# การผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง จากกากเฉาก๊วย

# HIGH ANTIOXIDANT OF KOMBUCHA PRODUCTION FROM BLACK GRASS JELLY RESIDUES


สุกัญญา บุญมีพิพิธ

อัมพิกา คงสัจวิวัฒน์

อาทิมา หวังรุ่งเรืองกิจ


โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# HIGH ANTIOXIDANT OF KOMBUCHA PRODUCTION FROM BLACK GRASS JELLY RESIDUES

SUKANYA BOONMEEPIPIT
AUMPIKA KONGSATJAVIWAT
ATIMA WANGRUNGRUEANGKIT

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อโครงงานพิเศษ** | การผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงจากกากเฉาก๊วย<br>High antioxidant of Kombucha production from black grass jelly residues |
| **ชื่อนักศึกษา** | นางสาวสุกัญญา บุญมีพิพิธ รหัสนักศึกษา 58050832<br>นางสาวอัมพิกา คงสัจวิวัฒน์ รหัสนักศึกษา 58050845<br>นางสาวอาทิมา หวังรุ่งเรืองกิจ รหัสนักศึกษา 58050847 |
| **ปริญญา** | วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) |
| **ภาควิชา** | ชีววิทยา |
| **ปีการศึกษา** | 2561 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | รศ.ดวงใจ โอชัยกุล |

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

| คณะกรรมการสอบ | ลายมือชื่อ |
|---|---|
| ผศ.ลินจง สุขลำภู<br>ประธานกรรมการ | |
| ผศ.ดร.สุทธิจิต ศรีวัชรกุล<br>กรรมการ | |
| รศ. ดวงใจ โอชัยกุล<br>กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา | |

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อโครงงานพิเศษ** | การผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงจากกากเฉาก๊วย |
| **ชื่อนักศึกษา** | นางสาวสุกัญญา บุญมีพิพิธ รหัสนักศึกษา 58050832 |
| | นางสาวอัมพิกา คงสัจวิวัฒน์ รหัสนักศึกษา 58050845 |
| | นางสาวอาทิมา หวังรุ่งเรืองกิจ รหัสนักศึกษา 58050847 |
| **ปริญญา** | วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) |
| **ภาควิชา** | ชีววิทยา |
| **คณะ** | วิทยาศาสตร์ |
| **มหาวิทยาลัย** | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) |
| **ปีการศึกษา** | 2561 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | รศ.ดวงใจ โอชัยกุล |


## บทคัดย่อ


คอมบูชาเป็นเครื่องดื่มชาหมักเพื่อสุขภาพที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงและมีประโยชน์ต่อร่างกาย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพในการนำกากเฉาก๊วยและชาดำมาใช้ในการหมักคอมบูชา รวมถึงศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยมีคอมบูชา 5 ชุดการทดลอง คือ คอมบูชาจากชาดำ (ชุดการทดลองที่1) คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยในอัตราส่วนร้อยละ 1:0.6 (ชุดการทดลองที่2) คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยในอัตราส่วนร้อยละ 1:0.9 (ชุดการทดลองที่3) คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยในอัตราส่วนร้อยละ 1:1.2 (ชุดการทดลองที่4) และคอมบูชาจากกากเฉาก๊วย (ชุดการทดลองที่5) โดยทำการหมักคอมบูชาเหล่านี้ ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 21 วัน พบว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าทุกชุดการทดลอง คือ 97.55 ± 2.46 ในวันสุดท้ายของการหมัก หลังจากนั้นทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 ชุดการทดลอง พบว่า คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยในอัตราส่วนร้อยละ 1:1.2 หมักเป็นเวลา 14 วัน ได้การยอมรับมากที่สุด รองลงมา คือ คอมบูชาจากกากเฉาก๊วยหมักเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำทั้ง 2 ชุดการทดลองที่หมักในวันที่ 14 ไปทำการปรับปรุงรสชาติด้วยการเติมน้ำเฉาก๊วยหวานอัตราส่วนร้อยละ 1:1 พบว่าคอมบูชาที่นำไปปรับปรุงรสชาติที่ได้รับการยอมรับ คือ คอมบูชาจากกากเฉาก๊วยผสมน้ำเฉาก๊วยหวานในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี พบว่ามีค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระสูงกว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยก่อนปรับปรุงรสชาติ คือ 99.14 ± 0.55 และมีสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยก่อนปรับปรุง คือ 0.31 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**คำสำคัญ** : คอมบูชา เฉาก๊วย ชาดำ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

| | | |
|---|---|---|
| **Title** | High antioxidant of Kombucha production from black grass jelly residues | |
| **Students** | Miss Sukanya Boonmeepipit | Student ID 58050832 |
| | Miss Aumpika Kongsatjaviwat | Student ID 58050845 |
| | Miss Atima Wangrungrueangkit | Student ID 58050847 |
| **Degree** | Bachelor of Science (Biotechnology) | |
| **Department** | Biology | |
| **Faculty** | Science | |
| **University** | King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) | |
| **Academic Year** | 2018 | |
| **Advisor** | Assoc.Prof. Duangjai Ochaikul | |


## Abstract


Kombucha is a health beverage that contains high antioxidants. This research aimed to investigate the feasibility of using black grass jelly residue and black tea in the fermentation process of Kombucha beverage production as well as the beverage's antioxidant activities. The study consisted of 5 treatments: Kombucha from black tea alone (treatment 1), Kombucha from a mixture of black tea and black grass jelly residue at a ratio of 1:0.6 (treatment 2), Kombucha from a mixture of black tea and black grass jelly residue at a ratio of 1:0.9 (treatment 3), Kombucha from a mixture of black tea and black grass jelly residue at a ratio of 1:1.2 (treatment 4) and Kombucha from black grass jelly residue alone (treatment 5). These Kombucha samples were fermented at room temperature for 21 days. The antioxidant activity of Kombucha in treatment 5 was 97.55 ± 2.46, the highest among all treatments. A multi-sensory experiment indicated that Kombucha in treatment 4, fermented for 14 days, was the most acceptable overall, followed by Kombucha in treatment 5, fermented for 7 days. The multi-sensory experiment was repeated on Kombucha in treatments 4 and 5, fermented for 14 days, that were added with sweet black grass jelly juice at a ratio 1:1. With this added juice, Kombucha in treatment 5 turned out to be the most favored. It had a high antioxidant activity of 99.14 ± 0.55, higher than before Kombucha in treatment 5 was added with sweet black grass jelly juice as well as the highest total phenolic content of 0.31 ± 0.01 mg gAE/ml.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Keywords** : Kombucha Black grass jelly Black tea Antioxidant Total phenolics

# กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้จะประสบความสำเร็จไปไม่ได้ หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ได้แก่ บุคคลแรกที่ต้องกล่าวคำขอบพระคุณเป็นอย่างสูง คือ รองศาสตราจารย์ดวงใจ โอชัยกุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ที่คอยช่วยเหลือและให้คำปรึกษาด้านการทดลอง การวางแผนการทำงาน คอยให้คำชี้แนะและแนวทางในการแก้ปัญหาต่างๆ จนทำให้ผู้วิจัยสามารถทำโครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคำแนะนำจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ลินจง สุขลำภู และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิจิต ศรีวัชรกุล ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและเจ้าหน้าที่ธุรการทุกท่านที่คอยอำนวยความสะดวกในการเบิกอุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี รวมถึงช่วยอำนวยความสะดวกด้านการติดต่อประสานงาน

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง ป้าแม่บ้าน และทุกคนที่มีส่วนร่วมในการให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงการแลกเปลี่ยนความรู้ คำแนะนำและกำลังใจ ที่สำคัญอย่างยิ่งผู้วิจัยขอกราบ

ขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่เป็นแรงผลักดันและให้โอกาสในการศึกษามาโดยตลอดคุณงามความดีทุกประการที่เกิดขึ้นจากโครงงานพิเศษฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดา ครอบครัว และครูอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ตลอดจนกัลยาณมิตรทั้งหลาย

สุกัญญา บุญมีพิพิธ
อัมพิกา คงสัจวิวัฒน์
อาทิมา หวังรุ่งเรืองกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | ง |
| สารบัญตาราง | ซ |
| สารบัญรูป | ฌ |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.3 ขอบเขต | 3 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| **บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | 4 |
| 2.1 คอมบูชา (Kombucha tea) | 4 |
| 2.1.1 วิธีทำชาหมักคอมบูชา | 5 |
| 2.1.2 สรรพคุณของคอมบูชา | 6 |
| 2.1.3 ประโยชน์ของกรดอินทรีย์ที่พบในคอมบูชา | 6 |
| 2.1.4 อันตรายจากคอมบูชา | 6 |
| 2.2 จุลินทรีย์ที่พบในคอมบูชา | 7 |
| 2.2.1 ลักษณะทั่วไปของเชื้อ *Acetobacter* | 7 |
| 2.2.2 เซลลูโลสจากแบคทีเรีย | 8 |
| 2.3 เฉาก๊วย (Jelly Grass) | 9 |
| 2.3.1 ลักษณะทั่วไปของเฉาก๊วย | 9 |
| 2.3.2 วิธีการผลิตเฉาก๊วย | 10 |
| 2.3.3 สารที่พบในเฉาก๊วย | 10 |
| 2.3.4 คุณค่าทางโภชนาการใบเฉาก๊วย | 12 |
| 2.3.5 สรรพคุณของต้นเฉาก๊วย | 13 |
| 2.4 น้ำตาล | 13 |
| 2.4.1 ชนิดของน้ำตาล | 13 |
| 2.4.2 ประเภทของน้ำตาล | 13 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| **บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)** | |
| 2.4.3 ประโยชน์ของน้ำตาล | 15 |
| 2.5 น้ำตาลทรายแดง | 16 |
| 2.5.1 สรรพคุณของน้ำตาลทรายแดง | 16 |
| 2.5.2 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาลทรายแดงต่อ 100 กรัม | 17 |
| 2.5.3 โทษของน้ำตาล | 17 |
| 2.6 อนุมูลอิสระ (Free radical) | 18 |
| 2.6.1 สาเหตุของการเกิดอนุมูลอิสระ | 18 |
| 2.7 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) | 19 |
| 2.7.1 ประเภทสารต้านอนุมูลอิสระ | 20 |
| 2.7.2 กลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ | 20 |
| 2.7.3 แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระ | 20 |
| 2.7.4 การสกัดและการตรวจสอบฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ | 21 |
| 2.7.4.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ | 22 |
| 2.8 สารโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) | 23 |
| 2.8.1 การใช้สารในกลุ่มซัลไฟท์ในอาหาร | 24 |
| 2.8.2 พิษของสารซัลไฟท์ | 24 |
| 2.8.3 ปริมาณการใช้ | 24 |
| 2.8.4 ชนิดของอาหารที่ใช้สารซัลไฟท์ | 25 |
| 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 26 |
| **บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย** | 28 |
| 3.1 อุปกรณ์และสารเคมี | 28 |
| 3.1.1 วัตถุดิบ | 28 |
| 3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง | 28 |
| 3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ | 28 |
| 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย | 30 |
| 3.2.1 การหมักคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยร่วมกับชาดำในอัตราส่วนต่าง ๆ | 30 |
| 3.2.2 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วยระหว่างกระบวนการหมัก | 32 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


หน้า

**บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย (ต่อ)**

3.2.2.1 ค่าความเป็นกรด-เบส 32
3.2.2.2 ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) 32
3.2.2.3 ปริมาณเอทานอล 32
3.2.2.4 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 33
3.2.2.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 33
3.2.2.6 การวิเคราะห์กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH 34
3.2.2.7 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส
ด้วยวิธี 5 Point Hedonic Scale 34
3.2.3 พัฒนาสูตรชาหมักคอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วย 35
3.2.3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์คอมบูชาที่คัดเลือกได้ 35
3.2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ 35

**บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล** 36

4.1 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และ
ชาดำผสมกากเฉาก๊วยระหว่างกระบวนการหมัก 36
4.1.1 ค่าความเป็นกรด-เบส 36
4.1.2 ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) 37
4.1.3 ปริมาณเอทานอล 39
4.1.4 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 41
4.1.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 43
4.1.6 การวิเคราะห์กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH 45
4.1.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาจากชาดำ
และกากเฉาก๊วย 47
4.1.7.1 สี 47
4.1.7.2 กลิ่น 48
4.1.7.3 รสชาติ 48
4.1.7.4 ความชอบโดยรวม 48
4.1.8 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากกากเฉาก๊วย
ที่ได้ปรับปรุงรสชาติ 50


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


หน้า

**บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล (ต่อ)**

4.1.8.1 สี 51

4.1.8.2 กลิ่น 51

4.1.8.3 รสชาติ 51

4.1.8.4 ความชอบโดยรวม 51

4.2 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์คอมบูชาที่คัดเลือกได้ 52

4.2.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบส 52

4.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) 53

4.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณเอทานอล 53

4.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 53

4.2.5 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 53

4.2.6 การวิเคราะห์กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ 54

**บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ** 55

5.1 สรุปผลการวิจัย 55

เอกสารอ้างอิง 58

ภาคผนวก 62

ภาคผนวก ก 63

ภาคผนวก ข 66

ภาคผนวก ค 67

ภาคผนวก ง 68

ภาคผนวก จ 70


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 4.1 ค่าความเป็นกรด-เบส ของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน | 36 |
| 4.2 ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) ของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน | 38 |
| 4.3 ปริมาณเอทานอลของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน | 40 |
| 4.4 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน | 42 |
| 4.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน | 44 |
| 4.6 กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 21 วัน | 46 |
| 4.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย หมักนาน 7 วัน | 49 |
| 4.8 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย หมักนาน 14 วัน | 49 |
| 4.9 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากกากเฉาก๊วย ชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:1.2 ที่ได้รับการปรับปรุงรสชาติ และคอมบูชาทางการค้า | 52 |
| 4.10 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณภาพของคอมบูชาจากกากเฉาก๊วย ก่อนปรับปรุงรสชาติและคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่ได้ปรับปรุงรสชาติ | 54 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 แสดงลักษณะของเครื่องดื่มคอมบูชา | 4 |
| 2.2 แสดงลักษณะของเชื้อ *Acetobacter xylinum* | 8 |
| 2.3 แสดงโครงสร้างเคมีของเซลลูโลส | 9 |
| 2.4 แสดงลักษณะของต้นเฉาก๊วย | 10 |
| 2.5 แสดงน้ำตาลประเภทต่างๆ | 15 |
| 2.6 แสดงภาพกากน้ำตาล | 15 |
| 2.7 แสดงสาเหตุของการเกิดอนุมูลอิสระ | 19 |
| 2.8 แสดงโครงสร้างทางเคมีของ DPPH radical | 22 |
| 2.9 แสดง DPPH assay | 23 |
| 2.10 แสดงสูตรโครงสร้างของสารโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) | 23 |
| 4.1 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด – เบส ของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน | 37 |
| 4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) ของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน | 39 |
| 4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทานอลของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน | 41 |
| 4.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน | 43 |
| 4.5 การเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และ ชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน | 45 |
| 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมัก เป็นระยะเวลา 21 วัน | 47 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

คอมบูชา (Kombucha) คือ ชาหมักที่ได้จากการหมักชา มีการเติมน้ำตาลและหมักด้วยสคูบี้ หรือสโคบี้ (SCOBY =Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์กลุ่มของแบคทีเรียอะซิติก และยีสต์ สคูบี้จะใช้น้ำตาล ผลที่ได้ คือ ชาที่มีส่วนผสมของน้ำส้มสายชู วิตามินบี เอนไซม์ โพรไบโอติก และกรด คอมบูชาจึงมีรสอร่อย หวานอมเปรี้ยว ยิ่งหมักนานจะยิ่งเปรี้ยวเพราะน้ำตาลถูกใช้ไปเรื่อยๆ การดื่มคอมบูชาเป็นการเติมยีสต์ และพวกโพรไบโอติก (Probiotics) เข้าสู่ร่างกาย ซึ่งโพรไบโอติกก็คือ จุลินทรีย์ดีที่ทำให้ระบบย่อยอาหารสมดุลและระบบขับถ่ายดีขึ้น ช่วยลดไขมันได้เพราะมันยับยั้งการดูดกลับของคอเลสเตอรอลในลำไส้ (https://www.thaiketopal.com/single-post/Kombucha, วันที่สืบค้น 13 ธันวาคม 2561)

ประโยชน์ของการดื่มคอมบูชามีมากมาย เช่น ช่วยเผาผลาญไขมันโดยทำให้ LDL ในเลือดลดลง ยับยั้งการดูดกลับของน้ำดี และยังสามารถขจัดสารพิษออกจากร่างกาย หรือ detox และเมื่อระบบการทำงานของกระเพาะและลำไส้ดีขึ้น ร่างกายก็สามารถดูดซึมสารอาหารต่างๆ ที่เรารับประทานเข้าไปและนำไปใช้งานได้ดีขึ้นทำให้มีสุขภาพที่ดี (https://www.thaiketopal.com/single-post/Kombucha, วันที่สืบค้น 13 ธันวาคม 2561) การดื่มชาหมักคอมบูชาให้ได้ประโยชน์สูงสุด คือ ตอนท้องว่าง ก่อนมื้ออาหาร 20 นาทีหรือหลังอาหาร 1 ชั่วโมง โดยการอมก่อนแล้วค่อยกลืน (http://www.healthylivingbybud.com/kombucha-is, วันที่สืบค้น 13 ธันวาคม 2561 )

เฉาก๊วยเป็นพืชชนิดหนึ่งซึ่งอยู่ในวงศ์ Labiatae วงศ์เดียวกับสะระแหน่ โหระพา และแมงลัก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Mesona chinensis* Bentham และเฉาก๊วยภาษาอังกฤษจะเรียกว่า Grass Jelly เฉาก๊วยมีถิ่นกำเนิดอยู่ที่ประเทศจีนตอนใต้ แถบมณฑลกวางตุ้ง กวางสี และยูนาน มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์เป็นไม้ล้มลุก ลำต้นและเถาเป็นแบบกิ่งเลื้อย มีขนาดเล็ก เป็นเหลี่ยม มองแล้วคล้ายต้นสะระแหน่ ลำต้นเปราะ หักง่าย ส่วนกิ่งแตกแขนงออกตามข้อของลำต้น ทอดยาวคลุมตามดินได้ 50-120 เซนติเมตร ในส่วนของใบเฉาก๊วยจะมีความคล้ายคลึงกับใบสะระแหน่ มีปลายใบแหลม โคนใบสอบ ขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อย ใบมีสีสดไปจนถึงเขียวเข้ม และมีขนขนาดเล็กปกคลุม แต่หากขยี้ใบด้วยมือจะรู้สึกถึงความเป็นเมือกลื่น นอกจากนี้ต้นเฉาก๊วยยังมีดอกลักษณะคล้ายกับดอกแมงลักหรือดอกต้นโหระพา และมีเมล็ดขนาดเล็กสีดำอมน้ำตาลลักษณะเมล็ดเป็นทรงกลมรูปไข่ ซึ่งขนมวุ้นสีดำมีความเหนียวนุ่มที่เรียกกันว่าเฉาก๊วยทำมาจากต้นเฉาก๊วยตากแห้ง แล้วนำไปต้มให้ได้น้ำสีดำ มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะเป็นเมือกเล็กๆ จากนั้นนำน้ำต้มเฉาก๊วยไปกรองแล้วไปผสมกับแป้งท้าวยายม่อมหรือแป้งมันสำปะหลัง คนให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้จนเย็นก็จะได้วุ้นสีดำมีกลิ่นหอมของไม้นิดๆและมีลักษณะเป็นเจลสี่เหนียวนุ่มให้ได้รับประทาน (http://www.acfs.go.th/healthfood/showFood, วันที่สืบค้น 16 ธันวาคม 2562)

เฉาก๊วยมีสรรพคุณทางยาซึ่งได้รับการรับรองโดยกองวิจัยสมุนไพรแห่งชาติของกรุงปักกิ่งว่าสามารถใช้แก้ร้อนใน กระหายน้ำ ไข้หวัด ความดันโลหิตสูง กล้ามเนื้อข้อพับอักเสบ เบาหวานและตับอักเสบ เป็นที่ยอมรับในวงการแพทย์จีนทั่วไป (ฤดีวรรณ, 2546) สรรพคุณของเฉาก๊วยที่เป็นประโยชน์ในการป้องกันหรือการรักษาโรคเบาหวานมีรายงานการศึกษาพบว่าในต้นเฉาก๊วยมีกรดยูโซลิก (ursolic acid) ซึ่งเป็นสารช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดซึ่งจะเป็นผลดีต่อผู้ป่วยโรคเบาหวาน (Wang *et al*., 2010) นอกจากนี้กรดยูโซลิกยังมีประโยชน์อื่นๆอีก คือสามารถเพิ่มระดับอินซูลินและคงระดับน้ำตาลในเลือดให้ปกติ (Jang *et al*., 2009) มีประสิทธิภาพในการป้องกันสารเคมีไม่ให้เกิดการอักเสบหรือทำลายตับในสัตว์ทดลอง เป็นสารยับยั้งพิษและทำให้เกิดผลดีต่อระบบภูมิคุ้มกัน ลดการอักเสบ และลดระดับไขมันในเลือดได้ (Liu, 1995) มีความสามารถในการป้องกันและรักษาตับอักเสบที่เกิดจากแอลกอฮอล์ (Saravanan *et al*., 2006) นอกจากกรดยูโซลิกแล้ว ในเฉาก๊วยยังพบกรดวานิลลิก (vanillic acid) กรดคาเฟอิก (caffeic acid) กรดไซรินจิก (syringic acid) ซึ่งเป็นกรดฟีนอลิกที่สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชัน และพบว่ากรดคาแฟอิกเป็นกรดฟีนอลิกที่สำคัญที่สุดในต้นเฉาก๊วย เนื่องจากมีความสามารถในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้สูงสุด (Hung and Yen, 2002)

ชาวอินโดนีเซียได้นำเฉาก๊วยมาใช้เป็นยาพื้นบ้าน และช่วยป้องกันการเกิดเป็นโรคลมแดด ความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน และทำการสกัดเอทานอลจากเฉาก๊วยเพื่อนำมาป้องกันการเกิดโรคตับอักเสบจากการรับประทานยาพาราเซตามอลได้ด้วย (Hung and Yen, 2001)

โครงงานพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำกากเฉาก๊วยมาหมักคอมบูชา เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาหมักเพื่อสุขภาพ ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง และผู้บริโภคยอมรับ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาศักยภาพในการนำกากเฉาก๊วยและชาดำมาใช้ในการหมักคอมบูชา

2. เพื่อศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของชาหมักจากกากเฉาก๊วยและชาดำ ด้วยวิธี DPPH และวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ด้วยวิธี Folin Ciocalteu รวมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของคอมบูชาในระหว่างกระบวนการหมัก

เอกสารนี้ [illegible] ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

หมักคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยและชาดำในอัตราส่วนต่างๆ หมักเป็นเวลา 21 วัน จากนั้นเก็บตัวอย่างทุกๆ 7 วัน เพื่อศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิก รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของคอมบูชา

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำกากเฉาก๊วยมาใช้ประโยชน์โดยนำมาหมักเป็นเครื่องดื่มคอมบูชา ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ และได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสุขภาพชนิดใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 คอมบูชา (Kombucha tea)

คอมบูชา (Kombucha tea) เป็นเครื่องดื่มชาหมักเพื่อสุขภาพที่เกิดจากการหมักชากับน้ำตาลด้วยจุลินทรีย์ที่ทำงานร่วมกันคือ ยีสต์ และ แบคทีเรียกรดอะซิติกโดยยีสต์จะใช้น้ำตาลในชาหมักเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ ซึ่งจะกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดอะซิติกที่จะใช้แอลกอฮอล์เปลี่ยนเป็นกรดอะซิติก (Jayabalan *et al.*, 2007) คอมบูชาได้รับการบริโภคในหลายประเทศมาเป็นเวลานาน มีการนำชาหลายชนิดมาใช้ในการผลิตคอมบูชาเนื่องจากชาแต่ละชนิดมี สี กลิ่น รสชาติที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของใบชา และกระบวนการผลิต ซึ่งองค์ประกอบของใบชาที่แตกต่างกันเป็นผลมาจากสายพันธุ์ สภาพพื้นที่เพาะปลูก สภาพภูมิอากาศ ลักษณะดิน น้ำ การดูแล และกระบวนการเก็บเกี่ยว โดยชาที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในการผลิตคอมบูชาได้แก่ ชาดำ (black tea) เป็นชาที่ผ่านกระบวนการหมักอย่างสมบรูณ์ทำให้ชาดำมีสีน้ำตาลแดง ใบชาจะถูกตากให้เอนไซม์ polyphenol oxidase เร่งปฏิกิริยาอย่างเต็มที่ ซึ่ง polyphenols จะถูก oxidized อย่างสมบูรณ์ (Dufresne and Farnworth, 1999) การศึกษาองค์ประกอบในคอมบูชาพบว่ามีสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น โพลิฟีนอล (polyphenols) กรดกลูโคนิก (gluconic acid) กรดแลกติก (lactic acid) วิตามิน (vitamins) กรดอะมิโน (amino acid) และเป็นสารปฏิชีวนะ (antibiotics) (Jayabalana *et al.*, 2008) โดยเฉพาะสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสามารถช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง ลดอาการโรคข้ออักเสบ และช่วยการทำงานของไต เป็นต้น (Bhattacharya *et al.*, 2013)

**รูปที่ 2.1** แสดงลักษณะของเครื่องดื่มคอมบูชา
ที่มา : https://www.learn.kegerator.com/how-to-make-kombucha/, สืบค้นเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.1 วิธีทำชาหมักคอมบูชา**

1. ต้มน้ำให้เดือด แล้วปิดไฟ ถ้าใช้น้ำประปาจะมีคลอรีน ให้ต้มแล้วปล่อยให้เดือดเป็นเวลา 5-10 นาทีก่อน

2. ใส่ชาลงไป ใช้ช้อนกดเบา ๆ แช่ให้ชาละลาย ประมาณ 5 นาที

3. เติมน้ำตาล แล้วคนให้ละลาย ปิดฝาหม้อ รอให้เย็น

4. เมื่อเย็นเท่ากับอุณหภูมิห้อง ประมาณ 23-29 องศาเซลเซียสแล้ว (ถ้าร้อนเกินไปจุลินทรีย์จะตาย) ให้เทใส่ภาชนะหมักชา

5. ใส่น้ำชาหมักหัวเชื้อลงไปประมาณร้อยละ10 คนเบาๆแล้วจึงใส่แผ่นชาหมัก

6. ปิดปากด้วยผ้าแล้วใช้ยางรัด

7. ตั้งไว้ที่มีอากาศถ่ายเท โดยห้ามกระทบกระเทือน (เพราะในระยะเวลาแรกนั้นจุลินทรีย์ จะทำการแบ่งตัว ซึ่งจะอ่อนแอมาก ถ้าหากโดนกระทบกระเทือนอาจจะตายหรือ เติบโตได้ช้า) ห้ามโดนแสงแดดโดยตรง ไม่ควรปิดฝาภาชนะจนสนิทโดยอากาศไม่สามารถถ่ายเทได้ (เพราะกระบวนการหมักมีการถ่ายเทอากาศอยู่ตลอดเวลาคล้ายกับเราหายใจเข้าออก) และไม่ควรตั้งไว้ในครัว เพราะไอน้ำมันจากการทำอาหารจะทำให้เชื้อตาย

