รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มฟังชั่นชาคอมบูชา จากเศษตัดแต่งคุณภาพของผักเคล เพื่อเป็นเครื่องดื่มสุขภาพสำหรับผู้สูงวัยในจังหวัดเพชรบูรณ์

Development of Kombucha Functional Drink from Cutting Kale Leafover as a Healthy Drink for the Elderly in Phetchabun Province

รัตนากร แสนทำพล

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มฟังชั่นชาคอมบูชา จากเศษตัดแต่งคุณภาพของผักเคล เพื่อเป็นเครื่องดื่มสุขภาพสำหรับผู้สูงวัยในจังหวัดเพชรบูรณ์

Development of Kombucha Functional Drink from Cutting Kale Leafover as a Healthy Drink for the Elderly in Phetchabun Province

รัตนากร แสนทำพล

สาขาการจัดการการเกษตรสมัยใหม่

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ทุนอุดหนุนงานวิจัย พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2567

ชื่องานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มฟังชั่นชาคอมบูชา จากเศษตัดแต่งคุณภาพของผักเคล เพื่อเป็นเครื่องดื่มสุขภาพสำหรับผู้สูงวัยในจังหวัดเพชรบูรณ์

Development of Kombucha Functional Drink from Cutting Kale Leafover as a Healthy Drink for the Elderly in Phetchabun Province

ชื่อผู้วิจัย รัตนากร แสนทำพล

สาขาวิชา การจัดการการเกษตรสมัยใหม่

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ **ปีเสร็จวิจัย** 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ จากเศษตัดแต่งคุณภาพผักเคล ศึกษาคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ รวมถึงถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชา เพื่อสุขภาพสู่ชุมชน พบว่า ได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ จำนวน 5 สูตร เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่าทั้ง 5 สูตร มีค่า pH ภายหลังจากการหมัก 30 วัน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงมี 2.51-3.53 โดยมีค่าลดลงทั้ง 5 สูตรการทดลอง ยกเว้นสูตรที่ 1 ที่มีค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o}Brix) มีค่าเฉลี่ยที่ลดลงอยู่ในช่วง 2.6-8.0 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกสูตรการทดลอง ($P>0.05$) ส่วนคุณภาพทางเคมีทั้ง 5 สูตร ตรวจไม่พบ ตะกั่ว สารหนู แต่ตรวจพบสารกันบูด ได้แก่ เบนโซอิก (Benzoic acid) ในสูตร 3 สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 14.48 และซอร์บิค (Sorbic acid) ในสูตร 1 สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 38.60 ส่วนปริมาณคาเฟอิน พบในสูตรที่ 1 สูงสุดมีค่าเท่ากับ 2.25 mg/L ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเครื่องดื่มประเภทชาหมักกำหนด ในด้านคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ พบว่าตรวจไม่พบจำนวนยีสต์และราทั้งหมด, *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* ทั้ง 5 สูตร แต่ตรวจพบปริมาณ *Coliform* ในสูตรที่ 1 สูงสุด เท่ากับ 2.12 (MPN/100 ml.) ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่ามาตรฐานกำหนด ในด้านการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ จากเศษตัดแต่งคุณภาพจากผักเคล ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ของทั้ง 5 สูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่การยอมรับ

โดยรวม พบว่า สูตรที่ 4 และ5 ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.80±1.45 และ 7.63±1.45 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนับสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง ในส่วนของการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ สู่ชุมชน พบว่าผู้เข้าร่วมอบรมให้คะแนนความพึงพอใจทางด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ เกษตกรมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80±0.52 และการประเมินความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด พบว่า เกษตรกรมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75±0.55

คำสำคัญ : ผักเคล, เครื่องดื่มฟังชั่น, คอมบูชา, ชาหมัก, เศษเหลือทิ้ง

Abstract

This study aimed to develop a health-promoting kombucha beverage formulation using quality-trimmed kale scraps, evaluate its quality and consumer acceptance, and transfer the production technology to local communities. The study resulted in five formulations of health-promoting kombucha beverages. Upon analyzing the physical properties of the beverages, it was found that after 30 days of fermentation, the pH levels of all five formulations ranged from 2.51 to 3.53, showing a decrease in all formulations except for Formulation 1, which exhibited a slight increase. The total soluble solids (°Brix) levels decreased in all formulations, ranging from 2.6 to 8.0, with no statistically significant differences among them ($P > 0.05$). In terms of chemical quality, none of the five formulations contained detectable levels of lead or arsenic. However, the presence of preservatives was observed, with Formulation 3 having the highest benzoic acid content (14.48 mg/L) and Formulation 1 having the highest sorbic acid content (38.60 mg/L). The caffeine content was highest in Formulation 1 (2.25 mg/L), which remained within the standard limits for fermented tea beverages. Regarding microbiological quality, none of the five formulations contained *yeast, mold, Salmonella* spp., and *Staphylococcus aureus*. However, *Coliform* bacteria were detected in Formulation 1, with a concentration of 2.12 MPN/100 mL, which is below the permissible standard limit. The consumer acceptance evaluation indicated no significant differences ($P > 0.05$) in appearance, color,

aroma, and taste among the five formulations. However, in terms of overall acceptance, Formulations 4 and 5 were the most preferred, with mean scores of 7.80 ± 1.45 and 7.63 ± 1.45, respectively, showing a statistically significant difference ($P < 0.05$). Consumer satisfaction was rated at a moderate level.

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 4.80 ± 0.52 and the overall satisfaction assessment found that the farmers had the highest level of satisfaction. which has an average value of 4.75 ± 0.55.

Key word: Kale, Functional Drink, kombucha, fermented tea, Food Waste

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยคำแนะนำต่างๆจากผู้ร่วมวิจัย คณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดีจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนวังซองร่วมใจรักษ์ นักศึกษาหลักสูตรเกษตรศาสตร์ รวมถึงบุคคลหลายฝ่าย ที่สละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่ได้ให้สถานที่ในการดำเนินการทดลองงานวิจัย และขอขอบพระคุณ งานวิจัย พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยมา ณ ที่นี้ด้วย

รัตนากร แสนทำพล

20 กุมภาพันธ์ 2568

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ง
สารบัญ		จ
สารบัญตาราง		ซ
สารบัญรูป		ฌ
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	6
บทที่ 2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
	2.1 คอมบูชา	8
	2.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการหมักคอมบูชา	9
	2.3 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักคอมบูชา	22
	2.4 กระบวนการหมักคอมบูชา	24
	2.5 องค์ประกอบที่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้จากชาหมักคอมบูชา	26
	2.6 ประโยชน์ของเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ	27
	2.7 ความเป็นพิษของเครื่องดื่มคอมบูชาต่อร่างกาย	34

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34
บทที่ 3	วิธีการดำเนินการวิจัย	38
	3.1 อุปกรณ์และวัตถุดิบที่ใช้ในการทำเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ	38
	3.2 อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือด้านการประเมินคุณภาพ	39
	3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง	42
	3.4 สถานที่ทำการทดลอง	46
	3.5 ระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง	46
บทที่ 4	ผลการวิจัย	47
	4.1 ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาคอมบูชา จากเศษตัดแต่งคุณภาพของผักเคล	47
	4.2 ผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา Functional Drink	50
	4.3 ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ	52
	4.4 ถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพสู่ชุมชน	53
บทที่ 5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	60
	5.1 สรุปผลการวิจัย	60
	5.2 อภิปรายผลการวิจัย	62

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.3 ข้อเสนอแนะ	63
บรรณานุกรม	64
ภาคผนวก	73
ภาคผนวก ก (สูตรเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ)	74
ภาคผนวก ข (แบบประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส)	79
ภาคผนวก ค (กำหนดการถ่ายทอดเทคโนโลยี)	84
ภาคผนวก ง (แบบประเมินความพึงพอใจของเกษตรกร)	86
ภาคผนวก จ (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543)	88
ภาคผนวก ฉ (หลักเกณฑ์ข้อกำหนดผลิตภัณฑ์คอมบูชา กองอาหาร (อย.))	93
ประวัติผู้วิจัย	101

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	แสดงคุณค่าทางโภชนาการของผักเคลสดและผักเคลต้ม/นึ่ง	15
2-2	แสดงสารอาหารในผักสกุลกะหล่ำแต่ละชนิด	16
2-3	ความสามารถออกซิไดซ์ของแบคทีเรียกรดอะซิติก	23
3-1	สูตรพื้นฐานเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ	43
3-2	คุณภาพทางด้านกายภาพของเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพทั้ง 5 สูตร เริ่มต้นการหมัก	43
4-1	ลักษณะทางกายภาพของเครื่องดื่มคอมบูชา เมื่อหมักครบ 30 วัน	48
4-2	แสดงค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (oBrix) และค่า pH ก่อนและหลังการหมักของเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ	50
4-3	แสดงค่าคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ	51
4-4	แสดงค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ	52
4-5	แสดงค่าการยอมรับของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ	53
4-6	ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร (n=30)	56
4-7	ระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมอบรม	57

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	กรอบแนวคิดการวิจัย	4
2-1	โครงสร้างน้ำตาลซูโครส	11
2-2	ผักเคล	12
2-3	เคลสายพันธุ์ต่างๆ	14
2-4	เศษตัดแต่งจากเคล	17
2-5	ลักษณะของมะม่วง	19
2-6	ลักษณะของขิง	20
2-7	ลักษณะของมะขาม	21
3-1	ขั้นตอนการทำเครื่องดื่มคอมบูชา	44
4-1	เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ทั้ง 5 สูตร เริ่มหมัก	47
4-2	แสดงหัวเชื้อสโกบี้ในเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ	49
4-3	เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ทั้ง 5 สูตร หลังจากผ่านการหมัก 30 วัน	49
4-4	รวมภาพกิจกรรมการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ	54
4-5	รวมภาพการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน	55

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจดูแลสุขภาพของตัวเองมากขึ้น ซึ่งอาหารสุขภาพ กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะผลผลิตทางการเกษตรที่เป็นปัจจัยหลักในการประกอบอาหาร โดยจะเน้นเลือกซื้อสินค้าเกี่ยวกับสุขภาพ ปรุงอาหารรับประทานเอง ซึ่งสินค้าที่มีแนวโน้มเติบโตดี จะเป็นกลุ่มอาหารที่เรียกว่า "ซุปเปอร์ฟู้ด" อาหารที่มีคุณค่าโภชนาการสูง อุดมไปด้วยวิตามิน และมีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น กลุ่มฟังก์ชันนอลฟู้ด หรือผลิตภัณฑ์ที่ทำหน้าที่ให้คุณค่าทางอาหารที่จำเป็นกับร่างกาย พฤติกรรมของผู้บริโภคที่เปลี่ยนไป สะท้อนถึงเทรนด์อาหารในอนาคต (Future Foods) โดยนอกจากฟังก์ชันนอล ฟู้ด แล้ว ผู้บริโภคยังจะมองหาวัตถุดิบ หรือผลิตผลทางการเกษตรที่ปลอดภัยจากสารเคมี อย่างอาหารเกษตรอินทรีย์ (Organic Foods), อาหารทางการแพทย์ (Medical Foods) ซึ่งไม่ใช่ยาหรืออาหารเสริม แต่เป็นอาหารที่ออกแบบมาเพื่อผู้ป่วยเฉพาะโรค ที่ไม่สามารถทานอาหารปกติได้ รวมถึงอาหารจากพืชหรือสัตว์ที่ไม่ได้ใช้เทคโนโลยีการผลิตแบบดั้งเดิม แต่เป็นอาหารที่ได้รับการปรับแต่งโดยกระบวนการผลิตแบบใหม่ (Novel Foods) เช่น การใช้นาโนเทคโนโลยีในการผลิต รวมถึงแหล่งอาหารใหม่ เช่น แมลง สาหร่าย ยีสต์ เป็นต้น

จากการลงพื้นที่ของผู้วิจัย พบว่า ผักเคล กำลังได้รับความนิยมสูงในกลุ่มผู้รักสุขภาพภายในจังหวัดเพชรบูรณ์ สร้างรายได้ดีให้กับสมาชิกกลุ่ม แต่ปัญหาของกลุ่มคือ ผักเคลที่เหลือจากการตัดแต่งมีปริมาณมาก ประมาณร้อยละ 20 เนื่องจากมีตำหนิและ ใบแก่เกินไป ซึ่งผักเคลไม่ว่าจะแก่หรืออ่อนจะมีสารอาหารที่เท่ากัน แต่ผักเหล่านี้มีคุณภาพดีและปลอดภัยต่อผู้บริโภค สมาชิกในกลุ่มวิสาหกิจชุมชน จึงต้องนำผักเคลไปทิ้ง หรือทำปุ๋ยหมัก ซึ่งไม่สามารถสร้างมูลค่าหรือเพิ่มรายได้ให้กับสมาชิกเท่าไรนัก ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการหาวิธีการนำผักเคลที่เหลือจากการตัดแต่งคุณภาพ มาเพิ่มมูลค่าสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ให้กับกลุ่มผู้รักสุขภาพ ผู้สูงวัย หรือเด็กและเยาวชน เนื่องจากผักเคล เป็นพืชที่มีประโยชน์มาก มีธาตุโพแทสเซียมและแคลเซียมสูง และสามารถเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรอีกช่องทางหนึ่ง ดังนั้นคณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญในปัญหาดังกล่าว จึงมีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อลดปริมาณขยะของเสียจากการตัดแต่งคุณภาพของผักเคล ของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ปลูกผักอินทรีย์ ในจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยมีกรอบการวิจัย คือ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาคอมบูชา Functional Drink จากเศษตัดแต่งคุณภาพของผักเคล เพื่อเป็น

เครื่องดื่มสุขภาพสำหรับผู้สูงวัยในจังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 4 สูตร วิเคราะห์คุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคและถ่ายทอดเทคโนโลยีองค์ความรู้ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาคอมบูชา Functional Drink จากเศษตัดแต่งคุณภาพของผักเคล

2. เพื่อศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาคอมบูชา Functional Drink และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

3. เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ในการสร้างมูลค่าผลิตภัณฑ์ให้กับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ผลิตผักอินทรีย์จังหวัดเพชรบูรณ์

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.3.1 การเตรียมวัตถุดิบและวิธีการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชา

1. นำผักเคลที่เหลือจากการตัดแต่งคุณภาพแบบสด หรือคัดทิ้ง เช่น ใบแก่ ใบที่ถูกแมลงกัด หรือใบที่ไม่ได้รูปทรง ล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ และนำมาหั่นเป็นชิ้นที่เล็กลง แล้วนำไปตากแดด หรืออบให้แห้งกรอบ โดยใช้เวลา 3-4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส

2. นำเศษนำผักเคลที่เหลือจากการตัดแต่งคุณภาพ แบบแห้งแล้ว มาต้มกับน้ำสะอาด ที่อุณหภูมิ 100-120 องศาเซลเซียส จากนั้นพักไว้ ให้เย็น จนอุณหภูมิเหลือ 30-50 องศาเซลเซียส

3. เตรียมภาชนะถังหมัก โดยการต้มฆ่าเชื้อ หรือทำการพาสเจอร์ไรส์ถังหมัก เพื่อทำให้ปลอดเชื้อ

4. กรองเอาน้ำต้มเศษนำผักเคล มาใส่ในถังหมัก พร้อมทั้งใส่น้ำตาลทราย โดยมีสัดส่วน คือ 4:1 (น้ำ: น้ำตาลทราย) และเติมหัวเชื้อ Scoby ลงไปในถังหมัก ปิดฝา วางในพื้นที่ที่ถ่ายเทได้สะดวก เพื่อให้ยีสต์ได้ทำงานได้อย่างเต็มที่ ใช้เวลาในการหมักประมาณ 1-2 เดือน

5. ในกรณีที่ต้องการทำหัวเชื้อหมัก Scoby จะต้องเทน้ำออกแล้วหมักต่อไป 3-6 เดือน

1.3.2 พัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์จากเครื่องดื่มคอมบูชา เพื่อสุขภาพ จำนวน 4 สูตร โดยใช้พืชที่มีท้องถิ่น ได้แก่ ผักเคล ขิง มะม่วง และมะขามในสูตร แล้วนำมาเปรียบเทียบคุณภาพ

1.3.3 ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ โดยการทำแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค จำนวน 50 คน (กลุ่มผู้บริโภคผู้สูงอายุ อายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป) ให้คะแนนโดยวิธี 9-point hedonic scale (เพ็ญขวัญ, 2536) วิเคราะห์ความแตกต่าง Duncan's New Multiples Range Test (DMRT) ใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์

1.3.4 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา ดังนี้

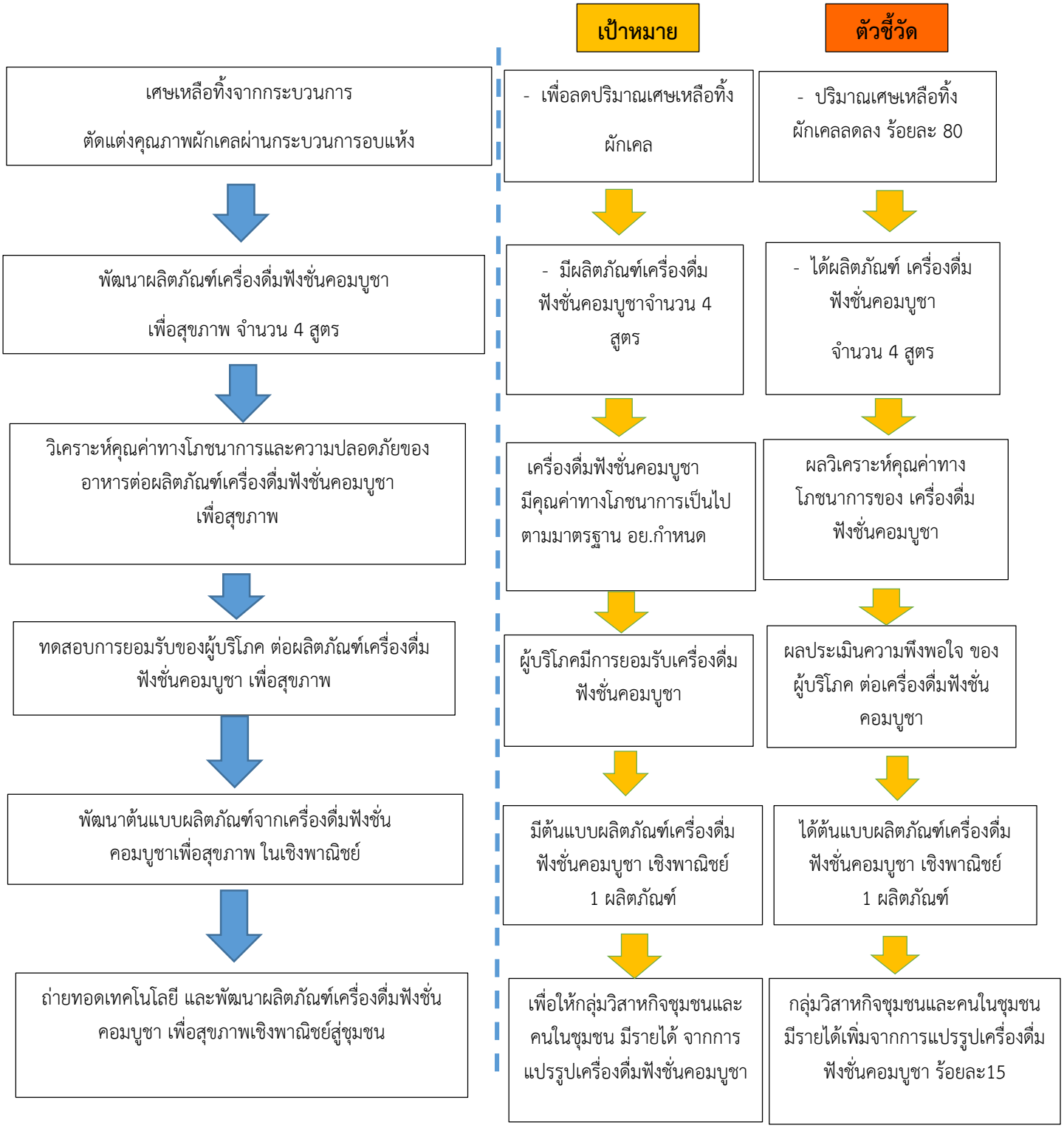
2.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า pH, โดยใช้เครื่อง pH meter ยี่ห้อ Schott รุ่น G0842, Switzerland และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o}Brix) โดยใช้เครื่องวัดความหวานชนิดจุ่มสัมผัสกับอาหาร (refractometer)

2.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ตะกั่ว, สารหนู, กรดเบนโซอิค, กรดซอร์บิค, กาเฟอีน โดยวิธี HPLC- DAD

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

1.3.5 ถ่ายทอดเทคโนโลยี และพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพในเชิงพาณิชย์ สู่ชุมชน โดยมีกลุ่มเป้าหมายจำนวน 30 คน ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนวังซองร่วมใจรักษ์ ต.ท่าพล อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์

