาตร และเติมน้ำหมักร้อยละ 10 โดยปริมาตรต่อปริมาตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง (30±2) เป็นเวลา 10 วัน

3.2.1.3 การหมักคอมบูชาจากชาอูหลง และดอกกระเจี๊ยบ

ต้มน้ำให้เดือด ใส่ใบชาอูหลงตราสามม้าและดอกกระเจี๊ยบร้อยละ 1.0 โดยมวลต่อปริมาตรและใช้อัตราส่วนของชาอูหลงต่อดอกกระเจี๊ยบ 1:1 ห่อด้วยผ้าขาวบางมัดด้วยด้าย ต้มนาน 5 นาที หลังจากนั้นปิดแก๊สและแช่ชาต่ออีก 15 นาที เมื่อครบ 15 นาทีนำชาออก เปิดแก๊สด้วยไฟเบา ๆ เติมน้ำตาลอ้อยลงไปร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร คนจนละลาย ทิ้งให้เย็น นำมาบรรจุใส่โหลแก้วขนาด 3 ลิตรที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว โหลละ 2000 มิลลิลิตร ปิดด้วยผ้าขาวบางที่ฆ่าเชื้อแล้ว รัดรอบปากโหลด้วยยาง หลังจากนั้นเติมหัวเชื้อที่ได้จากข้อ 3.2.1.2 โดยใส่แผ่นเซลลูโลสร้อยละ 3 โดยมวลต่อปริมาตร และน้ำหมักร้อยละ 10 โดยปริมาตรต่อปริมาตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 9 วัน

3.2.1.4 ขั้นตอนการปรับปรุงรสชาติ

เตรียมชาอูหลงเบอร์ 12 ตรานายพลต้วน โดยต้มน้ำให้เดือด นำชาอูหลงร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร มาห่อด้วยผ้าขาวบาง เมื่อน้ำเดือดให้ใส่ชาลงไปต้ม 5 นาที ปิดแก๊สแช่ชาต่ออีก 15 นาที หลังจากนั้นเปิดแก๊สเบา ๆ เติมน้ำตาลอ้อยร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร คนให้ละลาย เร่งไฟให้ชาพอเดือดเป็นการพาสเจอไรซ์ แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น หลังจากนั้นนำมาผสมกับชาหมักอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ผ่านการหมักเป็นเวลา 9 วัน ในอัตราส่วน 1:1 จะได้ผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบ เติมกลิ่นชาสังเคราะห์ร้อยละ 0.05 จะได้ผลิตภัณฑ์คอมบูชาที่จะนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

3.2.2 ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการต่าง ๆ

หมักชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบในอัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 9 วัน จากนั้นกรองเอาแผ่นเซลลูโลสออก นำชาหมักที่ได้มาปรับปรุงรสชาติตามหัวข้อที่ 3.2.1.4 โดยใช้คอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบและชาอูหลงหวานรวมทั้งกลิ่นชาสังเคราะห์ จากนั้นนำมาฆ่าเชื้อโดยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

วิธีที่ 1 การพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

วิธีที่ 2 การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยปริมาตร (500 ppm)

นำคอมบูชาที่ได้จากการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการต่าง ๆ บรรจุขวด เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 วัน เก็บตัวอย่างทุก 10 วัน วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์

3.2.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ได้ภายหลังการฆ่าเชื้อ

3.2.3.1 ค่า pH โดยเครื่อง pH meter

3.2.3.2 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก (AOAC, 2000)

1) สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH, Mw = 40 g/mol)

เตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N (โดยประมาณ) โดย

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จากนั้นนำไป standardize ด้วยสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมพาทาเลต ($KHC_8H_4O_4$, Mw = 204.229 g/mol)

วิธีทำ standardize สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำโดย ละลายสารโปตัสเซียมพาทาเลต ที่ผ่านการอบแห้งที่ 120 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และนำมาทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ นำสารมาชั่ง 0.6000-0.7000 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตรในขวดรูปชมพู่ จากนั้นหยดฟีนอฟทาลีนเข้มข้นร้อยละ 1 ลงไปในสารละลายโปตัสเซียมพาทาเลต จำนวน 2 หยด แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่บรรจุอยู่ในบิวเรต จนกระทั่งสารละลายเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อนที่คงตัว (จุดยุติ) โดยทำการไทเทรต 3 ครั้ง บันทึกปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต

$$\text{ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์} = \frac{\text{จำนวนกรัมของ } KHC_8H_4O_4 \times 1000}{\text{มิลลิลิตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์} \times 204.229}$$

2) สารละลายฟีนอฟทาลีนเข้มข้นร้อยละ 1 เตรียมโดยละลายฟีนอฟทาลีน 0.1 กรัม ในเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในตัวอย่างชาหมักคอมบูชาทำได้ดังนี้

ปิเปตตัวอย่างชาหมักคอมบูชา 10 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอฟทาลีน 2 หยด ทำการไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน จนได้สีชมพูจาง ๆ คงที่ บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง แล้วคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมด ตามสูตร

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก (ร้อยละ)} = \frac{C \times V \times M.W. \times 100}{1000 \times \text{ปริมาตรของสารตัวอย่าง}}$$

โดยที่ C = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน NaOH (โมลต่อลิตร)

V = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต (มิลลิลิตร)

M.W. = มวลโมเลกุลของกรดอะซิติก มีค่าเท่ากับ 60.05 กรัม

3.2.3.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด โดยใช้ Refractometer

3.2.3.4 ปริมาณเอทานอล โดยวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC)

1) เตรียมสารละลายมาตรฐานเอทานอลโดยใช้เอทานอลบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 ความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25

2) เตรียมสารละลายมาตรฐานภายในโดยใช้โพรพานอลที่มีความเข้มข้นร้อย

ละ 5 โดยปริมาตร แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.2 ไมครอน นำใส่ขวดและพันฝาขวดด้วยพาราฟิล์ม

ทำการผสมสารในข้อ 1 และ 2 เข้าด้วยกันในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร (500 ไมโครลิตร ต่อ 500 ไมโครลิตร) ใส่ลงในขวดVial ขนาดเล็ก ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปวิเคราะห์โดยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี นำค่าที่ได้มาสร้างเป็นกราฟมาตรฐาน

ผสมสารละลายมาตรฐานภายใน (โพรพานอล) กับสารตัวอย่าง (ชาหมักคอมบูชาจากกระเจี๊ยบ) ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร (500 ไมโครลิตร ต่อ 500 ไมโครลิตร) ใส่ลงในขวด Vial ขนาดเล็ก ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปวิเคราะห์โดยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟีโดยใช้สภาวะเดียวกันกับการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐาน แล้วคำนวณความเข้มข้นของเอทานอลในสารละลายตัวอย่างจากกราฟมาตรฐาน

3.2.3.5 การวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี Folin – Ciocalteua

การวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolics content) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu โดยดัดแปลงวิธีของ Singleton and Rossi (1965) ทำโดยเริ่มจากการเตรียมสารเคมี ดังนี้

1. เตรียม 2% sodium carbonate โดยชั่ง Na_2CO_3 0.2 กรัม ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น เขย่าให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกันและปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร

2. เตรียม 50% Folin-Ciocalteu phenol reagent เตรียมโดยใส่ Folin Ciocalteu phenol reagent ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น เขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกันและปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร

3. เตรียมสารละลายมาตรฐานแกลลิก ($C_7H_6O_5$) เตรียมโดยละลายสารมาตรฐานแกลลิกจำนวน 0.01 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร ด้วยขวดปรับปริมาตร จะได้ working solution ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร หลังจากนั้นนำมาเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นำมาวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอล (polyphenol)

เมื่อเตรียมสารครบแล้วดูดสารตัวอย่าง 10 ไมโครลิตร ใส่ลงในไมโครเพลท ตามด้วย 2% โซเดียมคาร์บอเนต 200 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 2 นาที แล้วเติม 50% Folin-Ciocalteu phenol reagent 10 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที ส่วนแบลงค์ตัวอย่างจะใช้ตัวอย่าง 10 ไมโครลิตรและน้ำกลั่น 210 ไมโครลิตร นำทั้งหมดไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 750 นาโนเมตร โดยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท (Microplate reader) นำค่าที่คำนวณได้มาหาปริมาณฟีนอลิก

โดยเปรียบเทียบกับกราฟของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ความเข้มข้น 0-1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ใช้ตัวอย่าง 3 โหล ทำตัวอย่างละ 6 ซ้ำ)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	ตัวอย่างโหลที่ 1						แบลงค์ตัวอย่างโหลที่ 1					
B	ตัวอย่างโหลที่ 2						แบลงค์ตัวอย่างโหลที่ 2					
C	ตัวอย่างโหลที่ 3						แบลงค์ตัวอย่างโหลที่ 3					
D												
E												
F												
G												
H												

3.2.3.6 การวิเคราะห์กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Blois, 1958)

นำตัวอย่างปริมาตร 100 ไมโครลิตร มาผสมกับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ที่ละลายในเอทานอล 100 ไมโครลิตร บ่มสารที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที และวัดการลดลงของอนุมูลอิสระ DPPH ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ทำการคำนวณฤทธิ์ในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันตามสมการ ดังนี้

$$\text{กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ(ร้อยละ)} = [(A_{control} - A_{sample}) / A_{control}] \times 100$$

โดยที่ A_{sample} เป็นค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่เติมสารละลาย DPPH
A_{blank} เป็นค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างและน้ำกรอง
$A_{control}$ เป็นค่าการดูดกลืนแสงของเอทานอลที่เติมสารละลาย DPPH

ซึ่งค่ากิจกรรมในการดักจับอนุมูลอิสระหาได้จากการนำแต่ละตัวอย่างมาวิเคราะห์ทั้งหมด 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A												
B												
C												
D	ตัวอย่างโหลที่ 1 (ตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร+ 0.2 mM DPPH 100 ไมโครลิตร)						แบลงค์ตัวอย่างโหลที่ 1 (ตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร +น้ำกลั่น 100 ไมโครลิตร)					
E	ตัวอย่างโหลที่ 2 (ตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร+ 0.2 mM DPPH 100 ไมโครลิตร)						แบลงค์ตัวอย่างโหลที่ 2 (ตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร +น้ำกลั่น 100 ไมโครลิตร)					
F	ตัวอย่างโหลที่ 3 (ตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร+ 0.2 mM DPPH 100 ไมโครลิตร)						แบลงค์ตัวอย่างโหลที่ 3 (ตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร +น้ำกลั่น 100 ไมโครลิตร)					
G	ชุดควบคุม (control) (เอทานอล 100 ไมโครลิตร+ 0.2 mM DPPH 100 ไมโครลิตร)						แบลงค์ชุดควบคุม (blank control) (เอทานอล 200 ไมโครลิตร)					
H												

3.2.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ได้ภายหลังการฆ่าเชื้อ

ทดสอบโดยการ spread บนอาหาร Plate count agar (PCA) สำหรับตรวจหาแบคทีเรีย และอาหาร Dichloran Rose Bengal chloramphenicol agar (DRBC) สำหรับตรวจหายีสต์และรา

3.2.5 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ได้ภายหลังการฆ่าเชื้อ

ทำการทดสอบชิมโดยผู้ที่มีประสบการณ์ในการชิมชาคอมบูชา จำนวน 30 คน โดยให้คะแนนทางประสาทสัมผัสในด้าน ความใส สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนอยู่ที่ 1-9 โดย 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด

3.2.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดลองหัวข้อการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชา วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) มีจำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) และวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองด้วย Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) สำหรับการศึกษาในหัวข้อการฆ่าเชื้อ ซึ่งมี 2 ชุดการทดลอง วิเคราะห์โดยใช้ T-test (Independent t-test) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 การศึกษาคุณภาพทางเคมีของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ผ่านการปรับปรุงรสชาติและผ่านการฆ่าเชื้อโดยวิธีต่าง ๆ เก็บรักษาเป็นเวลา 60 วันที่อุณหภูมิห้อง

จากการหมักคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบโดยใช้อัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 9 วัน และได้ทำการปรับปรุงรสชาติโดยใช้ชาอูหลงหวานและกลิ่นชาสังเคราะห์เป็นตัวปรับปรุงรสชาติ ได้อัตราส่วนคอมบูชาต่อชาอูหลงหวานเท่ากับ 1:1 และกลิ่นชาสังเคราะห์ร้อยละ 0.05 จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อ 2 วิธีที่แตกต่างกัน คือ การพาสเจอไรซ์ที่ 85 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เปรียบเทียบกับการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม บรรจุขวดเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 วัน เก็บตัวอย่างทุก 10 วัน วิเคราะห์ผล พบว่า

4.1.1 ค่าพีเอช

ในวันแรกของการเก็บรักษา (0 วัน) คอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์มีค่าพีเอช 3.38 ± 0.01 ซึ่งสูงกว่าคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ซึ่งมีค่าพีเอช 3.35 ± 0.00 อาจเนื่องจากการพาสเจอไรซ์ซึ่งใช้ความร้อน ทำให้กรดอินทรีย์ที่ระเหยได้ (volatile acid) มีการระเหยออกไปจากคอมบูชาบางส่วน มีผลทำให้คอมบูชาที่ผ่านการพาสเจอไรซ์มีค่าพีเอชที่สูงกว่า เมื่อเก็บรักษาจนถึง 60 วัน คอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้งสองวิธีมีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชน้อยมาก จะพบว่าคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอไรซ์ และคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีค่าพีเอช 3.38 ± 0.10 และ 3.32 ± 0.07 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

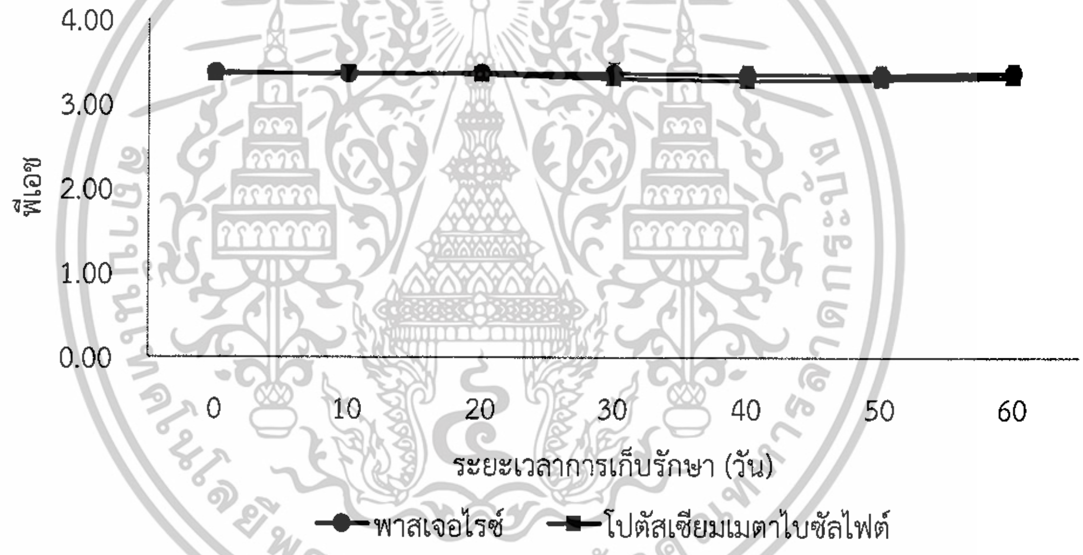
ตารางที่ 4.1 ค่าพีเอชของคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 60 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าความเป็นกรดด่างของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดย	
	การพาสเจอไรซ์	การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์
0	$3.38^{a,A} \pm 0.01$	$3.35^{b,AB} \pm 0.00$
10	$3.37^{a,A} \pm 0.01$	$3.35^{b,A} \pm 0.00$
20	$3.37^{a,A} \pm 0.01$	$3.35^{b,AB} \pm 0.01$
30	$3.37^{a,A} \pm 0.12$	$3.30^{a,AB} \pm 0.04$
40	$3.35^{a,A} \pm 0.11$	$3.28^{a,B} \pm 0.02$
50	$3.35^{a,A} \pm 0.11$	$3.30^{a,AB} \pm 0.08$

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าความเป็นกรดด่างของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดย	
	การพาสเจอไรซ์	การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์
60	$3.38^{a,A}$ ± 0.10	$3.32^{a,AB}$ ± 0.07

หมายเหตุ

- ค่าพีเอช แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{ab} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{AB} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์เปรียบเทียบกับการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์

4.1.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้

คอมบูชาจากกระเจี๊ยบเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอไรซ์จะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 17.60 ± 2.55 จะสูงกว่าคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ซึ่งมีค่า 12.20 ± 0.20 องศาบริกซ์ อาจเนื่องจากการพาสเจอไรซ์ทำให้น้ำระเหยออกจากคอมบูชา มีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีค่าสูงขึ้น แสดงดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 และเมื่อเก็บรักษา

คอมบูชาจากกระเจี๊ยบเป็นเวลา 60 วัน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของคอมบูชาที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ และคอมบูชาที่เติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก หรือมีค่าคงที่ ปัณฑิตา และคณะ (2542) รายงานว่า ในระหว่างกระบวนการหมักคอมบูชา ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์ในหัวเชื้อคอมบูชาเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์ในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจน ดังนั้น จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าวิธีการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ จึงไม่เกิดการใช้น้ำตาล มีผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 4.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 60 วัน

