



รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเพิ่มมูลค่าเศษเหลือทิ้งจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว
เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะ เพื่อสุขภาพ

The Added Value of Wastes from Roasted Cocoa Beans
is a Kombucha Drink Product for Health

รัตนากร แสนทำพล

สาขาวิชาเอกการจัดการการเกษตรสมัยใหม่
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566

รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเพิ่มมูลค่าเศษเหลือทิ้งจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว
เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะ เพื่อสุขภาพ

The Added Value of Wastes from Roasted Cocoa Beans
is a Kombucha Drink Product for Health

รัตนกร แสนทำพล

สาขาวิชาเอกการจัดการการเกษตรสมัยใหม่

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยี

อุตสาหกรรม

ทุนอุดหนุนประเภทงานวิจัย พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ประจำปีงบประมาณ 2566

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ชื่องานวิจัย การเพิ่มมูลค่าเศษเหลือทิ้งจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะ เพื่อสุขภาพ

ชื่อผู้วิจัย รัตนกร แสนทำพล

สาขาวิชา การจัดการการเกษตรสมัยใหม่

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีเสร็จวิจัย 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ ศึกษาคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ รวมถึงถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชะ เพื่อสุขภาพสู่ชุมชน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) พบว่า สูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับสูงที่สุดในทุกด้าน จากนั้นนำมาพัฒนาสูตรต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ ซึ่งผลวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ค่า pH เท่ากับ 2.45 ค่า Brix เท่ากับ 16.2 ส่วนคุณภาพทางเคมี ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ พบว่า ตรวจไม่พบ ตะกั่ว สารหนู และตรวจพบสารกันบูด (Benzoic acid) และซอร์บิก (Sorbic acid) เท่ากับ 14.20 และ 38.60 ส่วนปริมาณคาเฟอีน พบปริมาณ 2.25 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเครื่องดื่มประเภทชาหมักกำหนดในด้านคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของเครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ พบว่า ตรวจไม่พบจำนวนยีสต์และราทั้งหมด, *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* และตรวจพบปริมาณ *Coliform*, *Escherichia coli* < 1.1 MPN/100 ml ซึ่งมีปริมาณน้อย เมื่อเทียบกับมาตรฐานและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด แสดงว่าเครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ มีคุณภาพทางจุลินทรีย์ที่ดีและปลอดภัยต่อผู้บริโภค ในส่วนของการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ สู่ชุมชน พบว่าผู้เข้าร่วมอบรมให้คะแนนความพึงพอใจทางด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ เกษตรกรมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 ± 0.51 และการประเมินความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด พบว่า เกษตรกรมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.82 ± 0.54

(ข)

คำสำคัญ: โกโก้, เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้, คอมบูฉะ, ชาหมัก, เศษเหลือทิ้ง

Title The Added Value of Wastes from Roasted Cocoa Beans is a Kombucha Drink Product for Health

Author Miss Rattanakorn Saenthumpol

Department Agriculture Phetchabun Rajabhat University

Year 2023

Abstract

The objectives of this research were to develop a prototype of a healthy kombucha drink product, study the quality and acceptance of consumers towards healthy kombucha beverage products. And including transferring technology for producing kombucha beverages for the health of the community. Completely randomized design (CRD) and evaluated sensory quality in terms of appearance, color, smell, taste and overall acceptance. Using 50 testers using a 9-point Hedonic Scale tasting method, it was found that formula 2 was the most accepted in all aspects. Then used to develop a prototype drink for healthy kombucha. The results of physical quality analysis showed that the pH was 2.45 and the Brix was 16.2. Chemical quality section of kombucha healthy drink products, it was not found that lead, arsenic, and preservatives (Benzoic acid) and sorbic acid (Sorbic acid) were found at 14.20 and 38.60, while the caffeine content was 2.25, which was within the standard for fermented tea beverages. Regarding the microbial quality of the healthy kombucha drink, it was found that the total number of yeasts and molds, *Salmonella* and *Staphylococcus aureus* was not detected, and the *coliform*, *Escherichia coli* < 1.1 MPN/100 ml was detected. Compared to the standards and within the specified standards. It's shows that kombucha drink for health, it has good microbial quality and safe for consumers.

As for the technology transfer technology for producing kombucha beverages for the health of the community. It was found that the participants rated their satisfaction with the knowledge utilization. Farmers had the highest level of satisfaction. The average was 4.75 ± 0.51

and the overall satisfaction assessment found that the farmers had the highest level of satisfaction. which has an average value of 4.82 ± 0.54

Key word: cocoa, cocoa shell, kombucha, fermented tea, waste

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยคำแนะนำต่างๆจากผู้ร่วมวิจัย คณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดีจากกลุ่มวิสาหกิจโกโก้นางั่ว นักศึกษาหลักสูตรเกษตรศาสตร์ รวมถึงบุคคลหลายฝ่าย ที่สละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่ได้ให้สถานที่ในการดำเนินการทดลองงานวิจัย และขอขอบพระคุณ งานวิจัย พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยมา ณ ที่นี้ด้วย

รัตนกร แสนทำพล

20 กุมภาพันธ์ 2567

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.4 กรอบแนวคิดการวิจัย	4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	5
1.6 ประโยชน์ของการวิจัย	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 คอมพิวเตอร์	6
2.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการหมักคอมพิวเตอร์	7
2.3 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักคอมพิวเตอร์	15
2.4 กระบวนการหมักคอมพิวเตอร์	18
2.5 องค์ประกอบที่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้จากชาหมักคอมพิวเตอร์	20
2.6 ประโยชน์ของเครื่องดื่มคอมพิวเตอร์เพื่อสุขภาพ	21
2.7 ความเป็นพิษของเครื่องดื่มคอมพิวเตอร์ต่อร่างกาย	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
	2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 28
บทที่ 3	วิธีการดำเนินการวิจัย 30
	3.1 อุปกรณ์และวัตถุดิบที่ใช้ในการทำเครื่องต้มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ 30
	3.2 อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือด้านการประเมินคุณภาพ 31
	3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง 34
	3.4 สถานที่ทำการทดลอง 38
	3.5 ระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง 38
บทที่ 4	ผลการวิจัย 39
	4.1 ผลการพัฒนาสูตรต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ 39
	4.2 ผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ 43
	4.3 ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ 45
	4.4 ถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบูชะเพื่อสุขภาพสู่ชุมชน 46
บทที่ 5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 52
	5.1 สรุปผลการวิจัย 52
	5.2 อภิปรายผลการวิจัย 54
	5.3 ข้อเสนอแนะ 55
บรรณานุกรม	56

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	64
ภาคผนวก ก (สูตรพื้นฐานเครื่องดัดมอมบุจะเพื่อสุขภาพ)	65
ภาคผนวก ข (แบบประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส)	69
ภาคผนวก ค (กำหนดการถ่ายทอดเทคโนโลยี)	74
ภาคผนวก ง (แบบประเมินความพึงพอใจของเกษตรกร)	76
ภาคผนวก จ (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543)	78
ประวัติผู้วิจัย	83

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ความสามารถออกซิไดซ์ของแบคทีเรียกรดอะซิติก	17
3-1	สูตรพื้นฐานเครื่องต้มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ	35
3-2	คุณภาพทางด้านกายภาพของเครื่องต้มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพสูตรพื้นฐาน	36
4-1	แสดงค่าการยอมรับของผู้บริโภคต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบูฉะ	40
4-2	แสดงค่าการยอมรับของผู้บริโภคต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบูฉะ	42
4-3	แสดงค่า Brix และ pH ก่อนและหลังการผลิตต้นแบบเครื่องต้มคอมบูฉะ เพื่อสุขภาพพร้อมดื่ม	43
4-4	แสดงค่าคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ	44
4-5	แสดงค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ	44
4-6	แสดงค่าการยอมรับของผู้บริโภคต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบูฉะ เพื่อสุขภาพ	45
4-7	ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร	48
4-8	ระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมอบรม	49

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	กรอบแนวคิดการวิจัย	4
2-1	โครงสร้างน้ำตาลซูโครส	10
2-2	เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้	11
2-3	ลักษณะใบ และดอกอัญชัน	12
2-4	ลักษณะของขิง	13
2-5	ลักษณะของกระชาย	14
2-6	ลักษณะของมะขาม	15
3-1	ขั้นตอนการทำเครื่องดื่มคอมบูชะ	36
4-1	แสดงการวัดค่า Brix และค่า pH ของเครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ	39
4-2	จำนวนชั้นของเชื้อสโปปี้ในเครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ	41
4-3	เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ ทั้ง 6 สูตร หลังจากผ่านการหมัก 30 วัน	42
4-4	รวมภาพกิจกรรมการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ	46
4-5	รวมภาพการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนโกโก้นางั่ว	47

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สภาพสังคมปัจจุบันมีความเปลี่ยนแปลงในลักษณะเป็นสังคมที่เร่งรีบในการทำงานและการดำเนินชีวิตประจำวัน รวมถึงสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปส่งผลให้ผู้คนนิยมหันมาดูแลสุขภาพกันมากขึ้น ดังนั้นความต้องการผลิตภัณฑ์ที่ช่วยเสริมสร้างสุขภาพให้ร่างกายมีระบบภูมิคุ้มกันที่แข็งแรงจึงมีแนวโน้มมากขึ้น โดยปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างแพร่หลายในด้านวัตถุดิบจากธรรมชาติ กระบวนการผลิต รูปแบบและรสชาติของผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคนอกจากอาหารเพื่อสุขภาพแล้วความต้องการผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งผู้บริโภคหันมาให้ความสนใจรับประทานเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากธรรมชาติมากขึ้น โดยเฉพาะเครื่องดื่มที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) การต้านเชื้อจุลินทรีย์ (Antimicrobial activity) ด้านการอักเสบ รวมไปถึงเป็นสารต้านการก่อมะเร็ง (Vajragupta O, et al., 2006)

คอมบูฉะ (Kombucha) หรือชาหมัก เป็นเครื่องดื่มที่คนรู้จักคุ้นเคยมานาน และเชื่อกันว่าเครื่องดื่มที่ส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค เพราะไม่เพียงมีสรรพคุณเช่นเดียวกับชา แต่ยังมีเชื้อโพรไบโอติก ที่เป็นกลุ่มเชื้อจุลินทรีย์และยีสต์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ทั้งอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ผลิตภัณฑ์คอมบูฉะ ที่หมักจากชาเขียวจะอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดที่ช่วยป้องกันหรือยับยั้งความเสียหายของเซลล์ที่เกิดขึ้นจากอนุมูลอิสระอย่างสารโพลีฟีนอล (Polyphenol) โดยในปัจจุบันมีงานวิจัยที่ศึกษาคุณสมบัติของคอมบูฉะ ในด้านนี้กับหนูที่ได้รับสารละลายตะกั่วติดต่อกัน 45 วัน โดยแบ่งหนูทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่กินคอมบูฉะ ควบคู่กับได้รับสารตะกั่ว กับกลุ่มที่ไม่ได้กินคอมบูฉะ พบว่าเซลล์ที่ถูกทำลายจากสารตะกั่วของหนูกลุ่มแรกนั้นมีจำนวนลดลง แสดงให้เห็นว่า เครื่องดื่มชนิดนี้สามารถช่วยลดความเป็นพิษของตับจากการได้รับสารเคมีที่เป็นพิษได้ โพรไบโอติก (Probiotic) คือเชื้อจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่ของมนุษย์ ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น แบคทีเรียที่สร้างกรดแล็กติก (Lactic acid bacteria, LAB) แบคทีเรียกลุ่มนี้พบในผลิตภัณฑ์อาหารหมัก เช่น กิมจิ นมเปรี้ยว แหนม ซึ่งช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค ช่วยย่อยอาหารที่มนุษย์ย่อยไม่ได้หรือย่อยได้ไม่หมด ช่วยการดูดซึมของ

สารอาหาร ลดระดับคอเรสเตอรอล และสร้างวิตามินที่เป็นประโยชน์กับร่างกาย อาหารที่แบคทีเรียกลุ่มโพรไบโอติกนำไปใช้ เรียกว่า พรไบโอติก (พนารัตน์, 2560)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์ในการพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพจากเศษเหลือทิ้งจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าเศษเหลือทิ้งให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตโกโก้ของจังหวัดเพชรบูรณ์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสูตรต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพจากเศษเหลือทิ้งจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว
2. เพื่อศึกษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ
3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ
4. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ สู่ชุมชน

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.3.1 การเตรียมวัตถุดิบและวิธีการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชะ

1. นำเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตโกโก้ มาต้มกับน้ำสะอาด ที่อุณหภูมิ 100-120 องศาเซลเซียส จากนั้นพักไว้ ให้เย็น จนอุณหภูมิเหลือ 30-50 องศาเซลเซียส
2. เตรียมภาชนะถังหมัก โดยการต้มฆ่าเชื้อ หรือทำการพาสเจอร์ไรส์ถังหมัก เพื่อให้ปลอดเชื้อ
3. กรองเอาน้ำต้มเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว มาใส่ในถังหมัก พร้อมทั้งใส่น้ำตาลทราย โดยมีสัดส่วน คือ 4:1 (น้ำ: น้ำตาลทราย) และเติมหัวเชื้อ Scoby ลงไปในถังหมัก ปิดฝา วางในพื้นที่ที่ถ่ายเทได้สะดวก เพื่อให้ยีสต์ได้ทำงานได้อย่างเต็มที่ ใช้เวลาในการหมักประมาณ 1-2 เดือน
4. ในกรณีที่ต้องการทำหัวเชื้อหมัก Scoby จะต้องเทน้ำออกแล้วหมักต่อไป 3-6 เดือน

1.3.2 พัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์จากเครื่องดื่มคอมบูฉะ เพื่อสุขภาพ จำนวน 5 สูตร โดยเพิ่มพืชที่มีในท้องถิ่น ได้แก่ ดอกอัญชัญ ชিং กระชาย และมะขาม ในสูตร แล้วนำมาเปรียบเทียบคุณภาพ

1.3.3 ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ โดยการทำแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค จำนวน 50 คน (กลุ่มผู้บริโภคคนรักสุขภาพ) ให้คะแนนโดยวิธี 9-point hedonic scale (เพ็ญขวัญ, 2536) วิเคราะห์ความแตกต่าง Duncan's New Multiples Range Test (DMRT) ใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์

1.3.4 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูฉะ ดังนี้

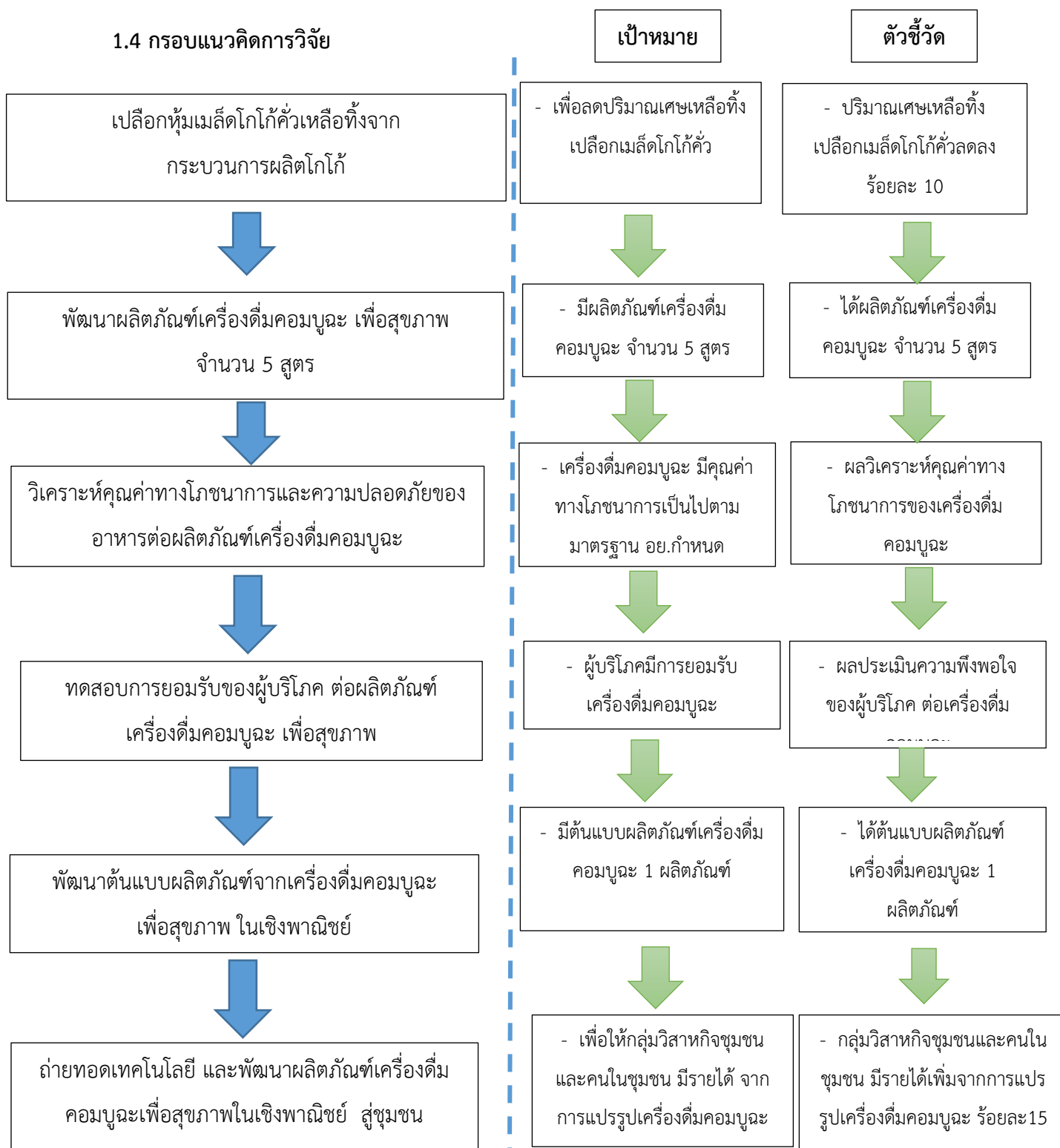
2.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า pH, โดยใช้เครื่อง pH meter ยี่ห้อ Schott รุ่น G0842, Switzerland และค่า Brix โดยใช้เครื่องวัดความหวานชนิดจุ่มสัมผัสกับอาหาร (refractometer)

2.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ตะกั่ว, สารหนู, กรดเบนโซอิก, กรดซอร์บิก, กาเฟอีน โดยวิธี HPLC- DAD

2.3 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ *Yeast&molds* โดยวิธี FDA BAM Online, 2001, *Coliform*, *E.coli*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* โดยวิธี ISO 19250:2010

1.3.5 ถ่ายทอดเทคโนโลยี และพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพในเชิงพาณิชย์สู่ชุมชน โดยมีกลุ่มเป้าหมายจำนวน 30 คน ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนโกโก้บ้านจั่ว ต.นาจั่ว อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์

1.4 กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดการวิจัย

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

คอมบูฉะ (Kombucha) หมายถึง เครื่องดื่มชาหมักเพื่อสุขภาพที่มีความหวานและความเปรี้ยว ต้มแล้วให้ความสดชื่นแก่ร่างกาย โดยใช้ชาและน้ำตาลเป็นวัตถุดิบในการหมัก ซึ่งกระบวนการหมักจะเกิดขึ้นในสถานะที่มีการใช้ออกซิเจน โดยอาศัยเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำงานร่วมกัน ในสองชนิดประกอบด้วยแบคทีเรียกรดอะซิติกและยีสต์

เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ (Functional Drink) หมายถึง เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพหรือเป็นเครื่องดื่ม ที่มีการบ่งบอกชัดเจนถึงประโยชน์เฉพาะเจาะจง เช่น เครื่องดื่มธัญพืชที่ช่วยให้สุขภาพผิวดีขึ้น หรือ เครื่องดื่มที่ช่วยลดความอ้วนที่สกัดจากชา หรือสารอาหารจากธรรมชาติ, ชาเขียวผสมคอลลาเจน, นมผสมคอลลาเจน, น้ำผลไม้ผสมแอล-คาร์เนทีน เป็นต้น

เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว (Roasted cocoa bean husks) หมายถึง เมล็ดโกโก้ที่ไปผ่านการคั่ว แล้วนำไปกระเทาะเปลือกเมื่อคั่วเสร็จ แกลบหรือเปลือกที่ห่อหุ้มเมล็ดโกโก้ (Roasted cocoa bean husks) อยู่จะถูกกำจัดออกโดยการร่อนและใช้ลมเป่าที่เรียกว่า Winnowing หลังจากกำจัดส่วนที่ไม่ต้องการออกไปแล้ว เราจึงนำเมล็ดส่วนที่เหลือที่ถูกเรียกว่า Cacao Kernel หรือ Cacao Nib ที่มีสีน้ำตาลเข้มไปเข้ากระบวนการต่อไป

1.6 ประโยชน์ของการวิจัย

1. ลดปริมาณเศษเหลือทิ้งของเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว ในกระบวนการผลิตโกโก้ ของกลุ่มวิสาหกิจโกโก้ในจังหวัดเพชรบูรณ์ได้
2. ได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูฉะ เพื่อสุขภาพ จากเศษเหลือทิ้งของเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วในกระบวนการผลิตโกโก้
3. ทราบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูฉะ ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ และมีความปลอดภัยในการบริโภค
4. พัฒนาและเผยแพร่องค์ความรู้เพื่อส่งเสริมรายได้ให้แก่ชุมชน สามารถนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ และเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร สร้างรายได้ให้แก่ชุมชน
5. เป็นแนวทางในการนำผลงานวิจัยนี้ไปส่งเสริมให้กับกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่อื่นๆได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจดูแลสุขภาพของตัวเองมากขึ้น ซึ่งอาหารสุขภาพ กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะผลผลิตทางการเกษตรที่เป็นปัจจัยหลักในการประกอบอาหาร โดยจะเน้นเลือกซื้อสินค้าเกี่ยวกับสุขภาพ ประุงอาหารรับประทานเอง ซึ่งสินค้าที่มีแนวโน้มเติบโตดี จะเป็นกลุ่มอาหารที่เรียกว่า "ซูเปอร์ฟู้ด" อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยวิตามิน และมีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น กลุ่มฟังก์ชันนอลฟู้ด หรือผลิตภัณฑ์ที่ทำหน้าที่ให้คุณค่าทางอาหารที่จำเป็นกับร่างกาย พฤติกรรมของผู้บริโภคที่เปลี่ยนไป สะท้อนถึงเทรนด์อาหารในอนาคต (Future Foods) โดยนอกจากฟังก์ชันนอลฟู้ด แล้ว ผู้บริโภคยังจะมองหาวัตถุดิบ หรือผลผลิตทางการเกษตรที่ปลอดภัยจากสารเคมี อย่างอาหารเกษตรอินทรีย์ (Organic Foods), อาหารทางการแพทย์ (Medical Foods) ซึ่งไม่ใช่ยาหรืออาหารเสริม แต่เป็นอาหารที่ออกแบบมาเพื่อผู้ป่วยเฉพาะโรค ที่ไม่สามารถทานอาหารปกติได้ รวมถึงอาหารจากพืชหรือสัตว์ที่ไม่ได้ใช้เทคโนโลยีการผลิตแบบดั้งเดิม แต่เป็นอาหารที่ได้รับการปรับแต่งโดยกระบวนการผลิตแบบใหม่ (Novel Foods) เช่น การใช้นาโนเทคโนโลยีในการผลิต รวมถึงแหล่งอาหารใหม่ เช่น แมลง สาหร่าย ยีสต์ เป็นต้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค นอกจากอาหารเพื่อสุขภาพแล้ว ความต้องการผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งผู้บริโภคหันมาให้ความสนใจรับประทานเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากธรรมชาติมากขึ้นโดยเฉพาะเครื่องดื่มที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) การต้านเชื้อจุลินทรีย์ (Antimicrobial activity) ด้านการอักเสบ รวมไปถึงเป็นสารต้านการก่อมะเร็ง