1.4 กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดการวิจัย

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

คอมบูชา (Kombucha) หมายถึง เครื่องดื่มชาหมักเพื่อสุขภาพที่มีความหวานและความเปรี้ยว ดื่มแล้วให้ความสดชื่นแก่ร่างกาย โดยใช้ชาและน้ำตาลเป็นวัตถุดิบในการหมัก ซึ่งกระบวนการหมักจะเกิดขึ้นในสภาวะที่มีการใช้ออกซิเจน โดยอาศัยเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำงานร่วมกัน ในสองชนิดประกอบด้วยแบคทีเรียกรดอะซิติกและยีสต์

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

ผักเคล (Kale) หมายถึง ผักที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Brassica oleracea var. sabellica หรือมีอีกชื่อเรียกว่า ‘คะน้าใบหยัก’ เป็นผักที่อยู่ในตระกูลเดียวกับคะน้าและบรอกโคลี เป็นแหล่งที่ดีของเส้นใยและแร่ธาตุ เช่น โพแทสเซียมที่มีการดูดซึมแคลเซียมสูงกว่านม มีสรรพคุณเด่นที่ช่วยบำรุงรักษาร่างกาย และเป็นผักที่มีวิตามิน A สูง ช่วยบำรุงสายตาได้ดี

เศษตัดแต่งคุณภาพผักเคล (Quality trimmed kale scraps) หมายถึง ส่วนที่ถูกตัดแต่งออกจากผักเคลในกระบวนการคัดเลือกและเตรียมเพื่อจำหน่ายหรือแปรรูป แต่ยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่อไปได้ ซึ่งแตกต่างจากของเสียทางการเกษตรที่ไม่สามารถใช้ได้อีกต่อไป

1.6 ประโยชน์ของการวิจัย

1. ลดปริมาณเศษเหลือทิ้งจากการตัดแต่งคุณภาพของผักเคล ของกลุ่มผู้ปลูกผักเคล กลุ่มวิสาหกิจชุมชนวังซองร่วมใจรักษ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ได้

2. ได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา เพื่อสุขภาพ จากเศษตัดแต่งคุณภาพของผักเคล

3. ทราบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ และมีความปลอดภัยในการบริโภค

4. พัฒนาและเผยแพร่องค์ความรู้เพื่อส่งเสริมรายได้ให้แก่ชุมชน สามารถนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ และเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร สร้างรายได้ให้แก่ชุมชน

5. เป็นแนวทางในการนำผลงานวิจัยนี้ไปส่งเสริมให้กับกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่อื่นๆได้

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

ปัจจุบันการดูแลสุขภาพให้มีความสมบูรณ์ แข็งแรง และการป้องกันการเกิดโรคต่างๆ ถือว่าเป็นกระแสหลักของสังคม การรับประทานอาหารที่มีคุณสมบัติในการช่วยส่งเสริมสุขภาพ หรือที่เรียกว่าอาหารฟังก์ชั่น (functional food) จึงเข้ามามีบทบาทมากขึ้น เครื่องดื่มคอมบูชาถูกจัดว่าเป็นอาหารฟังก์ชันที่กำลังได้รับความนิยมมากขึ้น เพราะมีคุณประโยชน์หลายประการที่ได้จากการหมักของใบชาและจุลินทรีย์ คอมบูชาถูกจัดว่าเป็นอาหารฟังก์ชันทางเลือกในการเสริมโปรไบโอติกส์ให้กับผู้ที่เป็นมังสวิรัติ และผู้ที่มีอาหารแพ้น้ำตาลแล็คโตส (lactose intolerance) ผู้ที่แพ้โปรตีนนมวัว และผลิตภัณฑ์จากนมวัว และเนื่องจากตอมบูชามีปริมาณน้ำตาลต่ำ มีรสชาติหวานเล็กน้อย มีความเปรี้ยว ซ่าส์ และให้ความรู้สึกสดชื่น จึงได้รับความนิยมในการบริโภคเพื่อทดแทนเครื่องดื่มประเภทน้ำหวาน น้ำอัดลม และเครื่องงดื่มแอลกอฮอล์ กระแสความนิยมดื่มคอมบูชาเกิดขึ้นทั่วโลก โดยเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีรายงานยอดขายเครื่องดื่มคอมบูชาในปี พ.ศ. 2567 ว่ามีมูลค่าสูงถึง 3,398.8 ล้านดอลลาร์สหรัฐ หรือเติบโตร้อยละ 1.9 จากปี 2566 และประเทศไทยเป็นตลาดชาที่ใหญ่เป็นอันดับ 7 ของโลก โดยในปี 2565 ตลาดชาพร้อมดื่มมีมูลค่าประมาณ 13,229 ล้านบาท เติบโตขึ้น 22% จากปีก่อนหน้า ในส่วนของชาหมักหรือคอมบูชา มีส่วนแบ่งตลาดประมาณ 3% ของตลาดชาพร้อมดื่มทั้งหมด และยังมีการคาดการณ์การเติบโตของยอดขายจนถึงปี พ.ศ. 2570 อยู่ที่ 19.7 % ต่อปี และในปัจจุบันมีผู้ประกอบการไทยได้เริ่มนำเสนอผลิตภัณฑ์คอมบูชาที่หลากหลายมากขึ้น โดยเปิดตัวเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ ผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองต่อเทรนด์สุขภาพ เช่น การใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ การลดปริมาณน้ำตาล และการเพิ่มสารอาหารที่มีประโยชน์ นอกจากนี้ การสร้างความแตกต่างด้วยรสชาติใหม่ ๆ หรือการผสมผสานกับสมุนไพรและผลไม้ท้องถิ่น อาจช่วยเพิ่มความน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์คอมบูชาในตลาด

2.1 คอมบูชา (Kombucha)

คอมบูชา คือเครื่องดื่มชาหมักเพื่อสุขภาพที่มีความหวานและความเปรี้ยว ดื่มแล้วให้ความสดชื่นแก่ร่างกาย โดยใช้ชาและน้ำตาลเป็นวัตถุดิบในการหมัก ซึ่งกระบวนการหมักจะเกิดขึ้นในสภาวะที่มีการใช้ออกซิเจน โดยอาศัยเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำงานร่วมกัน ในสองชนิดประกอบด้วยแบคทีเรียกรดอะซิติกและยีสต์ (Dufresne and Farnmorth, 2000) อุณหภูมิที่เหมาะสมในกระบวนการหมักที่ 18-30 ºC เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักจะได้ผลิตภัณฑ์ 2 ส่วน ประกอบด้วย แผ่นวุ้นหรือเซลลูโลส (cellulosic pellicle layer) ในส่วนนี้ไม่นิยมบริโภคเพราะมีความเปรี้ยวและความเหนียวแข็งของแผ่นวุ้น 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 คอมบูชาจะมีชื่อเรียกที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับแต่ละท้องถิ่น ภูมิประเทศ เช่น ประเทศไต้หวัน เรียก Haipo หรือ Tea Fungus ประเทศญี่ปุ่น เรียกว่า Kocha Kinoko ประเทศรัสเซีย เรียกว่า Mo-Gu ประเทศในแถบยุโรป เรียกว่า Heldenpilz หรือ Kombuchaschwamm นอกจากนี้ในบางประเทศรู้จักกัน ในชื่อของ Kombucha Kargaksok Tea และ Manchurin Mushroom เป็นต้น การบริโภคเครื่องดื่มชาหมัก พบว่า เริ่มมีการบริโภคตั้งแต่ ปีค.ศ.220 ในสมัยราชวงศ์ฉินของประเทศจีน ใช้ในการบริโภคเป็นเครื่องดื่มชูกำลังให้แก่กองทัพทหารและล้างสารพิษ ในปี ค.ศ.414 แพทย์ชาวเกาหลีมีชื่อว่า “คอมบู” ได้นำชาหมักจากประเทศจีนไปยังประเทศบ้านเกิดของเขาและถวายการรักษาโรคกระเพาะอาหารให้แก่จักรพรรดิด้วยคอมบูชา ซึ่งให้ผลการรักษาที่ดี ดังนั้น ชาหมักจึงถูกรู้จักในนาม “คอมบูชา” ตาม ชื่อของแพทย์ชาวเกาหลี จากนั้นการดื่มชาหมักคอมบูชาจึงได้แพร่หลายขยายเข้าไปในเกือบทุกทวีป ของโลก ทั้งยุโรป รัสเซียและสหรัฐอเมริกา โดยผู้บริโภคที่ได้ดื่มคอมบูชาต่างให้การยอมรับว่า มีรสชาติหวาน มีความเปรี้ยวและมีความซ่าคล้ายคลึงกับแอปเปิ้ลไซเดอร์ จัดเป็นเครื่องดื่มที่สามารถหมักและดื่มบริโภคขึ้นได้ภายในครัวเรือน โดยผู้บริโภคคอมบูชามีความเชื่อว่า การดื่มชาหมัก ชนิดนี้จะมีผลดีต่อสุขภาพและช่วยรักษาโรคต่างๆ ได้ เช่น มีสารต้านอนุมูลอิสระที่สูง เพิ่มภูมิต้านทานและป้องกันโรค ช่วยให้ระบบย่อยอาหารทำงานได้ดีขึ้น ช่วยลดการเกิดโรคมะเร็ง ป้องกันการเกิดโรคไขข้ออักเสบ ช่วยในการล้างสารพิษในเลือดและระบบย่อยอาหาร ส่งเสริมการทำงานของตับ (Roche, 1998) รวมทั้งช่วยลดระดับคลอเรสเตอรอลในเลือดได้อีกด้วย (Yang et al., 2009) โดยทั่วไป คอมบูชาจะทำจาก ชาเขียวหรือชาดำ แต่ปัจจุบันมีความ

สนใจเพิ่มขึ้นในการใช้ วัตถุดิบทางเลือก เช่น ชาสมุนไพร ชาดอกไม้ น้ำผลไม้ กาแฟ และ วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมเกษตร (นิสา ร่มส้มซ่า และคณะ, 2567)

2.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการหมักคอมบูชา

ประกอบด้วย ชาและน้ำตาลซูโครส

2.2.1 ชา (tea)

ชา เป็นพืชยืนต้นหรือไม้พุ่มในวงศ์ Theaceae จัดอยู่ในจีนัส Camellia มีมากกว่า 300 ชนิด สำหรับชาที่นิยมใช้ในการบริโภคสามารถจัดแบ่งเป็น 2 สายพันธุ์ คือ ชาจีน (Camellia sinensis var. sinensis) เป็นสายพันธุ์ที่นำเข้าจากประเทศไต้หวันและจีน มีลักษณะของใบที่เล็กและแคบ ทนทานต่อ สภาพอากาศหนาวเย็น ได้แก่ ชาอู่หลงเบอร์17 อู่หลงก้านอ่อน นิยมปลูกตามแถบจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน สำหรับอีกสายพันธุ์คือ ชาอัสสัมหรือชาอินเดีย เป็นสายพันธุ์ที่มีต้นกำเนิดในประเทศอินเดียและจัดเป็นสายพันธุ์ดั้งเดิมของไทย (Camellia sinensisvar. assamica) มีลักษณะใบที่ใหญ่ เจริญได้ดีในป่าเขตร้อนชื้น ชอบร่มเงา นิยมปลูกตามแถบจังหวัดแชียงใหม่ เชียงราย แพร่ น่าน และลำปาง (ธีรพงษ์, 2555) สำหรับวิธีการเก็บเกี่ยวชานั้น จะทำการเก็บยอดอ่อนของใบชาและนำเข้ากระบวนการต่างๆ 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) สำหรับประเทศไทยนิยมผลิตชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมและอู่หลงเบอร์12 (ธีรพงษ์, 2556) โดยการเก็บยอดอ่อนของต้นชา แต่ถ้าหากพบว่า ที่ใบชามีความชื้นจะต้องทำการผึ่ง 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 เป็น

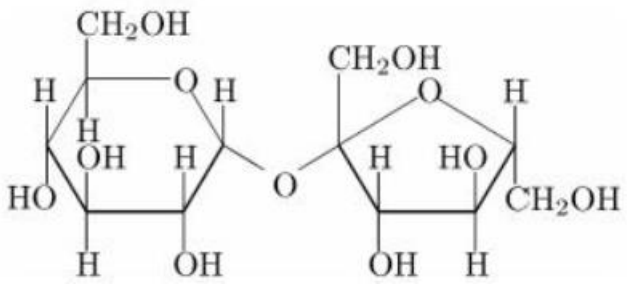
สารประกอบที่ให้กลิ่นและรส และสาร leucoanthocyanins เมื่อนำชาเขียวไปต้มเป็นเครื่องดื่มพบว่า สารประกอบจำพวกโพลิฟีนอลที่เรียกว่า catechins ได้แก่ (-) -epigallocatechin-3 -gallate (EGCG) (-)-epigallocateahin gallate (EGC) (-)- Epicatechin-3-gallate (ECG) และ (-)-Epicatechin (EC) เป็นสารประกอบที่สามารถละลายน้ำได้มากที่สุด 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 จากนั้นนำใบชาผึ่งกลางแจ้ง (outdoor withering) ประมาณ 20-40 นาที เพื่อให้ใบชาเกิดการคายน้ำออกมา ขั้นตอนต่อไปนำใบชาผึ่งในที่ร่ม (indoor withering) ที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น และใบชาจะถูกเขย่า กระตุ้นให้เกิดการช้ำ สำหรับการผึ่งในที่ร่ม ทำให้เกิดการหมักบางส่วนส่งผลให้เอนไซม์ polyphenoloxidase เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ของ catechins ทำให้เกิดการรวมตัวกันของสาร catechins เป็นสารประกอบใหม่ที่ทำให้ ชาอู่หลงมีสีกลิ่น 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, epigallocatechin16.14 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 (เรืองลักขณา, 2541)

น้ำตาล มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ทั้งมนุษย์ พืช สัตว์ รวมทั้งจุลินทรีย์ โดยจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง ที่ให้ความหวาน หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่า น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครส (sucrose) น้ำตาลซูโครส สามารถพบได้ในพืชหลากหลายชนิด สำหรับพืชที่นิยมนำมาผลิต เป็นน้ำตาลซูโครสหรือผลิตเพื่อการค้า ได้แก่ อ้อยและหัวบีท น้ำตาลซูโครสประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน จัดเป็นสารให้ความหวานประเภทไดแซ็กคาร์ไรด์หรือน้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide) ที่สามารถละลายน้ำได้ ซึ่งมีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{12}H_{22}O_{11}$ โดยสูตรโครงสร้าง โมเลกุลจะประกอบด้วย โมโนแซ็กคาไรด์ 2 โมเลกุล จะประกอบขึ้นจาก α-glucose และ β-D-fructose หรือกลูโคสและฟรุกโตส (รูปที่ 2.1)โดยพันธะระหว่างกลูโคสและฟรุกโตส อยู่ในรูปไกลโคไซด์ ถ้าทำการไฮโดรไลซ์ซูโครสด้วยกรดหรือเอนไซม์จะทำให้ได้น้ำตาลอินเวิร์ต (invert sugar) ซึ่งเป็นสารผสมของกลูโคสและฟรุกโตสที่มีจำนวนโมลาร์ที่เท่ากัน น้ำตาลอินเวิร์ตในธรรมชาติ จะพบมากในน้ำผึ้ง โดยน้ำตาลอินเวิร์ตจะให้ความหวานใกล้เคียงกับน้ำตาลซูโครส เนื่องจากน้ำตาลกลูโคส จะไม่ค่อยหวานแต่น้ำตาลฟรุกโตสจะหวานกว่าน้ำตาลซูโครส ในกระบวนการหมักคอมบูชา น้ำตาลซูโครสจัดเป็นแหล่งคาร์บอนชั้นดีให้แก่จุลินทรีย์ โดยเฉพาะแบคทีเรียกรดอะซิติก ซึ่งการใช้น้ำตาลชนิดอื่นเป็นวัตถุดิบสำหรับหมัก จะมีผลทำให้แบคทีเรียกรดอะซิติกมีการเจริญเติบโตได้น้อย Malbasa et al (2008) ศึกษากระบวนการหมักคอมบูชา โดยใช้น้ำตาลโมลาสเป็นแหล่งคาร์บอน พบแบคทีเรียกรดอะซิติกมีอัตราการเจริญที่น้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำตาลซูโครส



ภาพที่ 2-1 โครงสร้างของน้ำตาลซูโครส (เรืองลักขณา, 2541)

2.2.3 ผักเคล (Kale)

ผักเคล มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Brassica oleracea var. sabellica เป็นผักใบเขียวในวงศ์ Brassicaceae พบว่ามีหลักฐานเบื้องต้นที่แสดงว่า ผักเคลมาจากภูมิภาคเมดิเตอร์เรเนียนตะวันออกเอเชียไมเนอร์ ต้นเคลเป็นพืชล้มลุก ขนาดและการเปลี่ยนแปลงทางโภชนาการขึ้นอยู่กับความหลากหลายและสภาพการเจริญเติบโต โดยการเจริญเติบโตของพืชชนิดนี้ขึ้นอยู่กับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ใช้ และสภาพภูมิอากาศ และโดยทั่วไปมันจะพร้อมเก็บเกี่ยวหลังจากหว่านเมล็ดไปแล้วสองเดือน ผักเคลที่มีให้เลือกหลากหลาย ได้แก่ เคลเขียว เคลแคระ เคลไขกระดูก เคลใบหยิก เคลสก็อต ต้นเคลโดยทั่วไปแล้ว ใบเคลจะถูกบริโภคทั้งแบบสดและยังไม่ได้แปรรูปเป็นสลัดหรือปรุงสุก และใช้เป็นเครื่องปรุง และมักขายในรูปแบบสดกระป๋องและแช่แข็ง (Satheesh & Fanta, 2020)

ผักเคลเป็นแหล่งที่ดีของเส้นใยและแร่ธาตุ เช่น โพแทสเซียมที่มีการดูดซึมแคลเซียมสูงกว่านม นอกจากนั้นยังมีคาร์โบไฮเดรต พรีไบโอติก กรดไขมันไม่อิ่มตัว และวิตามินต่างๆ ในขณะที่ปัจจัยต้านโภชนาการ เช่น ออกซาเลต แทนนิน และไฟเตตมีความเข้มข้นสูงกว่า การศึกษาวิจัยรายงานถึงกิจกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพที่แตกต่างกันของผักเคล เช่น บทบาทในการป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจ ฤทธิ์ต้านการอักเสบ ความสามารถในการต้านพิษ ฤทธิ์ในการป้องกันทางเดินอาหาร การยั้บยั้งการก่อตัวของสารมะเร็ง ผลบวกต่อจุลินทรีย์ในลำไส้ ยาต้านจุลชีพต่อจุลินทรีย์เฉพาะ อย่างไรก็ตามมีการนำผักเคลมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ผักเคลอบ และเครื่องดื่มผสมผักเคล จึงสามารถสรุปได้ว่าผักเคลมีศักยภาพที่ดีในการนำไปใช้เป็นทางเลือกในการบริโภคได้ (Satheesh & Fanta, 2020)

ภาพที่ 2-2 ผักเคล

เคลเป็นผักในสกุลกะหล่ำปลี (Acephala group) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Brassica oleracea L. เป็นผักที่นิยมบริโภคในกลุ่มคนรักสุขภาพ เพราะมีคุณค่าทางโภชนาการมากมาย สารอาหารที่มีมากในผักเคล ได้แก่ วิตามิน A (ลูทีน และซีแซนทีน), วิตามิน B, วิตามิน C, วิตามิน K, แคลเซียม, โพแทสเซียม เป็นต้น เคล (kale) หรือคะน้าใบหยิก (curly leaf kale) เป็นผักที่กลุ่มคนรักสุขภาพให้สมญานามว่า healthy food หรือ superfood และเนื่องจากเคลเป็นผักที่อุดมด้วยคุณค่าทางโภชนาการจนได้ชื่อว่าเป็น ราชินีแห่งผักใบเขียว หรือ The queen of greens เคลจัดเป็นพืชผักในวงศ์ Brassicaceae เช่นเดียวกับ คะน้า กะหล่ำปลี บล็อคโคลี่ และกะหล่ำดอก (Acephala group) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Brassica oleracea L. ชื่อสามัญมีหลายชื่อ ได้แก่ kale, curly leaf kale และ leaf cabbage เป็นพืชอายุหลายปีแต่นิยมปลูก และเก็บเกี่ยวเมื่อพืชอายุ 1 - 2 ปี ใบไม่ห่อหัว มีทั้งแบบใบหยิกสีเขียว ใบหยิกสีม่วงถึงแดง ใบยาวสีเขียว และ ใบยาวสีม่วงถึงน้ำตาล (พนิดา ใหญ่ธรรมสาร, 2564)