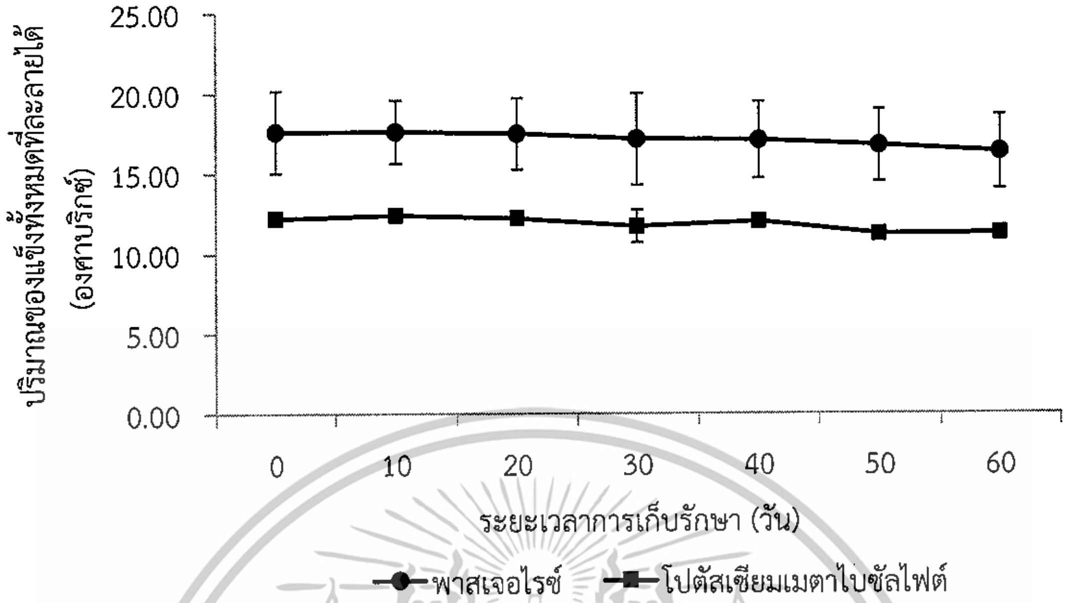
ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดย	
	การพาสเจอไรซ์	การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์
0	$17.60^{a,A} \pm 2.55$	$12.20^{b,A} \pm 0.20$
10	$17.60^{a,A} \pm 1.97$	$12.40^{b,A} \pm 0.20$
20	$17.47^{a,A} \pm 2.23$	$12.20^{a,A} \pm 0.20$
30	$17.13^{a,A} \pm 2.87$	$11.67^{b,AB} \pm 1.01$
40	$17.07^{a,A} \pm 2.39$	$12.00^{a,AB} \pm 0.20$
50	$16.73^{a,A} \pm 2.25$	$11.20^{b,B} \pm 0.20$
60	$16.33^{a,A} \pm 2.31$	$11.27^{a,B} \pm 0.45$

หมายเหตุ

- ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

- ^{ab} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ^{AB} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์เปรียบเทียบกับการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์

4.1.3 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก)

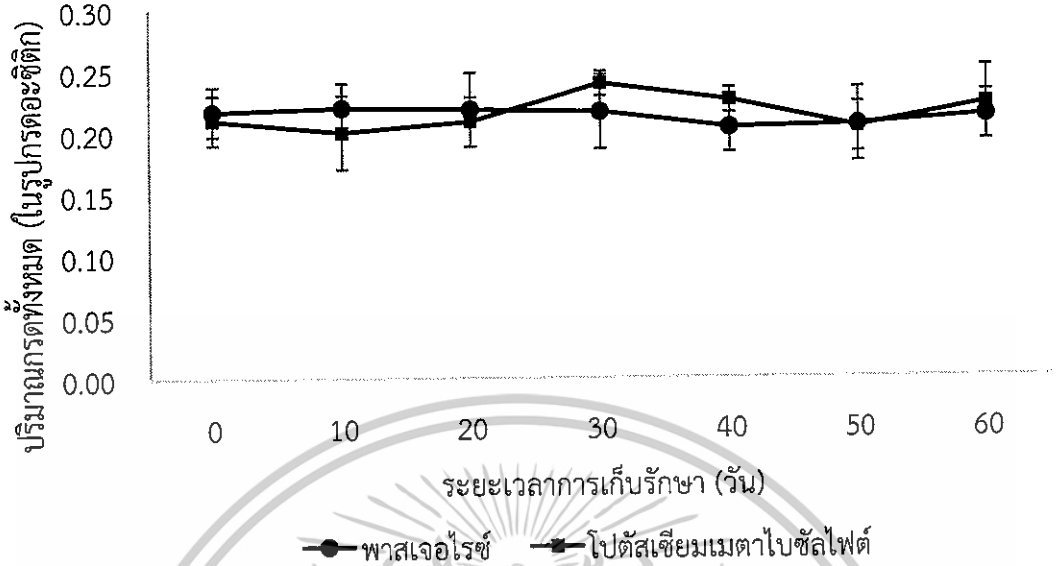
ในวันแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0) คอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์มีปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ที่ร้อยละ 0.22 ± 0.02 ซึ่งใกล้เคียงกับคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีร้อยละ 0.21 ± 0.02 เมื่อเก็บรักษาจนถึง 60 วัน คอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้งสองวิธีมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก จะพบว่าคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอไรซ์และคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.21 ± 0.02 และ 0.22 ± 0.03 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปของกรดอะซิติก) ของคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 60 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ร้อยละของปริมาณกรดทั้งหมดของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดย	
	การพาสเจอไรซ์	การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์
0	$0.22^{a,A}$ ± 0.02	$0.21^{a,AB}$ ± 0.02
10	$0.21^{a,A}$ ± 0.02	$0.20^{a,B}$ ± 0.03
20	$0.22^{a,A}$ ± 0.03	$0.21^{a,AB}$ ± 0.02
30	$0.22^{a,A}$ ± 0.03	$0.24^{a,A}$ ± 0.01
40	$0.20^{a,A}$ ± 0.02	$0.23^{a,AB}$ ± 0.01
50	$0.21^{a,A}$ ± 0.03	$0.20^{a,AB}$ ± 0.02
60	$0.21^{a,A}$ ± 0.02	$0.22^{a,AB}$ ± 0.03

หมายเหตุ

- ค่าปริมาณกรดทั้งหมด แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{a} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{AB} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด(ในรูปกรดอะซิติก)ของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์เปรียบเทียบกับการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์

4.1.4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

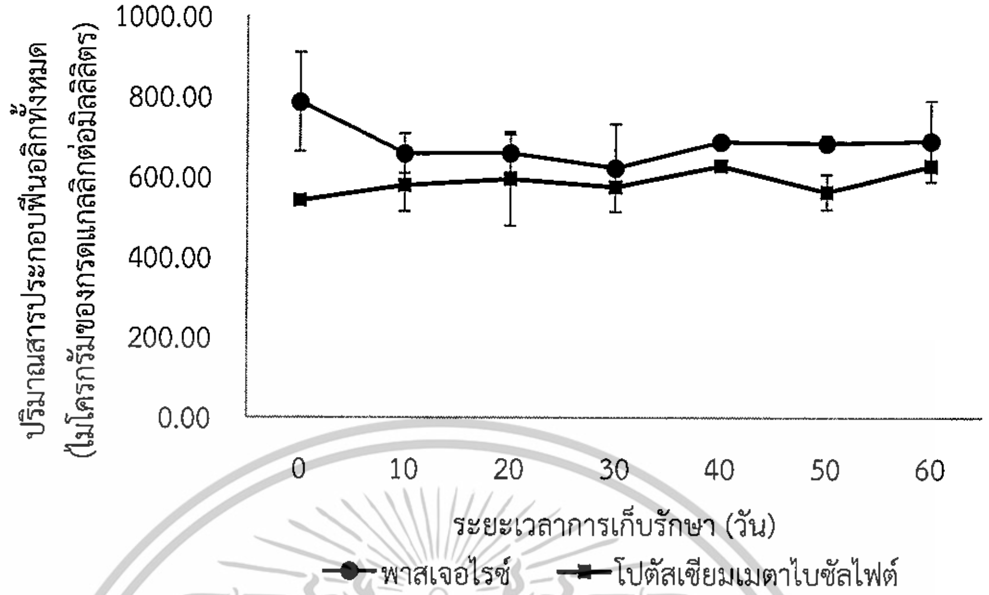
ในวันแรกของการเก็บรักษา (0 วัน) คอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 785.42 ± 123.32 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร ซึ่งสูงกว่าคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ซึ่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 540.75 ± 1.25 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร เมื่อเก็บรักษาจนถึง 60 วัน คอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้งสองวิธีมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงเล็กน้อยโดย คอมบูชาที่ฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอไรซ์ และคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 688.75 ± 101.23 และ 626.88 ± 0.63 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Natalia Kellen Vieira da Silva และคณะ (2016) ที่รายงานว่า หลังจากการเก็บรักษาน้ำฝรั่งนาน 90 วัน พบว่าการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีผลทำให้ปริมาณของโพลีฟีนอล (TEP) และปริมาณวิตามินซีลดลง ซึ่งสอดคล้องกับฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Total antioxidant activity) (TAA) ที่ลดลงด้วย

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 60 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร) ของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดย	
	การพาสเจอไรซ์	การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์
0	785.42^{a,A} ± 123.32	540.75^{a,A} ± 1.25
10	657.50^{a,AB} ± 49.39	578.75^{a,A} ± 66.25
20	657.92^{a,AB} ± 46.54	594.38^{a,A} ± 116.88
30	620.83^{a,B} ± 109.39	574.38^{a,A} ± 9.38
40	686.67^{a,AB} ± 5.20	626.88^{b,A} ± 0.63
50	683.75^{a,AB} ± 19.65	562.50^{b,A} ± 43.75
60	688.75^{a,AB} ± 101.23	626.88^{a,A} ± 0.63

หมายเหตุ

- ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{ab} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{AB} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์เปรียบเทียบกับการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์

4.1.5 การวิเคราะห์กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

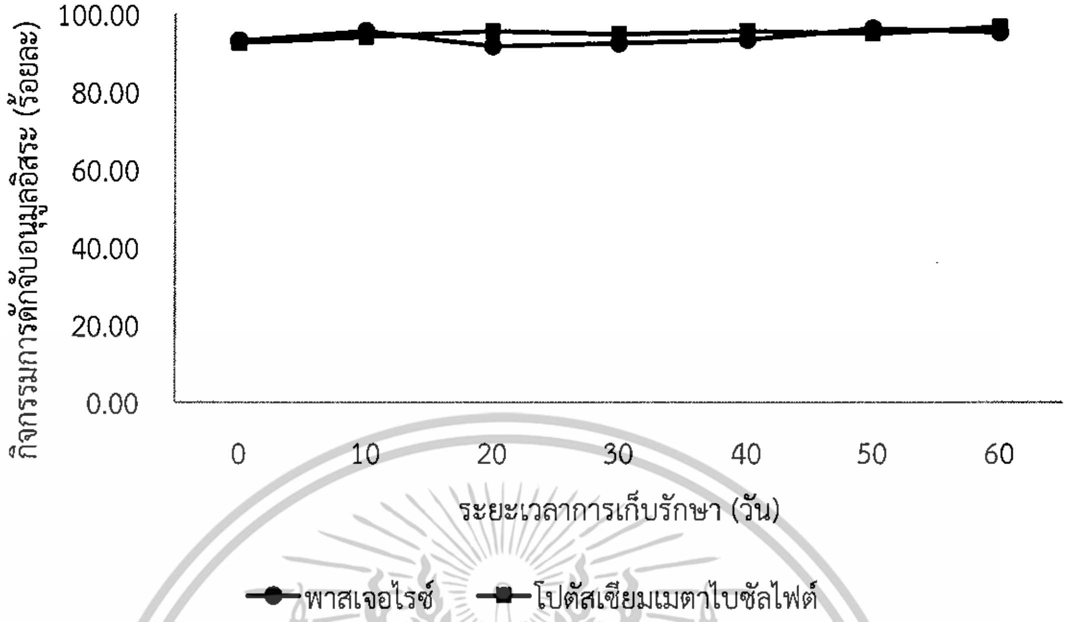
ในวันแรกของการเก็บรักษา (0 วัน) คอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์มีค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระร้อยละ 93.15 ± 0.73 ซึ่งแตกต่างจากคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีค่าร้อยละ 92.57 ± 1.26 เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเก็บรักษาจนถึง 60 วัน คอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้งสองวิธีมีการเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเพียงเล็กน้อย จะพบว่าคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ และคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 95.36 ± 0.95 และ 96.73 ± 0.23 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 60 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ร้อยละของกิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดย	
	การพาสเจอไรซ์	การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์
0	$93.15^{a,BC}$ ± 0.73	$92.57^{a,D}$ ± 1.26
10	$95.55^{a,A}$ ± 0.40	$94.03^{b,C}$ ± 0.49
20	$91.67^{b,C}$ ± 0.44	$95.58^{a,AB}$ ± 0.35
30	$92.36^{b,BC}$ ± 0.31	$94.82^{a,BC}$ ± 0.15
40	$93.40^{b,B}$ ± 0.46	$95.63^{a,AB}$ ± 0.78
50	$96.23^{a,A}$ ± 1.59	$94.96^{a,BC}$ ± 0.48
60	$95.36^{a,A}$ ± 0.95	$96.73^{a,A}$ ± 0.23

หมายเหตุ

- ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{ab} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ^{ABCD} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์เปรียบเทียบกับการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์

4.1.6 ปริมาณเอทานอล

ในวันแรกของการเก็บรักษา (0 วัน) คอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์มีปริมาณเอทานอลร้อยละ 0.09 ± 0.03 ซึ่งน้อยกว่าคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีเอทานอลร้อยละ 0.12 ± 0.02 อาจเนื่องมาจากการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อที่ส่งผลให้เอทานอลระเหยออกไป และในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณเอทานอลของคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์มีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่วนคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีปริมาณเอทานอลเปลี่ยนแปลงน้อยมากและค่อนข้างคงที่ เมื่อเก็บรักษาจนถึง 60 วัน คอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ และคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีปริมาณเอทานอลร้อยละ 0.00 ± 0.00 และ 0.09 ± 0.01 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาณเอทานอลของคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 60 วัน

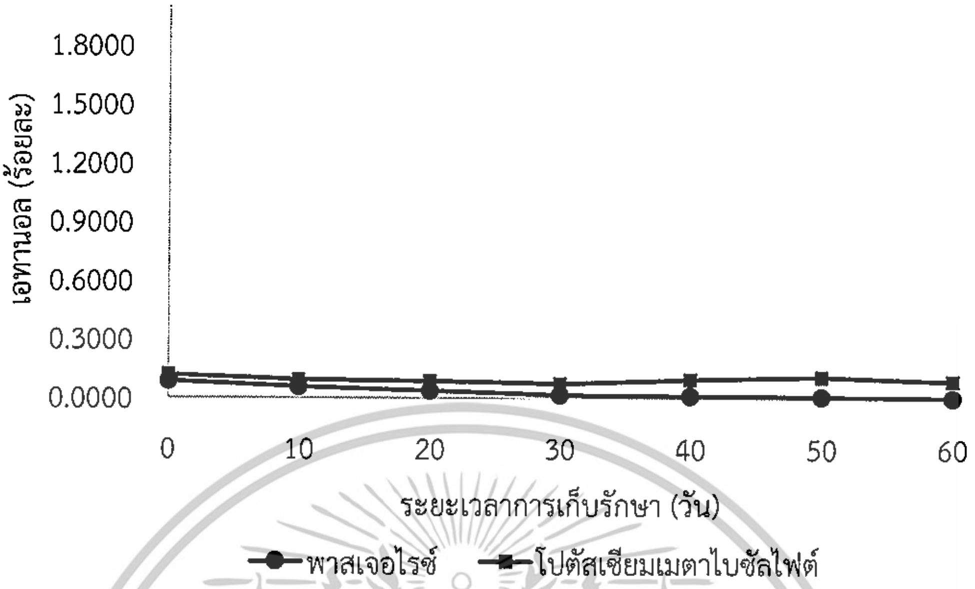
ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ร้อยละของปริมาณเอทานอลของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดย	
	การพาสเจอไรซ์	การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์
0	$0.09^{a,A}$ ± 0.03	$0.12^{a,A}$ ± 0.02
10	$0.05^{b,B}$ ± 0.01	$0.09^{a,ABC}$ ± 0.00
20	$0.04^{b,C}$ ± 0.01	$0.08^{a,BC}$ ± 0.01
30	$0.01^{b,D}$ ± 0.00	$0.07^{a,C}$ ± 0.00
40	$0.01^{b,D}$ ± 0.00	$0.09^{a,ABC}$ ± 0.01
50	$0.00^{b,D}$ ± 0.00	$0.1^{a,AB}$ ± 0.03
60	$0.00^{b,D}$ ± 0.00	$0.09^{a,BC}$ ± 0.01

หมายเหตุ

- ค่าปริมาณเอทานอล แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

- ^{ab} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ^{ABCD} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

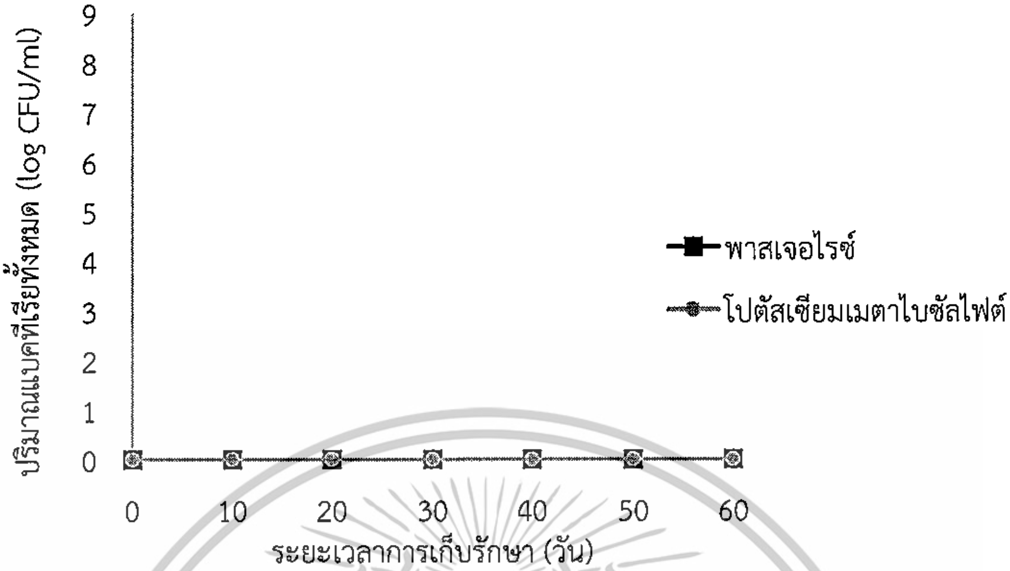


รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทานอลของคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์เปรียบเทียบกับการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์