2.1 คอมบูชา (Kombucha)

คอมบูชา คือเครื่องดื่มชาหมักเพื่อสุขภาพที่มีความหวานและความเปรี้ยว ดื่มแล้วให้ความสดชื่นแก่ร่างกาย โดยใช้ชาและน้ำตาลเป็นวัตถุดิบในการหมัก ซึ่งกระบวนการหมักจะเกิดขึ้นในสภาวะที่มีการใช้ออกซิเจน โดยอาศัยเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำงานร่วมกัน ในสองชนิดประกอบด้วยแบคทีเรียกรดอะซิติกและยีสต์ (Dufresne and Farnmorth, 2000) อุณหภูมิที่เหมาะสมในกระบวนการหมักที่ 18-30 °C เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักจะได้ผลิตภัณฑ์ 2 ส่วน ประกอบด้วย แผ่นวุ้นหรือเซลลูโลส (cellulosic pellicle layer) ใน

ส่วนนี้ไม่นิยมบริโภคเพราะมีความเปรี้ยวและความเหนียวแข็งของแผ่นวุ้น ในส่วนที่สองคือ น้ำชาหมัก (fermented tea broth) ในส่วนนี้จะใช้ในการดื่มบริโภค มีรสชาติที่เปรี้ยว มีรสชาติของน้ำชาหมักที่หวาน พบว่าในน้ำชาหมักมีสารประกอบต่างๆ หลากหลายชนิดที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย อาทิเช่น acetic acid, glucuronic acid, gluconic acid, succinic acid, citric acid, amino acid, vitamin C, B1, B12, glucose และ D-saccharic acid-1,4-lactone หรือสาร DSL คอมบูชะจะมีชื่อเรียกที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับแต่ละท้องถิ่น ภูมิประเทศ เช่น ประเทศไต้หวัน เรียก Haipo หรือ Tea Fungus ประเทศญี่ปุ่น เรียกว่า Kocha Kinoko ประเทศรัสเซีย เรียกว่า Mo-Gu ประเทศในแถบยุโรป เรียกว่า Heldenpilz หรือ Kombuchaschwamm นอกจากนี้ในบางประเทศรู้จักกันในชื่อของ Kombucha Kargaksok Tea และ Manchurin Mushroom เป็นต้น การบริโภคเครื่องดื่มชาหมัก พบว่า เริ่มมีการบริโภคตั้งแต่ ปีค.ศ. 220 ในสมัยราชวงศ์ฉินของประเทศจีน ใช้ในการบริโภคเป็นเครื่องดื่มชูกำลังให้แก่กองทัพทหารและล้างสารพิษ ในปี ค.ศ. 414 แพทย์ชาวเกาหลีมีชื่อว่า “คอมบู” ได้นำชาหมักจากประเทศจีนไปยังประเทศบ้านเกิดของเขาและถวายการรักษาโรคกระเพาะอาหาร ให้แก่จักรพรรดิด้วยคอมบูชะ ซึ่งให้ผลการรักษาที่ดี ดังนั้น ชาหมักจึงถูกรู้จักในนาม “คอมบูชะ” ตาม ชื่อของแพทย์ชาวเกาหลี จากนั้นการดื่มชาหมักคอมบูชะจึงได้แพร่หลายขยายเข้าไปในเกือบทุกทวีป ของโลกทั้งยุโรป รัสเซียและสหรัฐอเมริกา โดยผู้บริโภคที่ได้ดื่มคอมบูชะต่างให้การยอมรับว่า มีรสชาติหวาน มีความเปรี้ยวและมีความซ่าคล้ายคลึงกับแอปเปิ้ลไซเดอร์ จัดเป็นเครื่องดื่มที่สามารถหมักและดื่มบริโภคขึ้นได้ภายในครัวเรือน โดยผู้บริโภคคอมบูชะมีความเชื่อว่า การดื่มชาหมัก ชนิดนี้ จะมีผลดีต่อสุขภาพและช่วยรักษาโรคต่างๆ ได้ เช่น มีสารต้านอนุมูลอิสระที่สูง เพิ่มภูมิคุ้มกันและป้องกันโรค ช่วยให้ระบบย่อยอาหารทำงานได้ดีขึ้น ช่วยลดการเกิดโรคมะเร็ง ป้องกันการเกิดโรคไขข้ออักเสบ ช่วยในการล้างสารพิษในเลือดและระบบย่อยอาหาร ส่งเสริมการทำงานของตับ (Roche, 1998) รวมทั้งช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้อีกด้วย (Yang et al., 2009)

2.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการหมักคอมบูชะ

ประกอบด้วย ชาและน้ำตาลซูโครส

2.2.1 ชา (tea)

ชา เป็นพืชยืนต้นหรือไม้พุ่มในวงศ์ Theaceae จัดอยู่ในจีนัส Camellia มีมากกว่า 300 ชนิด สำหรับชาที่นิยมใช้ในการบริโภคสามารถจัดแบ่งเป็น 2 สายพันธุ์ คือ ชาจีน (Camellia sinensis var. sinensis) เป็นสายพันธุ์ที่นำเข้ามาจากประเทศไต้หวันและจีน มีลักษณะของใบที่เล็กและแคบ ทนทานต่อ สภาพอากาศหนาวเย็น ได้แก่ ชาอูหลงเบอร์ 17 อูหลงก้านอ่อน นิยมปลูกตามแถบจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย

แม่ฮ่องสอน สำหรับอีกสายพันธุ์คือ ชาอัสสัมหรือชาอินเดีย เป็นสายพันธุ์ที่มีต้นกำเนิดในประเทศอินเดียและจัดเป็นสายพันธุ์ดั้งเดิมของไทย (*Camellia sinensis* var. *assamica*) มีลักษณะใบที่ใหญ่ เจริญได้ดีในป่าเขตร้อนชื้น ชอบร่มเงา นิยมปลูกตามแถบจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แพร่ น่าน และลำปาง (ธีรพงษ์, 2555) สำหรับวิธีการเก็บเกี่ยวชา นั้น จะทำการเก็บยอดอ่อนของใบชาและนำเข้าสู่กระบวนการต่างๆ ที่ให้เกิดการหมัก ซึ่งหากแบ่งตามกระบวนการแปรรูปชาด้วยกระบวนการหมัก สามารถจัดแบ่งได้ 3 ประเภท คือ ชาเขียว (green tea) ชาอู่หลง (oolong tea) และชาดำ (black tea) เนื่องจากในการผลิตชาทั้งสามนี้มีระดับการหมักที่แตกต่างกัน จึงทำให้ชามีความแตกต่างของกลิ่น สี รสชาติ และองค์ประกอบทางเคมี (ธีรพงษ์, 2556)

2.2.1.1 ประเภทของชาแบ่งตามกระบวนการผลิตที่มีระดับการหมักใบชาที่แตกต่างกัน ซึ่งจัดแบ่งได้ดังนี้ คือ

ชาเขียว (green tea) เป็นชาที่กระบวนการผลิตไม่ผ่านการหมัก (non-fermented tea) สำหรับประเทศไทยนิยมผลิตชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมและอู่หลงเบอร์ 12 (ธีรพงษ์, 2556) โดยการเก็บยอดอ่อนของต้นชา แต่ถ้าหากพบว่า ใบชาที่มีความชื้นจะต้องทำการผึ่ง เพื่อเป็นการไล่ความชื้น จากนั้นนำไปอบด้วยไอน้ำ เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ polyphenoloxidase ซึ่งทำให้ไม่เกิดการกระบวนการหมัก จากนั้นนำใบชาไปนวด (rolling) ให้เป็นเส้น และนำไปอบแห้ง (drying) ตามด้วยการคัดเกรดและบรรจุ สำหรับองค์ประกอบที่สำคัญที่พบในชาเขียว คือ polyphenol มีอยู่ประมาณ 38- 42% โดยน้ำหนักแห้ง สารประกอบ polyphenol ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบในกลุ่ม flavonoids ซึ่ง 5 กลุ่ม flavonoids ที่พบมากจะเป็นประเภท flavonols ที่ประกอบด้วยสาร 3 ชนิด คือ quercetin, kaempferol และ rutin ซึ่งสารคาเฟอีนและ theanine เป็นสารประกอบที่ให้กลิ่นและรส และสาร leucoanthocyanins เมื่อนำชาเขียวไปต้มเป็นเครื่องดื่มพบว่า สารประกอบจำพวกโพลีฟีนอลที่เรียกว่า catechins ได้แก่ (-)-epigallocatechin-3-gallate (EGCG) (-)-epigallocatechin gallate (EGC) (-)- Epicatechin-3-gallate (ECG) และ (-)-Epicatechin (EC) เป็นสารประกอบที่สามารถละลายน้ำได้มากที่สุด สำหรับกลุ่ม catechins ที่พบในปริมาณน้อย ได้แก่ (+)-Gallocatechin (GC) (+)-Catechin (C) และคาเทชินอื่นๆ เช่น (-)-Gallocatechin gallate (GCG) และ (-)-Catechin gallate (CG) โดยพบว่า ชาเขียวต่อ 1 กิโลกรัม พบ catechins 191 g, คาเฟอีน 36 g, และ flavonols 5.2 g งานวิจัยต่างๆ พบว่าชาเขียวสามารถต้านการเกิดมะเร็งในมนุษย์ได้ (Sajilata et al., 2008)

ชาอู่หลง (oolong tea) เป็นชาที่ผ่านกระบวนการหมักเพียงบางส่วน หรือเป็นชากึ่งหมัก (semi-fermented tea) นิยมใช้ชาสายพันธุ์จีนในการผลิต เริ่มจากการเก็บยอดอ่อนของต้น จากนั้นนำใบชาผึ่ง

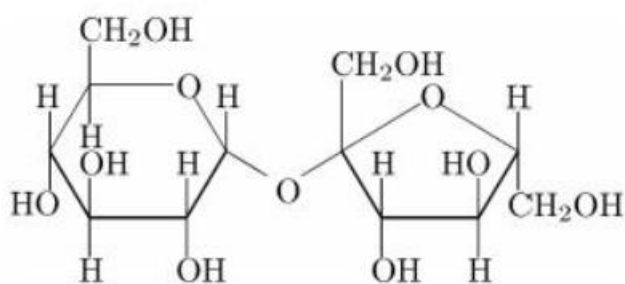
กลางแจ้ง (outdoor withering) ประมาณ 20-40 นาที เพื่อให้ใบชาเกิดการคายน้ำออกมา ขั้นตอนต่อไปนำใบชาผึ่งในที่ร่ม (indoor withering) ที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น และใบชาจะถูกเขย่า กระตุ้นให้เกิดการช้ำ สำหรับการผึ่งในที่ร่ม ทำให้เกิดการหมักบางส่วนส่งผลให้เอนไซม์ polyphenoloxidase เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของ catechins ทำให้เกิดการรวมตัวกันของสาร catechins เป็นสารประกอบใหม่ที่ทำให้ชาอู่หลงมีสีกลิ่น และรสชาติที่ต่างไปจากชนิดอื่นๆ ภายหลังการผึ่ง ในที่ร่มใบชาจะถูกนำไปคั่ว และนวด (rolling) ให้เป็นเส้นและนำไปอบแห้ง ตามด้วยการคัดเกรดและบรรจุ (ธีรพงษ์, 2556) องค์ประกอบทางเคมีของชาอู่หลงจะประกอบไปด้วย (mg/100 ml) gallic acid 2.19 mg, คาเฟอีน 23.51 mg, gallocatechin 6.68 mg, epigallocatechin 16.14 mg, catechins 1.65 mg, epicatechins 5.08 mg, epigallocatechin gallate 25.73 mg, gallocatechin gallate 1.85 mg, epicatechin gallate 5.73 mg, catechin gallate 0.6 mg, polymerization 33.65 mg และ total phenol 99.32 mg (Sajilata et al., 2008)

ชาดำ (black tea) เป็นชาที่ผ่านกระบวนการหมักอย่างสมบูรณ์ (completely fermented tea) ใบชาสดจะถูกผึ่ง เพื่อลดความชื้น ตามด้วยนวดและตี จากนั้นเป็นกระบวนการหมัก ที่ปล่อยเอนไซม์เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันคาเทชินอย่างสมบูรณ์ คาเทชินจะเกิดออกซิเดชัน และรวมตัวกันเป็นสารประกอบใหม่ จากนั้นอบแห้ง ตามด้วยคัดเกรดและบรรจุ สำหรับองค์ประกอบทางเคมี ของชาดำนั้น ประกอบด้วย catechin ประมาณ 3-10% theaflavins ประมาณ 2-6% และ thearubigins มีประมาณ 10-20% (Sajilata et al., 2008)

2.2.2 น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครส (เรื่องลักขณา, 2541)

น้ำตาล มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ทั้งมนุษย์ พืช สัตว์ รวมทั้งจุลินทรีย์ โดยจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง ที่ให้ความหวาน หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่า น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครส (sucrose) น้ำตาลซูโครส สามารถพบได้ในพืชหลากหลายชนิด สำหรับพืชที่นิยมนำมาผลิต เป็นน้ำตาลซูโครสหรือผลิตเพื่อการค้า ได้แก่ อ้อยและหัวบีท น้ำตาลซูโครสประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน จัดเป็นสารให้ความหวานประเภทไดแซ็กคาไรด์หรือน้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide) ที่สามารถละลายน้ำได้ ซึ่งมีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{12}H_{22}O_{11}$ โดยสูตรโครงสร้าง โมเลกุลจะประกอบด้วย โมโนแซ็กคาไรด์ 2 โมเลกุล จะประกอบขึ้นจาก α -glucose และ β -D-fructose หรือกลูโคสและฟรุกโตส (ภาพที่ 2-1) โดยพันธะระหว่างกลูโคสและฟรุกโตส อยู่ในรูปไกลโคไซด์ ถ้าทำการไฮโดรไลซ์ซูโครสด้วยกรดหรือเอนไซม์จะทำให้ได้น้ำตาลอินเวิร์ต (invert sugar) ซึ่งเป็นสารผสมของกลูโคสและฟรุกโตสที่มีจำนวนโมลาร์ที่เท่ากัน น้ำตาลอินเวิร์ตในธรรมชาติ จะพบมากในน้ำผึ้ง โดยน้ำตาลอินเวิร์ตจะให้ความหวานใกล้เคียงกับ น้ำตาลซูโครส เนื่องจากน้ำตาล

กลูโคส จะไม่ค่อยหวานแต่น้ำตาลฟรุคโตสจะหวานกว่าน้ำตาลซูโครส ในกระบวนการหมักคอมบูชะ น้ำตาลซูโครสจัดเป็นแหล่งคาร์บอนชั้นดีให้แก่จุลินทรีย์ โดยเฉพาะแบคทีเรียกรดอะซิติก ซึ่งการใช้น้ำตาลชนิดอื่นเป็นวัตถุดิบสำหรับหมัก จะมีผลทำให้แบคทีเรียกรดอะซิติกมีการเจริญเติบโตได้น้อย Malbasa et al (2008) ศึกษากระบวนการหมักคอมบูชะ โดยใช้น้ำตาลโมลาสเป็นแหล่งคาร์บอน พบแบคทีเรียกรดอะซิติกมีอัตราการเจริญที่น้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำตาลซูโครส



ภาพที่ 2-1 โครงสร้างของน้ำตาลซูโครส (เรื่องลักษณะ, 2541)

2.2.3 เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว (Roasted cocoa bean husks)

หลังจากการทำความสะอาด คัดคุณภาพ เมล็ดโกโก้แห้งจะถูกนำมาคั่วตั้งแต่ 10 - 30 นาที ที่อุณหภูมิ 120-130 องศาเซลเซียส (บางกรณีอาจใช้อุณหภูมิต่ำกว่านี้เล็กน้อย) ขั้นตอนการคั่วเป็นขั้นตอนสำคัญซึ่งมีผลกระทบต่อรสชาติของโกโก้ ได้จากการนำเมล็ดโกโก้ไปผ่านการคั่ว แล้วนำไปกะเทาะเปลือก เมื่อคั่วเสร็จ แกลบหรือเปลือกที่ห่อหุ้มเมล็ดโกโก้ (Roasted cocoa bean husks) ดังรูปที่ 2-2 อยู่จะถูกกำจัดออกโดยการร่อนและใช้ลมเป่าที่เรียกว่า Winnowing หลังจากกำจัดส่วนที่ไม่ต้องการออกไปแล้วเราจึงนำเมล็ดส่วนที่เหลือที่ถูกเรียกว่า Cacao Kernel หรือ Cacao Nib ที่มีสีน้ำตาลเข้มไปเข้ากระบวนการต่อไป

ในส่วนของเปลือกหุ้มที่ผ่านกระบวนการคั่วแล้วจะมีปริมาณค่อนข้างเยอะในกระบวนการผลิตโกโก้ ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการทำช็อกโกแลตได้ จึงต้องทิ้ง ทำให้สูญเสียรายได้จากการที่ไม่สามารถนำใช้ประโยชน์ต่างๆ อีกทั้งยังเพิ่มปริมาณขยะ และเพิ่มเวลาการจัดการในกระบวนการผลิตโกโก้ แต่ในชุมชนยังมีการนำเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วมาแปรรูปโดยการทำชาเปลือกโกโก้ดื่มกันในหลายพื้นที่ หรือบางกลุ่มนำไปทำเป็นปุ๋ยใส่ดินโกโก้ต่อไป เพื่อลดปริมาณขยะที่มีจำนวนมาก เป็นต้น



ภาพที่ 2-2 เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้

2.2.4 ดอกอัญชัน (Butterfly Pea)

ดอกอัญชัน (ชื่อสามัญ: Butterfly Pea; ชื่อวิทยาศาสตร์: *Clitoria ternatea* L.) เป็นพืชไม้เลื้อย เนื้ออ่อน อายุสั้น ใ้ยอดเลื้อยพัน ลำต้นมีขนปกคลุม ใบประกอบแบบขนนก เรียงตรงข้ามยาว 6-12 เซนติเมตร มีใบย่อยรูปไข่ 5-7 ใบ กว้าง 2-3 เซนติเมตร ยาว 3-5 เซนติเมตรปลายใบแหลมโคนใบมน ผิวใบด้านล่างมีขนหนาปกคลุม ดอกสีขาว สีฟ้า และสีม่วง ดอกเดี่ยว รูปทรงคล้ายฝ้ายหอยเชลล์ออกเป็นคู่ตามซอกใบ มีกลีบดอก 5 กลีบ ดอกบานเต็มที่ยาวประมาณ 2-3 เซนติเมตร กลีบคลุมรูปกลมปลายเว้าเป็นแฉ่ง ตรงกลางมีสีเหลือง มีทั้งดอกซ้อนและดอกกลีบดอกชั้นนอกมีขนาดใหญ่กลีบมีสีเหลือง ส่วนกลีบชั้นในขนาดเล็ก แต่ดอกซ้อนกลีบดอกมีขนาดเท่ากัน ซ้อนเวียนเป็นเกลียว ออกดอกได้เกือบตลอดทั้งปีผลเป็นฝักแบน กว้าง 1.0-1.5 เซนติเมตร ยาว 5-8 เซนติเมตร เมล็ดคล้ายรูปไต มีสีดำ มี 5-10 เมล็ด สามารถขยายพันธุ์ได้ด้วยการเพาะเมล็ด

ชื่อเรียกของดอกอัญชัน จะเรียกแตกต่างกันออกไปตามแต่ละท้องถิ่น เช่น เอื้องชัน (ภาคเหนือ) แดงชัน (เชียงใหม่) พบได้ทั่วไปตามที่รกร้าง และนิยมปลูกตามบ้านเรือนเพื่อใช้เป็นไม้ประดับ สรรพคุณทางยาพบว่ารากของต้นอัญชันสามารถใช้เป็นยาขับปัสสาวะ บำรุงดวงตาแก้ตาอักเสบ ตาฟาง ตาแฉะ นอกจากนี้ ถ้านำรากมาถูพื้นจะทำให้พื้นคงทนแข็งแรง และแก้อาการปวดฟันได้ดี เมล็ดใช้เป็นยาระบาย ดอกอัญชันสดนำมาทำสีธรรมชาติเพื่อใช้เป็นยาปลูกผม รักษาอาการผดผื่น แผลพุพอง ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแชมพูสระผมและครีมนวดผม เมื่อนำดอกอัญชันมาคั้นด้วยน้ำเปล่า น้ำคั้นดอกอัญชันที่ได้สามารถนำมาใช้แต่งสีอาหารได้ เช่น ขนมเรไร ขนม น้ำดอกไม้ม้ ขนมขี้หนู ใช้หุงข้าว หรือนำมาทำเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่เรียกกันว่า น้ำดอกอัญชัน เป็นต้น นอกจากนี้สารที่สามารถพบได้ในดอกอัญชัน คือ สารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งเป็น

สารที่ให้สีแดงและสีน้ำเงิน มีคุณสมบัติความเป็นอินดิเคเตอร์ (Indicator) เช่นเดียวกับลิตมัส (Litmus) สามารถนำมาใช้เป็นสารบ่งชี้ (Indicator) ได้ (วีณา เชิดบุญชาติ, 2556)



ภาพที่ 2-3 ลักษณะใบ และดอกอัญชัน

2.2.5 ชิง

ชิง เป็นพืชที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zingiber officinale* อยู่ใน family Zingiberaceae ถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร เครื่องดื่มและยาแผนโบราณหรือการแพทย์ทางเลือกทั่วโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศในแถบเอเชีย ส่วนที่นำมาใช้คือเหง้าหรือลำต้นใต้ดินของชิง

ชิงเป็นไม้ล้มลุก มีลำต้นใต้ดินแตกแขนง ลำต้นเทียมสูงประมาณ 90 เซนติเมตร เหง้ามีลักษณะอวบ เนื้อภายในมีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นหอม ใบมีลักษณะเป็นใบเดี่ยวรูปหอก กว้างประมาณ 2-3 เซนติเมตร ปลายเรียวแหลม เรียงสลับเป็น 2 แถว ไม่มีก้านใบ ดอกพบได้ไม่บ่อย ช่อดอกแทงจากเหง้าใต้ดิน ใบประดับเรียงเวียนอัดกันแน่น รูปไข่ กว้าง ขอบโค้งเข้าเล็กน้อย สีเขียวอ่อน ดอกสีเหลืองอ่อนมีปาก (labellum) รูปไข่สีม่วงแดงคล้ำ มีจุดและแถบสีเหลืองอ่อน มีการเพาะปลูกอย่างกว้างขวางในภูมิภาคที่มีภูมิอากาศร้อนชื้น เช่น ประเทศไทย จีน ไต้หวัน อินเดีย บังคลาเทศ จาเมก้า และไนจีเรีย เป็นต้น (Kemper, 1999)

ชิงถูกใช้มาทำประโยชน์ในทางการแพทย์ ในประเทศแถบเอเชียเป็นเวลานานหลายร้อยปีแล้ว เนื่องจากกลิ่นหอมและรสชาติที่เผ็ดร้อนของชิง โดยนำมาใช้รักษาโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร เช่น แก่ปวดท้อง ท้องเสีย ขับลม ช่วยย่อยอาหาร แก่อาเจียน เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้แก้หวัด แก่ปวดศีรษะและปวดข้อได้ด้วย (Borrelli et al., 2004; Ghayur et al., 2005) นักวิจัยเชื่อว่าฤทธิ์ของชิงที่ช่วยลดอาการปวดท้องเกิดจากการออกฤทธิ์โดยตรงต่อทางเดินอาหาร จากความสามารถในการดูดซับสารต่างๆ ร่วมกับคุณสมบัติในการลดอาการหดเกร็งของลำไส้ (Ernst and Pittler, 2000) มีงานวิจัยพบว่าชิงสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลได้