สายพันธุ์ของเคล

ปัจจุบันเคลที่พบมีหลากหลายสายพันธุ์ ซึ่งสายพันธุ์ที่นิยมเพาะปลูกเพื่อบริโภค และเป็นไม้ประดับมี ดังนี้ (รูปที่ 2-3)

1. Curly leaf kale หรือ curled kale คือเคลใบหยิกทั่วไป เคลประเภทนี้มีลักษณะใบที่ใหญ่ มีขอบหยัก ลำต้นยาว สีของใบมีตั้งแต่เขียวเข้ม น้ำเงินไปจนถึงแดงอมม่วง โดยถ้าเป็นสีน้ำเงินจะเรียกว่า dwarf blue curled kale หรือ vate blue curled kale หากเป็นสีแดง จะเรียกว่า scarlet curled kale ซึ่งเคลใบ หยิกทั่วไปนี้จะมีเอกลักษณ์พิเศษ คือ มีกลิ่นฉุนและรสชาติมีความขมปนหวาน นิยมนำมาทำอาหารโดยใช้กระเทียมและน้ำมันมะกอกมาผัดร่วมกันเพื่อลดความขมของเคลใบหยิกชนิดนี้ หรือรับประทานเป็นสลัดคู่กับ ผลไม้รสหวานอมเปรี้ยว เคลใบหยิกสามารถนำมาปั่นเป็นสมูทตี้ หรือผสมคู่กับผลไม้อื่นเพื่อสุขภาพที่ดีได้ด้วย

2. Lacinato kale เป็นเคลที่มีชื่อเรียกหลากหลายมากที่สุด บางคนเรียกเคลไดโนเสาร์ (Dinosaur kale) ชื่ออื่น ๆ ที่มักจะนิยมเรียก ได้แก่ Italian kale, Tuscan kale, flat back kale หรือ black Tuscan palm kale จุดเด่นของเคลสายพันธุ์นี้ มีตัวใบที่ยาวตรง ไม่หยิกงอเหมือนสายพันธุ์ใบหยิกแต่มีรอยย่น ใบมีสีเขียวแกมน้ำเงินเข้ม เป็นอาหารหลักของชาวอิตาเลี่ยนมายาวนาน

3. Ornamental kale เคลสายพันธุ์นี้มีสีสันสวยงามที่สุด เพราะมีสีไล่ไปตั้งแต่เขียว ชมพู ม่วง แดง และด้วยความสวยทำให้เคลพันธุ์นี้ถูกนำไปประดับในจานอาหารหรือนำไปปลูกในสวนเพื่อความสวยงามมากกว่าการนำมาประกอบอาหาร

4. Red Russian kale เรียกกันว่า เคลแดง แต่แดงเฉพาะในส่วนของลำต้น ส่วนใบอาจจะมีสีแดงแซม บ้างเล็กน้อย จุดเด่นของเคลแดงนี้ คือ รสชาติจะมีความหวานกรอบ ไม่เหมือนเคลพันธุ์อื่น ๆ ทำให้คนที่อยากเริ่มลองทานผักสลัดมักเริ่มกันที่เคลแดง

5. Redbor kale เคลลูกผสมสูงประมาณ 2 ฟุต ที่มีความสวยงามจากสีแดงอมม่วงของตัวใบและก้าน สามารถทานเป็นสลัดแต่จะมีรสชาติออกขม เคลประเภทนี้ยังใช้ประดับจานหรือปลูกเพื่อเพิ่มความสวยงามให้สวนได้อีกด้วย จุดเด่นที่เห็นได้ชัด คือ สีแดงอมม่วงและใบมีลักษณะเป็นพุ่มหยัก

6. Siberian kale เป็นเคลที่ชอบอากาศหนาวจัด ส่วนใหญ่มักปลูกเป็นพืชเมืองหนาวทางตอนใต้ของสหรัฐอเมริกา ถ้านำมาปลูกในไทยอาจจะไม่เหมาะสมเนื่องจากประเทศไทยมีภูมิอากาศที่ค่อนข้างร้อน เอกลักษณ์ของเคลสายพันธุ์นี้ คือ ใบที่มีขนาดใหญ่มากเมื่อเทียบกับเคลสายพันธุ์อื่น ๆ (Barramepirun Company Limited, 2021)

ภาพที่ 2-3 เคลสายพันธุ์ต่างๆ

จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าเคลมีหลากหลายสายพันธุ์ แต่ที่นิยมปลูกในประเทศไทย สามารถปลูกได้ตลอดปี มี 2 สายพันธุ์ คือ curled kale และ lacinato kale ซึ่งในปัจจุบันเคลเป็นผักที่มีผู้สนใจและบริโภคกันมากขึ้น เพราะสารอาหารที่มีประโยชน์อันมากมายของเคล ดังแสดงในตารางที่ 2-1 ได้มีการเปรียบเทียบสารอาหารที่พบในเคล และผักสกุลกะหล่ำอื่นๆ

ตารางที่ 2-1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของผักเคลสดและผักเคลต้ม/นึ่ง

สารอาหาร	**คุณค่าทางอาหาร/100กรัม**	
	เคลสด	**เคลต้ม/นึ่ง**
พลังงาน	49 กิโลแคลอรี่	28 กิโลแคลอรี่
คาร์ไบไฮเดรต	8.8 กรัม	5.63 กรัม
น้ำตาล	2.3 กรัม	1.25 กรัม
ใยอาหาร	3.6 กรัม	2 กรัม
ไขมัน	0.9 กรัม	0.4 กรัม
โปรตีน	4.3 กรัม	1.9 กรัม
วิตามิน A : ลูทีน	241 ไมโครกรัม	146 ไมโครกรัม
วิตามิน A : ซีแซนทีน	6,261 ไมโครกรัม	4,983 ไมโครกรัม
วิตามิน B1 (ไทอะมีน)	0.11 มิลลิกรัม	0.053 มิลลิกรัม
วิตามิน B2 (ไรโบฟลาวิน)	0.13 มิลลิกรัม	0.07 มิลลิกรัม
วิตามิน B3 (ไนอะซีน)	1.0 มิลลิกรัม	0.5 มิลลิกรัม
วิตามิน B5	0.9 มิลลิกรัม	0.05 มิลลิกรัม
วิตามิน B6	0.27 มิลลิกรัม	0.138 มิลลิกรัม
วิตามิน B9 (โฟเลท)	141 ไมโครกรัม	13 ไมโครกรัม
วิตามิน C	120 มิลลิกรัม	41 มิลลิกรัม
วิตามิน E	1.54 มิลลิกรัม	0.85 มิลลิกรัม
วิตามิน K	390 ไมโครกรัม	418 ไมโครกรัม
แคลเซียม	150 มิลลิกรัม	72 มิลลิกรัม
เหล็ก	1.5 มิลลิกรัม	0.9 มิลลิกรัม
แมกนีเซียม	47 มิลลิกรัม	18 มิลลิกรัม

สารอาหาร	คุณค่าทางอาหาร/100กรัม	
	เคลสด	เคลต้ม/นึ่ง
แมงกานีส	0.66 มิลลิกรัม	0.146 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	92 มิลลิกรัม	28 มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	491 มิลลิกรัม	228 มิลลิกรัม
เซลิเนียม	0.9 ไมโครกรัม	0.9 ไมโครกรัม
สังกะสี	0.6 มิลลิกรัม	0.24 มิลลิกรัม

ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Kale. (2022)

ตารางที่ 2-2 แสดงสารอาหารในผักสกุลกะหล่ำแต่ละชนิด

สารอาหาร	เคล kale	คะน้าฝรั่ง collards	บล็อกโคลี่ brocolli	กะหล่ำดอก cauliflower	กะหล่ำปลี cabbage	กะหล่ำดาว Brussels sprouts
เหล็ก (มก.)	**1.47**	0.47	0.73	0.42	0.47	1.40
ฟอสฟอรัส (มก.)	**92**	25	66	44	26	69
โพแทสเซียม (มก.)	**491**	213	316	299	170	389
โซเดียม (มก.)	**38**	17	33	30	18	25
สังกะสี (มก.))	**0.56**	0.21	0.041	0.27	0.18	0.42
วิตามิน A (มก.)	**500**	251	31	0	5	38
วิตามิน B1 (ไทอะมีน) (มก.)	**0.110**	0.054	0.071	0.050	0.061	0.139
วิตามิน B2 (ไรโบฟลาวิน) (มก.)	**0.130**	0.130	0.117	0.060	0.040	0.090
วิตามิน B3 (ไนอะซีน) (มก.)	**1.000**	0.742	0.639	0.507	0.234	0.745
วิตามิน B6 (มก.)	**0.271**	0.165	0.175	0.184	0.124	0.219
วิตามิน B9 (โฟเลท) (มก.)	**141**	129	63	57	43	61

วิตามิน C (มก.)	**120**	35.3	89.2	48.2	36.6	85
วิตามิน E (มก.)	**1.54**	2.26	.0780	0.08	0.15	0.88
วิตามิน K (มก.)	**704.8**	437.1	101.6	15.5	76.0	177.0

ที่มา: Samec D. et al., (2018)

จากตารางที่ 2-2 จะเห็นได้ว่าสารอาหารเกือบทุกชนิด ในผักสกุลกะหล่ำ ไม่ว่าจะเป็น เหล็ก ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม สังกะสี และวิตามิน A, B, C, K มีมากที่สุดในผักเคล เมื่อเปรียบเทียบกับผักในสกุล กะหล่ำด้วยกัน ยกเว้นวิตามิน B1 (ไทอะมีน) ที่มีมากที่สุดในกะหล่ำดาว (brussels sprouts) และวิตามิน E มี มากที่สุดในคะน้าฝรั่ง (collards) อย่างไรก็ตาม วิตามิน B1 และวิตามิน E ก็มีมากในเคลเช่นกัน จากข้อมูลทั้งหมดของเคลพบว่าเคลมีหลากหลายสายพันธุ์มาก แต่ที่นิยมปลูกในประเทศไทยคือ สายพันธุ์ curled kale และ lacinato kale เคลเป็นผักที่คุณค่าทางอาหารสูงมาก เป็นที่นิยมในผู้ที่รักษาสุขภาพ ค่อนข้างปลอดภัยในการบริโภค อย่างไรก็ตาม มีข้อควรระวังสำหรับการบริโภคเคล เนื่องจากเคลมีวิตามิน K และโพแทสเซียมสูงมาก ดังนั้นผู้ที่รับประทานยาละลายลิ่มเลือด และผู้ที่เป็นโรคไต ต้องระมัดระวังหรือหลีกเลี่ยงการรับประทานเคล เพราะอาจมีผลเสียหรือเป็นอันตรายต่อร่างกายได้

เศษตัดแต่งคุณภาพจากผักเคล มีปริมาณเศษที่เหลือทิ้งจากการตัดแต่งคุณภาพ เช่น ใบแก่ ใบจุด (ภาพที่ 2-4) มีปริมาณ ร้อยละ 20 จากผลผลิตเคลทั้งหมด ซึ่งมีปริมาณค่อนข้างมาก จึงแนะนำให้กลุ่มเกษตรกร นำผลผลิตที่เหลือทิ้งนั้นมาแปรรูปเบื้องต้น โดยการนำมาอบแห้ง เพื่อให้เป็นผงผักเคล สามารถเก็บไว้ได้นานยิ่งขึ้น

ภาพที่ 2-4 เศษตัดแต่งจากเคล

2.2.4 มะม่วง (Mango)

มะม่วง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Mangifera indica* มะม่วงเป็นไม้ผลที่ปลูกกันมากในเมืองไทย มีชื่อเรียกในแต่ละภาคคล้ายคลึงกัน ภาคอีสานเรียกว่า บักม่วง ภาคเหนือเรียกว่า บะม่วง ภาคใต้เรียกว่า ลูกม่วงมีชื่อสามัญว่า mango ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Mangifera indica L. ชาวต่างชาติขนานนามมะม่วงว่า “แอปเปิลของเมืองร้อน” มีถิ่นกำเนิดในอินเดีย ต่อมาได้นำพันธุ์ไปขยายในประเทศต่างๆ เช่น แอฟริกา สหรัฐอเมริกา อเมริกาใต้ เม็กซิโก บราซิล อาร์เจนตินา อิตาลี สเปน มลายู ชวา ฟิลิปปินส์ พม่า ไทย เวียดนาม เขมร และเกาะต่างๆ เช่น คิวบา ฮาวานา จาเมกา บาร์เบโดส และฮาวาย เป็นต้น สันนิษฐานว่ามะม่วงเข้ามาในเมืองไทยในช่วงที่มีการติดต่อทางการค้าและวัฒนธรรมกับอินเดีย ประมาณปี พ.ศ.2143-2193 เพราะในเวลานั้น ไทยได้มีการนำพืชพันธุ์ต่างๆ เข้ามาจากประเทศอินเดียหลายชนิด

มะม่วงเป็นไม้ยืนต้นอยู่ในวงศ์ Anacardiaceae ลำต้นตรง มีกิ่งก้านแผ่ออกเป็นทรงพุ่มแน่นทึบ ไม่ผลัดใบ มีอายุยืนยาวกว่า 100 ปี ต้นมีขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูง 10-30 เมตร ใบเดี่ยวเรียงตัวสลับกัน ขอบใบเรียบ โคนใบมน ปลายใบแหลม ใบอ่อนสีออกแดง เมื่อแก่จะเป็นสีเขียว ดอกออกเป็นช่อที่ปลายกิ่งหรือตามตากิ่ง แต่ละช่อจะมีดอกตัวผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ดอกมีหลายสี เช่น แดง ชมพู หรือขาว แต่ละดอกมีกลีบเลี้ยง 5 กลีบ และกลีบดอกอีก 5 กลีบ มีกลิ่นหอม ผลมีความแตกต่างตามพันธุ์ รูปร่างมีตั้งแต่กลมไปจนถึงรูปไข่ค่อนข้างยาว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผล 6-8 เซนติเมตร ผลดิบมีสีเขียว เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือเหลืองอมส้ม มีเมล็ดกลางผล 1 เมล็ด

มะม่วงในเมืองไทยมีมากมายหลายพันธุ์ ทั้งพันธุ์พื้นเมือง เช่น มะม่วงกะล่อน มะม่วงแก้ว ตะเพียนทอง นวลจันทร์ทะวาย เศรษฐีทะวาย มันเดือนเก้า ศาลายา สามฤดู ชมทิว มะม่วงเบาภาคใต้ กะล่อนขี้ไต้ กะล่อนทอง แก้มแดง แก้วลืมรัง เขียวไข่กา ไข่เหี้ย เจ้าพระยา ตับเป็ด แตงกวา ทะวายมัน ทุเรียนทองดำ ทองปลายแขน นกกระจิบ น้ำตาลจีน น้ำตาลปากกระบอก พิมเสนขาว พราหมณ์ขายเมีย พรวนมัน ทะวายพิเศษ แมวเซา ลิ้นงูเห่า สาวกระทืบหอ สังขยา สำปั้น หงสา เหนียงกระทุง แห้ว หัวช้าง หมอนทอง และอินทรชิต เป็นต้น

พันธุ์มะม่วงที่ปลูกเป็นการค้า ได้แก่ อกร่อง ทองดำ พิมเสน เขียวเสวย แก้ว ทูลถวาย แรด น้ำดอกไม้สีทอง น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ฟ้าลั่น ทะวายเดือนเก้า ขายตึก หนองแซง หนังกลางวัน เจ้าคุณทิพย์ สามปี ตลับนาค โชคอนันต์ และมหาชนก (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2567)

ภาพที่ 2-5 ลักษณะของมะม่วง

2.2.5 ขิง (Ginger)

ขิง เป็นพืชที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zingiber officinale* อยู่ใน family Zinggiberaceae ถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร เครื่องดื่มและยาแผนโบราณหรือการแพทย์ทางเลือกทั่วโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศในแถบเอเชีย ส่วนที่นำมาใช้คือเหง้าหรือลำต้นใต้ดินของขิง

ขิงเป็นไม้ล้มลุก 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 มีการเพาะปลูกอย่างกว้างขวางในภูมิประเทศที่มีภูมิอากาศร้อนชื้น เช่น ประเทศไทย จีน ไต้หวัน อินเดีย บังคลาเทศ จาเมก้า และไนจีเรีย เป็นต้น (Kemper, 1999)

ขิงถูกใช้มาทำประโยชน์ในทางการแพทย์ ในประเทศแถบเอเชียเป็นเวลานานหลายร้อยปีแล้ว เนื่องจากกลิ่นหอมและรสชาติที่เผ็ดร้อนของขิง โดยนำมาใช้รักษาโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร เช่นแก้ปวดท้อง ท้องเสีย ขับลม ช่วยย่อยอาหาร แก้อาเจียน เป็นต้น นอกจากนั้นยังใช้แก้หวัด แก้ปวดศีรษะและปวดข้อได้ด้วย (Borrelli et al., 2004; Ghayur et al., 2005) นักวิจัยเชื่อว่าฤทธิ์ของขิงที่ช่วยลดอาการปวดท้องเกิดจากการออกฤทธิ์โดยตรงต่อทางเดินอาหาร จากความสามารถในการดูดซับสารต่างๆ ร่วมกับคุณสมบัติในการลดอาการหดเกร็งของลำไส้ (Ernst and Pittler, 2000) มีงานวิจัยพบว่าขิงสามารถลดระดับคลอเลสเตอรอลได้ อีกทั้งมีฤทธิ์ต้านการทำงานของเกล็ดเลือดและมีฤทธิ์ต้านอักเสบ (Thomson et al., 2002) ด้วยเหตุนี้

ปัจจุบันขิงจึงเป็นสินค้าที่มีความสำคัญลำดับต้นๆ ในแง่ของการค้าระหว่างประเทศ การศึกษาทางพฤกษเคมีพบว่า ขิงมีส่วนประกอบหลายชนิด ได้แก่ gingerols, shogaols,zingerone และ paradol (Langner et al., 1998) [6]-Gingerol และ [6]-shogaol ซึ่งเป็นสารที่มีกลิ่นฉุนแรง เป็นสารที่พบมากที่สุดในขิง (Connell and McLachlan, 1972; Ghayur et al., 2005) สารประกอบ [6]-gingerol ถูกพบว่าเป็นสารออกฤทธิ์ซึ่งก่อให้เกิดผลทางด้านเภสัชวิทยาของขิง เช่นฤทธิ์แก้ปวดและฤทธิ์ต้านอักเสบ (Young et al., 2005) ดังนั้น [6]-gingerol จึงถูกใช้เป็นหนึ่งใน marker สำคัญเพื่อแสดงมาตรฐานของผลิตภัณฑ์จากขิง เชื่อว่าสารในกลุ่ม shogaol นั้นเกิดจากสารตั้งต้นในกลุ่ม gingerols โดยปฏิกิริยา dehydration (Connell and Sutherland, 1969; Jolad et al.,2004) ด้วยเหตุนี้น่าจะเป็นสาเหตุให้พบ shogaols จำนวนไม่มากนักในขิงสด แต่พบในปริมาณมากกว่าในขิงแห้งหรือในสารสกัด โครงสร้างทางเคมีของ [6]-Gingerol และ [6]-shogaol ดังภาพที่ 2-6

ภาพที่ 2-6 ลักษณะของขิง

ที่มา: https://medthai.com/gastric-sleeve-surgery-things-to-know/

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

และ bisaboline (Wohlmuth et al.,2006) นอกจากนั้นยังมีการนำน้ำมันขิงไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำหอม และเพื่อใช้ในงานสุคนธบำบัด (aroma therapy) ด้วย

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 เปลือกลำต้นมีสีน้ำตาลและตกสะเก็ดเป็นร่องเล็กๆ มีใบแบบรวมโดยออกเป็นคู่เรียงกันตามก้านใบ ดอกเป็นช่อขนาดเล็กออกบริเวณปลายกิ่ง ฝักหรือผลมะขามเป็นชนิดผลเดี่ยวหรือฝักเดี่ยวมีลักษณะกลม หรือค่อนข้างกลมหรือแบนและมักมีลักษณะโค้ง ส่วนของเนื้อมะขามแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันทั้งสีและรส มีทั้งที่มีรสหวานและเปรี้ยว องค์ประกอบที่สำคัญในส่วนของเนื้อมะขาม คือ กรดทาร์ทาริก และมีเมล็ด 1-10 เมล็ดต่อฝัก ขึ้นอยู่กับความยาวของฝักและสายพันธุ์ (ภาพที่ 2-7)

ภาพที่ 2-7 ลักษณะของมะขาม

ที่มา:

https://arit.kpru.ac.th/ap2/local/?nu=pages&page_id=108&code_db=610010&code_type=01