4.2 การศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ได้ภายหลังการฆ่าเชื้อ

4.2.1 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด

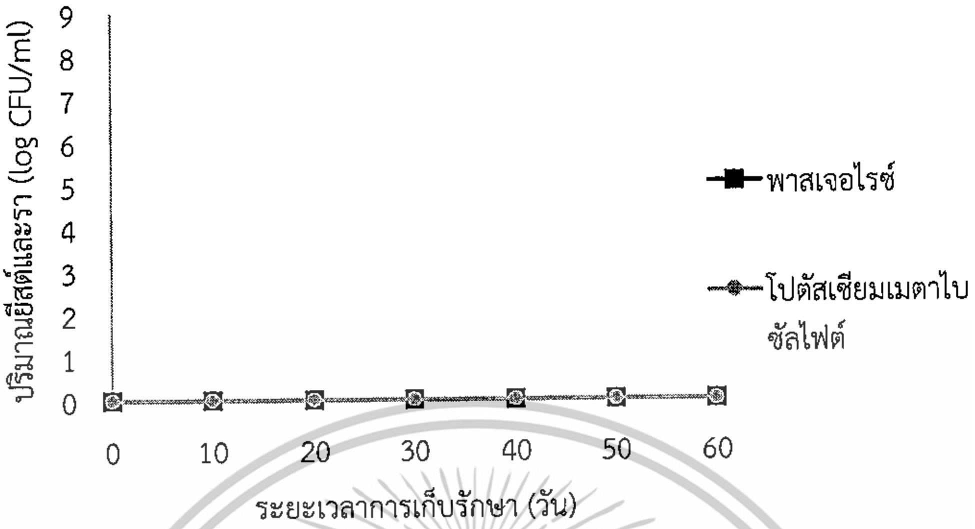
ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดทดสอบโดยใช้วิธี spread plate บนอาหาร PCA โดยทำการเจือจางตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ระดับความเจือจาง 10^0 10^{-1} และ 10^{-2} นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง ได้ผลดังรูปที่ 4.7 คอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้งการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่พบแบคทีเรียเลยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา



รูปที่ 4.7 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์และคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 วัน

4.2.2 ปริมาณยีสต์และรา

ปริมาณยีสต์และรา ทดสอบโดยใช้วิธี spread plate บนอาหาร DRBC ทำการเจือจางตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 10^{0} 10^{-1} และ 10^{-2} นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 วัน ได้ผลดังรูปที่ 4.8 พบว่าคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้งสองวิธีไม่พบยีสต์และราตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา



รูปที่ 4.8 ปริมาณยีสต์และราของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์และคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 วัน

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิรพร และสาวิณี (2558) ที่กล่าวว่าผลจากระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนในการต้มฆ่าเชื้อที่ระดับพาสเจอไรซ์ สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ และงานวิจัยของ Corte และคณะ (2012) ที่กล่าวว่า การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำคั้นจากผลเม่า จะพบปริมาณจุลินทรีย์ได้น้อยกว่า เนื่องจากโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์จะเกิดการสลายตัวเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้

4.3 การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ได้ภายหลังการฆ่าเชื้อ

4.3.1 ความใส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ คอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ และคอมบูชาทางการค้าเป็นเวลา 60 วัน พบว่าคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ มีคะแนนความชอบด้านความใสสูงกว่าคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความใสของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และคอมบูชาทางการค้า

ระยะเวลาการศึกษา (วัน)	ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความใสของคอมบูชา		
	ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์	ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์	ทางการค้า
0	6.43^{a}±1.33	5.70^{a}±1.66	5.73^{a}±1.84
10	6.60^{a}±1.27	6.20^{a}±1.37	4.83^{b}±1.76
20	6.17^{a} ± 1.51	6.83^{a} ± 1.44	6.23^{a} ± 1.45
30	5.40^{b} ± 1.63	6.53^{a} ± 1.67	6.07^{ab} ± 1.55
40	6.17^{b} ± 1.46	7.30^{a} ± 1.41	6.43^{b} ± 1.40
50	6.07^{b} ± 1.87	6.97^{a} ± 1.47	5.97^{b} ± 1.77
60	6.47^{ab} ± 1.61	7.00^{a} ± 1.85	6.07^{b} ± 1.48

หมายเหตุ

- คะแนนความพึงพอใจในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความใสแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 30 ซ้ำ
- ^{ab} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.2 สี

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ คอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ และคอมบูชาทางการค้าเป็นเวลา 60 วัน พบว่า คอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ มีคะแนนความชอบด้านสีสูงกว่าคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์และคอมบูชาทางการค้าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และคอมบูชาทางการค้า

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของคอมบูชา		
	ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์	ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์	ทางการค้า
0	$6.40^{a} \pm 1.40$	$5.77^{a} \pm 1.72$	$5.57^{a} \pm 1.63$
10	$6.80^{a} \pm 1.40$	$6.60^{a} \pm 1.32$	$4.90^{b} \pm 1.63$
20	$5.92^{b} \pm 1.40$	$7.30^{a} \pm 1.72$	$6.20^{b} \pm 1.63$
30	$5.40^{c} \pm 1.87$	$7.53^{a} \pm 1.14$	$6.37^{b} \pm 1.32$
40	$6.20^{b} \pm 1.60$	$7.27^{a} \pm 1.41$	$6.67^{ab} \pm 1.24$
50	$5.97^{b} \pm 1.63$	$6.90^{a} \pm 1.29$	$6.33^{ab} \pm 1.71$
60	$6.70^{a} \pm 1.53$	$6.67^{a} \pm 1.51$	$6.30^{a} \pm 1.46$

หมายเหตุ

- คะแนนความพึงพอใจในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 30 ซ้ำ
- ^{abc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.3 กลิ่น

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ คอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ และคอมบูชาทางการค้าเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน พบว่า มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นใกล้เคียงกัน ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และคอมบูชาทางการค้า

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของคอมบูชา		
	ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์	ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์	ทางการค้า
0	$5.67^{a} \pm 1.92$	$5.67^{a} \pm 1.92$	$5.13^{a} \pm 2.05$
10	$6.27^{a} \pm 1.66$	$5.37^{ab} \pm 1.94$	$4.97^{b} \pm 1.75$
20	$6.10^{a} \pm 1.92$	$4.57^{b} \pm 2.03$	$5.57^{ab} \pm 2.05$
30	$5.30^{a} \pm 1.78$	$4.10^{b} \pm 1.75$	$5.17^{a} \pm 1.76$
40	$6.07^{a} \pm 1.48$	$5.27^{a} \pm 1.80$	$5.70^{a} \pm 1.53$
50	$6.03^{a} \pm 1.73$	$6.27^{a} \pm 1.80$	$6.10^{a} \pm 1.97$
60	$6.63^{a} \pm 1.37$	$6.20^{a} \pm 1.49$	$6.83^{a} \pm 1.31$

หมายเหตุ

- คะแนนความพึงพอใจในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 30 ซ้ำ
- ^{ab} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.4 รสชาติ

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ คอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ และคอมบูชาทางการค้าเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน พบว่า คอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ มีคะแนนความชอบด้านรสชาติสูงกว่าคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และคอมบูชาทางการค้าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน แสดงดังตารางที่ 4.10 คอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์จะมีกลิ่นซัลเฟอร์ จึงทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนต่ำกว่าคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์

ตารางที่ 4.10 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และคอมบูชาทางการค้า

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของคอมบูชา		
	ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์	ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์	ทางการค้า
0	$7.13^{a} \pm 1.22$	$6.33^{b} \pm 1.21$	$3.97^{c} \pm 1.69$
10	$7.10^{a} \pm 1.54$	$5.57^{b} \pm 1.75$	$4.73^{b} \pm 1.95$
20	$6.97^{a} \pm 1.22$	$5.17^{b} \pm 1.21$	$5.13^{b} \pm 1.69$
30	$6.87^{a} \pm 1.72$	$3.73^{b} \pm 2.16$	$4.43^{b} \pm 2.37$
40	$7.27^{a} \pm 1.44$	$4.70^{b} \pm 1.68$	$4.73^{b} \pm 1.80$
50	$7.20^{a} \pm 1.63$	$6.47^{ab} \pm 1.69$	$5.77^{b} \pm 1.61$
60	$7.37^{a} \pm 1.54$	$6.87^{a} \pm 1.71$	$5.73^{b} \pm 1.95$

หมายเหตุ

- คะแนนความพึงพอใจในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 30 ซ้ำ
- ^{abc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.5 ความชอบโดยรวม

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ เติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ และคอมบูชาทางการค้าเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน พบว่า คอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ มีคะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมสูงกว่าคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และคอมบูชาทางการค้าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน แสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์ การเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และคอมบูชาทางการค้า

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของคอมบูชา		
	ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์	ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์	ทางการค้า
0	7.33^{a} ± 1.03	6.17^{b} ± 1.66	4.00^{c} ± 1.87
10	7.17^{a} ± 1.51	5.90^{b} ± 1.49	4.97^{c} ± 1.90
20	7.20^{a} ± 1.03	5.93^{b} ± 1.66	5.50^{b} ± 1.87
30	6.90^{a} ± 1.29	4.63^{b} ± 1.90	4.90^{b} ± 1.90
40	7.13^{a} ± 1.22	5.70^{b} ± 1.70	5.27^{b} ± 1.55
50	7.10^{a} ± 1.47	6.67^{ab} ± 1.54	6.20^{b} ± 1.42
60	7.17^{a} ± 1.46	6.87^{ab} ± 1.59	6.17^{b} ± 1.72

หมายเหตุ

- คะแนนความพึงพอใจในการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 30 ซ้ำ
- ^{abc} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการหมักคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 9 วัน นำมาปรับปรุงรสชาติ และฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือการพาสเจอไรซ์ที่ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 พีพีเอ็ม ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี ทางจุลินทรีย์และทางด้านประสาทสัมผัสเป็นเวลา 60 วัน เก็บตัวอย่างมาทดสอบทุก ๆ 10 วัน คือวันที่ 0 10 20 30 40 50 และ 60 พบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษา (0 วัน) คอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์มีค่าพีเอช 3.38±0.00 ซึ่งสูงกว่าคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีค่าพีเอช 3.35 ± 0.00 และเมื่อเก็บรักษาจนถึง 60 วัน พบว่า คอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 2 วิธีมีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชน้อยมาก การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ระหว่างกระบวนการเก็บรักษา พบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษา (0 วัน) คอมบูชาที่พาสเจอไรซ์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 17.60 ± 2.55 องศาบริกซ์ ซึ่งมีค่ามากกว่าคอมบูชาที่เติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีค่า 12.20 ± 2.55 องศาบริกซ์ เมื่อทำการเก็บรักษาจนครบ 60 วัน พบว่าคอมบูชาที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีการทั้ง 2 วิธีนี้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากหรือมีค่าคงที่ การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด(ในรูปกรดอะซิติก) ในวันแรกของการเก็บรักษา (0 วัน) คอมบูชาที่พาสเจอไรซ์และคอมบูชาที่เติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีปริมาณกรดร้อยละ 0.21 ± 0.02 และ 0.21±0.02 ตามลำดับ และมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60 วัน การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและค่าการดักจับอนุมูลอิสระรวมทั้งปริมาณเอทานอล พบว่าคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 2 วิธีนี้มีการเปลี่ยนแปลงค่าเหล่านี้น้อยมากตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 60 วัน การทดสอบทางด้านจุลินทรีย์ของคอมบูชาที่พาสเจอไรซ์และเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ พบว่า ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรีย ยีสต์และราในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน เมื่อทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาที่พาสเจอไรซ์และคอมบูชาที่เติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ด้วยวิธี 9 Point Hedonic Scale พบว่า คอมบูชาที่ฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีคะแนนความชอบด้านความใสและสีสูงกว่าคอมบูชาที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ ขณะที่คอมบูชาที่ผ่านการพาสเจอไรซ์มีคะแนนความชอบด้านรสชาติ และคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่า จากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การผลิตคอมบูชาจากกระเจี๊ยบและนำมาฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอไรซ์สามารถเก็บรักษาได้ 60 วัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี คุณภาพทางจุลินทรีย์น้อยมาก และเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาของคอมบูชาจากกระเจี๊ยบในสภาวะที่แตกต่างกัน เช่น เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเปรียบเทียบกับอุณหภูมิตู้เย็น (4-10 องศาเซลเซียส) และควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์คอมบูชาระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารอ้างอิง

เจนจิรา จิรัมย์ และ ประสงค์ สีหานาม. 2554. “อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ: แหล่งที่มาและกลไกการเกิดปฏิกิริยา.” *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์* 1(1) : 59-70.

ญาณี จินดามัง และ ปิยะวิทย์ ทิพรส. 2008. “ความคงตัวของสารสีแอนโทไซยานินจากกากกลีบดอกกระเจี๊ยบแดง (Hibiscus sabdariffa Linn.) ในผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวมูน”. *วารสารสุทธิปริทัศน์.* หน้า 130.

นันท์นภัส เติมวงศ์. 2551. “ปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีโนลิกส์ และวิตามินซีในผักและสมุนไพร”. *วารสารก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์.* 8(1) : 41-48.

รวินิภา ศรีมูล และ ศิริจันทร์ ตาใจ. 2557. “ปริมาณฟีนอลรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำผลไม้แปรรูปในจังหวัดจันทบุรี”. *วารสารวิจัย.* 7(1) : 24-30.

เอกราช บำรุงพืชน์. 2556. “ชาอู่หลงกับสุขภาพ.” *วารสารพยาบาลทหารบก.* 14(3) : 203-206

Blanc, P. J. 1996. “Characterization of the tea fungus metabolites.” *Biotechnology Letter.* 18(2) : 139–142.

Duarte-Almeida, J. M., Salatino, A., Genovese, M. I., and Lajolo, F. M. 2011. “Phenolic composition and antioxidant activity of culms and sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) products.” *Food Chemistry.* 125 : 660–664.

Greenwalt, C. J., Ledford, R. A., and Steinkraus, K. H. 1998. “Determination and characterization of the antimicrobial activity of the fermented tea kombucha.” *LWT - Food Science and Technology.* 31 : 291-296.

Guerra, M. J., and Mujica, M. V. 2010. “Physical and chemical properties of granulated cane sugar ‘‘panelas”. *Ciência e Tecnologia de Alimentos.* 30 : 1–9.

Han, L.K., Takaku, T., Li, J., Kimura, Y., and Okuda, H. 1999. “Anti-obesity action of oolong tea.” *International journal of obesity and related metabolic disorders.* 23 : 98-105.

Hara, Y., Moriguchi, S., Krumoto, A., Nakai, M., Ono, Y., Abe, K. 2004. “Suppressive effect of oolong tea polymerized polyphenols - enrichedoolong tea on postprandial serum triglyceride elevation.” *Japanese Pharmacology & Therapeitics.* 32(6) : 75-82.

Hosoda, K., Wang, M.F., Liao, M.L., Chuang, C.K.,Iha, M., and Clevidence, B. 2003. “Antihyperglycemic effect of oolong tea in type 2 diabetes.” *Diabetes Care.* 26 : 1714–1718.

Hsu, T.F., Kusumoto, A., Abe, K., Hosoda, K., Kiso,Y., Wang, M.F., and Yamamoto, S. 2006. “Polyphenol-enriched oolong tea increases fecal lipid excretion.” *European Journal of Clinical Nutrition.* 60(11) : 1330-1336.

Kallel, L., Desseaux, V., Hamdi, M., Stocker, P., and Ajandouz EH. 2012. “Insights into

the fermentation Biochemistry of kombucha teas and potential impacts of kombucha drinking on starch digestion.” *Food Research International.* 49(2) : 26–32.

Komatsu, T., Nakamori, M., Komatsu, K., Hosoda, K., Okamura, M., and Toyama, K. 2003. “Oolong tea increases energy metabolism in Japanese females.” *The Journal of Medical Investigation.* 50 : 170-175.

Kuroda, Y., and Hara, Y. 1999. “Antimutagenic and anticarcinogenicactivity of tea polyphenols.” *Mutation Research.* 436 : 69-97.

Maekawa, M., Teramoto, T., and Nakamura, J. 2011. “Effect of long-term Intake of “KURO-Oolongtea OTPP” on body fat mass and metabolicsyndrome risk in over weight volunteers.” *Japanese Pharmacology & Therapeitics.* 39 : 889-900.

Malbaša, R.V., Lončar, E.S., and Djurić, M. 2008. Comparison of the products of Kombucha fermentation on sucrose and molasses. *Food Chemistry.* 106 : 1039–1045

Mayser, P., Fromme, S., Leitzmann, C., and Gründer, K. 1995. “The yeast spectrum of the “tea fungus kombucha”.” *Mycoses.* 38 : 289-295.

Nakamura, J., Abe, K., Ohta, H., and Kiso, Y. 2008. “Lowering Effects of the OTPP (Oolong Tea Polymerized Polyphenols) Enriched Oolong Tea (FOSHU KURO-Oolong Tea OTPP) on Visceral Fat in Over Weight Volunteers.” *Japanese Pharmacology & Therapeitics.* 36(4) : 65-73.

Natalia Kellen Vieira da Silva, Luiz Bruno de Sousa Sabino, Luciana Siqueira de Oliveira, Lucicléia Barros de Vasconcelos Torres e Paulo Henrique Machado de Sousa. 2016. “Effect of food additives on the antioxidant properties and microbiological quality of red guava juice”. *Artigo Cientifico.* 47 : 77-85.