อีกทั้งมีฤทธิ์ต้านการทำงานของเกล็ดเลือดและมีฤทธิ์ต้านอักเสบ (Thomson et al., 2002) ด้วยเหตุนี้ปัจจุบัน จึงจึงเป็นสินค้าที่มีความสำคัญลำดับต้นๆ ในแง่ของการค้าระหว่างประเทศ การศึกษาทางพิษวิทยาพบว่า ขิงมีส่วนประกอบหลายชนิด ได้แก่ gingerols, shogaols, zingerone และ paradol (Langner et al., 1998) [6]-Gingerol และ [6]-shogaol ซึ่งเป็นสารที่มีกลิ่นฉุนแรง เป็นสารที่พบมากที่สุดในการขิง (Connell and McLachlan, 1972; Ghayur et al., 2005) สารประกอบ [6]-gingerol ถูกพบว่าเป็นสารออกฤทธิ์ซึ่งก่อให้เกิดผลทางด้านเภสัชวิทยาของขิง เช่นฤทธิ์แก้ปวดและฤทธิ์ต้านอักเสบ (Young et al., 2005) ดังนั้น [6]-gingerol จึงถูกใช้เป็นหนึ่ง marker สำคัญเพื่อแสดงมาตรฐานของผลิตภัณฑ์จากขิง เชื่อว่าสารในกลุ่ม shogaol นั้นเกิดจากสารตั้งต้นในกลุ่ม gingerols โดยปฏิกิริยา dehydration (Connell and Sutherland, 1969; Jolad et al., 2004) ด้วยเหตุนี้จะเป็นสาเหตุให้พบ shogaols จำนวนไม่มากนักในขิงสด แต่พบในปริมาณมากกว่าในขิงแห้งหรือในสารสกัด โครงสร้างทางเคมีของ [6]-Gingerol และ [6]-shogaol ดังภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 ลักษณะของขิง

ที่มา: <https://www.disthai.com/16488302/%E0%B8%82%E0%B8%B4%E0%B8%87>

กลิ่นหอมของขิงนั้น เกิดจากคุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยที่เป็นส่วนประกอบในขิง มีรายงานพบว่า ขิงมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำมันหอมระเหยอยู่ประมาณ 1-3% ซึ่งอยู่ในส่วนที่เรียกว่า oleoresin โดยมีส่วนผสมของสารประกอบในกลุ่ม gingerols, shogaols และ zingiberone โดยจะมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนที่ side chain แตกต่างกันไป (Shadmani et al., 2004) โดยปกติสารประกอบในกลุ่มของ shogaols จะมีกลิ่นหอมฉุนเป็น 2 เท่าของสารประกอบในกลุ่ม gingerols สารประกอบ oleoresin ที่ได้จากขิงนั้น ถูกใช้เพื่อแต่งกลิ่นในอุตสาหกรรมผลิตเครื่องสำอางอย่างกว้างขวาง สารประกอบอื่นๆ ที่สำคัญในขิง ได้แก่ zingiberene และ

bisaboline (Wohlmuth et al.,2006) นอกจากนั้นยังมีการนำน้ำมันขิงไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำหอมและเพื่อใช้ในงานสுகนธบำบัด (aroma therapy) ด้วย

2.2.6 กระชาย

กระชาย (*Boesenbergia pandurata* Holtt) เป็นพืชสมุนไพรที่เพาะปลูกกัน ในประเทศจีนและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นไม้ล้มลุก ไม่มีลำต้นบนดิน มีเหง้าใต้ดิน ซึ่งแตกรากออกไปเป็นกระจุกจำนวนมาก อวบน้ำ ตรงกลางพองกว้างกว่าส่วนหัวและท้าย ใบเดี่ยวเรียงสลับ เป็นระนาบเดียวกัน รูปขอบขนานแกมรูปไข่ กว้าง 4.5-10 เซนติเมตร ยาว 13-15 เซนติเมตร ตรงกลางด้านในของก้านใบมีร่องลึก ดอกช่อออกแทรกอยู่ระหว่างกาบใบที่โคนต้น กลีบดอกสีขาวหรือชมพูอ่อน ใบประดับรูปใบหอกสีม่วงแดง ดอกย่อยบานครั้งละ 1 ดอก กระชายถือว่าเป็นเครื่องเทศชนิดหนึ่งที่คนไทยคุ้นเคยกันมานานแล้ว (อุดมการ อินทุใส และ ปาริชาติ ทะนานแก้ว, 2559) ส่วนในเหง้ากระชายจะมีน้ำมันหอมระเหยและมีสารสำคัญหลายชนิดสะสมอยู่ซึ่งมีสรรพคุณดับกลิ่นคาวในอาหาร (กวิณ สุขสิงห์ และ วรณิ จิรภาคย์กุล, 2554) มีฤทธิ์ยับยั้งการเติบโตของเซลล์มะเร็งได้ดี มีฤทธิ์ยับยั้งการต่อต้านเชื้อไวรัส HIV-1 protease และต้านการอักเสบ สารสกัดกระชายแสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพและเชื้อราที่มีศักยภาพ โดยการยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก เช่น *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis* และ *Bacillus subtilis* และยีสต์ *Candida albicans* และยังพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในเหง้าของกระชาย เช่น Pinocembrin, Pinostrobin และ Cardamonin อีกทั้งในปี 2563 ทีมวิจัยไทยค้นพบว่า สารสกัดจากกระชายขาว สารสำคัญ 2 ชนิด คือ Pandulatin และ Pinostrobin สารทั้งสองชนิดนี้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (covid-19) ได้โดยมีกลไกไปลดจำนวนเซลล์ที่ติดเชื้อได้ร้อยละ 100 นอกจากนี้ ยังสามารถยับยั้งเซลล์ในการผลิตไวรัสได้ถึงร้อยละ 100 อีกด้วย (ปิยะมิตร ศรีธรา, พลังพล คงเสรี และ ศุภฤกษ์ บวรภิญโญ, 2563)



ภาพที่ 2-5 ลักษณะของกระชาย

ที่มา : <https://chaladsue.com/article/3750>

2.2.7 มะขาม

มะขาม (*Tamarindus indica* Linn.) จัดอยู่ในวงศ์ Caesalpiniaceae มีถิ่นกำเนิดในแถบทุ่งหญ้าแห้งแล้งของทวีปแอฟริกา และกระจายไปในแถบละตินอเมริกา หมู่เกาะคาริบเบียน และทวีปเอเชีย (Gibbon and Pain, 1985) ในประเทศไทยมีการปลูกมะขามอย่างแพร่หลาย จังหวัดที่มีการปลูกมากที่สุด ได้แก่ เพชรบูรณ์ เลย แพร่ และนครราชสีมา (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2546) มะขาม เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ มีลักษณะเป็นทรงพุ่ม เปลือกลำต้นมีสีน้ำตาลและตกละเอียดเป็นร่องเล็กๆ มีใบแบบรวมโดยออกเป็นคู่เรียงกันตามก้านใบ ดอกเป็นช่อขนาดเล็กออกบริเวณปลายกิ่ง ฝักหรือผลมะขามเป็นชนิดผลเดี่ยวหรือฝักเดี่ยวมีลักษณะกลม หรือค่อนข้างกลมหรือแบนและมักมีลักษณะโค้ง ส่วนของเนื้อมะขามแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันทั้งสีและรส มีทั้งที่มีรสหวานและเปรี้ยว องค์ประกอบที่สำคัญในส่วน of เนื้อมะขาม คือ กรดทาร์ทาริก และมีเมล็ด 1-10 เมล็ดต่อฝัก ขึ้นอยู่กับความยาวของฝักและสายพันธุ์ ดังภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 ลักษณะของมะขาม

ที่มา : <https://chaladsue.com/article/3750>

ปัจจุบันประเทศแถบละตินอเมริกาส่งออกมะขามในน้ำเชื่อม แต่ทางอินเดียผลิตมะขามคลุกเกลือ ชาวเอเชียนิยมผสมมะขามในซอส แกง ทำเครื่องดื่มน้ำมะขาม มะขามแช่อิ่ม และมะขามแก้ว ในบ้านเราใช้มะขามเปียกใส่แกงส้ม และน้ำพริกแกง ส่วนมะขามสกัดเข้มข้นใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตซอส เช่น ซอสวустอร์ และผสมลูกกวาดและทอฟฟี่ (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร, 2553)

2.3 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักคอมบูชะ

เชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักคอมบูชะ อาศัยกิจกรรมการหมักร่วมกัน หรือ แบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (symbiotic) จึงทำให้ไม่มีการปนเปื้อนหรือเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่น ที่ก่อโรค โดย

สามารถตรวจพบจุลินทรีย์ในชาหมักคอมบูฉะ ได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ประกอบด้วย กลุ่มแบคทีเรียกรดอะซิติก (acetic acid bacteria) และกลุ่มยีสต์ (yeast) สำหรับกิจกรรมในกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ทั้งสองกลุ่ม คือในระยะเริ่มต้นของการหมักยีสต์ ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลคู่ให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจากนั้นยีสต์ ก็จะเข้าไปเปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวให้เป็นแอลกอฮอล์ และกรดอินทรีย์บางชนิด เมื่อในสภาวะที่มี แอลกอฮอล์และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว จึงมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดอะซิติก โดย แบคทีเรียกรดอะซิติก สามารถที่จะเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้ เป็นกรดอะซิติกและกรดอินทรีย์ หรือสารประกอบ ต่างๆ ได้ยีสต์และแบคทีเรียกรดอะซิติก มีกิจกรรมการหมักร่วมกันหรือที่เรียกว่า tea fungus สำหรับคำว่า “tea fungus” นั้นไม่ได้หมายถึง เห็ดรา แต่หมายถึงกลุ่มของแบคทีเรียที่สามารถสังเคราะห์แผ่น เซลลูโลส หรือแผ่นวุ้น บริเวณผิวหน้าของชาหมัก คอมบูฉะ ซึ่งมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับรา (Dufresne and Farnmorth, 2000; Teoh. et al., 2004 Jayabalan et al., 2008)

2.3.1 แบคทีเรียกรดอะซิติก (Acetic Acid Bacteria)

แบคทีเรียกรดอะซิติก เป็นโปรคาริโอติกเซลล์ จัดอยู่ในตระกูล Acetobacteraceae เป็นแบคทีเรีย แกรมลบ เซลล์มีรูปร่างไข่ จนถึงแท่งสั้น ขนาดประมาณ $0.4-1 \times 0.8-4.5 \mu\text{m}$ สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 30°C ค่าความเป็นกรดต่างที่เหมาะสม $5.0-6.5$ และสามารถเจริญได้เมื่อมีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง $3-4$ สามารถเจริญได้ในที่มีปริมาณกรดอะซิติกที่ 0.35% ต้องการอากาศในการเจริญเติบโต (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2548) แบคทีเรียที่อยู่ในตระกูลนี้ สามารถจัดแบ่งได้ 6 จีนัส ได้แก่ *Acetobacter*, *Acidomonas*, *Asaia*, *Gluconacetobacter*, *Gluconobacter* และ *Kozakia* ในบางจีนัส มีแฟลกเจลลารอบข้างหรือมี แฟลกเจลลาที่ปลายขั้วของเซลล์ บางจีนัสสามารถสร้างแผ่นวุ้น หรือ เซลลูโลสซึ่งสามารถขับออกภายนอก เซลล์หรือสะสมอยู่รอบเซลล์ แหล่งที่สามารถพบแบคทีเรียกรดอะซิติก สามารถพบได้ในธรรมชาติที่มีสภาพ เป็นความเป็นกรดและมีปริมาณน้ำตาลหรือปริมาณแอลกอฮอล์ที่สูง อาทิเช่น ผลไม้จำพวกองุ่น แอปเปิ้ล สับปะรด เงาะ มะม่วง ลิ้นจี่ ลำไย มะเฟือง มะนาว ละมุด ลูกพลับ สตอเบอร์รี่ เปียร์ไวน์ น้ำส้มสายชู ชาหมักคอมบูฉะ น้ำผลไม้รสเปรี้ยว และน้ำผึ้ง (Dufresne and Farnmorth, 2000)

แบคทีเรียกรดอะซิติก มีความสามารถในการออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ให้เปลี่ยนเป็นกรดอะซิติก ได้แก่ จีนัส *Acetobacter* *Gluconacetobacter* และ *Acidomonas* และมีความสามารถในการออกซิไดซ์ กรดอะซิติกไปเป็นน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ หรือที่เรียกว่าการเกิดปฏิกิริยา overoxidation of ethanol โดย *Gluconobacter* มีความสามารถในการออกซิไดซ์น้ำตาลกลูโคสเป็นกรดกลูโคนิก ซึ่งแบคทีเรียกรดอะ

ซิดิกมีความสามารถในการออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ให้กลายเป็นกรดอะซิดิก โดยอาศัยเอนไซม์ alcohol dehydrogenase และ aldehyde dehydrogenase ดังแสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ความสามารถออกซิไดซ์ของแบคทีเรียกรดอะซิดิก

สารตั้งต้น	ผลิตภัณฑ์	เอนไซม์
ethanol	Acetic acid	Alcohol dehydrogenase, aldehyde dehydrogenase
iso-butanol	iso-Butyric acid	Alcohol dehydrogenase, aldehyde dehydrogenase
-Acetolactate	Acetoin	-acetolactate decarboxylase
D-Glycerol	dihydroxyacetone	Glycerol dehydrogenase
D-mannitol	D-fructose	D-mannitol dehydrogenase
D-sorbitol	L-Sorbitol	D-sorbitol dehydrogenase
D-glucose	D-Gluconic acid	D-Glucose dehydrogenase
D-gluconic acid	2-Keto-D- gluconic acid	D-Glucose dehydrogenase
D-gluconic acid	5-Keto-D- gluconic acid	D-Glucose dehydrogenase
2- Keto- D- gluconic acid	2,5-Diketo-D- gluconic acid	2-Keto-D- gluconate dehydrogenase
L-Sorbose	L-Sorbose	L-Sorbose dehydrogenase
L-Sorbose	2-Keto-D- gluconic acid	L-Sorbose dehydrogenase
D-Fructose	5-Keto-D- fructose	D-Fructose dehydrogenase

ที่มา : (Jayabalan et al., 2014)

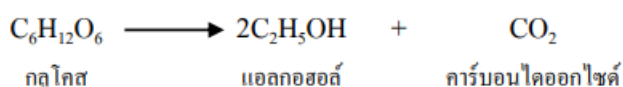
แบคทีเรียกรดอะซิดิกที่สามารถตรวจพบในน้ำหมักคอมบูฉะประกอบด้วยเชื้อจุลินทรีย์ ดังต่อไปนี้คือ *Acetobacter xylinum*, *A. xylinoides*, *A. aceti*, *A. pausterianus*, *Bacterium gluconicum*, *Gluconobacter oxydans* (Balentine as cited in Goh et al., 2012; Teoh et al., 2004) และ *Gluconacetobacter sp. A4* สามารถผลิต D-saccharic acid-1,4-lactone (DSL) ซึ่งสามารถลดระดับคอเรลเตอรอลในเส้นเลือดได้ (Yang et al., 2009) และสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ β -glucuronidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่กระตุ้นให้เกิดมะเร็งลำไส้

2.3.2 ยีสต์ (Yeast)

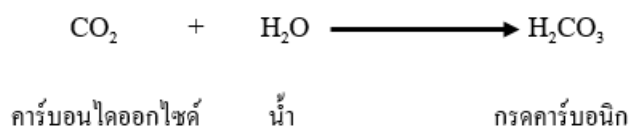
ยีสต์ เป็นยูคาริโอติกเซลล์ เป็นกลุ่มราที่มีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยว สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ อาศัยการแตกหน่อหรือแบ่งตัวสร้างสปอร์ รูปร่างกลมหรือรี มีความกว้างตั้งแต่ 1-5 μm และความยาว 5-30 μm โดยขนาดและรูปร่าง มีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับอายุและสภาพแวดล้อม ยีสต์ไม่มีแฟลกเจลลาหรืออวัยวะอื่นในการเคลื่อนที่ ยีสต์สามารถเจริญอยู่ในที่ที่มีความเข้มข้นของเกลือและน้ำตาลสูงได้ เจริญได้ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 0-47 $^{\circ}\text{C}$ บางชนิดจะไม่เจริญที่อุณหภูมิสูงกว่า 15 $^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญอยู่ที่ 20-30 $^{\circ}\text{C}$ ค่าความเป็นกรดต่างที่เหมาะสมในช่วง 3.5-3.8 ยีสต์สามารถพบได้ทั่วไปในธรรมชาติ พืช ผัก ผลไม้หรือสามารถตรวจพบได้ในอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีความเป็นกรดและน้ำตาลที่สูง (นงลักษณ์ และปรีชา, 2548) ยีสต์มีอยู่ประมาณ 350 สปีชีส์สามารถจัดแบ่งได้ประมาณ 39 จีนัส ซึ่งยีสต์มีความเกี่ยวข้องกับ มนุษย์มีบทบาทเกี่ยวข้องกับ อุตสาหกรรมอาหาร อาทิเช่น การผลิตน้ำหมักผลไม้ น้ำส้มสายชู อุตสาหกรรมขนมปัง การผลิตแอลกอฮอล์เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก การสังเคราะห์วิตามิน ไขมัน และโปรตีน (นงลักษณ์ และปรีชา, 2548) โดยยีสต์ที่สามารถตรวจพบได้จากน้ำชาหมักคอมบูชะ ประกอบไปด้วย ยีสต์ *Saccharomyces*, *Saccharomycodes*, *Schizosaccharomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Brettanomyces* / *Dekkera*, *Candida*, *Torulospora*, *Koleckera*, *Pichia* *Mycotorula* และ *Mycoderma* ซึ่งได้มีการศึกษาเพื่อระบุชนิดและตรวจสอบสายพันธุ์ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces bisporus*, *Saccharomycodes ludwigii*, *Schizosaccharomyces pombe*, *Zygosaccharomyces sp.* *Zygosaccharomyces rouxii* และ *Zygosaccharomyces bailii* (Jayabalan et al., 2014)

2.4 กระบวนการหมักคอมบูชะ สำหรับกระบวนการหมักคอมบูชะนั้น สามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน

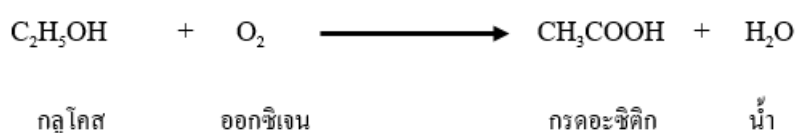
2.4.1 กระบวนการหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ ในช่วงระยะเริ่มต้นของกระบวนการหมักยีสต์จะทำหน้าที่ย่อยน้ำตาลซูโครสด้วยเอนไซม์ไฮโดรเลส ให้เป็นกลูโคส และฟรุคโตส (Balentine et al., as cited in Dufresne and Farnworth, 2000) กลูโคสจะถูกย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน หรือที่เรียกว่ากระบวนการหมักแอลกอฮอล์ ซึ่งผลผลิตที่ได้ในช่วงระยะเริ่มแรกจะเป็นแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ (นงลักษณ์ และปรีชา, 2548) ดังสมการ (Gunther, 1995)



2.4.2 กระบวนการเกิดกรดคาร์บอนิก ภายหลังจากกระบวนการย่อยสลายน้ำตาลของยีสต์จะเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ โดยไอน้ำและความชื้นภายในชาหมักคอมบูดูจะรวมตัวกันกับคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้เกิดเป็นกรดคาร์บอนิก ส่งผลทำให้น้ำหมักคอมบูดูมีความเปรี้ยวซ่า และมีฟองก๊าซเล็กน้อย ดังสมการ (Gunther, 1995)



2.4.3 กระบวนการออกซิไดซ์แอลกอฮอล์เป็นกรดอินทรีย์ต่างๆ ในสภาวะที่มีแอลกอฮอล์ ซึ่งจะมี ความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกลุ่มแบคทีเรียกรดอะซิติกที่สามารถเจริญได้ดี พร้อมทั้งสามารถออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ให้เป็กรดอะซิติกและน้ำ นอกจากกรดอะซิติกแล้ว น้ำหมักคอมบูดู ยังมีกรดอินทรีย์ต่างๆ เกิดขึ้น นอกจากนี้แบคทีเรียกรดอะซิติกสามารถที่จะเปลี่ยนน้ำตาลและคาเฟอีน ที่เป็นส่วนประกอบของชาให้เป็นส่วนผลิตแผ่นวุ้น หรือเซลลูโลสบริเวณผิวหน้าของน้ำชาหมักคอมบูดู เมื่อเกิดกระบวนการออกซิไดซ์แอลกอฮอล์เกิดขึ้น จึงทำให้น้ำหมักคอมบูดูมีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่มากหรือไม่มีแอลกอฮอล์ผสม เมื่อเทียบกับ เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ทั่วไป ดังสมการ (Gunther, 1995)



2.4.4 กระบวนการผลิตแผ่นวุ้นหรือแผ่นเซลลูโลส (cellulosic pellicle layer) แผ่นวุ้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากกลุ่มแบคทีเรียกรดอะซิติก โดยสารคาเฟอีน (caffeine) และสารแซนทีน (xanthines) ที่เป็นสารประกอบของชาจะช่วยกระตุ้นให้เกิดการสร้างแผ่นวุ้นขึ้น อาศัย Entner-Doudoroff pathway ซึ่งโครงสร้างของแผ่นวุ้นประกอบด้วยเฮมิเซลลูโลสและลิกนิน ในระยะเริ่มต้นของกระบวนการหมักหรือประมาณในวันที่ 3 ของการหมักคอมบูดู สามารถสังเกตเห็นแผ่นวุ้น หรือแผ่นเยื่อใสบางๆ (culture floats) เจริญปกคลุมบริเวณผิวหน้าชาหมัก อาจจะมีการจมดิ่งอยู่บริเวณก้นของภาชนะหมัก ซึ่งการเจริญของแผ่นวุ้น เป็นสิ่งชี้วัดได้ว่า เชื้อจุลินทรีย์ในชาหมักนั้น มีการเจริญที่ดีและส่วนของน้ำชาหมัก มีสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แหล่งคาร์บอนไนโตรเจน ออกซิเจน แร่ธาตุเมื่อทำการหมักคอมบูดูเป็นระยะเวลานานขึ้น จะสังเกตเห็นแผ่นวุ้นที่หนาเพิ่มมากขึ้น ถ้าหากมีการเขย่า เคลื่อนย้ายภาชนะหมัก

หรืออุณหภูมิในการบ่มต่ำกว่า 30 °C แผ่นวุ้นอาจจะตกจมดังอยู่บริเวณก้นของภาชนะหมัก ทั้งนี้แบคทีเรียกรดอะซิติกจะสามารถผลิตแผ่นวุ้น ปกคลุมบริเวณผิวหน้าของน้ำชาหมักได้ใหม่อยู่เสมอ(Jayabalan et al., 2014)