8. เมื่อหมักได้ 5 วันจะเกิดแผ่นวุ้นแผ่นใหม่ลอยอยู่บนผิวน้ำชา ให้ลองชิมน้ำชาดูถ้าต้องการเปรี้ยวก็หมักต่อไปอีกส่วนมากจะใช้เวลาในการหมัก 7-15 วัน เมื่อได้รสชาติที่ต้องการ ให้นำน้ำชาหมักไปกรองใส่ ภาชนะ โดยให้เหลือที่ว่างให้จุลินทรีย์หายใจ สักเล็กน้อย และอย่าลืมเหลือน้ำชาหมักไว้ 10% สำหรับทำ เป็นหัวเชื้อในการหมักครั้งต่อไป

9. ในการทำครั้งต่อไปให้ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 1 ใหม่

10. ถ้าต้องการขยายชาต่อให้ได้ 4 ลิตร ให้ทำเหมือนเดิมแต่ใช้สัดส่วน ดังนี้ (http://thailanewspaper.com/article/life_style/1405.php, วันที่สืบค้น 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562)

10.1 น้ำหัวเชื้อชาหมัก 1 ลิตร พร้อมแผ่นชาหมักเดิม

10.2 น้ำ 4 ลิตร

10.3 น้ำตาล 1 ถ้วยตวง

10.4 ชาลิปตัน 6 ซอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.2 สรรพคุณของคอมบูชา**

ชาคอมบูชามีสรรพคุณช่วยรักษาและบรรเทาภาวะสูญเสียความทรงจำ อาการก่อนมีประจำเดือน (PMS) ปวดข้อ (โรคไขข้ออักเสบ) การแก่ตัว อาการเบื่ออาหาร โรคเอดส์ โรคมะเร็ง ความดันโลหิตสูง ท้องผูก ข้ออักเสบ และการปลูกผม อีกทั้งใช้สำหรับเพิ่มปริมาณของเม็ดเลือดขาว (T–cell) เพิ่มภูมิคุ้มกัน และเสริมสร้างกระบวนการเผาผลาญอาหาร บางคนทาชาคอมบูชาที่ผิวโดยตรงเพื่อลดความเจ็บปวด (วณิชชา, 2560)

**2.1.3 ประโยชน์ของกรดอินทรีย์ที่พบในคอมบูชา** (http://www.madikombucha.com, วันที่สืบค้น 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562)

กรดอินทรีย์ที่พบในคอมบูชา มีดังนี้ กรดอะซีติก (Acetic Acid) ช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคบางชนิด และถนอมอาหาร กรดกลูโคนิก (Gluconic Acid) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Roussin, 1996) กรดมาลิก (Malic Acid) ช่วยในกระบวนการล้างพิษ กรดนิวคลีอิก (Nucleic Acid) ช่วยซ่อมแซม และฟื้นฟูเซลล์ กรดโฟลิก (Folic Acid) ช่วยสร้างเม็ดเลือดแดง และควบคุมการทำงานของสมอง กรดแลคติก (Lactic Acid) ช่วยในการย่อยอาหารและถนอมอาหาร กรดกลูคูโรนิก (Glucuronic Acid) ช่วยล้างพิษตับ กรดอะมิโน (Amino Acids) ช่วยซ่อมแซมเนื้อเยื่อ และเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน กรดบิวทิริก (Butyric Acid) ลดอาการอักเสบ และกรดออกซาลิก (Oxalic Acid) ช่วยส่งเสริมการผลิตพลังงานของเซลล์ และถนอมอาหาร

**2.1.4 อันตรายจากคอมบูชา**

ชาคอมบูชาไม่ปลอดภัยสำหรับหญิงตั้งครรภ์หรือช่วงที่กำลังให้นมบุตร ควรหลีกเลี่ยงการใช้ เพื่อความปลอดภัย และอาจมีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวาน ควรเฝ้าระวังสัญญาณที่บ่งชี้ว่าน้ำตาลในเลือดต่ำ (ภาวะเลือดมีน้ำตาลน้อย) และต้องตรวจสอบน้ำตาลในเลือดอย่างใกล้ชิด หากเป็นผู้ป่วยโรคเบาหวาน เนื่องจากชาคอมบูชาอาจส่งผลต่อระดับกลูโคสในเลือด จึงมีความกังวลเกี่ยวกับการแทรกแซงในการควบคุมกลูโคสในเลือดระหว่างและหลังการผ่าตัด ควรหยุดการดื่มชาคอมบูชาอย่างน้อย 2 สัปดาห์ก่อนการผ่าตัด และสำหรับบุคคลเป็นโรคระบบภูมิคุ้มกันบกพร่องจากเอชไอวี โรคเอดส์ หรือสาเหตุอื่นๆ ไม่ควรดื่มชาคอมบูชาเพราะ ชาคอมบูชาจะไปช่วยในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและเชื้อราซึ่งอาจทำให้ติดเชื้ออย่างรุนแรงได้ (วณิชชา, 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

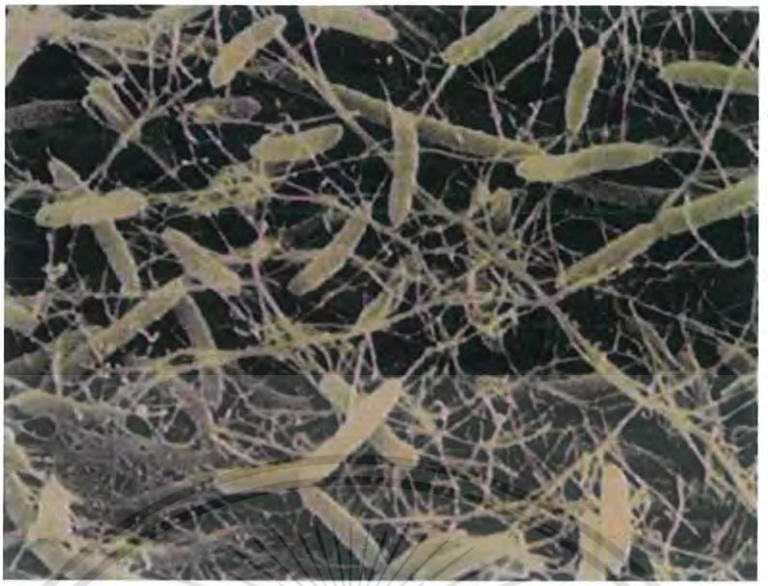
**2.2 จุลินทรีย์ที่พบในคอมบูชา**

จุลินทรีย์ที่พบในกระบวนการหมักของคอมบูชานั้นพบว่า จุลินทรีย์อยู่ด้วยกันแบบสภาวะที่พึ่งพาอาศัยกันโดยมีแบคทีเรีย และยีสต์ช่วยกันผลิตเส้นใยเซลลูโลส (cellulosic pellicle) แบคทีเรียที่พบมากที่สุด คือ *Acetobacter* (Chen and Liu, 2000; Dutta and Gachhui, 2006; El-Salam, 2012; Hesseltine, 1965; Liu *et al.*, 1996; Sievers *et al.*, 1996; Zhang *et al.*, 2011) และยังมีแบคทีเรียอยู่ 2 สปีชีส์ที่สามารถระบุชนิดที่ชัดเจนได้ คือ *Gluconacetobacter* และ *Lactobacillus* (Trovatti *et al.*, 2011; Wu *et al.*, 2004; Yamada *et al.*, 1997; Yang *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2011) ที่สำคัญที่สุดของทั้งสองสายพันธุ์เหล่านี้ คือ เป็นแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ผลิตเซลลูโลส ได้แก่ *Komagataeibacter xylinus* ซึ่งได้ถูกนำไปจัดประเภทใหม่เป็น *Gluconacetobacter xylinus* (Yamada *et al.*, 2012) หรือเป็นที่เรารู้จักกันดีในชื่อ *Acetobacter xylinum* (Yamada *et al.*, 1997) และยีสต์ที่พบในคอมบูชา ได้แก่ *Zygosaccharomyces*, *Candida*, *Kloeckera/Hanseniaspora*, *Torulaspora*, *Pichia*, *Brettanomyces/Dekkera*, *Saccharomyces* and *Saccharomycoides* (Chen and Liu, 2000; Hesseltine, 1965; Jankovic and Stojanovic, 1994; Liu *et al.*, 1996; Markov *et al.*, 2001; Mayser *et al.*, 1995; Teoh *et al.*, 2004)

**2.2.1 ลักษณะทั่วไปของเชื้อ *Acetobacter***

โดยทั่วไปแล้วเซลล์ของ *Acetobacter* มีหลายลักษณะ แต่ปกติจะพบในรูปท่อนสั้น (rod) ตรง หรือโค้ง ขนาดกว้าง 0.6 – 0.8 ไมครอน และยาว 1.0 – 1.4 ไมครอน อาจพบเซลล์อยู่เดี่ยวๆ จับคู่ หรือต่อกันเป็นสายสั้นๆ บางครั้งจะพบเซลล์ที่มีรูปร่างลักษณะต่างจากที่กล่าวมา อาจจะมีลักษณะเป็นทรงกลม ยืดยาวบวม หรือรูปกระบอก ไม่สร้างสปอร์ภายในเซลล์ (endospore) เมื่อเลี้ยงในอาหารแข็งโคโลนีจะมีลักษณะกลมนูน (pulvinate) แยกเป็นโคโลนีเดี่ยวชัดเจน สีขาวขุ่น และมีขนาดประมาณ 1-2 มิลลิเมตร ระยะแรกของการเจริญส่วนใหญ่ติดสีแกรมลบ แต่เมื่ออายุมากขึ้นจะมีลักษณะเป็น gram variable ส่วนมากไม่สร้างรงควัตถุ แต่บางสายพันธุ์สามารถสร้างรงควัตถุสีน้ำตาลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 2.2** แสดงลักษณะของเชื้อ *Acetobacter xylinum*
โดยดูจาก scanning electron microscope (SEM)
ที่มา : Haigler and Chanzy., 1988 , สืบค้นเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562

**2.2.2 เซลลูโลสจากแบคทีเรีย**

แบคทีเรียที่สร้างเซลลูโลส ได้แก่ *Acetobacter, Aerobacter, Achromobacter, Agrobacterium, Alcaligenes* และ *Rhizobium* โดยแบคทีเรียเหล่านี้สามารถผลิตเส้นใยเซลลูโลสแยกมาภายนอกเซลล์ เมื่อเลี้ยงในอาหารและเจริญบนผิวหน้าของอาหารจะมีการสร้างเส้นใยสีขาว (pellicle) ซึ่งประกอบกันเป็นเซลลูโลส ในระหว่างที่มีการเจริญของเชื้อจะมีการสร้างเส้นใยไปพร้อมๆ กัน เมื่อระยะเวลาการเจริญนานขึ้นจะมีปริมาณมากขึ้นจะสานและรวมตัวกันเป็นเส้นสายขุ่นขาวอยู่ในอาหารเหลวและจะค่อยๆ ลอยขึ้นสู่ผิวหน้าอาหาร เมื่อลอยขึ้นสู่ผิวหน้าอาหารเหลวจะเริ่มสานกันแน่นขึ้นเป็นแผ่นวุ้นมีลักษณะขุ่นและมีความเหนียว โดยสันนิษฐานได้ว่าการสร้างวุ้นของเชื้อที่เกิดขึ้นนั้น เนื่องจากเชื้อต้องการอากาศ สามารถลอยตัวอยู่บนผิวหน้าอาหารเหลวได้ เพื่อรับออกซิเจนให้ได้มากที่สุด โดยเฉพาะเซลลูโลสที่สร้างโดย *Acetobacter* นั้น พบว่ามีความบริสุทธิ์โดยปราศจากลิกนินและเฮมิเซลลูโลส

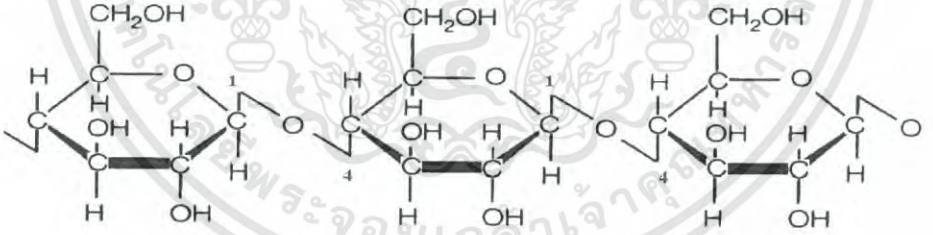
การสังเคราะห์เซลลูโลสจากแบคทีเรียนั้นมี 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกกลูโคสเข้าไปอยู่ในรูปของโมเลกุลอิสระเข้าไปภายในเซลล์ และรวมตัวกันเป็นสารตั้งต้นพอลิกลูโคแซนโดยสารนี้จะถูกส่งสู่ภายนอกเซลล์ และขั้นตอนที่สอง สารพอลิเมอร์เหล่านี้จะรวมตัวกันทำให้เกิดเป็นเส้นใยเล็กๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(microfibril) ออกมา เมื่อมีจำนวนมากขึ้นจะมีความแข็งแรง เซลลูโลสที่เกิดขึ้นเป็นแผ่นวุ้นลอยอยู่บนผิวหน้าของอาหารเหลวที่ใช้ในการเลี้ยงเชื้อ (Colvin *et al.*, 1977)

เซลลูโลส (cellulose) เป็นคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ประเภทฮอโมพอลิแซ็กคาไรด์ (homopolysaccharide) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส (glucose) มาต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ที่ตำแหน่งบีต้า-1,4 (b-1,4) เป็นสายยาวมากกว่า 2,000 โมเลกุล นอกจากนี้ยังเป็นโครงสร้างหลักของผนังเซลล์พืช เช่น ผัก ผลไม้ และ เมล็ดธัญพืช โดยอยู่รวมกับเฮมิเซลลูโลส และเพกทิน เซลลูโลสจัดเป็นเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ชนิดที่ไม่ละลายในน้ำ และไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ และสัตว์กระเพาะเดี่ยว

เซลลูโลสยังพบได้ในผนังเซลล์ของรา (mold) และสร้างจากแบคทีเรีย เช่น *Acetobacter xylinum* เช่น ในวุ้นมะพร้าว (NATA de coco) เซลลูโลสจัดเป็นเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ชนิดหนึ่งมีสมบัติไม่ละลายในน้ำ ทนต่อปฏิกิริยาของเอนไซม์ กรด และเบสที่เจือจางมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ที่ย่อยคาร์โบไฮเดรตในร่างกาย เช่น เอนไซม์อะไมเลส (amylase) (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, วันที่สืบค้น 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2562)



**รูปที่ 2.3** แสดงโครงสร้างเคมีของเซลลูโลส

ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0612/cellulose

สืบค้นเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562

## 2.3 เฉาก๊วย (Jelly Grass)

### 2.3.1 ลักษณะทั่วไปของเฉาก๊วย

เฉาก๊วยเป็นพืชชนิดหนึ่งซึ่งอยู่ในวงศ์ Labiatae วงศ์เดียวกับสะระแหน่ โหระพา และแมงลัก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Mesona chinensis* Bentham และเฉาก๊วย ภาษาอังกฤษจะเรียกว่า Grass Jelly เฉาก๊วยมีถิ่นกำเนิดอยู่ที่ประเทศจีนตอนใต้ แถบมณฑลกวางตุ้ง กวางสี และยู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการใช้

นาน มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์เป็นไม้ล้มลุก ลำต้นและเถาเป็นแบบกึ่งเลื้อย มีขนาดเล็ก เป็นเหลี่ยม มองแล้วคล้ายต้นสะระแหน่ ลำต้นเปราะ หักง่าย ส่วนกิ่งแตกแขนงออกตามข้อของลำต้น ทอดยาวคลุมตามดินได้ 50-120 เซนติเมตร ในส่วนของใบเฉาก๊วยจะมีความคล้ายคลึงกับใบสะระแหน่ มีปลายใบแหลม โคนใบสอบ ขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อย ใบมีสีสดไปจนถึงเขียวเข้ม และมีขนขนาดเล็กปกคลุม แต่หากขยี้ใบด้วยมือจะรู้สึกถึงความเป็นเมือกลื่น นอกจากนี้ต้นเฉาก๊วยยังมีดอกลักษณะคล้ายกับดอกแมงลักหรือดอกต้นโหระพา และมีเมล็ดขนาดเล็กสีดำอมน้ำตาล ลักษณะเมล็ดเป็นทรงกลมรูปไข่ (http://www.acfs.go.th/healthfood/showFood, สืบค้นเมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562)

**รูปที่ 2.4** แสดงลักษณะของต้นเฉาก๊วย

ที่มา : https://puechkaset.com, สืบค้นเมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2562

**2.3.2 วิธีการผลิตเฉาก๊วย** (วิเชียร, 2554)

1. นำหญ้าเฉาก๊วยแห้งมาล้างให้สะอาด ใส่น้ำให้ท่วม ใส่โซดาผง นำไปต้มด้วยไฟปานกลาง ใช้เวลาเคี่ยวประมาณ 1 ชั่วโมง จะได้น้ำเฉาก๊วยที่ดำ

2. ปิดไฟ รอให้เย็น แล้วจึงนำมากรองเอากากออก สามารถนำน้ำเฉาก๊วยมาดื่มได้ หรือถ้าอยากขึ้นรูปเป็นก้อนให้ทำตามลำดับต่อไป

3. เติมแป้งท้าวยายม่อมหรือมันสำปะหลังลงไปเล็กน้อย เพื่อช่วยให้เฉาก๊วยแข็งตัวเป็นก้อนมากขึ้น

4. เมื่อขึ้นรูปแล้ว สามารถตักใส่ชามเติมน้ำตาล ใส่น้ำแข็งจะยิ่งชื่นใจมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.3.3 สารที่พบในเฉาก๊วย** (ฤดีวรรณ, 2546)

**แทนนิน** (Tannin) เป็นสารให้รสฝาด (astringency) และรสขม (bitter) พบได้ในพืชหลายชนิด เช่น ใบชา ใบฝรั่ง ใบพลู ใบชุมเห็ด ผลไม้ดิบ เช่น กล้วยดิบ ในเปลือกและเมล็ดของผลไม้ เช่น เปลือกมังคุด องุ่น เม็ดในของมะขาม เปลือกมะพร้าวอ่อน และพบในไวน์แดง แทนนินมีส่วนสำคัญ เป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymetic browning reaction) ของผลไม้ ,มีฤทธิ์เป็นสารกันเสีย (preservative) ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, วันที่สืบค้น 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562)

**เพกทิน** (Pectin) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ประเภท heteropolysaccharide มีหน่วยย่อย คือกรดกาแล็กทูโรนิก (D-galacturonic acid) ประมาณร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก) และเมทิลกาแล็กทูโรเนตและน้ำตาลหลายชนิด เช่น rhamnose galactose arabinose พบตามธรรมชาติในผนังเซลล์ของพืช (plant cell wall) และรอยต่อระหว่างผนังเซลล์ โดยรวมตัวอยู่กับเซลลูโลส (cellulose) ทำหน้าที่ยึดเกาะผนังเซลล์ให้ติดกันคล้ายเป็นซีเมนต์ เพกทินที่อยู่ในผลไม้ดิบหรือห่าม จะอยู่ในรูปของโพรโทเพกทิน ซึ่งไม่ละลายน้ำ ระหว่างการสุกของผลไม้โพรโทเพกทิน จะเปลี่ยนเป็นเพกทิน ซึ่งละลายในน้ำได้ ทำให้ผลไม้มีเนื้อสัมผัสนิ่มลง ความแน่นเนื้อลดลง (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, วันที่สืบค้น 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562)

**ลิกนิน** (Lignin) เป็นคาร์โบไฮเดรต ประเภทใยอาหาร (dietary fiber) ที่ไม่ให้พลังงาน โครงสร้างโมเลกุลของลิกนินเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ อีกทั้งยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเนื้อเยื่อพืช โดยพบในส่วนของผนังเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์พืชแข็งแรง และที่สำคัญ คือ ลิกนินสามารถดูดซับน้ำดี (bile acid) ได้ดี และอาจมีผลชะลอการดูดซึมสารอาหารบางชนิดในลำไส้เล็ก (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, วันที่สืบค้น 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562)

**สารเฮมิเซลลูโลส** (Hemicellulose) เป็นคาร์โบไฮเดรต ประเภทใยอาหาร (dietary fiber) ที่ไม่ละลายน้ำ ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์กระเพาะเดี่ยว สามารถละลายได้ในสารละลายด่างเจือจาง สมบัติทางกายภาพที่สำคัญคือมีความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) และแลกเปลี่ยนไอออนประจุบวก (cation exchange) เมื่ออยู่ในกระเพาะอาหารและลำไส้ของมนุษย์ เช่น กลูโคแมนแนน (Glucomannan) และกาแลคโตแมนแนน (Galactomannan) (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, วันที่สืบค้น 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สารพอลิเมอร์** (Polymer) คือ สารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ และมีมวลโมเลกุลมากประกอบด้วยหน่วยเล็ก ๆ ของสารที่อาจจะเหมือนกันหรือต่างกันมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนต์ เช่น เฟนิลอะลานิน (Phenylalanine) และไทโรซิน (Tyrosine) (เอกสารประกอบคำบรรยาย วิชาเคมี ของโครงการส่งเสริมความสามารถพิเศษภาคฤดูร้อน Brands's Summer Camp'95 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วันที่สืบค้น 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562)

**เบต้า-ซิโตสเตอรอล** (β-sitosterol) มีส่วนประกอบเหมือนสารคอเลสเตอรอล คือ เบต้า-ซิโตสเตอรอล สามารถใช้ลดระดับคอเลสเตอรอลโดยการจำกัดปริมาณสารคอเลสเตอรอลที่สามารถเข้ามาในร่างกาย ช่วยเพิ่มระบบภูมิคุ้มกัน มะเร็งลำไส้ วัณโรค และโรคปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง (วณิชชา, 2560)

**สติกมาสเตอรอล** (Stigmasterol) เป็นสเตอรอยด์ที่มีโครงสร้างของกลุ่มไฮดรอกซิลไปเกาะอยู่ที่กิ่งหลักของคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 พบได้ในไขมัน น้ำมันถั่วเหลือง พืชตระกูลถั่ว พืชผักบางชนิด และนมที่ยังไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อ (https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov, วันที่สืบค้น 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562)

**แอลฟา และเบต้าอะไมริน** (αและ β-amyrin) เป็นในสารกลุ่ม Triterpines มีฤทธิ์ระงับอาการปวด แก้หอบหืด ต้านการอักเสบ แก้อาการบวม ลดปวด รักษาแผลอักเสบ เคลือบแผลในกระเพาะอาหาร ปกป้องตับ เป็นสารกำจัดแมลง เป็นสารกำจัดยุง และมีคุณสมบัติป้องกันรังสี UV (Maranz *et al.*, 2003)

**กรดโอลีนโนลิก** (Oleanolic acid) ได้จากการสกัดมะกอก (Olive) มีฤทธิ์ลดการอักเสบ (anti-inflammatory) และต่อต้านอนุมูลอิสระ (anti-oxidant) (http://www.myskinrecipes.com, วันที่สืบค้น 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562)

**กรดมาสลินิค** (Maslinic acid) เป็นสารเติมแต่งในอาหารเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของร่างกาย ลดไขมันในเลือดได้ และต้านการเกิดโรคภูมิคุ้มกันบกพร่อง (Herrera *et al.*, 2006)

### 2.3.4 คุณค่าทางโภชนาการใบเฉาก๊วย

คุณค่าทางโภชนาการของใบเฉาก๊วยแห้ง (ปริมาณ 100 กรัม) ดังนี้ คาร์โบไฮเดรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 44.95 โปรตีนร้อยละ 8.33 ไขมันร้อยละ 0.39 เถ้าร้อยละ 37.34 และเส้นใยอาหารร้อยละ 24.06 (ฤดีวรรณ, 2546)

### 2.3.5 สรรพคุณของต้นเฉาก๊วย

เฉาก๊วยมีรสเย็น ช่วยทำให้ชุ่มคอ ลดอาการคอแห้ง ช่วยดับร้อน ลดอาการกระหายน้ำ ช่วยบรรเทาอาการหวัดและไข้ ช่วยลดความดันเลือด ป้องกันโรคหลอดเลือดในสมองตีบหรือแตก ช่วยลดอาการเบาหวาน ช่วยบรรเทาอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ ช่วยแก้อาการข้ออักเสบ และช่วยป้องกันโรคตับอักเสบ (ฤดีวรรณ, 2546)

## 2.4 น้ำตาล

น้ำตาล (Sugar) คือ สารประกอบคาร์โบไฮเดรตประเภทโมโนแซ็กคาไรด์ (monosaccharide) และไดแซ็กคาไรด์ (disaccharide) ซึ่งมีรสหวาน โดยทั่วไปจะได้มาจากอ้อย มะพร้าว แต่โดยทั่วไปแล้วเราจะเรียกอาหารที่มีรสหวานว่าน้ำตาล เช่น ทำมาจากตาลจะเรียกว่าตาลโตนด ทำมาจากมะพร้าวจะเรียกว่าน้ำตาลมะพร้าว ทำมาจากงวงจากจะเรียกว่า น้ำตาลจาก ทำมาจากงบจะเรียกว่าน้ำตาลงบ ทำมาจากอ้อยแต่ยังไม่ได้ทำเป็นน้ำตาลทรายจะเรียกว่า น้ำตาลทรายดิบ ถ้านำมาทำเป็นเม็ดจะเรียกว่าน้ำตาลทราย หรือถ้านำมาทำเป็นก้อนแข็งคล้ายกรวดจะเรียกว่าน้ำตาลกรวด (http://www.fieldtrip.ipst.ac.th., วันที่สืบค้น 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562)

### 2.4.1 ชนิดของน้ำตาล

**น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว** หรือ **โมโนแซ็กคาไรด์** (monosaccharide) เช่น กลูโคส (glucose) ฟรุกโทส (fructose) กาแล็กโทส (galactose)

**น้ำตาลโมเลกุลคู่** หรือ **ไดแซ็กคาไรด์** (disaccharide) เช่น ซูโครส (sucrose) แล็กโทส (lactose) มอลโทส (maltose)

**น้ำตาลโมเลกุลใหญ่** หรือ **โพลิแซ็กคาไรด์** (polysaccharide) เช่น แป้ง (starch) ไกลโคเจน (glycogen) เซลลูโลส (cellulose) (มูลนิธิหมอชาวบ้าน, 2562)

### 2.4.2 ประเภทของน้ำตาล

**น้ำตาลทรายดิบ** (Raw Sugar) คือ น้ำตาลทรายที่ใช้ส่งออกเพื่อจำหน่ายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างประเทศ หรือเก็บไว้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลทรายขาว โดยน้ำตาลทรายดิบจะมีสีน้ำตาลเข้ม มีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่ และมีความบริสุทธิ์ต่ำ

**น้ำตาลทรายดิบคุณภาพสูง** (High Pol Sugar) คือ น้ำตาลทรายดิบที่นำมาผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์บางส่วน สีของน้ำตาลเป็นสีเหลืองแกมน้ำตาล สามารถนำไปบริโภคได้โดยตรง แต่ไม่เป็นที่นิยมของคนส่วนใหญ่ ยกเว้นในประเทศที่กำลังพัฒนาและมีกำลังซื้อค่อนข้างต่ำ เนื่องจากน้ำตาลชนิดมีราคาถูกกว่าน้ำตาลทรายขาว

**น้ำตาลทรายขาว** (White Sugar) คือ น้ำตาลที่ได้มาจากการสกัดเอาสิ่งเจือปนออกจากน้ำตาลทรายดิบ และเป็นที่นิยมในการใช้บริโภค

**น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์** (Refined Sugar) คือ น้ำตาลที่ผ่านกระบวนการผลิตคล้ายกับน้ำตาลทรายขาว แต่จะมีความบริสุทธิ์มากกว่า มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวใส นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้น้ำตาลที่มีความบริสุทธิ์มาก เช่น เครื่องดื่มประเภทน้ำอัดลม เครื่องดื่มบำรุงกำลัง รวมไปถึงอุตสาหกรรมยา เป็นต้น