Rong-rong, H., Ling, C., Bing-hui, L., Yokichi, M., Xin-sheng, Y., and Hiroshi, K. 2009. “Beneficial effects of oolong tea consumption on diet-induced overweight and obese subjects.” *Chinese Journal of Integrative Medicine.* 15(1) : 34-41.

Roussin, M. R. 1996. **Analyses of kombucha ferments: report on growers.** Salt Lake City, Utah: Information Resources, LC.

Rumpler, W., Seale, J., Clevidence, B., Judd, J., Wiley, E., and Yamamoto, S. 2001. “Oolong tea increases metabolic rate and fat oxidation in men.” *The Journal of Nutrition.* 131 : 2848–2852.

Siddiqui, I.A., Afaq, F., Adhami, V.M., Ahmad, N., Mukhtar, H. 2004. “Antioxidants of the beverage tea in promotion of human health.” *Antioxid Redox Signal.* 6 : 571-582.

Sreeramulu, G., Zhu, Y., and Knol, W. 2001. “Characterization of antimicrobial activity in Kombucha fermentation." *Acta Biotechnologica*. 21 : 49-56.

Yang, T.T., Koo, M.W. 1997. "Hypocholesterolemic effects of Chinese tea." *Pharmacological Research*. 35 : 505-512.

Yang, T.T., and Koo, M.W. 2000. "Chinese green tea lowers cholesterol level through an increase in fecal lipid excretion." *Life Sciences*. 66 : 411-423.

[Online]. Available : http://yaamata.blogspot.com/2011/10/kombucha.html (19 ตุลาคม 2561)

[Online]. Available : http://www.acu.ac.th/html_edu/cgi (28 มกราคม 2562)

[Online]. Available : https://www.medthai.com (28 มกราคม 2562)

[Online]. Available : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0316/fermentation-การหมัก (29 มกราคม 2562)

[Online]. Available : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0428/pasteurization-พาสเจอไรซ์ (29 มกราคม 2562)

[Online]. Available : https://sites.google.com/site/khorngnganthnxmxahar/kar-thnxm-xahar/kar-phas-ce-xr-ris (29 มกราคม 2562)

[Online]. Available : http://www.brew-corner.com/product/316/potassium-metabisulphite-kms (29 มกราคม 2562)

[Online]. Available : http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream (29 มกราคม 2562)

[Online]. Available : https://www.honestdocs.co/antioxidants-longevity (29 มกราคม 2562)

[Online]. Available : https://www.thehighlandtea.com/otpp/ (4 มีนาคม 2562)

[Online]. Available : http://www.madikombucha.com/th/re-search (4 มีนาคม 2562)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทำการชั่งสารกรดแกลลิก 0.01 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นทำการเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2. โซเดียมไฮดรอกไซด์

เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร NaOH มีมวลโมเลกุล 40 กรัมต่อโมล

คำนวณโดยใช้สูตร $$\frac{g}{MV} = \frac{cv}{1000}$$

เมื่อ g คือ น้ำหนักของโซเดียมไฮดรอกไซด์

MW คือ มวลโมเลกุลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (40 กรัมต่อโมล)

C คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (0.1 โมลาร์)

V คือ ปริมาตร หน่วยเป็น มิลลิลิตร

ดังนั้น ปริมาณ NaOH ที่ต้องชั่ง (กรัม) $$= \frac{0.1 \times 1{,}000 \times 40}{1000}$$

$$= 4 \text{ กรัม}$$

ดังนั้นสามารถเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ได้โดยการชั่ง NaOH มา 4 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

2.1 การวิเคราะห์หาหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์

เนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นสารละลายมาตรฐานทุติยภูมิ ดังนั้นการหาความเข้มข้นที่แน่นอน (standardization) สามารถทำได้โดยนำมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ คือ สารละลายโปตัสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต (KHP) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ดังสมการ

$$KHC_8H_4O_4 + NaOH \longrightarrow C_8H_4O_4KNa + H_2O$$

สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์} = \frac{\text{จำนวนกรัมของ } KHC_8H_4O_4 \times 1000}{\text{มิลลิลิตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์} \times 204.229}$$

3. สารละลาย 2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl (DPPH)

เตรียมสารละลาย 2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl (DPPH) ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร สารละลาย 2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl (DPPH) มีมวลโมเลกุล 394.32 กรัมต่อโมล

คำนวณโดยใช้สูตร $\frac{g}{MV} = \frac{cv}{1,000}$

เมื่อ g คือ น้ำหนักของสารละลาย 2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl (DPPH) ที่ต้องการ

MW คือ มวลโมเลกุลของ 2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl (DPPH) (394.32 กรัมต่อโมล)

C คือ ความเข้มข้นของสารละลาย DPPH (0.2 มิลลิโมลาร์)

V คือ ปริมาตร หน่วยเป็น มิลลิลิตร

ดังนั้น ปริมาณ DPPH ที่ต้องชั่ง (มิลลิกรัม) $= \frac{0.2 \times 10 \times 394.32}{1,000}$

$= 0.788$ มิลลิกรัม ~ 0.8 มิลลิกรัม

ดังนั้นสามารถเตรียมสารละลาย 2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl (DPPH) ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ได้โดยการชั่งสารละลาย 2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl (DPPH) มา 0.8 มิลลิกรัม ละลายในสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 99.5 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร คนจนสารละลาย 2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl (DPPH) ละลายหมด

4. ฟีนอล์ฟทาลีน

ทำการชั่งฟีนอล์ฟทาลีน 0.1 กรัม ละลายในสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร คนจนฟีนอล์ฟทาลีนละลายจนหมด ในขวดปรับปริมาตร ขนาด 10 มิลลิลิตร

5. โซเดียมคาร์บอเนต

เตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ได้โดยทำการชั่ง มา Na_2CO_3 0.2 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น จากนั้นจึงปรับปริมาตรน้ำกลั่นให้ครบ 10 มิลลิลิตร ด้วยขวดปรับปริมาตร ขนาด 10 มิลลิลิตร

6. สารละลายโพรพานอล

เตรียมสารละลายโพรพานอล ความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ได้โดยทำการปิเปตสารละลายโพรพานอล มา 5 มิลลิลิตร จากนั้นจึงปรับปริมาตรน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยขวดปรับปริมาตร แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.2 ไมครอน นำใส่ขวดและพันฝาขวดด้วยพาราฟิล์ม

7. สารละลายโปตัสเซียมพาทาเลต

นำโปตัสเซียมพาทาเลตไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งโปตัสเซียมพาทาเลต 0.6000 – 0.7000 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร ด้วยขวดรูปชมพู่

8. Folin-Ciocalteu phenol reagent

เตรียม Folin-Ciocalteu phenol reagent ความเข้มข้นร้อยละ 50 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร โดยใส่ Folin-Ciocalteu phenol reagent 5 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร ขนาด 10 มิลลิลิตร จากนั้นจึงปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 10 มิลลิลิตร

ภาคผนวก ข

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. อาหารเลี้ยงเชื้อสูตรสำเร็จ Plate Count Agar (PCA)

นำอาหารเลี้ยงเชื้อ ไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ด้วยหม้อนึ่งความดันไอ

ตารางที่ ข-1 องค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar

ประกอบด้วย	กรัมต่อลิตร
Tryptone	5.00
Yeast extract	2.50
Dextrose (Glucose)	1.00
Agar	15.00
Final pH (at 25°c) 7.0±0.2	

2. อาหารเลี้ยงเชื้อสูตรสำเร็จ Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC agar)

นำอาหารเลี้ยงเชื้อ ไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ด้วยหม้อนึ่งความดันไอ

ตารางที่ ข-2 องค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar

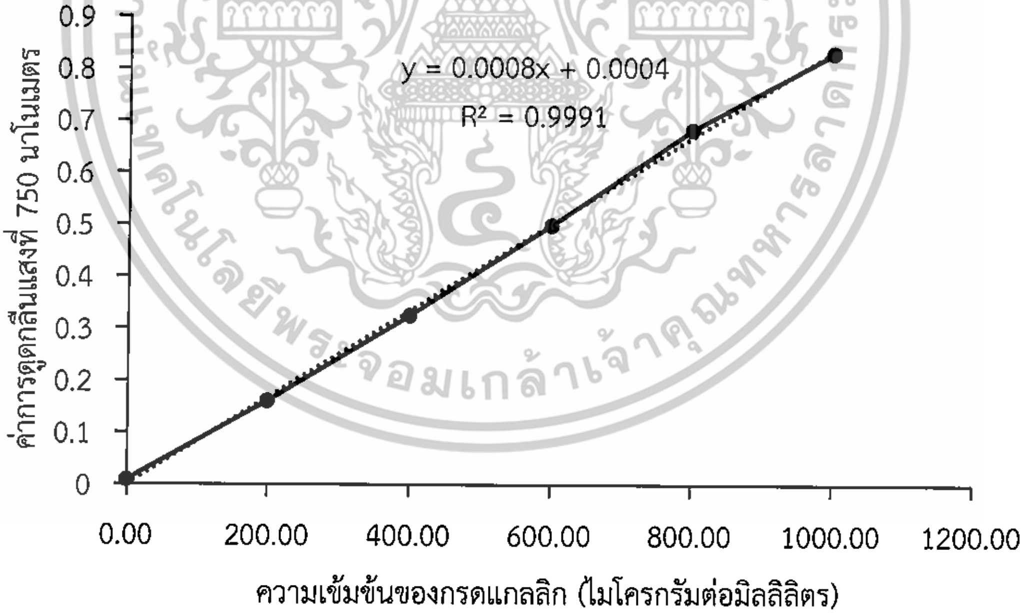
ประกอบด้วย	กรัมต่อลิตร
Peptone	5.000
Dextrose (Glucose)	10.000
Potassium dihydrogen phosphate	1.000
Magnesium sulphate	0.500
Rose bengal	0.025
Chloramphenicol	0.100
Dichloran	0.002
Agar	15.000
Final pH (at 25°c) 5.6±0.2	

ภาคผนวก ค

กราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก

ตารางที่ ค-1 ความเข้มข้นของกรดแกลลิกและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร

ความเข้มข้นของกรดแกลลิก (μg/ml)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 750 นาโนเมตร
0	0.009
200	0.161
400	0.325
600	0.499
800	0.682
1000	0.830

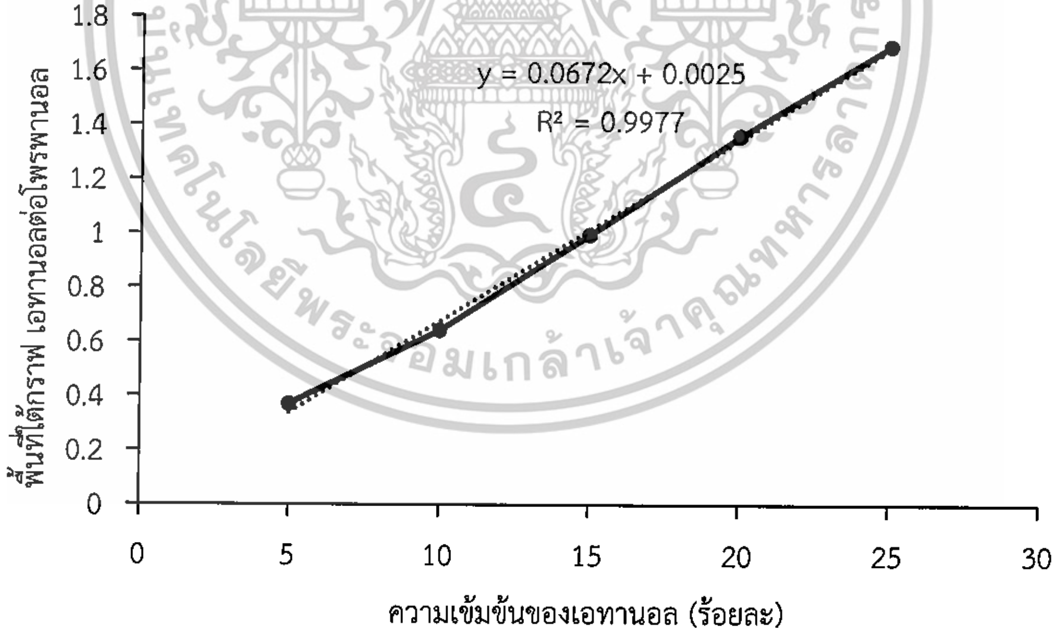


รูปที่ ค-1 กราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก

ภาคผนวก ง
กราฟมาตรฐานของสารละลายเอทานอล

ตารางที่ ง-1 ความเข้มข้นของเอทานอลและพื้นที่ใต้กราฟของเอทานอลต่อโพรพานอล

ความเข้มข้นของเอทานอล (ร้อยละ)	พื้นที่ใต้กราฟของเอทานอลต่อโพรพานอล
5	0.370
10	0.641
15	0.993
20	1.358
25	1.692



รูปที่ ง-1 กราฟมาตรฐานของเอทานอล

ภาคผนวก จ

ภาคผนวก จ-1 แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากกระเจี๊ยบ หมักนาน 9 วัน ที่ปรับปรุงรสชาติด้วยชาอูหลงและกลิ่นชา นำมาผ่านกระบวนการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เปรียบเทียบกับคอมบูชาทางการค้า (วันที่....)

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอ แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้

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

*** กรุณาบ้วนปากก่อนเริ่มชิมตัวอย่างทุกครั้ง

ชุดที่ 1

ตัวอย่างชาหมัก	ความใส	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
111					
112					
113					

ภาคผนวก ฉ
การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

1. ค่าวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 point hedonic scale ของคอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เปรียบเทียบกับคอมบูชาทางการค้า ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน

วันที่ 0

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ความใส	Pasteurization	30	6.4333	1.33089	.24299	5.9364	6.9303	3.00	8.00
	KMS 500 ppm	30	5.7000	1.66402	.30381	5.0786	6.3214	2.00	8.00
	Commercial example	30	5.7333	1.83704	.33540	5.0474	6.4193	2.00	9.00
	Total	90	5.9556	1.64153	.17303	5.6117	6.2994	2.00	9.00
สี	Pasteurization	30	6.4000	1.40443	.25641	5.8756	6.9244	3.00	8.00
	KMS 500 ppm	30	5.7667	1.71572	.31325	5.1260	6.4073	2.00	9.00
	Commercial example	30	5.5667	1.63335	.29821	4.9568	6.1766	2.00	8.00
	Total	90	5.9111	1.61206	.16993	5.5735	6.2488	2.00	9.00

กลิ่น	Pasteurization	30	5.6667	1.91785	.35015	4.9505	6.3828	1.00	8.00
	KMS 500 ppm	30	5.5667	2.02882	.37041	4.8091	6.3242	2.00	9.00
	Commercial example	30	5.1333	2.04658	.37365	4.3691	5.8975	1.00	9.00
	Total	90	5.4556	1.98964	.20973	5.0388	5.8723	1.00	9.00
รสชาติ	Pasteurization	30	7.1333	1.22414	.28101	6.5253	7.6747	2.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	6.3346	1.21545	.32050	4.9112	6.2222	2.00	9.00
	Commercial example	30	3.9733	1.69441	.35536	4.0065	5.4601	1.00	8.00
	Total	90	5.8126	1.99550	.21034	5.3821	6.2179	1.00	9.00
ความชอบโดยรวม	Pasteurization	30	7.3333	1.02833	.18775	6.9493	7.7173	5.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	6.1667	1.66264	.30355	5.5458	6.7875	1.00	9.00
	Commercial example	30	4.0000	1.87543	.34241	3.2997	4.7003	1.00	8.00
	Total	90	5.8333	2.07852	.21909	5.3980	6.2687	1.00	9.00

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความใส	Between Groups	10.289	2	5.144	1.950	.148
	Within Groups	229.533	87	2.638		
	Total	239.822	89			
สี	Between Groups	11.356	2	5.678	2.246	.112
	Within Groups	219.933	87	2.528		
	Total	231.289	89			
กลิ่น	Between Groups	4.822	2	2.411	.604	.549
	Within Groups	347.500	87	3.994		
	Total	304.400	89			
รสชาติ	Between Groups	86.467	2	43.233	14.038	.000
	Within Groups	267.933	87	3.080		
	Total	354.400	89			

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ความชอบโดยรวม	Between Groups	171.667	2	85.833	35.086	.000
	Within Groups	212.833	87	2.446		
	Total	384.500	89			

Post Hoc Test (Homogeneous Subsets)

Duncan[a]

ความใส

	N	Subset for alpha = 0.05
		1
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	5.7000
คอมบูชาทางการค้า	30	5.7333
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30	6.4333
Sig.		.102

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

สี

	N	Subset for alpha = 0.05
		1
คอมบูชาทางการค้า	30	5.5667
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	5.7667
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30	6.4000
Sig.		.057

กลิ่น

	N	Subset for alpha = 0.05
		1
คอมบูชาทางการค้า	30	5.1333
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	5.5667
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30	5.6667
Sig.		.335

รสชาติ

	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
คอมบูชาทางการค้า	30	3.9733		
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30		6.3346	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30			7.1333
Sig.		1.000	1.000	1.000

ความชอบโดยรวม

	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
คอมบูชาทางการค้า	30	4.0000		
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30		6.1667	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30			7.3333
Sig.		1.000	1.000	1.000

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วันที่ 10

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ความใส	Pasteurization	30	6.6000	1.27577	.23292	6.1236	7.0764	4.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	6.2000	1.37465	.25098	5.6867	6.7133	4.00	9.00
	Commercial example	30	4.8333	1.76329	.32193	4.1749	5.4918	1.00	9.00
	Total	90	5.8778	1.65460	.17441	5.5312	6.2243	1.00	9.00
สี	Pasteurization	30	6.6000	1.40443	.25641	6.0756	7.1244	4.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	6.8000	1.32353	.24164	6.3058	7.2942	4.00	9.00
	Commercial example	30	4.9000	1.62629	.29692	4.2927	5.5073	2.00	7.00
	Total	90	6.1000	1.67634	.17670	5.7489	6.4511	2.00	9.00
กลิ่น	Pasteurization	30	6.2667	1.65952	.30299	5.6470	6.8863	3.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	4.9667	1.93842	.35391	4.2428	5.6905	1.00	8.00
	Commercial example	30	5.3667	1.75152	.31978	4.7126	6.0207	1.00	8.00
	Total	90	5.5333	1.84938	.19494	5.1460	5.9207	1.00	9.00
รสชาติ	Pasteurization	30	7.1000	1.53914	.28101	6.5253	7.6747	2.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	5.5667	1.75545	.32050	4.9112	6.2222	2.00	9.00