2.5 องค์ประกอบที่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้จากชาหมักคอมบูชะ (Jayabalan et al., 2014)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของชาหมักคอมบูชะ โดยสารประกอบส่วนใหญ่ที่พบเป็นกรดอินทรีย์ (ตาราง 2-1) อาทิเช่น acetic acid, gluconic acid, glucuronic acid, citric acid เป็นต้น vitamin C, B1, B2, B6 และ B12 amino acid, biogenic, pigments, lipids, proteins, ethanol, antibiotic, carbon dioxide, polyphenols, minerals และ D-saccharic acid-1,4-lactone ซึ่งสารประกอบเหล่านี้เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของแบคทีเรียกรดอะซิติกและยีสต์ในกระบวนการหมักคอมบูชะ

กรดอะซิติก จัดเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่สามารถพบได้มากที่สุดในคอมบูชะ เป็นกรดที่ผลิตจากแบคทีเรียกรดอะซิติก โดยแบคทีเรียสามารถที่ออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ให้เปลี่ยนเป็นกรดอะซิติกและน้ำ Chen et al (2000) ได้ตรวจวิเคราะห์กรดอะซิติกในน้ำชาหมักคอมบูชะ ในวันที่ 30 ของการหมักมีปริมาณกรดอะซิติกที่ 11 g/l โดยปริมาณของกรดอะซิติกจะมีปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการหมักที่นานขึ้น

กรดกลูคูโรนิกและกรดกลูโคนิก เป็นกรดที่พบได้เป็นหลักในน้ำชาหมักคอมบูชะ โดยแบคทีเรียกรดอะซิติกจะเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสและผลิตเป็นกรดกลูคูโรนิกและกรดกลูโคนิก โดยปริมาณกรดกลูโคนิกสามารถตรวจพบได้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นในระยะเวลาการหมักที่นานขึ้นเช่นเดียวกัน

กรดแลคติก เป็นกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ไม่สามารถตรวจพบได้จากการหมักคอมบูชะแบบดั้งเดิม แต่ในปี 2007 Jayabalan และคณะ ทำการศึกษาโดยใช้ชาเขียว ชาดำและชาผสมเป็นวัตถุดิบในการหมัก พบว่าจากการใช้ชาเขียวสามารถตรวจวิเคราะห์กรดแลคติกได้ในปริมาณที่มากถึง 0.54 g/l

กรดซิตริก เป็นอีกหนึ่งชนิดของกรดอินทรีย์ที่ไม่ใช่กรดที่ถูกผลิตมาจากระบวนการเมตาบอลิซึมของการหมักคอมบูชะแบบดั้งเดิม แต่ในปี 2011 Malbasa และคณะ ทำการศึกษามักคอมบูชะโดยใช้ 1.5 g/l ของชาดำ และผสมกับน้ำตาลซูโครส 7% ซึ่งสามารถวิเคราะห์กรดซิตริกได้มากถึง 1.5 g/l

สาร D-saccharic acid-1,4-lactone เป็นสารที่ถูกสร้างขึ้นจากกระบวนการเมตาบอลิซึม น้ำตาลกลูโคสในวัฏจักร glucuronate สามารถลดคอเลสเตอรอลและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ β -glucuronidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่กระตุ้นการเกิดมะเร็งลำไส้ โดยความเข้มข้นของสาร DSL ที่ระดับ 0.03-

0.15 mg/ml สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ glucuronidase ซึ่งสาร DSL สามารถพบได้ในพืชตระกูลส้ม ใบชาและพืชอื่นๆ แต่พบในความเข้มข้นที่น้อย (Wang et al., 2010)

นอกจากการตรวจพบกรดอินทรีย์และสารประกอบต่างๆ ตามข้างต้น ยังมีการตรวจพบสารประกอบดังต่อไปนี้ แมกนีเซียม เหล็ก ฟลูออไรด์ คอไรด์ ไอโอดีน โบรมีน ฟอสเฟต คาเฟอีน คาเทชิน (catechins) ได้แก่ (-)-epigallocatechin-3-gallate (EGCG), (-)-epigallocatechin gallate (EGC), (-)-Epicatechin-3-gallate (ECG) และ (-)-Epicatechin (EC) (Chu and Chen, 2006)

2.6 ประโยชน์ของเครื่องดื่มคอมบูฉะต่อสุขภาพ (Dufresne and Farnworth, 2000)

คอมบูฉะได้รับการยอมรับจากทั่วโลกว่าเป็นเครื่องดื่มชาหมักเพื่อสุขภาพ ซึ่งได้มีงานวิจัยทำการศึกษเกี่ยวกับประโยชน์ พบว่า ช่วยเพิ่มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกในร่างกาย ส่งเสริมระบบขับถ่าย ขับพิษในเลือด ลดระดับคอเลสเตอรอล ป้องกันการเกิดหลอดเลือดแดงตีตัน ลดระดับความดันในเลือด ช่วยส่งเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน ลดอาการไขข้ออักเสบและโรคเก๊าท์ ส่งเสริมการทำงานของตับ ลดการเกิดภาวะตับแข็ง ช่วยป้องกันโรคอ้วน ลดความอยากรับประทานอาหาร ป้องกันการติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ กระตุ้นการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ ช่วยลดการเกิดโรคเบาหวาน ลดการเกิดหลอดเลือดอักเสบ ป้องกันโรคหอบหืด ช่วยบรรเทาความอยากดื่มแอลกอฮอล์ของผู้ป่วย ส่งเสริมการทำงานของไต ป้องกันการเกิดมะเร็ง ป้องกันการเกิดโรคจากแบคทีเรีย ไวรัสและยีสต์ ส่งเสริมสุขภาพของเส้นผม ผิวเล็บและสายตาให้ดีขึ้น ลดอาการเครียด ลดอาการปวดศีรษะและช่วยระบบเมตาบอลิซึมของร่างกาย

ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของเครื่องดื่มคอมบูฉะ (Jayabalan et al., 2014)

เครื่องดื่มคอมบูฉะมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค คอมบูฉะมีปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 33 g/l (กรดอะซิติกเท่ากับ 7 g/l) สามารถต้านทานเชื้อ *Agrobacterium tumefaciens*, *Bacillus cereus*, *Salmonella choleraesuis* serotype Typhimurium, *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ซึ่งเครื่องดื่มคอมบูฉะมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *Entamoeba cloacae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *B. cereus*, *E. coli*, *Aeromonas hydrophila*, *Salmonella typhimurium*, *Salmonella enteritidis*, *Shigella sonnei*, *Staphylococcus epidermis*, *Leuconostoc monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *S. aureus*, *Campylobacter jejuni*, *Helicobacter pylori* และ *C. albicans* สำหรับสารออกฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรียก่อโรคของคอมบูฉะ ส่วนใหญ่จะเป็นกรดอะซิติก

โปรตีน และสารเคทาซิน โดยกรดอะซีติกและคาเทชินสามารถยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคทั้งแกรมบวกและลบได้ (Sreeramulu et al., 2000)

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มคอมบูฉะ

สารต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มคอมบูฉะประกอบด้วย tea polyphenol, ascorbic acid และสาร DSL โดยปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในคอมบูฉะจะมีในปริมาณมากกว่าชาที่ไม่ผ่านการหมักเนื่องจากในระหว่างการหมักแบคทีเรียกรดอะซีติกและยีสต์จะมีการผลิตเอนไซม์และเข้าไปย่อยขนาดโมเลกุลของ tea polyphenol ให้มีขนาดและโครงสร้างใหม่ ส่งผลให้มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นและเมื่อสิ้นสุดการหมักเครื่องดื่มคอมบูฉะมีสารประกอบอินทรีย์ ที่จัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จำพวก ascorbic acid, DSL และ gallic acid จึงทำให้เครื่องดื่มคอมบูฉะ มีสารต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้น (Jayabalan et al., 2008)

1. การต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity)

สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในคอมบูฉะส่วนใหญ่ จะกล่าวถึงสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งเป็นสารที่พบได้ในพืช ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในอาหาร และเครื่องดื่มที่มาจากพืช ผัก และผลไม้จะแตกต่างกัน ออกไปตามชนิดของพืช วิธีการปลูก ระดับความสุก กระบวนการแปรรูป และวิธีการเก็บรักษา รวมถึงการใช้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปก็มีส่วนทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง (เนตรนภา และ เฉลิม, 2557) การหมักคอมบูฉะนิยมใช้ใบชาในการหมัก เนื่องจากในใบชามีสารประกอบฟีนอลิกที่ช่วยต้านอนุมูลอิสระ เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavanols) ซึ่งสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่พบในใบชา ได้แก่ ทีเอฟลาวิน (theaflavins, TFs) ทีเอรูบิจิน (thearubigins, TRs) และคาเทชิน (catechin) ซึ่งในคาเทชิน จะประกอบด้วย สารอีพิกคาเทชิน (epicatechin, EC) อีพิกัลโลคาเทชิน (epigallocatechin, EGC) อี พิก า เท ชิน แ ก ล เ ต (epicatechin gallate, ECG) และอีพิกัลโลคาเทชิน แกลเลต (epigallocatechin gallate, EGCG) เป็นต้น (Lorenzo and Munekata, 2016)

นอกจากใบชา แล้วยังมีการใช้สารตั้งต้นอื่น ๆ ที่สามารถใช้ในการหมักคอมบูฉะได้อีกด้วย เช่น เปลือกกล้วย และ เห็ดหลินจือ เป็นต้น ในการศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างคอมบูฉะ นิยมใช้วิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) และ ABTS (2,2-azobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) สำหรับการศึกษาปริมาณสารฟีนอลิกจะใช้การวิเคราะห์หา TPC (total phenolic content) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu assay ทั้งนี้ Ali and Monir (2016) ได้ทำการวิจัยเพื่อหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และการต้านอนุมูลอิสระในคอมบูฉะที่หมักจากชาดำ เปลือกกล้วย และใบหมามุ่ย ผลจากการศึกษา

การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่า เปลือกกล้วยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด โดยยับยั้ง DPPH ได้ 94.62 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งวิเคราะห์ด้วย TPC ในคอมบูชะทั้งสามชนิด จาก การศึกษาพบว่า ชาดำมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด Sknepnek et al. (2018) ได้ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในคอมบูชะที่หมักจากเห็ดหลินจือ พบว่าจากการศึกษาด้วยวิธี TPC ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในตัวอย่างคอมบูชะแบบเหลวเท่ากับ 4.91 ± 0.24 มิลลิกรัม สมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัม และตัวอย่างที่ทำให้แห้งด้วยวิธีสุญญากาศมีปริมาณอาหาร สารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 2.11 ± 0.23 มิลลิกรัม สมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัม ซึ่งน้อยกว่าตัวอย่างแบบเหลว นอกจากนี้ จูทามาต และคณะ (2563) ได้วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และวิธี ABTS ในตัวอย่างคอมบูชะจากใบชาที่หมักเป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่า ค่าการต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH ของตัวอย่างคอมบูชะที่หมัก เป็นเวลา 14 วัน มีค่าเท่ากับ 57.60 เปอร์เซ็นต์ และ จากวิธี ABTS ตัวอย่างคอมบูชะที่หมักเป็นเวลา 14 วัน มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ คำนวณเป็นค่า TEAC (trolox equivalent antioxidant capacity) ได้ เท่ากับ 16.28 ± 0.20 มิลลิโมลาร์ นอกจากนี้ตัวอย่าง คอมบูชะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเท่ากับ 0.99 ± 0.44 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร

2. การต้านจุลชีพ (antimicrobial effect) ในปัจจุบันมีจุลินทรีย์ที่ต้านทานต่อยาต้านจุลชีพมากขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการทดลองเพื่อค้นหาสารประกอบใหม่ ๆ ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโต หรือกำจัดจุลินทรีย์ที่ต้านทานยาต้านจุลชีพ ซึ่งสารต้านจุลชีพตามธรรมชาติสามารถพบได้ในอาหารที่รับประทาน (Sakkas and Papadopoulou, 2017) มีการศึกษาความสามารถในการต้านจุลชีพของคอมบูชะ ซึ่งในการศึกษาส่วนมากจะกล่าวถึงกรดอะซิติก ซึ่งเป็นกรดอินทรีย์หรือสารประกอบเคมีอินทรีย์ที่พบได้ในธรรมชาติ สามารถออกฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์และราได้ โดย Kaewkod et al. (2019) พบว่า คอมบูชะที่หมักจากชาเขียว ชาดำ และชาอูหลงมีฤทธิ์ ในการต้านจุลชีพกลุ่มแบคทีเรียในลำไส้หลายชนิด โดยประสิทธิภาพในการต้านจุลชีพจะมีความสัมพันธ์ กับปริมาณกรดอะซิติก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Cardoso et al. (2020) ที่ศึกษาปริมาณกรดอะซิติก ต่อความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียและยีสต์ของคอมบูชะที่หมักจากชาเขียวและชาดำ จากการศึกษาพบว่า คอมบูชะที่หมักจากชาเขียวมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Micrococcus luteus*, *Escherichia coli* และยีสต์ *Candida parapsilosis* มากกว่าคอมบูชะที่หมักจากชาดำ ซึ่งประสิทธิภาพในการต้านจุลชีพ จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณและความเข้มข้นของกรดอะซิติก เช่นเดียวกัน กับงานวิจัยของ Ivanisova et al. (2020) ที่ศึกษาปริมาณกรดอะซิติกในการต้าน จุลชีพของคอมบูชะที่หมักจากชาดำ พบว่า คอมบูชะที่หมักจากชาดำสามารถยับยั้งจุลชีพกลุ่มยีสต์

Candida spp. และแบคทีเรีย *Haemophilus influenzae* ได้ โดยประสิทธิภาพการยับยั้งขึ้นอยู่กับปริมาณและความเข้มข้นของกรดอะซิติก

3. การลดการอักเสบ (anti-inflammatory effect) การอักเสบ (inflammation) เกิดจากการที่เนื้อเยื่อของร่างกายได้รับการกระตุ้นที่เป็นอันตรายจากเชื้อโรค การระคายเคือง หรือการตายของเซลล์ จากการขาดเลือดหรือออกซิเจน ทำให้เกิดกระบวนการตอบสนองต่อการอักเสบซึ่งเป็นระบบที่ช่วยซ่อมแซมเนื้อเยื่อบริเวณนั้น ๆ และกำจัดเชื้อโรค เซลล์ที่ตายแล้ว รวมทั้งสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย (พิริยท, 2554) ระบบภูมิคุ้มกัน (immune system) มีบทบาทสำคัญในการรักษาสสมดุล (homeostasis) ของร่างกาย โดยตัวกระตุ้นต่าง ๆ จะส่งสัญญาณอันตราย (danger signal) ต่อระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อให้เกิดการตอบสนองต่อกระบวนการอักเสบที่นำไปสู่กระบวนการสร้างภูมิคุ้มกันต่อไป (คณาทิพย์ และ จินตนา, 2560)

จากการศึกษาพบว่าในคอมบูชะมีส่วนประกอบที่ช่วยในการลดการอักเสบหรือปรับภูมิคุ้มกันได้ Marzban et al. (2015) แสดงให้เห็นว่า คอมบูชะที่หมักจากชาดำช่วยในการรักษาโรค multiple sclerosis (MS) ซึ่งเป็นโรคที่เกิดจากการอักเสบของปลอกประสาทในระบบประสาทส่วนกลาง ในหนูที่มีโรคแพ้ภูมิคุ้มกันตัวเอง จากการทดลองพบว่า คอมบูชะมีส่วนช่วยในการลดการอักเสบและเพิ่มภูมิคุ้มกันในหนูทดลอง แต่การทดลองดังกล่าวเป็นแค่การทดลองในสัตว์ทดลองยังไม่มีผลการทดสอบในมนุษย์ Wang et al. (2016) ได้อธิบายถึงคุณประโยชน์ของคอมบูชะที่หมักจากชาดำในการกระตุ้นการเพิ่มภูมิคุ้มกันในหนูที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่อง จากการศึกษาพบว่า เซลล์เม็ดเลือดขาวในหนูทดลองเพิ่มสูงขึ้นเมื่อได้รับคอมบูชะ โดยเซลล์ macrophages ซึ่งเป็นเซลล์ที่อยู่ในเม็ดเลือดขาวเมื่อมีสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่เซลล์ จะถูกกำจัดโดยวิธีการฟาโกไซโทซิส (phagocytosis) ซึ่งวิธีฟาโกไซโทซิสมีความเกี่ยวข้องในการเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน และควบคุมการอักเสบ ทำให้หนูมีภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เซลล์ macrophages ยังช่วยเสริมสร้างการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาว ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น Vazquez-Cabral et al. (2017) ได้ทำการวิเคราะห์สารที่ช่วยลดการอักเสบในตัวอย่างคอมบูชะที่หมักในถังไม้โอ๊ค จากการทดลองพบว่า คอมบูชะช่วยเพิ่มปริมาณเซลล์ macrophages ซึ่งเป็นเซลล์ที่สามารถกระตุ้นให้ leukocyte เคลื่อนตัวไปยังบริเวณที่ติดเชื้อหรือบาดเจ็บ โดย leukocytes จะหลั่งสารกลุ่ม proinflammatory cytokines เช่น tumor necrosis factor- α (TNF- α) และ interleukin-6 (IL-6) ซึ่งสารกลุ่มนี้จะไม่หลั่งในภาวะปกติ แต่จะหลั่งออกมาในภาวะที่มีการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย เช่น ภาวะที่มีการติดเชื้อ หรือการอักเสบ และทำงานสัมพันธ์กับ nitric oxide (NO) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระชนิดหนึ่งที่ผลิตเมื่อมีการบาดเจ็บหรือติดเชื้อเช่นกัน โดยทั้ง proinflammatory cytokines และ NO มีบทบาทอย่างมากในการควบคุมการอักเสบ อันเนื่องมาจากระบบ

ภูมิคุ้มกัน นอกจากนี้ Villarreal-Soto et al. (2019) พบว่า คอมบูชะที่หมักจากชาดำ สามารถยับยั้งการทำงานของ 5-lipoxygenase (LOX) ที่ได้ทำการศึกษาในระดับหลอดทดลองซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนกรดไขมันไปเป็น leukotrienes (LT) และเกี่ยวข้องกับการอักเสบ

4. การต้านมะเร็งและการยับยั้งเซลล์มะเร็ง (anticancer properties) โรคมะเร็ง (cancer) เกิดจากความผิดปกติของเซลล์ในร่างกาย ทำให้เซลล์มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จนร่างกายไม่สามารถควบคุมได้ และเกิดก้อนเนื้อที่ผิดปกติ ซึ่งเซลล์จะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในระดับพันธุกรรม และในระดับนอกเหนือพันธุกรรม และส่งผลให้เซลล์ที่ปกติของเนื้อเยื่อหรืออวัยวะบริเวณนั้นไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ โดยเซลล์ที่ผิดปกติเกิดอยู่ในอวัยวะใดจะเรียกว่า “มะเร็ง” ตามอวัยวะนั้น ๆ เช่น มะเร็งปอด มะเร็งลำไส้ เป็นต้น มีผู้ป่วยด้วยโรคมะเร็งเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ซึ่งมะเร็งเกิดได้จากหลายปัจจัย เช่น อาหารการกิน ความเป็นอยู่ สภาพแวดล้อม และวิถีชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไป ปัจจัยเหล่านี้ทำให้เสี่ยงที่จะเกิดโรคมะเร็งเพิ่มมากขึ้น มะเร็ง จึงเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตในลำดับต้นๆ ของประชากรทั่วโลก ส่งผลให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งระดับชาติ และระดับโลกมีความพยายามในการหาวิธีทั้งทางด้านการป้องกันควบคุมและรักษาโรคมะเร็ง ในปัจจุบันการรักษาโรคมะเร็งทำได้โดยวิธีการผ่าตัด รังสีรักษา เคมีบำบัด ฮอโมนบำบัด และการรักษาแบบผสมผสาน (พุทธพร และ ลัดดาวัลย์, 2562; วิทวัส, 2562) Jayabalan et al. (2011) ได้ทดลองแยกกากชาที่ใช้หมักคอมบูชะ และสกัดด้วยเอทิลอะซิเตท (ethyl acetate) บิวทานอล (butanol) และคลอโรฟอร์ม (chloroform) ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่ากากชาดำหมักที่สกัดด้วยเอทิลอะซิเตท บิวทานอล และคลอโรฟอร์ม ช่วยยับยั้งการทำลาย และลดการเพิ่มจำนวนของเซลล์ A549 (เซลล์มะเร็งปอดของมนุษย์) และ 786-O (เซลล์มะเร็งไตของมนุษย์) ได้ ในขณะที่ Villarreal-Soto et al. (2019) ได้ทดลองโดยการนำคอมบูชะ ที่หมักจากชาดำมาสกัดด้วยเอทิลอะซิเตทและบิวทานอล จากการทดลองพบว่า คอมบูชะที่หมักจากชาดำ มีผลในการยับยั้งเซลล์ HCT116 (เซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ของมนุษย์) และคอมบูชะที่หมักจากชาดำมีผลในการยับยั้งเซลล์ HCT116 ได้ดีกว่า ชาดำที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก

นอกจากนี้ Cardoso et al. (2020) ได้ศึกษาความสามารถในการทำลายเซลล์มะเร็งของตัวอย่างคอมบูชะที่หมักจากชาเขียว และคอมบูชะที่หมักจากชาดำ พบว่าคอมบูชะที่หมักจากชาเขียวและคอมบูชะที่หมักจากชาดำ มีความสามารถในการทำลายเซลล์มะเร็ง A549 หรือ เซลล์มะเร็งปอดและเซลล์ CACO-2, HCT8 ที่เป็นเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ของมนุษย์ได้

5. การลดความดันโลหิต (blood pressure resistance) ความดันโลหิต (blood pressure) เป็นแรงดัน ของโลหิตต่อผนังหลอดเลือดแดง ซึ่งวัดได้ 2 ค่า คือความดันโลหิตตัวบนหรือค่าความดันโลหิตซิสโตลิก (systolic blood pressure) เป็นแรงดันโลหิตขณะที่หัวใจบีบตัว และความดันโลหิตตัวล่างหรือค่าความดันโลหิตไดแอสโตลิก (diastolic blood pressure) เป็นแรงดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ความดันโลหิตสูง (hypertension) หมายถึง ภาวะที่แรงดันเลือดที่อยู่ในหลอดเลือดมีค่าสูงเกินปกติ องค์การอนามัยโลกได้ กำหนดว่าความดันโลหิตสูง คือ วัดค่าความดันโลหิต ซิสโตลิกได้มากกว่าหรือเท่ากับ 140 มิลลิเมตรปรอท หรือวัดค่าความดันโลหิตไดแอสโตลิกได้มากกว่าหรือ เท่ากับ 90 มิลลิเมตรปรอท ความดันโลหิตต่ำ (hypotension) หมายถึง ภาวะที่แรงดันเลือดที่อยู่ในหลอดเลือดมีค่าต่ำกว่าปกติ องค์การอนามัยโลกได้ กำหนดว่า ความดันโลหิตต่ำ คือ วัดค่าความดันโลหิตซิสโตลิกได้น้อยกว่า 90 มิลลิเมตรปรอท หรือวัดค่าความดันโลหิตไดแอสโตลิก ได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 60 มิลลิเมตรปรอท (จิณวัตร และ บุปผา, 2560; Chesnut et al, 1993) มีการนำคอมบูชะมาทดลองหาสารประกอบที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ACE (angiotensin-converting enzyme) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ส่งผลต่อแรงดันโลหิต การมีเอนไซม์ชนิดนี้มากเกินไป จะทำให้เกิดความดันโลหิตสูง Jasmina et al. (2020) ได้ทดลองหาฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ACE ของคอมบูชะที่หมักจากชาดำ ชาเขียว ชาไวรี เปปเปอร์มินต์ เนตเทิล ไทม์ป่า เอลเดอร์เบอร์รี่ และ ควินซ์ พบว่าคอมบูชะที่หมักทุกชนิด มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ACE โดยคอมบูชะที่หมักจาก ใบไทม์ป่า สามารถยับยั้งการทำงานของ เอนไซม์ ACE ได้สูงที่สุด รองลงมา คือ ควินซ์ ชาไวรี เปปเปอร์มินต์ ชาดำ เนตเทิล ชาเขียว และเอลเดอร์เบอร์รี่ ตามลำดับ