**น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์พิเศษ** (Super Refined Sugar) คือ น้ำตาลที่ผ่านกระบวนการผลิตเหมือนน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ แต่จะมีความบริสุทธิ์มากกว่า นิยมนำไปใช้ในอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้น้ำตาลที่มีความบริสุทธิ์มาก ๆ เป็นส่วนประกอบ

**น้ำตาลปี๊บ** (Paste Sugar) คือ น้ำตาลที่ได้จากเอาน้ำตาลทรายขาวมาเคี่ยวจนมีความเข้มตามที่กำหนด แล้วนำไปบรรจุขณะยังร้อนและผึ่งให้น้ำตาลแข็งตัวโดยใช้ลมเย็น

**น้ำตาลทรายแดง** (Brown Sugar) คือ น้ำตาลที่ได้จากการเอาน้ำตาลทรายดิบมาละลายกับน้ำอ้อยใสและน้ำเชื่อมดิบในอัตราส่วนที่กำหนด

**น้ำเชื่อม** (Liquid Sugar) คือ น้ำตาลที่ได้จากการแปรสภาพจากผลึกของน้ำตาลเป็นน้ำเชื่อม นิยมนำมาใช้เพื่อความสะดวกในกระบวนการผลิตต่าง ๆ เช่น น้ำอัดลม เครื่องดื่มชูกำลัง ฯลฯ

**น้ำตาลแร่ธรรมชาติ** (Mineral Sugar) คือ น้ำตาลที่ได้จากการผสมคาราเมลซึ่งได้มาจากการเคี่ยวน้ำตาลกับเอ-โมลาส ซึ่งมีแร่ธาตุธรรมชาติจากอ้อย แล้วจึงนำไปผสมกับน้ำตาลทรายขาวตามสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้แร่ธาตุจากอ้อยที่สูญเสียไปกับกากน้ำตาลในกระบวนการตกผลึกของน้ำตาล กลับคืนสู่น้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 2.5** แสดงน้ำตาลประเภทต่างๆ

ที่มา : https://medthai.com/ สืบค้นเมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2562

**กากน้ำตาล** (Molasses) คือ ผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาล นิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญในภาคอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ การผลิตสุรา แอลกอฮอล์ ผลิตผงชูรส น้ำส้มสายชู เป็นต้น (http://www.fieldtrip.ipst.ac.th., วันที่สืบค้น 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562)

**รูปที่ 2.6** แสดงภาพกากน้ำตาล

ที่มา : https://www.kasetcenter.com/th/products/ สืบค้นเมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2562

**2.4.3 ประโยชน์ของน้ำตาล**

น้ำตาลเป็นสารที่ให้ความหวานและให้พลังงานแก่ร่างกาย (โดยน้ำตาล 1 กรัม จะให้พลังงาน 4 แคลอรี) ทำให้รู้สึกสดชื่นกระชุ่มกระชวย และเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อชีวิตมาก เนื่องจากการทำงานของอวัยวะภายในร่างกายและเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกาย ก็ล้วนแต่จะต้องใช้พลังงานจากน้ำตาล นอกจากนี้การหายใจ การขับปัสสาวะ การไหลเวียน การย่อยอาหารก็ล้วนแล้วแต่ต้องการความร้อนจากน้ำตาลแทบทั้งสิ้น หรือแม้แต่ตั้งแต่การคลอดจากครรภ์มารดา ในการดำรงชีวิตเราจะขาดน้ำตาลไม่ได้ แม้อาหารที่จำเป็นของทารกก็ยังเป็นน้ำนมที่มีน้ำตาลผสมอยู่ ดังนั้นพลังงานในการเคลื่อนไหวของมนุษย์ 70% มาจากน้ำตาล ถ้าขาดน้ำตาลมนุษย์ก็จะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลูโคส (glucose) เป็นแหล่งอาหารที่จำเป็นของเซลล์ เนื้อเยื่อ และอวัยวะภายในร่างกาย ทำให้ ไกลโคเจน (glycogen) ในตับเพิ่มขึ้น ช่วยทำให้การเผาผลาญ (Metabolism) ของเนื้อเยื่อดีขึ้น และในขณะที่น้ำตาลในเลือดลดน้อยลง กลูโคสยังเป็นสารที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของหัวใจได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังสามารถทำให้ร่างกายมีความต้านทานต่อโรคติดต่อได้อีกด้วย ดังนั้นในการรักษาโรค กลูโคสจึงถูกนำไปใช้เป็นยารักษาโรคอย่างกว้างขวาง

เนื้อเยื่อและอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย ต้องการกลูโคส (glucose) เพื่อเป็นวัตถุในการให้พลังงานและสารประกอบที่สำคัญอื่น ๆ เช่น สมองต้องการกลูโคสวันละ 110-130 กรัม ไตและเม็ดเลือดแดงต้องการกลูโคสเป็นอาหาร ส่วนหัวใจจะทำงานได้ก็ต้องอาศัยกลูโคสมาทดแทนพลังงานที่สูญเสียไป และจากผลการทดลองหัวใจของสัตว์นอกร่างกาย พบว่ากลูโคสมีฤทธิ์กระตุ้นหัวใจของสัตว์ทดลอง ส่วนอวัยวะภายในร่างกายอื่น ๆ ถ้าขาดกลูโคสก็จะสามารถใช้กรดไขมันมาเป็นแหล่งให้พลังงานได้

แล็กโทสแม้จะไม่มีรสหวาน แต่ก็เป็นอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของทารก โดยแล็กโทสจะทำหน้าที่ป้องกันจุลินทรีย์ที่จำเป็นในลำไส้ของทารก ช่วยในการดูดซึมของแคลเซียม ทำให้ทารกสามารถย่อยและดูดซึม (มูลนิธิหมอชาวบ้าน, 2562)

## 2.5 น้ำตาลทรายแดง

น้ำตาลทรายแดงเป็นน้ำตาลที่ได้จากน้ำอ้อยแบบเดียวกับน้ำตาลทรายธรรมชาติ แต่น้ำตาลทรายแดงนั้นลักษณะเป็นผงละเอียด มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ให้ความหวานน้อยกว่าน้ำตาลทรายขาว มีความชื้นสูงจึงมักจะจับตัวกันเป็นก้อน สีของน้ำตาลทรายแดงจะมีสีน้ำตาลอ่อนไล่ไปถึงสีน้ำตาลอมแดงขึ้นอยู่กับปริมาณของกากน้ำตาลที่ผสมอยู่ ถ้ามีกากน้ำตาลปะปนอยู่มากสีก็จะเข้มขึ้น รวมไปถึงรสชาติและกลิ่นก็จะชัดเจนตามไปด้วย น้ำตาลทรายแดงมักจะนิยมใช้ในอุตสาหกรรมผลิตซีอิ๊ว ผลิตน้ำตาลมะพร้าว รวมไปถึงผสมในอาหารและขนมหลากหลายชนิด เช่น ถั่วเขียวต้มน้ำตาล เต้าฮวย และเฉาก๊วย (http://www.baanlaesuan.com/, วันที่สืบค้น 2 มีนาคม พ.ศ. 2562)

### 2.5.1 สรรพคุณของน้ำตาลทรายแดง

น้ำตาลทรายแดงมีคุณสมบัติร้อนและมีรสหวาน มีสรรพคุณช่วยบำรุงกำลัง ช่วยทำให้เลือดไหลเวียนได้สะดวกมากยิ่งขึ้น และช่วยลดอาการปวด นอกจากนั้นแล้วสำหรับสตรีที่อยู่ในระหว่างมีประจำเดือนที่มีอาการปวดประจำเดือน ปวดท้องน้อยหรือปวดเอว ประจำเดือนเป็นลิ่ม การดื่มน้ำผสมกับน้ำตาลทรายแดงอุ่น 1 แก้ว จะทำให้สบายขึ้นได้ (มูลนิธิหมอชาวบ้าน, 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.2 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำตาลทรายแดงต่อ 100 กรัม

พลังงาน 380 กิโลแคลอรี ประกอบไปด้วยโปรตีน 0.12 กรัม คาร์โบไฮเดรต 98.09 กรัม น้ำตาล 97.02 กรัม น้ำ 1.34 กรัม วิตามินบี3 0.110 มิลลิกรัม วิตามินบี6 0.041 มิลลิกรัม วิตามินบี9 ร้อยละ 0 ปริมาณ 1 ไมโครกรัม แคลเซียม ร้อยละ 9 ปริมาณ 83 มิลลิกรัม ธาตุเหล็ก 0.71 มิลลิกรัม แมกนีเซียม 9 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 4 มิลลิกรัม โพแทสเซียมร้อยละ 3 ปริมาณ 133 มิลลิกรัม โซเดียม 28 มิลลิกรัม และสังกะสี 0.03 มิลลิกรัม (ร้อยละของปริมาณที่ร่างกายต้องการในแต่ละวันสำหรับผู้ใหญ่) (USDA Nutrient database, วันที่สืบค้น 2 มีนาคม พ.ศ. 2562)

### 2.5.3 โทษของน้ำตาล

การรับประทานน้ำตาลทรายมากเกินไปจะทำให้เกิดโทษได้ เช่น ทำให้อ้วน เป็นโรคเบาหวาน ทำให้หลอดเลือดหัวใจตีบ ระบบการย่อยอาหารไม่ดี มีกรดในกระเพาะอาหารมากเกินไป ทำให้ฟันผุ ปริมาณของไขมันร้ายหรือไขมันเลว (LDL) เพิ่มขึ้น และไปลดปริมาณของไขมันดี (HDL) ถ้ารับประทานเป็นระยะเวลานานก็สามารถทำให้เกิดโรคเบาหวานได้ และในคนที่บริโภคน้ำตาลมากจนเกินไปในช่วง 40 ปีแรกของชีวิต จะมีโอกาสเป็นโรคเบาหวานมากกว่าคนอื่น ๆ เพราะน้ำตาลจะไปทำให้ตับอ่อนที่ทำหน้าที่ผลิตอินซูลินเสื่อมสมรรถภาพ เมื่อรับประทานเข้าไปมากๆ จึงทำให้น้ำตาลในเลือดสูงขึ้น (มูลนิธิหมอชาวบ้าน, 2562)

การรับประทานน้ำตาลมาก ๆ จะทำให้การขับออกของโครเมียมทางไตมีมากขึ้น ซึ่งโครเมียมนั้นเป็นแร่ธาตุที่สำคัญในการเพิ่มการทำงานของอินซูลินในการลดระดับน้ำตาลในเลือด ดังนั้น การรับประทานน้ำตาลในปริมาณมาก จะทำให้เกิดภาวะดื้ออินซูลินได้ สำหรับผู้ที่รับประทานอาหารหวานบ่อย ๆ สมดุลของแร่ธาตุในร่างกายจะไม่ค่อยสมดุล ส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย ทำให้ติดเชื้อได้ง่าย โดยมีรายงานว่าการรับประทานหวานมากจะทำให้เลือดมีแคลเซียมมากขึ้น ฟอสฟอรัสลดลง ซึ่งอาจไปตกตะกอนทำให้เกิดนิ่วในไตได้ นอกจากนี้การเผาผลาญน้ำตาลในร่างกายบ่อย ๆ ยังเป็นตัวเร่งที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ เมื่อบริโภคเป็นระยะเวลานานจะก่อให้ระดับไขมันไตร-กลีเซอไรด์ในเลือดสูงขึ้น น้ำตาลจะถูกเก็บไว้ที่ตับในรูปของไกลโคเจน เมื่อมีมากจนเกินไป ตับจะส่งไปยังกระแสเลือดแล้วเปลี่ยนเป็นกรดไขมัน โดยจะสะสมไว้ตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายที่มีการเคลื่อนไหวน้อย เช่น สะโพก ก้น หน้าท้อง ขาอ่อน เป็นต้น และการรับประทานน้ำตาลอย่างต่อเนื่อง กรดไขมันจะสะสมไว้ที่อวัยวะภายในอื่น ๆ เช่น หัวใจ ตับ และไต ซึ่งอวัยวะเหล่านี้จะค่อย ๆ ถูกห่อหุ้มไปด้วยไขมันและน้ำเมือก ร่างกายก็เริ่มมีความผิดปกติ ความดันเลือดก็จะสูงขึ้น ดังนั้นถ้าเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ได้ใช้พลังงานมากเพียงพอ น้ำตาลที่ได้ก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นไขมันสะสมไว้ในร่างกาย นอกจากนี้ อาการปวดศีรษะเรื้อรังหรือไมเกรน สิว ผื่น ตกกระ เป็นตะคริวช่วงมีรอบเดือน แผลพุพอง แผลริดสีดวงทวาร มะเร็งตับ เบาหวาน โรคหัวใจ และวัณโรค เหล่านี้ล้วนมีความสัมพันธ์ต่อการรับประทานน้ำตาลที่มากเกินไป

ผลการวิจัยพบว่า โรคฟันผุมีส่วนเกี่ยวข้องกับการรับประทานน้ำตาล เมื่อรับประทานน้ำตาลจะทำให้สภาพของกรดในปากเพิ่มขึ้น สำหรับผู้ที่มีอายุมากจะรู้สึกว่ามีรสเปรี้ยว *Bacillus acidi lactici* คือ แบคทีเรียที่ชอบอาศัยและเจริญเติบโตอยู่ตามร่องฟัน ซอกฟัน หรือแอ่งฟันที่มีสภาพเป็นกรด ทำให้แคลเซียมในฟันหลุดและเกิดโรคฟันผุ (มูลนิธิหมอชาวบ้าน, 2562)

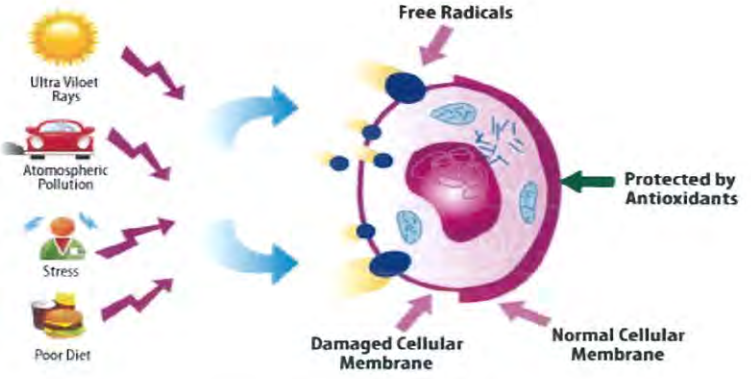
## 2.6 อนุมูลอิสระ (Free radical)

อนุมูลอิสระ (free radical หรือ oxidant) คือ เป็นสารที่มีอิเล็กตรอนอิสระอยู่ในวงนอกของอะตอมหรือโมเลกุลโดยอนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและมีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีในลักษณะปฏิกิริยาลูกโซ่ สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่างๆ ที่อยู่รอบข้างในทันทีที่ถูกสร้างขึ้น ส่งผลทำให้เกิดความเสียหายแก่องค์ประกอบต่างๆ ของเซลล์ภายในร่างกาย ได้แก่ การทำลายโครงสร้างดีเอ็นเอ (DNA) การเปลี่ยนสภาพโปรตีนและไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์ หรือการสร้างพันธะโควาเลนต์ (covalent bond) กับโปรตีนหรือเอนไซม์บางชนิดส่งผลให้การทำงานของโปรตีนหรือเอนไซม์เหล่านั้นเกิดความผิดปกติไป (วัลยา และ พัชรี, 2542)

### 2.6.1 สาเหตุของการเกิดอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระในร่างกายอาจเกิดขึ้นจากกระบวนการต่างๆ ในร่างกาย เช่น การเผาผลาญน้ำตาลเพื่อใช้เป็นพลังงาน การปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหาร หรือการออกกำลังกาย เป็นต้น นอกจากนี้ปัจจัยจากภายนอกก็เป็นอีกสาเหตุ ร่างกายอาจได้รับสารที่ประกอบด้วยอนุมูลอิสระจำนวนมากหรือสารดังกล่าวอาจไปกระตุ้นให้เซลล์ของร่างกายผลิตอนุมูลอิสระมากขึ้น ปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ได้แก่ การเผชิญรังสีต่าง ๆ เช่น รังสียูวี รังสีเอกซเรย์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูง ควันบุหรี่ มลพิษจากสิ่งแวดล้อม เช่น โลหะหนัก การรับประทานอาหารที่ปิ้งหรือย่างจนไหม้เกรียม สารเคมีจากอุตสาหกรรม ก๊าซโอโซนที่ถูกนำมาใช้ทางอุตสาหกรรมและเครื่องใช้ในบ้าน ยารักษาโรคบางชนิด และยาฆ่าแมลง (https://www.pobpad.com, สืบค้นเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.7 แสดงสาเหตุของการเกิดอนุมูลอิสระ

ที่มา : https://www.scimath.org/article-biology/item/6903-2017-05-14-06-44-33.jpg

สืบค้นเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562

## 2.7 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) คือ สารปริมาณน้อยที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระได้ (Halliwell, 2009) สารเหล่านี้มีกลไกในการต้านอนุมูลอิสระหลายแบบ เช่น ดักจับ (scavenge) อนุมูลอิสระโดยตรง ยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระหรือเข้าจับ (chelate) กับเหล็ก ($Fe^{2+}$) เพื่อป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระ เป็นต้น ปกติร่างกายคนเรานั้นมีสารต้านอนุมุลอิสระตามธรรมชาติหลากหลายชนิดทั้งที่เป็นเอนไซม์ เช่น superoxide dismutase, catalase และ glutathione peroxidase และสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่ใช่เอนไซม์ เช่น urate, bilirubin และ transferrin เป็นต้น เนื่องจากสารเหล่านี้มีจำนวนจำกัด ดังนั้นเมื่อใดที่มีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นในปริมาณมากเกินกว่าที่ระบบป้องกันจะยับยั้งได้หมดอาจก่อให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า “oxidative stress” ขึ้น ภายใต้สภาวะดังกล่าวอนุมูลอิสระส่วนที่ยังหลงเหลืออยู่อาจไปทำอันตรายต่ออวัยวะและเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย ซึ่งถ้าสะสมมากๆ อาจนำไปสู่ความผิดปกติหรือพยาธิสภาพหลายอย่าง เช่น โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ โรค Pakinson โรค Alzheimer ไขข้ออักเสบ และต้อกระจก เป็นต้น (Ames *et al.*, 1993)

นอกจากนี้พวกวิตามินบางชนิด เช่น บีตาแคโรทีน (β-carotene) วิตามินซี (vitamin C) วิตามินอี (vitamin E) รวมทั้งสารประกอบกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenols) โดยเฉพาะอย่างยิ่งแซนโทน (xanthones) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งพบมากในพืช ผัก ผลไม้ จัดเป็นสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากแหล่งธรรมชาติที่ดีอีกกลุ่มหนึ่ง (Sies, 1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.7.1 ประเภทสารต้านอนุมูลอิสระ**

สารต้านอนุมูลอิสระสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการออกฤทธิ์ (Sherwin, 1990)

**สารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิ** เป็นสารที่หยุดปฏิกิริยาอนุมูลอิสระโดยการให้อนุมูลไฮโดรเจน ($H^+$) หรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระโดยตรงเป็นผลให้อนุมูลนั้นกลายเป็นสารที่มีความเสถียรขึ้น สารออกฤทธิ์ในลักษณะดังกล่าว ได้แก่ สารประกอบกลุ่ม phenolic เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) วานิลลิน (vanillin) และยูจีนอล (eugenol) เป็นต้น มีรายว่าสารต้านอนุมูลอิสระชนิดนี้จะทำหน้าที่ได้ดีที่ความเข้มข้นต่ำๆ แต่เมื่อมีความเข้มข้นสูงขึ้นอาจกลายเป็นการเสริมฤทธิ์ออกซิเดชันได้ (Rajalakshni and Narasimhan, 1996)

**สารต้านอนุมูลอิสระทุติยภูมิ** เป็นสารที่ไม่ทำปฏิกิริยาโดยตรงกับอนุมูลอิสระแต่จะช่วยการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิในลักษณะต่างๆ เช่น จับกับ $Fe^{2+}$ ดักจับออกซิเจน ดูดซับรังสียูวีไว้ เป็นต้น (Gordon, 2001)

**2.7.2 กลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ**

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่า มีหลายกลไกในการต้านอนุมูลอิสระ ( radical scavenging) สารต้านอนุมูลอิสระสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้โดยการทำให้โมเลกุลของอนุมูลอิสระมีความเสถียรขึ้น ซึ่งกลไกของปฏิกิริยาเกิดขึ้นโดยการให้ไฮโดรเจนหรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ การยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน (Singlet Oxygen quenching) จับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้(Metal chelation) หยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ (chain-breaking) เสริมฤทธิ์(synergism) และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์(enzyme inhibition) ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ (Valacchi *et al.*, 2004)

**2.7.3 แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระ** (Pokorny *et al.*, 2001)

สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิด ได้แก่

**สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์** (Synthetic antioxidants) สารประกอบฟีนอลิกสังเคราะห์ 5 ชนิด ได้แก่ propyl gallate, 2- butylated hydroxyanisole, 3- butylate hydroxyanisole, BHT (butylated hydroxytoluene) และ tertiary butylhydroquinone จัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันซึ่งเป็นสาเหตุทำให้อาหารมีกลิ่น สี และรสชาติที่เปลี่ยนแปลง สารสังเคราะห์เหล่านี้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพและความคงตัวสูงกว่าสารต้านอนุมูลออกซิเดชันจากธรรมชาติทั่วไป แต่มีข้อจำกัดของการใช้ เนื่องจากปัญหาด้านความปลอดภัยในการบริโภค (Yang *et al.*, 2000)

**สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ** (natural antioxidant) สารกลุ่มนี้ได้รับความสนใจและมีการพัฒนาค้นคว้ากันอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากแนวคิดเรื่องการกลับคืนสู่ธรรมชาติประกอบกับความเชื่อมั่นว่ามีความปลอดภัยในการบริโภคที่มากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ 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 หมู่ฟังก์ชั่น (functional group) สารเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการดักจับอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นหรือก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยการให้อนุมูล $H^{\bullet}$ แก่อนุมูลอิสระเหล่านั้น (Van Acker *et al.*, 2000) นอกจากนี้สารประกอบโพลีฟีนอลที่มีโครงสร้างของ ortho-dihydroxyl phenol อยู่ในโมเลกุล ยังสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูล $OH^{\bullet}$ ในปฏิกิริยาที่มีอนุมูลโลหะทรานซิชั่น คือ $Fe^{2+}$ และ $Cu^{2+}$ เป็นตัวเหนี่ยวนำได้โดยการเข้าจับกับโลหะดังกล่าวเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (complex) (Sanchez-Moreno *et al.*, 2000)

### 2.7.4 การสกัดและการตรวจสอบฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ

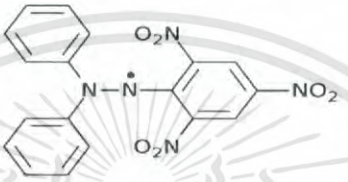
การสกัดสารประกอบฟีนอลิกมักใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะและองค์ประกอบของสารตัวทำละลายอินทรีย์ที่นิยมใช้สำหรับสกัดสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ น้ำ เมทานอล เอทานอล (Alluri *et al.*, 2009) เอทิลอะซิเตท (Ramamoorthy และ Bono, 2000; Lai *et al.*, 2009) และตัวทำละลายที่มีขั้วต่างกัน เช่น เฮกเซน ($C_6H_{14}$) อะซีโตน ($C_3H_6O$) คลอโรฟอร์ม ($CHCL_3$) ปิโตรเลียมอีเทอร์ หรือคาร์บอนเตตระคลอไรด์ ($CCL_4$) วิธีการที่นิยมนำมาใช้ในการตรวจสอบฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระมีหลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีมีความจำเพาะต่อสารแตกต่างกัน โดยปกติแล้วการตรวจสอบมักจะสรุปผลจากหลายวิธีร่วมกัน เพื่อทำให้ผลการทดสอบมีความถูกต้องยิ่งขึ้น วิธีที่ใช้ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่นิยม ได้แก่ 2,2-Diphenyl-1-picryhydrazyl (DPPH) (Que *et al.*, 2006), Ferric reducing/antioxidant power (FRAP) (Alia *et al.*, 2009; Ramamoorthy และ Bono, 2007), Trolox equivalents antioxidant capacity (TEAC), lipid peroxidation reducing power และ metal chelating ability (Lai *et al.*, 2007) ส่วนเครื่องมือ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่นิยมใช้ในการตรวจหาชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้รับความนิยม คือ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (Vichitphan *et al.*, 2007; Lai *et al.*, 2007)

**2.7.4.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ**

วิธี DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical (Hou *et al.*, 2001) เป็นวิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ซึ่งใช้ reagent คือ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl เป็น stable radical ในตัวทำละลายเมทานอล (methanol)




**รูปที่ 2.8** แสดงโครงสร้างทางเคมีของ DPPH radical

ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/DPPH.jpg สืบค้นเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562

อนุมูล $DPPH^{+}$ เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัว แสดงโครงสร้างทางเคมี ดังรูปที่ 2.7 มีสีม่วง อยู่ในรูปอนุมูลอยู่แล้ว โดยที่ไม่ต้องทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดอนุมูลเหมือนกับกรณีอนุมูล $ABTS^{++}$ การวิเคราะห์เป็นการวัดความสามารถของสารทดสอบในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธีให้ไฮโดรเจนอะตอมการวัดทำโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ วัดการลดลงของสีเมื่อเติมสารต้านออกซิเดชันลงไป โดยวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร DPPH radical ใช้ในการทดสอบความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารตัวอย่าง (scavenging activity) โดยสารละลายของ $DPPH^{+}$ จะมีสีม่วงใน เอทานอล และเมื่อได้รับ H จะเปลี่ยนเป็นสารละลายสีเหลือง ตามสมการดังนี้ (Blois, 1958)

$$DPPH^{+} + RH \longrightarrow DPPH\text{-}H + R^{+}$$

สีม่วง ตัวอย่างทดสอบ สีเหลือง

ค่าที่วัดได้จะแสดงความสามารถในการต้านออกซิเดชันออกมาในค่า % inhibition ตามสมการดังนี้

$$\% \text{ inhibition} = [(A_{517} \text{ control} - A_{517} \text{test sample}) / A_{517} \text{ control})] \times 100$$

$A_{control}$ เป็นค่าการดูดกลืนแสงของเอทานอลที่เติมสารละลาย DPPH

$A_{sample}$ เป็นค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่เติมสารละลาย DPPH

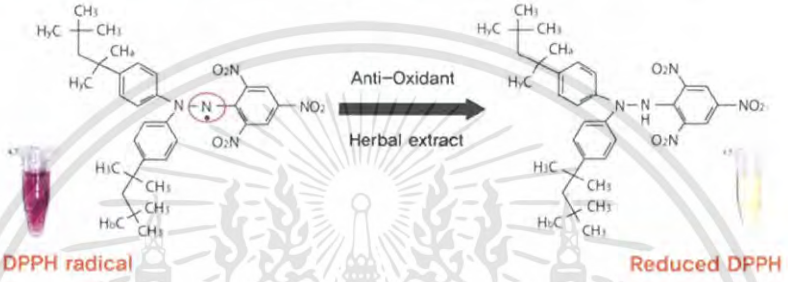
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ข้อดีของวิธี DPPH**

ทำได้ง่าย นิยมใช้เป็นวิธีเบื้องต้นในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลของสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ

**ข้อเสียของวิธี DPPH**

อนุมูล DPPH+ มีความคงตัวไม่ไวต่อการทำปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลที่เกิดในเซลล์หรือร่างกาย ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่สามารถแยกแยะจัดอันดับอนุมูลที่มีความไวสูงได้ (พรรณี, 2550)



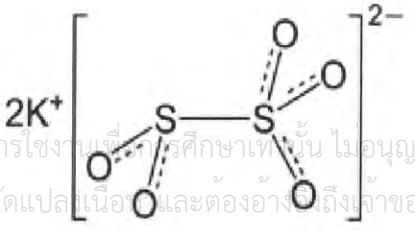

**รูปที่ 2.9** แสดง DPPH assay

ที่มา : http://www.damocos.co.kr/damo/language/english/lab_paper3.php.jpg

สืบค้นเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562

**2.8 สารโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS)**

วัตถุเจือปนอาหาร (food additive) อาจเรียกว่า potassium disulfite หรือ potassium pentaoxodisulfate มีสูตรโมเลกุล คือ $K_2O_5S_2$ อยู่ในกลุ่มซัลไฟต์ (sulfites) E-number E224 มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว เป็นสารประกอบที่เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีฤทธิ์ในการป้องกันและกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ สารชนิดนี้เมื่อละลายในน้ำจะแตกตัวอยู่ในรูปของซัลไฟท์อิสระ (Free sulfite) ได้แก่ กรดซัลฟูรัส ($H_2SO_3$) ไบซัลไฟท์ไอออน ($HSO_3$) และซัลไฟท์ไอออน ($SO_3$) โดยปกติสารซัลไฟท์เมื่อเติมลงในอาหารจะถูกออกซิไดซ์เป็นซัลเฟตซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย แต่ถ้าหากเติมในปริมาณมากจะเหลือตกค้างอยู่ในรูปของซัลไฟท์อิสระจำนวนมาก (http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1955/sulfites, สืบค้นเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 2.10** แสดงสูตรโครงสร้างของสารโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS)
ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1937/potassium-metabisulfite-e224, สืบค้นเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562

### 2.8.1 การใช้สารในกลุ่มซัลไฟท์ในอาหาร

1. เป็นสารกันเสีย (preservative) ที่มีประสิทธิภาพสูง ราคาถูก ง่ายต่อการใช้งาน ช่วยยับยั้งการเจริญของ ยีสต์ (yeast) รา (mold) และแบคทีเรีย (bacteria) เช่น ใช้ฆ่าจุลินทรีย์ในการทำไวน์ (wine) เบียร์ (beer)

2. เป็นวัตถุกันหืน (antioxidant)

3. 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 (http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1955/sulfites, สืบค้นเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562)

### 2.8.2 พิษของสารซัลไฟท์

พิษของก๊าซ $SO_2$ ปริมาณ 8 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้เกิดอาการระคายเคืองของระบบหายใจ ปริมาณ 20 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้เกิดอาการระคายเคืองตา เป็นสารก่อภูมิแพ้ (food allergen) ถ้ารับประทานเข้าไปไม่มาก ร่างกายขับออกทางปัสสาวะได้ แต่ถ้ามากเกินไปจะมีผลไปลดประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และไขมันในร่างกายของคนเราและมีฤทธิ์ทำลายวิตามิน B1 ด้วย ถ้า $SO_2$ สะสมในร่างกายมากๆอาจทำให้หายใจ ติดขัด ปวดท้อง ท้องร่วง เวียนศีรษะ อาเจียน หมดสติ และอาจตายได้ในผู้ที่แพ้มาก หรือเป็นหอบหืด

### 2.8.3 ปริมาณการใช้

เนื่องจากสารในกลุ่มซัลไฟท์มีพิษและเป็นสารก่อภูมิแพ้ (food allergen) จาก พระราชบัญญัติ อาหารของการะทรวงสาธารณสุข ได้กำหนดการใช้เกลือซัลไฟต์ เกลือไบซัลไฟต์ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซเดียมและโพแทสเซียมเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ ต้องมีคุณภาพเป็นไปตามกฎกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 (พ.ศ.2527) เรื่องวัตถุเจือปนอาหารและได้กำหนดปริมาณการใช้ของสารดังกล่าวในอาหารบางชนิด ได้แก่ น้ำตาลทราย น้ำตาลมะพร้าว วุ้นเส้น เส้นหมี่ เส้นก๋วยเตี๋ยว แอพริคอตแห้ง ลูกเกต กุ้งเยือกแข็ง และเนื้อกุ้งดิบ องค์การอนามัยโลกกำหนดค่าความปลอดภัยไว้ คือ ปริมาณที่ได้รับต้องไม่เกิน 0.7 มิลลิกรัม/คน/วัน (http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/ 1955/ sulfites, สืบค้นเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562)

**2.8.4 ชนิดของอาหารที่ใช้สารซัลไฟท์**

**ผลิตภัณฑ์ผัก ผลไม้สด และผลไม้แห้ง** การใช้สารซัลไฟท์ในผักและผลไม้แห้ง เพื่อช่วยถนอมสี กลิ่น วิตามินซี และคาโรทีนอยด์ มีส่วนช่วยป้องกันการเน่าเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ในผลไม้ที่ใช้วิธีรมควันด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือพ่นเป็นละอองฝอยของสารละลาย ซึ่งในรูปของสารละลายจะให้ผลที่ไม่ดี เนื่องจากเกิดการแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อของผลไม้ได้น้อยและถูกล้างออกด้วยน้ำ ซึ่งก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะหายไปในระหว่างการเก็บรักษา ขึ้นอยู่กับเวลาในการรมควันและอุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 110-120 องศาฟาเรน-ไฮน์

**เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์** สารซัลไฟท์มีความสำคัญในการทำไวน์หลายขั้นตอน ตั้งแต่การใช้สารซัลไฟท์ในรูปของสารละลายในการทำความสะอาดเครื่องมือ อุปกรณ์ การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในผลไม้ก่อนกระบวนการหมักเพื่อให้ได้ยีสต์บริสุทธิ์เหมาะสำหรับการทำไวน์ ในระหว่างกระบวนการหมัก สารซัลไฟท์จะเป็นตัวป้องกันการเปลี่ยนแปลงหลังการหมักเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ ในระหว่างการหมักปริมาณซัลไฟท์ที่เหมาะสมคือ 50-100 ส่วนในล้านส่วน ปริมาณที่ใช้ขึ้นอยู่กับคุณภาพขององุ่น อุณหภูมิ ความเข้มข้นของน้ำตาลและระดับของการปนเปื้อน ในระหว่างการเก็บไวน์หลังการหมัก ระดับของสารซัลไฟท์ควรจะมีอยู่ระหว่าง 50-75 ส่วนในล้านส่วน

**น้ำผลไม้และเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์** ใช้สารซัลไฟท์เพื่อป้องกันการเปลี่ยนสีที่ไม่ได้เกิดจากการทำงานเอนไซม์ ช่วยป้องกันการปนเปื้อนของเชื่อจุลินทรีย์และเป็นวัตถุกันหืน ปริมาณของสารซัลไฟท์ที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน ชนิดของสารซัลไฟท์องค์ประกอบของน้ำผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ผลิตภัณฑ์เนื้อ** สารซัลไฟท์สามารถหยุดการเจริญของแบคทีเรียที่พบในเนื้อสดและผลิตภัณฑ์เนื้อได้ ขณะเดียวกันยังทำให้สีของเนื้อคงตัวระยะหนึ่ง

## 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Danchai *et al.*, (2013) ศึกษาการหาปริมาณกรดยูโซลิกและสารต้านอนุมูลอิสระในเฉาก๊วย พบว่าในต้นเฉาก๊วยมีกรดยูโซลิก (ursolic acid) ซึ่งเป็นสารช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดซึ่งเป็นผลดีต่อผู้ป่วยโรคเบาหวาน (Wang *et al.*, 2010) นอกจากนั้นกรดยูโซลิกยังมีประโยชน์อื่นๆ อีกคือ สามารถเพิ่มระดับอินซูลินและคงระดับน้ำตาลในเลือดให้ปกติ (Jang *et al.*, 2009) มีประสิทธิภาพในการป้องกันสารเคมีไม่ให้เกิดการอักเสบหรือทำลายตับในสัตว์ทดลองเป็นสารยับยั้งสารพิษและทำให้เกิดผลดีต่อระบบภูมิคุ้มกัน ลดการอักเสบ ต้านการเกิดเนื้องอก และลดระดับไขมันในเลือดได้ (Liu, 1995) มีความสามารถในการป้องกันและรักษาตับอักเสบที่เกิดจากแอลกอฮอล์ (Saravanan *et al.*, 2006) นอกจากกรดยูโซลิกแล้วในเฉาก๊วยยังพบกรดวานิลลิก (vanillic acid) กรดแคฟเฟอิก (caffeic acid) กรดไซรินจิก (syringic acid) ซึ่งเป็นกรดฟีนอลิกที่สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันและพบว่ากรดแคฟเฟอิกเป็นกรดฟีนอลิกที่สำคัญที่สุดในต้นเฉาก๊วยเนื่องจากมีความสามารถในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้สูงสุด (Hung and Yen, 2002) จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดยูโซลิก กรดแคฟเฟอิก กรดวานิลลิก กรดไซรินจิก ที่มีในเฉาก๊วยแห้งพบว่าในเฉาก๊วยแห้งมีสารประกอบที่มีประโยชน์ดังกล่าวในปริมาณที่ค่อนข้างสูง แต่เมื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำเจลเฉาก๊วยเพื่อนำมารับประทานในรูปของเฉาก๊วยพร้อมดื่ม เจลเฉาก๊วยที่ได้จะมีปริมาณสารประกอบที่มีประโยชน์ดังกล่าวในปริมาณน้อย อาจเนื่องมาจากกรรมวิธีการสกัดที่ไม่เหมาะสม เช่น ตัวทำละลาย สภาพความเป็นกรด-ด่าง ระยะเวลา และอุณหภูมิ ปัจจัยเหล่านี้อาจเป็นสาเหตุทำให้ไม่สามารถสกัดกรดที่มีประโยชน์ดังกล่าวในเฉาก๊วยออกมาได้หมด ซึ่งไม่ได้หมายความว่าเจลเฉาก๊วยนั้นไม่มีประโยชน์ในการบริโภค แต่จะมีประโยชน์ด้านอื่น เช่น ให้พลังงาน ให้ความอร่อย และเป็นใยอาหาร เป็นต้น

Battikh *et al.*, (2013) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับคอมบูชาแบบดั้งเดิมที่มีการหมักจากชาดำและมีการหมักจากชาเขียวเพื่อนำมาเปรียบเทียบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ใช้เวลาในการหมัก 21 วัน พบว่าการหมักคอมบูชาในชาเขียวมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์สูงที่สุด โดยพบว่ามีการวัดบริเวณวงใสรอบโคโลนีของ *Staphylococcus epidermidis* ได้ 22 มิลลิเมตร *Listeria monocytogenes* ได้ 22 มิลลิเมตร และ *Micrococcus luteus* ได้ 21.5 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sun *et al.*, (2015) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มคุณประโยชน์ของชาหมักคอมบูชาโดยการเติมหญ้าหวานลงไปในชาดำหวานและใส่เชื้อยีสต์ซึ่งประกอบไปด้วยเชื้อยีสต์ (*Dekkera bruxellensis*) และแบคทีเรียอะซิติก (*Gluconacetobacter rhaeticus* และ *Gluconacetobacter roseus*) หมักร่วมกันในอัตราส่วนต่างๆ หัวเชื้อเริ่มต้นที่ใช้ร้อยละ 20 (ปริมาตรต่อปริมาตร) ทำการหมักที่อุณหภูมิ 29 ±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน พบว่าฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด มีค่าสูงกว่าคอมบูชาแบบดั้งเดิม การเติมหญ้าหวานลงไปมีส่วนช่วยในการส่งเสริมปริมาณของฟีนอลิกและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในชาหมักคอมบูชาให้เพิ่มสูงขึ้น

Joseph Lim *et al.*, (2018) ได้ทำการศึกษา (1) คุณสมบัติไฮโดรคอลลอยด์ในการลดกลไกการตอบสนองต่อระดับน้ำตาลในเลือดของเฉาก๊วย (2) ผลของสารประกอบฟีนอลิกจากเฉาก๊วยต่อการตอบสนองต่อระดับน้ำตาลในเลือด โดยคัดเลือกชายชาวจีน 15 คน ให้ผู้ทดลองบริโภคชุดการทดลองสามชุด ได้แก่ สารละลายกลูโคส (T1) น้ำเฉาก๊วย (*Mesona chinensis* L.) ผสมกับกลูโคส (T2) และวุ้นเฉาก๊วยผสมกับกลูโคส (T3) จากนั้นวิเคราะห์ระดับน้ำตาลในเลือดโดยเจาะจากหลอดเลือดฝอยและอินซูลินในหลอดเลือดดำในนาทีที่ 180 ผลการทดลองพบว่าการบริโภคเฉาก๊วยร่วมกับคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนสามารถลดกลไกตอบสนองต่อระดับน้ำตาลในเลือดได้อาจเกิดจากการยับยั้งเอนไซม์ Carbohydrase แต่เมื่อบริโภคร่วมกับน้ำตาลกลูโคสไม่มีผลใดๆต่อการตอบสนองต่อระดับน้ำตาลในเลือดหรืออินซูลินเลย

Tri Dewanti *et al.*, (2013) ได้ทำการศึกษาชาบดเฉาก๊วยที่มีผลเป็นสารปรับภูมิคุ้มกันในการรักษาอาการติดเชื้อ *Salmonella typhimurium* ในหนู ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติสารปรับภูมิคุ้มกันของชาบดผงจากเฉาก๊วยกับหนูที่ติดเชื้อ *Salmonella typhimurium* โดยเครื่องดื่มนี้มีการเพิ่มอบเชยและใบเตยลงไป พบว่ามีค่าความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยา 50 % เท่ากับ 141.25 ppm และปริมาณฟีนอลรวมเท่ากับ 4.49 % อีกทั้งยังมีความสามารถในการเพิ่ม interferon gamma (IFN-γ) และ immunoglobulin G (IgG) ในหนูที่ติดเชื้อ *Salmonella typhimurium* ที่ให้ชาบดผงจากเฉาก๊วยในปริมาณ 18.2 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวหนู 20 กรัมและ 36.4 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวหนู 20 กรัมตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินงานวิจัย

## 3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

### 3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 ชาดำ

3.1.1.2 น้ำตาลทรายแดง ตรามิตรผล

3.1.1.3 กากเฉาก๊วย ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัทราชาเฉาก๊วย จังหวัดกำแพงเพชร

### 3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.1.2.1 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

3.1.2.2 Absolute ethanol

3.1.2.3 0.1M Sodium hydroxide

3.1.2.4 Phenolphthalein

3.1.2.5 Potassium hydrogen phthalate

3.1.2.6 70% Ethanol

3.1.2.7 95% Ethanol

3.1.2.8 7.5% Sodium carbonate

3.1.2.9 10% Folin-ciocaltau reagent

3.1.2.10 Potassium metabisulfite

3.1.2.11 5% Phenol

3.1.2.12 Sulfuric acid

3.1.2.13 5% Propanol

### 3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.3.1 ขวดรูปชมพู่ขนาด 250, 500 และ1,000 มิลลิลิตร

3.1.3.2 หลอดทดลอง

3.1.3.3 ขวดเก็บตัวอย่าง ขนาด 2 และ20 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.4 กรวยแก้ว

3.1.3.5 ตะเกียงแอลกอฮอล์

3.1.3.6 ปิเปต ขนาด 1, 5 และ10 มิลลิลิตร

3.1.3.7 จุกยาง

3.1.3.8 บีกเกอร์ ขนาด 50, 100 และ1,000 มิลลิลิตร

3.1.3.9 กระบอกตวงแก้ว ขนาด 25 และ100 มิลลิลิตร

3.1.3.10 ขวดดูแรน ขนาด 1,000 มิลลิลิตร

3.1.3.11 บิวเรตต์

3.1.3.12 โหลแก้ว ขนาด 1,200 มิลลิลิตร (สำหรับหมักคอมบูชา)

3.1.3.13 ขวดแก้วขนาด 250 มิลลิลิตร และฝาเกลียว (สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม คอมบูชา)

3.1.3.14 96-well plate

3.1.3.15 หลอดเซนตริฟิวจ์ และฝา

3.1.3.16 ไมโครปิเปต ขนาด 200 และ1,000 ไมโครลิตร

3.1.3.17 ทิปเหลือง และทิปฟ้า

3.1.3.18 ถาดสแตนเลส

3.1.3.19 ผ้าขาวบาง

3.1.3.20 หนังยาง

3.1.3.21 ด้าย

3.1.3.22 ขวดน้ำกลั่น

3.1.3.23 หม้อต้ม ทัพพี และกระบวย

3.1.3.24 ถ้วยตวงแสตนเลส ขนาด 250 และ2,000 มิลลิลิตร

3.1.3.25 กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1

3.1.3.26 กระบอกฉีดยา (Syringe) ขนาด 20 มิลลิลิตร

3.1.3.27 ชุดเข็มตัวกรอง (Swinnex filter holder)

3.1.3.28 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง (Sartorius , TE214S, Germany)

3.1.3.29 เครื่องผสมสารละลาย (Vortex mixer) (SI Vortex, G560E, USA)

3.1.3.30 หม้อนึ่งอัดไอ (Autoclave) (Tomy, HV-25/50/85/110, Japan)

3.1.3.31 เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) (HERMLE, Z383K, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.32 เครื่องชั่ง 2 แขน (TRICLE, China)

3.1.3.33 ชุดกรองสุญญากาศ (Suction) (PALL SHIMADZU, DOA-P730-BN, Japan)

3.1.3.34 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) (Mettler-Toledo, CH 8603, Japan)

3.1.3.35 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) (SHIMADZU, UV-1601, Japan)

3.1.3.36 เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ (Gas chromatography) (C121652)

3.1.3.37 เครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท (Microplate reader) (BMG LABTECH, FLUO Star Omega, USA)

3.1.3.38 ตู้ดูดควัน (Hood)

3.1.3.39 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (Memmert, INB500, Germany)

## 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

### 3.2.1 การหมักคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยร่วมกับชาดำในอัตราส่วนต่าง ๆ

3.2.1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำกากเฉาก๊วยซึ่งได้จากสถานประกอบการจังหวัดกำแพงเพชร อบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส นาน 1-2 วัน จนแห้ง เก็บใส่ถุงพลาสติก สำหรับชาดำซื้อมาจากร้านค้าในเยาวราช กรุงเทพฯ

3.2.1.2 การเตรียมหัวเชื้อในการหมักคอมบูชา

เตรียมหัวเชื้อคอมบูชาโดยใช้ใบชาดำ โดยดัดแปลงวิธีของ Jayabalan (2008) โดยนำชาดำความเข้มข้นร้อยละ 0.4 น้ำหนักต่อปริมาตร ห่อด้วยผ้าขาวบางใส่ลงในน้ำต้มเดือดเป็นเวลา 5 นาที นำชาออก ปิดไฟและเติมน้ำตาลทรายแดงร้อยละ 7 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร คนให้ละลายแล้วยกลงจากเตาทิ้งไว้ให้เย็น นำน้ำชาบรรจุใส่โหลสำหรับหมักปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร เติมหัวเชื้อคอมบูชาด้วยวิธีปลอดเชื้อ โดยใส่น้ำหมักร้อยละ 10 โดยปริมาตรและแผ่นเซลลูโลสเดิมร้อยละ3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ใช้ผ้าขาวบางที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วปิดโหลหมักและหมักหัวเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.3 การหมักคอมบูชาจากชาดำร่วมกับกากเฉาก๊วยในอัตราส่วนต่าง ๆ

นำชาดำและกากเฉาก๊วยในอัตราส่วนร้อยละ 1:0.6, 1:0.9 และ 1:1.2 โดยมีตัวควบคุม คือ คอมบูชาจากชาดำร้อยละ 1 และคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยร้อยละ 1 ห่อด้วยผ้าขาวบางใส่ในน้ำต้มเดือดปริมาตร 3,500 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำชาดำและกากเฉาก๊วยออก ปิดไฟและเติมน้ำตาลทรายแดง 350 กรัม (ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) คนให้ละลาย แบ่งใส่โหลหมักปริมาตร 1,500 มิลลิลิตร โดยบรรจุโหลละ 1,000 มิลลิลิตร จำนวน 3 โหล เติมหัวเชื้อคอมบูชา โดยใช้หัวเชื้อชาหมักเดิมในหัวข้อ 3.2.1.2 ส่วนน้ำหมัก 100 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร) และแผ่นเซลลูโลส 30 กรัม (ร้อยละ 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ใช้ผ้าขาวบางที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วปิดโหลหมัก และบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 21 วัน ตามวิธีของ Battikh *et al.*, (2012)

การหมักชาหมักคอมบูชาแบ่งเป็นชุดการทดลองทั้งหมด 5 ชุด ประกอบด้วย

- ชุดการทดลองที่ 1 คอมบูชาจากชาดำร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (10 กรัม)
- ชุดการทดลองที่ 2 คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วย โดยใช้อัตราส่วนของชาดำต่อกากเฉาก๊วย เท่ากับ 1:0.6 (10 กรัม : 6 กรัม)
- ชุดการทดลองที่ 3 คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วย โดยใช้อัตราส่วนของชาดำต่อกากเฉาก๊วย เท่ากับ 1:0.9 (10 กรัม : 9 กรัม)
- ชุดการทดลองที่ 4 คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วย โดยใช้อัตราส่วนของชาดำต่อกากเฉาก๊วย เท่ากับ 1:1.2 (10 กรัม : 12 กรัม)
- ชุดการทดลองที่ 5 คอมบูชาจากกากเฉาก๊วยร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (10 กรัม)

ชุดการทดลองทั้ง 5 ชุด ทำการหมัก 3 ซ้ำ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน

จากนั้นเก็บตัวอย่างชาหมักปริมาตร 30 มิลลิลิตร ในวันที่ 0 7 14 และ 21 สำหรับวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-เบส ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) ปริมาณเอทานอล ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณฟินอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ เก็บตัวอย่างคอมบูชาปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในวันที่ 7 และ14 สำหรับทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส เพื่อดูการยอมรับของผู้บริโภคของคอมบูชาในแต่ละชุดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2.2 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วยระหว่างกระบวนการหมัก**

หมักคอมบูชาจากชาดำ และกากเฉาก๊วย ดังวิธีข้างต้นที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 21 วัน เก็บตัวอย่างชาหมักปริมาตร 30 มิลลิลิตร ในวันที่ 0 7 14 และ 21 นำคอมบูชาจากแต่ละชุดการทดลอง ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เพื่อกำจัดเซลล์และสิ่งเจือปนออก จากนั้นนำส่วนใสมาวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ดังนี้

3.2.2.1 ค่าความเป็นกรด-เบส โดยใช้เครื่อง pH meter

3.2.2.2 ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) (AOAC., 2000)

เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต (KHP) ความเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ด้วยน้ำปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อทำการไทเทรตหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จากสูตร $C_{NaOH}V_{NaOH} = C_{KHP}V_{KHP}$ โดยทำ 3 ซ้ำ จากนั้นนำตัวอย่างปริมาตร 5 มิลลิลิตร เจือจางกับน้ำปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาตร 45 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ (2ซ้ำ) หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนความเข้มข้นร้อยละ 1 จำนวน 2-3 หยด เขย่าให้เข้ากัน นำมาไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในบิวเรต บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ทำให้สารละลายตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีชมพู (จุดยุติ) ตามสูตร

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก)} = \frac{C \times V \times M.W. \times 100}{1000 \times \text{ปริมาตรสารตัวอย่าง}}$$

โดยที่ C = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน NaOH (โมลต่อลิตร)

V = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต (มิลลิลิตร)

M.W. = มวลโมเลกุลของกรดอะซิติก มีค่าเท่ากับ 60.05 กรัม

3.2.2.3 ปริมาณเอทานอล

การวิเคราะห์ปริมาณเอทานอล ด้วยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี โดยใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นแก๊สพาหะ คอลัมน์ที่ใช้เป็นคอลัมน์ชนิด DB1 นำตัวอย่างในแต่ละวันปริมาตร 500 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลายมาตรฐานโพรพานอลความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยปริมาตรที่ผ่านการกรองฆ่าเชื้อปริมาตร 500 ไมโครลิตร จากนั้นฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี เพื่อทำการวิเคราะห์ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอทานอล บันทึกโครมาโตแกรม (Chromatogram) โดยใช้ซอฟแวร์ Lab Solution lite รายงานเป็นค่าร้อยละ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับกราฟมาตราฐานสารละลายมาตราฐานเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 4 6 8 10 และ12 โดยปริมาตร เพื่อคำนวณหาปริมาณเอทานอลในตัวอย่าง

3.2.2.4 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ด้วยวิธีฟีนอล-ซัลฟิวริก โดยดัดแปลงวิธีของ Zoecklein *et al.*, (1995) นำตัวอย่างที่ได้จากการปั่นเหวี่ยง 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสม ปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ขณะเดียวกันเตรียมสารไร้ตัวอย่าง (Blank) ด้วยโดยใช้น้ำกลั่นปริมาณเท่ากันแทนตัวอย่าง ผสมกับสารละลายฟีนอลความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลาย (Vortex mixer) ทิ้งไว้ 15 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยเปรียบเทียบกับความเข้มข้นที่ได้จากกราฟมาตรฐานน้ำตาลกลูโคสที่มีความเข้มข้นในช่วง 200, 400, 600, 800 และ 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เพื่อคำนวนหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในแต่ละตัวอย่าง

3.2.2.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolics content) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu โดยดัดแปลงวิธีของ Chidambara *et al.*, (2002) นำตัวอย่างชาหมักจากชาดำและกากเฉาก๊วยแต่ละอัตราส่วนมา 20 ไมโครลิตร ใส่ลงใน 96-well plate เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu phenol reagent ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร จำนวน 100 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 7.5 โดยปริมาตร จำนวน 80 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ทำการทดสอบตัวอย่างละ 4 ซ้ำ นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) จากกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานกรดแกลลิกที่มีความเข้มข้นในช่วง 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ยในรูปมิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อสารสกัด 1 มิลลิลิตร (mg gAE/mL sample)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร) = [ ( A760 – B ) / M ] * D

โดยที่ A760 คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร

B คือ จุดตัดแกน Y ของกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

M คือ ค่าความชันของกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

D คือ ค่าการเจือจางของตัวอย่าง

3.2.2.6 การวิเคราะห์กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Blois., 1958)

นำตัวอย่างปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ที่ละลายในเอทานอล 100 ไมโครลิตร บ่มในที่มืดอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที และวัดการลดลงของอนุมูลอิสระ DPPH ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ทำการคำนวณฤทธิ์ในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันตามสมการ ดังนี้

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

โดยที่ $A_{sample}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่เติมสารละลาย DPPH

$A_{blank}$ คือ เป็นค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างและน้ำกลั่น

$A_{control}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของเอทานอลที่เติมสารละลาย DPPH

ซึ่งค่ากิจกรรมในการดักจับอนุมูลอิสระหาได้จากการนำแต่ละตัวอย่างมาวิเคราะห์ทั้งหมด 4 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

3.2.2.7 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 5 Point Hedonic Scale

นำคอมบูชามากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 จากนั้นเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เพื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในชาหมัก จากนั้นนำชาหมักบรรจุขวดที่ฆ่าเชื้อโดยผ่านการลวกด้วยน้ำร้อน ปิดฝาขวดทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้การทดสอบความชอบด้วยวิธี 5 Point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน กำหนดให้คะแนนความชอบตั้งแต่ 1-5 คะแนน โดย 1 = ไม่ชอบที่สุด , 2 = ไม่ชอบ , 3 = เฉยๆ , 4 = ชอบมาก , 5 = ชอบมากที่สุด