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

2.3 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักคอมบูชา

เชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักคอมบูชา อาศัยกิจกรรมการหมักร่วมกัน หรือ แบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (symbiotic) จึงทำให้ไม่มีการปนเปื้อนหรือเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่น ที่ก่อโรค โดยสามารถตรวจพบจุลินทรีย์ในชาหมักคอมบูชา ได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ประกอบด้วย กลุ่มแบคทีเรียกรดอะซิติก (acetic acid bacteria) และกลุ่มยีสต์ (yeast) สำหรับกิจกรรมในกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ทั้งสองกลุ่ม คือในระยะเริ่มต้นของการหมักยีสต์ ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลคู่ ให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว จากนั้นยีสต์ ก็จะเข้าไปเปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวให้เป็นแอลกอฮอล์ และกรดอินทรีย์บางชนิด เมื่อในสภาวะที่มีแอลกอฮอล์และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว จึงมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดอะซิติก โดยแบคทีเรียกรดอะซิติก สามารถที่จะเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้ เป็นกรดอะซิติกและกรดอินทรีย์ หรือสารประกอบต่างๆ ได้ยีสต์และแบคทีเรียกรดอะซิติก มีกิจกรรมการหมักร่วมกันหรือที่เรียกว่า tea fungus สำหรับคำว่า “tea fungus” นั้นไม่ได้หมายถึง เห็ดรา แต่หมายถึงกลุ่มของแบคทีเรียที่สามารถสังเคราะห์แผ่นเซลลูโลสหรือแผ่นวุ้น บริเวณผิวหน้าของชาหมัก คอมบูชา ซึ่งมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับรา (Dufresne and Farnmorth, 2000; Teoh. et al., 2004 Jayabalan et al., 2008)

2.3.1 แบคทีเรียกรดอะซิติก (Acetic Acid Bacteria)

แบคทีเรียกรดอะซิติก เป็นโปรคาริโอติกเซลล์ จัดอยู่ในตระกูล Acetobacteraceae เป็นแบคทีเรียแกรมลบ เซลล์มีรูปร่างไข่ จนถึงแท่งสั้น ขนาดประมาณ 0.4-1 x 0.8-4.5 μm สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 30 ºC ค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสม 5.0–6.5 และสามารถเจริญได้เมื่อมีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 3–4 สามารถเจริญได้ในที่มีปริมาณกรดอะซิติกที่ 0.35% ต้องการอากาศในการเจริญเติบโต (นงลักษณ์ และปรีชา, 2548) แบคทีเรียที่อยู่ในตระกูลนี้ สามารถจัดแบ่งได้ 6 จีนัส ได้แก่ *Acetobacter, Acidomonas, Asaia, Gluconacetobacter, Gluconobacter* และ *Kozakia* ในบางจีนัส มีแฟลกเจลลารอบข้างหรือมีแฟลกเจลลาที่ปลายขั้วของเซลล์ บางจีนัสสามารถสร้างแผ่นวุ้น หรือ เซลลูโลสซึ่งสามารถขับออกภายนอกเซลล์หรือสะสมอยู่รอบเซลล์ แหล่งที่สามารถพบแบคทีเรียกรดอะซิติก สามารถพบได้ในธรรมชาติที่มีสภาพเป็น

ความเป็นกรดและมีปริมาณน้ำตาลหรือปริมาณแอลกอฮอล์ที่สูง อาทิเช่น ผลไม้จำพวกองุ่น แอปเปิ้ล สับปะรด เงาะ มะม่วง ลิ้นจี่ ลำไย มะเฟือง มะนาว ละมุด ลูกพลับ สตรอเบอร์รี่ เบียร์ไวน์ น้ำส้มสายชู ชาหมักคอมบูชา น้ำผลไม้รสเปรี้ยว และน้ำผึ้ง (Dufresne and Farnmorth, 2000)

แบคทีเรียกรดอะซิติก มีความสามารถในการออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ให้เปลี่ยนเป็นกรดอะซิติก ได้แก่ จีนัส Acetobacter Gluconacetobacter และ Acidomonas และมีความสามารถในการออกซิไดซ์ กรดอะซิติกไปเป็นน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ หรือที่เรียกว่าการเกิดปฏิกิริยา overoxidation of ethanolโดย Gluconobacter มีความสามารถในการออกซิไดซ์น้ำตาลกลูโคสเป็นกรดกลูโคนิค ซึ่งแบคทีเรียกรดอะซิติกมีความสามารถในการออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ให้กลายเป็นกรดอะซิติก โดยอาศัยเอนไซม์ alcohol dehydrogenase และ aldehyde dehydrogenase ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2-3 ความสามารถออกซิไดซ์ของแบคทีเรียกรดอะซิติก

สารตั้งต้น	ผลิตภัณฑ์	เอนไซม์
ethanol	Acetic acid	Alcohol dehydrogenase, aldehyde dehydroogenase
iso-butanol	iso-Butyric acid	Alcohol dehydrogenase, aldehyde dehydroogenase
-Acetolactate	Acetoin	-acetolactate decarbooxylase
D-Glycerol	dihydroxyacetone	Glycerol dehydrogenase
D-mannitol	D-fructose	D-mannitol dehydrogenase
D-sobitol	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 dehudrogenase
L-Sorbose	L-Sorbosone	L-Sorbose dehydrogenase
L-Sorbosone	2-Keto-D- gluconic acid	L-Sorbosone dehydrogenase
D-Fructose	5-Keto-D- fructose	D-Fructose dehydrogenase

ที่มา : (Jayabalan et al., 2014)

แบคทีเรียกรดอะซิติกที่สามารถตรวจพบในน้ำหมักคอมบูชาประกอบด้วยเชื้อจุลินทรีย์ ดังต่อไปนี้ คือ *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) ซึ่งสามารถลดระดับคอเรสเตอรอลในเส้นเลือดได้ (Yang et al., 2009) และสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ β-glucuronidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่กระตุ้นให้เกิดมะเร็งลำไส้

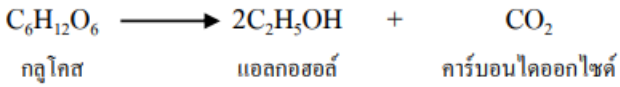
2.3.2 ยีสต์ (Yeast)

ยีสต์ เป็นยูคาริโอติกเซลล์ เป็นกลุ่มราที่มีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยว สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ อาศัยการแตกหน่อหรือแบ่งตัวสร้างสปอร์ รูปร่างกลมหรือรี มีความกว้างตั้งแต่ 1-5 μm และความยาว 5-30 μm โดยขนาดและรูปร่าง มีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับอายุและสภาพแวดล้อม ยีสต์ไม่มีแฟลกเจลลาหรืออวัยวะอื่นในการเคลื่อนที่ ยีสต์สามารถเจริญอยู่ในที่ที่มีความเข้มข้นของเกลือและน้ำตาลสูงได้ เจริญได้ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 0-47 ºC บางชนิดจะไม่เจริญที่อุณหภูมิสูงกว่า 15 ºC อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญอยู่ที่ 20-30 ºC ค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมในช่วง 3.5-3.8 ยีสต์สามารถพบได้ทั่วไปในธรรมชาติ พืช ผัก ผลไม้หรือสามารถตรวจพบได้ในอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีความเป็นกรดและน้ำตาลที่สูง (นงลักษณ์ และปรีชา, 2548) ยีสต์มีอยู่ประมาณ 350 สปีชีส์สามารถจัดแบ่งได้ประมาณ 39 จีนัส ซึ่งยีสต์มีความเกี่ยวข้องกับมนุษย์มีบทบาทเกี่ยวข้องกับ อุตสาหกรรมอาหาร อาทิเช่น การผลิตน้ำหมักผลไม้ น้ำส้มสายชู อุตสาหกรรมขนมปัง การผลิตแอลกอฮอล์เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก การสังเคราะห์วิตามิน ไขมัน และโปรตีน (นงลักษณ์ และปรีชา, 2548) โดยยีสต์ที่สามารถตรวจพบได้จากน้ำชาหมักคอมบูชา ประกอบไปด้วยยีสต์ *Saccharomyces, Saccharomycodes, Schizosaccharomyces, Zygosaccharomyces, Brettanomyces /Dekkera, Candida, Torulospora, Koleckera, Pichia Mycotorula* และ *Mycoderma* ซึ่งได้มีการศึกษาเพื่อระบุชนิดและตรวจสอบสายพันธุ์ได้แก่ *Saccharomyces cervisiae, Saccharomyces bisporus, Saccharomycodes ludwigii, Schizosaccharomyces pombe, Zygosaccharomyces sp. Zygosaccharomyces rouxii* และ *Zygosaccharomyces bailii* (Jayabalan et al., 2014)

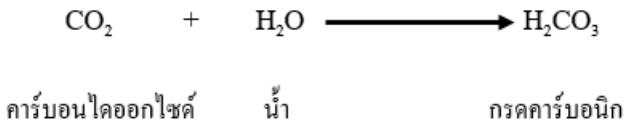
2.4 กระบวนการหมักคอมบูชา สำหรับกระบวนการหมักคอมบูชานั้น สามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน

2.4.1 กระบวนการหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ ในช่วงระยะเริ่มต้นของกระบวนการหมักยีสต์จะทำหน้าที่ย่อยน้ำตาลซูโครสด้วยเอนไซม์ไฮโดรเลส ให้เป็นกลูโคส และฟรุกโตส (Balentine et al., as cited

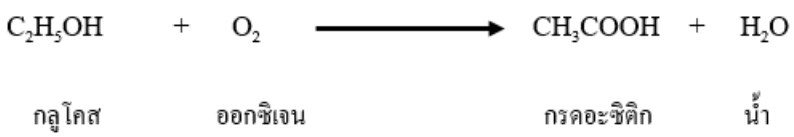
in Dufresne and Farnworth, 2000) กลูโคสจะถูกย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน หรือที่เรียกว่ากระบวนการหมักแอลกอฮอล์ ซึ่งผลผลิตที่ได้ในช่วงระยะเริ่มแรกจะเป็นแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ (นงลักษณ์ และปรีชา, 2548) ดังสมการ 2.1 (Gunther, 1995)



2.4.2 กระบวนการเกิดกรดคาร์บอนิก ภายหลังจากกระบวนการย่อยสลายน้ำตาลของยีสต์จะเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ โดยไอน้ำและความชื้นภายในชาหมักคอมบูชาจะรวมตัวกันกับคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้เกิดเป็นกรดคาร์บอนิก ส่งผลทำให้น้ำหมักคอมบูชามีความเปรี้ยวซ่า และมีฟองก๊าซเล็กน้อย ดังสมการ 2.2 (Gunther, 1995)



2.4.3 กระบวนการออกซิไดซ์แอลกอฮอล์เป็นกรดอินทรีย์ต่างๆ ในสภาวะที่มีแอลกอฮอล์ ซึ่งจะมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกลุ่มแบคทีเรียกรดอะซิติกที่สามารถเจริญได้ดี พร้อมทั้งสามารถออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกและน้ำ นอกจากกรดอะซิติกแล้ว น้ำหมักคอมบูชา ยังมีกรดอินทรีย์ต่างๆ เกิดขึ้น นอกจากนี้แบคทีเรียกรดอะซิติกสามารถที่จะเปลี่ยนน้ำตาลและคาเฟอีน ที่เป็นส่วนประกอบของชาให้เป็นส่วนผลิตแผ่นวุ้น หรือเซลลูโลสบริเวณผิวหน้าของน้ำชาหมักคอมบูชา เมื่อเกิดกระบวนการออกซิไดซ์แอลกอฮอล์เกิดขึ้น จึงทำให้ชาหมักคอมบูชามีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่มากหรือไม่มีแอลกอฮอล์ผสม 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 ของการหมักคอมบูชา สามารถสังเกตเห็นแผ่นวุ้น หรือแผ่นเยื่อใสบางๆ (culture floats) เจริญปกคลุมบริเวณผิวหน้าชาหมัก อาจจะมีการจมดิ่งอยู่บริเวณก้นของภาชนะหมัก ซึ่งการเจริญของแผ่นวุ้น เป็นสิ่งชี้วัดได้ว่า เชื้อจุลินทรีย์ในชาหมักนั้น มีการเจริญที่ดีและส่วนของน้ำชาหมัก มีสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แหล่งคาร์บอนไนโตรเจน ออกซิเจน แร่ธาตุเมื่อทำการหมักคอมบูชาเป็นระยะเวลานานขึ้น จะสังเกตเห็นแผ่นวุ้นที่หน้าเพิ่มมากขึ้น ถ้าหากมีการเขย่า เคลื่อนย้ายภาชนะหมักหรืออุณหภูมิในการบ่มต่ำกว่า 30 ºC แผ่นวุ้นอาจจะตกจมดิ่งอยู่บริเวณก้นของภาชนะหมัก ทั้งนี้แบคทีเรียกรดอะซิติกจะสามารถผลิตแผ่นวุ้น ปกคลุมบริเวณผิวหน้าของน้ำชาหมักได้ใหม่อยู่เสมอ (Jayabalan et al., 2014)

2.5 องค์ประกอบที่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้จากชาหมักคอมบูชา (Jayabalan et al., 2014)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของชาหมักคอมบูชา 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 ซึ่งสารประกอบเหล่านี้เกิดจากกระบวนการเมทาบอลิซึมของแบคทีเรียกรดอะซิติกและยีสต์ในกระบวนการหมักคอมบูชา

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

กรดกลูคูโรนิคและกรดกลูโคนิค เป็นกรดที่พบได้เป็นหลักในน้ำชาหมักคอมบูชา โดยแบคทีเรียกรดอะซิติกจะเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสและผลิตเป็นกรดกลูคูโรนิคและกรดกลูโคนิค โดยปริมาณกรดกลูโคนิคสามารถตรวจพบได้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นในระยะเวลาการหมักที่นานขึ้นเช่นเดียวกัน

กรดแลคติก เป็นกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ไม่สามารถตรวจพบได้จากการหมักคอมบูชาแบบดั้งเดิม แต่ในปี 2007 Jayabalan และคณะ ทำการศึกษาโดยใช้ชาเขียว ชาดำและชาผสมเป็นวัตถุดิบในการหมัก พบว่า จากการใช้ชาเขียวสามารถตรวจวิเคราะห์กรดแลคติกได้ในปริมาณที่มากถึง 0.54 g/l

กรดซิตริก เป็นอีกหนึ่งชนิดของกรดอินทรีย์ที่ ไม่ใช่กรดที่ถูกผลิตมาจากกระบวนการเมทาบอลิซึมของการหมักคอมบูชาแบบดั้งเดิม แต่ในปี 2011 Malbasa และคณะ ทำการศึกษาหมักคอมบูชาโดยใช้ 1.5 g/l ของชาดำ และผสมกับน้ำตาลซูโครส 7% ซึ่งสามารถวิเคราะห์กรดซิตริกได้มากถึง 1.5 g/l

สาร D-saccharic acid-1,4-lactone เป็นสารที่ถูกสร้างขึ้นจากกระบวนการเมตาบอลิซึม น้ำตาลกลูโคสในวัฏจักร glucuronate สามารถลดคอเลสเตอรอลและยั้บยั้งการทำงานของเอนไซม์ β-glucuronidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่กระตุ้นการเกิดมะเร็งลำไส้ โดยความเข้มข้นของสาร DSL ที่ระดับ 0.03-0.15 mg/ml สามารถยั้บยั้งการทำงานของเอนไซม์ glucuronidase ซึ่งสาร DSL สามารถพบได้ในพืชตระกูลส้ม ใบชาและพืชอื่นๆ แต่พบในความเข้มข้นที่น้อย (Wang et al., 2010)

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

2.6 ประโยชน์ของเครื่องดื่มคอมบูชาต่อสุขภาพ (Dufresne and Farnworth, 2000)

คอมบูชาได้รับการยอมรับจากทั่วโลกว่า เป็นเครื่องดื่มชาหมักเพื่อสุขภาพ ซึ่งได้มีงานวิจัยทำการศึกษาเกี่ยวกับประโยชน์ พบว่า ช่วยเพิ่มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ไบโอติกในร่างกาย ส่งเสริมระบบขับถ่าย ขับพิษในเลือด ลดระดับคอเลสเตอรอล ป้องกันการเกิดหลอดเลือดแดงตีบตัน ลดระดับความดันในเลือด ช่วยส่งเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน ลดอาการไขข้ออักเสบและโรคเก๊าท์ ส่งเสริมการทำงานของตับ ลดการเกิดภาวะตับแข็ง ช่วยป้องกันโรคอ้วน ลดความอยากรับประทานอาหาร ป้องกันการติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ กระตุ้นการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ ช่วยลดการเกิดโรคเบาหวาน ลดการเกิดหลอดลมอักเสบ ป้องกันโรคหอบหืด ช่วยบรรเทาความอยากดื่มแอลกอฮอล์ของผู้ป่วย ส่งเสริมการทำงานของไต ป้องกันการเกิดมะเร็ง ป้องกันการเกิดโรคจากแบคทีเรีย ไวรัสและยีสต์ ส่งเสริมสุขภาพของเส้นผม ผิวเล็บ และสายตาให้ดีขึ้น ลดอาการเครียด ลดอาการปวดศีรษะและช่วยระบบเมตาบอลิซึมของร่างกาย

ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของเครื่องดื่มคอมบูชา (Jayabalan et al., 2014)

เครื่องดื่มคอมบูชามีฤทธิ์ในการยั้บยั้งแบคทีเรียก่อโรค คอมบูชามีปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 33 g/l (กรดอะซิติกเท่ากับ 7 g/l) สามารถต้านทานเชื้อ *Agrobacterium tumefaciens, Bacillus cereus,Salmonella choleraesuis serotype Typhimurium, Staphylococcus aureus* แ ล ะ *Escherichia coli* ซึ่ งเครื่องดื่มคอมบูชามีฤทธิ์ในการยั้บยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค 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. albican*s สำหรับสารออกฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรียก่อโรคของคอมบูชาส่วนใหญ่จะเป็นกรดอะซิติกโปรตีน และสารเคทาชิน โดยกรดอะซิติกและคาเทชินสามารถยั้บยั้งแบคทีเรียก่อโรคทั้งแกรมบวกและลบได้ (Sreeramulu et al., 2000)

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอสิระของเครื่องดื่มคอมบูชา

สารต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มคอมบูชาประกอบด้วย tea polyphenol, ascorbic acid และสาร DSL โดยปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในคอมบูชาจะมีในปริมาณมากกว่าชาที่ไม่ผ่านการหมักเนื่องจากในระหว่างการหมักแบคทีเรียกรดอะซิติกและยีสตจ์ะมีการผลิตเอนไซม์และเข้าไปย่อยขนาดโมเลกุลของ tea polyphenol ให้มีขนาดและโครงสร้างใหม่ ส่งผลให้มีปริมาณต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นและเมื่อสิ้นสุดการหมักเครื่องดื่มคอมบูชามีสารประกอบอินทรีย์ ที่จัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จำพวก ascorbic acid, DSL และ gallic acid จึงทำให้เครื่องดื่มคอมบูชา มีสารต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้น (Jayabalan et al., 2008)

1. การต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity)

สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในคอมบูชาส่วนใหญ่ จะกล่าวถึงสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งเป็นสารที่พบได้ในพืช ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในอาหาร และเครื่องดื่มที่มาจากพืช ผัก และผลไม้จะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของพืช วิธีการปลูก ระดับความสุก กระบวนการแปรรูป และวิธีการเก็บรักษา รวมถึงการใช้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปก็มีส่วนทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง (เนตรนภา และ เฉลิม, 2557) การหมักคอมบูชานิยมใช้ใบชาในการหมัก เนื่องจากในใบชามีสารประกอบฟีนอลิกที่ช่วยต้านอนุมูลอิสระ เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavanols) ซึ่งสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่พบในใบชา ได้แก่ ทีเอฟลาวิน (theaflavins, TFs) ทีอะรูบิจิน (thearubigins, TRs) และคาเทชิน (catechin) ซึ่งในคาเทชิน จะประกอบด้วย

สารอีพิคาเทชิน (epicatechin, EC) อีพิแกลโลคาเทชิน (epigallocatechin, EGC) อีพิคาเทชินแกลเลต (epicatechin gallate, ECG) และอีพิแกลโลคาเทชิน แกลเลต (epigallocatechin gallate, EGCG) เป็นต้น (Lorenzo and Munekata, 2016)