6. การต้านเบาหวาน (antidiabetic effect) โรคเบาหวานจัดเป็นโรคไม่ติดต่อที่พบบ่อยที่สุด ซึ่งเกิดจากความผิดปกติของการเผาผลาญพลังงาน ส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูง โดยผู้ป่วยโรคเบาหวาน ร้อยละ 90 เป็นโรคเบาหวานประเภทที่สอง (type 2 diabetes mellitus, T2DM) ซึ่งเบาหวานประเภทนี้ ตับอ่อนสามารถผลิตอินซูลินได้ แต่ร่างกายเกิดภาวะดื้อต่ออินซูลิน (insulin resistance) ทำให้ปริมาณของอินซูลินที่มีในร่างกายไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ และมักพบในผู้ใหญ่ที่อายุ 30 ปีขึ้นไป (Battikh et al., 2020) ปัจจุบันใช้ยาในการรักษา เช่น ยาอะคาร์โบส (acarbose) หรือยาเม็ดลดน้ำตาล ยาไฟโอกลิตาโซน (pioglitazone) และยาเมทฟอร์มิน (metformin) เป็นต้น (Harnedy et al., 2018)

มีการทดลองความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดซึ่ง มีทั้งศึกษาในหลอดทดลองและการศึกษาในสัตว์ทดลอง Kallel et al. (2012) ได้ลองฤทธิ์การยับยั้งของคอมบูชะที่หมักจากชาเขียวและคอมบูชะที่หมักจากชาดำต่อเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (α amylase) จาก

ตับอ่อนของสุกร ซึ่งพบว่า ความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสของคอมบูชะ ที่หมักจากชาเขียวและชาดำ มีความสามารถในการยับยั้งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการหมักและมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก นอกจากนี้ Aloulou et al. (2012) ได้ศึกษากิจกรรมของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสในพลาสมาและตับอ่อน โดยให้สารสกัดจากคอมบูชะที่หมักจากชาดำแก่หนูที่เป็นโรคเบาหวานที่เกิดจากสารอัลล๊อกซาน (alloxan) จากการศึกษาพบว่า คอมบูชะที่หมักจากชาดำช่วยเสริมสร้างการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส ส่งผลให้ระดับอินซูลินเพิ่มสูงขึ้น ระดับน้ำตาลในเลือดลดลง และเพิ่มการทนกลูโคส (glucose tolerance) ได้ Srihari et al. (2013) ให้สารสกัดแช่แข็งที่ได้จากคอมบูชะ ที่หมักจากชาดำแก่หนูแรทพันธุ์วิสตา (Wistar rat) ที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวาน โดยการฉีดสเตรปโตโซโตซิน (streptozotocin) จากการศึกษาพบว่า สารสกัดจากคอมบูชะที่หมักจากชาดำช่วยทำให้เกิดการหลั่งอินซูลินมากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดระดับไกลโคไซด์ ฮีโมโกลบิน ทำให้น้ำตาลในเลือดลดลง ส่วนงานวิจัย ของ Watawana et al. (2018) ศึกษาความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและเอนไซม์ เบต้ากลูโคซิเดส (β -glucosidase) ในหลอดทดลองของคอมบูชะที่หมักจากชาเขียวดำและที่หมักจากชาอูหลง จากการศึกษาพบว่า คอมบูชะทั้งสองชนิดยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและเอนไซม์เบต้ากลูโคซิเดสได้

2.7 ความเป็นพิษของคอมบูชะต่อร่างกาย (Jayabalan et al., 2014)

ได้มีรายงานความเป็นพิษของการดื่มคอมบูชะต่อร่างกาย ภายหลังจากดื่มบริโภคในบางบุคคลพบอาการคลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียนศีรษะ ในปี ค.ศ. 1995 ศูนย์ป้องกันและควบคุมโรค ห้ามหญิงมีครรภ์และให้นมบุตรดื่มบริโภคคอมบูชะ การตรวจพบสารตะกั่ว เนื่องจากใช้ภาชนะเซรามิกในการผลิตและมีความเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร ในปี ค.ศ. 1998 มีการพบโรคแอนแทรกซ์ จากแบคทีเรียบาซิลลัสในเครื่องดื่มคอมบูชะ สาเหตุของการเกิดโรคแอนแทรกซ์มาจากสภาพการหมักที่ไม่ถูกสุขลักษณะ และยังมีรายงานความเสี่ยงการดื่มบริโภคคอมบูชะของผู้ป่วยที่มีสถานะภูมิคุ้มกันบกพร่อง (HIV) จะเกิดอาการข้างเคียงดังนี้อาการแพ้วิงเวียนศีรษะอาเจียน ปวดคอ แต่ทั้งนี้ยังไม่ได้มีการรายงานยืนยันที่แน่ชัดว่า การเกิดโรคหรืออาการข้างเคียงในข้างต้น มีสาเหตุหลักที่แท้จริงมาจากการดื่มบริโภคเครื่องดื่มคอมบูชะ (Jayabalan et al., as cited in sadjadi, 1998 Gamundi and Valdivia, 1995 Srinivasan et al., 1997 Phan et al., 1998 Sabouraud et al., 2009)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชาหมักคอมบูชะ เป็นเครื่องดื่มที่นิยมมาตั้งแต่สมัยโบราณ โดยมีการกล่าวอ้างถึงสรรพคุณที่หลากหลาย เช่น เพิ่มภูมิคุ้มกันและป้องกันโรค ช่วยในการทำงานของระบบย่อยอาหาร สามารถล้างสารพิษในเลือด ปรับสมดุลร่างกาย และบำรุงตับ ซึ่งสรรพคุณเหล่านั้นได้มีงานวิจัยรองรับบ้างแล้ว (Dufresne and Farnworth, 2000; Sreeramulu et al., 2000; Banerjee et al., 2010; Bhattacharya et al., 2013) ชาหมักคอมบูชะที่ได้จากการหมักนั้น พบว่ามีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระได้ดีและคาดว่าสารโพลีฟีนอลเป็นสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ Murugesan et al. (2009) ได้รายงานว่าชาดำที่ผ่านกระบวนการผลิตเป็นชาหมักคอมบูชะ มีประสิทธิภาพในการรักษาดับสูงกว่าชาดำธรรมดา โดยมีกลไกผ่านการยับยั้งอนุมูลอิสระหรือเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระในสภาวะที่ตับเกิดความเสียหาย และจากการศึกษาพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อตับในหนูที่ได้รับการเหนี่ยวนำให้ตับเกิดความเสียหาย พบว่าในหนูที่ได้รับชาหมักคอมบูชะ จะมีอัตราการฟื้นฟูเนื้อเยื่อตับเด่นชัดกว่าชาชนิดอื่น เมื่อนำชาหมักคอมบูชะมาตรวจสอบด้วยวิธี gas chromatographic analysis พบว่าชาหมักคอมบูชะ ที่หมักจากชาดำเป็นเวลา 14 วัน มี acetic acid 1.60 g/100 ml, succinic acid 0.65 g/100 ml, glucuronic acid 0.38 g/100 ml, gluconic acid 0.2 g/100 ml และ ethanol 0.6 g/100 ml ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jayabalan et al. (2007) นอกจากนี้ Yang et al. (2008) พบว่าชาหมักคอมบูชะ ที่ผลิตจากชาดำ สามารถเพิ่มกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของ antioxidative enzyme โดยชาหมักคอมบูชะ นั้นสามารถเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) 152.55% และลด malondialdehyde (MDA) ลง 68.75% เมื่อเทียบกับหนูที่ได้รับอาหารโคเลสเตอรอลสูง อีกทั้งส่งผลลดโคเลสเตอรอลในเลือดของหนูทดลองที่ได้รับอาหารที่มีโคเลสเตอรอลสูงได้ 17.97% ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Adriani et al. (2011) ที่ศึกษาผลของชาหมักคอมบูชะ ต่อการลดโคเลสเตอรอลในเลือดเปิด คือเมื่อให้เปิดกินชาหมักคอมบูชะ ที่ความเข้มข้นต่างๆกันเป็นเวลา 4 สัปดาห์ เปิดกลุ่มที่ได้รับชาหมักคอมบูชะ ความเข้มข้นสูงที่สุด (25% kombucha) ให้ผลลดโคเลสเตอรอลในเลือด 12.7% ลดโคเลสเตอรอลชนิด LDL ได้มากที่สุด 60.4% และเพิ่มโคเลสเตอรอลชนิด HDL ขึ้น 19.97% นอกจากนี้ชาหมักคอมบูชะ ที่ผลิตจากชาดำยังมีประสิทธิภาพในการป้องกันรักษาแผลในกระเพาะอาหารผ่านกระบวนการต้านสารอนุมูลอิสระสูงกว่าชาดำ และผลทางพยาธิสภาพของหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นแผลในกระเพาะ พบว่าหนูกลุ่มที่ได้รับชาหมักคอมบูชะ สามารถฟื้นฟูเนื้อเยื่อที่เสียหายได้ดีกว่าหนูที่ได้รับชาดำ (Banerjee et al., 2010) อีกทั้งชาหมักคอมบูชะ ยังมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเพิ่มจำนวนของเซลล์ (antiproliferative activity) ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งในมนุษย์ได้ สองชนิด คือ A549 (lung cell carcinoma) และ Hep-2 (epidermoid

carcinoma) โดยชาหมักคอมบูชะ ที่ผลิตจากชาเขียวมีค่า 50% inhibition (IC50) ต่อเซลล์มะเร็ง A549 และ Hep-2 ที่ความเข้มข้น 250 และ 200 µg/ml ตามลำดับ ส่วนชาหมักคอมบูชะ ที่ผลิตจากชาดำมีค่า IC50 ต่อเซลล์มะเร็ง Hep-2 ที่ความเข้มข้น 386 µg/ml แต่ไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญของเซลล์ A549 (Deghrigue et al., 2013) นอกจากนี้ชาหมักคอมบูชะ ยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (Antimicrobial activity) หลายชนิด เช่น *Escherichia coli*, *Salmonella enterica serovar typhimurium*, *Micrococcus luteus* และ *Staphylococcus epidermidis* (Sreeramulu et al., 2000) จากสรรพคุณที่หลากหลายโดยเฉพาะฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระตลอดจนรสชาติที่ดีของชาหมักคอมบูชะ ทำให้เครื่องดื่มจากชาหมักคอมบูชะ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมสูงในหลายๆประเทศ โดยสูตรการหมักที่แตกต่างกันอาจทำให้ชาหมักคอมบูชะ ที่ได้มีองค์ประกอบทางเคมีและประสิทธิภาพในการต้านสารอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันได้ (ธีรพงษ์, 2555) โดยระยะเวลาในการหมักชาที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการต้านสารอนุมูลอิสระ ปริมาณสารฟีนอลิก (Phenolics) และประสิทธิภาพยับยั้ง linoleic acid peroxidation เพิ่มขึ้น (Chu and Chen, 2006) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bhattacharya et al. (2013) ที่ระบุว่าชาหมักคอมบูชะ ที่ผลิตจากชาดำมีปริมาณสารฟีนอลและฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้น 27.2% และ 75% ตามลำดับหลังจากการหมัก นอกจากนี้การเก็บชาหมักคอมบูชะ ที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ประสิทธิภาพในการต่อต้านสารอนุมูลอิสระลดลง (Jayabalan et al., 2008) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จะตรวจสอบสารพิษเคมีและทดสอบศักยภาพในการต้านสารอนุมูลอิสระของชาหมักคอมบูชะ ที่ผลิตจากชาเขียวผสมกับชาอู่หลงจากบริษัท ที แกลเลอรี กรุป (ประเทศไทย) จำกัดโดยจะทำการศึกษาภายใต้หลอดทดลอง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และวัตถุดิบที่ใช้ในการทำเครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำเครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ

- ก กระทะไฟฟ้า (ชนิดควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Imarflex)
- ข เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง
- ค หม้อสแตนเลส
- ง เทอร์โมมิเตอร์
- จ ทัพพี
- ฉ โหลแก้ว
- ช เต้าแก๊ส
- ณ ผ้าขาวบาง
- ญ กระดาษทิชชูแผ่นใหญ่
- ฎ ยางวง

3.1.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำเครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ

- ก เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว
- ข ขิงสด
- ค กระชายสด
- ง ดอกอัญชัน
- จ มะขามเปรี้ยว
- ฉ น้ำตาลทรายแดง
- ช ชาแดง
- ช หัวเชื้อหมัก (สโกลี)
- ณ น้ำเปล่า

3.2 อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือด้านการประเมินคุณภาพ ประกอบด้วย

3.2.1 อุปกรณ์การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อประเมินคุณภาพการยอมรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มบุนะเพื่อสุขภาพ ประกอบด้วยแบบประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส และชุดตัวอย่างผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มบุนะเพื่อสุขภาพ จำนวน 5 ตัวอย่าง

3.2.2 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ก เครื่องวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Schott รุ่น G0842, Switzerland

ข เครื่องวัดค่าความหวาน Brix โดยใช้เครื่องวัดความหวานชนิดจุ่มสัมผัสกับอาหาร (refractometer)

3.2.3 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ก วิเคราะห์หากรดซอร์บิก และเบนโซอิก ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

- 1) เครื่องซั่ง 4 ตำแหน่ง
- 2) เครื่อง Ultrasonicbath
- 3) ภาชนะกรองชนิด Nylon 66 ที่มีรูพรุนขนาด 0.45ไมโครเมตรขนาด 13 และ47 มิลลิเมตร, ภาชนะกรอง เบอร์42
- 4) เครื่อง HPLC: Agilent1100 Series, Column: ZORBAX Eclipse XDB-C18 (150 mm x4.6 mm x5 µm), Column temperature:30๐ C, Injection volume:10 µL, Flow rate:1.0 mL/min, UV detector wavelength: 235 nm
- 5) pH-meter
- 6) Magnetic stirrer with TFE-coated stirring bar
- 7) เครื่องปั่น

ข วิเคราะห์หาปริมาณคาเฟอีน

- 1) ขวดสำหรับย่อย (Digestion tube) และอุปกรณ์เครื่องแก้วต่างๆ

- 2) เครื่องย่อย และเครื่องกลั่นหาไนโตรเจน BUCHI Distillation Unit รุ่น B-324
- 3) บิวเรตต์
- 4) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง AND รุ่น HR-200

ค วิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว

- 1) เครื่องสกัดไขมัน FOSS รุ่น Soxtec TM 2055
- 2) ทิมเบิล (Thimble)
- 3) กระดาษกรอง
- 4) ขวดแก้วกันกลม

ง วิเคราะห์หาปริมาณสารหนู

- 1) เครื่อง Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry (GFAAS), บริษัท PerkinElmer รุ่น Analyst 800
- 2) Analytical balance ความละเอียด 0.0001 กรัม บริษัท Mettler รุ่น AT200
- 3) หลอดกำเนิดแสงสำหรับวิเคราะห์ธาตุสารหนู (Arsenic lamp)
- 4) หลอดกราฟไฟต์ (Graphite tubes)
- 5) Water bath บริษัท Neslab รุ่น GP-400
- 6) เครื่องแก้ว class A
- 7) ขวดพลาสติกสำหรับบรรจุสารละลายตัวอย่าง ชนิด high density polyethylene (HDPE)
- 8) กระดาษกรอง Whatman No.1

3.2.4 สารเคมีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ก วิเคราะห์หาปริมาณกรดซอร์บิก และเบนโซอิก ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

- 1) สารมาตรฐานทุกชนิดเป็นผลิตภัณฑ์ของ Sigma-Aldrich® ได้แก่ sodium benzoate (purity 99.9%), sodium salicylate (purity 99.8%) และ potassium sorbate (purity 100.2%)
- 2) สารเคมีทุกชนิดเป็น reagent grade ยกเว้นที่ระบุไว้ได้แก่ methanol (HPLC grade), glacial acetic acid, ammonium acetate, potassium ferrocyanide, zinc acetate
- 3) น้ำ Type I

ข วิเคราะห์หาปริมาณคาเฟอีน

- 1) สารละลายมาตรฐาน Caffeine ใน 1-propanol เข้มข้น 100 ppm (mg/L)
- 2) สารละลายอิ่มตัวของเกลือ NaCl ในน้ำ
- 3) 1-propanol (Carlo Erba Reagent)
- 4) Anhydrous Na_2SO_4 (Carlo Erba Reagent)

ค วิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วและสารหนู

- 1) สารละลายมาตรฐานผสม (Mixed standard solution: As 100 ppm, Pb 100 ppm, Cd 5 ppm), AA grade บริษัท PerkinElmer
- 2) สารละลายมาตรฐานสารหนู (As1000ppm), สารละลายมาตรฐานตะกั่ว (Pb1000ppm), AA grade บริษัท PerkinElmer
- 3) สารละลาย Palladium nitrate (Pd 10,000 ppm), AA grade บริษัท PerkinElmer
- 4) สารละลาย Magnesium nitrate ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 10,000 ppm), AA grade บริษัท PerkinElmer
- 5) กรดไนตริกเข้มข้น (65%), AR grade บริษัท Merck

6) น้ำความบริสุทธิ์สูง ความต้านทานไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 18.2 เมกะโอห์ม จากเครื่อง Elix 20 บริษัท Millipore

3.2.5 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- ก อุปกรณ์เครื่องแก้วในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์
- ข ตู้อบลมร้อนสำหรับฆ่าเชื้อ (Hot air oven) Binder
- ค ตู้ปลอดเชื้อ (Bosstech) Haul Force
- ง ตู้บ่มเพาะเชื้อ (Incubator) Memmert
- จ หม้ออัดความดัน (Labo Autoclave) Sanyo
- ฉ เครื่องเขย่าสารในหลอดทดลอง Mixer uzusio VTX-3000L
- ช สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์จุลินทรีย์

3.2.6 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล

- ก แบบประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส
- ข โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง

3.3.1 การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มคอมบูตะเพื่อสุขภาพ

โดยศึกษาสูตรพื้นฐาน 6 สูตรที่มีวัตถุดิบในการหมักที่แตกต่างกัน โดยใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วเป็นวัตถุดิบหลักในการหมักเครื่องดื่มคอมบูตะ แสดงดังตารางที่ 3-1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) (อนูวัตร, 2549) โดยมีขั้นตอนการทำหมักเครื่องดื่มคอมบูตะเพื่อสุขภาพ และรายละเอียดแตกต่างกันตามภาคผนวก ก แสดงดังรูปที่ 3-1 คัดเลือก 1 สูตรพื้นฐาน จากนั้นนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน โดยสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งเป็นนักศึกษา อาจารย์ เจ้าหน้าที่คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และกลุ่มคนรักสุขภาพที่มาออกกำลังกายบริเวณสวนสาธารณะพุทธอุทยานเพชรบุระเพชรบูรณ์ ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – Point Hedonic Scale) (เพ็ญขวัญ, 2536) นำผลมาวิเคราะห์หา

ค่าเฉลี่ย วิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance-ANOVA) และวิเคราะห์หาความแตกต่าง (Duncan's New Multiple's Range Test, DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ในการวิเคราะห์

การทดลองครั้งนี้ได้ทำการศึกษาพัฒนาสูตรเครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพที่เหมาะสมจากสูตรดังตารางที่ 3-1 ได้เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ จำนวน 6 สูตร โดยเพิ่มพืชที่มีท้องถิ่น ดังต่อไปนี้

สูตรที่ 1 ใช้ชาแดงหมัก เป็นสูตรควบคุม

สูตรที่ 2 ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว 100 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว : ดอกอัญชัน ในอัตราส่วน 1:1

สูตรที่ 4 ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว : ขิง ในอัตราส่วน 1:1

สูตรที่ 5 ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว : กระชาย ในอัตราส่วน 1:1

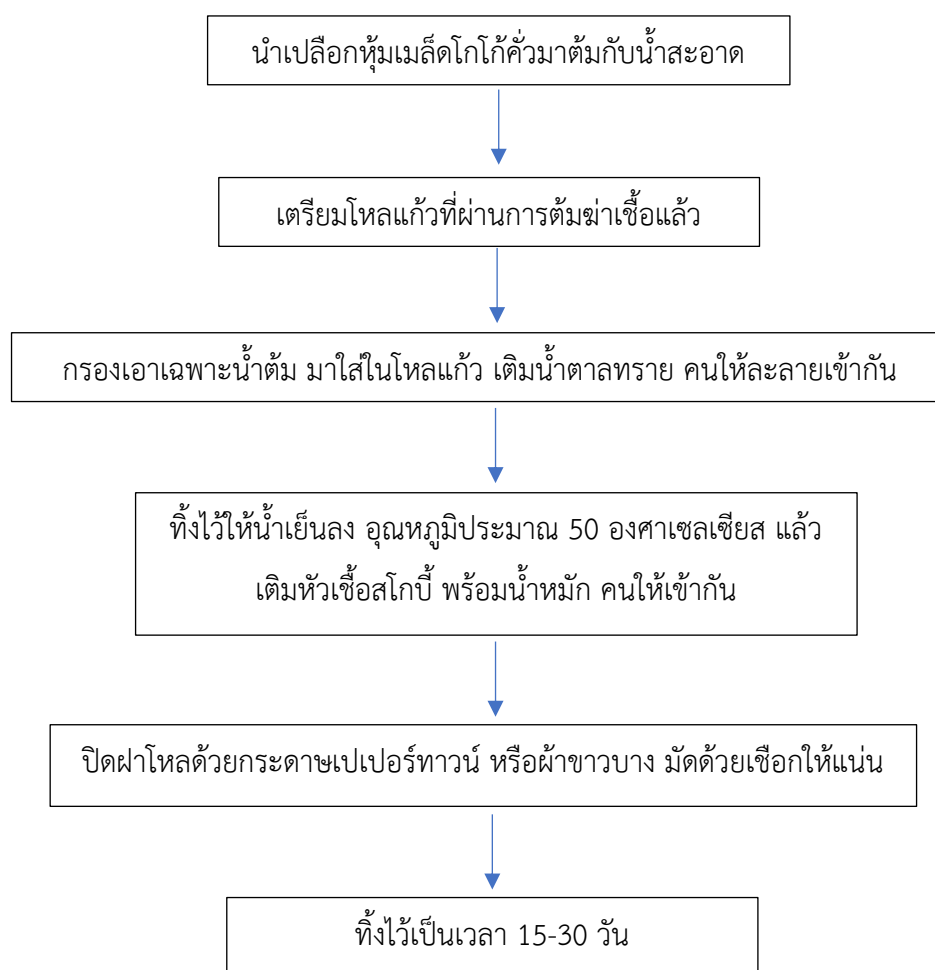
สูตรที่ 6 เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว : มะขาม ในอัตราส่วน 1:1

ตารางที่ 3-1 สูตรพื้นฐานเครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ

ส่วนผสม	น้ำหนักส่วนผสมในแต่ละสูตร (กรัม)					
	สูตรที่ 1 ชาแดง	สูตรที่ 2 เปลือกหุ้ม เมล็ดโกโก้ คั่ว	สูตรที่ 3 ดอกอัญชัน	สูตรที่ 4 ขิง	สูตรที่ 5 กระชาย	สูตรที่ 6 มะขาม
เปลือกหุ้ม เมล็ดโกโก้ คั่ว	-	500	250	250	250	250
น้ำตาลทราย	400	400	400	400	400	400
หัวเชื้อสโก็	500	500	500	500	500	500
น้ำสะอาด	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000