คัดเลือกสูตรชาหมักคอมบูชาจากชุดการทดลองทั้ง 5 ชุดการทดลอง โดยพิจารณาจากชาหมักที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูง ร่วมกับคุณสมบัติทางเคมีและการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อนำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ชาหมักในการศึกษาหัวข้อต่อไป

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2.3 พัฒนาสูตรชาหมักคอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วย**

นำชาหมักคอมบูชาสูตรที่คัดเลือกได้ มาปรับปรุงให้มีรสชาติที่ดีขึ้น โดยใช้น้ำเฉาก๊วยหวานเป็นส่วนผสมเปรียบเทียบกับเครื่องดื่มชาหมักคอมบูชาทางการค้า เมื่อได้สูตรชาหมักคอมบูชาที่ผู้บริโภคยอมรับนำคอมบูชาที่ปรับปรุงรสชาติ มาวิเคราะห์ทางคุณภาพ ดังนี้

3.2.3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์คอมบูชาที่คัดเลือกได้

1. ค่าความเป็นกรด-เบส ด้วยเครื่องวัดพีเอช
2. ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) ด้วยการไทเทรต
3. ปริมาณเอทานอล ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ (GC)
4. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ด้วยวิธีฟีนอล-ซัลฟิวริก
5. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยวิธี Folin-Ciocaltue ด้วยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท
6. กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ด้วยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท

**3.2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ**

ในการทดลองวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) มีจำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) และวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ด้วย Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

# ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

## 4.1 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วยระหว่างกระบวนการหมัก

### 4.1.1 ค่าความเป็นกรด-เบส

จากการหมักคอมบูชา ทั้ง 5 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 คอมบูชาจากชาดำ ชุดการทดลองที่ 2 คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:0.6 ชุดการทดลองที่ 3 คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:0.9 ชุดการทดลองที่ 4 คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:1.2 และชุดการทดลองที่ 5 คอมบูชาจากกากเฉาก๊วย เป็นระยะเวลา 21 วัน ที่อุณหภูมิห้อง ทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ 7 วัน คือ วันที่ 0 7 14 และ 21 พบว่าค่าความเป็นกรด – เบส ของคอมบูชาแต่ละชุดการทดลองจะมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการหมัก แสดงดังตารางที่ 4.1 และ รูปที่ 4.1 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chimkrod and Ochaikul., (2019) ได้ศึกษาค่าความเป็นกรด – เบสของคอมบูชาจากชาอู่หลงและคอมบูชาจากกากเฉาก๊วย พบว่าค่าความเป็นกรด – เบส ของคอมบูชาแต่ละชุดการทดลองจะลดลงตามระยะเวลาการหมัก จะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรด – เบสเริ่มต้นของชุดการทดลองทั้ง 5 ชุด ค่าความเป็นกรด- เบสมีการลดลงและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คอมบูชาจากชาดำมีค่าความเป็นกรด – เบส ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น

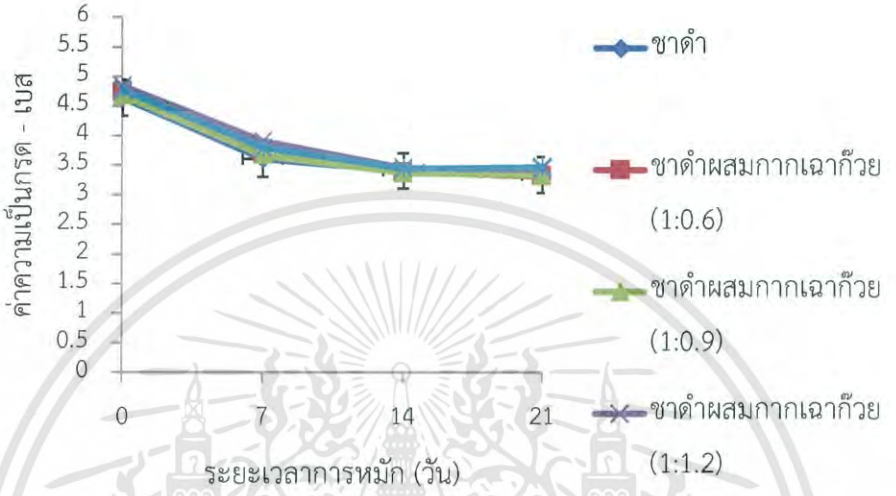
**ตารางที่ 4.1** ค่าความเป็นกรด-เบสของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน

| ระยะเวลาการหมัก (วัน) | ความเป็นกรด – เบส | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | |
| | 1.ชาดำ | 2.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 4.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 5.กากเฉาก๊วย |
| 0 | $4.64^{d} \pm 0.01$ | $4.73^{c} \pm 0.02$ | $4.77^{b} \pm 0.03$ | $4.81^{a} \pm 0.03$ | $4.75^{bc} \pm 0.02$ |
| 7 | $3.61^{d} \pm 0.03$ | $3.67^{c} \pm 0.03$ | $3.68^{c} \pm 0.02$ | $3.61^{a} \pm 0.03$ | $3.80^{b} \pm 0.03$ |
| 14 | $3.41^{ab} \pm 0.05$ | $3.38^{b} \pm 0.02$ | $3.37^{b} \pm 0.00$ | $3.46^{a} \pm 0.04$ | $3.47^{a} \pm 0.01$ |
| 21 | $3.34^{b} \pm 0.02$ | $3.32^{b} \pm 0.03$ | $3.34^{b} \pm 0.02$ | $3.44^{a} \pm 0.02$ | $3.45^{a} \pm 0.01$ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

- ค่าความเป็นกรด-เบส แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95




**รูปที่ 4.1** การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด – เบส ของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน

### 4.1.2 ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก)

จากการหมักคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วยทั้ง 5 ชุดการทดลองที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดของคอมบูชาแต่ละชุดการทดลองเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมักซึ่งสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรด-เบส ที่ลดลง จะเห็นได้ว่าในช่วงระยะเวลาการหมักเริ่มต้นปริมาณกรดทั้งหมดของแต่ละชุดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.05 ± 0.00 ถึง 0.08 ± 0.00 เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นในวันที่ 7 14 และ 21 ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้น ในวันที่ 7 มีค่าปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.25 ± 0.00 ถึง 0.37 ± 0.00 วันที่ 14 มีค่าปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.37 ± 0.05 ถึง 0.50 ± 0.05 และวันที่ 21 มีค่าปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.63 ± 0.05 ถึง 0.81 ± 0.05 คอมบูชาจากชาดำมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ และคอมบูชาจากกากเฉาก๊วย (ชุดการทดลองที่ 5) มีปริมาณกรดทั้งหมดต่ำสุด แสดงดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chakravorty *et al.*, (2016) ซึ่งได้ศึกษาการหมักคอมบูชาในระยะเวลาการหมัก 21 วัน พบว่าปริมาณกรดอะซิติกจะเพิ่มตามระยะเวลาของการหมักและสูงสุดในวันที่ 21 ซึ่งมีปริมาณกรดอะซิติกทั้งหมด 0.045 ±

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.002 โมลาร์ และงานวิจัยของ Chen and Liu (2000) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบหลักของสารเมตาบอไลท์ในชาระหว่างการหมักเป็นเวลานาน พบว่ากรดทั้งหมด (กรดอะซิติก) และกรดกลูโคนิกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการหมัก โดยกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ มีค่าสูงสุดที่ 1·1 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร หลังจากหมักเป็นเวลา 30 วัน

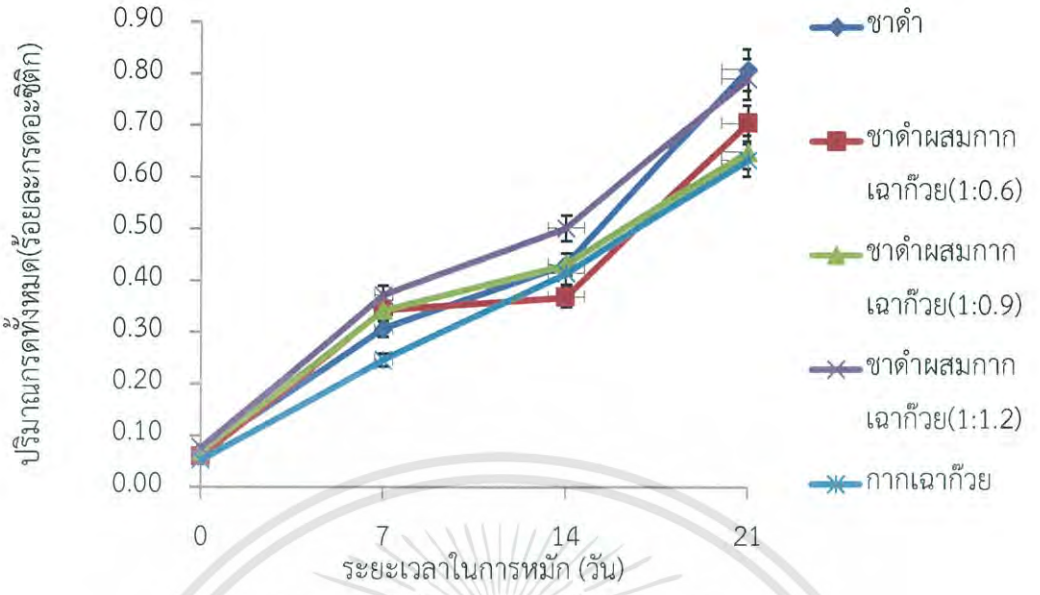
**ตารางที่ 4.2** ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) ของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน

| ระยะเวลาการหมัก (วัน) | ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | |
| | 1.ชาดำ | 2.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 4.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 5.กากเฉาก๊วย |
| 0 | $0.07^{a} \pm 0.00$ | $0.06^{b} \pm 0.00$ | $0.07^{a} \pm 0.01$ | $0.08^{a} \pm 0.00$ | $0.05^{b} \pm 0.00$ |
| 7 | $0.31^{c} \pm 0.00$ | $0.34^{b} \pm 0.01$ | $0.34^{b} \pm 0.00$ | $0.37^{a} \pm 0.00$ | $0.25^{d} \pm 0.00$ |
| 14 | $0.43^{ab} \pm 0.05$ | $0.37^{b} \pm 0.05$ | $0.43^{ab} \pm 0.02$ | $0.50^{a} \pm 0.05$ | $0.41^{b} \pm 0.02$ |
| 21 | $0.81^{a} \pm 0.05$ | $0.70^{b} \pm 0.01$ | $0.65^{b} \pm 0.05$ | $0.79^{a} \pm 0.04$ | $0.63^{b} \pm 0.05$ |

หมายเหตุ

- ค่าปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.2** การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) ของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน

### 4.1.3 ปริมาณเอทานอล

จากการหมักคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วยทั้ง 5 ชุดการทดลองที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่าปริมาณเอทานอลของคอมบูชาจากชาดำ และกากเฉาก๊วยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามระยะเวลาการหมัก ในวันสุดท้ายของการหมัก คอมบูชามีปริมาณเอทานอลอยู่ในช่วงร้อยละ 0.22 ± 0.00 ถึง 0.26 ± 0.02 แสดงดังตารางที่ 4.3 และ รูปที่ 4.3 ซึ่งมีปริมาณไม่เกินร้อยละ 0.5 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เลขที่ 162/25546 อีกทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gaggia *et at.*, (2018) ศึกษาทางจุลชีววิทยา เคมีและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระระหว่างคอมบูชาจากชาเขียว ชาดำและชารอย-บอส พบว่าในการหมักคอมบูชามีการเพิ่มขึ้นของปริมาณเอทานอลตามระยะเวลาการหมัก และ Talebi *et al.*, (2017) ได้ทำการตรวจสอบและศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเอทานอลของผลิตภัณฑ์คอมบูชาในท้องตลาด พบว่าเอทานอลเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาเก็บรักษา เก็บรักษาเป็นระยะเวลานานส่งผลให้ความเข้มข้นของเอทานอลสูงขึ้นในผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

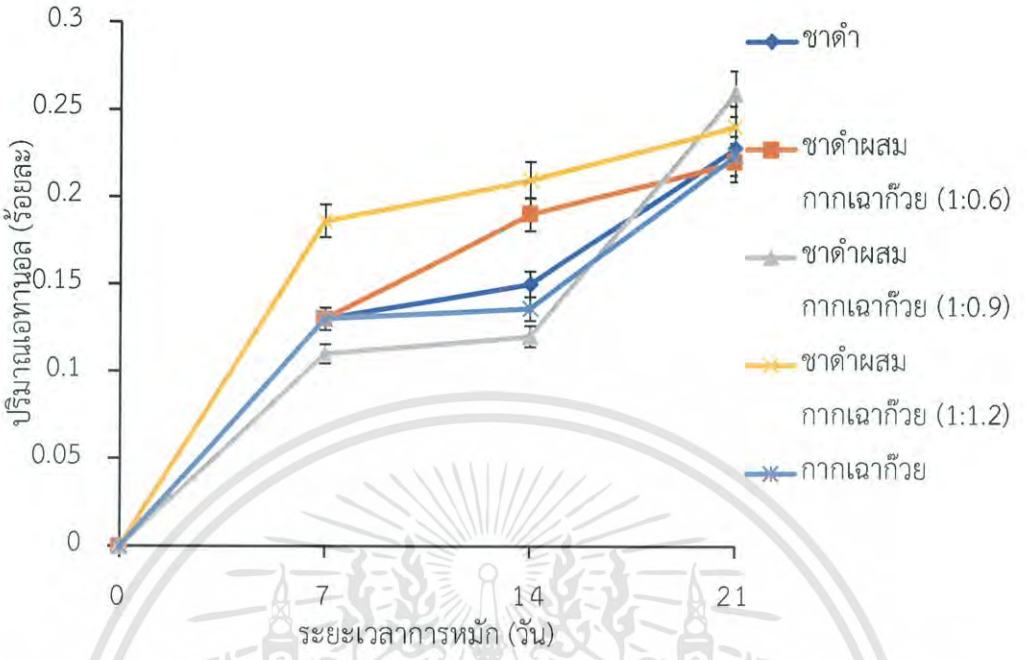
**ตารางที่ 4.3** ปริมาณเอทานอลของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน

| ระยะเวลาการหมัก (วัน) | ปริมาณเอทานอล (ร้อยละ) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | |
| | 1.ชาดำ | 2.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 4.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 5.กากเฉาก๊วย |
| 0 | $0.00^{a} \pm 0.00$ | $0.00^{a} \pm 0.00$ | $0.00^{a} \pm 0.00$ | $0.00^{a} \pm 0.00$ | $0.00^{a} \pm 0.00$ |
| 7 | $0.13^{a} \pm 0.01$ | $0.13^{a} \pm 0.02$ | $0.11^{a} \pm 0.02$ | $0.19^{a} \pm 0.08$ | $0.13^{a} \pm 0.03$ |
| 14 | $0.15^{a} \pm 0.04$ | $0.19^{a} \pm 0.04$ | $0.12^{a} \pm 0.03$ | $0.21^{a} \pm 0.01$ | $0.14^{a} \pm 0.12$ |
| 21 | $0.23^{a} \pm 0.05$ | $0.22^{a} \pm 0.06$ | $0.26^{a} \pm 0.02$ | $0.24^{a} \pm 0.01$ | $0.22^{a} \pm 0.00$ |

หมายเหตุ

- ค่าปริมาณเอทานอล แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.3** การเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทานอลของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน

### 4.1.4 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

จากการหมักคอมบูชาจากชาดำ และกากเฉาก๊วย พบว่า มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเริ่มต้นในการหมักอยู่ในช่วง 146.82 ± 4.14 ถึง 173.75 ± 2.08 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร หลังจากนั้นพบว่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการหมักในวันที่ 21 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 85.85 ± 1.66 ถึง 130.01 ± 4.41 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4 Sievers *et al.,* (1995) ได้ศึกษาเกี่ยวกับจุลินทรีย์และสมดุลการหมักในเครื่องดื่มคอมบูชา รายงานว่ายีสต์เปลี่ยนน้ำตาลซูโครสไปเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส เพื่อใช้ฟรุกโตสในการผลิตเอทานอล และแบคทีเรียที่ผลิตกรดแอซิติกมีการใช้น้ำตาลกลูโคสในการผลิตกรดกลูโคนิก (Yurkevich and Kuty-Shenko, 1998) ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงในระหว่างกระบวนการหมักคอมบูชา และจากการศึกษาโดยใช้น้ำตาลทรายแดงความเข้มข้นร้อยละ 10 พบว่ามีน้ำตาลเริ่มต้นในวันที่ 0 เกินกว่าร้อยละ 10 เป็นสาเหตุมาจากการต้มน้ำจนเดือด ส่งผลให้ปริมาตรน้ำลดลง เมื่อเติมน้ำตาลทรายแดงน้ำตาลจึงมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

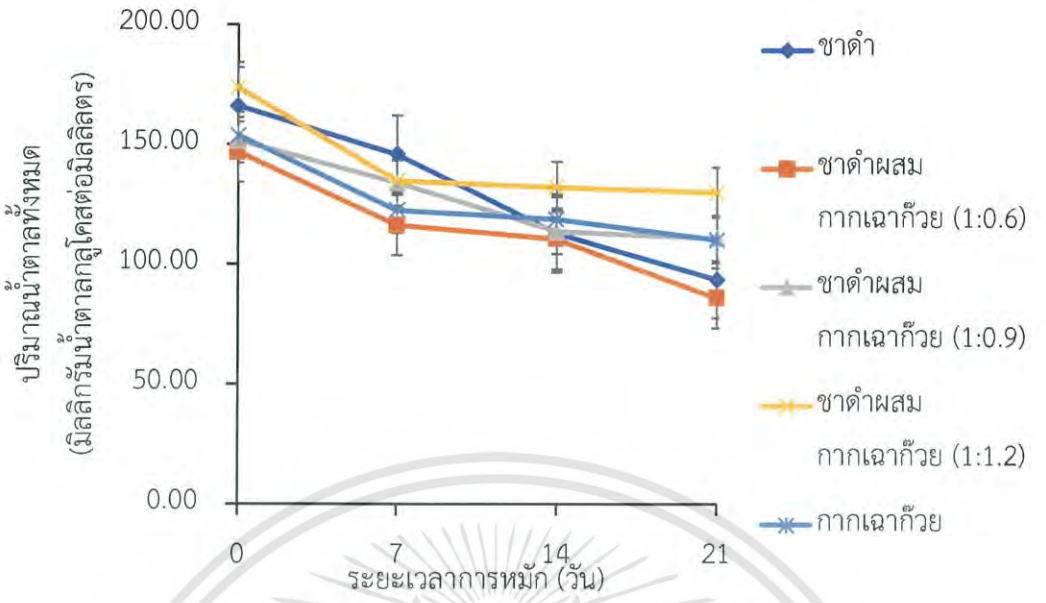
**ตารางที่ 4.4** ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน

| ระยะเวลาการหมัก (วัน) | ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคสต่อมิลลิลิตร) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | |
| | 1.ชาดำ | 2.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 4.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 5.กากเฉาก๊วย |
| 0 | $165.92^{a} \pm 3.86$ | $146.82^{a} \pm 4.14$ | $151.73^{a} \pm 0.63$ | $173.75^{a} \pm 2.08$ | $153.73^{a} \pm 1.80$ |
| 7 | $145.85^{a} \pm 11.51$ | $116.25^{a} \pm 0.62$ | $133.89^{a} \pm 4.57$ | $134.83^{a} \pm 0.88$ | $122.54^{a} \pm 1.16$ |
| 14 | $112.87^{a} \pm 6.75$ | $110.95^{a} \pm 11.71$ | $113.73^{a} \pm 6.34$ | $132.29^{a} \pm 0.81$ | $118.62^{a} \pm 0.90$ |
| 21 | $93.66^{a} \pm 11.08$ | $85.85^{a} \pm 1.66$ | $110.83^{a} \pm 0.27$ | $130.01^{a} \pm 4.41$ | $110.19^{a} \pm 0.33$ |

หมายเหตุ

- ค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.4** การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน

**4.1.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด**

จากการหมักคอมบูชาจากชาดำ และกากเฉาก๊วย พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของคอมบูชาจากชาดำ และกากเฉาก๊วย จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมักจนถึงวันที่ 14 หลังจากนั้น มีปริมาณลดลงในวันที่ 21 โดยคอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:1.2 (ชุดการทดลองที่ 4) ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีค่าทั้งหมดสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ มีค่าเท่ากับ 0.56 ± 0.01, 0.56 ± 0.01, 0.58 ± 0.03 และ 0.47 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในวันที่ 0 7 14 และ 21 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.5 และ รูปที่ 4.5

จากรายงานของ Gaggie *et al.*, (2019) ที่ศึกษาคอมบูชาจากชาเขียว ชาดำ และชารอยบอส พบว่าโพลีฟีนอลในคอมบูชามีค่าเพิ่มขึ้นระหว่างการหมักในวันที่ 0-7 และลดลงในวันที่ 14 ในทุกชุดการทดลอง โดยมีปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระยะเวลาการหมัก อุณหภูมิ คุณภาพของชา ความเข้มข้นของน้ำตาล และการเปลี่ยนแปลงของพวกจุลินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมัก โดยเฉพาะคุณภาพของชา และสารประกอบต่างๆที่อยู่ในชาแต่ละชนิด ฤดูกาล ช่วงอายุของชาที่ทำการเก็บ และสภาพภูมิอากาศ และ Jayabalan *et al.*, (2007) ได้ศึกษาปริมาณโพลีฟีนอลในชาเขียว ชาดำ และกากชา ได้รายงานว่ามีความเป็นไปได้ที่ยีสต์และแบคทีเรียในคอมบูชาปล่อยเอนไซม์บางอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกมา จึงทำให้เกิดการย่อยสลายทางชีวภาพของสาร Theaflavin และ Thearubigin ที่อยู่ในชาดำ และกากชา มีผลทำให้ปริมาณฟีนอลิกลดลง

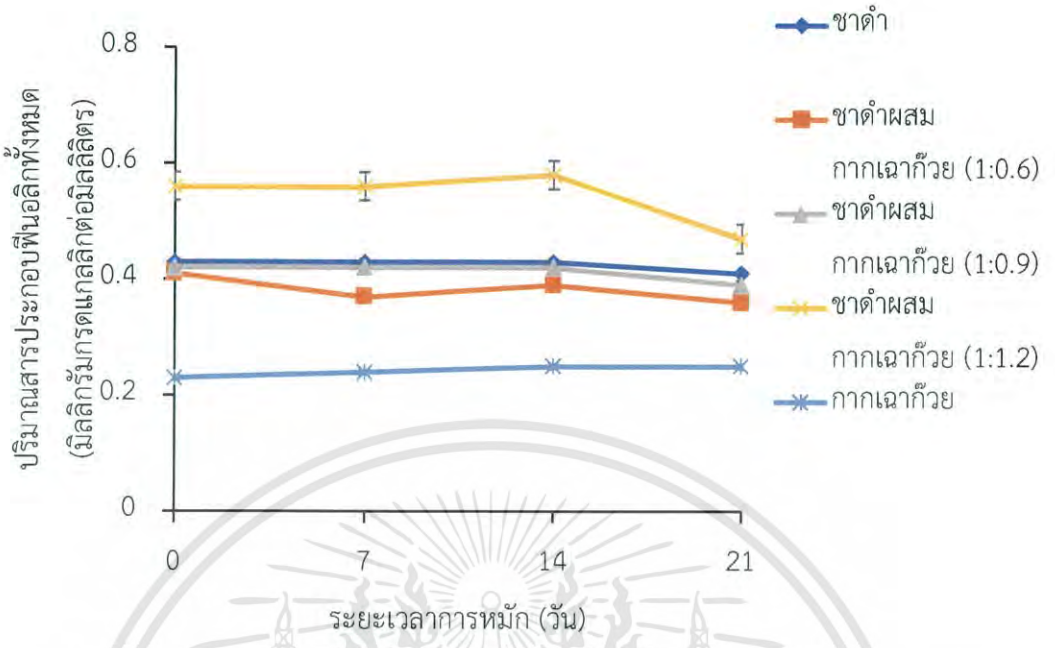
**ตารางที่ 4.5** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน

| ระยะเวลาการหมัก (วัน) | ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร) ชุดการทดลอง | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1.ชาดำ | 2.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 4.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 5.กากเฉาก๊วย |
| 0 | $0.43^{ab} \pm 0.02$ | $0.41^{ab} \pm 0.02$ | $0.42^{ab} \pm 0.00$ | $0.56^{a} \pm 0.01$ | $0.23^{b} \pm 0.00$ |
| 7 | $0.43^{a} \pm 0.00$ | $0.37^{a} \pm 0.00$ | $0.42^{a} \pm 0.00$ | $0.56^{a} \pm 0.01$ | $0.24^{a} \pm 0.00$ |
| 14 | $0.43^{b} \pm 0.01$ | $0.39^{c} \pm 0.00$ | $0.42^{bc} \pm 0.01$ | $0.58^{a} \pm 0.03$ | $0.25^{d} \pm 0.01$ |
| 21 | $0.41^{ab} \pm 0.01$ | $0.36^{ab} \pm 0.01$ | $0.39^{b} \pm 0.00$ | $0.47^{a} \pm 0.03$ | $0.25^{b} \pm 0.01$ |

หมายเหตุ

- ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.5** การเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน

### 4.1.6 การวิเคราะห์กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

จากการหมักคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย เป็นเวลา 21 วัน พบว่าค่าการดักจับอนุมูลอิสระค่อยๆเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก โดยคอมบูชาจากชาดำ (ชุดการทดลองที่1) มีกิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเพิ่มจากร้อยละ 93.80 เป็น 96.03 คอมบูชาจากกากเฉาก๊วย (ชุดการทดลองที่ 5 ) มีกิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเพิ่มจากร้อยละ 94.09 เป็น 97.55 คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยที่อัตราส่วน 1:0.6 (ชุดการทดลองที่ 2 ) มีกิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเพิ่มจากร้อยละ 92.97 เป็น 96.51 คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยที่อัตราส่วน 1:0.9 (ชุดการทดลองที่ 3) มีกิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเพิ่มจากร้อยละ 94.08 เป็น 97.32 และคอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยที่อัตราส่วน 1:1.2 (ชุดการทดลองที่ 4 ) มีกิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเพิ่มจากร้อยละ 94.34 เป็น 97.16 ในวันที่ 21 จะเห็นได้ชัดว่าค่าการดักจับอนุมูลอิสระของคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยมีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับทุกชุดการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับ Danchai *et al.*, (2013) ได้รายงานว่าเฉาก๊วยมีสารประกอบฟีนอลิก และกรดยูโซริกในปริมาณสูงทำให้เฉาก๊วยมีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น มีสารต้านอนุมูลอิสระ ลดระดับน้ำตาลในเลือด และช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน Chu and Chen (2006) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมการต้านอนุมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิสระของคอมบูชาจากชา พบว่าค่าการดักจับอนุมูลอิสระที่สูงสุดจะอยู่ในช่วง 14 – 15 วัน เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าคอมบูชาจากทั้ง 5 ชุดการทดลอง ค่าการดักจับอนุมูลอิสระไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงดังตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.6