นอกจากใบชา แล้วยังมีการใช้สารตั้งต้นอื่น ๆ ที่สามารถใช้ในการหมักคอมบูชาได้อีกด้วย เช่น เปลือกกล้วย และ เห็ดหลินจือ เป็นต้น ในการศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างคอมบูชา นิยมใช้วิธี DPPH (2,2-diphenyl-1- picrylhydrazyl) และ ABTS (2,2-azobis (3- ethylbenzothialzoline-6-sulfonic acid)) สำหรับการศึกษาปริมาณสารฟีนอลิกจะใช้การวิเคราะห์หา TPC (total phenolic content) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu assay ทั้งนี้ Ali and Monir (2016) ได้ทำการวิจัยเพื่อหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และการต้านอนุมูลอิสระในคอมบูชาที่หมักจากชาดำ เปลือกกล้วย และใบหมามุ้ย ผลจากการศึกษาการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่า เปลือกกล้วยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด โดยยับยั้ง DPPH ได้ 94.62 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งวิเคราะห์ด้วย TPC ในคอมบูชาทั้งสามชนิด จากการศึกษาพบว่า ชาดำมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด Sknepnek et al. (2018) ได้ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในคอมบูชาที่หมักจากเห็ดหลินจือ พบว่าจากการศึกษาด้วยวิธี TPC ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในตัวอย่างคอมบูชาแบบเหลวเท่ากับ 4.91±0.24 มิลลิกรัม สมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัม และตัวอย่างที่ทำให้แห้งด้วยวิธีสุญญากาศมีปริมาณอาหาร สารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 2.11±0.23 มิลลิกรัม สมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัม ซึ่งน้อยกว่าตัวอย่างแบบเหลว นอกจากนี้ จุฑามาศ และคณะ (2563) ได้วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และวิธี ABTS ในตัวอย่างคอมบูชาจากใบชาที่หมักเป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่า ค่าการต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH ของตัวอย่างคอมบูชาที่หมัก เป็นเวลา 14 วัน มีค่าเท่ากับ 57.60 เปอร์เซ็นต์ และ จากวิธี ABTS ตัวอย่างคอมบูชาที่หมักเป็นเวลา 14 วัน มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระคำนวณเป็นค่า TEAC (troloxequivalent antioxidant capacity) ได้เท่ากับ 16.28±0.20 มิลลิโมลาร์ นอกจากนี้ตัวอย่าง คอมบูชามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเท่ากับ 0.99±0.44 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร

2. การต้านจุลชีพ (antimicrobial effect) ในปัจจุบันมีจุลินทรีย์ที่ต้านทานต่อยาต้านจุลชีพมากขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการทดลองเพื่อค้นหาสารประกอบใหม่ ๆ ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโต หรือกำจัดจุลินทรีย์ที่ต้านทานยาต้านจุลชีพ ซึ่งสารต้านจุลชีพตามธรรมชาติสามารถพบได้ในอาหารที่รับประทาน (Sakkas and Papadopoulou, 2017) มีการศึกษาความสามารถในการต้านจุลชีพของคอมบูชา ซึ่งในการศึกษาส่วนมากจะ

กล่าวถึงกรดอะซิติก ซึ่งเป็นกรดอินทรีย์หรือสารประกอบเคมีอินทรีย์ที่พบได้ในธรรมชาติ สามารถออกฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์และราได้ โดย Kaewkod et al. (2019) พบว่า คอมบูชาที่หมักจากชาเขียว ชาดำ และชาอูหลงมีฤทธิ์ ในการต้านจุลชีพกลุ่มแบคทีเรียในลำไส้หลายชนิด โดยประสิทธิภาพในการต้านจุลชีพจะมีความสัมพันธ์ กับปริมาณกรดอะซิติก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Cardoso et al. (2020) ที่ศึกษาปริมาณกรดอะซิติก ต่อความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียและยีสต์ของคอมบูชาที่หมักจากชาเขียวและชาดำ จากการศึกษาพบว่า คอมบูชาที่หมักจากชาเขียวมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus spp., Listeria monocytogenes, Micrococcus luteus, Escherichia coli* และยีสต์ *Candida parapsilosis* มากกว่าคอมบูชาที่หมักจากชาดำ ซึ่งประสิทธิภาพในการต้านจุลชีพ จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณและความเข้มข้นของกรดอะซิติก เช่นเดียวกัน กับงานวิจัยของ Ivanisova et al. (2020) ที่ศึกษาปริมาณกรดอะซิติกในการต้าน จุลชีพของคอมบูชาที่หมักจากชาดำ พบว่า คอมบูชาที่หมักจากชาดำสามารถยับยั้งจุลชีพกลุ่มยีสต์ *Candida spp.* และแบคทีเรีย *Haemophilus influenzae* ได้ โดยประสิทธิภาพการยับยั้งขึ้นอยู่กับปริมาณและ ความเข้มข้นของกรดอะซิติก

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

จากการศึกษาพบว่าในคอมบูฉะมีส่วนประกอบที่ช่วยในการลดการอักเสบหรือปรับภูมิคุ้มกันได้ Marzban et al. (2015) แสดงให้เห็นว่า คอมบูชาที่หมักจากชาดำช่วยในการรักษาโรค multiple sclerosis (MS) ซึ่งเป็นโรคที่เกิดจากการอักเสบของปลอกประสาทในระบบประสาทส่วนกลาง ในหนูที่มีโรคแพ้ภูมิคุ้มกันตัวเอง จากการทดลองพบว่า คอมบูชา มีส่วนช่วยในการลดการอักเสบและเพิ่มภูมิคุ้มกันในหนูทดลอง แต่การทดลองดังกล่าวเป็นแค่การทดลองในสัตว์ทดลองยังไม่มีการทดสอบในมนุษย์ Wang et al. (2016) ได้อธิบายถึงคุณประโยชน์ของคอมบูชาที่หมักจากชาดำในการกระตุ้นการเพิ่มภูมิคุ้มกันในหนูที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่อง จากการศึกษา พบว่า เซลล์เม็ดเลือดขาวในหนูทดลองเพิ่มสูงขึ้นเมื่อได้รับคอมบูชา

โดยเซลล์ macrophages ซึ่งเป็นเซลล์ที่อยู่ในเม็ดเลือดขาวเมื่อมีสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่เซลล์ จะถูกกำจัดโดยวิธีการฟาโกไซโทซิส (phagocytosis) ซึ่งวิธีฟาโกไซโทซิสมีความเกี่ยวข้องในการเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน และควบคุมการอักเสบ ทำให้หนูมีภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เซลล์ macrophages ยังช่วยเสริมสร้างการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาว ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น Vazquez-Cabral et al. (2017) ได้ทำการวิเคราะห์สารที่ช่วยลดการอักเสบในตัวอย่างคอมบูชาที่หมักในถังไม้โอ๊ค จากการทดลอง พบว่า คอมบูชาช่วยเพิ่มปริมาณเซลล์ 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 อันเนื่องมาจากระบบภูมิคุ้มกัน นอกจากนี้ Villarreal-Soto et al. (2019) พบว่า คอมบูชาที่หมักจากชาดำ 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 มะเร็งจึงเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตในลำดับต้นๆ ของประชากรทั่วโลก ส่งผลให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งระดับชาติและระดับโลกมีความพยายามในการหาวิธีทั้งทางด้านการป้องกันควบคุมและรักษาโรคมะเร็ง ในปัจจุบันการรักษาโรคมะเร็งทำได้โดยวิธีการผ่าตัด รังสีรักษา เคมีบำบัด ฮอร์โมนบำบัด และการรักษาแบบผสมผสาน (พุทธพร และ ลัดดาวัลย์, 2562; วิทวัส, 2562) Jayabalan et al. (2011) ได้ทดลองแยกกากชาที่ใช้หมักคอมบูชา และสกัดด้วยเอทธิลอะซิเตท (ethyl acetate) บิวทานอล (butanol) และคลอโรฟอร์ม

(chloroform) ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่ากากชาดำหมักที่สกัดด้วยเอทธิลอะซิเตท บิวทานอล และคลอโรฟอร์ม ช่วยยับยั้งการทำลาย และลดการเพิ่มจำนวนของเซลล์ A549 (เซลล์มะเร็งปอดของมนุษย์) และ 786-O (เซลล์มะเร็งตับของมนุษย์) ได้ ในขณะที่ Villarreal-Soto et al. (2019) ได้ทดลองโดยการนำคอมบูชาที่หมักจากชาดำมาสกัดด้วยเอทธิลอะซิเตทและบิวทานอล จากการทดลองพบว่า คอมบูชาที่หมักจากชาดำมีผลในการยับยั้งเซลล์ HCT116 (เซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ของมนุษย์) และคอมบูชาที่หมักจากชาดำมีผลในการยับยั้งเซลล์ HCT116 ได้ดีกว่า ชาดำที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก

นอกจากนี้ Cardoso et al. (2020) ได้ศึกษาความสามารถในการทำลายเซลล์มะเร็งของตัวอย่างคอมบูชา ที่หมักจากชาเขียว และคอมบูชาที่หมักจากชาดำ พบว่าคอมบูชาที่หมักจากชาเขียวและคอมบูชาที่หมักจากชาดำ มีความสามารถในการทำลายเซลล์มะเร็ง A549 หรือ เซลล์มะเร็งปอดและเซลล์ CACO-2, HCT8 ที่เป็นเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ของมนุษย์ได้

5. การลดความดันโลหิต (blood pressure resistance) ความดันโลหิต (blood pressure) เป็นแรงดันของโลหิตต่อผนังหลอดเลือดแดง ซึ่งวัดได้ 2 ค่า คือความดันโลหิตตัวบนหรือค่าความดันโลหิตซีสโตลิก (systolic blood pressure) เป็นแรงดันโลหิตขณะที่หัวใจบีบตัว และความดันโลหิตตัวล่างหรือค่าความดันโลหิตไดแอสโตลิก (diastolic blood pressure) เป็นแรงดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ความดันโลหิตสูง (hypertension) หมายถึง ภาวะที่แรงดันเลือดที่อยู่ในหลอดเลือดมีค่าสูงเกินปกติ องค์การอนามัยโลกได้กำหนดว่าความดันโลหิตสูง คือ วัดค่าความดันโลหิต ซีสโตลิกได้มากกว่าหรือเท่ากับ 140 มิลลิเมตรปรอท หรือวัดค่าความดันโลหิตไดแอสโตลิกได้มากกว่าหรือ เท่ากับ 90 มิลลิเมตรปรอท ความดันโลหิตต่ำ (hypotension) หมายถึง ภาวะที่แรงดันเลือดที่อยู่ในหลอดเลือดมีค่าต่ำกว่าปกติ องค์การอนามัยโลกได้กำหนดว่า ความดันโลหิตต่ำ คือ วัดค่าความดันโลหิตซีสโตลิกได้น้อยกว่า 90 มิลลิเมตรปรอท หรือวัดค่าความดันโลหิตไดแอสโตลิก ได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 60 มิลลิเมตรปรอท (จิณวัตร และ บุปผา, 2560; Chesnut et al, 1993) มีการนำคอมบูชามาทดลองหาสารประกอบที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ACE (angiotensin-converting enzyme) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ส่งผลต่อแรงดันโลหิต การมีเอนไซม์ชนิดนี้มากเกินไปจะทำให้เกิดความดันโลหิตสูง Jasmina et al. (2020) ได้ทดลองหาฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ACE ของคอมบูชาที่หมักจากชาดำ ชาเขียว ซาโวรี่ เปปเปอร์มินต์ เนตเทิล ไทม์ป่า เอลเดอร์เบอร์รี และควินซ์ พบว่าคอมบูชาที่หมักทุกชนิด มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ACE โดยคอมบูชาที่หมักจากใบ

ไทม์ป่า สามารถยับยั้งการทำงานของ เอนไซม์ ACE ได้สูงที่สุด รองลงมา คือ ควินซ์ ซาโวรี่ เปปเปอร์มินต์ ชาดำ เนตเทิล ชาเขียว และเอลเดอร์เบอร์รี 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 ยาไพโอกลิตาโซน (pioglitazone) และยาเมทฟอร์มิน (metformin) เป็นต้น (Harnedy et al., 2018)

มีการทดลองความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือด ซึ่งมีทั้งศึกษาในหลอดทดลองและการศึกษาในสัตว์ทดลอง Kallel et al. (2012) ได้ลองฤทธิ์การยับยั้งของคอมบูชาที่หมักจากชาเขียวและคอมบูชาที่หมักจากชาดำต่อเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (αamylase) จากตับอ่อนของสุกร ซึ่งพบว่า ความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสของคอมบูชา ที่หมักจากชาเขียวและชาดำ มีความสามารถในการยับยั้งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการหมักและมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก นอกจากนี้ Aloulou et al. (2012) ได้ศึกษากิจกรรมของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสในพลาสมาและตับอ่อน โดยให้สารสกัดจากคอมบูชาที่หมักจากชาดำแก่หนูที่เป็นโรคเบาหวานที่เกิดจากสารอัลล็อกซาน (alloxan) จากการศึกษาพบว่า คอมบูชาที่หมักจากชาดำช่วยเสริมสร้างการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส ส่งผลให้ระดับอินซูลินเพิ่มสูงขึ้น ระดับน้ำตาลในเลือดลดลง และเพิ่มการทนกลูโคส (glucose tolerance) ได้ Srihari et al. (2013) ให้สารสกัดแช่แข็งที่ได้จากคอมบูชา ที่หมักจากชาดำแก่หนูแรทพันธุ์วิสตาร์ (Wistar rat) ที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวาน โดยการฉีดสเตรปโตโซโตซิน (streptozotocin) จากการทดลองพบว่า สารสกัดจากคอมบูชาที่หมักจากชาดำช่วยให้เกิดการหลั่งอินซูลินมากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดระดับไกลโคไซเลต ฮีโมโกลบิน ทำให้น้ำตาลในเลือดลดลง ส่วนงานวิจัย ของ Watawana et al. (2018) ศึกษาความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและเอนไซม์ เบต้ากลูโคซิเดส (β-glucosidase) ในหลอดทดลองของคอมบูชาที่หมักจากชาเขียวดำและที่หมักจากชาอูหลง จากการศึกษาพบว่า คอมบูชาทั้งสองชนิดยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและเอนไซม์เบต้ากลูโคซิเดสได้

2.7 ความเป็นพิษของคอมบูชาต่อร่างกาย (Jayabalan et al., 2014)

ได้มีรายงานความเป็นพิษของการดื่มคอมบูชาต่อร่างกาย ภายหลังจากดื่มบริโภคในบางบุคคลพบอาการคลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียนศีรษะ ในปี ค.ศ. 1995 ศูนย์ป้องกันและควบคุมโรค ห้ามหญิงมีครรภ์และให้นมบุตรดื่มบริโภคคอมบูชา การตรวจพบสารตะกั่ว เนื่องจากใช้ภาชนะเซรามิกในการผลิตและมีความเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร ในปี ค.ศ. 1998 มีการพบโรคแอนแทรกซ์ จากแบคทีเรียบาซิลัสในเครื่องดื่มคอมบูชา สาเหตุของการเกิดโรคแอนแทรกซ์มาจากสภาพการหมักที่ไม่ถูกสุขลักษณะ และยังมีรายงานความเสี่ยงการดื่มบริโภคคอมบูชาของผู้ป่วยที่มีสภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง (HIV) จะเกิดอาการข้างเคียงดังนี้ อาการแพ้วิงเวียนศีรษะอาเจียน ปวดคอ แต่ทั้งนี้ยังไม่ได้มีการรายงานยืนยันที่แน่ชัดว่า การเกิดโรคหรืออาการข้างเคียงในข้างต้น มีสาเหตุหลักที่แท้จริงมาจากการดื่มบริโภคเครื่องดื่มคอมบูชา (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

นิสา ร่มส้มซ่า และคณะ (2567) ได้ศึกษาการพัฒนาคอมบูชาจากการเบลนด์ชาสมุนไพรและชาดอกไม้และประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยการศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาเครื่องดื่มคอมบูชาที่ผลิตจากการเบลนด์ชาสมุนไพรและชาดอกไม้ชนิดต่าง ๆ พร้อมศึกษาจำนวนประชากรของแบคทีเรียกรดอะซิติกและยีสต์ เปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส คอมบูชาจำนวน 9 สูตร พบว่า คอมบูชาสูตรที่ 3 (ชาอู่หลง + เจียวกู่หลาน + คาโมมายล์) มี ปริมาณแบคทีเรียกรดอะซิติกสูงสุด ที่ 8.45±0.02 log CFU/ml คอมบูชาสูตรที่ 5 (ชาอู่หลง + ใบข้าวหอมมะลิ + กุหลาบ) มี ปริมาณยีสต์สูงสุด ที่ 6.19±0.02 log CFU/ml คอมบูชาสูตรที่ 3, 4 และ 5 มี กรดอะซิติกสูงสุด ที่ 1% และค่าความเป็นกรด (pH) 2.53 จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH คอมบูชาสูตรที่ 8 (ชาอู่หลง + ชาดาวอินคา + กุหลาบ) มี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด อยู่ที่ 87.09±0.006% คอมบูชาสูตรที่ 3 มีปริมาณ สารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด ที่ 0.398±0.002 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร สำหรับ ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส คอมบูชาสูตรที่ 5 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งดีที่สุด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 43.62±1.28 ppm ด้านการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส คอมบูชาสูตรที่ 4 (ชาอู่หลง + ใบข้าวหอมมะลิ + คาโมมายล์) และสูตรที่ 7 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดที่ 7.56±1.89

และ 7.32±1.75 ตามลำดับ ผลการศึกษาสรุปได้ว่า คอมบูชาจากชาอู่หลงที่ผสมกับสมุนไพรและชาดอกไม้ เช่น ใบข้าวหอมมะลิ และคาโมมายล์ เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด และมีสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดีต่อสุขภาพ

ธฤต อภิสิทธิวงศ์ และวนิดา โอศิริพันธุ์ (2563) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องดื่มคอมบูชาน้ำผลไม้ โดยศึกษาชนิดขอองชาดำ ชาเขียว และชาอู่หลง ใช้หมักเครื่องดื่มคอมบูชาและหมักต่อด้วยน้ำทับทิม น้ำสับปะรด และน้ำแอปเปิ้ล วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และทดสอบทางประสาทสัมผัสจำนวน 60 ตน พบว่าเครื่องดื่มคอมบูชาที่หมักด้วยชาเขียวที่ใช้น้ำทับทิม มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระด้ววิธี DPPH 994.42±5.71, 1324±17.01 มากว่าเครื่องดื่มคอมบูชาหมักด้วยชาดำที่ใช้น้ำทับทิม 348±10.25, 1268.86±8.05 และชาอู่หลงที่ใช้น้ำทับทิม 219.78±4.70, 924.96±16.65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ชาหมักคอมบูชา เป็นเครื่องดื่มที่นิยมมาตั้งแต่สมัยโบราณ โดยมีการกล่าวอ้างถึงสรรพคุณที่หลากหลาย เช่น เพิ่มภูมิต้านทานและป้องกันโรค ช่วยในการทำงานของระบบย่อยอาหาร สามารถล้างสารพิษในเลือด ปรับสมดุลร่างกาย และบำรุงตับ ซึ่งสรรพคุณเหล่านั้นได้มีงานวิจัยรองรับบ้างแล้ว (Dufresne and Farnworth, 2000; Sreeramulu et al., 2000; Banerjee et al., 2010; Bhattacharya et al., 2013) ชาหมักคอมบูชาที่ได้จากการหมักนั้น พบว่ามีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระได้ดีและคาดว่าสารโพลิฟีนอลเป็นสารออกฤทธิ์ตัวสำคัญ Murugesan et al. (2009) ได้รายงานว่าชาดำที่ผ่านกระบวนการผลิตเป็นชาหมักคอมบูชา มีประสิทธิภาพในการรักษาตับสูงกว่าชาดำธรรมดา โดยมีกลไกผ่านการยับยั้งอนุมูลอิสระหรือเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระในสภาวะที่ตับเกิดความเสียหาย และจากการศึกษาพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อตับในหนูที่ได้รับการเหนี่ยวนำให้ตับเกิดความเสียหาย พบว่าในหนูที่ได้รับชาหมักคอมบูชา จะมีอัตราการฟื้นฟูเนื้อเยื่อตับเด่นชัดกว่าชาชนิดอื่น เมื่อนำชาหมักคอมบูชามาตรวจสอบด้วยวิธี gas chromatographic analysis พบว่าชาหมักคอมบูชา 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) พบว่าชาหมักคอมบูชา ที่ผลิตจากชาดำ สามารถเพิ่มกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของ antioxidative enzyme โดยชาหมักคอมบูชานั้นสามารถเพิ่มกิจกรรมของเอ็นไซม์ superoxide dismutase (SOD) 152.55% และลด malondialdehyde