ตารางที่ 3-2 คุณภาพทางด้านกายภาพของเครื่องดื่มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ จำนวน 6 สูตร เริ่มต้นการหมัก

สูตร	ค่า pH	ค่าความหวาน Brix
สูตรที่ 1	2.0	10
สูตรที่ 2	2.90	9.5
สูตรที่ 3	3.31	11.6
สูตรที่ 4	2.81	10
สูตรที่ 5	3.04	11
สูตรที่ 6	2.88	13.2



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการทำเครื่องดื่มคอมบูฉะ

3.3.2 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ

นำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพที่หมักครบ 30 วัน แล้วนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยประเมินทางประสาทสัมผัส เมื่อได้ผลจากการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดจากข้อ 3.3.1 มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ได้แก่

ก ทางกายภาพ

- 1) วัดค่าความหวาน Brix โดยใช้เครื่องวัดความหวานชนิดจุ่มสัมผัสกับอาหาร (refractometer)
- 2) วัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Schott รุ่น G0842, Switzerland

ข ทางจุลินทรีย์ ตามวิธีการ FDA BAM Online, (2001)

- 1) จำนวนยีสต์และราทั้งหมด (Total Yeast & Mold Count)
- 2) *Escherichia coli*
- 3) *Salmonella*
- 4) *Staphylococcus aureus*

ค ทางเคมี ตามวิธีการ HPLC-DAD

- 1) วิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว
- 2) วิเคราะห์หาปริมาณสารหนู
- 3) วิเคราะห์หาปริมาณสารกันบูด (Benzoic acid)
- 4) วิเคราะห์หาปริมาณซอร์บิก (Sorbic acid)
- 5) วิเคราะห์หาปริมาณคาเฟอีน (Caffeine)

3.3.3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพสู่ชุมชน

โดยจัดโครงการอบรมการถ่ายทอดองค์ความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ และอบรมเชิงปฏิบัติการในแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในวันที่ 29-30 มิถุนายน 2566 ณ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มโกโก้นางั่ว ตำบลนางั่ว อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยกำหนดผู้เข้าร่วมอบรม จำนวน 30 คน ซึ่งมีกำหนดการ (ตามเอกสารภาคผนวกที่ ค) รวมถึงการประเมินความ

พึงพอใจในการเข้าร่วมโครงการ นำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย การแจกแจงความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percentage) และค่ามัธยฐานเลขคณิต (arithmetic mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: SD)โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ในการวิเคราะห์

3.4 สถานที่ทำการศึกษาทดลอง

3.4.1 พัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ ห้องปฏิบัติการหลักสูตรเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

3.4.2 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ และคุณค่าทางโภชนาการ ณ ห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

3.4.3 ประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ณ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

3.4.5 ถ่ายทอดเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพสู่ชุมชน ณ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มโกโก้นางั่ว ตำบลนางั่ว อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

3.5 ระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง

การทดลองครั้งนี้เริ่มตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566 – เดือนกันยายน พ.ศ. 2566

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การเพิ่มมูลค่าเศษเหลือทิ้งจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูฉะ เพื่อสุขภาพ โดยผลการศึกษาจะแยกตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

4.1 ผลการพัฒนาสูตรต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ

4.1.1 ผลการคัดเลือกสูตรพื้นฐานการผลิตเครื่องดื่มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ

การทดลองครั้งนี้ได้ทำการศึกษาพัฒนาสูตรเครื่องดื่มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพที่เหมาะสมจากสูตรดัง (ตารางที่ 3-1) ได้เครื่องดื่มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ จำนวน 6 สูตร โดยเพิ่มพืชที่มีท้องถิ่น ดังต่อไปนี้

สูตรที่ 1 ใช้ชาแดงหมัก เป็นสูตรควบคุม

สูตรที่ 2 ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว 100 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว : ดอกอัญชัน ในอัตราส่วน 1:1

สูตรที่ 4 ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว : ชิง ในอัตราส่วน 1:1

สูตรที่ 5 ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว : กระชาย ในอัตราส่วน 1:1

สูตรที่ 6 เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว : มะขาม ในอัตราส่วน 1:1

หลังจากนำมาหมัก ใช้เวลา 30 วัน แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า pH, ค่าความหวาน Brix โดยเก็บข้อมูลทุก 7 วัน เพื่อเป็นการประเมินผลหลังจากการหมัก ดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 แสดงการวัดค่าความหวาน Brix และค่า pH ของเครื่องดื่มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ

ตารางที่ 4-1 ลักษณะทางกายภาพของเครื่องดื่มคอมบูชะ เมื่อหมักครบ 30 วัน

ลักษณะ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6
Treatment						
Brix	10	7.5	11.2	10	8	13.2
pH	2.04	2.03	2.16	1.99	1.99	1.74
ลักษณะปรากฏ	ปกติ, ไส	ปกติ, ไส	ปกติ, ไส	ปกติ, ชุ่น	ปกติ, ชุ่น	ปกติ, ไส
สี	น้ำตาลแดง	เหลืองอ่อน	ม่วงอมแดง	เหลืองอ่อน	เหลืองอ่อน	เหลืองอ่อน
รสชาติ	เปรี้ยวออกหวาน	เปรี้ยวแสบคอ	เปรี้ยวอมหวาน	เปรี้ยวแสบ	เปรี้ยวแสบ	เปรี้ยวแสบคอ
แอลกอฮอล์	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
กลิ่น	กลิ่นเปรี้ยว	เปรี้ยวเหมือนน้ำส้มสายชูหมัก	กลิ่นเปรี้ยว	เปรี้ยวหอมฉิง	กลิ่นเปรี้ยว	เปรี้ยวเหมือนน้ำส้มสายชูหมัก
การขยายของสโโกบี	4 ชั้น	5 ชั้น	1 ชั้น	2 ชั้น	3 ชั้น	3 ชั้น

จากตารางที่ 4-1 พบว่า เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพทั้ง 6 สูตร ที่ผ่านการหมักเป็นเวลา 30 วัน แล้วนำมาวัดคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าความหวาน Brix ของแต่ละสูตรให้ค่าที่แตกต่างกัน ส่วนค่า pH จะมีค่าใกล้เคียงกัน ตั้งแต่ 1.99-2.16 ยกเว้นสูตรที่ 6 ซึ่งใช้วัตถุดิบเป็นมะขามเปรี้ยวยักษ์ ซึ่งมีความเปรี้ยวในตัววัตถุดิบอยู่แล้ว จึงทำให้ค่า pH มีค่าต่ำกว่าสูตรอื่นๆ เท่ากับ 1.74 ส่วนลักษณะปรากฏและสีของทั้ง 6 สูตรให้ลักษณะที่ปกติ มีทั้งสีใสและสีขุ่น และสีขึ้นอยู่กับวัตถุดิบแต่ละชนิด

ในส่วนด้านรสชาติ จะให้รสชาติที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากในการหมักโดยใช้เชื้อแบคทีเรียและยีสต์ Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast หรือเรียกว่า SCOBY รสชาติที่ได้จะมีความเปรี้ยวเหมือนน้ำส้มสายชูหมัก ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 30 วัน จะให้คุณภาพของหัวเชื้อน้ำส้มสายชูหมักที่เข้มข้นมาก โดยมีผลทำให้มีค่า pH ต่ำตั้งแต่ 2.00-2.20 เป็นต้น ซึ่งจากทั้ง 6 สูตรนี้ จะไม่เกิดแอลกอฮอล์ ส่วนการขยายตัวหรือเพิ่มปริมาณของหัวเชื้อสโโกบี จะพบว่าในสูตรที่ 2 ที่มีการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว 100 เปอร์เซ็นต์ในการหมัก มี

จำนวนการขยายมากที่สุดถึง 5 ชั้นต่อการหมัก 30 วัน รองลงมาได้แก่ สูตรที่ 1 สูตรที่ 5 สูตรที่ 6 สูตรที่ 4 และสูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ 4 ชั้น 3 ชั้น 3 ชั้น 2 ชั้น และ 1 ชั้น ตามลำดับ ดังภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 แสดงจำนวนชั้นของหัวเชื้อสโปกบีในเครื่องต้มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ

4.1.2 ผลการคัดเลือกสูตรพื้นฐานการผลิตเครื่องต้มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ

เครื่องต้มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ ทั้ง 6 สูตรมีลักษณะปรากฏ ของเหลวใสทั้งหมด และมีสีที่ต่างกันไปตามวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก จากตารางที่ 4-2 พบว่า สีของเครื่องต้มคอมบูฉะที่หมักด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว 100 เปอร์เซ็นต์ ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.34 ± 9.84 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรอื่นๆ ส่วนกลิ่นและรสชาติของเครื่องต้มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ มีค่าไม่แตกต่างกัน การยอมรับโดยรวม พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจในสูตรที่ 2 มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.12 ± 8.60 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรอื่นๆ

ดังนั้นสูตรที่ 2 เป็นสูตรที่มีคะแนนการยอมรับมากที่สุด และผู้วิจัยได้เลือกสูตรที่ 2 มาพัฒนาเป็นต้นแบบเครื่องต้มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ ซึ่งมาจากวัตถุดิบเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว 100 เปอร์เซ็นต์ และศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

ตารางที่ 4-2 แสดงค่าการยอมรับของผู้บริโภคต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ

ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	สูตรเครื่องดื่มคอมบูชะ					
	1	2	3	4	5	6
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.76±8.38	6.78±1.62	7.76±8.38	7.08±1.60	7.1±1.11	6.32±1.28
สี	6.08 ^e ±1.58	8.34 ^a ±9.84	6.08 ^e ±1.58	7.44 ^b ±1.03	7.06 ^c ±1.27	6.64 ^d ±1.48
กลิ่น ^{ns}	6.18±1.67	6.12±1.71	6.18±1.67	5.72±1.83	6.72±1.60	5.02±1.81
รสชาติ ^{ns}	6.96±1.69	6.68±1.52	6.96±1.69	6.7±1.81	7.34±1.45	6.72±1.60
การยอมรับโดยรวม	7.12 ^c ±8.60	8.12 ^a ±8.60	7.0 ^d ±1.29	7.02 ^d ±1.45	7.42 ^b ±1.26	6.7 ^e ±1.22

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a,b,c,d,e} ในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

^{ns} แสดงถึงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 4-3 เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ ทั้ง 6 สูตร หลังจากผ่านการหมัก 30 วัน

4.2 ผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ

4.2.1 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ
ดังนี้

4.2.1.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า pH และค่าความหวาน Brix

จากผลการทดลองคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า pH และค่าความหวาน Brix ของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบูชะเพื่อสุขภาพก่อน และหลังจากการหมักเป็นระยะเวลา 30 วันนั้น พบว่า มีค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นทั้ง 6 สูตร ซึ่งไม่แตกต่างกันในทุกสูตรการทดลอง ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 แสดงค่า Brix และ ค่า pH ก่อนและหลังการผลิตต้นแบบเครื่องต้มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ

ลักษณะทางกายภาพ	สูตรเครื่องต้มคอมบูชะ					
	1	2	3	4	5	6
Brix ก่อน ^{ns}	11	10.4	13.6	12.0	9.4	14.8
Brix หลัง ^{ns}	13.8	16.2	13.2	14.6	13.0	12.0
pH ก่อน ^{ns}	1.85	2.17	1.51	1.49	1.90	1.60
pH หลัง ^{ns}	2.27	2.45	1.91	1.92	2.12	2.01

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{ns} แสดงถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

4.2.1.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี โดยวิธี Proximate Analysis (HPLC-DAD, 2000)

จากตารางที่ 4-4 องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องต้มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ ได้แก่ ตะกั่ว สารหนู ซึ่งตรวจไม่พบในเครื่องต้มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ แต่ตรวจพบสารกันบูด ได้แก่ เบนโซอิก (Benzoic acid) และซอร์บิก (Sorbic acid) เท่ากับ 14.20 และ 38.60 ส่วนปริมาณ คาเฟอีนพบปริมาณ 2.25 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเครื่องดื่มประเภทชาหมักกำหนด แสดงว่าเครื่องต้มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ตารางที่ 4-4 แสดงค่าคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ

องค์ประกอบทางเคมี	ผลการทดสอบ mg/L	มาตรฐาน mg/L
ตะกั่ว	ND	≤ 0.5
สารหนู	ND	≤ 0.2
สารกันบูด (Benzoic acid)	14.20	≤ 100
ซอร์บิค (Sorbic acid)	38.60	≤ 100
คาเฟอีน (Caffeine)	2.25	≥ 1.5

หมายเหตุ ตัวอักษร ND = Not Detect แสดงถึงตรวจไม่พบ

4.2.1.3 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count, TPC) ยีสต์และรา *Coliform*, *Escherichia coli*, *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus*

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ พบว่า ตรวจไม่พบจำนวนยีสต์และราทั้งหมด, *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* แต่ตรวจพบปริมาณ *Coliform* มีค่าเท่ากับ < 1.1 MPN/100 ml ซึ่งมีปริมาณน้อย กว่ามาตรฐานกำหนด ส่วนปริมาณ *Escherichia coli* มีค่าเท่ากับ < 1.1 MPN/100 ml ซึ่งมาตรฐานกำหนดต้องไม่พบในผลิตภัณฑ์ ดังแสดงใน ตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 แสดงค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ

คุณภาพทางจุลินทรีย์	ผลการทดสอบ	มาตรฐาน
จำนวนยีสต์และราทั้งหมด (Total Yeast & Mold Count) (CFU/g)	ND	ต้องไม่พบ
<i>Coliform</i> (MPN/100 ml)	< 1.1	< 2.2
<i>Escherichia coli</i> (MPN/100 ml)	< 1.1	ต้องไม่พบ
<i>Salmonella</i> (100 ml)	ND	ต้องไม่พบ
<i>Staphylococcus aureus</i> (100 ml)	ND	ต้องไม่พบ

4.3 ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบุฉะเพื่อสุขภาพ

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน ความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ให้คะแนนโดยวิธี 9-point hedonic scale (เพ็ญขวัญ, 2536)

จากตารางที่ 4-6 พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มคอมบุฉะเพื่อสุขภาพ ที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วในการหมัก ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.55 ± 1.09 , 7.60 ± 1.93 , 7.65 ± 1.76 และ 7.78 ± 1.77 ตามลำดับ ซึ่งมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง ส่วนการยอมรับโดยรวม พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มคอมบุฉะเพื่อสุขภาพ ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.95 ± 1.76

ตารางที่ 4-6 แสดงค่าการยอมรับของผู้บริโภคต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบุฉะเพื่อสุขภาพ

คุณลักษณะ	ระดับความพึงพอใจต่อ ผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบุฉะ เพื่อสุขภาพ
ลักษณะปรากฏ	7.55 ± 1.09
สี	7.60 ± 1.93
กลิ่น	7.65 ± 1.76
รสชาติ	7.78 ± 1.77
การยอมรับโดยรวม	8.95 ± 1.76

หมายเหตุ เกณฑ์ที่ใช้วัดระดับความพึงพอใจโดยวิธี 9-point hedonic scale มีดังนี้

- | | |
|---------------------|------------------|
| 1 = ไม่ชอบมากที่สุด | 6 = ชอบเล็กน้อย |
| 2 = ไม่ชอบมาก | 7 = ชอบปานกลาง |
| 3 = ไม่ชอบปานกลาง | 8 = ชอบมาก |
| 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย | 9 = ชอบมากที่สุด |
| 5 = เฉยๆ | |

4.4 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ สู่ชุมชน

จัดโครงการอบรมการถ่ายทอดองค์ความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในวันที่ 29-30 มิถุนายน 2566 ณ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มโกโก้ นางั่ว ตำบลนางั่ว อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยกำหนดผู้เข้าร่วมอบรม จำนวน 30 คน รวมถึงการประเมินความพึงพอใจในการเข้าร่วมโครงการ



ภาพที่ 4-4 รวมภาพกิจกรรมการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ



ภาพที่ 4-5 รวมภาพการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนโกโก้บ้านจั่ว

4.4.1 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจของเกษตรกร

จากการถ่ายทอดองค์ความรู้ และอบรมเชิงปฏิบัติการการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคომฉะเพื่อสุขภาพ พบว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจในการเข้าร่วมโครงการ โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร ส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจต่อการเข้าร่วมโครงการ ซึ่งมีผลดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทำแบบประเมินความพึงพอใจในการเข้าร่วมอบรมโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มค่อมฉะเพื่อสุขภาพ ดังแสดงดังตารางที่ 4-7 และตารางที่ 4-8 โดยการรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ มีผู้เข้าร่วมอบรมให้ข้อมูลในการตอบประเมินความพึงพอใจทั้งสิ้น 30 ราย เป็นเพศหญิง 27 คน เพศชาย 3 คน ซึ่งมีเพศหญิงมากกว่าเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 90 โดยผู้เข้าอบรมส่วนใหญ่ มีอายุ มากกว่า 50 ปี 41-50 ปี 31-40 ปี และ 25-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 40 30 26.66 และ 3.34 ตามลำดับ สำหรับระดับการศึกษาของผู้เข้าร่วมโครงการในครั้งนี้ พบว่า ผู้เข้าอบรมส่วนใหญ่ มีระดับการศึกษาระดับ ระดับ

มัธยมศึกษา จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ระดับปริญญาตรี จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 และระดับประถมศึกษาจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ในด้านอาชีพ ส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกร จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 76.67 รับจ้างทั่วไป จำนวน 5 คน และธุรกิจส่วนตัว จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 16.66 และ 6.67 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร (n=30)

ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
- หญิง	27	90
- ชาย	3	10
อายุ		
- ต่ำกว่า 25 ปี	-	-
- 25-30 ปี	1	3.34
- 31-40 ปี	8	26.66
- 41-50 ปี	9	30
- มากกว่า 50 ปี	12	40
การศึกษา		
- ประถมศึกษา	2	6.67
- มัธยมศึกษา	18	60
- ปริญญาตรี	10	33.33
- ปริญญาโท	-	-
อาชีพ		
- ข้าราชการ	-	-
- เกษตรกร	23	76.67
- รับจ้างทั่วไป	5	16.66
- อื่นๆ ระบุ ธุรกิจส่วนตัว	2	6.67

ส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมอบรม

ข้อมูลที่ได้จากการประเมินความพึงพอใจพบว่า ด้านหัวข้อการบรรยาย ในการถ่ายทอดองค์ความรู้ และอบรมเชิงปฏิบัติการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ จากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 ± 0.55 เนื่องจากว่า เกษตรกรไม่เคยแปรรูปผลิตภัณฑ์นี้มาก่อน และให้ความสนใจมาก ๆ ในด้านสถานที่/ด้านการบริการให้บริการ ของเจ้าหน้าที่ รวมถึงความสามารถของวิทยากรในการถ่ายทอดความรู้ ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 ± 0.60 ด้านกระบวนการ ขั้นตอนการให้บริการ รวมถึง มีเอกสาร/แผ่นพับ/ข้อมูลต่าง ๆ ประกอบการอบรมให้บริการ ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 ± 0.48 ด้านความรู้ความเข้าใจ/คุณภาพในการให้บริการ โดยวัดความรู้ความเข้าใจ ก่อน เข้าร่วมอบรม ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.23 ± 1.03 และวัดความรู้ความเข้าใจ หลัง เข้าร่วมอบรม พบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.89 ± 0.41 และทางด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 ± 0.51 และการประเมินความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด พบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.82 ± 0.54 ดังแสดงในตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมอบรม

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจ	
	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	สรุปผลความพึงพอใจ
1. หัวข้อการบรรยาย		
1.1 การถ่ายทอดองค์ความรู้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ	4.80 ± 0.59	มากที่สุด
1.2 อบรมเชิงปฏิบัติการการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ	4.60 ± 0.50	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.70 ± 0.55	มากที่สุด

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจ	
	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	สรุปผลความพึงพอใจ
2. สถานที่/ด้านการบริการให้บริการของเจ้าหน้าที่		
2.1 สถานที่จัดการอบรมมีความเหมาะสมกับรูปแบบโครงการ	4.56±0.75	มากที่สุด
2.2 เจ้าหน้าที่ให้บริการด้วยความสุภาพ เป็นมิตร กระตือรือร้น เต็มใจให้บริการ	4.60±0.47	มากที่สุด
2.3 การชี้แจงและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการให้บริการที่ชัดเจน	4.50±0.60	มากที่สุด
2.4 ความสามารถของวิทยากรในการถ่ายทอดความรู้	4.65±0.44	มากที่สุด
2.5 การเปิดโอกาสให้ผู้ฟังซักถามหรือมีส่วนร่วม	4.30±0.77	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.52±0.60	มากที่สุด
3. ด้านกระบวนการ ขั้นตอนการให้บริการ		
3.1 มีกระบวนการและขั้นตอนเป็นระบบชัดเจน	4.50±0.41	มาก
3.2 ระยะเวลาดำเนินการมีความเหมาะสม	4.45±0.51	มาก
3.3 มีการประสานงานและการประชาสัมพันธ์	4.50±0.59	มาก
3.4 มีเอกสาร/แผ่นพับ/ข้อมูลต่าง ๆ ประกอบการอบรมให้บริการ	4.60±0.52	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.51±0.48	มากที่สุด
4. ด้านความรู้ความเข้าใจ/คุณภาพในการให้บริการ		
4.1 ความรู้ที่ได้รับตรงตามวัตถุประสงค์/ความต้องการของผู้เข้าอบรม	4.75±0.44	มากที่สุด
4.2 ความรู้ความเข้าใจ <u>ก่อน</u> เข้าอบรม	3.23±1.03	ปานกลาง
4.3 ความรู้ความเข้าใจ <u>หลัง</u> เข้าอบรม	4.89±0.41	มากที่สุด

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจ	
	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	สรุปผลความพึงพอใจ
5. การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์		
5.1 เนื้อหาที่ได้รับ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและการทำงานได้	4.85±0.51	มากที่สุด
5.2 เอกสาร/สื่อ/นวัตกรรมที่ได้รับ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้	4.85±0.55	มากที่สุด
5.3 ความรู้จากการอบรมสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นองค์ความรู้ใหม่ได้	4.75±0.57	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.75±0.51	มากที่สุด
ความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด	4.82±0.54	มากที่สุด

หมายเหตุ เกณฑ์ที่ใช้วัดระดับความพึงพอใจมีดังนี้

คะแนน 1.00-1.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

คะแนน 1.51-2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

คะแนน 2.51-3.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

คะแนน 3.51-4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

คะแนน 4.51-5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การพัฒนาสูตรต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ

ผลการคัดเลือกสูตรพื้นฐานการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ จำนวน 6 สูตร โดยนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ค่าคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจในสูตรที่ 2 มากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรอื่นๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือก เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ สูตรที่ 2 ที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วในการหมัก มาพัฒนาต่อเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ

5.1.2 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ

ผลคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ พบว่า

ก คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า pH และค่าความหวาน Brix

จากการทดลองพบว่า ค่า pH และค่าความหวาน Brix ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ ก่อน และหลังจากการหมักเป็นระยะเวลา 30 วันนั้น พบว่า มีค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นทั้ง 6 สูตร ซึ่งไม่แตกต่างกันในทุกสูตรการทดลอง ($P > 0.05$)

ข คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ พบว่ามี ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ พบว่าตรวจไม่พบจำนวนยีสต์และราทั้งหมด, *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* และตรวจพบปริมาณ *Coliform*, *Escherichia coli* < 1.1 MPN/100 ml ซึ่งมีปริมาณน้อย เมื่อเทียบกับมาตรฐานและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ในประกาศ

กระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543 เรื่องฯ แสดงว่าเครื่องต้มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ เป็นผลิตภัณฑ์ มีคุณภาพทางจุลินทรีย์ที่ดี และผู้บริโภคสามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย

ค คุณภาพทางด้านองค์ประกอบทางเคมี ของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ พบว่า ตรวจไม่พบ ตะกั่ว สารหนู ในผลิตภัณฑ์ และตรวจพบสารกันบูด (Benzoic acid) และซอร์บิก (Sorbic acid) เท่ากับ 14.20 และ 38.60 ส่วนปริมาณ คาเฟอีน พบปริมาณ 2.25 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเครื่องต้มประเภทชาหมักกำหนด แสดงว่าเครื่องต้มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ง การยอมรับของผู้บริโภค โดยทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ ที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วในการหมัก ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.55 ± 1.09 , 7.60 ± 1.93 , 7.65 ± 1.76 และ 7.78 ± 1.77 ตามลำดับ ซึ่งมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง ส่วนการยอมรับโดยรวม พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องต้มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.95 ± 1.76

5.1.3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพสู่ชุมชน

ผลการถ่ายทอดองค์ความรู้การพัฒนาเครื่องต้มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ จากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วโดยมีผู้เข้าร่วมอบรมให้ข้อมูลในประเมินความพึงพอใจทั้งสิ้น 30 ราย เป็นเพศหญิง 27 คน เพศชาย 3 คน ซึ่งมีเพศหญิงมากกว่าเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 90 โดยผู้เข้าอบรมส่วนใหญ่ มีอายุ มากกว่า 50 ปี 41-50 ปี 31-40 ปี และ 25-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 40 30 26.66 และ 3.34 ตามลำดับ สำหรับระดับการศึกษาของผู้เข้าร่วมโครงการในครั้งนี้ พบว่า ผู้เข้าร่วมอบรมส่วนใหญ่ มีระดับการศึกษาระดับมัธยมศึกษา จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ระดับปริญญาตรี จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 และระดับประถมศึกษาจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ในด้านอาชีพ ส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกร จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 76.67 รับจ้างทั่วไป จำนวน 5 คน และธุรกิจส่วนตัว จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 16.66 และ 6.67 ตามลำดับ

จากการประเมินความพึงพอใจพบว่า ด้านหัวข้อการบรรยาย ในการถ่ายทอดองค์ความรู้และอบรมเชิงปฏิบัติการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องต้มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ จากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 ± 0.55 เนื่องจากว่าเกษตรกรไม่เคยแปรรูปผลิตภัณฑ์นี้มาก่อน และให้ความสนใจมาก ในด้านสถานที่/ด้านการบริการให้บริการของเจ้าหน้าที่ รวมถึงความสามารถของวิทยากรในการถ่ายทอดความรู้ ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มาก

ที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 ± 0.60 ด้านกระบวนการ ขั้นตอนการให้บริการ รวมถึง มีเอกสาร/แผ่นพับ/ข้อมูลต่าง ๆ ประกอบการอบรมให้บริการ ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 ± 0.48 ด้านความรู้ความเข้าใจ/คุณภาพในการให้บริการ โดยวัดความรู้ความเข้าใจ ก่อนเข้าร่วมอบรม ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.23 ± 1.03 และวัดความรู้ความเข้าใจ หลัง เข้าร่วมอบรม พบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.89 ± 0.41 และทางด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 ± 0.51 และการประเมินความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด พบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.82 ± 0.54

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

คุณภาพทางกายภาพ ค่า pH และค่า Brix ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ ทั้ง 6 สูตร มีค่าอยู่ในเกณฑ์การหมักเครื่องดื่มคอมบูชะ โดย ค่า pH มีค่าอยู่ในช่วง 1.99-2.16 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อัจฉริยา (2560) ที่ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาสมุนไพรพื้นบ้านทั้ง 10 ชนิด โดยมีค่า pH เท่ากับอยู่ในช่วง 2.15-2.97 ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการหมักเพื่อทำเป็นเครื่องดื่มคอมบูชะ ส่วนคุณภาพทางเคมีนั้น ตรวจไม่พบ ตะกั่ว สารหนู ในผลิตภัณฑ์ และตรวจพบสารกันบูด (Benzoic acid) และซอร์บิก (Sorbic acid) เท่ากับ 14.20 และ 38.60 ส่วนปริมาณ คาเฟอีน พบปริมาณ 2.25 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเครื่องดื่มประเภทชาหมักกำหนด ในการตรวจคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ พบว่า ตรวจไม่พบจำนวนยีสต์และราทั้งหมด, *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* เนื่องจากการกระบวนการหมักคอมบูชะในเวลาที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ค่า pH ลดลง โดยการทำงานของแบคทีเรียกรดอะซิติกและยีสต์ เกิดการรีดิวซ์ของน้ำตาล และมีฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียได้ จึงทำให้ตรวจไม่พบจำนวนยีสต์และราทั้งหมด *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของนิสาและคณะ (2564) ที่ศึกษาคุณสมบัติทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์คอมบูชาที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก โดยตรวจไม่พบเชื้อ *B. subtilis*, *B. cereus*, *Salmonella sp.*, *S. aureus* และ *E. coli* เนื่องจากมีฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรีย แต่ตรวจพบปริมาณ *Coliform*, *Escherichia coli* < 1.1 MPN/100 ml อาจมีผลเนื่องมาจากขั้นตอนการเก็บตัวอย่างตรวจวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ จึงทำให้ตรวจพบ แต่มีปริมาณน้อย เมื่อเทียบกับมาตรฐานและอยู่ใน

เกณฑ์มาตรฐานกำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543 เรื่องฯ แสดงว่าเครื่องดื่มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ เป็นผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางจุลินทรีย์ที่ดี และผู้บริโภคสามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย

ในการจัดโครงการอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้และอบรมเชิงปฏิบัติการการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพนั้น พบว่าเกษตรกรให้ความสนใจค่อนข้างมาก และมีความพึงพอใจในระดับดีมาก เนื่องจากเป็นเครื่องดื่มสุขภาพ และผู้บริโภคหันมาใส่ใจในการดูแลสุขภาพกันมากขึ้น จึงทำให้ผู้ผลิตรู้สึกตื่นตัวอยากที่จะผลิตสินค้าและแปรรูปเพื่อเพิ่มรายได้ในชุมชนมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นช่องทางในการเพิ่มรายได้ให้กับครัวเรือน ซึ่งให้สอดคล้องกับ จิตพนธ์ (2560) ที่ถ่ายทอดเทคโนโลยีในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำนมแพะ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการชุมชนอย่างยั่งยืนของชุมชนไทยมุสลิม อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งได้รับการร่วมมือเป็นอย่างดี และสามารถจัดตั้งเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้ สามารถสร้างความยั่งยืนให้กับชุมชน

5.3 ข้อเสนอแนะของผู้วิจัย

5.3.1. ในงานวิจัยครั้งต่อไป ควรทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเครื่องดื่มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค และเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นานยิ่งขึ้น

5.3.2 ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรมีพัฒนาสูตร โดยใช้วัตถุดิบอื่นๆในการหมักเครื่องดื่มคอมบูฉะ ให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น ที่นิยมในท้องตลาด

บรรณานุกรม

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2546. คลังข้อมูลการวิจัยการเกษตรไทย : มะขาม. เอกสารเผยแพร่ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กระทรวงสาธารณสุข. 2543. เรื่องชา ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543.
- กวิน สุขสิงห์ และ วรณีย์ จิรภาคย์กุล. 2554. **ผลของการทำแห้งต่อปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์และสมบัติต้านออกซิเดชันในกระชายเหลือง**. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 49. (หน้า 641-648). วันที่ 1-4 กุมภาพันธ์ 2554 ณ กรุงเทพฯ.
- คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2553. มะขาม. ค้นเมื่อ 20 เม.ย. 2566.
<http://www.sc.mahidol.ac.th/wiki>.
- คณาทิพย์ สิงห์สาย และ จินตนา สัตยาศัย. 2560. **บทบาทของกระบวนการอักเสบในโรกระบบประสาทเสื่อม**. วารสารเภสัชวิทยา. 39(1) : 63-76.
- จิณวัตร จันครา และ บุผา ใจมั่น. 2560. **โรคความดันโลหิตสูงในผู้สูงอายุ เพศเมียที่ควรตระหนัก**. วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี. 28(1) : 100-111.
- จิตพนธ์ ชุมเกต. 2560. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการชุมชนอย่างยั่งยืนของชุมชนไทยมุสลิม อำเภอลำดวน จังหวัดเพชรบุรี**. รายงานฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
- จุฑามาศ พรสันเทียะ, ทิพย์วรินทร์ ริมลำนวน, กุณทิกา เวชกลาง และ นิสารัม สัมช่า. 2563. **ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของคอมบูชะในกระบวนการหมัก**. การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาลัยนครราชสีมา ครั้งที่ 7. 12(1) : 1069-1079
- ธีรพงษ์ เทพกรณ์. 2555. **ชา: กระบวนการผลิต และองค์ประกอบทางเคมีจากการหมัก**. สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 17(2): 189-196.
- ธีรพงษ์ เทพกรณ์. 2556. **การศึกษาการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (โพลีฟีนอล) ในระหว่างกระบวนการผลิตชาเขียวและชาอู่หลงของจังหวัดเชียงราย**. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.
- นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ. 2548. **จุลชีววิทยาทั่วไป**. พิมพ์ครั้งที่ 3 . กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นรินาม. ม.ป.ป. **ชิง ประโยชน์ดีๆ สรรพคุณเด่นๆ และข้อมูลงานวิจัย**. ค้นจาก
<https://www.dsthai.com/16488302/%E0%B8%82%E0%B8%B4%E0%B8%87>

- นิสา ร่มสั่มซ่า จุฑามาศ พรสันเทียะ ทิพย์วรินทร์ รีมลำดวน และกฤตภา เวชกลาง. 2564. **คุณสมบัติทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์คอมบูชาที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก**. วารสารนเรศวรพะเยา ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน 2564.
- เนตรนภา เมยกลาง และ เฉลิม เรื่องวิริยะชัย. 2557. **การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มน้ำผลไม้**. วารสารวิจัย มข. (บศ.). 14(4) : 69-79.
- เนตรนภา เมยกลาง และ เฉลิม เรื่องวิริยะชัย. 2557. **การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มน้ำผลไม้**. วารสารวิจัย มข. (บศ.). 14(4) : 69-79.
- ปฎิญา มั่นเกษตรกิจ และ สกุนณี บวรสมบัติ. 2561. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาดำโดยใช้เชื้อบริสุทธิ์**. รายงานการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 8. 1(8) : 1344-1353.
- ปิยะมิตร ศรีธรา, พลังพล คงเสรี และ ศุภฤกษ์ บวรภิญโญ. 2563. **สารสกัดกระชายขาว ต้าน COVID-19** ค้นเมื่อ 28 ธันวาคม 2563, จาก <https://www.rama.mahidol.ac.th/ramacclinic/article/09sep2020-1522>.
- พิรุฑธ สิทธิไชยากุล. 2554. **Acute and Chronic Inflammation**. เอกสารประกอบการสอน. ภาควิชาพยาธิวิทยาและนิติเวชศาสตร์คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 19 หน้า.
- พุทธพร แก้วมีศรี และ ลัดดาวัลย์ เส็งกันไพร. 2562. **การแพร่กระจายของมะเร็ง และเป้าหมายสำหรับการรักษา**. ศรีนครินทร์เวชสาร. 34(2) : 211-216.
- เพ็ญขวัญ. 2536. เอกสารประกอบการสอนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- เรื่องลักษณะ จามิกรณ์. 2541. **ชีวเคมีเบื้องต้น**. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วิทวัส จันทน์คราญ. 2562. **แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการเกิดมะเร็ง**. Asian Archives of Pathology. 1(1) : 29-39.
- วีณา เชิดบุญชาติ. 2556. **ศาลาสมุนไพรไทย**. ค้นจาก: <http://th.wikipedia.org/wiki>.
- สำนักงานข้อมูลสมุนไพร. 2553. มะขาม. ผลไม้มีประโยชน์. ค้นจาก <https://medplant.mahidol.ac.th/index.asp>
- อนุวัตร แจ่มชัด. **สถิติสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการประยุกต์**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, 2549.

- อัจฉริยา ชมเชย. 2560. **ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาตรฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาสมุนไพรพื้นบ้าน**. บทความวิจัยการประชุมสวนสุนันทาวิชาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชาติ ครั้งที่ 1 วันที่ 10 พฤศจิกายน 2560.
- อุดมการ อินทุโส และ ปาริชาติ ทะนานแก้ว. 2559. **สมุนไพรไทย ตำรับยา บำบัดโรค บำรุงร่างกาย**. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มติชน.
- Ali EP and Monir EP. 2016. Antioxidant, Antibacterial and Color Analysis of Garlic Fermented in Kombucha and Red Grape Vinegar. **Applied Food Biotechnology**. 3(4) : 246-252.
- Aloulou A, Hamden K, Elloumi D, Ali MB, Hargafi K, Jaouadi B, Ayadi F, Elfeki A and Ammar E. 2012. Hypoglycemic and antilipidemic properties of Kombucha tea in alloxan-induced diabetic rats. **BMC Complementary and Alternative Medicine**. 12 : 63.
- Battikh H, Chaieb K, Bakhrouf A and Ammar E. 2020. Antibacterial and antifungal activities of black and green Kombucha teas. **Journal of Food Biochemistry**. 37 : 231-236.
- Borrelli, F., Capasso, R., Pinto, A., and Izzo, A. A. 2004. Inhibitory effect of ginger (Zingiber officinale) on rat ileal motility in vitro. **Life Sciences**. 74(23): 2889-2896.
- Cardoso RR, Neto RO, dos Santos D'Almeida CT, do Nascimento TP, Pressete CG, Azevedo L, Martino HSD, Cameron LC, Ferreira MSL, Barros FARD. 2020. Kombuchas from green and black teas have different phenolic profile, which impacts their antioxidant capacities, antibacterial and antiproliferative activities. **Food Research International**. 128 : 108782.
- Chen C and Liu Y. B. 2000. **Changes in major components of tea fungus metabolites during prolonged fermentation**. *Applied Microbiology* 89 : 834-839.
- Chesnut RM, Marshall LF, Klauber MR, Blunt BA, Baldwin N, Eisenberg HM, Jane JA, Marmarou A and Foulkes MA. 1993. The role of secondary brain injury in determining outcome from severe head injury. **The Journal of Trauma**. 34(2) :216-222.
- Chu S. C and Chen C. 2006. Effects of origins and fermentation time on the antioxidant activities of Kombucha. **Food Chemistry** 98: 502-507.
- Connell, D. W., and McLachlan, R. 1972. Natural pungent compounds: IV. Examination of the gingerols, shogaols, paradols and related compounds by thin-layer and gas chromatography. **Journal of Chromatography A**. 67(1): 29-35.

- Connell, D. W., and Sutherland, M. D. 1969. A re-examination of gingerol, shogaol, and zingerone, the pungent principles of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). **Australian Journal of Chemistry**. 22(5): 1033-1043.
- De Roos J and De Vuyst L. 2018. **Acetic acid bacteria in fermented foods and beverages**. *Current Opinion in Biotechnology*. 49 : 115-119.
- Dufresne C, Farnworth E. 2000. Tea, Kombucha, and health: a review. **Food Res. Int.** 33(6): 409-421
- Ernst, E., and Pittler, M. H. 2000. Efficacy of ginger for nausea and vomiting: A systematic review of randomized clinical trials. **British Journal of Anaesthesia**. 84(3): 367-371.
- FDA BAM Online. 2001. Bacteriological Analytical Manual (BAM).
- Ghayur, M. N., Gilani, A. H., Afridi, M. B., and Houghton, P. J. 2005. Cardiovascular effects of ginger aqueous extract and its phenolic constituents are mediated through multiple pathways. **Vascular Pharmacology**. 43(4): 234-241.
- Gibbon David P. and Adam Pain. 1985. **Crops of the Drier Regions of the Tropics**. Intermediate tropical agriculture series. Longman publisher.
- Gunther W. F. 1995. **Kombucha healthy beverage and natural remedy from the far east**. Printed in Austria.
- Harnedy PA, Parthasarathy V, McLaughlin CM, O'Keeffe MB, Allsopp PJ, McSorley ME, O'Harte FPM and FitzGerald RJ. 2018. Atlantic salmon (*Salmo salar*) co-product-derived protein hydrolysates: A source of antidiabetic peptides. **Food Research International**. 106 : 598-606.
- ISO 19250. 2010. Microbiology of the food chain - horizontal method for the determination of *Vibrio* spp- Part 1: detection of potentially enteropathogenic *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio cholerae* and *Vibrio vulnificus*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- Ivanisova E, Menhartova K, Terentjeva M, Harangozo L, Kantor A and Kacaniova M. 2020. The evaluation of chemical, antioxidant, antimicrobial and sensory properties of Kombucha tea beverage. **Journal of Food Science and Technology**. 57(5) :1840-1846.

- Jasmina V, Stefan V, Jelena C, Ljiljana P and Radomir M. 2020. Kombucha fermentation of six medicinal herbs: Chemical profile and biological activity. **Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly**. 26(2) : 157-170.
- Jayabalan R., Chen PN, Hsieh YS, Prabhakaran K, Pitchai P, Marimuthu S, Thangaraj P, Swaminathan K and Yun SE. 2011. Effect of solvent fractions of Kombucha tea on viability and invasiveness of cancer cells Characterization of dimethyl 2-(2-hydroxy-2-methoxypropylidene) malonate and vitexin. **Indian Journal of Biotechnology**. 10(1) : 75-82.
- Jayabalan R., Radomir V., Malbasa., Eva S. Loncar, Jasmina S. Vitas, Muthuswamy Sathishkumar. 2014. A Review on Kombucha Tea-Microbiology, Composition, Fermentation, Beneficial Effects, Toxicity, and Tea Fungus. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**.13(4):538-550. doi: 10.1111/1541- 4337.12073.
- Jayabalan, R., Marimuthu, S and Swaminathan, K. 2007. **Changes in content of organic acids and tea polyphenols during kombucha tea fermentation**. Food Chemistry 102 : 392-398
- Jayabalan, R., Marimuthu, S., Thangaraj, P., Sathishkumar, M., Binupriya, S.A., Swaminathan, K. and Yum, S.E. 2008. Preservation of kombucha tea-effect of temperature on tea components and free radical scavenging properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 56: 9064-9071.
- Jolad, S. D., Lantz, R. C., Solyom, A. M., Chen, G. J., Bates, R. B., and Timmermann, B. N. 2004. Fresh organically grown ginger (*Zingiber officinale*): composition and effects on LPS-induced PGE2 production. **Phytochemistry**. 65(13): 1937-1954
- Kaewkod T, Bovonsombut S and Tragoolpua Y. 2019. **Efficacy of Kombucha Obtained from Green, Oolong, and Black Teas on Inhibition of Pathogenic Bacteria, Antioxidation, and Toxicity of Colorectal Cancer Cell Line**. Microorganisms. 7(12) : 700.
- Kallel L, Desseaux V, Hamdi M, Stocker P and Ajandouz EH. 2012. Insights into the fermentation biochemistry of Kombucha teas and potential impacts of Kombucha drinking on starch digestion. **Food Research International**. 49(1) : 226-232.

- Kemper, J. K. 1999. Ginger (*Zingiber officinale*). Longwood Herbal Task Force and The Center for Holistic **Pediatric Education and Research** [On-line]. Available: <http://www.mcp.edu/herbal/default.htm>.1-13.
- Kim J and Adhikar K. 2020. **Current Trends in Kombucha: Marketing Perspectives and the Need for Improved Sensory Research**. *Beverages*. 6(1) : 15.
- Langner, E., Greifengberg, S., and Gruenwald, J. 1998. Ginger: History and use. **Advances in Therapy**. 15(1): 25-44.
- Lorenzo JM and Munekata PES. 2016. Phenolic compounds of green tea: Health benefits and technological application in food. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**. 6(8) : 709- 719.
- Malbasa Radomir, Eva S. Loncar and M. Djuric. 2008. Comparison of the products of Kombucha fermentation on sucrose and molasses. **Food Chemistry**. 106(3):1039-1045.
DOI:10.1016/j.foodchem.2007.07.020
- Malbasa V. R., Loncar S. E., Vitas S. J., Canadanovic C. J. 2011. Influence of starter cultures on the antioxidant activity of kombucha beverage. **Food Chemistry** 127: 1727-1731.
- Marzban F, Azizi G, Afraei S, Sedaghat R, Seyedzadeh MH, Razavi A and Mirshafiey A. 2015. Kombucha tea ameliorates experimental autoimmune encephalomyelitis in mouse model of multiple sclerosis. **Food and Agricultural Immunology**. 26(6) : 1-12.
- Neffe-Skocinska K, Sionek, B, Scibisz I and Kotozyn-Krajewska D. 2017. Acid contents and the effect of fermentation condition of Kombucha tea beverages on physicochemical, microbiological and sensory properties. **CyTA Journal of Food**.15(4) :601-607
- Roche, J. 1998. The history and spread of Kombucha. Available from: http://w3.trib.com_kombu/roche.html.
- Sajilata, M.G., Poonam Bajaj, and Rekha Satishchandra Singhal. 2008. Tea Polyphenols as Nutraceuticals. *Food Science and Food Safety* 7(3):229 – 254. DOI:10.1111/j.1541-4337.2008.00043.x
- Sakkas H and Papadopoulou C. 2017. Antimicrobial Activity of Basil, Oregano, and Thyme Essential Oils. **Journal of Microbiology and Biotechnology**. 7(3) : 429-438.