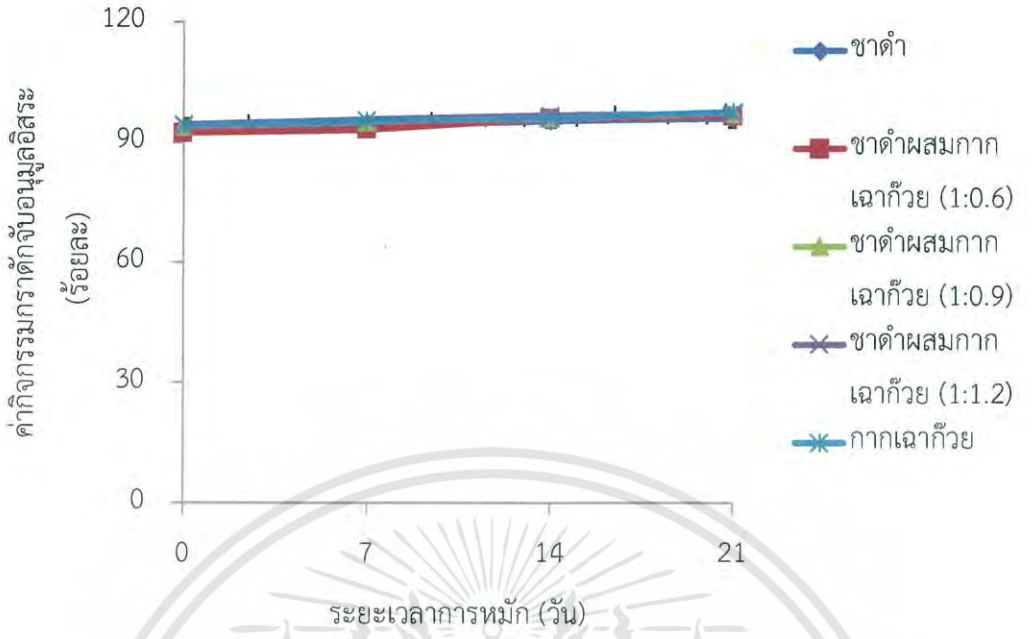
**ตารางที่ 4.6** กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 21 วัน

| ระยะเวลาการหมัก (วัน) | กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | |
| | 1.ชาดำ | 2.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 4.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 5.กากเฉาก๊วย |
| 0 | $93.84^{a} \pm 2.03$ | $92.97^{a} \pm 1.46$ | $94.08^{a} \pm 2.93$ | $94.34^{a} \pm 1.20$ | $94.09^{a} \pm 0.87$ |
| 7 | $94.14^{ab} \pm 0.83$ | $93.14^{b} \pm 1.79$ | $95.19^{ab} \pm 0.92$ | $95.63^{a} \pm 1.32$ | $95.38^{ab} \pm 1.02$ |
| 14 | $95.41^{a} \pm 0.26$ | $95.92^{a} \pm 0.23$ | $96.22^{a} \pm 0.65$ | $96.75^{a} \pm 2.63$ | $96.04^{a} \pm 0.89$ |
| 21 | $96.03^{a} \pm 1.01$ | $96.51^{a} \pm 2.54$ | $97.32^{a} \pm 1.40$ | $97.16^{a} \pm 0.56$ | $97.55^{a} \pm 2.46$ |

หมายเหตุ

- ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.6** การเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมัก เป็นระยะเวลา 21 วัน

**4.1.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาจากชาดำ และกากเฉาก๊วย**

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาแต่ละชุดการทดลองในวันที่ 7 และ 14 โดยทดสอบสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ได้ผลดังนี้

4.1.7.1 สี

เมื่อพิจารณาความชอบด้านสีของคอมบูชาทั้ง 5 ชุดการทดลอง พบว่า คอมบูชาจากกากเฉาก๊วย (ชุดการทดลองที่ 5) หมักเป็นเวลา 7 วัน มีคะแนนความชอบสูงกว่าคอมบูชาจากชุดการทดลองอื่น และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น คอมบูชาจะมีความขุ่นมากขึ้น ทำให้คะแนนความชอบด้านสีมีค่าลดลง โดยวันที่ 14 คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วย 1:0.9 (ชุดการทดลองที่ 3 ) มีคะแนนความชอบด้านสีสูงกว่าชุดการทดลองอื่น รองลงมาเป็นคอมบูชาชุดการทดลองที่ 5 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.7 และ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7.2 กลิ่น

คอมบูชาจากกากเฉาก๊วย (ชุดการทดลองที่ 5) หมักเป็นเวลา 7 และ 14 วัน มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงกว่าคอมบูชาจากชุดการทดลองอื่น โดยมีกลิ่นที่ดี ได้กลิ่นของเฉาก๊วย สำหรับชุดการทดลองที่ 1-4 มีกลิ่นกรดและแทบไม่มีกลิ่นเฉาก๊วยเหลืออยู่ แสดงดังตารางที่ 4.7 และ 4.8

4.1.7.3 รสชาติ

คอมบูชาจากกากเฉาก๊วย (ชุดการทดลองที่ 5) หมักเป็นเวลา 7 วัน มีคะแนนความชอบ 3.17 ± 0.79 สูงกว่าคอมบูชาจากชุดการทดลองอื่น เมื่อหมักนานขึ้นเป็นเป็นเวลา 14 วัน คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยในอัตราส่วน 1:1.2 (ชุดการทดลองที่ 4) มีคะแนนความชอบสูง 3.33 ± 0.99 รองลงมาเป็นคอมบูชาจากกากเฉาก๊วย (ชุดการทดลองที่ 5) 3.13 ± 0.90 แสดงดังตารางที่ 4.7 และ 4.8

4.1.7.4 ความชอบโดยรวม

คอมบูชาจากกากเฉาก๊วย (ชุดการทดลองที่ 5) หมักเป็นเวลา 7 วัน ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ขณะที่คอมบูชาที่หมักเป็นเวลา 14 วัน คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยในอัตราส่วน 1:1.2 (ชุดการทดลองที่ 4) และคอมบูชาจากกากเฉาก๊วย (ชุดการทดลองที่ 5) ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าชุดการทดลองอื่นตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.7 และ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.7** การทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย หมักนาน 7 วัน

| การทดสอบทางประสาทสัมผัส | ชุดการทดลอง | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1.ชาดำ | 2.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 4.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 5.กากเฉาก๊วย |
| สี | $3.43^{a} \pm 0.68$ | $3.47^{a} \pm 0.86$ | $3.47^{a} \pm 0.68$ | $3.40^{a} \pm 0.72$ | $3.67^{a} \pm 0.66$ |
| กลิ่น | $2.93^{a} \pm 1.05$ | $2.83^{a} \pm 0.91$ | $3.00^{a} \pm 0.87$ | $3.10^{a} \pm 0.84$ | $3.10^{a} \pm 0.92$ |
| รสชาติ | $2.80^{a} \pm 0.96$ | $2.87^{a} \pm 0.86$ | $2.73^{a} \pm 0.98$ | $3.07^{a} \pm 0.83$ | $3.17^{a} \pm 0.79$ |
| ความชอบโดยรวม | $2.90^{a} \pm 0.92$ | $2.93^{a} \pm 0.94$ | $3.00^{a} \pm 0.87$ | $3.03^{a} \pm 0.93$ | $3.27^{a} \pm 0.91$ |

หมายเหตุ

- คะแนนความพึงพอใจในการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 30 ซ้ำ
- ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ตารางที่ 4.8** การทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย หมักนาน 14 วัน

| การทดสอบทางประสาทสัมผัส | ชุดการทดลอง | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1.ชาดำ | 2.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 4.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 5.กากเฉาก๊วย |
| สี | $3.20^{a} \pm 0.71$ | $3.43^{a} \pm 0.57$ | $3.50^{a} \pm 0.57$ | $3.37^{a} \pm 0.85$ | $3.43^{a} \pm 0.68$ |
| กลิ่น | $2.63^{b} \pm 0.81$ | $2.93^{ab} \pm 0.52$ | $3.03^{ab} \pm 0.81$ | $3.00^{ab} \pm 1.17$ | $3.13^{a} \pm 0.68$ |
| รสชาติ | $2.43^{c} \pm 1.07$ | $2.73^{bc} \pm 0.91$ | $3.03^{ab} \pm 1.13$ | $3.33^{a} \pm 0.99$ | $3.13^{ab} \pm 0.90$ |
| ความชอบโดยรวม | $2.60^{b} \pm 0.89$ | $3.00^{ab} \pm 0.53$ | $3.13^{a} \pm 0.73$ | $3.37^{a} \pm 1.03$ | $3.17^{a} \pm 0.70$ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

- คะแนนความพึงพอใจในการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 30 ซ้ำ
- ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของคอมบูชาจากการหมักชาดำ และกากเฉาก๊วย โดยทำการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด รวมทั้งการทดสอบทางประสาทสัมผัสในคอมบูชาแต่ละชุดการทดลอง พบว่าคอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วย อัตราส่วน 1:1.2 (ชุดการทดลองที่ 4 ) หมักระยะเวลา 14 วัน มีคะแนนความชอบ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระสูงกว่าคอมบูชาชุดการทดลองอื่น และคอมบูชาจากกากเฉาก๊วย (ชุดการทดลองที่ 5) หมักเป็นเวลา 14 วัน มีคะแนนความชอบรองลงมา ในการศึกษาครั้งนี้มีการนำกากเฉาก๊วยมาใช้เป็นวัตถุดิบหลัก อีกทั้งยังนำมาใช้ร่วมกับชาดำในการหมักคอมบูชา เพื่อต้องการคอมบูชาที่มีกลิ่นรสที่แปลกใหม่ มีประโยชน์ต่อสุขภาพและแตกต่างจากคอมบูชาดั้งเดิมซึ่งใช้เพียงชาดำหมักอย่างเดียว ดังนั้น จึงได้คัดเลือกคอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:1.2 และคอมบูชาจากกากเฉาก๊วย หมักระยะเวลา 14 วัน มาปรับปรุงให้มีรสชาติที่ดีขึ้น โดยใช้น้ำเฉาก๊วยหวานเป็นส่วนผสมเปรียบเทียบกับเครื่องดื่มคอมบูชาทางการค้า

**4.1.8 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากกากเฉาก๊วย ที่ได้ปรับปรุงรสชาติ**

หมักคอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:1.2 และคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยอย่างเดียว เป็นเวลา 14 วัน ทำการปรับปรุงรสชาติด้วยน้ำเฉาก๊วยหวานความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยผสมคอมบูชาแต่ละชุดการทดลองกับน้ำเฉาก๊วยหวานในอัตราส่วน 1:1 กรองคอมบูชาที่ได้ด้วยผ้าขาวบางที่ผ่านการฆ่าเชื้อ และกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เพื่อกรองตะกอนออกอีกครั้ง จากนั้นเติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 โดยปริมาตร บรรจุขวดที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการทดสอบทางประสามสัมผัสโดยเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์คอมบูชาทางการค้า คัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับมากที่สุด จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.8.1 สี

เมื่อพิจารณาความชอบด้านสีของคอมบูชาที่ได้รับการปรับปรุงรสชาติ พบว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วย มีคะแนนความชอบสูงกว่าคอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วย อัตราส่วน 1:1.2 และคอมบูชาทางการค้า ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยมีความแตกต่างทางสถิติ ($p< 0.05$) กับคอมบูชาอื่น แสดงดังตารางที่ 4.9

4.1.8.2 กลิ่น

เมื่อพิจารณาความชอบด้านกลิ่นของคอมบูชาที่ได้รับการปรับปรุงรสชาติ พบว่าคอมบูชาจากชาดำผสมเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:1.2 มีคะแนนความชอบสูงกว่าคอมบูชาทางการค้า เนื่องจากคอมบูชาทางการค้ามีกลิ่นหมักที่แรงเกินไป ทำให้ผู้ทดสอบไม่ชอบ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับคอมบูชาจากกากเฉาก๊วย และคอมบูชาทางการค้า แสดงดังตารางที่ 4.9

4.1.8.3 รสชาติ

เมื่อพิจารณารสชาติของคอมบูชาที่ได้รับการปรับปรุงรสชาติ พบว่าคอมบูชาที่มีคะแนนความชอบด้านรสชาติสูงสุดคือ คอมบูชาจากกากเฉาก๊วย เนื่องจากมีรสชาติหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย โดยมีคะแนนความชอบสูงกว่าคอมบูชาจากชาดำผสมกากกเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:1.2 ที่มีรสเปรี้ยว ซ่าเล็กน้อย และคอมบูชาทางการค้า ที่มีรสชาติเปรี้ยวเกินไป เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยมีความคะแนนความชอบด้านรสชาติแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) กับคอมบูชาชนิดอื่น แสดงดังตารางที่ 4.9

4.1.8.4 ความชอบโดยรวม

เมื่อพิจารณาความชอบโดยรวมของคอมบูชาที่ได้รับการปรับปรุงรสชาติ พบว่าคอมบูชาที่คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดคือ คอมบูชาจากกากเฉาก๊วย โดยมีรสชาติกลมกล่อม หวาน ดื่มง่าย และได้กลิ่นเฉาก๊วยชัดเจน เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยมีความคะแนนความชอบโดยรวมแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) กับคอมบูชาชนิดอื่น แสดงดังตารางที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.9** ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากกากเฉาก๊วย ชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:1.2 ที่ได้รับการปรับปรุงรสชาติและคอมบูชาทางการค้า

| การทดสอบทางประสาทสัมผัส | ผลิตภัณฑ์คอมบูชา | | |
|---|---|---|---|
| | คอมบูชาจากกากเฉาก๊วย | คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | คอมบูชาทางการค้า |
| สี | $4.10^{a} \pm 0.66$ | $3.23^{b} \pm 0.63$ | $2.90^{b} \pm 1.16$ |
| กลิ่น | $3.67^{a} \pm 0.76$ | $4.27^{a} \pm 5.49$ | $3.53^{a} \pm 1.07$ |
| รสชาติ | $4.03^{a} \pm 0.93$ | $3.17^{b} \pm 0.83$ | $3.17^{b} \pm 1.12$ |
| ความชอบโดยรวม | $4.07^{a} \pm 0.74$ | $3.20^{b} \pm 0.81$ | $3.17^{b} \pm 0.99$ |

หมายเหตุ

- คะแนนความพึงพอใจในการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 30 ซ้ำ
- ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าคอมบูชาที่นำมาปรับปรุงรสชาติและได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ คอมบูชาจากกากเฉาก๊วย โดยได้รับการยอมรับสูงกว่าคอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:1.2 และคอมบูชาทางการค้า ตามลำดับ

ดังนั้น จึงนำคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่ได้รับการปรับปรุงรสชาติวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-เบส และปริมาณเอทานอล โดยเปรียบเทียบกับคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยก่อนนำมาปรับปรุงรสชาติ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติด้านต่างๆ

## 4.2 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์คอมบูชาที่คัดเลือกได้

### 4.2.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบส

จากการวิเคราะห์ พบว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่ได้รับการปรับปรุงรสชาติมีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 3.48 โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้รับการปรับปรุงรสชาติที่มีค่าเท่ากับ 3.47 เนื่องมาจากมีการปรับปรุงด้วยน้ำเฉาก๊วยหวาน ที่ส่งผลให้ค่าความเป็นเบสเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4.10

**4.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก)**

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด พบว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่ปรับปรุงรสชาติมีค่าปริมาณกรดทั้งหมด เท่ากับร้อยละ 0.24 ซึ่งพบว่ามีค่าลดลง เมื่อเทียบกับคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยก่อนปรับปรุงรสชาติที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.41 เนื่องจากมีการเจือจางด้วยด้วยน้ำเฉาก๊วยหวาน จึงทำให้ความเป็นกรดลดลง ดังตารางที่ 4.10

**4.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณเอทานอล**

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณเอทานอล พบว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่ปรับปรุงรสชาติมีปริมาณเอทานอล เท่ากับร้อยละ 0.10 ซึ่งพบว่ามีค่าลดลง เมื่อเทียบกับคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยก่อนปรับปรุงรสชาติที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.14 ดังตารางที่ 4.10

**4.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด**

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด พบว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่ปรับปรุงรสชาติมีปริมาณน้ำตาล เท่ากับ 130.06 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยก่อนปรับปรุงรสชาติที่มีค่าเท่ากับ 99.61 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เนื่องจากมีปรับปรุงด้วยน้ำเฉาก๊วยหวาน ที่มีน้ำตาลความเข้มข้นร้อยละ 10 จึงทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4.10

**4.2.5 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด**

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด พบว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่ปรับปรุงรสชาติมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 0.31 มิลลิกรัมกรดแกล-ลิกต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยก่อนปรับปรุงรสชาติที่มีค่าเท่ากับ 0.25 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร เนื่องจากมีปรับปรุงด้วยน้ำเฉาก๊วยหวานที่ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูง จึงทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด มีค่าเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.6 การวิเคราะห์กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ

จากผลการวิเคราะห์กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ พบว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่ปรับปรุงรสชาติมีค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ เท่ากับร้อยละ 99.14 ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยก่อนปรับปรุงรสชาติที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 96.04 ดังตารางที่ 4.10

**ตารางที่ 4.10** ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณภาพของคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยก่อนปรับปรุงรสชาติและคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่ได้ปรับปรุงรสชาติ

| คุณภาพของคอมบูชา | คอมบูชาก่อนปรับปรุงรสชาติ | คอมบูชาหลังปรับปรุงรสชาติ |
|---|---|---|
| ค่าความเป็นกรด-เบส | 3.47 ± 0.01 | 3.48 ± 0.02 |
| ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) | 0.41 ± 0.02 | 0.24 ± 0.00 |
| เอทานอล (ร้อยละ) | 0.14 ± 0.12 | 0.10 ± 0.00 |
| ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (mg GLU/ml) | 99.61 ± 14.64 | 130.06 ± 0.00 |
| ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg gAE/ml) | 0.25 ± 0.01 | 0.31 ± 0.01 |
| กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ | 96.04 ± 0.89 | 99.14 ± 0.55 |

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยภายหลังการปรับปรุงรสชาติมีคุณภาพที่สูงกว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยก่อนปรับปรุงรสชาติ เช่น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ ทำให้คอมบูชาจากกากเฉาก๊วยภายหลังการปรับปรุงรสชาติมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการหมักคอมบูชาโดยใช้ชาดำหมักร่วมกับกากเฉาก๊วย ซึ่งแบ่งเป็น 5 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 คอมบูชาจากชาดำ ชุดการทดลองที่ 2 คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วย อัตราส่วน 1:0.6 ชุดการทดลองที่ 3 คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:0.9 ชุดการทดลองที่ 4 คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:1.2 และชุดการทดลองที่ 5 คอมบูชาจากกากเฉาก๊วย หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 21 วัน เก็บตัวอย่างวันที่ 0 7 14 และ 21 เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางเคมี และเก็บตัวอย่างวันที่ 7 และ 14 เพื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 5 Point Hedonic Scale พบว่า คอมบูชาทุกชุดการทดลองมีค่าความเป็นกรด-เบสลดลงอย่างเห็นได้ชัดระหว่างวันที่ 0 – 7 ในวันสุดท้ายของการหมัก (วันที่ 21) พบว่าคอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:0.6 มีค่าความเป็นกรด-เบสต่ำที่สุด 3.32 ± 0.03 ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-เบสของคอมบูชาจากชาดำ คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:0.9 คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:1.2 และคอมบูชาจากกากเฉาก๊วย มีค่า 3.34 ± 0.02 3.34 ± 0.02 3.44 ± 0.02 และ 3.45 ± 0.01 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) ของทุกชุดการทดลองนั้นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมักอย่างเห็นได้ชัด โดยปริมาณกรดทั้งหมดที่มีค่าสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 0.81 ± 0.05 คือ คอมบูชาจากชาดำ ขณะที่คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:1.2 คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:0.6 คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:0.9 และคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยมีปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ที่ร้อยละ 0.70 ± 0.01 0.65 ± 0.05 และ 0.63 ± 0.05 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงปริมาณของเอทานอล พบว่าวันเริ่มต้นการหมักยังไม่มีปริมาณเอทานอล เนื่องจากยังไม่เกิดกระบวนการหมัก จากนั้นเมื่อถึงระยะการหมักในช่วงวันที่ 7 – 21 พบว่า เอทานอลมีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาการหมัก โดยคอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วนร้อยละ 1:0.9 มีปริมาณเอทานอลสูงสุดของการหมักในวันที่ 21 คือ 0.26 ± 0.02 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด พบว่า ลดลงเรื่อยๆตามระยะเวลาการหมัก การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด พบว่าจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในทุกชุดการทดลองระหว่างการหมักที่ 0 – 14 วัน โดยคอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:1.2 ในวันที่ 14 มีปริมาณฟีนอลิกสูงสุดคือ 0.58 ± 0.03 และทุกชุดการทดลองจะมีปริมาณฟีนอลิกลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวันสุดท้ายของการหมัก ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่า ทุกชุดการทดลองมีค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาการหมัก โดยคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยมีค่าสูงสุดที่ร้อยละ 97.55 ± 2.46 ในวันสุดท้ายของการหมัก

เมื่อทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 ชุดการทดลอง พบว่า คอมบูชาที่คะแนนความชอบสูงสุดคือ คอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:1.2 ที่หมักเป็นเวลา 14 วัน และคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่หมักเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นเมื่อดูค่าการวิเคราะห์ทางเคมีควบคู่ไปด้วย จึงทำการเลือกคอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:1.2 หมัก 14 วันเนื่องจากมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระสูงกว่าคอมบูชาชุดการทดลองอื่น และเลือกคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยหมัก 14 วัน เนื่องจากมีปริมาณฟีนอลิก กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระและมีคะแนนความชอบที่รองลงมา และเนื่องจากในการศึกษานี้ต้องการศึกษาวัตถุดิบจากกากเฉาก๊วยเป็นหลักเพื่อให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ จึงได้คัดเลือกคอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วย และคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่ผ่านการหมักเป็นระยะเวลา 14 วัน นำมาปรับปรุงและพัฒนาให้มีรสชาติที่ดีขึ้น โดยใช้น้ำเฉาก๊วยหวานเป็นส่วนผสมเปรียบเทียบกับเครื่องดื่มชาหมักคอมบูชาทางการค้า

ภายหลังการปรับปรุงรสชาติ พบว่า คอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่ผสมน้ำเฉาก๊วยหวานในอัตราส่วน 1:1 มีรสชาติที่กลมกล่อม หวาน ดื่มง่าย กลิ่นเฉาก๊วยชัดเจน และได้คะแนนการยอมรับสูงกว่าคอมบูชาจากชาดำผสมกากเฉาก๊วยอัตราส่วน 1:1.2 และคอมบูชาทางการค้า จากนั้นนำคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่ปรับปรุงสูตรแล้วมาวิเคราะห์คุณภาพอีกครั้ง และนำไปเปรียบเทียบกับคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยก่อนนำมาปรับปรุงรสชาติ พบว่า ค่าความเป็นกรด-เบสของคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่ได้รับการปรับปรุงรสชาติ และคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยก่อนปรับปรุงรสชาติมีค่า 3.48 ± 0.02 และ 3.47 ± 0.01 ตามลำดับ ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) พบว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่ปรับปรุงรสชาติ และคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยก่อนปรับปรุงรสชาติมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.24 ± 0.00 และ 0.41 ± 0.02 ตามลำดับ ปริมาณเอทานอลในคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่ปรับปรุงรสชาติ พบว่ามีปริมาณเอทานอลน้อยกว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยก่อนปรับปรุงรสชาติ คือร้อยละ 0.10 ± 0.00 และ 0.14 ± 0.12 ตามลำดับ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด พบว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่ปรับปรุงรสชาติ และคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยก่อนปรับปรุงรสชาติ คือ 130.06 ± 0.00 และ 99.61 ± 14.64 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด พบว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่ทำการปรับปรุงรสชาติมีค่ามากกว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยก่อนปรับปรุงรสชาติเท่ากับ 0.31 ± 0.01 และ 0.25 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า คอมบูชาจากกากเฉาก๊วยที่ทำการปรับปรุงรสชาติมีค่ามากกว่าคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยก่อนปรับปรุงรสชาติคือ 99.41 ± 0.55 และ 96.04 ± 0.89 ตามลำดับ

ดังนั้นจากการศึกษาในครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าการหมักคอมบูชาจากกากเฉาก๊วยเป็นเวลา 14 วัน และนำมาปรับปรุงรสชาติโดยใช้น้ำเฉาก๊วยหวานในอัตราส่วน 1:1 จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์คอมบูชาที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ค่าการดักจับอนุมูลอิสระที่สูงขึ้น และได้รสชาติของคอมบูชาที่แปลกใหม่กว่าเดิมโดยมีกลิ่นรสเฉาก๊วยผสมด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ นิยมวิทย์ และ สุวรรณี สินไสววงศ์. 2535. "องค์ประกอบและการละลายของเฉาก๊วยผงและการเตรียมเจล." งานวิจัย. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พาณี ศิริอาด, สุรพล นธการกิจกุล, สกุณณี บวรสมบัติ, ฉัตรชัย กิติพรชัย และ ยิ่งมณี ตระกูลพัว. 2556. "การพัฒนาเครื่องดื่มชาหมักชีวภาพ." รายงานฉบับสมบูรณ์. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. กระทรวงอุตสาหกรรม.

ฤดีวรรณ ตั้งประดิษฐ์. 2546. "การศึกษาสารประกอบหลักในน้ำสกัดจากต้นเฉาก๊วยเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป." วิทยานิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิทิต วัณนาวิบูล. 2557. "น้ำตาล-พลังในร่างกาย." นิตยสารหมอชาวบ้าน. เล่มที่ 84. คอลัมน์: อาหารสมุนไพร.

วัลยา เนาวรัตน์วัฒนา และ พัชรี บุญศิริ. 2542."โปรออกซิแดนท์ อีกโฉมหน้าของแอนติออกซิแดนท์". *วารสารวิทยาศาสตร์*. 42 :196-198.

สนธิรัตน์ เจริญรักษ์. 2556. "การผลิตเครื่องดื่มชาหมักคอมบูชาโดยเชื้อบริสุทธิ์". วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยาประยุกต์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Alia, M ., Horcajo, C., Bravo, L., and Goya, L. 2003. "Effect of grape antioxidant dietary fiber on the total antioxidant capacity and the activity of liver antioxidant enzymes in rats". *Nutrition Research*. 23: 1251-1267.

Alan, J. Marsh., O'Sullivan, O., Colin, Hill., Ross, R.P., and Paul, C.D., 2014. "Sequence-based analysis of the bacterial and fungal compositions of multiple kombucha (tea fungus) samples." *Food Microbiology*. 38: 171-178.

Ames, B.N., Shigenaga, M.K. and Hagen, T.M. 1993. "Oxidants, antioxidants, and the degenerative disease of aging." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 90: 7915-7922.

Battikhi, H., Chaieb, K., Bakhrouf, A. and Ammar, E. 2013. "Antibacterial and antifungal activities of black and green kombucha teas." *Journal of Food Biochemistry*. 37 : 231–236.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chakravorty, S., Bhattacharya, S., Chatzinotas, A., Chakraborty, W., Bhattacharya, D., Gachhui R., 2016. "Kombucha tea fermentation: Microbial and biochemical dynamics." *Food Microbiology*. 220 : 63-72.

Chen, C., and Liu, B. Y. 2000. Changes in major components of tea fungus metabolites during prolonged fermentation. *Journal of Applied Microbiology*. 89: 834–839.

Danchai, Kreungngern., Anek, Hale., and Boonyakrit, Rattanapun. 2013. "Determination ursolic acid and antioxidant in Grass jelly (*Mesona procumbens* Hemsley.)." *Food and Applied Bioscience Journal*. 1(2): 90-101.

Dufresne, C. and Farnworth, E. 2000. "Tea, Kombucha, and health." *Food Research International*. 33 : 409-421.