(MDA) ลง 68.75% เมื่อเทียบกับหนูที่ได้รับอาหารโคเลสเตอรอลสูง อีกทั้งส่งผลลดโคเลสเตอรอลในเลือดของหนูทดลองที่ได้รับอาหารที่มีโคเลสเตอรอลสูงได้ 17.97% ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Adriani et al.(2011) ที่ศึกษาผลของชาหมักคอมบูชา ต่อการลดโคเลสเตอรอลในเลือดเป็ด คือเมื่อให้เป็ดกินชาหมักคอมบูชา ที่ความเข้มข้นต่างๆกันเป็นเวลา 4 สัปดาห์ เป็ดกลุ่มที่ได้รับชาหมักคอมบูชา ความเข้มข้นสูงที่สุด (25% kombucha) ให้ผลลดโคเลสเตอรอลในเลือด 12.7% ลดโคเลสเตอรอลชนิด LDL ได้มากที่สุด 60.4% และเพิ่มโคเลสเตอรอลชนิด HDL ขึ้น 19.97% นอกจากนี้ชาหมักคอมบูชา ที่ผลิตจากชาดำยังมีประสิทธิภาพในการป้องกันรักษาแผลในกระเพาะอาหารผ่านกระบวนการต้านสารอนุมูลอิสระสูงกว่าชาดำ และผลทางพยาธิภาพของหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นแผลในกระเพาะ พบว่าหนูกลุ่มที่ได้รับชาหมักคอมบูชา สามารถฟื้นฟูเนื้อเยื่อที่เสียหายได้ดีกว่าหนูที่ได้รับชาดำ (Banerjee et al., 2010) อีกทั้งชาหมักคอมบูชา ยังมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเพิ่มจำนวนของเซลล์ (antiproliferative activity) ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งในมนุษย์ได้ สองชนิด คือ A549 (lung cell carcinoma) และ Hep-2 (epidermoid carcinoma) โดยชาหมักคอมบูชา ที่ผลิตจากชาเขียวมีค่า 50% inhibition (IC50) ต่อเซลล์มะเร็ง A549 และ Hep-2 ที่ความเข้มข้น 250 และ 200 µg/ml ตามลำดับ ส่วนชาหมักคอมบูชา ที่ผลิตจากชาดำมีค่า IC50 ต่อเซลล์มะเร็ง Hep-2 ที่ความเข้มข้น 386 µg/ml แต่ไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญของเซลล์ A549 (Deghrigue et al., 2013) นอกจากนี้ชาหมักคอมบูชา ยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (Antimicrobial activity) หลายชนิด เช่น *Escherichi coli, Salmonella enterica serovar typhimurium, Micrococcus luteus* และ *Staphylococcus epidermidis* (Sreeramulu et al., 2000) จากสรรพคุณที่หลากหลายโดยเฉพาะฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระตลอดจนรสชาติที่ดีของชาหมักคอมบูชา ทำให้เครื่องดื่มจากชาหมักคอมบูชา เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมสูงในหลายๆประเทศ โดยสูตรการหมักที่แตกต่างกันอาจทำให้ชาหมักคอมบูชา ที่ได้มีองค์ประกอบทางเคมีและประสิทธิภาพในการต้านสารอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันได้ (ธีรพงษ์, 2555) โดยระยะเวลาในการหมักชาที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการต้านสารอนุมูลอิสระ ปริมาณสารฟีโนลิค (Phenolics) และประสิทธิภาพยับยั้ง linoleic acid peroxidation เพิ่มขึ้น (Chu and Chen, 2006) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bhattacharya et al. (2013) ที่ระบุว่าชาหมักคอมบูชา ที่ผลิตจากชาดำมีปริมาณสารฟีนอลและฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้น 27.2% และ 75% ตามลำดับหลังจากการหมัก นอกจากนี้การเก็บชาหมักคอมบูชา ที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ประสิทธิภาพในการต่อต้านสารอนุมูลอิสระลดลง (Jayabalan et al., 2008) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จะตรวจสอบสารพฤษเคมีและทดสอบศักยภาพในการต้านสารอนุมูลอิสระของชาหมักคอมบูชา ที่ผลิตจากชา

เขียวผสมกับชาอู่หลงจากบริษัท ที แกลเลอรี่ กรุ๊ป (ประเทศไทย) จำกัดโดยจะทำการศึกษาภายใต้หลอดทดลอง

วิภาวี วัฒนวิทย์ (2564) ได้ศึกษาการสำรวจเบื้องต้นของชนิดและสายพันธุ์ของแบคทีเรียกรดอะซิติกและแบคทีเรียกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์ตอมบูชาพร้อมดื่ม โดยได้นำคอมบูชาพร้อมดื่มที่วางจำหน่ายในร้านค้าจำหน่ายสินค้าเพื่อสุขภาพ และร้านค้าออนไลน์แบบเจาะจงจำนวน 6 ตัวอย่าง และไม่มีการรับรองมาตรฐาน 4 ตัวอย่าง ส่งตรวจวิเคราะห์โดยใช้วิธีวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณตำแหน่งยีน 16S rRNA พบว่า ไม่พบแบคทีเรียกรดแลคติกในตัวอย่างคอมบูชาทั้ง 6 ตัวอย่าง และพบแบคทีเรียกรดอะซิติกในตัวอย่าง 4 ตัวอย่าง จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ Komagataeibacter, Acetobacter และ Glucomobacter รวมทั้งสิ้น 7 สายพันธุ์ โดยจากการศึกษาคุณสมบัติของการเป็นโปรไบโอติกส์ พบว่าแบคทีเรียทุกสายพันธุ์ที่พบในการศึกษาไม่มีคุณสมบัติการเป็นโปรไบโอติกส์ อย่างไรก็ตามเครื่องดื่มคอมบูชายังถูกจัดว่าเป็นเครื่องดื่มฟังก์ชันที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยประโยชน์ที่ได้รับมาจากองค์ประกอบทางเคมีที่หลากหลายที่ผลิตโดยเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ในกระบวนการหมัก รวมถึงประโยชน์จากวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก เช่น ใบชา สมุนไพร และเครื่องเทศ นอกจากนี้ยังได้รับประโยชน์จากค่า pH ในคอมบูชาที่เหมาะสมสำหรับการย่อยอาหารอีกด้วย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และวัตถุดิบที่ใช้ในการทำเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

ก กระทะไฟฟ้า (ชนิดควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Imarflex)

ข เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง

ค หม้อสแตนเลส

ง เทอร์โมมิเตอร์

จ ทัพพี

ฉ โหลแก้ว

ช เตาแก๊ส

ฌ ผ้าขาวบาง

ญ กระดาษทิชชูแผ่นใหญ่

ฎ ยางวง

3.1.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

ก เศษผักเคลที่เหลือจากการตัดแต่งคุณภาพ

ข ขิงสด

ค มะม่วงสด

ง มะขามเปรี้ยว

จ น้ำตาลทรายแดง

ฉ ชาดำ

ช หัวเชื้อหมัก (สโกบี้)

ซ น้ำเปล่า

3.2 อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือด้านการประเมินคุณภาพ ประกอบด้วย

3.2.1 อุปกรณ์การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อประเมินคุณภาพการยอมรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ประกอบด้วยแบบประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส และชุดตัวอย่างผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ จำนวน 5 ตัวอย่าง

3.2.2 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

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

ข เครื่องวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o}Brix) โดยใช้เครื่องวัดความหวานชนิดจุ่มสัมผัสกับอาหาร (refractometer)

3.2.3 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ก วิเคราะห์หากรดซอร์บิก และเบนโซอิก ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

1) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
2) เครื่อง Ultrasonicbath
3) กระดาษกรองชนิด Nylon 66 ที่มีรูพรุนขนาด 0.45ไมโครเมตรขนาด 13 และ47 มิลลิเมตร, กระดาษกรอง เบอร์42
4) เครื่อง HPLC: Agilent1100 Series, Column: ZORBAX Eclipse XDB-C18(150 mm x4.6 mm x5 µm), Column temperature:30o 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 ™ 2055

2) ทิมเบิล (Thimble)

3) กระดาษกรอง

4) ขวดแก้วก้นกลม

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) หลอดกราไฟต์ (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 (Mg (NO3)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 การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

พัฒนาสูตรเครื่องดื่มคอมบูชา อ้างอิงสูตร (รัตนากร, 2566) โดยใช้ผักเคลเป็นวัตถุดิบหลักในการหมักเครื่องดื่มคอมบูชา แสดงดังตารางที่ 3-1 การทดลองครั้งนี้ได้ทำการศึกษาพัฒนาสูตรเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ จำนวน 5 สูตร โดยใช้พืชที่มีในท้องถิ่น ดังต่อไปนี้

สูตรที่ 1 ใช้ชาดำ 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรควบคุม)

สูตรที่ 2 ใช้ผักเคล 100 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 ใช้ผักเคล: มะม่วง ในอัตราส่วน 1:1

สูตรที่ 4 ใช้ผักเคล: ขิง ในอัตราส่วน 1:1

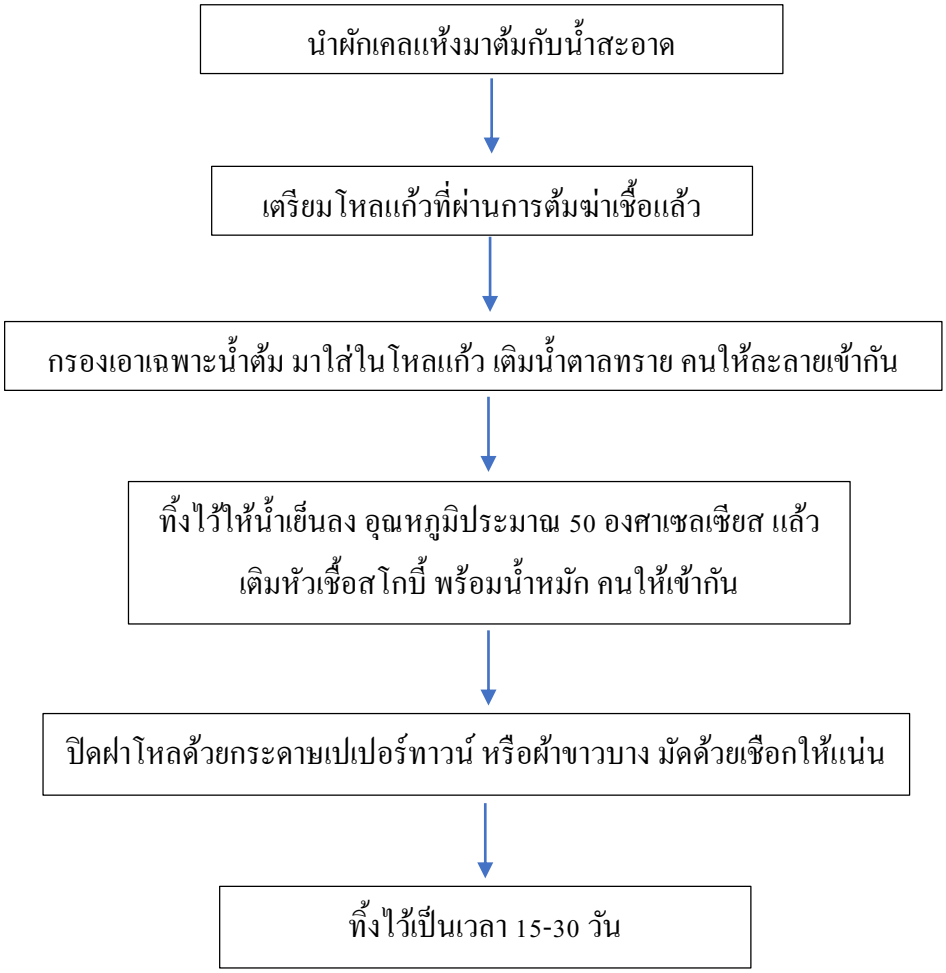
สูตรที่ 5 ใช้ผักเคล: มะขาม ในอัตราส่วน 1:1

ตารางที่ 3-1 สูตรพื้นฐานเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

ส่วนผสม	**น้ำหนักส่วนผสมในแต่ละสูตร (กรัม)**				
	ชาดำ 100 เปอร์เซ็นต์	ผักเคล 100 เปอร์เซ็นต์	ผักเคล: มะม่วง (1:1)	ผักเคล: ขิง (1:1)	ผักเคล: มะขาม (1:1)
ผักเคล	-	500	250:250	250:250	250:250
น้ำตาลทราย	400	400	400	400	400
หัวเชื้อสโกบี้	500	500	500	500	500
น้ำสะอาด	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000

ตารางที่ 3-2 คุณภาพทางด้านกายภาพของเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพทั้ง 5 สูตร เริ่มต้นการหมัก

สูตร	ค่า pH	ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(^{o}Brix)
สูตรควบคุม	3.23	9.0
สูตรที่ 1	2.50	9.3
สูตรที่ 2	2.90	8.6
สูตรที่ 3	3.31	9.0
สูตรที่ 4	2.81	9.4



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการทำเครื่องดื่มคอมบูชา

3.3.2 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

นำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพที่หมักครบ 30 มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และ ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จากนั้นนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ซึ่งเป็นผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ที่มาออกกำลังกายบริเวณสถานที่สวนสาธารณะพุทธอุทยานเพชรบุระเพชรบูรณ์ และในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – Point Hedonic Scale)

(เพ็ญขวัญ, 2536) นำผลมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย วิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance-ANOVA) และวิเคราะห์หาความแตกต่าง (Duncan's New Multiple's Range Test, DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ในการวิเคราะห์

ก ทางกายภาพ

1) วัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°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) วิเคราะห์หาปริมาณซอร์บิค (Sorbic acid)
5) วิเคราะห์หาปริมาณคาเฟอิน (Caffein)

3.3.3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพสู่ชุมชน

โดยจัดโครงการอบรมการถ่ายทอดองค์ความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพและอบรมเชิงปฏิบัติการในแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกผักอินทรีย์ ในวันที่ 12 กรกฎาคม 2567 ณ วิสาหกิจชุมชนวังซองร่วมใจรักษ์ ตำบลท่าพล อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยกำหนดผู้เข้าร่วมอบรม จำนวน 30 คน ซึ่งมีกำหนดการ (ตามเอกสารภาคผนวกที่ ค) รวมถึง

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

3.4 สถานที่ทำการศึกษาทดลอง

3.4.1 พัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ห้องปฏิบัติการหลักสูตรเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

3.4.2 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ และคุณค่าทางโภชนาการ ณ ห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

3.4.3 ประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ณ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

3.4.5 ถ่ายทอดเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพสู่ชุมชน ณ วิสาหกิจชุมชนวังซองร่วมใจรักษ์ ตำบลท่าพล อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

3.5 ระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง

การทดลองครั้งนี้เริ่มตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566 – เดือนกันยายน พ.ศ. 2567

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มฟังชั่นชาคอมบูชา จากเศษตัดแต่งคุณภาพ ของผักเคล เพื่อเป็นเครื่องดื่มสุขภาพสำหรับผู้สูงวัยในจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยผลการศึกษาจะแยกตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

4.1 ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาคอมบูชา จากเศษตัดแต่งคุณภาพของผักเคล

การทดลองครั้งนี้ได้ทำการศึกษาพัฒนาสูตรเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพที่เหมาะสมจากสูตรดัง (ตารางที่ 3-1) ได้เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ จำนวน 5 สูตร โดยเพิ่มพืชที่มีท้องถิ่น ดังต่อไปนี้

สูตรที่ 1 ใช้ชาดำ 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรควบคุม)

สูตรที่ 2 ใช้ผักเคล 100 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 ใช้ผักเคล: มะม่วง ในอัตราส่วน 1:1

สูตรที่ 4 ใช้ผักเคล: ขิง ในอัตราส่วน 1:1

สูตรที่ 5 ใช้ผักเคล: มะขาม ในอัตราส่วน 1:1

หลังจากนำมาหมัก ใช้เวลา 30 วัน แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางจุลินทรีย์ต่อไป

ภาพที่ 4-1 เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ เริ่มหมัก

ตารางที่ 4-1 ลักษณะทางกายภาพของเครื่องดื่มคอมบูชา เมื่อหมักครบ 30 วัน

ลักษณะทางกายภาพ	ผลการทดลอง				
	สูตรที่ 1	**สูตรที่ 2**	**สูตรที่ 3**	**สูตรที่ 4**	**สูตรที่ 5**
Brix	9.0	9.3	8.6	9.0	9.4
pH	3.53	2.51	2.90	3.31	1.98
ลักษณะปรากฏ	ปกติ, ใส	ปกติ, ใส	ปกติ, ใส	ปกติ, ขุ่น	ปกติ, ใส
สี	น้ำตาลอ่อน	เหลืองอ่อน	เหลืองอ่อน	เหลืองอ่อน	เหลืองอ่อน
รสชาติ	เปรี้ยวออกหวาน	เปรี้ยวแสบคอ	เปรี้ยวอมหวาน	เปรี้ยวแสบคอออกหวาน	เปรี้ยวแสบคอ
แอลกอฮอล์	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
กลิ่น	กลิ่นเปรี้ยว	เปรี้ยวเหมือนน้ำส้มสายชูหมัก	เปรี้ยวหอมชิงกลิ่นเปรี้ยว	กลิ่นเปรี้ยว	กลิ่นเปรี้ยว
การขยายของสโกบี้	3 ชั้น	4 ชั้น	1 ชั้น	2 ชั้น	2 ชั้น

จากตารางที่ 4-1 พบว่า เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพทั้ง 5 สูตร ที่ผ่านการหมักเป็นเวลา 30 วัน แล้วนำมาวัดคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วัดวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o}Brix) ของแต่ละสูตรให้ค่าที่แตกต่างกัน ส่วนค่า pH จะมีค่าใกล้เคียงกัน ตั้งแต่ 2.51-3.53 ยกเว้นสูตรที่ 5 ซึ่งใช้วัตถุดิบเป็นมะขามเปรี้ยวยักษ์ ซึ่งมีความเปรี้ยวในตัววัตถุดิบอยู่แล้ว จึงทำให้ค่า pH มีค่าต่ำกว่าสูตรอื่นๆ เท่ากับ 1.98 ส่วนลักษณะปรากฏและสีของทั้ง 5 สูตรให้ลักษณะที่ปกติ มีทั้งสีใสและสีขุ่น และสีขึ้นอยู่กับวัตถุดิบแต่ละชนิด โดยสูตรที่หมักด้วยมพะม่วง จะให้ลักษณที่ขุ่นกว่า เนื่องจากมีปริมาณเนื้อผลไม้เยอะกว่าทุกสูตรทดลอง

ในส่วนด้านรสชาติ จะให้รสชาติที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากในการหมักโดยใช้เชื้อแบคทีเรียและยีสต์ Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast หรือเรียกว่า SCOBY รสชาติที่ได้จะมีความเปรี้ยวเหมือนน้ำส้มสายชูหมัก ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 30 วัน จะให้คุณภาพของหัวเชื้อน้ำส้มสายชูหมักที่เข้มข้นมาก โดยมีผลทำให้มีค่า pH ต่ำตั้งแต่ 2.00-2.50 เป็นต้น ซึ่งจากทั้ง 5 สูตรนี้ จะไม่เกิดแอลกอฮอล์ ส่วนการขยายตัวหรือ

เพิ่มปริมาณของหัวเชื้อสโกบี้ จะพบว่าในสูตรที่ 2 ที่มีการใช้ผักเคล 100 เปอร์เซ็นต์ในการหมัก มีจำนวนการขยายมากที่สุดถึง 4 ชั้นต่อการหมัก 30 วัน รองลงมาได้แก่ สูตรที่ 1 สูตรที่ 4 สูตรที่ 5 และสูตรที่ มีค่าเท่ากับ 3 ชั้น 2 ชั้น และ 1 ชั้น ตามลำดับ ดังภาพที่ 4-2

ภาพที่ 4-2 แสดงหัวเชื้อสโกบี้ในเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

ภาพที่ 4-3 เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ทั้ง 5 สูตร หลังจากผ่านการหมัก 30 วัน

4.2 ผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา Functional Drink

4.2.1 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพดังนี้

4.2.1.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า pH และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o}Brix) จากผลการทดลองคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า pH และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o}Brix) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพก่อน และหลังจากการหมักเป็นระยะเวลา 30 วันนั้น พบว่า มีค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นทั้ง 4 สูตร ซึ่งไม่แตกต่างกันในทุกสูตรการทดลอง ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 แสดงค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o}Brix) และ ค่า pH ก่อนและหลังการหมักของเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

ลักษณะทางกายภาพ	ผลการทดลอง				
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
Brix ก่อน ^{ns}	9.0	9.3	8.6	9.0	9.4
Brix หลัง ^{ns}	6.0	6.4	8.0	2.6	5.0
pH ก่อน ^{ns}	3.37	3.37	3.33	3.90	2.50
pH หลัง ^{ns}	3.53	2.51	2.90	3.31	1.98

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

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

จากตารางที่ 4-3 องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพทั้ง 5 สูตร ได้แก่ ตะกั่ว และสารหนู ตรวจไม่พบในเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ แต่ตรวจพบสารกันบูด ได้แก่ เบนโซอิก (Benzoic acid) ในสูตร 3 สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 14.48 และซอร์บิค (Sorbic acid)ในสูตร 1 สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 38.60 ส่วนปริมาณ คาเฟอินพบในสูตรที่ 1 พบสูงสุด มีค่าเท่ากับ 2.25 mg/L ส่วนสูตรที่ 2-5 พบปริมาณ 2.02 2.05 1.88 และ 1.95 mg/L ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเครื่องดื่มประเภทชาหมักกำหนด แสดงว่าเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ตารางที่ 4-3 แสดงค่าคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