- Shadmani, A., Azhar, I., Mazhar, F., Hassan, M. M., Ahmed, S. W., Ahmad, I., and Shamim, S. 2004. Kinetic studies on *Zingiber officinale*. **Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences**. 17(1): 47- 54
- Sknepnek A, Pantic M, Matijasevic D, Miletic D, Levic S, Nedovic V and Niksic M. 2018. Novel Kombucha Beverage from Lingzhi or Reishi Medicinal Mushroom, *Ganoderma lucidum*, with Antibacterial and Antioxidant Effects. **International Journal of Medicinal Mushrooms**. 20(3) : 243-258.
- Sreeramulu G., Zhu Y., Knol W. 2000. Kombucha fermentation and its antimicrobial activity. *Agriculture Food Chemistry* 48 : 89-94.
- Srihari T, Karthikesan K, Ashokkumar N and Satyanarayana U. 2013. Antihyperglycaemic efficacy of Kombucha in streptozotocin-induced rats. **Journal of Functional Foods**. 5(4): 1794-1802
- Teoh, A.L., Heard, G. and Cox, J. 2004. Yeast ecology of kombucha fermentation. **International Journal of Food Microbiology**. 95, 119-126
- Thomson, M., Al-Qattan, K. K., Al-Sawan, S. M., Alnaqeeb, M. A., Khan, I., and Ali, M. 2002. The use of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) as a potential anti-inflammatory and antithrombotic agent. **Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids**. 67(6): 475-478.
- Vajragupta O, Boonchoong P, Boonyarat C and Audsintong M. 2006. Radical scavenging agents. Bangkok: **SP Print**. 123-44.
- Vazquez-Cabral BD, Larrosa-Perez M, Gallegos-Infante JA, Moreno-Jiménez MR, Gonzalez-Laredo RF, Rutiaga-Quinones JG, Gamboa-Gomez CI and Rocha-Guzman NE. 2017. Oak Kombucha protects against oxidative stress and inflammatory processes. **Chemico-Biological Interactions**. 272 : 1-9
- Villarreal-Soto SA, Beaufort S, Bouajila J, Souchard JP, Renard T, Rollan S and Taillandier P. 2019. Impact of fermentation conditions on the production of bioactive compounds with anticancer, anti-inflammatory and antioxidant properties in Kombucha tea extracts. **Process Biochemistry**. 83: 44–5445.
- Wang C, Xu M, Gao S, Wu T, Qin C and Zhang Z. 2016. Immune-Enhancing Effect of Kombucha on Cyclophosphamide-induced Immunosuppressive Mice. **Advances in Engineering Research**. 104

- Wang, K., Gan, X., Tang, X., Wang, S and Tan, H. 2010. Determination of d-saccharic acid-1,4-lactone from brewed kombucha broth by high-performance capillary electrophoresis. **Chromatography B** 878: 371–374.
- Watawana MI, Jayawardena N and Waisundara VY. 2018. Value-added Tea (*Camellia sinensis*) as a Functional Food using the Kombucha ‘Tea Fungus’. **Chiang Mai Journal of Science**. 45(1) :136-146
- Wohlmuth, H., Smith, M. K., Brooks, L. O., Myers, S. P., and Leach, D. N. 2006. Essential oil composition of diploid and tetraploid clones of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) grown in Australia. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 54(4): 1414-1419.
- Yang Z, Ji B., Zhou F, Li B, Luo Y, Yang L. 2009. Hypocholesterolaemic and antioxidant effects of kombucha tea in high-cholesterol fed mice. **J. Sci. Food Agric**. 2009; 89(1): 150-156.
- Young, H. Y., Luo, Y. L., Cheng, H. Y., Hsieh, W. C., Liao, J. C., and Peng, W. H. 2005. Analgesic and anti-inflammatory activities of [6]-gingerol. **Journal of Ethnopharmacology**. 96(1-2): 207-210.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สูตรพื้นฐานเครื่องตีมคอมบุฉะเพื่อสุขภาพ

ตารางที่ 1 สูตรพื้นฐานเครื่องต้มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ

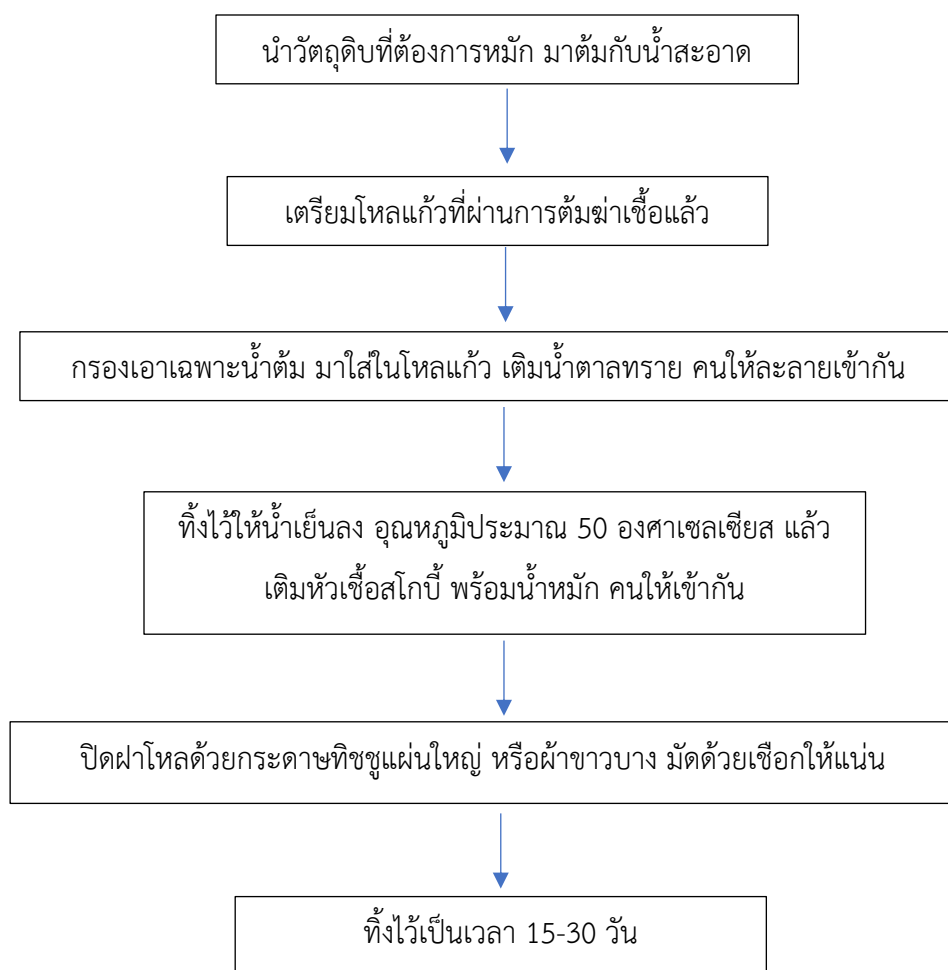
ส่วนผสม	น้ำหนักส่วนผสมในแต่ละสูตร (กรัม)					
	ชาหมัก (Control)	เปลือกหุ้ม เมล็ดโกโก้ คั่ว 100 เปอร์เซ็นต์	เปลือกหุ้ม เมล็ดโกโก้คั่ว : ดอกอัญชัน (1:1)	เปลือกหุ้ม เมล็ดโกโก้ คั่ว : ขิง (1:1)	เปลือกหุ้ม เมล็ดโกโก้คั่ว : กระชาย (1:1)	เปลือกหุ้ม เมล็ดโกโก้คั่ว : มะขาม (1:1)
เปลือกหุ้มเมล็ด โกโก้คั่ว	-	500	250:250	250:250	250:250	250:250
น้ำตาลทราย	400	400	400	400	400	400
หัวเชื้อสโปปี้	500	500	500	500	500	500
น้ำสะอาด	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000



ภาพที่ 1 วัตถุดิบที่ใช้ในการหมักเครื่องต้มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการทำเครื่องดื่มคอมบูตะเพื่อสุขภาพ จากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทำเครื่องดื่มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ



ภาพที่ 4 โหลหมักเครื่องดื่มคอมบูฉะเพื่อสุขภาพ

ภาคผนวก ข

แบบประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส



แบบสอบถามความพึงพอใจผู้บริโภคร

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ จากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว
ในกระบวนการผลิตโกโก้

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามมีทั้งหมด 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

ส่วนที่ 3 พฤติกรรมการบริโภคเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

2. แบบสอบถามนี้ใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยประกอบการทำวิจัย คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ซึ่งท่านได้เป็นผู้หนึ่งที่ได้รับเลือกให้เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งทั้งต่องานวิจัยและผู้เกี่ยวข้องในการนำผลมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ และสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค

โปรดตอบความจริงให้ครบทุกข้อ เพราะคำตอบทุกข้อมีความสำคัญต่อการวิจัยเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

คณะผู้วิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง : กรุณาใส่เครื่องหมายถูก (✓) ให้ตรงกับหัวข้อที่ท่านต้องการเลือก หรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่เว้นให้

- | | | |
|-------------------|---|--|
| 1. เพศ | ☐ ชาย | ☐ หญิง |
| 2. อายุ | ☐ ต่ำกว่า 25 ปี | ☐ 25-30 ปี |
| | ☐ 31-40 ปี | ☐ 41-50 ปี ☐ มากกว่า 50 ปี |
| 3. การศึกษา | ☐ ปริญญาตรี | ☐ ปริญญาโท |
| | ☐ ปริญญาเอก | ☐ อื่นๆ โปรดระบุ..... |
| 4. อาชีพ | ☐ ข้าราชการ/พนักงานรัฐ | ☐ เกษตรกร |
| | ☐ รับจ้างทั่วไป | ☐ อื่นๆ โปรดระบุ..... |
| 5. รายได้ต่อเดือน | ☐ ต่ำกว่า 5,000 บาท | ☐ 5,000 – 7,000 บาท |
| | ☐ 7,001 – 10,000 บาท | ☐ 10,001-30,000 บาท |
| | ☐ 30,001-50,000 บาท | ☐ มากกว่า 50,001 บาทขึ้นไป |

ส่วนที่ 2 แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

แบบสอบถามนี้ใช้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ (9-Hedonic scaling test)

แบบบันทึกผลการทดสอบการให้คะแนนความชอบของเครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ

วันที่.....

คำแนะนำ ทดสอบตัวอย่างเครื่องดื่ม แล้วให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ ตามคำอธิบายคะแนนต่อไปนี้ และกรณำบันทึกไว้ระหว่างตัวอย่าง

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

6 = ชอบเล็กน้อย

2 = ไม่ชอบมาก

7 = ชอบปานกลาง

3 = ไม่ชอบปานกลาง

8 = ชอบมาก

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

9 = ชอบมากที่สุด

5 = เฉยๆ

รหัสเครื่องดื่ม	คุณลักษณะของเครื่องดื่ม				
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ส่วนที่ 3 พฤติกรรมการบริโภคเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

คำชี้แจง : กรุณาใส่เครื่องหมายถูก (✓) ให้ตรงกับหัวข้อที่ท่านต้องการเลือก หรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่เว้นให้

1. ความสนใจในการซื้อผลิตภัณฑ์

☐ สนใจซื้อ	☐ ไม่สนใจซื้อ
-----------------------------------	--------------------------------------
2. เหตุผลที่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์

☐ รสชาติอร่อย	☐ เพื่อสุขภาพ
☐ มีคุณค่าทางโภชนาการ	☐ อื่นๆ.....
3. ราคาของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูตะเพื่อสุขภาพ

☐ 25-50 บาท	☐ 51-75 บาท
☐ 76-90 บาท	☐ มากกว่า 90 บาท
4. น้ำหนักบรรจุต่อขวด

☐ 120 มิลลิตร	☐ 250 กรัม
☐ 350 กรัม	☐ มากกว่า 350 กรัม
5. รูปแบบของผลิตภัณฑ์

☐ ใกล้เคียงกับเครื่องดื่มทั่วไป	☐ เป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพโดยเฉพาะ
☐ ผลิตภัณฑ์แปลก ใหม่	☐ อื่นๆ.....
6. การแนะนำต่อให้ผู้บริโภคอื่นๆ

☐ แนะนำต่อ	☐ ไม่แนะนำต่อ
-----------------------------------	--------------------------------------
7. การยอมรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูตะเพื่อสุขภาพ

☐ ยอมรับ	☐ ไม่ยอมรับ
---------------------------------	------------------------------------
8. ความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูตะเพื่อสุขภาพจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตโกโก้

☐ ไม่กล้ารับประทาน	☐ ใช้ของเหลือทิ้งให้เกิดประโยชน์
☐ ได้ลองผลิตภัณฑ์ใหม่	☐ อื่นๆ.....

ภาคผนวก ค
กำหนดการถ่ายทอดเทคโนโลยี

กำหนดการ

โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะ เพื่อสุขภาพจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว
ภายใต้โครงการวิจัยการเพิ่มมูลค่าเศษเหลือทิ้งจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบู
ชะ เพื่อสุขภาพ
วันที่ 29-30 มิถุนายน 2566
ณ กลุ่มวิสาหกิจโกโก้นางั่ว ตำบลนางั่ว อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

เวลา 08.00 – 08.30 น.	ลงทะเบียน
เวลา 08.30 – 09.00 น.	พิธีเปิด
เวลา 09.00 – 12.00 น.	การถ่ายทอดองค์ความรู้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะ วิทยาการ โดย อาจารย์รัตนกร แสนทำพล คณะเทคโนโลยีการเกษตรและ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
เวลา 12.00 – 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน
เวลา 13.00 – 16.00 น.	อบรมเชิงปฏิบัติการการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะ วิทยาการ โดย อาจารย์รัตนกร แสนทำพล คณะเทคโนโลยีการเกษตรและ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

หมายเหตุ: 1. เวลา 10.30-10.45 น. และ 14.30-14.45 น. รับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม
2. กำหนดการอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม

ภาคผนวก ง
แบบประเมินความพึงพอใจ



แบบประเมินความพึงพอใจ
โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะ เพื่อสุขภาพจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่ว

วันที่ 29-30 มิถุนายน 2566 ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนโกโก้คั่ว ตำบลนางั่ว อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

คำอธิบาย แบบประเมินฉบับนี้มีทั้งหมด 3 ตอน ขอให้ผู้ตอบแบบประเมินกรอกให้ครบทั้ง 3 ตอน เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ต่อไป

ตอนที่ 1 สถานภาพทั่วไป **คำชี้แจง** โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง □ หน้าข้อความ

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
2. อายุ ☐ ต่ำกว่า 25 ปี ☐ 25-30 ปี ☐ 31-40 ปี ☐ 41-50 ปี ☐ มากกว่า 50 ปี
3. การศึกษา ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....
4. อาชีพ ☐ ข้าราชการ/พนักงานรัฐ ☐ เกษตรกร ☐ รับจ้างทั่วไป ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

ตอนที่ 2 ระดับระดับความพึงพอใจ/ความรู้ความเข้าใจ/การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ **คำชี้แจง** โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความพึงพอใจของท่านเกี่ยวกับโครงการนี้ ระดับ 5 = มากที่สุด 4 = มาก 3 = ปานกลาง 2 = น้อย 1 = น้อยที่สุด

ประเด็นวัดความพึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. หัวข้อการบรรยาย					
1.1 การถ่ายทอดองค์ความรู้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ					
1.2 อบรมเชิงปฏิบัติการการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชะเพื่อสุขภาพ					
2. สถานที่/ด้านการบริการให้บริการของเจ้าหน้าที่					
2.1 สถานที่จัดการอบรมมีความเหมาะสมกับรูปแบบโครงการ					
2.2 เจ้าหน้าที่ให้บริการด้วยความสุภาพ เป็นมิตร กระตือรือร้น เต็มใจให้บริการ					
2.3 การชี้แจงและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการให้บริการที่ชัดเจน					
2.4 ความสามารถของวิทยากรในการถ่ายทอดความรู้					
2.5 การเปิดโอกาสให้ผู้ฟังซักถามหรือมีส่วนร่วม					
3. ด้านกระบวนการ ขั้นตอนการให้บริการ					
3.1 มีกระบวนการและขั้นตอนเป็นระบบชัดเจน					
3.2 ระยะเวลาดำเนินการมีความเหมาะสม					
3.3 มีการประสานงานและการประชาสัมพันธ์					
3.4 มีเอกสาร/แผ่นพับ/ข้อมูลต่าง ๆ ประกอบการอบรมให้บริการ					
4. ด้านความรู้ความเข้าใจ/คุณภาพในการให้บริการ					
4.1 ความรู้ที่ได้รับตรงตามวัตถุประสงค์/ความต้องการของผู้เข้าอบรม					
4.2 ความรู้ความเข้าใจ <u>ก่อน</u> เข้าอบรม					
4.3 ความรู้ความเข้าใจ <u>หลัง</u> เข้าอบรม					
5. การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์					
5.1 เนื้อหาที่ได้รับ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและการทำงานได้					
5.2 เอกสาร/สื่อ/นวัตกรรมที่ได้รับ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้					
5.3 ความรู้จากการอบรมสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นองค์ความรู้ใหม่ได้					
ความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด					

ภาคผนวก จ

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543

เรื่อง ชา

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่า ด้วยเรื่อง ชา อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 และมาตรา 6(3)(4)(5)(6)(7) และ (10) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522 อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 35 มาตรา 48 และมาตรา 50 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยบัญญัติให้กระทำได้ โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมายรัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิกประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 58 (พ.ศ.2524) เรื่องชา ลงวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2524

ข้อ 2 ให้ชาเป็นอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน

ข้อ 3 ชาตามข้อ 2 แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังต่อไปนี้

- (1) ชา หมายความว่า ใบ ยอด และก้าน ที่ยังอ่อนอยู่ของต้นชาในสกุล *Camellia* ที่ทำให้แห้งแล้ว
- (2) ชาผงสำเร็จรูป (instant tea) หมายความว่า ผลិតภัณฑ์ที่ได้จากการนำของเหลวซึ่งสกัดมาจากชา และนำมาทำให้เป็นผงกระจายตัวได้ง่าย เพื่อใช้เป็นเครื่องดื่มได้ทันที
- (3) ชาปรุงสำเร็จ หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากชาตาม (1) หรือ (2) มาปรุง แต่งรสในลักษณะพร้อมบริโภคและบรรจุในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ไม่ว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะเป็นชนิดเหลวหรือแห้งให้ถือว่าเป็นชาซึ่งต้องปฏิบัติตามประกาศฉบับนี้ด้วย

ข้อ 4 ชาตามข้อ 3(1) ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

- (1) มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนัก
- (2) มีเถ้าทั้งหมด (total ash) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 4 และไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนักชาแห้ง
- (3) มีเถ้าที่ละลายน้ำได้ (water soluble ash) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 45 ของเถ้าทั้งหมด
- (4) มีสารที่สกัดได้ด้วยน้ำร้อน (hot water extract) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 32 ของ น้ำหนักชาแห้ง
- (5) มีกาเฟอีน (caffeine) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.5 ของน้ำหนัก
- (6) ไม่ใส่สี ในกรณีที่มีวัตถุอื่นผสมอยู่เพื่อแต่งกลิ่น วัตถุที่นำมาผสมต้องไม่เป็นอันตราย ต่อร่างกาย และต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

ข้อ 5 ขาตามข้อ 3(2) ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

- (1) มีความชื้น ไม่เกินร้อยละ 6 ของน้ำหนัก
- (2) มีเถ้าทั้งหมด ไม่เกินร้อยละ 20 ของน้ำหนักขาผงสำเร็จรูปแห้ง
- (3) มีกาเฟอีน (caffeine) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 4.0 ของน้ำหนักเว้นแต่ ขาผง สำเร็จรูปที่สกัดเอากาเฟอีนออกแล้ว ให้มีกาเฟอีนได้ในปริมาณที่ได้รับความเห็นชอบจาก สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
- (4) ไม่ใส่สี ในกรณีขาผงสำเร็จรูปมีวัตถุอื่นผสมอยู่ เพื่อแต่งกลิ่นหรือรส วัตถุที่นำมาผสมต้องไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายและต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

ข้อ 6 ขาตามข้อ 3(3) ชนิดเหลว ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

- (1) มีกลิ่นและรสตามลักษณะเฉพาะของชา
- (2) ไม่มีตะกอน เว้นแต่ตะกอนอันมีตามธรรมชาติของส่วนประกอบ
- (3) น้ำที่ใช้ผลิตต้องเป็นน้ำที่มีคุณภาพหรือมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

(4) ตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์ม น้อยกว่า 2.2 ต่อชาปรงสำเร็จ 100 มิลลิลิตร โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (Most Probable Number)

- (5) ตรวจไม่พบแบคทีเรียชนิด อี. โคไล (*Escherichia coli*)
- (6) ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค
- (7) ไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ หรือสารเป็นพิษอื่นในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ
- (8) ไม่มียีสต์และเชื้อรา
- (9) ตรวจพบสารปนเปื้อนได้ไม่เกินที่กำหนด ดังต่อไปนี้

- (9.1) สารหนู ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัม ต่อชาปรงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม
- (9.2) ตะกั่ว ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม ต่อชาปรงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม
- (9.3) ทองแดง ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม ต่อชาปรงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม
- (9.4) สังกะสี ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม ต่อชาปรงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม
- (9.5) เหล็ก ไม่เกิน 15 มิลลิกรัม ต่อชาปรงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม
- (9.6) ดีบุก ไม่เกิน 250 มิลลิกรัม ต่อชาปรงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม
- (9.7) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อชาปรงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม

(10) ใช้วัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลหรือใช้ร่วมกับน้ำตาล นอกจากการใช้ น้ำตาลได้โดยใช้วัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลได้ ตามมาตรฐานอาหาร เอฟ เอโอ/ดับบลิว เอช โอ, โคเด็กซ์ (Joint FAO/WHO, Codex) ที่ว่าด้วยเรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร และฉบับที่ได้แก้ไข เพิ่มเติม ในกรณีที่ไม่มีการกำหนดไว้ตามวรรคหนึ่ง ให้สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาประกาศกำหนดโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการอาหาร

(11) ให้ใช้วัตถุกันเสียได้ ดังต่อไปนี้

(11.1) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 70 มิลลิกรัม ต่อชาปรงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม

(11.2) กรดเบนโซอิกหรือกรดซอร์บิก หรือเกลือของกรดทั้งสองนี้โดย คำนวณเป็นตัวกรดได้ไม่เกิน 200 มิลลิกรัม ต่อชาปรงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม การใช้วัตถุกันเสียให้ใช้ได้เพียงชนิดหนึ่งชนิดใดตามปริมาณที่กำหนดใน (11.1) หรือ (11.2) ถ้าใช้เกินหนึ่งชนิดต้องมีปริมาณของชนิดที่ใช้รวมกันไม่เกินปริมาณของวัตถุกันเสียชนิดที่กำหนดให้ใช้น้อยที่สุด เมื่อจำเป็นต้องใช้วัตถุกันเสียแตกต่างไปจากที่กำหนดไว้ดังกล่าวข้างต้น ต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

(12) ในกรณีชาปรงสำเร็จมีวัตถุอื่นผสมอยู่เพื่อแต่งกลิ่นหรือรส วัตถุที่นำมาผสม ต้องไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายและต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหาร และยา

ข้อ 7 ชาปรงสำเร็จชนิดแห้ง ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(1) มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 6 ของน้ำหนัก

(2) เมื่อละลายหรือผสมน้ำตามที่กำหนดไว้ในฉลาก ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ตามข้อ 6

ข้อ 8 ผู้ผลิตหรือผู้นำเข้าเพื่อจำหน่าย ต้องปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่า ด้วยเรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิตและการเก็บรักษาอาหาร

ข้อ 9 การใช้ภาชนะบรรจุฯ ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง ภาชนะบรรจุ

ข้อ 10 การแสดงฉลากของฯ ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง ฉลาก

ข้อ 11 ให้ใบสำคัญการขึ้นทะเบียนตำรับอาหารหรือใบสำคัญการใช้ฉลากอาหารตาม ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 58 (พ.ศ.2524) เรื่องฯ ลงวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ.2524 ซึ่งออกให้ก่อนวันที่ประกาศนี้ใช้บังคับยังคงใช้ต่อไปได้อีกสองปีนับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ

ข้อ 12 ให้ผู้ผลิต ผู้นำเข้าฯที่ได้รับอนุญาตอยู่ก่อนวันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ ยื่นคำขอรับเลขสารบบอาหารภายในหนึ่งปีนับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ เมื่อยื่นคำขอดังกล่าวแล้วให้ได้รับการผ่อนผันการปฏิบัติตามข้อ 8

ภายในสองปีนับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ และให้คงใช้ฉลากเดิม ที่เหลืออยู่ต่อไปจนกว่าจะหมดแต่ต้องไม่เกินสองปีนับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ

ข้อ 13 ประกาศนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

8.2 หัวหน้าโครงการเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ จากผักเคล ที่เหลือทิ้งจากการตัดแต่งคุณภาพ ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน พอเพียงก็เพียงพอ จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้รับทุนอุดหนุนโครงการพัฒนา เครือข่ายสถาบันอุดมศึกษาเพื่อการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอด เทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

8.3 หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง การบูรณาการและพัฒนามลิตภัณฑ์ปลา ดุกเชิงพาณิชย์ เพื่อเป็นอาหารสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุในจังหวัด เพชรบูรณ์ ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ได้รับทุนอุดหนุนงานวิจัย พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2565