Fernández-Navarro, M., Esteban, F.J., Amores, V., De la Higuera, M. and A.Lupiáñez, J. 2010. **Maslinic Acid: A Component of Olive Oil on Growth and Protein-turnover Rates**. Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention. published by Elsevier : 1415-1421.

Gaggìa, F., Baffoni, L., Galiano, M., Nielsen, D., Jakobsen, R., Castro-Mejía, J., Bosi, S., Truzzi, F.,Musumeci, F., Dinelli, G., Gioia, D., 2019. "Kombucha beverage from green, black and rooibos teas: A comparative study looking at microbiology, chemistry and antioxidant activity." *Nutrients*. 11 : 13-22.

Halliwell, B. 2009. "The wanderings of a free radical". *Free Radical Biology and Medicine*. 46: 531-542.

Hou, W., Lee, M., Chen, H., Liang, W., Han, C., Liu, Y., Lin, Y. 2001. "Antioxidant activities of Dioscorin, the storage protein of yam (*Dioscorea batatas* Decne) Tuber", *J. Agric. Food Chem*. Vol. 49: 4956-4960

Jayabalan, R., Marimuthu, S., Swaminathan, K., 2017. "Changes in content of organic acids and tea polyphenols during kombucha tea fermentation." *Food Microbiology*. 102 : 392–398.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Joseph Lim, Sirichai Adisakwattana, Christiani Jeyakumar Henry. 2018. "Effects of grass jelly on glycemic control: hydrocolloids may inhibit gut carbohydrase" *Journal of Asia Pac J Clin Nutr*. 27(2): 336-340.

Kallel, L., Desseaux, V., Hamdi, M., Stocker, P., Ajandouz, E., 2012. "Insights into the fermentation biochemistry of Kombucha teas and potential impacts of Kombucha drinking on starch digestion." *Food Research International*. 49 : 226-232.

Lai, A.K. 2007. "Colour in relation to total antioxidant capacity of beers assessed using the FRAP assay". *Alcohol and Alcoholism*. 1: 55-57.

Rajalakshmi, D., Narasimhan, S., 1996. **Food Antioxidants: Source and Methods of Evaluations**, in Food Antioxidants, edited by D.L. Madhavi, S.S. Deshpande, D.K. Salunlhe (Marcel Decker, New York). pp. 65-158.

Sies, H., Stahl, W. and Sundquist, A. 1992. "Antioxidant functions of vitamins, vitamin E and C, beta-carotene and other carotenoids". *Annals of the New York Academy of sciences*. 368: 7-19.

Tzu-Ying Sun, Jia-Shiun Li and Chinshuh Chen. 2015 "Effects of blending wheatgrass juice on enhancing phenolic compounds and antioxidant activities of traditional kombucha beverage" *Journal of Food and Drug Analysis*. 23(4) : 709-718.

Vichitphan, S., Vichitphan, K. and Sirikhansaeng, P. 2007. "Flavonoid content and antioxidant activity of Krachai-dum (*Kaempferia parviflora*) wine". *KMITL Science and Technology*. 7: 97–105.

Yang, J.H. 2000. "Antioxidant and related compounds. **Biosci Biotechnol".** *Journal of Biochemistry & Cell Biology*. 61: 1646-1649.

[Online]. Available : file:///C:/Users/USER/Downloads/Fulltext%235_191693.pdf (27 กุมพาพันธ์ 2562)

[Online]. Available : http://www.doctor.or.th. (28 กุมพาพันธ์ 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[Online]. Available : http://www.kanzuksa.com. (28 กุมพาพันธ์ 2562)

[Online]. Available : https://www.pobpad.com. (28 กุมภาพันธ์ 2562)

[Online]. Available : http://www.foodnetworksolution.com. (28 กุมภาพันธ์ 2562)

[Online]. Available : http://www.damocos.co.kr. (28 กุมภาพันธ์ 2562)

[Online]. Available : https://en.wikipedia.org. (28 กุมภาพันธ์ 2562)

[Online]. Available : https://www.scimath.org. (28 กุมภาพันธ์ 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก
# การเตรียมสารเคมี

**1. สารละลายมาตรฐานน้ำกลูโคส**

เตรียมสารละลายมาตรฐานน้ำตาลกลูโคส ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำการชั่งกลูโคส 0.005 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นทำการเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 200, 400, 600, 800 และ 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

**2. สารละลายฟีนอล**

เตรียมสารละลายฟีนอล ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ปริมาตร 20 มิลลิลิตร โดยทำการชั่งฟีนอล 1 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น จากนั้นจึงปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 20 มิลลิลิตร

**3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์**

เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 2,000 มิลลิลิตร NaOH มีมวลโมเลกุล 40 กรัมต่อโมล

$$\text{คำนวณโดยใช้สูตร } \frac{g\ \text{NaOH}}{g\ \text{M.W.}} = \frac{CV}{1000}$$

เมื่อ g คือ น้ำหนักของโซเดียมไฮดรอกไซด์ หน่วยเป็น กรัม

M.W. คือ มวลโมเลกุลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (40 กรัมต่อโมล)

C คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (0.1 โมลาร์)

V คือ ปริมาตร หน่วยเป็น มิลลิลิตร

$$\text{ดังนั้น ปริมาณ NaOH ที่ต้องชั่ง (กรัม)} = \frac{0.1 \times 2{,}000 \times 40}{1000} = 8 \text{ กรัม}$$

ดังนั้น สามารถเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 2,000 มิลลิลิตร ได้โดยการชั่ง NaOH มา 8 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ 500 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 2,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 2,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4. สารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต**

เตรียมสารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต ($C_8H_5O_4K$ หรือ KHP) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เพื่อใช้หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ KHP มีมวลโมเลกุล 204.23 กรัมต่อโมล

$$\text{คำนวณโดยใช้สูตร } \frac{g \text{ KHP}}{g \text{ M.W.}} = \frac{CV}{1000}$$

เมื่อ g คือ น้ำหนักของสารละลาย KHP หน่วยเป็น กรัม

M.W. คือ มวลโมเลกุลของสารละลาย KHP (204.23 กรัมต่อโมล)

C คือ ความเข้มข้นของสารละลาย KHP (0.1 โมลาร์)

V คือ ปริมาตร หน่วยเป็น มิลลิลิตร

$$\text{ดังนั้น ปริมาณ KHP ที่ต้องชั่ง (กรัม)} = \frac{0.1 \times 100 \times 204.23}{1000} = 2.0423 \text{ กรัม}$$

ดังนั้น สามารถเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต ($C_8H_5O_4K$ หรือ KHP) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ได้โดยการชั่ง KHP มา 2.0423 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์

**5. ฟีนอล์ฟทาลีน**

เตรียมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยทำการชั่งฟีนอล์ฟทาลีน 1 กรัม ละลายในสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร ปริมาตร 60 มิลลิลิตร คนจนฟีนอล์ฟทาลีนละลายจนหมด จากนั้นจึงปรับปริมาตรด้วยขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร โดยใช้สารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร ให้ครบ 100 มิลลิลิตร

**6. สารละลายโพรพานอล**

เตรียมสารละลายโพรพานอล ความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ได้โดยทำการปิเปตสารละลายโพรพานอล 5 มิลลิลิตร จากนั้นจึงปรับปริมาตรโดยใช้ขวดปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร

**7. สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก**

เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่งกรดแกลลิก 0.01 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นทำการเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

**8. สารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)**

เตรียมสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร โดย DPPH มีมวลโมเลกุล 394.32 กรัมต่อโมล

$$\text{คำนวณโดยใช้สูตร } \frac{g\ \text{DPPH}}{g\ \text{M.W.}} = \frac{CV}{1000}$$

เมื่อ g คือ น้ำหนักของสารละลาย DPPH หน่วยเป็น กรัม

M.W. คือ มวลโมเลกุลของสารละลาย DPPH (394.32 กรัมต่อโมล)

C คือ ความเข้มข้นของสารละลาย DPPH (0.2 มิลลิโมลาร์)

V คือ ปริมาตร หน่วยเป็น มิลลิลิตร

$$\text{ดังนั้น ปริมาณ DPPH ที่ต้องชั่ง (กรัม)} = \frac{0.02\times10^{-3}\times50\times394.32}{1000} = 0.0039$$

กรัม หรือประมาณ 0.0040 กรัม

ดังนั้น สามารถเตรียมสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ได้โดยการชั่งสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picryl hydrazyl (DPPH) มา 0.0040 กรัม ละลายในสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร คนจนสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ละลายหมด

**9. สารละลาย Folin-Ciocalteu**

เตรียมสารละลาย Folin-Ciocalteu ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร ปริมาตร 20 มิลลิลิตร โดยปิเปตสาร Folin-Ciocalteu ปริมาตร 2 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 20 มิลลิลิตร

**10. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต**

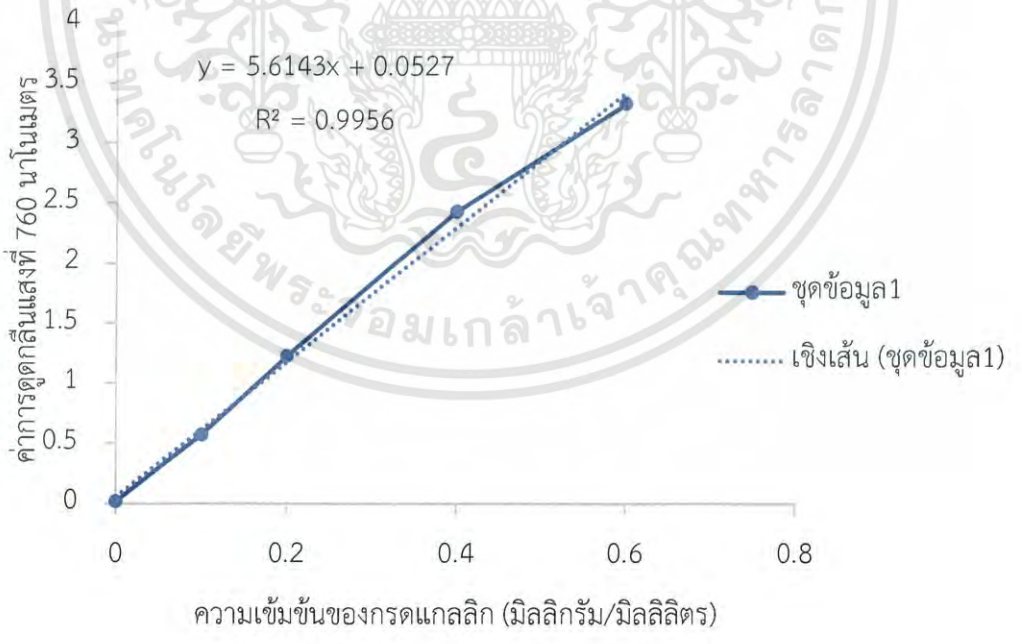
เตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ($Na_2CO_3$) ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร โดยทำการชั่ง $Na_2CO_3$ 2.25 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น จากนั้นจึงปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 30 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข
# กราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก

**ตารางที่ ข-1** ความเข้มข้นของกรดแกลลิกและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร

| ความเข้มข้นของกรดแกลลิก (mg/ml) | ค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร |
|---|---|
| 0.0 | 0.01 |
| 0.1 | 0.57 |
| 0.2 | 1.22 |
| 0.4 | 2.43 |
| 0.6 | 3.33 |



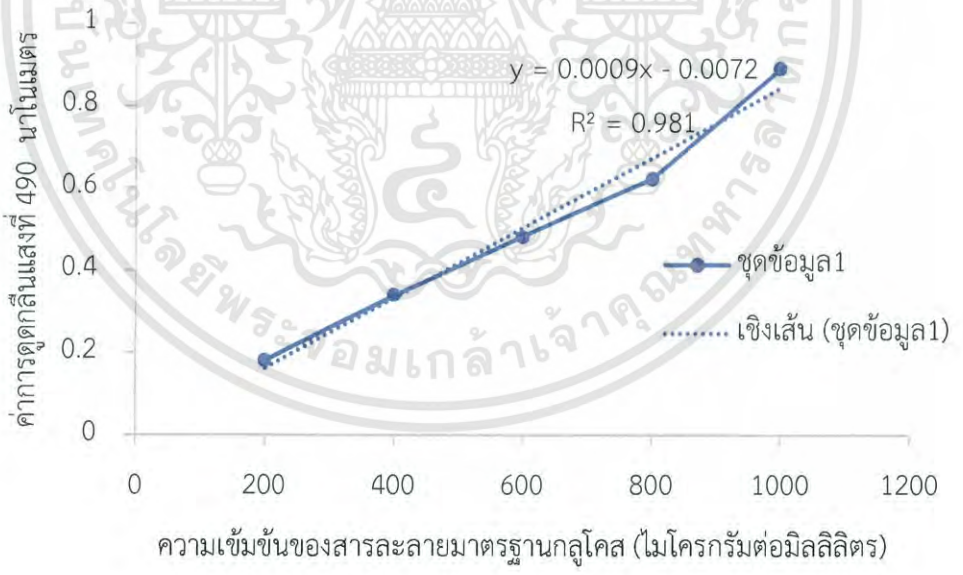

**รูปที่ ข-1** กราฟมาตรฐานของสารละลายแกลลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค
# กราฟมาตรฐานของสารละลายน้ำตาลกลูโคส

**ตารางที่ ค-1** ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานน้ำตาลกลูโคสและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร

| ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) | ค่าการดูดกลืนแสงที่ 490 นาโนเมตร |
|---|---|
| 200 | 0.18 |
| 400 | 0.34 |
| 600 | 0.48 |
| 800 | 0.62 |
| 1,000 | 0.89 |




**รูปที่ ค-1** กราฟมาตรฐานของสารละลายน้ำตาลกลูโคส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ง

**ภาคผนวก ง-1** แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระยะเวลาการหมัก 7 และ 14 วัน

ชื่อ..... วันที่.....

<u>คำแนะนำ</u> ให้ผู้ทดสอบประเมินตัวอย่างจำนวน 5 ตัวอย่างต่อไปนี้ ตามลำดับ ที่นำเสนอจากซ้ายไปขวา โดยการเขียนหมายเลขรหัสของตัวอย่างอาหารแต่ละตัวอย่างลงบนช่องที่กำหนดระดับความชอบหรือไม่ชอบที่มีต่อตัวอย่างนั้น ๆ กรุณาทดสอบตัวอย่างและให้คะแนนความชอบ 1-5 คะแนน ในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ตามความรู้สึกของท่าน

1 = ไม่ชอบที่สุด , 2 = ไม่ชอบ , 3 = เฉยๆ , 4 = ชอบมาก , 5 = ชอบมากที่สุด

| คุณลักษณะ | รหัสตัวอย่าง | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 111 | 222 | 333 | 444 | 555 |
| สี | | | | | |
| กลิ่น | | | | | |
| รสชาติ | | | | | |
| ความชอบโดยรวม | | | | | |

*** หมายเหตุ กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง

ข้อเสนอแนะ_____

_____

ขอบคุณค่ะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ง-2** แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากกาก เฉาก๊วย ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) ที่ปรับปรุงรสชาติ และคอมบูชาทางการค้า

ชื่อ..... วันที่.....

**<u>คำแนะนำ</u>** ให้ผู้ทดสอบประเมินตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่างต่อไปนี้ ตามลำดับ ที่นำเสนอจากซ้ายไปขวา โดยการเขียนหมายเลขรหัสของตัวอย่างอาหารแต่ละตัวอย่างลงบนช่องที่กำหนดระดับความชอบหรือไม่ชอบที่มีต่อตัวอย่างนั้น ๆ กรุณาทดสอบตัวอย่างและให้คะแนนความชอบ 1-5 คะแนน ในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ตามความรู้สึกของท่าน

1 = ไม่ชอบที่สุด , 2 = ไม่ชอบ , 3 = เฉยๆ , 4 = ชอบมาก , 5 = ชอบมากที่สุด

| คุณลักษณะ | รหัสตัวอย่าง | | |
|---|---|---|---|
| | 111 | 222 | 333 |
| สี | | | |
| กลิ่น | | | |
| รสชาติ | | | |
| ความชอบโดยรวม | | | |

*** หมายเหตุ กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง

ข้อเสนอแนะ_____

_____

ขอบคุณค่ะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก จ
# การวิเคราะห์ทางสถิติ

## 4.1 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วยระหว่างกระบวนการหมัก

4.1.1 ค่าความเป็นกรด-เบส

**ตารางที่ 4.1** ค่าความเป็นกรด-เบสของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วยระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน

| ระยะเวลาการหมัก (วัน) | ความเป็นกรด - เบส | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | |
| | 1.ชาดำ | 2.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 4.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 5.กากเฉาก๊วย |
| 0 | $4.64^{d,A} \pm 0.01$ | $4.73^{c,A} \pm 0.02$ | $4.77^{b,A} \pm 0.03$ | $4.81^{a,A} \pm 0.03$ | $4.75^{bc,A} \pm 0.02$ |
| 7 | $3.61^{d,B} \pm 0.03$ | $3.67^{c,B} \pm 0.03$ | $3.68^{c,B} \pm 0.02$ | $3.61^{a,B} \pm 0.03$ | $3.80^{b,B} \pm 0.03$ |
| 14 | $3.41^{ab,C} \pm 0.05$ | $3.38^{b,C} \pm 0.02$ | $3.37^{b,C} \pm 0.00$ | $3.46^{a,C} \pm 0.04$ | $3.47^{a,C} \pm 0.01$ |
| 21 | $3.32^{b,D} \pm 0.03$ | $3.34^{b,D} \pm 0.02$ | $3.34^{b,C} \pm 0.02$ | $3.44^{a,C} \pm 0.02$ | $3.45^{a,C} \pm 0.01$ |

หมายเหตุ

- ค่าความเป็นกรด-เบส แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

-ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

-ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก)

**ตารางที่ 4.2** ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) ของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน

| ระยะเวลาการหมัก (วัน) | ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | |
| | 1.ชาดำ | 2.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 4.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 5.กากเฉาก๊วย |
| 0 | $0.07^{a,D} \pm 0.00$ | $0.06^{b,C} \pm 0.00$ | $0.07^{a,D} \pm 0.01$ | $0.08^{a,D} \pm 0.00$ | $0.05^{b,D} \pm 0.00$ |
| 7 | $0.31^{c,C} \pm 0.00$ | $0.34^{b,B} \pm 0.01$ | $0.34^{b,C} \pm 0.00$ | $0.37^{a,C} \pm 0.00$ | $0.25^{d,C} \pm 0.00$ |
| 14 | $0.43^{ab,B} \pm 0.05$ | $0.37^{b,B} \pm 0.05$ | $0.43^{ab,B} \pm 0.02$ | $0.50^{a,B} \pm 0.05$ | $0.41^{b,B} \pm 0.02$ |
| 21 | $0.81^{a,A} \pm 0.05$ | $0.70^{b,A} \pm 0.01$ | $0.65^{b,A} \pm 0.05$ | $0.79^{a,A} \pm 0.04$ | $0.63^{b,A} \pm 0.05$ |

หมายเหตุ

-ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

-ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

-ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ปริมาณเอทานอล

**ตารางที่ 4.3** ปริมาณเอทานอลของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน

| ระยะเวลาการหมัก (วัน) | ปริมาณเอทานอล (ร้อยละ) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | |
| | 1.ชาดำ | 2.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 4.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 5.กากเฉาก๊วย |
| 0 | $0.00^{a,C} \pm 0.00$ | $0.00^{a,B} \pm 0.00$ | $0.00^{a,C} \pm 0.00$ | $0.00^{a,B} \pm 0.00$ | $0.00^{a,A} \pm 0.00$ |
| 7 | $0.13^{a,BC} \pm 0.01$ | $0.13^{a,B} \pm 0.02$ | $0.11^{a,B} \pm 0.02$ | $0.19^{a,AB} \pm 0.08$ | $0.13^{a,A} \pm 0.03$ |
| 14 | $0.15^{a,AB} \pm 0.04$ | $0.19^{a,A} \pm 0.04$ | $0.12^{a,B} \pm 0.03$ | $0.21^{a,AB} \pm 0.01$ | $0.14^{a,A} \pm 0.12$ |
| 21 | $0.23^{a,A} \pm 0.05$ | $0.22^{a,A} \pm 0.06$ | $0.26^{a,A} \pm 0.02$ | $0.24^{a,A} \pm 0.01$ | $0.22^{a,A} \pm 0.00$ |

หมายเหตุ

- ค่าปริมาณเอทานอล แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคสต่อมิลลิลิตร)

**ตารางที่ 4.4** ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน

| ระยะเวลาการหมัก (วัน) | ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคสต่อมิลลิลิตร) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | |
| | 1.ชาดำ | 2.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 4.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 5.กากเฉาก๊วย |
| 0 | $165.92^{a,A} \pm 3.86$ | $146.82^{a,A} \pm 4.14$ | $151.73^{a,A} \pm 0.63$ | $173.75^{a,A} \pm 2.08$ | $153.73^{a,A} \pm 1.80$ |
| 7 | $145.85^{a,A} \pm 11.51$ | $116.25^{a,A} \pm 0.62$ | $133.89^{a,A} \pm 4.57$ | $134.83^{a,A} \pm 0.88$ | $122.54^{a,A} \pm 1.16$ |
| 14 | $112.87^{a,A} \pm 6.75$ | $110.95^{a,A} \pm 11.71$ | $113.73^{a,A} \pm 6.34$ | $132.29^{a,A} \pm 0.81$ | $118.62^{a,A} \pm 0.90$ |
| 21 | $93.66^{a,A} \pm 11.08$ | $85.85^{a,A} \pm 1.66$ | $110.83^{a,A} \pm 0.27$ | $130.01^{a,A} \pm 4.41$ | $110.19^{a,A} \pm 0.33$ |

หมายเหตุ

- ค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมด แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

**ตารางที่ 4.5** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน

| ระยะเวลาการหมัก (วัน) | ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | |
| | 1.ชาดำ | 2.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 4.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 5.กากเฉาก๊วย |
| 0 | $0.43^{ab,A} \pm 0.02$ | $0.41^{ab,A} \pm 0.02$ | $0.42^{ab,A} \pm 0.00$ | $0.56^{a,A} \pm 0.01$ | $0.23^{b,B} \pm 0.00$ |
| 7 | $0.43^{a,A} \pm 0.00$ | $0.37^{a,A} \pm 0.00$ | $0.42^{a,A} \pm 0.00$ | $0.56^{a,A} \pm 0.01$ | $0.24^{a,AB} \pm 0.00$ |
| 14 | $0.43^{b,A} \pm 0.01$ | $0.39^{c,A} \pm 0.00$ | $0.42^{bc,A} \pm 0.01$ | $0.58^{a,A} \pm 0.03$ | $0.25^{d,A} \pm 0.01$ |
| 21 | $0.41^{ab,A} \pm 0.01$ | $0.36^{ab,A} \pm 0.01$ | $0.39^{b,A} \pm 0.00$ | $0.47^{a,B} \pm 0.03$ | $0.25^{b,AB} \pm 0.01$ |

หมายเหตุ

- ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 การวิเคราะห์กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

**ตารางที่ 4.6** กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วยและชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 21 วัน

| ระยะเวลาการหมัก (วัน) | กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดการทดลอง | | | | |
| | 1.ชาดำ | 2.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 4.ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 5.กากเฉาก๊วย |
| 0 | $93.84^{a,A} \pm 2.03$ | $92.97^{a,A} \pm 1.46$ | $94.08^{a,A} \pm 2.93$ | $94.34^{a,A} \pm 1.20$ | $94.09^{a,A} \pm 0.87$ |
| 7 | $94.14^{ab,A} \pm 0.83$ | $93.14^{b,A} \pm 1.79$ | $95.19^{ab,A} \pm 0.92$ | $95.63^{a,A} \pm 1.32$ | $95.38^{ab,A} \pm 1.02$ |
| 14 | $95.41^{a,A} \pm 0.26$ | $95.92^{a,A} \pm 0.23$ | $96.22^{a,A} \pm 0.65$ | $96.75^{a,A} \pm 2.63$ | $96.04^{a,A} \pm 0.89$ |
| 21 | $96.03^{a,A} \pm 1.01$ | $96.51^{a,A} \pm 2.54$ | $97.32^{a,A} \pm 1.40$ | $97.16^{a,A} \pm 0.56$ | $97.55^{a,A} \pm 2.46$ |

หมายเหตุ

-ค่ากิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

-ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

-ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่ม (Completely Randomized Design; CRD) โดยใช้โปรแกรม SPSS โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างแต่ละตัวอย่างด้วยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.1 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย ระหว่างกระบวนการหมัก**

**ความเป็นกรด – เบส วันที่ 0**

**One-way ANOVA: กรด-เบส versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.051 | 4 | 0.013 | 27.057 | 0.000 |
| Within Groups | 0.005 | 10 | 0.000 | | |
| Total | 0.055 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 4.6400 | 0.01000 | (4.6152,4.6648) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย(1:0.6) | 3 | 4.7267 | 0.01528 | (4.6887,4.7646) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย(1:0.9) | 3 | 4.7733 | 0.02887 | (4.7016,4.8450) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย(1:1.2) | 3 | 4.8133 | 0.03055 | (4.7374,4.8892) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 4.7533 | 0.01528 | (4.7154,4.7913) |
| Total | 15 | 4.7413 | 0.06278 | (4.7066,4.7761) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | | | | Grouping |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 4.6400 | | | | d |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย(1:0.6) | 3 | | 4.7267 | | | c |
| กากเฉาก๊วย | 3 | | 4.7533 | 4.7533 | | bc |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย(1:0.9) | 3 | | | 4.7733 | | b |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย(1:1.2) | 3 | | | | 4.8133 | a |
| Sig. | | 1.000 | 0.162 | 0.283 | 1.000 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size =3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ความเป็นกรด – เบส วันที่7**

**One-way ANOVA: กรด-เบส versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.171 | 4 | 0.043 | 53.836 | 0.000 |
| Within Groups | 0.008 | 10 | 0.001 | | |
| Total | 0.179 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95 % CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 3.6100 | 0.03464 | (3.5239,3.6961) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 3.6733 | 0.03055 | (3.5974,3.7492) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 3.6833 | 0.01528 | (3.6454,3.7213) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 3.9100 | 0.02646 | (3.8443,3.9757) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 3.8000 | 0.03000 | (3.7255,3.8745) |
| Total | 15 | 3.7353 | 0.11300 | (3.6728,3.7979) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | | | | Grouping |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 3.6100 | | | | d |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | | 3.6733 | | | c |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | | 3.6833 | | | c |
| กากเฉาก๊วย | 3 | | | 3.8000 | | b |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | | | | 3.9100 | a |
| Sig. | | 1.000 | 0.673 | 1.000 | 1.000 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ความเป็นกรด – เบส วันที่ 14**

**One-way ANOVA: กรด-เบส versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.056 | 4 | 0.014 | 35.183 | 0.000 |
| Within Groups | 0.004 | 10 | 0.000 | | |
| Total | 0.060 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI | |
|---|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 3.3400 | 0.02000 | 3.2903 | 3.3897 |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 3.3233 | 0.03215 | 3.2435 | 3.4032 |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 3.3367 | 0.01528 | 3.2987 | 3.3746 |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 3.4433 | 0.01528 | 3.4054 | 3.4813 |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 3.4700 | 0.01000 | 3.4452 | 3.4948 |
| Total | 15 | 3.3827 | 0.06563 | 3.3463 | 3.4190 |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Mean | Grouping |
|---|---|---|---|
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 3.3233 | c |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 3.3367 | c |
| ชาดำ | 3 | 3.3400 | c |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 3.4433 | b |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 3.4700 | a |
| Sig. | | 0.353 0.134 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ความเป็นกรด – เบส วันที่ 14**