คุณภาพทางเคมี	ผลการทดสอบ mg/L					มาตรฐาน
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	mg/L
ตะกั่ว	ND	ND	ND	ND	ND	≤ 0.5
สารหนู	ND	ND	ND	ND	ND	≤ 0.2
สารกันบูด (Benzoic acid)	14.20	13.50	14.48	12.85	13.23	≤ 100
ซอร์บิค (Sorbic acid)	38.60	35.12	36.23	34.52	35.32	≤ 100
คาเฟอิน (Caffein)	2.25	2.02	2.05	1.88	1.95	≥ 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*

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพทั้ง 5 สูตร พบว่าตรวจไม่พบจำนวนยีสต์และราทั้งหมด, *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* แต่ตรวจพบปริมาณ *Coliform* ในสูตรที่ 1 สูงสุด เท่ากับ 2.12 (MPN/100 ml.) สูตรที่ 3 พบปริมาณ 1.8 (MPN/100 ml.) สูตรที่ 2 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ < 1.5 MPN/100 ml ซึ่งมีปริมาณน้อย กว่ามาตรฐานกำหนด ส่วนปริมาณ *Escherichia coli* พบในสูตรที่ 3 สูงสุดเท่ากับ 2.8 สูตรที่ 5 พบปริมาณ 2.12 สูตรที่ 4 พบปริมาณ 1.78 และสูตรที่ 1 และ 2 มีปริมาณ < 1.5 MPN/100 ml ซึ่งมาตรฐานกำหนดต้องไม่พบในผลิตภัณฑ์ อาจเนื่องมาจากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ รวมถึงสุขลักษณะส่วนบุคคล จึงทำให้มีการปนเปื้อนเชื้อดังกล่าวได้ ดังแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 แสดงค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

คุณภาพทางจุลินทรีย์	ผลการทดสอบ					มาตรฐาน
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่4	สูตรที่ 5	
จำนวนยีสต์และราทั้งหมด (Total Yeast & Mold Count) (CFU/g)	ND	ND	ND	ND	ND	ต้องไม่พบ
Coliform (MPN/100 ml)	2.12	< 1.5	1.8	< 1.5	< 1.5	< 2.2
Escherichia coli (MPN/100 ml)	< 1.5	< 1.5	2.8	1.78	2.12	ต้องไม่พบ
Salmonella (100 ml)	ND	ND	ND	ND	ND	ต้องไม่พบ
Staphylococcus aureus (100 ml)	ND	ND	ND	ND	ND	ต้องไม่พบ

4.3 ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

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

จากตารางที่ 4-5 พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ที่ใช้เศษตัดแต่งคุณภาพจากผักเคลในการหมัก ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ของทั้ง 5 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนการยอมรับโดยรวม พบว่าสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด คือสูตรที่ 4 ที่หมักด้วยผักเคล : มะม่วง (50: 50) มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 7.80±1.45 รองลงมา ได้แก่ สูตรที่ 5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.63±1.45 สูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 6.95±1.76 สูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 6.90±1.44 และสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 6.67±1.45 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง

ตารางที่ 4-5 แสดงค่าการยอมรับของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ				
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.55±1.09	6.72±1.12	7.00±1.08	7.53±1.09	7.4±1.09
สี ^{ns}	6.28±1.93	6.55±1.89	6.60±1.83	7.16±1.84	7.43±1.88
กลิ่น ^{ns}	6.65±1.76	6.31±1.75	6.43±1.74	7.33±1.75	6.86±1.76
รสชาติ ^{ns}	6.78±1.77	6.69±1.77	6.63±1.78	7.76±1.78	7.4±1.76
การยอมรับโดยรวม	6.95^{b}±1.76	6.67^{c}±1.45	6.90^{b}±1.44	7.80^{a}±1.45	7.63^{a}±1.45

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

ตัวอักษร ^{a,b} แสดงถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

หมายเหตุ เกณฑ์ที่ใช้วัดระดับความพึงพอใจโดยวิธี 9-point hedonic scale มีดังนี้

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

4.4 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ สู่ชุมชน

โดยจัดโครงการอบรมการถ่ายทอดองคความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพจากเศษตัดแต่งคุณภาพของผักเคล ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในวันที่ 12 กรกฎาคม 2567 ณ วิสาหกิจชุมชนวังซองร่วมใจรักษ์ ตำบลท่าพล อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยกำหนดผู้เข้าร่วมอบรม จำนวน 30 คน รวมถึงการประเมินความพึงพอใจในการเข้าร่วมโครงการ

ภาพที่ 4-4 รวมภาพกิจกรรมการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

ภาพที่ 4-5 รวมภาพการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

4.4.1 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจของเกษตรกร

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

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทำแบบประเมินความพึงพอใจในการเข้าร่วมอบรมโครงการการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมฉะเพื่อสุขภาพ ดังแสดงดังตารางที่ 4-7 และตารางที่ 4-8 โดยการรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ มีผู้เข้าร่วมอบรมให้ข้อมูลในการตอบประเมินความพึงพอใจทั้งสิ้น 30 ราย เป็นเพศหญิง 25 คน เพศชาย 5 คน ซึ่งมีเพศหญิงมากกว่าเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 83.33 โดยผู้เข้าอบรมส่วนใหญ่ มีอายุ 41-50 ปี มากกว่า 50 ปี 31-40 ปี และ25-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 40 30 26.66 และ 3.34 ตามลำดับ สำหรับระดับการศึกษาของผู้เข้าร่วมโครงการในครั้งนี้ พบว่า ผู้เข้าร่วมอบรมส่วนใหญ่ มีระดับการศึกษาระดับปริญญาตรี ระดับมัธยมศึกษา จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50 จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 และระดับประถมศึกษา จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ในด้านอาชีพ ส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกร จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ

70.00 รับจ้างทั่วไป จำนวน 5 คน และธุรกิจส่วนตัว จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 16.66 และ 6.67 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร (n=30)

ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
- หญิง	25	83.33
- ชาย	5	16.67
อายุ		
- ต่ำกว่า 25 ปี	-	-
- 25-30 ปี	1	3.34
- 31-40 ปี	8	26.66
- 41-50 ปี	12	40
- มากกว่า 50 ปี	9	30
การศึกษา		
- ประถมศึกษา	3	10.00
- มัธยมศึกษา	12	40.00
- ปริญญาตรี	15	50.00
- ปริญญาโท	-	-
อาชีพ		
- ข้าราชการ	2	6.67
- เกษตรกร	21	70.00
- รับจ้างทั่วไป	5	16.66
- อื่นๆ ระบุ ธุรกิจส่วนตัว	2	6.67

ส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมอบรม

ข้อมูลที่ได้จากการประเมินความพึงพอใจพบว่า ด้านหัวข้อการบรรยาย ในการถ่ายทอดองค์ความรู้และอบรมเชิงปฏิบัติการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ จากเศษตัดแต่งคุณภาพผักเคล ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61±0.59 เนื่องจากว่าเกษตรกรไม่เคยแปรรูปผลิตภัณฑ์นี้มาก่อน และให้ความสนใจมากๆ ในด้านสถานที่/ด้านการบริการให้บริการของเจ้าหน้าที่ รวมถึงความสามารถของวิทยากรในการถ่ายทอดความรู้ ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45±0.63 ด้านกระบวนการ ขั้นตอนการให้บริการ รวมถึง มีเอกสาร/แผ่นพับ/ข้อมูลต่าง ๆ ประกอบการอบรมให้บริการ ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55±0.49 ด้านความรู้ความเข้าใจ/คุณภาพในการให้บริการ โดยวัดความรู้ความเข้าใจ ก่อน เข้าร่วมอบรม ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.15±1.02 และวัดความรู้ความเข้าใจ หลัง เข้าร่วมอบรม พบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58±0.42 และทางด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80±0.52 และการประเมินความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด พบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75±0.55 ดังแสดงในตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมอบรม

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจ	
	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	สรุปผลความพึงพอใจ
1. หัวข้อการบรรยาย		
1.1 การถ่ายทอดองค์ความรู้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ	4.58±0.63	มากที่สุด
1.2 อบรมเชิงปฏิบัติการการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ	4.64±0.55	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.61±0.59	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	4.45±0.63	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	4.55±0.49	มากที่สุด
4. ด้านความรู้ความเข้าใจ/คุณภาพในการให้บริการ		
4.1 ความรู้ที่ได้รับตรงตามวัตถุประสงค์/ความต้องการของผู้เข้าอบรม	4.75±0.44	มากที่สุด
4.2 ความรู้ความเข้าใจ ก่อน เข้าอบรม	3.15±1.02	ปานกลาง
4.3 ความรู้ความเข้าใจ หลัง เข้าอบรม	4.58±0.42	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	4.80±0.52	มากที่สุด
ความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด	4.75±0.55	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 การพัฒนาสูตรต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

การพัฒนาสูตรต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ได้จำนวน 5 สูตร โดยใช้เศษตัดแต่งคุณภาพจากผักเคลเป็นวัตถุดิบหลักในการหมัก ร่วมกับผลไม้ที่มีในท้องถิ่น ได้แก่ ขิง มะม่วง และมะขามเปรี้ยวยักษ์ และใช้ชาดำเป็นสูตรควบคุม

5.1.2 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

ผลคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ พบว่า

ก คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า pH และค่าความหวาน Brix

จากการทดลองพบว่า ค่า pH ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพก่อน และหลังจากการหมักเป็นระยะเวลา 30 วันนั้น พบว่า ค่า pH มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.51-3.53 โดยมีค่าลดลงทั้ง 5 สูตรการทดลอง ยกเว้น สูตรที่ 1 ที่มีค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o}Brix) ของทั้ง 5 สูตรทดลอง มีค่าเฉลี่ยที่ลดลง ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกสูตรการทดลอง ($P>0.05$)

ข คุณภาพทางด้านองค์ประกอบทางเคมี ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อทั้ง 5 สูตร ได้แก่ ตะกั่ว และสารหนู ตรวจไม่พบในเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ แต่ตรวจพบสารกันบูด ได้แก่ เบนโซอิก (Benzoic acid) ในสูตร 3 สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 14.48 และซอร์บิค (Sorbic acid)ในสูตร 1 สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 38.60 ส่วนปริมาณ คาเฟอินพบในสูตรที่ 1 พบสูงสุด มีค่าเท่ากับ 2.25 mg/L ส่วนสูตรที่ 2-5 พบปริมาณ 2.02 2.05 1.88 และ 1.95 mg/L ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเครื่องดื่มประเภทชาหมักกำหนด แสดงว่าเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ค คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพทั้ง 5 สูตร พบว่าตรวจไม่พบจำนวนยีสต์และราทั้งหมด, Salmonella และ Staphylococcus aureus แต่ตรวจพบปริมาณ Coliform ใน

สูตรที่ 1 สูงสุด เท่ากับ 2.12 (MPN/100 ml.) สูตรที่ 3 พบปริมาณ 1.8 (MPN/100 ml.) สูตรที่ 2 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ < 1.5 MPN/100 ml ซึ่งมีปริมาณน้อย กว่ามาตรฐานกำหนด ส่วนปริมาณ Escherichia coli พบในสูตรที่ 3 สูงสุดเท่ากับ 2.8 สูตรที่ 5 พบปริมาณ 2.12 สูตรที่ 4 พบปริมาณ 1.78 และสูตรที่ 1 และ 2 มีปริมาณ < 1.5 MPN/100 ml ซึ่งมาตรฐานกำหนดต้องไม่พบในผลิตภัณฑ์ อาจเนื่องมาจากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ รวมถึงสุขลักษณะส่วนบุคคล จึงทำให้มีการปนเปื้อนเชื้อดังกล่าวได้

ง การยอมรับของผู้บริโภค โดยทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ที่ใช้เศษตัดแต่งคุณภาพจากผักเคลในการหมัก ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ของทั้ง 5 สูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนการยอมรับโดยรวม พบว่าสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด คือสูตรที่ 4 ที่หมักด้วยผักเคล : มะม่วง (50: 50) มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 7.80±1.45 รองลงมา ได้แก่ สูตรที่ 5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.63±1.45 สูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 6.95±1.76 สูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 6.90±1.44 และสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 6.67±1.45 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง

5.1.3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพสู่ชุมชน

ผลการถ่ายทอดองค์ความรู้การพัฒนาเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ จากเศษตัดแต่งคุณภาพจากผักเคล โดยมีผู้เข้าร่วมอบรมให้ข้อมูลในประเมินความพึงพอใจทั้งสิ้น 30 ราย เป็นเพศหญิง 25 คน เพศชาย 5 คน ซึ่งมีเพศหญิงมากกว่าเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 83.33 โดยผู้เข้าอบรมส่วนใหญ่ มีอายุ 41-50 ปี มากกว่า 50 ปี 31-40 ปี และ25-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 40 30 26.66 และ 3.34 ตามลำดับ สำหรับระดับการศึกษาของผู้เข้าร่วมโครงการในครั้งนี้ พบว่า ผู้เข้าร่วมอบรมส่วนใหญ่ มีระดับการศึกษาระดับปริญญาตรี ระดับมัธยมศึกษา จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50 จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 และระดับประถมศึกษา จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ในด้านอาชีพ ส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกร จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 70.00 รับจ้างทั่วไป จำนวน 5 คน และธุรกิจส่วนตัว จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 16.66 และ 6.67 ตามลำดับ

จากการประเมินความพึงพอใจพบว่า ด้านหัวข้อการบรรยาย ในการถ่ายทอดองค์ความรู้และอบรมเชิงปฏิบัติการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ จากเศษตัดแต่งคุณภาพผักเคล ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61±0.59 เนื่องจากว่าเกษตรกรไม่

เคยแปรรูปผลิตภัณฑ์นี้มาก่อน และให้ความสนใจมากๆ ในด้านสถานที่/ด้านการบริการให้บริการของเจ้าหน้าที่ รวมถึงความสามารถของวิทยากรในการถ่ายทอดความรู้ ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45±0.63 ด้านกระบวนการ ขั้นตอนการให้บริการ รวมถึง มีเอกสาร/แผ่นพับ/ข้อมูลต่าง ๆ ประกอบการอบรมให้บริการ ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55±0.49 ด้านความรู้ความเข้าใจ/คุณภาพในการให้บริการ โดยวัดความรู้ความเข้าใจ ก่อน เข้าร่วมอบรม ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.15±1.02 และวัดความรู้ความเข้าใจ หลัง เข้าร่วมอบรม พบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58±0.42 และทางด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80±0.52 และการประเมินความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด พบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75±0.55

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

คุณภาพทางกายภาพ ค่า pH และค่า Brix ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ทั้ง 5 สูตร มีค่าอยู่ในเกณฑ์การหมักเครื่องดื่มคอมบูชา โดย ค่า pH มีค่าอยู่ในช่วง 2.51-3.53 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อัจฉริยา (2560) ที่ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมารฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาสมุนไพรพื้นบ้านทั้ง 10 ชนิด โดยมีค่า pH เท่ากับอยู่ในช่วง 2.15-2.97 ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดชองวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการหมักเพื่อทำเป็นเครื่องดื่มคอมบูชา ส่วนคุณภาพทางเคมีนั้น ตรวจไม่พบตะกั่ว สารหนู ในผลิตภัณฑ์ และตรวจพบสารกันบูด (Benzoic acid) และซอร์บิค (Sorbic acid) อยู่ในช่วงเท่ากับ 12.85-14.48 และ 34.52-38.60 ส่วนปริมาณคาเฟอิน พบปริมาณอยู่ในช่วง 1.88-2.25 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเครื่องดื่มประเภทชาหมักกำหนด ในการตรวจคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ พบว่าผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ พบว่าตรวจไม่พบจำนวนยีสต์และราทั้งหมด, *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* เนื่องจากการกระบวนการหมักคอมบูชาในเวลาที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ค่า pH ลดลง โดยการทำงานของแบคทีเรียกรดอะซิติกและยีสต์ เกิดการรีดิวซ์ของน้ำตาล และมีฤทธิก์ารยับยั้งแบคทีเรียได้ จึงทำให้ตรวจไม่พบจำนวนยีสต์และราทั้งหมด *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของนิสาและคณะ

(2564) ที่ศึกษาคุณสมบัติทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์คอมบูชาที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก โดยตรวจไม่พบเชื้อ *B. subtilis*, *B. cereus, Salmonella sp., S. aureus* แ ล ะ *E. coli* เนื่องจากมีฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรีย แต่ตรวจพบปริมาณ *Coliform, Escherichia coli* < 1.1 MPN/100 ml อาจมีผลเนื่องมาจากขั้นตอนการเก็บตัวอย่างตรวจวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ จึงทำให้ตรวจพบ แต่มีปริมาณน้อย เมื่อเทียบกับมาตรฐานและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543 เรื่องชา แสดงว่าเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ เป็นผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางจุลินทรีย์ที่ดี และผู้บริโภคสามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย

ในการจัดโครงการอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้และอบรมเชิงปฏิบัติการการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพนั้น พบว่าเกษตรกรให้ความสนใจค่อนข้างมาก และมีความพึงพอใจในระดับดีมาก เนื่องจากเป็นเครื่องดื่มสุขภาพ และผู้บริโภคหันมาใส่ใจในการดูแลสุขภาพกันมากขึ้น จึงทำให้ผู้ผลิตรู้สึกตื่นตัว อยากที่จะผลิตสินค้าและแปรรูปเพื่อเพิ่มรายได้ในชุมชนมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นช่องทางในการเพิ่มรายได้ให้กับครัวเรือน ซึ่งให้สอดคล้องกับ จิตพนธ์ (2560) ที่ไปถ่ายทอดเทคโนโลยีในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำนมแพะ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการจัดการชุมชนอย่างยั่งยืนของชุมชนไทยมุสลิม อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งได้รับการร่วมมือเป็นอย่างดี และสามารถจัดตั้งเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้ สามารถสร้างความยั่งยืนให้กับชุมชน

5.3 ข้อเสนอแนะของผู้วิจัย

5.3.1. ในงานวิจัยครั้งต่อไป ควรทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค และเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นานยิ่งขึ้น

5.3.2 ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรมีพัฒนาสูตรโดยใช้วัตถุดิบอื่นๆในการหมักเครื่องดื่มคอมบูชา ให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น ที่นิยมในท้องตลาด

5.3.3 ควรมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาในรูปแบบผง เพื่อสะดวกในการรับประทาน สามารถพกพาไปได้ทุกที่ และเก็บไว้ได้นานยิ่งจึ้น

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2546. คลังข้อมูลการวิจัยการเกษตรไทย : มะขาม. เอกสารเผยแพร่ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กระทรวงสาธารณสุข. 2543. เรื่องชา ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543.

กวิน สุขสิงห์ และ วรรณี 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. **บทบาทของกระบวนการอักเสบในโรคระบบประสาทเสื่อม**. วารสารเภสัชวิทยา. 39(1) : 63-76.

จิณวัตร จันครา และ บุปผา ใจมั่น. 2560. **โรคความดันโลหิตสูงในผู้สูงอายุ เพชฌฆาตเงียบที่ควรตระหนัก.** วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี. 28(1) : 100-111.

จิตพนธ์ ชุมเกต. 2560. การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการจัดการชุมชนอย่างยั่งยืนของชุมชนไทยมุสลิม อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี. รายงานฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

จุฑามาศ พรสันเทียะ, ทิพย์วรินทร์ ริมลำดวน, กุณฑิกา เวชกลาง และ นิสา ร่มส้มซ่า. 2563. **ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของคอมบูฉะในกระบวนการหมัก.** การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาลัยนครราชสีมา ครั้งที่ 7. 12(1) : 1069-1079

ฐานข้อมูลองค์ความรู้มหาวิทยาลัยแม่โจ้ : ราชินีแห่งผักใบเขียว (The queen of green). [Internet]. 202 1 [cited 2022 March 1]. Available from: https://kb.mju.ac.th/product.aspx?id=1399.

ธฤต อภิสิทธิวงศ์ และวนิดา โอศิริพันธุ์. 2563. การพัฒนาเครื่องดื่มคอมูชาน้ำผลไม้. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต.

ธีรพงษ์ เทพกรณ์. 2555. **ชา: กระบวนการผลิต และองค์ประกอบทางเคมีจากการหมัก.** สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 17(2): 189-196.

ธีรพงษ์ เทพกรณ์. 2556. **การศึกษาการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (โพลิฟีนอล) ในระหว่างกระบวนการผลิตชาเขียวและชาอู่หลงของจังหวัดเชียงราย**. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ. 2548. **จุลชีววิทยาทั่วไป.** พิมพ์ครั้งที่ 3 . กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิรนาม. ม.ป.ป. ขิง ประโยชน์ดีๆ สรรพคุณเด่นๆ และข้อมูลงานวิจัย. ค้นจาก https://www.disthai.com/16488302/%E0%B8%82%E0%B8%B4%E0%B8%87

นิสา ร่มส้มซ่า จุฑามาศ พรสันเทียะ ทิพย์วรินทร์ ริมลำดวน และกุณฑิกา เวชกลาง. 2564. **คุณสมบัติทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์คอมบูชาที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก**. วารสารนเรศวรพะเยา ปีที่14 ฉบับที่ 1มกราคม-เมษายน 2564.