	Commercial example	30	4.7333	1.94641	.35536	4.0065	5.4601	1.00	8.00
	Total	90	5.8000	1.99550	.21034	5.3821	6.2179	1.00	9.00
ความชอบโดยรวม	Pasteurization	30	7.1667	1.51050	.27578	6.6026	7.7307	2.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	5.9000	1.49366	.27270	5.3423	6.4577	2.00	9.00
	Commercial example	30	4.9667	1.90251	.34735	4.2563	5.6771	1.00	8.00
	Total	90	6.0111	1.86327	.19641	5.6209	6.4014	1.00	9.00

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความใส	Between Groups	51.489	2	25.744	11.655	.000
	Within Groups	192.167	87	2.209		
	Total	243.656	89			
สี	Between Groups	65.400	2	32.700	15.403	.000
	Within Groups	184.700	87	2.123		
	Total	250.100	89			
กลิ่น	Between Groups	26.600	2	13.300	4.165	.019

	Within Groups	277.800	87	3.193		
	Total	304.400	89			
รสชาติ	Between Groups	86.467	2	43.233	14.038	.000
	Within Groups	267.933	87	3.080		
	Total	354.400	89			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	73.156	2	36.578	13.494	.000
	Within Groups	235.833	87	2.711		
	Total	308.989	89			

Post Hoc Test (Homogeneous Subsets)

Duncan[a]

ความใส

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาทางการค้า	30	4.8333	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30		6.2000
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30		6.6000
Sig.		1.000	.300

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

สี

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาทางการค้า	30	4.9000	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30		6.6000
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30		6.8000

Sig.		1.000	.596

กลิ่น

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	4.9667	
คอมบูชาทางการค้า	30	5.3667	5.3667
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30		6.2667
Sig.		.388	.054

รสชาติ

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาทางการค้า	30	4.7333	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	5.5667	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30		7.1000
Sig.		.069	1.000

ความชอบโดยรวม

	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
คอมบูชาทางการค้า	30	4.9667		
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30		5.9000	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30			7.1667
Sig.		1.000	1.000	1.000

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วันที่ 20

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ความใส	Pasteurization	30	6.1667	1.51050	.27578	5.6026	6.7307	3.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	6.8333	1.44039	.26298	6.2955	7.3712	4.00	9.00
	Commercial example	30	6.2333	1.45468	.26559	5.6901	6.7765	3.00	9.00
	Total	90	6.4111	1.48320	.15634	6.1005	6.7218	3.00	9.00
สี	Pasteurization	30	5.9333	1.87420	.34218	5.2335	6.6332	2.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	7.3000	1.36836	.24983	6.7890	7.8110	5.00	9.00
	Commercial example	30	6.2000	1.39951	.25551	5.6774	6.7226	3.00	9.00
	Total	90	6.4778	1.65731	.17470	6.1307	6.8249	2.00	9.00
กลิ่น	Pasteurization	30	6.1000	1.60495	.29302	5.5007	6.6993	4.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	4.5667	1.83234	.33454	3.8825	5.2509	1.00	8.00
	Commercial example	30	5.5667	2.34423	.42800	4.6913	6.4420	1.00	9.00
	Total	90	5.4111	2.03285	.21428	4.9853	5.8369	1.00	9.00
รสชาติ	Pasteurization	30	6.9667	1.37674	.25136	6.4526	7.4807	3.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	5.1667	2.06920	.37778	4.3940	5.9393	1.00	9.00

	Commercial example	30	5.1333	1.79527	.32777	4.4630	5.8037	1.00	8.00
	Total	90	5.7556	1.95058	.20561	5.3470	6.1641	1.00	9.00
ความชอบโดยรวม	Pasteurization	30	7.2000	1.29721	.23684	6.7156	7.6844	4.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	5.9333	1.76036	.32140	5.2760	6.5907	1.00	9.00
	Commercial example	30	5.5000	1.71705	.31349	4.8588	6.1412	1.00	9.00
	Total	90	6.2111	1.74494	.18393	5.8456	6.5766	1.00	9.00

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความใส	Between Groups	8.089	2	4.044	1.875	.160
	Within Groups	187.700	87	2.157		
	Total	195.789	89			
สี	Between Groups	31.489	2	15.744	6.432	.002
	Within Groups	212.967	87	2.448		
	Total	244.456	89			

กลิ่น	Between Groups	36.356	2	18.178	4.772	.011
	Within Groups	331.433	87	3.810		
	Total	367.789	89			
รสชาติ	Between Groups	66.022	2	33.011	10.535	.000
	Within Groups	272.600	87	3.133		
	Total	338.622	89			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	46.822	2	23.411	9.086	.000
	Within Groups	224.167	87	2.577		
	Total	270.989	89			

Post Hoc Test (Homogeneous Subsets)

Duncan[a]

ความใส

	N	Subset for alpha = 0.05
		1
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30	6.1667
คอมบูชาทางการค้า	30	6.2333
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	6.8333
Sig.		.100

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

สี

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30	5.9333	
คอมบูชาทางการค้า	30	6.2000	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30		7.3000

Sig.		.511	1.000

กลิ่น

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	4.5667	
คอมบูชาทางการค้า	30	5.5667	5.5667
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30		6.1000
Sig.		.050	.293

รสชาติ

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาทางการค้า	30	5.1333	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	5.1667	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30		6.9667
Sig.		.942	1.000

ความชอบโดยรวม

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาทางการค้า	30	5.5000	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	5.9333	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30		7.2000
Sig.		.299	1.000

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วันที่ 30

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ความใส	Pasteurization	30	5.4000	1.63158	.29789	4.7908	6.0092	2.00	8.00
	KMS 500 ppm	30	6.5333	1.67607	.30601	5.9075	7.1592	2.00	9.00
	Commercial example	30	6.0667	1.55216	.28338	5.4871	6.6463	2.00	8.00
	Total	90	6.0000	1.66929	.17596	5.6504	6.3496	2.00	9.00
สี	Pasteurization	30	5.4000	1.86806	.34106	4.7025	6.0975	2.00	8.00
	KMS 500 ppm	30	7.5333	1.13664	.20752	7.1089	7.9578	5.00	9.00
	Commercial example	30	6.3667	1.32570	.24204	5.8716	6.8617	4.00	8.00
	Total	90	6.4333	1.70294	.17951	6.0767	6.7900	2.00	9.00
กลิ่น	Pasteurization	30	5.3000	1.78403	.32572	4.6338	5.9662	1.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	4.1000	1.74889	.31930	3.4470	4.7530	2.00	8.00
	Commercial example	30	5.1667	1.76329	.32193	4.5082	5.8251	2.00	9.00
	Total	90	4.8556	1.82714	.19260	4.4729	5.2382	1.00	9.00
รสชาติ	Pasteurization	30	6.8667	1.71672	.31343	6.2256	7.5077	2.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	3.7333	2.16450	.39518	2.9251	4.5416	1.00	9.00

	Commercial example	30	4.4333	2.37346	.43333	3.5471	5.3196	1.00	9.00
	Total	90	5.0111	2.47910	.26132	4.4919	5.5303	1.00	9.00
ความชอบโดยรวม	Pasteurization	30	6.9000	1.29588	.23659	6.4161	7.3839	3.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	4.6333	1.90251	.34735	3.9229	5.3437	1.00	8.00
	Commercial example	30	4.9000	1.90009	.34691	4.1905	5.6095	1.00	8.00
	Total	90	5.4778	1.98436	.20917	5.0622	5.8934	1.00	9.00

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความใส	Between Groups	21.067	2	10.533	5.153	.008
	Within Groups	177.833	87	2.044		
	Total	198.900	89			
สี	Between Groups	17.156	2	8.578	4.208	.018
	Within Groups	177.333	87	2.038		
	Total	194.489	89			

กลิ่น	Between Groups	9.622	2	4.811	1.852	.163
	Within Groups	226.033	87	2.598		
	Total	235.656	89			
รสชาติ	Between Groups	130.067	2	65.033	23.971	.000
	Within Groups	236.033	87	2.713		
	Total	366.100	89			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	57.267	2	28.633	12.605	.000
	Within Groups	197.633	87	2.272		
	Total	254.900	89			

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Post Hoc Test (Homogeneous Subsets)

Duncan[a]

ความใส

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30	5.4000	
คอมบูชาทางการค้า	30	6.0667	6.0667
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30		6.5333
Sig.		.115	.268

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

สี

	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30	5.4000		
คอมบูชาทางการค้า	30		6.3667	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30			7.5333

Sig.		1.000	1.000	1.000

กลิ่น

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	4.1000	
คอมบูชาทางการค้า	30		5.1667
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30		5.3000
Sig.		1.000	.771

รสชาติ

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	3.7333	
คอมบูชาทางการค้า	30	4.4333	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30		6.8667
Sig.		.201	1.000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ความชอบโดยรวม

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	4.6333	
คอมบูชาทางการค้า	30	4.9000	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30		6.9000
Sig.		.551	1.000

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วันที่ 40

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ความใส	Pasteurization	30	6.1667	1.46413	.26731	5.6200	6.7134	3.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	7.3000	1.41787	.25887	6.7706	7.8294	4.00	9.00
	Commercial example	30	6.4333	1.40647	.25679	5.9081	6.9585	4.00	8.00
	Total	90	6.6333	1.49494	.15758	6.3202	6.9464	3.00	9.00
สี	Pasteurization	30	6.2000	1.60602	.29322	5.6003	6.7997	4.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	7.2667	1.41259	.25790	6.7392	7.7941	4.00	9.00
	Commercial example	30	6.6667	1.24106	.22659	6.2032	7.1301	4.00	9.00
	Total	90	6.7111	1.47827	.15582	6.4015	7.0207	4.00	9.00
กลิ่น	Pasteurization	30	6.0667	1.48401	.27094	5.5125	6.6208	4.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	5.2667	1.79911	.32847	4.5949	5.9385	2.00	9.00
	Commercial example	30	5.7000	1.53466	.28019	5.1269	6.2731	2.00	9.00
	Total	90	5.6778	1.62721	.17152	5.3370	6.0186	2.00	9.00
รสชาติ	Pasteurization	30	7.2667	1.43679	.26232	6.7302	7.8032	4.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	4.7000	1.68462	.30757	4.0710	5.3290	2.00	8.00

	Commercial example	30	4.7333	1.79911	.32847	4.0615	5.4051	1.00	9.00
	Total	90	5.5667	2.02817	.21379	5.1419	5.9915	1.00	9.00
ความชอบโดยรวม	Pasteurization	30	7.1333	1.22428	.22352	6.6762	7.5905	5.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	5.7000	1.70496	.31128	5.0634	6.3366	2.00	8.00
	Commercial example	30	5.2667	1.55216	.28338	4.6871	5.8463	2.00	8.00
	Total	90	6.0333	1.69235	.17839	5.6789	6.3878	2.00	9.00

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความใส	Between Groups	19.467	2	9.733	3.705	.029
	Within Groups	228.533	87	2.627		
	Total	248.000	89			
สี	Between Groups	68.467	2	34.233	15.706	.000
	Within Groups	189.633	87	2.180		
	Total	258.100	89			

กลิ่น	Between Groups	25.956	2	12.978	4.164	.019
	Within Groups	271.167	87	3.117		
	Total	297.122	89			
รสชาติ	Between Groups	162.289	2	81.144	18.351	.000
	Within Groups	384.700	87	4.422		
	Total	546.989	89			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	92.089	2	46.044	15.505	.000
	Within Groups	258.367	87	2.970		
	Total	350.456	89			

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Post Hoc Test (Homogeneous Subsets)

Duncan[a]

ความใส

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30	6.1667	
คอมบูชาทางการค้า	30	6.4333	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30		7.3000
Sig.		.472	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

สี

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30	6.2000	
คอมบูชาทางการค้า	30	6.6667	6.6667
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30		7.2667

Sig.		.209	.107

กลิ่น

	N	Subset for alpha = 0.05
		1
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	5.2667
คอมบูชาทางการค้า	30	5.7000
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30	6.0667
Sig.		.072

รสชาติ

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	4.7000	
คอมบูชาทางการค้า	30	4.7333	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30		7.2667
Sig.		.938	1.000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ความชอบโดยรวม

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาทางการค้า	30	5.2667	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	5.7000	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30		7.1333
Sig.		.269	1.000

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วันที่ 50

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ความใส	Pasteurization	30	6.0667	1.87420	.34218	5.3668	6.7665	2.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	6.9667	1.47352	.26903	6.4164	7.5169	4.00	9.00
	Commercial example	30	5.9667	1.77110	.32336	5.3053	6.6280	2.00	9.00
	Total	90	6.3333	1.75461	.18495	5.9658	6.7008	2.00	9.00
สี	Pasteurization	30	5.9667	1.62912	.29743	5.3583	6.5750	2.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	6.9000	1.29588	.23659	6.4161	7.3839	4.00	9.00
	Commercial example	30	6.3333	1.70867	.31196	5.6953	6.9714	2.00	9.00
	Total	90	6.4000	1.58504	.16708	6.0680	6.7320	2.00	9.00
กลิ่น	Pasteurization	30	6.0333	1.73172	.31617	5.3867	6.6800	2.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	6.2667	1.79911	.32847	5.5949	6.9385	3.00	9.00
	Commercial example	30	6.1000	1.97135	.35992	5.3639	6.8361	2.00	9.00
	Total	90	6.1333	1.81875	.19171	5.7524	6.5143	2.00	9.00
รสชาติ	Pasteurization	30	7.1667	1.74363	.31834	6.5156	7.8177	1.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	6.4667	1.69651	.30974	5.8332	7.1002	2.00	9.00

	Commercial example	30	5.7667	1.61210	.29433	5.1647	6.3686	2.00	9.00
	Total	90	6.4667	1.76228	.18576	6.0976	6.8358	1.00	9.00
ความชอบ โดยรวม	Pasteurization	30	7.1000	1.47040	.26846	6.5509	7.6491	4.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	6.6667	1.53877	.28094	6.0921	7.2413	2.00	9.00
	Commercial example	30	6.2000	1.42393	.25997	5.6683	6.7317	2.00	9.00
	Total	90	6.6556	1.50774	.15893	6.3398	6.9713	2.00	9.00

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความใส	Between Groups	18.200	2	9.100	3.095	.050
	Within Groups	255.800	87	2.940		
	Total	274.000	89			
สี	Between Groups	13.267	2	6.633	2.744	.070
	Within Groups	210.333	87	2.418		
	Total	223.600	89			
กลิ่น	Between Groups	.867	2	.433	.128	.880

	Within Groups	293.533	87	3.374		
	Total	294.400	89			
รสชาติ	Between Groups	29.400	2	14.700	5.178	.008
	Within Groups	247.000	87	2.839		
	Total	276.400	89			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	12.156	2	6.078	2.781	.068
	Within Groups	190.167	87	2.186		
	Total	202.322	89			

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Post Hoc Test (Homogeneous Subsets)

Duncan[a]

ความใส

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาทางการค้า	30	5.9667	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30	6.0667	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30		6.9667
Sig.		.822	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

สี

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30	5.9667	
คอมบูชาทางการค้า	30	6.3333	6.3333

คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30		6.9000
Sig.		.364	.162

กลิ่น

	N	Subset for alpha = 0.05
		1
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30	6.0333
คอมบูชาทางการค้า	30	6.1000
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	6.2667
Sig.		.647

รสชาติ

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาทางการค้า	30	5.7667	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	6.4667	6.4667
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30		7.1667
Sig.		.111	.111

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ความชอบโดยรวม

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาทางการค้า	30	6.2000	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	6.6667	6.6667
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30		7.1000
Sig.		.225	.259

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วันที่ 60

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ความใส	Pasteurization	30	6.4667	1.61316	.29452	5.8643	7.0690	2.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	7.0000	1.85695	.33903	6.3066	7.6934	1.00	9.00
	Commercial example	30	6.0667	1.48401	.27094	5.5125	6.6208	2.00	9.00
	Total	90	6.5111	1.68433	.17754	6.1583	6.8639	1.00	9.00
สี	Pasteurization	30	6.7000	1.53466	.28019	6.1269	7.2731	4.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	6.6667	1.51620	.27682	6.1005	7.2328	3.00	9.00
	Commercial example	30	6.3000	1.46570	.26760	5.7527	6.8473	2.00	9.00
	Total	90	6.5556	1.49990	.15810	6.2414	6.8697	2.00	9.00
กลิ่น	Pasteurization	30	6.6333	1.37674	.25136	6.1193	7.1474	2.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	6.2000	1.49482	.27292	5.6418	6.7582	4.00	9.00
	Commercial example	30	6.8333	1.31525	.24013	6.3422	7.3245	4.00	9.00
	Total	90	6.5556	1.40713	.14832	6.2608	6.8503	2.00	9.00
รสชาติ	Pasteurization	30	7.3667	1.54213	.28155	6.7908	7.9425	3.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	6.8667	1.71672	.31343	6.2256	7.5077	4.00	9.00

	Commercial example	30	5.7333	1.94641	.35536	5.0065	6.4601	1.00	9.00
	Total	90	6.6556	1.85522	.19556	6.2670	7.0441	1.00	9.00
ความชอบโดยรวม	Pasteurization	30	7.1667	1.46413	.26731	6.6200	7.7134	3.00	9.00
	KMS 500 ppm	30	6.8667	1.59164	.29059	6.2723	7.4610	4.00	9.00
	Commercial example	30	6.1667	1.72374	.31471	5.5230	6.8103	1.00	9.00
	Total	90	6.7333	1.63391	.17223	6.3911	7.0755	1.00	9.00