**One-way ANOVA: กรด-เบส versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.019 | 4 | 0.005 | 5.274 | 0.015 |
| Within Groups | 0.009 | 10 | 0.001 | | |
| Total | 0.028 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 3.4133 | 0.05033 | (3.2883,3.5384) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 3.3833 | 0.02082 | (3.3316,3.4350) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 3.3700 | 0.00000 | (3.3700,3.3700) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 3.4567 | 0.03786 | (3.3626,3.5507) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 3.4533 | 0.00577 | (3.4390,3.4677) |
| Total | 15 | 3.4153 | 0.04438 | (3.3908,3.4399) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Mean | | Grouping |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 3.3700 | | b |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 3.3833 | | b |
| ชาดำ | 3 | 3.4133 | 3.4133 | ab |
| กากเฉาก๊วย | 3 | | 3.4533 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | | 3.4567 | a |
| Sig. | | 0.119 | 0.119 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) วันที่ 0**

**One-way ANOVA: ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.001 | 4 | 0.000 | 15.188 | 0.000 |
| Within Groups | 0.000 | 10 | 0.000 | | |
| Total | 0.001 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 0.0698 | 0.00346 | (0.0613,0.0784) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.0579 | 0.00346 | (0.0493,0.0665) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.0698 | 0.00691 | (0.0527,0.0870) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 0.0758 | 0.00346 | (0.0672,0.0844) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.0519 | 0.00346 | (0.0433,0.0605) |
| Total | 15 | 0.0651 | 0.00983 | (0.0596,0.0705) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | | Grouping |
|---|---|---|---|---|
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.0519 | | b |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.0579 | | b |
| ชาดำ | 3 | | 0.0698 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | | 0.0698 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | | 0.0758 | a |
| Sig. | | 0.124 | 0.140 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) วันที่ 7**

**One-way ANOVA: ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.028 | 4 | 0.007 | 183.906 | 0.000 |
| Within Groups | 0.000 | 10 | 0.000 | | |
| Total | 0.029 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 0.3053 | 0.00000 | (0.3053,0.3053) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.3433 | 0.01383 | (0.3089,0.3776) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.3413 | 0.00000 | (0.3413,0.3413) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 0.3712 | 0.00000 | (0.3712,0.3712) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.2455 | 0.00000 | (0.2455,0.2455) |
| Total | 15 | 0.3213 | 0.04513 | (0.2963,0.3463) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | | | | Grouping |
|---|---|---|---|---|---|---|
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.2455 | | | | d |
| ชาดำ | 3 | | 0.3053 | | | c |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | | | 0.3413 | | b |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | | | 0.3433 | | b |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | | | | 0.3712 | a |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 0.701 | 1.000 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) วันที่ 14**

**One-way ANOVA: ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.028 | 4 | 0.007 | 3.830 | 0.039 |
| Within Groups | 0.018 | 10 | 0.002 | | |
| Total | 0.046 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 0.4311 | 0.04790 | (0.3121,0.5500) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.3672 | 0.05432 | (0.2323,0.5022) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.4311 | 0.02395 | (0.3716,0.4906) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 0.5009 | 0.05399 | (0.3668,0.6350) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.4131 | 0.01796 | (0.3685,0.4577) |
| Total | 15 | 0.4287 | 0.05724 | (0.3970,0.4604) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | | Grouping |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.3672 | | b |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.4131 | | b |
| ชาดำ | 3 | 0.4311 | 0.4311 | ab |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.4311 | 0.4311 | ab |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | | 0.5009 | a |
| Sig. | | 0.117 | 0.084 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) วันที่ 21**

**One-way ANOVA: ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละกรดอะซิติก) versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.077 | 4 | 0.019 | 10.362 | 0.001 |
| Within Groups | 0.019 | 10 | 0.002 | | |
| Total | 0.096 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 0.8082 | 0.04520 | (0.6960,0.9205) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.7045 | 0.01246 | (0.6735,0.7354) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.6486 | 0.04985 | (0.5248,0.7724) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 0.7903 | 0.04317 | (0.6830,0.8975) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.6326 | 0.05231 | (0.5027,0.7626) |
| Total | 15 | 0.7168 | 0.08260 | (0.6711,0.7626) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | | Grouping |
|---|---|---|---|---|
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.6326 | | b |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.6486 | | b |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.7045 | | b |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | | 0.7903 | a |
| ชาดำ | 3 | | 0.8082 | a |
| Sig. | | 0.079 | 0.621 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**เอทานอล วันที่ 0**

**One-way ANOVA: เอทานอล (ร้อยละ) versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.000 | 4 | 0.000 | . | . |
| Within Groups | 0.000 | 10 | 0.000 | | |
| Total | 0.000 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 0.0000 | 0.0000 | (0.0000,0.0000) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.0000 | 0.0000 | (0.0000,0.0000) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.0000 | 0.0000 | (0.0000,0.0000) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 0.0000 | 0.0000 | (0.0000,0.0000) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.0000 | 0.0000 | (0.0000,0.0000) |
| Total | 15 | 0.0000 | 0.0000 | (0.0000,0.0000) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | Grouping |
|---|---|---|---|
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.000 | a |
| ชาดำ | 3 | 0.000 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.000 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 0.000 | a |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.000 | a |
| Sig. | | | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**เอทานอล วันที่ 7**

**One-way ANOVA: เอทานอล (ร้อยละ) versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.005 | 4 | 0.001 | 0.201 | 0.932 |
| Within Groups | 0.056 | 10 | 0.006 | | |
| Total | 0.061 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 0.0897 | 0.07785 | (-0.1037,0.2831) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.0873 | 0.07643 | (-0.1025,0.2772) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.1073 | 0.01504 | (0.0700,0.1447) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 0.1240 | 0.12253 | (-0.1804,0.4284) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.1300 | 0.02960 | (0.0565,0.2035) |
| Total | 15 | 1.1077 | 0.06575 | (0.01698,0.0712) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | Grouping |
|---|---|---|---|
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.0873 | a |
| ชาดำ | 3 | 0.0897 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.1073 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 0.1240 | a |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.1300 | a |
| Sig. | | 0.533 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**เอทานอล วันที่ 14**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.019 | 4 | 0.005 | 0.642 | 0.645 |
| Within Groups | 0.074 | 10 | 0.007 | | |
| Total | 0.093 | 14 | | | |

**One-way ANOVA: เอทานอล (ร้อยละ) versus สูตร Method**

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 0.1523 | 0.04366 | (0.0439,0.2608) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.1893 | 0.03769 | (0.0957,0.2830) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.0787 | 0.07073 | (-0.0970,0.2544) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 0.1397 | 0.12125 | (-0.1615,0.4409) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.1360 | 0.11886 | (-0.1593,0.4313) |
| Total | 15 | 0.1392 | 0.08168 | (0.0940,0.1844) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | Grouping |
|---|---|---|---|
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.0787 | a |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.1360 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 0.1397 | a |
| ชาดำ | 3 | 0.1523 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.1893 | a |
| Sig. | | 0.178 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**เอทานอล วันที่ 21**

**One-way ANOVA: เอทานอล (ร้อยละ) versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.021 | 4 | 0.005 | 1.111 | 0.404 |
| Within Groups | 0.047 | 10 | 0.005 | | |
| Total | 0.068 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 0.2277 | 0.04600 | (0.1134,0.3419) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.2197 | 0.06447 | (0.0595,0.3798 |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.2590 | 0.02427 | (0.1987,0.3193) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 0.2400 | 0.01300 | (0.2077,0.2723) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.1490 | 0.12906 | (-0.1716,0.4696) |
| Total | 15 | 0.2191 | 0.06991 | (0.1804,0.2578) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | Grouping |
|---|---|---|---|
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.1490 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.2197 | a |
| ชาดำ | 3 | 0.2277 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 0.2400 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.2590 | a |
| Sig. | | 0.102 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด วันที่ 0**

**One-way ANOVA: ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคสต่อมิลลิลิตร) versus สูตร**

**Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 13976.733 | 4 | 3494.183 | 0.576 | 0.687 |
| Within Groups | 60654.934 | 10 | 6065.493 | | |
| Total | 74631.666 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 110.6133 | 95.82923 | (-127.4397,348.6663) |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 97.8800 | 84.81719 | (-112.8176,308.5776) |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 101.1500 | 87.59960 | (-116.4595,318.7595) |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 174.8700 | 6.95653 | (157.5890,192.1510) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 91.1167 | 78.91886 | (-104.9286,287.1620) |
| Total | 15 | 115.1260 | 73.01256 | (74.6930,155.5590) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | Grouping |
|---|---|---|---|
| กากเฉาก๊วย | 3 | 91.1167 | a |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 97.8800 | a |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 101.1500 | a |
| ชาดำ | 3 | 110.6133 | a |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 174.8700 | a |
| Sig. | | 0.252 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด วันที่ 7**

**One-way ANOVA: ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคสต่อมิลลิลิตร) versus สูตร**

**Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 1649.569 | 4 | 412.392 | 0.075 | 0.988 |
| Within Groups | 55035.112 | 10 | 5503.511 | | |
| Total | 56684.680 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 97.2300 | 84.59570 | (-112.9174,307.3774) |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 66.3600 | 57.53190 | (-76.5572,209.2772) |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 89.2567 | 77.36620 | (-102.9316,281.4450) |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 89.8833 | 77.84376 | (-103.4913,283.2580) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 81.6933 | 70.75325 | (-94.0675,257.4542) |
| Total | 15 | 84.8847 | 63.63101 | (49.6470,120.1223) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | Grouping |
|---|---|---|---|
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 66.3600 | a |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 81.6933 | a |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 89.2567 | a |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 89.8833 | a |
| ชาดำ | 3 | 97.2300 | a |
| Sig. | | 0.647 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด วันที่ 14**

**One-way ANOVA: ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคสต่อมิลลิลิตร) versus สูตร**

**Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 5219.767 | 4 | 1304.942 | 0.455 | 0.767 |
| Within Groups | 28700.164 | 10 | 2870.016 | | |
| Total | 33919.931 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 112.8733 | 6.75493 | (96.0932,129.6535) |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 73.6667 | 64.33228 | (-86.1436,233.4769) |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 75.8200 | 65.81470 | (-87.6728,239.3128) |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 88.1900 | 76.37694 | (-101.5408,277.9208) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 118.6200 | 0.89370 | (116.3999,120.8401) |
| Total | 15 | 93.8340 | 49.22248 | (66.5755,121.0925) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | Grouping |
|---|---|---|---|
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 73.6667 | a |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 75.8200 | a |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 88.1900 | a |
| ชาดำ | 3 | 112.8733 | a |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 118.6200 | a |
| Sig. | | 0.365 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด วันที่ 21**

**One-way ANOVA: ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคสต่อมิลลิลิตร) versus สูตร**

**Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 4814.607 | 4 | 1203.652 | 0.489 | 0.744 |
| Within Groups | 24636.699 | 10 | 2463.670 | | |
| Total | 29451.306 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 93.6633 | 11.08399 | (66.1292,121.1975) |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 57.2300 | 49.57656 | (-65.9250,180.2850) |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 73.8833 | 63.98511 | (-85.0645,232.8312) |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 86.6700 | 75.12303 | (-99.9460,273.2860) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 110.1900 | 0.30806 | (109.4247,110.9553) |
| Total | 15 | 658.6593 | 2225.59571 | (-573.8345,1891.1532) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | Grouping |
|---|---|---|---|
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 57.2300 | a |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 73.8833 | a |
| ชาดำผสมเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 86.6700 | a |
| ชาดำ 1 % | 3 | 93.6633 | a |
| กากเฉาก๊วย 1% | 3 | 110.1900 | a |
| Sig. | | 0.256 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด วันที่ 0**

**One-way ANOVA: ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร)versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.222 | 4 | 0.055 | 2.460 | 0.113 |
| Within Groups | 0.225 | 10 | 0.023 | | |
| Total | 0.447 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 0.4267 | 0.01528 | (0.3887,0.4646) |
| ชาดำผสม กากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.2700 | 0.23431 | (-0.3121,0.8521) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.2767 | 0.23965 | (-0.3187,0.8720) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 0.5567 | 0.01155 | (0.5280,0.5854) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.2333 | 0.00577 | (0.2190,0.2477) |
| Total | 15 | 0.3527 | 0.17874 | (0.2537,0.4517) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | | Grouping |
|---|---|---|---|---|
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.2333 | | b |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.2700 | 0.2700 | ab |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.2767 | 0.2767 | ab |
| ชาดำ | 3 | 0.4267 | 0.4267 | ab |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | | 0.5567 | a |
| Sig. | | 0.172 | 0.054 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด วันที่ 7**

**One-way ANOVA: ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร)versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.221 | 4 | 0.055 | 1.702 | 0.225 |
| Within Groups | 0.324 | 10 | 0.032 | | |
| Total | 0.545 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 0.2833 | 0.24542 | (-0.3263,0.8930) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.2433 | 0.21079 | (-0.2803,0.7670) |
| ชาดผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 9.2767 | 0.23965 | (-0.3187,0.8720) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 0.5600 | 0.01000 | (0.5352,0.5848) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.2367 | 0.00577 | (0.2223,0.2510) |
| Total | 15 | 0.3200 | 0.19738 | (0.2107,0.4293) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | Grouping |
|---|---|---|---|
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.2367 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.2433 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.2767 | a |
| ชาดำ | 3 | 0.2833 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 0.5600 | a |
| Sig. | | 0.071 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด วันที่ 14**

**One-way ANOVA: ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร)versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.165 | 4 | 0.041 | 154.975 | 0.000 |
| Within Groups | 0.003 | 10 | 0.000 | | |
| Total | 0.168 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 0.4267 | 0.01528 | (0.3887,0.4646) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.3933 | 0.00577 | (0.3790,0.4077) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.4200 | 0.01000 | (0.3952,0.4448) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 0.5833 | 0.02887 | (0.5116,0.6550) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.2533 | 0.01155 | (0.2246,0.2820) |
| Total | 15 | 0.4153 | 0.10954 | (0.3547,0.4760) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | | | | Grouping |
|---|---|---|---|---|---|---|
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.2533 | | | | d |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | | 0.3933 | | | c |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | | 0.4200 | 0.4200 | | bc |
| ชาดำ | 3 | | | 0.4267 | | b |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | | | | 0.5833 | a |
| Sig. | | 1.000 | 0.073 | 0.628 | 1.000 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด วันที่ 21**

**One-way ANOVA: ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร) versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 0.111 | 4 | 0.028 | 2.672 | 0.095 |
| Within Groups | 0.104 | 10 | 0.010 | | |
| Total | 0.215 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 0.4100 | 0.01000 | (0.3852,0.4348) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.3600 | 0.01000 | (0.3352,0.3848) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.2600 | 0.22517 | (-0.2993,0.8193) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 0.4733 | 0.03055 | (0.3974,0.5492) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.2500 | 0.01000 | (0.2252,0.2748) |
| Total | 15 | 0.3507 | 0.12389 | (0.2821,0.4193) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | | Grouping |
|---|---|---|---|---|
| กากเฉาก๊วย | 3 | 0.2500 | | b |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 0.2600 | | b |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 0.3600 | 0.3600 | ab |
| ชาดำ | 3 | 0.4100 | 0.4100 | ab |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | | 0.4733 | a |
| Sig. | | 0.103 | 0.223 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ วันที่ 0**

**One-way ANOVA: กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 2.508 | 4 | 0.627 | 0.177 | 0.945 |
| Within Groups | 31.925 | 9 | 3.547 | | |
| Total | 34.433 | 13 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 93.8400 | 2.03030 | (88.7965,98.8835) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 2 | 92.9700 | 1.45664 | (79.8826,106.0574) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 94.0800 | 2.92990 | (86.8017,101.3583) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 94.3367 | 1.19968 | (91.3565,97.3168) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 94.0900 | 0.86954 | (91.9299,96.2501) |
| Total | 14 | 93.9271 | 1.62748 | (92.9875,94.8668) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Mean | Grouping |
|---|---|---|---|
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 2 | 92.9700 | a |
| ชาดำ | 3 | 93.8400 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 94.0800 | a |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 94.0900 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 94.3367 | a |
| Sig. | | 0.450 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ วันที่ 7**

**One-way ANOVA: กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 12.953 | 4 | 3.238 | 2.144 | 0.150 |
| Within Groups | 15.101 | 10 | 1.510 | | |
| Total | 28.055 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 94.1367 | 0.83345 | (92.0663,96.2071) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 93.1367 | 1.79484 | (88.6780,97.5953) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 95.1900 | 0.91995 | (92.9047,97.4753) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 95.6267 | 1.32066 | (92.3460,98.9074) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 95.3767 | 1.02188 | (92.8382,97.9152) |
| Total | 15 | 94.6933 | 1.41560 | (93.9094,95.4773) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Mean | | Grouping |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 93.1367 | | b |
| ชาดำ | 3 | 94.1367 | 94.1367 | ab |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 95.1900 | 95.1900 | ab |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 95.3767 | 95.3767 | ab |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | | 95.6267 | a |
| Sig. | | 0.064 | 0.196 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ วันที่ 14**

**One-way ANOVA: กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 2.814 | 4 | 0.704 | 0.427 | 0.786 |
| Within Groups | 16.485 | 10 | 1.648 | | |
| Total | 19.299 | 14 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 95.4100 | 0.26211 | (94.7589,96.0611) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 95.9200 | 0.23302 | (95.3411,96.4989) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 96.2167 | 0.64902 | (94.6044,97.8289) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 96.7467 | 2.62778 | (90.2189,103.2744) |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 96.0433 | 0.89052 | (93.8311,98.2555) |
| Total | 15 | 96.0673 | 1.17411 | (95.4171,96.7175) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Mean | Grouping |
|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 95.4100 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 95.9200 | a |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 96.0433 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 96.2167 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 96.7467 | a |
| Sig. | | 0.267 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ วันที่ 21**

**One-way ANOVA: กิจกรรมการดักจับอนุมูลอิสระ versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 8.453 | 4 | 2.113 | 0.973 | 0.464 |
| Within Groups | 21.714 | 10 | 2.171 | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI | |
|---|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 3 | 96.0300 | 1.00732 | 93.5277 | 98.5323 |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 96.5133 | 2.53993 | 90.2038 | 102.8229 |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 97.3200 | 1.39632 | 93.8514 | 100.7886 |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 97.1600 | 0.56454 | 95.7576 | 98.5624 |
| กากเฉาก๊วย | 3 | 95.2767 | 1.05954 | 92.6446 | 97.9087 |
| Total | 15 | 96.4600 | 1.46791 | 95.6471 | 97.2729 |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| sample | N | Mean | Grouping |
|---|---|---|---|
| กากเฉาก๊วย | 3 | 95.2767 | a |
| ชาดำ | 3 | 96.0300 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 3 | 96.5133 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 3 | 97.1600 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 3 | 97.3200 | a |
| Sig. | | 0.149 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย หมักนาน 7 วัน**

**One-way ANOVA: การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี วันที่ 7 versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 1.307 | 4 | 0.327 | 0.622 | 0.648 |
| Within Groups | 76.167 | 145 | 0.525 | | |
| Total | 77.473 | 149 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ 1 % | 30 | 3.4333 | 0.67891 | (3.1798,3.6868) |
| กากเฉาก๊วย 1 % | 30 | 3.6667 | 0.66089 | (3.4199,3.9134) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 30 | 3.4667 | 0.86037 | (3.1454,3.7879) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 30 | 3.4667 | 0.68145 | (3.2122,3.7211) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 30 | 3.4000 | 0.72397 | (3.1297,3.6703) |
| Total | 150 | 3.4867 | 0.72108 | (3.3703,3.6030) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | Grouping |
|---|---|---|---|
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 30 | 3.4000 | a |
| ชาดำ | 30 | 3.4333 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 30 | 3.4667 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 30 | 3.4667 | a |
| กากเฉาก๊วย | 30 | 3.6667 | a |
| Sig. | | 0.211 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย หมักนาน 7 วัน**

**One-way ANOVA: การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น วันที่ 7 versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 1.560 | 4 | 0.390 | 0.458 | 0.766 |
| Within Groups | 123.433 | 145 | 0.851 | | |
| Total | 124.993 | 149 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 30 | 2.9333 | 1.04826 | (2.5419,3.3248) |
| กากเฉาก๊วย | 30 | 3.1000 | 0.92289 | (2.7554,3.4446) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 30 | 2.8333 | 0.91287 | (2.4925,3.1742) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 30 | 3.0000 | 0.87099 | (2.6748,3.3252) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 30 | 3.1000 | 0.84486 | (2.7845,3.4155) |
| Total | 150 | 2.9933 | 0.91590 | (2.8456,3.1411) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | Grouping |
|---|---|---|---|
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 30 | 2.8333 | a |
| ชาดำ | 30 | 2.9333 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 30 | 3.0000 | a |
| กากเฉาก๊วย | 30 | 3.1000 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 30 | 3.1000 | a |
| Sig. | | 0.328 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย หมักนาน 7 วัน**

**One-way ANOVA: การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ วันที่ 7 versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 3.893 | 4 | 0.973 | 1.232 | 0.300 |
| Within Groups | 114.567 | 145 | 0.790 | | |
| Total | 118.460 | 149 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 30 | 2.8000 | 0.96132 | (2.4410,3.1590) |
| กากเฉาก๊วย | 30 | 3.1667 | 0.79148 | (2.8711,3.4622) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 30 | 2.9333 | 0.86834 | (2.6091,3.2576) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 30 | 2.7333 | 0.98027 | (2.3673,3.0994) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 30 | 3.0667 | 0.82768 | (2.7576,3.3757) |
| Total | 150 | 2.9400 | 0.89165 | (2.7961,.0839) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | Grouping |
|---|---|---|---|
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 30 | 2.7333 | a |
| ชาดำ | 30 | 2.8000 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 30 | 2.9333 | a |
| กากเฉาก๊วย | 30 | 3.0667 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 30 | 3.1667 | a |
| Sig. | | 0.095 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย หมักนาน 7 วัน**

**One-way ANOVA: การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม วันที่ 7 versus สูตร**

**Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 2.493 | 4 | 0.623 | 0.745 | 0.563 |
| Within Groups | 121.400 | 145 | 0.837 | | |
| Total | 123.893 | 149 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 30 | 2.9000 | 0.92289 | (2.5554,3.2446) |
| กากเฉาก๊วย | 30 | 3.2667 | 0.90719 | (2.9279,3.6054) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 30 | 2.9333 | 0.94443 | (2.5807,3.2860) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 30 | 3.0000 | 0.87099 | (2.6748,3.3252) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 30 | 3.0333 | 0.92786 | (2.6869,3.3798) |
| Total | 150 | 3.0267 | 0.91187 | (2.8795,3.1738) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | Grouping |
|---|---|---|---|
| ชาดำ | 30 | 2.9000 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 30 | 2.9333 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 30 | 3.0000 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 30 | 3.0333 | a |
| กากเฉาก๊วย | 30 | 3.2667 | a |
| Sig. | | 0.172 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย หมักนาน 14 วัน**

**One-way ANOVA: การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี วันที่ 14 versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 1.307 | 4 | 0.327 | 0.622 | 0.648 |
| Within Groups | 76.167 | 145 | 0.525 | | |
| Total | 77.473 | 149 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 30 | 3.4333 | 0.67891 | (3.1798,3.6868) |
| กากเฉาก๊วย | 30 | 3.6667 | 0.66089 | (3.4199,3.9134) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 30 | 3.4667 | 0.86037 | (3.1454,3.7879) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 30 | 3.4667 | 0.68145 | (3.2122,3.7211) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 30 | 3.4000 | 0.72397 | (3.1297,3.6703) |
| Total | 150 | 3.4867 | 0.72108 | (3.3703,3.6030) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | Grouping |
|---|---|---|---|
| ชาดำ | 30 | 3.2000 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 30 | 3.3667 | a |
| กากเฉาก๊วย | 30 | 3.4333 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 30 | 3.4333 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 30 | 3.5000 | a |
| Sig. | | 0.135 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย หมักนาน 14 วัน**

**One-way ANOVA: การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น วันที่ 14 versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 1.560 | 4 | 0.390 | 0.458 | 0.766 |
| Within Groups | 123.433 | 145 | 0.851 | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ 1 % | 30 | 2.9333 | 1.04826 | (2.5419,3.3248) |
| กากเฉาก๊วย 1 % | 30 | 3.1000 | 0.92289 | (2.7554,3.4446) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 30 | 2.8333 | 0.91287 | (2.4925,3.1742) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 30 | 3.0000 | 0.87099 | (2.6748,3.3252) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 30 | 3.1000 | 0.84486 | (2.7845,3.4155) |
| Total | 150 | 2.9933 | 0.91590 | (2.8456,3.1411) |
| Total | 124.993 | 149 | | |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | | Grouping |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 30 | 2.6333 | | b |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 30 | 2.9333 | 2.9333 | ab |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 30 | 3.0000 | 3.0000 | ab |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 30 | 3.0333 | 3.0333 | ab |
| กากเฉาก๊วย | 30 | | 3.1333 | a |
| Sig. | | 0.089 | 0.401 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย หมักนาน 14 วัน**

**One-way ANOVA: การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ วันที่ 14 versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 3.893 | 4 | 0.973 | 1.232 | 0.300 |
| Within Groups | 114.567 | 145 | 0.790 | | |
| Total | 118.460 | 149 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 30 | 2.8000 | 0.96132 | (2.4410,3.1590) |
| กากเฉาก๊วย | 30 | 3.1667 | 0.79148 | (2.8711,3.4622) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 30 | 2.9333 | 0.86834 | (2.6091,3.2576) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 30 | 2.7333 | 0.98027 | (2.3673,3.0994) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 30 | 3.0667 | 0.82768 | (2.7576,3.3757) |
| Total | 150 | 2.9400 | 0.89165 | (2.7961,.0839) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | | | Grouping |
|---|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 30 | 2.4333 | | | c |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 30 | 2.7333 | 2.7333 | | bc |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 30 | | 3.0333 | 3.0333 | ab |
| กากเฉาก๊วย | 30 | | 3.1333 | 3.1333 | ab |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 30 | | | 3.3333 | a |
| Sig. | | 0.249 | 0.148 | 0.280 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดสอบทางประสาทสัมผัสของคอมบูชาจากชาดำ กากเฉาก๊วย และชาดำผสมกากเฉาก๊วย หมักนาน 14 วัน**

**One-way ANOVA: การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม วันที่ 14 versus สูตร Method**

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 2.493 | 4 | 0.623 | 0.745 | 0.563 |
| Within Groups | 121.400 | 145 | 0.837 | | |
| Total | 123.893 | 149 | | | |

| สูตร | N | Mean | StDev | 95% CI |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 30 | 2.9000 | 0.92289 | (2.5554,3.2446) |
| กากเฉาก๊วย | 30 | 3.2667 | 0.90719 | (2.9279,3.6054) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 30 | 2.9333 | 0.94443 | (2.5807,3.2860) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 30 | 3.0000 | 0.87099 | (2.6748,3.3252) |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 30 | 3.0333 | 0.92786 | (2.6869,3.3798) |
| Total | 150 | 3.0267 | 0.91187 | (2.8795,3.1738) |

**Grouping Information Using the Duncan Method and 95% Confidence**

| สูตร | N | Subset for alpha = 0.05 | | Grouping |
|---|---|---|---|---|
| ชาดำ | 30 | 2.6000 | | b |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.6) | 30 | 3.0000 | 3.0000 | ab |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:0.9) | 30 | | 3.1333 | a |
| กากเฉาก๊วย | 30 | | 3.1667 | a |
| ชาดำผสมกากเฉาก๊วย (1:1.2) | 30 | | 3.3667 | a |
| Sig. | | 0.053 | 0.106 | |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้