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความใส	Between Groups	13.156	2	6.578	2.391	.098
	Within Groups	239.333	87	2.751		
	Total	252.489	89			
สี	Between Groups	2.956	2	1.478	.652	.524
	Within Groups	197.267	87	2.267		
	Total	200.222	89			

กลิ่น	Between Groups	6.289	2	3.144	1.610	.206
	Within Groups	169.933	87	1.953		
	Total	176.222	89			
รสชาติ	Between Groups	42.022	2	21.011	6.916	.002
	Within Groups	264.300	87	3.038		
	Total	306.322	89			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	15.800	2	7.900	3.099	.050
	Within Groups	221.800	87	2.549		
	Total	237.600	89			

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Post Hoc Test (Homogeneous Subsets)

Duncan[a]

ความใส

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาทางการค้า	30	6.0667	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30	6.4667	6.4667
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30		7.0000
Sig.		.353	.216

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

สี

	N	Subset for alpha = 0.05
		1
คอมบูชาทางการค้า	30	6.3000
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	6.6667

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30	6.7000
Sig.		.337

กลิ่น

	N	Subset for alpha = 0.05
		1
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	6.2000
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30	6.6333
คอมบูชาทางการค้า	30	6.8333
Sig.		.101

รสชาติ

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาทางการค้า	30	5.7333	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30		6.8667
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30		7.3667
Sig.		1.000	.270

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ความชอบโดยรวม

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
คอมบูชาทางการค้า	30	6.1667	
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ppm	30	6.8667	6.8667
คอมบูชาจากกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์	30		7.1667
Sig.		.093	.469

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ค่าวิเคราะห์ทางสถิติของการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ผ่านการปรับปรุงรสชาติและผ่านการฆ่าเชื้อโดยวิธีการพาสเจอไรซ์เปรียบเทียบกับการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน

วันที่ 0

Group Statistics

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ค่าพีเอช	Pasteurization	3	3.3767	.00577	.00333
	KMS 500 ppm	3	3.3500	.00000	.00000
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	Pasteurization	3	17.6000	2.55343	1.47422
	KMS 500 ppm	3	12.2000	.20000	.11547
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก	Pasteurization	3	.2167	.02309	.01333
	KMS 500 ppm	3	.2067	.02082	.01202
กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ	Pasteurization	3	93.1500	.72505	.41861
	KMS 500 ppm	3	92.5700	1.25503	.72459
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	Pasteurization	3	785.4167	123.31574	71.19637
	KMS 500 ppm	3	540.7500	1.25000	.72169

ปริมาณเอทานอล	Pasteurization	3	.0867	.02517	.01453
	KMS 500 ppm	3	.1170	.01714	.00990

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ค่าพีเอช	Equal variances assumed	16.000	.016	8.000	4	.001	.02667	.00333	.01741	.03592
	Equal variances not assumed			8.000	2.000	.015	.02667	.00333	.01232	.04101
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	Equal variances assumed	6.898	.058	3.652	4	.022	5.40000	1.47874	1.29436	9.50564
	Equal variances not assumed			3.652	2.025	.066	5.40000	1.47874	-.88916	11.68916
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก	Equal variances assumed	.114	.752	.557	4	.607	.01000	.01795	-.03984	.05984
	Equal variances not assumed			.557	3.958	.607	.01000	.01795	-.04005	.06005
กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ	Equal variances assumed	.423	.551	.693	4	.526	.58000	.83682	-1.74338	2.90338

	Equal variances not assumed			.693	3.201	.535	.58000	.83682	-1.99089	3.15089
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	Equal variances assumed	8.048	.047	3.436	4	.026	244.66667	71.20003	46.98369	442.34964
	Equal variances not assumed			3.436	2.000	.075	244.66667	71.20003	-61.62203	550.95537
ปริมาณเอทานอล	Equal variances assumed	.343	.590	-1.725	4	.160	-.03033	.01758	-.07914	.01848
	Equal variances not assumed			-1.725	3.527	.169	-.03033	.01758	-.08184	.02117

ค่าพีเอช

ค่าพีเอชเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 3.38 ± 0.01

ค่าพีเอชเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 3.35 ± 0.00

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 16.00 ค่า sig = 0.016 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances not assumed

2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 8.00 , df = 2.00 , sig = 0.015 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ค่า pH เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 17.6 ± 2.55

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 12.20 ± 0.20

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 6.898 ค่า sig = 0.058 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 3.652 , df = 4.00 , sig = 0.022 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก

ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก (ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 0.22 ± 0.02

ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก (ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 0.21 ± 0.21

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 0.114 ค่า sig = 0.752 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 0.557 , df = 4.00 , sig = 0.607 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก (ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ

ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 93.15 ± 0.73

ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 92.57 ± 1.25

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 0.423 ค่า sig = 0.551 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 0.693 , df = 4.00 , sig = 0.526 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่า % scavenging เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 785.42 ± 123.32

ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 540.75 ± 1.25

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 8.048 ค่า sig = 0.047 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances not assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 3.436 , df = 2.00 , sig = 0.075 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณเอทานอล

ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 0.09 ± 0.03

ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 0.12 ± 0.02

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 3.343 ค่า sig = 0.590 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed

2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = -1.725 , df = 4.00 , sig = 0.160 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วันที่ 10

Group Statistics

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ค่าพีเอช	Pasteurization	3	3.3667	.00577	.00333
	KMS 500 ppm	3	3.3500	.00000	.00000
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	Pasteurization	3	17.6000	1.96977	1.13725
	KMS 500 ppm	3	12.4000	.20000	.11547
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก	Pasteurization	3	.2133	.02082	.01202
	KMS 500 ppm	3	.2000	.02646	.01528
กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ	Pasteurization	3	95.5533	.40079	.23140
	KMS 500 ppm	3	94.0267	.49003	.28292
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	Pasteurization	3	657.5000	49.38687	28.51352
	KMS 500 ppm	3	578.7467	66.25000	38.24946
ปริมาณเอทานอล	Pasteurization	3	.0547	.00737	.00426
	KMS 500 ppm	3	.0921	.00480	.00277

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ค่าพีเอช	Equal variances assumed	16.000	.016	8.000	4	.001	.02667	.00333	.01741	.03592
	Equal variances not assumed			8.000	2.000	.015	.02667	.00333	.01232	.04101
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	Equal variances assumed	6.898	.058	3.652	4	.022	5.40000	1.47874	1.29436	9.50564
	Equal variances not assumed			3.652	2.025	.066	5.40000	1.47874	-.88916	11.68916
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก	Equal variances assumed	.114	.752	.557	4	.607	.01000	.01795	-.03984	.05984
	Equal variances not assumed			.557	3.958	.607	.01000	.01795	-.04005	.06005
กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ	Equal variances assumed	.423	.551	.693	4	.526	.58000	.83682	-1.74338	2.90338

	Equal variances not assumed			.693	3.201	.535	.58000	.83682	-1.99089	3.15089
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	Equal variances assumed	8.048	.047	3.436	4	.026	244.66667	71.20003	46.98369	442.34964
	Equal variances not assumed			3.436	2.000	.075	244.66667	71.20003	-61.62203	550.95537
ปริมาณเอทานอล	Equal variances assumed	.343	.590	-1.725	4	.160	-.03033	.01758	-.07914	.01848
	Equal variances not assumed			-1.725	3.527	.169	-.03033	.01758	-.08184	.02117

ค่าพีเอช

ค่าพีเอชเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 3.37 ± 0.01

ค่าพีเอชเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 3.35 ± 0.00

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 16.000 ค่า sig = 0.016 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances not assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 5.000 , df = 2.00 , sig = 0.038 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ค่า pH เฉลี่ยเฉลี่ย

ของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 17.60 ± 1.97

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 12.40 ± 0.20

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 8.000 ค่า sig = 0.047 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances not assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 4.549 , df = 2.041 , sig = 0.043 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก

ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก(ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 0.21 ± 0.02

ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก(ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 0.20 ± 0.03

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 0.348 ค่า sig = 0.587 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 0.686 , df = 4.00 , sig = 0.530 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก(ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ

ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 95.55 ± 0.40

ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 94.03 ± 0.49

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 0.018 ค่า sig = 0.900 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 4.177 , df = 4.00 , sig = 0.014 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ค่า % scavenging เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 657.50 ± 49.39

ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 578.75 ± 66.25

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 0.158 ค่า sig = 0.712 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 1.651 , df = 4.00 , sig = 0.174 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณเอทานอล

ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 0.05 ± 0.01

ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 0.09 ± 0.00

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 0.984 ค่า sig = 0.377 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed

2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = -7.364 , df = 4.00, sig = 0.002 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วันที่ 20

Group Statistics

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ค่าพีเอช	Pasteurization	3	3.3667	.00577	.00333
	KMS 500 ppm	3	3.3467	.00577	.00333
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	Pasteurization	3	17.4667	2.23010	1.28755
	KMS 500 ppm	3	12.2000	.20000	.11547
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก	Pasteurization	3	.2167	.02517	.01453
	KMS 500 ppm	3	.2067	.02082	.01202
กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ	Pasteurization	3	91.6700	.44136	.25482
	KMS 500 ppm	3	95.5800	.35000	.20207
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	Pasteurization	3	657.9167	46.54187	26.87096
	KMS 500 ppm	3	594.3833	116.87500	67.47781
ปริมาณเอทานอล	Pasteurization	3	.0353	.00577	.00333
	KMS 500 ppm	3	.0843	.00551	.00318

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ค่าพีเอช	Equal variances assumed	.000	1.000	4.243	4	.013	.02000	.00471	.00691	.03309
	Equal variances not assumed			4.243	4.000	.013	.02000	.00471	.00691	.03309
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	Equal variances assumed	10.251	.033	4.074	4	.015	5.26667	1.29271	1.67752	8.85582
	Equal variances not assumed			4.074	2.032	.054	5.26667	1.29271	-.21191	10.74524
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก	Equal variances assumed	.065	.812	.530	4	.624	.01000	.01886	-.04235	.06235
	Equal variances not assumed			.530	3.864	.625	.01000	.01886	-.04309	.06309
กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ	Equal variances assumed	.171	.701	-12.023	4	.000	-3.91000	.32522	-4.81295	-3.00705
	Equal variances			-12.023	3.803	.000	-3.91000	.32522	-4.83174	-2.98826

	not assumed									
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	Equal variances assumed	1.125	.349	.875	4	.431	63.53333	72.63129	-138.12345	265.19012
	Equal variances not assumed			.875	2.619	.455	63.53333	72.63129	-187.86561	314.93228
ปริมาณเอทานอล	Equal variances assumed	.055	.827	-10.620	4	.000	-.04893	.00461	-.06173	-.03614
	Equal variances not assumed			-10.620	3.991	.000	-.04893	.00461	-.06174	-.03613

ค่าพีเอช

ค่าพีเอชเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 3.37 ± 0.01

ค่าพีเอชเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 3.35 ± 0.01

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 0.000 ค่า sig = 1.000 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 4.243 , df = 4.00 , sig = 0.013 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ค่า pH เฉลี่ยของ

กลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 17.47 ± 2.23

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 12.20 ± 0.20

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 10.251 ค่า sig = 0.033 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances not assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 4.074 , df = 2.032 , sig = 0.054 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก

ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก(ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 0.22 ± 0.03

ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก(ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 0.21 ± 0.02

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 0.065 ค่า sig = 0.812 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 0.530 , df = 4.00 , sig = 0.624 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก(ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ

ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 91.67 ± 0.44

ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 95.58 ± 0.35

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 0.171 ค่า sig = 0.701 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = -12.023 , df = 4.00 , sig = 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ค่า % scavenging เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 657.92 ± 46.54

ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 594.38 ± 116.88

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 1.125 ค่า sig = 0.349 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 0.875 , df = 4.00 , sig = 0.431 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณเอทานอล

ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 0.04 ± 0.01

ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 0.08 ± 0.01

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 0.055 ค่า sig = 0.827 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed

2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = -10.620 , df = 4.00, sig = 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วันที่ 30

Group Statistics

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ค่าพีเอช	Pasteurization	3	3.3667	.11719	.06766
	KMS 500 ppm	3	3.3000	.03606	.02082
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	Pasteurization	3	17.1333	2.87286	1.65865
	KMS 500 ppm	3	11.6667	1.00664	.58119
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก	Pasteurization	3	.2167	.02517	.01453
	KMS 500 ppm	3	.2400	.01000	.00577
กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ	Pasteurization	3	92.3600	.31432	.18148
	KMS 500 ppm	3	94.8167	.15011	.08667
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	Pasteurization	3	620.8333	109.38988	63.15628
	KMS 500 ppm	3	574.3800	9.37500	5.41266
ปริมาณเอทานอล	Pasteurization	3	.0133	.00306	.00176
	KMS 500 ppm	3	.0725	.00291	.00168

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ค่าพีเอช	Equal variances assumed	5.492	.079	.942	4	.400	.06667	.07079	-.12988	.26321
	Equal variances not assumed			.942	2.375	.432	.06667	.07079	-.19614	.32948
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	Equal variances assumed	4.629	.098	3.110	4	.036	5.46667	1.75752	.58700	10.34633
	Equal variances not assumed			3.110	2.484	.068	5.46667	1.75752	-.84525	11.77858
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก	Equal variances assumed	1.923	.238	-1.492	4	.210	-.02333	.01563	-.06674	.02008
	Equal variances not assumed			-1.492	2.616	.245	-.02333	.01563	-.07749	.03082
กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ	Equal variances assumed	2.957	.161	-12.216	4	.000	-2.45667	.20111	-3.01503	-1.89830

	Equal variances not assumed			-12.216	2.867	.001	-2.45667	.20111	-3.11379	-1.79955
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	Equal variances assumed	3.519	.134	.733	4	.504	46.45333	63.38779	-129.53939	222.44606
	Equal variances not assumed			.733	2.029	.539	46.45333	63.38779	-222.53347	315.44014
ปริมาณเอทานอล	Equal variances assumed	.034	.863	-24.308	4	.000	-.05917	.00243	-.06592	-.05241
	Equal variances not assumed			-24.308	3.990	.000	-.05917	.00243	-.06593	-.05240

ค่าพีเอช

ค่าพีเอชเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 3.37 ± 0.12

ค่าพีเอชเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 3.30 ± 0.04

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 5.492 ค่า sig = 0.079 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed

2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 0.942 , df = 4.00 , sig = 0.400 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่า pH เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 17.13 ± 2.87

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 11.67 ± 1.01

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 4.629 ค่า sig = 0.098 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 3.110 , df = 4.00 , sig = 0.036 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก

ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก(ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 0.22 ± 0.03

ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก(ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 0.24 ± 0.01

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 1.923 ค่า sig = 0.238 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = -1.492 , df = 4.00 , sig = 0.210 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก(ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

__กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ__

ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 92.36 ± 0.31

ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 94.82 ± 0.15

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 2.957 ค่า sig = 0.161 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = -12.216, df = 4.00 , sig = 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ค่า % scavenging เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 620.83 ± 109.39

ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 574.38 ± 9.38

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 3.519 ค่า sig = 0.134 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 0.733 , df = 4.00 , sig = 0.504 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณเอทานอล

ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 0.01 ± 0.00

ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 0.07 ± 0.00

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 0.034 ค่า sig = 0.863 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed

2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = -24.308 , df = 4.00, sig = 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วันที่ 40

Group Statistics

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ค่าพีเอช	Pasteurization	3	3.3533	.11372	.06566
	KMS 500 ppm	3	3.2767	.01528	.00882
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	Pasteurization	3	17.0667	2.38607	1.37760
	KMS 500 ppm	3	12.0000	.20000	.11547
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก	Pasteurization	3	.2033	.02082	.01202
	KMS 500 ppm	3	.2267	.00577	.00333
กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ	Pasteurization	3	93.4000	.45574	.26312
	KMS 500 ppm	3	95.6267	.78002	.45035
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	Pasteurization	3	686.6667	5.20416	3.00463
	KMS 500 ppm	3	626.8800	.62506	.36088
ปริมาณเอทานอล	Pasteurization	3	.0097	.00058	.00033
	KMS 500 ppm	3	.0934	.00501	.00289

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ค่าพีเอช	Equal variances assumed	7.060	.057	1.157	4	.312	.07667	.06625	-.10727	.26060
	Equal variances not assumed			1.157	2.072	.363	.07667	.06625	-.19908	.35241
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	Equal variances assumed	11.788	.026	3.665	4	.021	5.06667	1.38243	1.22843	8.90491
	Equal variances not assumed			3.665	2.028	.066	5.06667	1.38243	-.80316	10.93649
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก	Equal variances assumed	5.000	.089	-1.871	4	.135	-.02333	.01247	-.05796	.01130
	Equal variances not assumed			-1.871	2.306	.185	-.02333	.01247	-.07072	.02405
กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ	Equal variances assumed	.504	.517	-4.269	4	.013	-2.22667	.52158	-3.67480	-.77853

	Equal variances not assumed			-4.269	3.223	.020	-2.22667	.52158	-3.82346	-.62988
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	Equal variances assumed	7.979	.048	19.756	4	.000	59.78667	3.02622	51.38453	68.18880
	Equal variances not assumed			19.756	2.058	.002	59.78667	3.02622	47.10955	72.46379
ปริมาณเอทานอล	Equal variances assumed	3.843	.122	-28.747	4	.000	-.08373	.00291	-.09182	-.07565
	Equal variances not assumed			-28.747	2.053	.001	-.08373	.00291	-.09596	-.07151

ค่าพีเอช

ค่าพีเอชเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 3.35 ± 0.11

ค่าพีเอชเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 3.28 ± 0.02

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 7.060 ค่า sig = 0.057 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed

2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 1.157 , df = 4.00 , sig = 0.312 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่า pH เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 17.07 ± 2.39

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 12.00 ± 0.20

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 11.788 ค่า sig = 0.026 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances not assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 3.665, df = 2.028 , sig = 0.066 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก

ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก(ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 0.20 ± 0.02

ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก(ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 0.23 ± 0.01

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 5.000 ค่า sig = 0.089 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = -1.871 , df = 4.00 , sig = 0.135 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก(ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ

ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 93.40 ± 0.46

ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 95.63 ± 0.78

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 0.504 ค่า sig = 0.517 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = -4.269 , df = 4.00 , sig = 0.013 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ค่า % scavenging เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 686.67 ± 5.20

ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 626.88 ± 0.63

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 7.979 ค่า sig = 0.048 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances not assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 19.756 , df = 2.058 , sig = 0.002 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณเอทานอล

ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 0.01 ± 0.00

ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 0.09 ± 0.01

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 3.843 ค่า sig = 0.122 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed

2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = -28.747 , df = 4.00, sig = 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วันที่ 50

Group Statistics

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ค่าพีเอช	Pasteurization	3	3.3500	.10583	.06110
	KMS 500 ppm	3	3.2967	.07506	.04333
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	Pasteurization	3	16.7333	2.24796	1.29786
	KMS 500 ppm	3	11.2000	.20000	.11547
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก	Pasteurization	3	.2067	.02517	.01453
	KMS 500 ppm	3	.2033	.01528	.00882
กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ	Pasteurization	3	96.2300	1.58606	.91571
	KMS 500 ppm	3	94.9600	.47508	.27429
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	Pasteurization	3	683.7500	19.64529	11.34221
	KMS 500 ppm	3	562.4967	43.75000	25.25907
ปริมาณเอทานอล	Pasteurization	3	.0047	.00058	.00033
	KMS 500 ppm		.1060	.02822	.01629

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ค่าพีเอช	Equal variances assumed	.755	.434	.712	4	.516	.05333	.07491	-.15464	.26131
	Equal variances not assumed			.712	3.606	.520	.05333	.07491	-.16393	.27059
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	Equal variances assumed	6.780	.060	4.247	4	.013	5.53333	1.30299	1.91566	9.15101
	Equal variances not assumed			4.247	2.032	.050	5.53333	1.30299	.00992	11.05674
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก	Equal variances assumed	.643	.468	.196	4	.854	.00333	.01700	-.04386	.05052
	Equal variances not assumed			.196	3.298	.856	.00333	.01700	-.04810	.05477
กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ	Equal variances assumed	3.002	.158	1.329	4	.255	1.27000	.95591	-1.38404	3.92404

	Equal variances not assumed			1.329	2.356	.298	1.27000	.95591	-2.30120	4.84120
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	Equal variances assumed	.934	.388	4.379	4	.012	121.25333	27.68875	44.37705	198.12962
	Equal variances not assumed			4.379	2.775	.026	121.25333	27.68875	28.95274	213.55393
ปริมาณเอทานอล	Equal variances assumed	10.864	.030	-6.220	4	.003	-.10137	.01630	-.14661	-.05612
	Equal variances not assumed			-6.220	2.002	.025	-.10137	.01630	-.17143	-.03130

ค่าพีเอช

ค่าพีเอชเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 3.35 ± 0.11

ค่าพีเอชเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 3.30 ± 0.08

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 0.755 ค่า sig = 0.434 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed

2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 0.712 , df = 4.00 , sig = 0.516 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่า pH เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 16.73 ± 2.25

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 11.20 ± 0.20

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 6.780 ค่า sig = 0.060 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 4.247 , df = 4.00 , sig = 0.013 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก

ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก (ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 0.21 ± 0.03

ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก (ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 0.20 ± 0.02

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 0.643 ค่า sig = 0.468 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 0.196 , df = 4.00 , sig = 0.854 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก(ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ

ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 96.23 ± 1.59

ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 94.96 ± 0.48

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 3.002 ค่า sig = 0.158 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 1.329 , df = 4.00 , sig = 0.255 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่า % scavenging เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์)และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 683.75 ± 19.65

ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 562.50 ± 43.75

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 0.934 ค่า sig = 0.388 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 4.379 , df = 4.00 , sig = 0.012 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณเอทานอล

ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 0.00 ± 0.00

ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 0.11 ± 0.03

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 10.864 ค่า sig = 0.030 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances not assumed

2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = -6.220 , df = 2.002 , sig = 0.025 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วันที่ 60

Group Statistics

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ค่าพีเอช	Pasteurization	3	3.3833	.10408	.06009
	KMS 500 ppm	3	3.3167	.06506	.03756
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	Pasteurization	3	16.3333	2.30940	1.33333
	KMS 500 ppm	3	11.2667	.45092	.26034
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก	Pasteurization	3	.2133	.02082	.01202
	KMS 500 ppm	3	.2233	.02517	.01453
กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ	Pasteurization	3	95.3600	.94905	.54794
	KMS 500 ppm	3	96.7333	.22546	.13017
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	Pasteurization	3	688.7500	101.23457	58.44780
	KMS 500 ppm	3	626.8767	.62501	.36085
ปริมาณเอทานอล	Pasteurization	3	.0017	.00289	.00167
	KMS 500 ppm	3	.0862	.00625	.00361

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ค่าพีเอช	Equal variances assumed	1.100	.353	.941	4	.400	.06667	.07087	-.13009	.26343
	Equal variances not assumed			.941	3.356	.409	.06667	.07087	-.14592	.27925
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	Equal variances assumed	9.917	.035	3.730	4	.020	5.06667	1.35851	1.29483	8.83850
	Equal variances not assumed			3.730	2.152	.058	5.06667	1.35851	-.39958	10.53291
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก	Equal variances assumed	.065	.812	-.530	4	.624	-.01000	.01886	-.06235	.04235
	Equal variances not assumed			-.530	3.864	.625	-.01000	.01886	-.06309	.04309
กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ	Equal variances assumed	6.142	.068	-2.439	4	.071	-1.37333	.56319	-2.93699	.19032

	Equal variances not assumed			-2.439	2.225	.122	-1.37333	.56319	-3.57618	.82951
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	Equal variances assumed	9.214	.039	1.059	4	.349	61.87333	58.44892	-100.40688	224.15355
	Equal variances not assumed			1.059	2.000	.401	61.87333	58.44892	-189.59369	313.34036
ปริมาณเอทานอล	Equal variances assumed	.831	.414	-21.259	4	.000	-.08450	.00397	-.09554	-.07346
	Equal variances not assumed			-21.259	2.816	.000	-.08450	.00397	-.09763	-.07137

ค่าพีเอช

ค่าพีเอชเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 3.38 ± 0.10

ค่าพีเอชเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 3.32 ± 0.07

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 1.100 ค่า sig = 0.353 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed

2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 0.941 , df = 4.00 , sig = 0.400 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่า pH เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 16.33 ± 2.31

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 11.27 ± 0.45

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 9.917 ค่า sig = 0.035 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances not assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 3.730 , df = 2.152 , sig = 0.058 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก

ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก (ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 0.21 ± 0.02

ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก (ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 0.22 ± 0.03

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 0.065 ค่า sig = 0.812 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = -0.530 , df = 4.00 , sig = 0.624 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่าปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก(ร้อยละ) เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ

ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 95.36 ± 0.95

ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 96.73 ± 0.23

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 6.142 ค่า sig = 0.068 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = -2.439 , df = 4.00 , sig = 0.071 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่า % scavenging เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์)และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 688.75 ± 101.23

ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 626.88 ± 0.63

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 9.214 ค่า sig = 0.039 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances not assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = 1.059 , df = 2.00 , sig = 0.401 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณเอทานอล

ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์ = 0.00 ± 0.00

ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ = 0.09 ± 0.00

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

1. ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Levene's Test for Equality of Variances) F-test = 0.831 ค่า sig = 0.414 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ให้ใช้ Equal variances assumed
2. ค่าสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร (t-test for Equality of Means) T-test = -21.259 , df = 4.00 , sig = 0.00 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (0.05) สรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือ ยอมรับ $H_1 = \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ คือ ค่าปริมาณเอทานอลเฉลี่ยของกลุ่ม

ตัวอย่างชาหมักคอมบูชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. ค่าวิเคราะห์ทางสถิติของการเปรียบเทียบค่าทางเคมีตลอดระยะเวลา 60 วันของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์และการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์

3.1 ค่าวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์

ระยะเวลาการเก็บรักษา	**ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด**	**พีเอช**	**ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก**	**กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ**	**สารประกอบฟีนอลิก**	**เอทานอล**
0	17.60^{a} ± 2.55	3.38^{a} ± 0.00	0.21^{a} ± 0.02	93.15^{bc} ± 0.73	785.42^{a} ± 123.32	0.09^{a} ± 0.03
10	17.60^{a} ± 1.97	3.35^{a} ± 0.00	0.21^{a} ± 0.02	95.55^{a} ± 0.40	657.50^{ab} ± 49.39	0.05^{b} ± 0.01
20	17.47^{a} ± 2.23	3.37^{a} ± 0.00	0.22^{a} ± 0.03	91.67^{c} ± 0.44	657.92^{ab} ± 46.54	0.04^{c} ± 0.01
30	17.13^{a} ± 2.87	3.37^{a} ± 0.12	0.22^{a} ± 0.03	92.36^{bc} ± 0.31	620.83^{b} ± 109.39	0.01^{d} ± 0.00
40	17.07^{a} ± 2.39	3.35^{a} ± 0.11	0.20^{a} ± 0.02	93.40^{b} ± 0.46	686.67^{ab} ± 5.20	0.01^{d} ± 0.00
50	16.73^{a} ± 2.25	3.35^{a} ± 0.11	0.21^{a} ± 0.03	96.23^{a} ± 1.59	683.75^{ab} ± 19.65	0.00^{d} ± 0.00
60	16.33^{a} ± 2.31	3.38^{a} ± 0.10	0.21^{a} ± 0.02	95.36^{a} ± 0.95	688.75^{ab} ± 101.23	0.00^{d} ± 0.00

หมายเหตุ

- ค่าทางเคมีของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการการพาสเจอไรซ์ แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abcd} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการศึกษาการฆ่าเชื้อในคอมบูชาโดยใช้วิธีการพาสเจอไรซ์ ทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน และเก็บตัวอย่างทุก ๆ 10 วันมาทดสอบคุณสมบัติทางเคมี ได้ค่าดังตารางที่ 4.7 พบว่า ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในสัปดาห์แรกมีค่าเท่ากับ 17.60 ± 2.55 องศาบริกซ์ เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ในวันที่ 60 พบว่ามีค่าอยู่ที่ 16.33 ± 2.31 องศาบริกซ์ ซึ่งมีความเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยซึ่งในทางสถิติถือว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าพีเอชในสัปดาห์แรกมีค่าเท่ากับ 3.38 ± 0.00 เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ในวันที่ 60 พบว่ามีค่าอยู่ที่ 3.38 ± 0.10 ซึ่งมีความเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยซึ่งในทางสถิติถือว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติกในสัปดาห์แรกมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.21 ± 0.02 เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ในวันที่ 60 พบว่ามีค่าอยู่ที่ร้อยละ 0.21 ± 0.02 ซึ่งมีไม่มีความเปลี่ยนแปลงเลยซึ่งในทางสถิติถือว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเริ่มต้นมีค่าเท่ากับร้อยละ 93.15 ± 0.73 ในระหว่างการเก็บรักษาพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าในวันที่ 10 มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้นเป็นร้อยละ 95.55 ± 0.40 ซึ่งในทางสถิติบ่งบอกว่ามีความแตกต่างจากวันที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในวันที่ 20 มีค่าลดลงเหลือร้อยละ 91.67 ± 0.44 ในทางสถิติก็แตกต่างจากวันที่ 10 อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเก็บรักษาครบ 60 วันพบว่ามีค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้นเป็นร้อยละ 95.36 ± 0.95 ซึ่งแตกต่างจากวันที่ 20 30 และ 40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในวันแรกมีค่าอยู่ที่ 785.42 ± 123.32 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร ในระหว่างการเก็บรักษาวันที่ 30 พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงอยู่ที่ 620.83 ± 109.39 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร ซึ่งแตกต่างจากวันที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาครบ 60 วันพบว่าสารประกอบฟีนอลิกมีปริมาณ 688.75 ± 101.23 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร ซึ่งในทางสถิติถือว่าไม่มีความแตกต่างกับวันที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณเอทานอลของคอมบูชาที่พาสเจอไรซ์มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาในการเก็บรักษา โดยในวันแรกมีค่าอยู่ที่ร้อยละ 0.09 ± 0.03 วันที่ 10 มีเอทานอลร้อยละ 0.05 ± 0.01 วันที่ 20 มีเอทานอลร้อยละ 0.04 ± 0.01 วันที่ 30 มีเอทานอลร้อยละ 0.01 ± 0.00 ซึ่งในวันที่ 0 ถึง 30 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเก็บรักษาครบ 60 วันพบว่ามีปริมาณเอทานอลอยู่ที่ร้อยละ 0.00 ± 0.00 นั่นคือไม่มีเอทานอลหลงเหลืออยู่แล้ว ซึ่งในวันที่ 30 ถึง 60 นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3.2 ค่าวิเคราะห์ทางสถิติทางเคมีของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์

ระยะเวลาการเก็บรักษา	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	พีเอช	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติก	กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ	สารประกอบฟีนอลิก	เอทานอล
0	12.20^{a} ± 2.55	3.35^{ab} ± 0.00	0.21^{ab} ± 0.02	92.57^{d} ± 1.26	540.75^{a} ± 1.25	0.12^{a} ± 0.02
10	12.40^{a} ± 1.97	3.37^{a} ± 0.01	0.20^{b} ± 0.03	94.03^{c} ± 0.4	578.84^{a} ± 66.25	0.09^{abc} ± 0.00
20	12.20^{a} ± 2.23	3.35^{ab} ± 0.01	0.21^{ab} ± 0.02	95.58^{ab} ± 0.35	594.38^{a} ± 116.88	0.08^{bc} ± 0.01
30	11.67^{ab} ± 2.87	3.30^{ab} ± 0.04	0.24^{a} ± 0.01	94.82^{bc} ± 0.15	574.38^{a} ± 9.38	0.07^{c} ± 0.00
40	12.00^{ab} ± 2.39	3.28^{b} ± 0.02	0.23^{ab} ± 0.01	95.63^{ab} ± 0.78	626.88^{a} ± 0.63	0.09^{abc} ± 0.01
50	11.20^{b} ± 2.25	3.30^{ab} ± 0.08	0.20^{ab} ± 0.02	94.96^{bc} ± 0.48	562.50^{a} ± 43.75	0.11^{ab} ± 0.03
60	11.27^{b} ± 2.31	3.32^{ab} ± 0.07	0.22^{ab} ± 0.03	96.73^{a} ± 0.23	626.88^{a} ± 0.63	0.09^{bc} ± 0.01

หมายเหตุ

- ค่าทางเคมีของคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abcd} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการศึกษาการฆ่าเชื้อในคอมบูชาโดยใช้วิธีการพาสเจอไรซ์ ทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน และเก็บตัวอย่างทุก ๆ 10 วันมาทดสอบคุณสมบัติทางเคมี ได้ค่าดังตารางที่ 4.7 พบว่า ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในสัปดาห์แรกมีค่าเท่ากับ 12.20 ± 2.55 องศาบริกซ์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเริ่มขึ้นที่วันที่ 50 ของการเก็บรักษา คือมีปริมาณของเข็งทั้งหมดที่ละลายได้อยู่ที่ 11.20 ± 2.25 องศาบริกซ์ และเมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ในวันที่ 60 พบว่ามีค่าอยู่ที่ 11.27 ± 2.31 องศาบริกซ์ ซึ่งในทางสถิติถือว่าวันที่ 50 และ 60 มีความแตกต่างจากวันที่ 0 ถึง 40 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าพีเอชในสัปดาห์แรกมีค่าเท่ากับ 3.35 ± 0.00 ในระหว่างการเก็บรักษาอาจมีการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อย เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ในวันที่ 60 พบว่ามีค่าอยู่ที่ 3.32 ± 0.07 ซึ่งมีความเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยซึ่งในทางสถิติถือว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดอะซิติกในสัปดาห์แรกมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.21 ± 0.02 เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ในวันที่ 60 พบว่ามีค่าอยู่ที่ร้อยละ 0.22 ± 0.03 ซึ่งในทางสถิติถือว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเริ่มต้นมีค่าเท่ากับร้อยละ 92.57 ± 1.26 พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งในวันที่ 60 มีกิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระสูงที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 96.73 ± 0.23 ซึ่งในทางสถิติถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในวันแรกมีค่าอยู่ที่ 540.75 ± 1.25 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร เมื่อเก็บรักษาครบ 60 วันพบว่าสารประกอบฟีนอลิกมีปริมาณ 626.8^{a} ± 0.63 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร ซึ่งในทางสถิติถือว่าไม่มีความแตกต่างกับวันที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญและตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาก็ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ปริมาณเอทานอลในวันแรกมีค่าอยู่ที่ร้อยละ 0.12 ± 0.02 วันที่ 10 มีเอทานอลร้อยละ 0.05 ± 0.01 วันที่ 20 มีเอทานอลร้อยละ 0.04 ± 0.01 วันที่ 30 มีเอทานอลต่ำสุดคือร้อยละ 0.07 ± 0.00 และเมื่อเก็บรักษาครบ 60 วันพบว่ามีปริมาณเอทานอลอยู่ที่ร้อยละ 0.09 ± 0.01 นั่นคือมีเอทานอลลดลงจากวันที่ 0 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. ค่าวิเคราะห์ทางสถิติของการศึกษาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบและชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ไม่ผ่านการหมัก

หมักคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบเป็นเวลา 9 วัน ในอัตราส่วนชาอูหลงต่อกระเจี๊ยบ คือ 1ต่อ1 กรองด้วยผ้าขาวบางหนา 3 ชั้นและกรองต่อด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เพื่อกรองตะกอนออกอีกครั้ง แบ่งคอมบูชาชาออกเป็น 2 ส่วนเพื่อที่จะนำส่วนหนึ่งไปปรับปรุงรสชาติโดยใช้ชาอูหลงหวานในอัตราส่วน 1ต่อ1 และกลิ่นชาสังเคราะห์ร้อยละ 0.05 โดยที่คอมบูชาทั้ง 2 ส่วนจะไม่นำไปฆ่าเชื้อ จากนั้นนำคอมบูชาทั้ง 2 ส่วนที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อมาทำการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีเปรียบเทียบกับชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบ(อัตราส่วน 1ต่อ1) ที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก

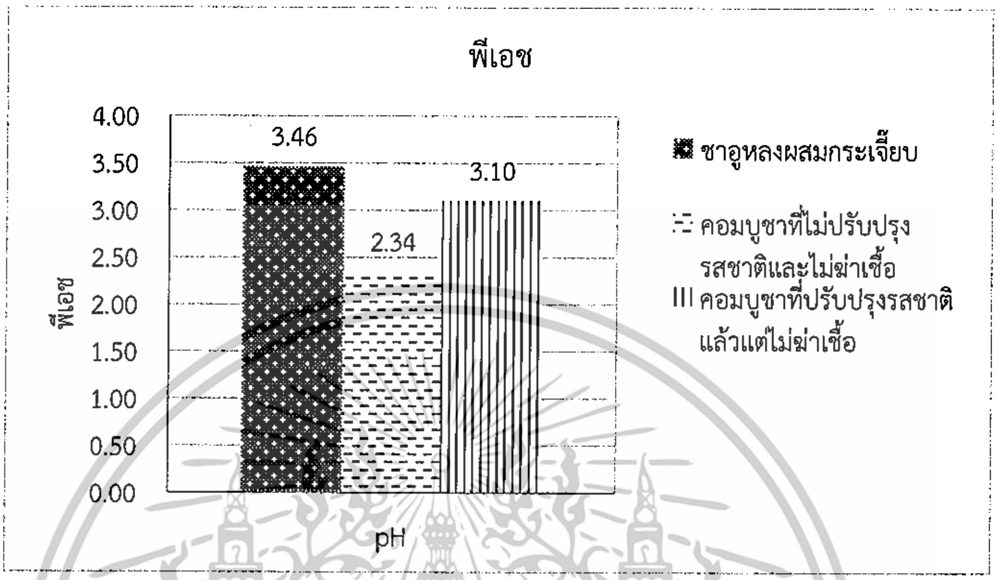
คุณสมบัติทางเคมี	ชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบ	คอมบูชาที่ไม่ปรับปรุงรสชาติและไม่ฆ่าเชื้อ	คอมบูชาที่ปรับปรุงรสชาติแล้วแต่ไม่ฆ่าเชื้อ
พีเอช	$3.46^{a} \pm 0.00$	$2.34^{c} \pm 0.00$	$3.10^{b} \pm 0.08$
ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก)	$0.08^{c} \pm 0.00$	$0.28^{a} \pm 0.02$	$0.20^{b} \pm 0.02$
ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้	$9.8^{c} \pm 0.00$	$10.17^{b} \pm 0.06$	$12.40^{a} \pm 0.00$
ปริมาณเอทานอล (ร้อยละ)	$0.00^{b} \pm 0.00$	$1.06^{a} \pm 0.09$	$0.02^{b} \pm 0.20$
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร)	$669.17^{b} \pm 173.70$	$678.75^{b} \pm 6.96$	$883.25^{a} \pm 16.53$
กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	$98.23^{a} \pm 0.50$	$93.43^{c} \pm 0.53$	$96.07^{b} \pm 0.75$

หมายเหตุ

- ค่าต่าง ๆ แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

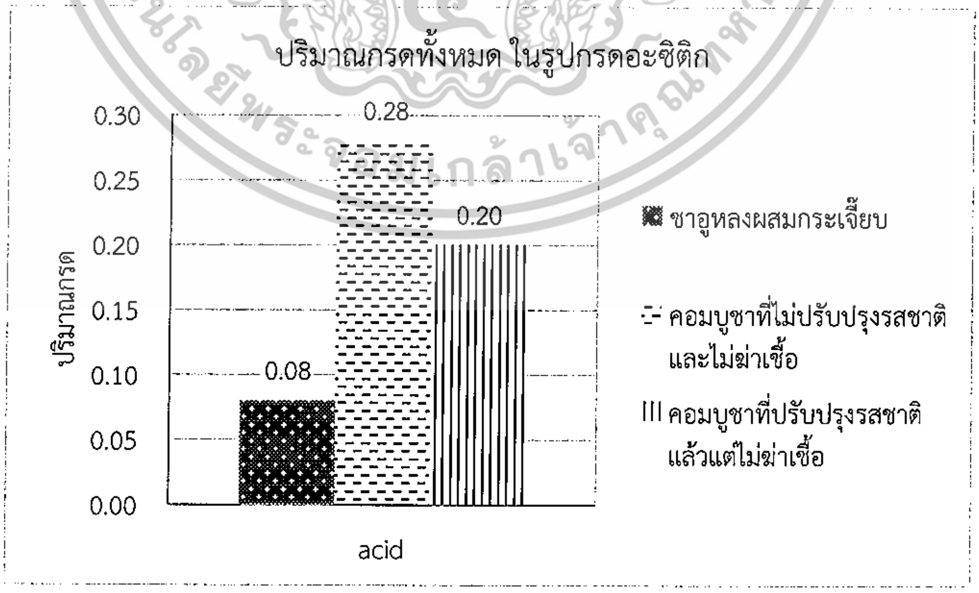
คุณสมบัติทางเคมี

พีเอช



จากการศึกษาพบว่า ชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบ มีความเป็นกรด-ด่างสูงสุด คือ 3.46 ± 0.00 รองลงมาเป็น คอมบูชาที่ปรับปรุงรสชาติแล้วแต่ไม่ฆ่าเชื้อ และ คอมบูชาที่ไม่ปรับปรุงรสชาติและไม่ฆ่าเชื้อ มีค่า 3.10 ± 0.08 และ 2.34 ± 0.00 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

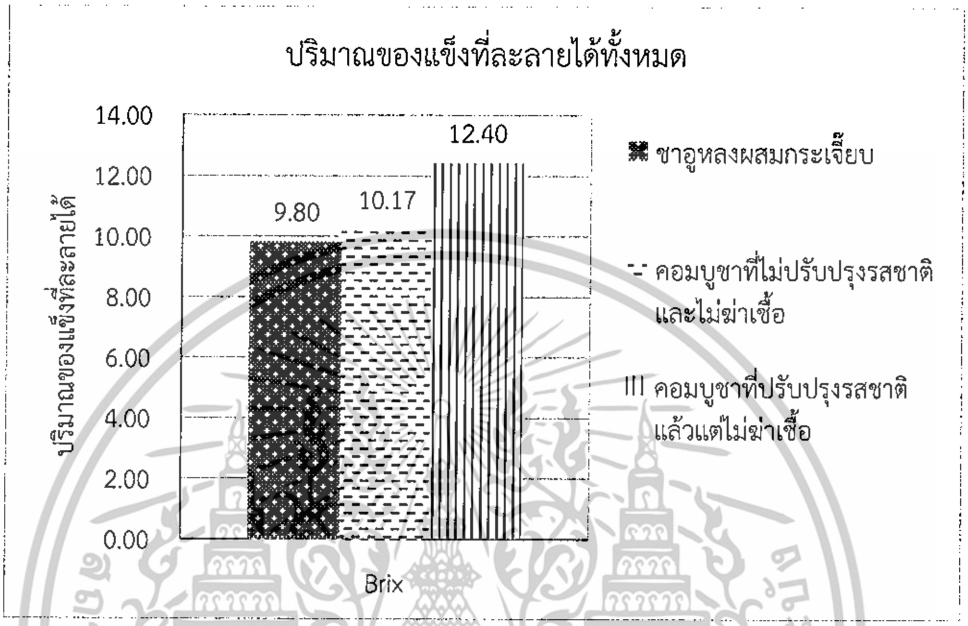
ปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดอะซิติก



จากการศึกษาพบว่า คอมบูชาที่ไม่ปรับปรุงรสชาติและไม่ฆ่าเชื้อ มีปริมาณกรดทั้งหมด(ในรูปกรดอะซิติก)สูงสุด คือ ร้อยละ 0.28 ± 0.02 รองลงมาเป็น คอมบูชาที่ปรับปรุงรสชาติ

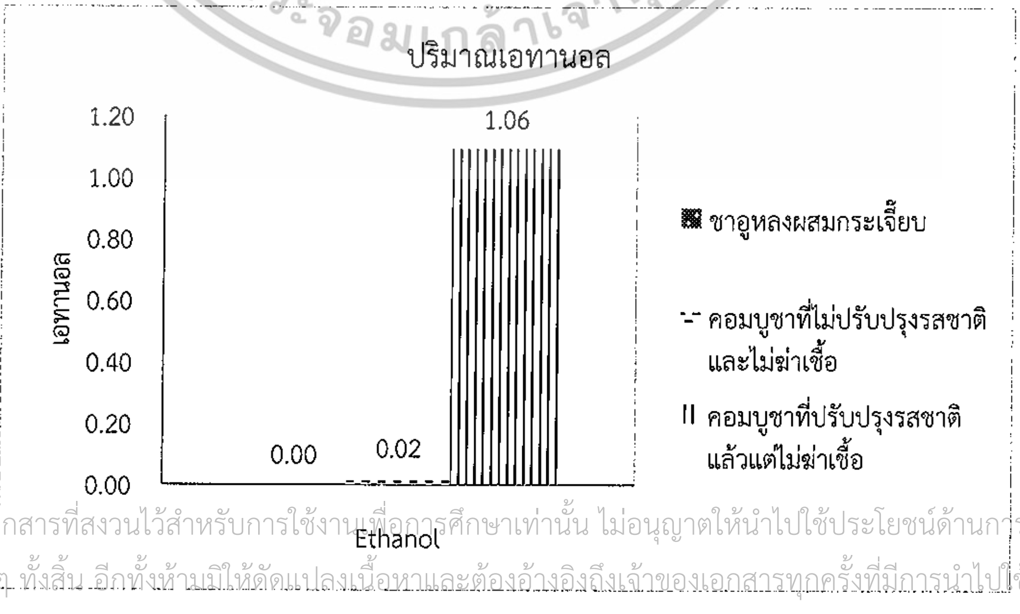
แล้วแต่ไม่ฆ่าเชื้อ และ ชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบ มีค่าร้อยละ 0.20 ± 0.02 และ 0.08 ± 0.00 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด



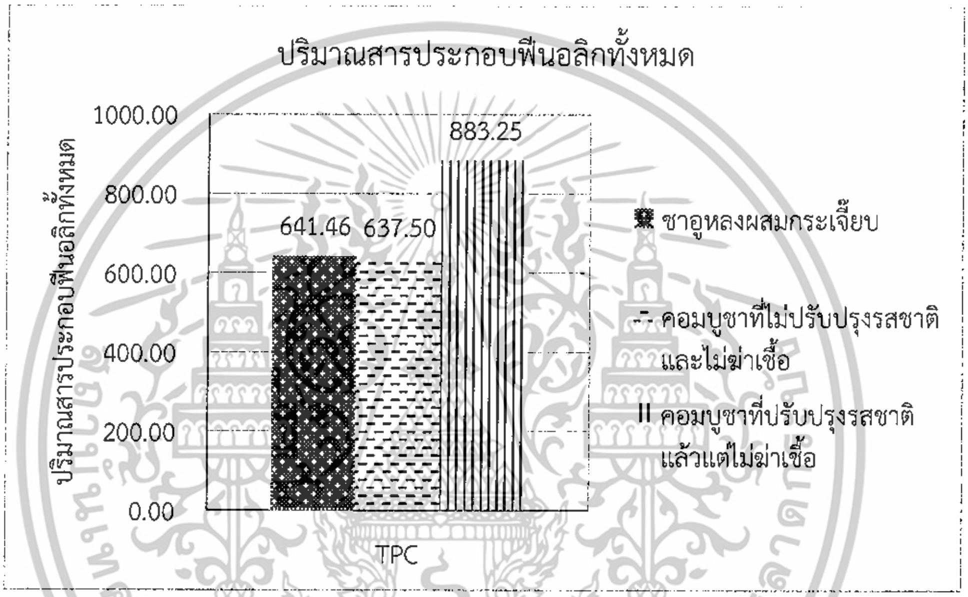
จากการศึกษาพบว่า คอมบูชาที่ปรับปรุงรสชาติแล้วแต่ไม่ฆ่าเชื้อ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงสุด คือ 12.40 ± 0.00 องศาบริกซ์ รองลงมาเป็น คอมบูชาที่ไม่ปรับปรุงรสชาติและไม่ฆ่าเชื้อและ ชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบ มีค่า 10.17 ± 0.06 และ 9.8 ± 0.00 องศาบริกซ์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

ปริมาณเอทานอล



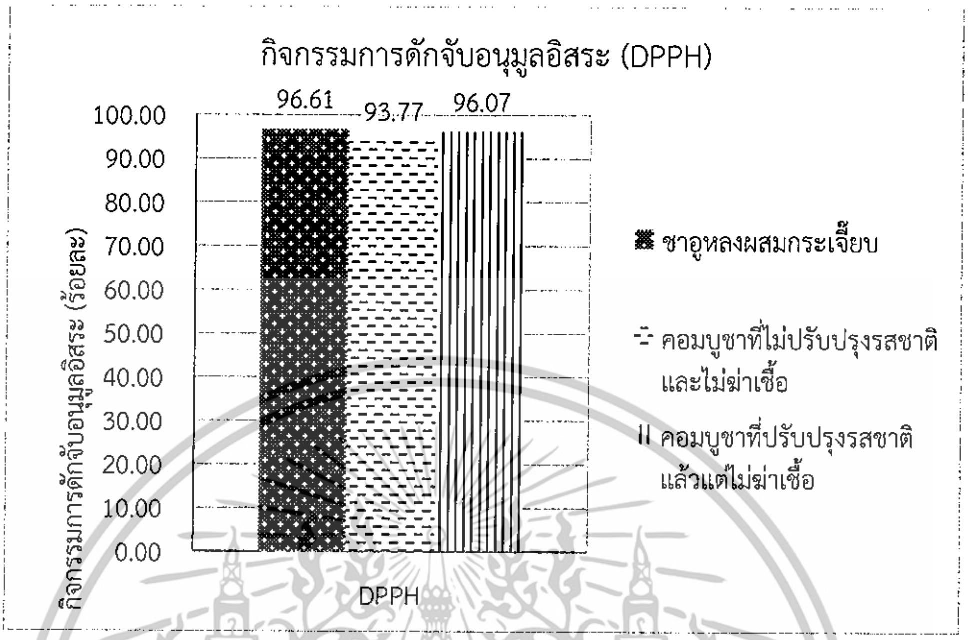
จากการศึกษาพบว่า คอมบูชาที่ไม่ปรับปรุงรสชาติและไม่ฆ่าเชื้อ มีปริมาณเอทานอลสูงสุด คือ ร้อยละ 1.06 ± 0.09 รองลงมาเป็น คอมบูชาที่ปรับปรุงรสชาติแล้วแต่ไม่ฆ่าเชื้อและชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบ มีปริมาณเอทานอลร้อยละ 0.02 ± 0.20 และ 0.00 ± 0.00 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าคอมบูชาที่ไม่ปรับปรุงรสชาติและไม่ฆ่าเชื้อ มีความแตกต่างทางสถิติกับคอมบูชาที่ปรับปรุงรสชาติแล้วแต่ไม่ฆ่าเชื้อและชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด



จากการศึกษาพบว่า คอมบูชาที่ปรับปรุงรสชาติแล้วแต่ไม่ฆ่าเชื้อ มีค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สูงสุด คือ 883.25 ± 16.53 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร รองลงมาเป็น คอมบูชาที่ไม่ปรับปรุงรสชาติและไม่ฆ่าเชื้อ และชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบ มีค่า 678.75 ± 6.96 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร และ 669.17 ± 173.70 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าคอมบูชาที่ปรับปรุงรสชาติแล้วแต่ไม่ฆ่าเชื้อ มีความแตกต่างทางสถิติกับคอมบูชาที่ไม่ปรับปรุงรสชาติและไม่ฆ่าเชื้อ และชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05)

กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ



จากการศึกษาพบว่า คอมบูชาผสมกระเจี๊ยบ มีค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ สูงสุด ร้อยละ 98.23 ± 0.50 รองลงมาเป็น คอมบูชาที่ปรับปรุงรสชาติแล้วแต่ไม่ฆ่าเชื้อ และคอมบูชาที่ไม่ปรับปรุงรสชาติและไม่ฆ่าเชื้อ มีค่าร้อยละ 96.07 ± 0.75 และ 93.43 ± 0.53 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

5. ค่าวิเคราะห์ทางสถิติของการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของชาอูหลงหวาน กระเจี๊ยบหวาน ชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบ คอมบูชาทางการค้าและคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ไม่ปรับปรุงรสชาติและไม่ฆ่าเชื้อ

จากการนำตัวอย่างชาอูหลงหวาน กระเจี๊ยบหวาน ชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบ คอมบูชาทางการค้าและคอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ไม่ปรับปรุงรสชาติและไม่ฆ่าเชื้อมาตรวจวัดคุณสมบัติทางเคมีด้านต่าง ๆ

คุณสมบัติของคอมบูชา	ชาอูหลงหวาน	กระเจี๊ยบหวาน	ชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบ	คอมบูชาทางการค้า	คอมบูชาจากชาอูหลงผสมกระเจี๊ยบที่ไม่ปรับปรุงรสชาติและไม่ฆ่าเชื้อ
พีเอช	6.69	2.92	3.46	3.23	3.24
ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดอะซิติก)	0.04	0.09	0.08	0.24	0.28
ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้	19.80	20.20	9.8	9.6	10.20
ปริมาณเอทานอล (ร้อยละ)	0.00	0.00	0.00	0.38	1.09
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร)	1020.00	400.42	641.46	430.00	637.50
กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	81.81	102.99	96.61	114.52	93.77