นิสา ร่มส้มซ่า อินทิรา สูตรใหม่ ณัชธนิดา อมรกิตติถาวร ทิพย์วรินทร์ ริมลำดวน และ น้ำฝน สามสาลี. 2567. การพัฒนาคอมบูชาจากการเบลนด์ชาสมุนไพรและชาดอกไม้และประโยชน์ต่อสุขภาพ. วารสารเกษตรพระวรุณ. 21(1): 255 - 271

เนตรนภา เมยกลาง และ เฉลิม เรืองวิริยะชัย. 2557. **การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มน้ำผลไม้**. วารสารวิจัย มข. (บศ.). 14(4) : 69-79.

เนตรนภา เมยกลาง และ เฉลิม เรืองวิริยะชัย. 2557. การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มน้ำผลไม้. **วารสารวิจัย มข.** (บศ.). 14(4) : 69-79.

ปฏิญญา มั่นเกษตรกิจ และ สกุณณี บวรสมบัติ. 2561. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์คอมบูฉะจากชาดำโดยใช้เชื้อบริสุทธิ์**. 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/ramaclinic/article/09sep2020-1522.

พนิดา ใหญ่ธรรมสาร. 2564. คุณค่าสารอาหารในผักเคล (KALE). สำนักงานข้อมูลสมุนไพร, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

พีรยุทธ 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 ชมปรีดา. 2536. เอกสารประกอบการสอนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

รัตนากร แสนทำพล. 2566. การเพิ่มมูลค่าเศษเหลือทิ้งจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้คั่วเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูฉะ เพื่อสุขภาพ. รายงานฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

เรืองลักขณา จามิกรณ์. 2541. **ชีวเคมีเบื้องต้น.** ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

วิทวัส จันทน์คราญ. 2562. **แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการเกิดมะเร็ง.** Asian Archives of Pathology. 1(1) : 29-39.

วิภาวี วัฒนวิทย์. 2564. **การสำรวจเบื้องต้นของชนิดและสายพันธุ์ของแบคทีเรียกรดอะซิติกและแบคทีเรียกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์คอมบูชาพร้อมดื่ม.** รายงานฉบับสมบูรณ์สารนิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟู วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

วีณา เชิดบุญชาติ. 2556. **ศาลาสมุนไพรไทย**. ค้นจาก: http://th.wikipedia.org/wiki.

สถาบันวิจัยพืชสวน. 2567. ฐานข้อมูลไม้ผล. กรมวิชาการเกษตร. ค้นจาก https://www.doa.go.th/hort/?page_id=53755

สำนักงานข้อมูลสมุนไพร. 2553. มะขาม. ผลไม้มีประโยชน์. ค้นจาก https://medplant.mahidol.ac.th/index.asp

อนุวัตร แจ้งชัด. **สถิติสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการประยุกต์.** ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, 2549.

อัจฉริยา ชมเชย. 2560. **ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมารฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์คอมบูชาจากชาสมุนไพรพื้นบ้าน**. บทความวิจัยการประชุมสวนสุนันทาวิชาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับชาติ ครั้งที่ 1 วันที่ 10 พฤศจิกายน 2560.

อุดมการ อินทุใส 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.

Barramepirun Company Limited : 7 สุดยอดสายพันธุ์ผักเคล. [Internet]. 2021 [cited 2022 March 4]. Available from: https://www.barramepirun.com/type-of-kale/.

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, Parthsarathy 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 vulnifi cus. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 2010.

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-methoxypropylidine) 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 Toxicit o 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., Greifenberg, 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.

Samec D, Urlic B, Salopek-Sondi B. Kale (Brassica oleracea var. acephala) as a superfood: Review of the scientific evidence behind the statement. Crit Rev Food. 2018. doi: 10.1080/10408398.2018.1454400.

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 sinesis) as a Functional Food using the Kombucha 'Tea Fungus'. **Chiang Mai Journal of Science**. 45(1) : 136-146

Wikipedia, the free encyclopedia : Kale. [Internet]. Update 2022 [cited 2022 February 28]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Kale.

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.

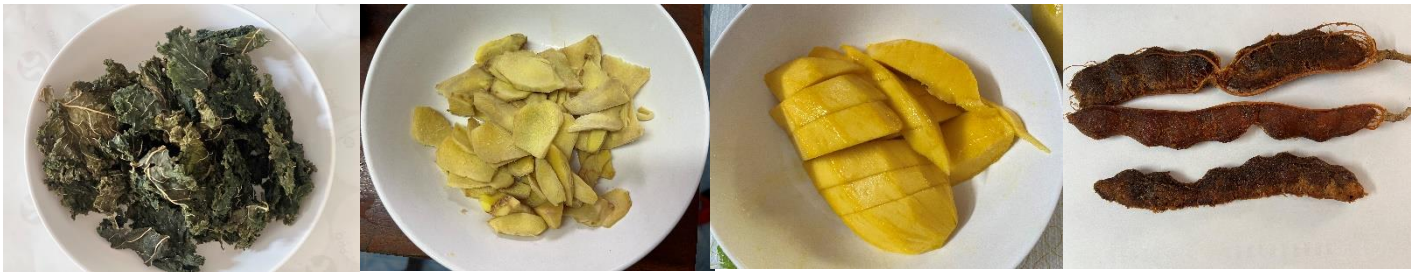
Young, H. Y., Luo, Y. L., Cheng, H. Y., Hsieh, W. C., Liao, J. C., and Peng, W. H. 2005. Analgesic and anti-inflammatory activities of [6]-gingerol. **Journal of Ethnopharmacology**. 96(1-2): 207-210.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
สูตรเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

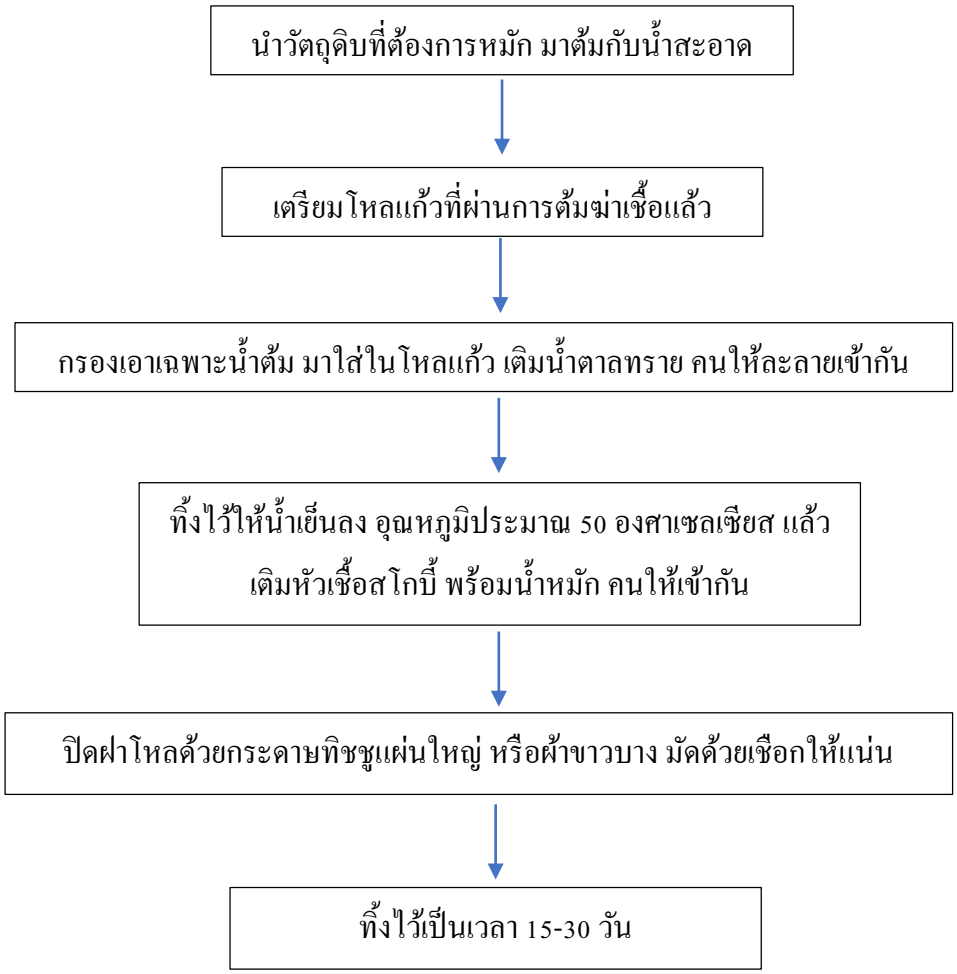
ตารางที่ 1 สูตรพื้นฐานเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

ส่วนผสม	**น้ำหนักส่วนผสมในแต่ละสูตร (กรัม)**			
	ผักเคล100 เปอร์เซ็นต์	ผักเคล: ขิง (1:1)	ผักเคล: มะม่วง (1:1)	ผักเคล: มะขาม (1:1)
ผักเคล	500	250:250	250:250	250:250
น้ำตาลทราย	400	400	400	400
หัวเชื้อสโกบี้	500	500	500	500
น้ำสะอาด	3,000	3,000	3,000	3,000



ภาพที่ 1 วัตถุดิบที่ใช้ในการหมักเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

ภาพที่ 2 ขั้นตอนการทำเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ จากเศษตัดแต่งคุณภาพจากผักเคล



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทำเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

ภาพที่ 4 โหลหมักเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

ภาพที่ 5 เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ทั้ง 5 สูตร หลังจากผ่านการหมัก 30 วัน

ภาคผนวก ข

แบบประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบสอบถามความพึงพอใจผู้บริโภค

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ จากเศษตัดแต่งคุณภาพจากผักเคล

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามมีทั้งหมด 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

ส่วนที่ 3 พฤติกรรมการบริโภคเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

2. แบบสอบถามนี้ใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยประกอบการทำวิจัย คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ซึ่งท่านได้เป็นผู้หนึ่งที่ได้รับเลือกให้เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งทั้งต่องานวิจัยและผู้เกี่ยวข้องในการนำผลมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ และสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค

โปรดตอบความจริงให้ครบทุกข้อ เพราะคำตอบทุกข้อมีความสำคัญต่อการวิจัยเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

คณะผู้วิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

<u>คำชี้แจง</u> : กรุณาใส่เครื่องหมายถูก (✓) ให้ตรงกบหัวข้อที่ท่านต้องการเลือก 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

แบบสอบถามนี้ใช้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

จากเศษตัดแต่งคุณภาพจากผักเคล (9-Hedonic scaling test)

แบบบันทึกผลการทดสอบการให้คะแนนความชอบของเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ

วันที่.....

คำแนะนำ ทดสอบตัวอย่างเครื่องดื่ม แล้วให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ตามคำอธิบายคะแนนต่อไปนี้ และกรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง

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

รหัสเครื่องดื่ม	**คุณลักษณะของเครื่องดื่ม**				
	ลักษณะปรากฏ	**สี**	**กลิ่น**	**รสชาติ**	**ความชอบโดยรวม**

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ส่วนที่ 3 พฤติกรรมการบริโภคเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

<u>คำชี้แจง</u> : กรุณาใส่เครื่องหมายถูก (✓) ให้ตรงกับหัวข้อที่ท่านต้องการเลือก หรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่เว้นให้

1. ความสนใจในการซื้อผลิตภัณฑ์
   - ☐ สนใจซื้อ
   - ☐ ไม่สนใจซื้อ
2. เหตุผลที่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์
   - ☐ รสชาติอร่อย
   - ☐ เพื่อสุขภาพ
   - ☐ มีคุณค่าทางโภชนาการ
   - ☐ อื่นๆ.....
3. ราคาของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ
   - ☐ 25-50 บาท
   - ☐ 51-75 บาท
   - ☐ 76-90 บาท
   - ☐ มากกว่า 90 บาท
4. น้ำหนักบรรจุต่อขวด
   - ☐ 120 มิลิลิตร
   - ☐ 250 กรัม
   - ☐ 350 กรัม
   - ☐ มากกว่า 350 กรัม
5. รูปแบบของผลิตภัณฑ์
   - ☐ ใกล้เคียงกับเครื่องดื่มทั่วไป
   - ☐ เป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพโดยเฉพาะ
   - ☐ ผลิตภัณฑ์แปลก ใหม่
   - ☐ อื่นๆ.....
6. การแนะนำต่อให้ผู้บริโภคอื่นๆ
   - ☐ แนะนำต่อ
   - ☐ ไม่แนะนำต่อ
7. การยอมรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ
   - ☐ ยอมรับ
   - ☐ ไม่ยอมรับ
8. ความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพจากเศษตัดแต่งคุณภาพของผักเคล
   - ☐ ไม่กล้ารับประทาน
   - ☐ ใช้ของเหลือทิ้งให้เกิดประโยชน์
   - ☐ ได้ลองผลิตภัณฑ์ใหม่
   - ☐ อื่นๆ.....

ภาคผนวก ค

กำหนดการถ่ายทอดเทคโนโลยี

กำหนดการ

โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูฉะ เพื่อสุขภาพจากผักเคล

ภายใต้โครงการวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาคอมบูฉะ จากเศษตัดแต่งคุณภาพของผักเคล
เพื่อเป็นเครื่องดื่มสุขภาพสำหรับผู้สูงวัยในจังหวัดเพชรบูรณ์

วันที่ 12 กรกฎาคม 2567

ณ วิสาหกิจชุมชนวังซองร่วมใจรักษ์ ตำบลท่าพล อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

เวลา 08.00 – 08.30 น.	ลงทะเบียน
เวลา 08.30 – 09.00 น.	พิธีเปิด
เวลา 09.00 – 12.00 น.	**การถ่ายทอดองค์ความรู้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา** วิทยากร โดย อาจารย์รัตนากร แสนทำพล คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
เวลา 12.00 – 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน
เวลา 13.00 – 16.00 น.	**อบรมเชิงปฏิบัติการการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา** วิทยากร โดย อาจารย์รัตนากร แสนทำพล คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

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

ภาคผนวก ง

แบบประเมินความพึงพอใจของเกษตรกร

แบบประเมินความพึงพอใจ

โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา เพื่อสุขภาพจากเศษตัดแต่งคุณภาพของผักเคล

วันที่ 12 กรกฎาคม 2567 ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนวังซองร่วมใจรักษ์ ตำบลท่าพล 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✓ลงในช่อง ระดับความพึงพอใจของท่านเกี่ยวกับโครงการนี้ ระดับ 5= มากที่สุด 4 = มาก 3 = ปานกลาง 2 = น้อย 1 = น้อยที่สุด

ประเด็นวัดความพึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. หัวข้อการบรรยาย					
1.1 การถ่ายทอดองค์ความรู้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ					
1.2 อบรมเชิงปฏิบัติการการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ					
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 ก่อน เข้าอบรม					
4.3 ความรู้ความเข้าใจ หลัง 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 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำของเหลวซึ่งสกัดมาจากชาและนำมาทำให้เป็นผงกระจายตัวได้ง่าย 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 ในกรณีที่ชามีวัตถุอื่นผสมอยู่เพื่อแต่งกลิ่น วัตถุที่นำมาผสมต้องไม่เป็นอันตราย ต่อร่างกายและต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

ข้อ 5 ชาตามข้อ 3(2) ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(1) มีความชื้น ไม่เกินร้อยละ 6 ของน้ำหนัก

(2) มีเถ้าทั้งหมด ไม่เกินร้อยละ 20 ของน้ำหนักชาผงสำเร็จรูปแห้ง

(3) มีกาเฟอีน (caffeine) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 4.0 ของน้ำหนักเว้นแต่ ชาผง สำเร็จรูปที่สกัดเอากาเฟอีนออกแล้ว ให้มีกาเฟอีนได้ในปริมาณที่ได้รับความเห็นชอบจาก สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

(4) ไม่ใส่สี ในกรณีชาผงสำเร็จรูปมีวัตถุอื่นผสมอยู่ เพื่อแต่งกลิ่นหรือรส วัตถุที่นำมาผสมต้องไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายและต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

ข้อ 6 ชาตามข้อ 3(3) ชนิดเหลว ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(1) มีกลิ่นและรสตามลักษณะเฉพาะของชา

(2) ไม่มีตะกอน เว้นแต่ตะกอนอันมีตามธรรมชาติของส่วนประกอบ

(3) น้ำที่ใช้ผลิตต้องเป็นน้ำที่มีคุณภาพหรือมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

(4) ตรวจพบแบคทเรียชนิดโคลิฟอร์ม น้อยกว่า 2.2 ต่อชาปรุงสำเร็จ 100 มิลลิลิตร โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (Most Probable Number)

(5) ตรวจไม่พบแบคทีเรียชนิด อี. โคไล (*Escherichia coli*)

(6) ไม่มีจุลินทรีย์ทที่ทำให้เกิดโรค

(7) ไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ หรือสารเป็นพิษอื่นในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

(8) ไม่มียีสต์และเชื้อรา

(9) ตรวจพบสารปนเปื้อนได้ไม่เกินที่กำหนด ดังต่อไปนี้

(9.1) สารหนู ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัม ต่อชาปรุงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม

(9.2) ตะกั่ว ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม ต่อชาปรุงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม

(9.3) ทองแดง ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม ต่อชาปรุงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม

(9.4) สังกะสี ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม ต่อชาปรุงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม

(9.5) เหล็ก ไม่เกิน 15 มิลลิกรัม ต่อชาปรุงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม

(9.6) ดีบุก ไม่เกิน 250 มิลลิกรัม ต่อชาปรุงสำเรจชนิดเหลว 1 กิโลกรัม

(9.7) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อชาปรุงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม

(10) ใช้วัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลหรือใช้ร่วมกับน้ำตาล นอกจากการใช้ น้ำตาลได้ โดยใช้วัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลได้ ตามมาตรฐานอาหาร เอฟ เอโอ/ดับบลิว เอช โอ, โคเด็กซ์ (Joint FAO/WHO, Codex) ที่ว่าด้วยเรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร และฉบับที่ได้แก้ไข เพิ่มเติม ในกรณีที่ไม่มีมาตรฐาน กำหนดไว้ตามวรรคหนึ่ง ให้สำนักงานคณะกรรมการ อาหารและยาประกาศกำหนดโดยความเห็นชอบของ คณะกรรมการอาหาร

(11) ให้ใช้วัตถุกันเสียได้ ดังต่อไปนี้

(11.1) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 70 มิลลิกรัม ต่อชาปรุงสาเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม

(11.2) กรดเบนโซอิกหรือกรดซอร์บิก หรือเกลือของกรดทั้งสองนี้โดย คำนวณเป็นตัวกรด ได้ไม่เกิน 200 มิลลิกรัม ต่อชาปรุงสำเร็จชนิดเหลว 1 กิโลกรัม การใช้วัตถุกันเสียให้ใช้ได้เพียงชนิดหนึ่ง ชนิดใดตามปริมาณที่กำหนดใน (11.1) หรือ (11.2) ถ้าใช้เกินหนึ่งชนิดต้องมีปริมาณของชนิดที่ใช้รวมกันไม่ เกินปริมาณของวัตถุกันเสียชนิดที่กำหนดให้ใช้น้อยที่สุด เมื่อจำเป็นต้องใช้วัตถุกันเสียแตกต่างไปจากที่ กำหนดไว้ดังกล่าวข้างต้น ต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

(12) ในกรณีชาปรุงสำเร็จมีวัตถุอื่นผสมอยู่เพื่อแต่งกลิ่นหรือรส วัตถุที่นำมาผสม ต้องไม่ เป็นอันตรายต่อร่างกายและต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหาร และยา

ข้อ 7 ชาปรุงสำเร็จชนิดแห้ง ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(1) มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 6 ของน้ำหนัก

(2) เมื่อละลายหรือผสมน้ำตามที่กำหนดไว้ในฉลาก ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ตามข้อ 6

ข้อ 8 ผู้ผลิตหรือผู้นำเข้าเพื่อจำหน่าย ต้องปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่า ด้วยเรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิตและการเก็บรักษาอาหาร

ข้อ 9 การใช้ภาชนะบรรจุชา ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง ภาชนะบรรจุ

ข้อ 10 การแสดงฉลากของชา ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง ฉลาก

ข้อ 11 ให้ใบสำคัญการขึ้นทะเบียนตำรับอาหารหรือใบสำคัญการใช้ฉลากอาหารตาม ประกาศกระทรวง สาธารณสุข ฉบบที่ 58 (พ.ศ.2524) เรื่องชา ลงวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ.2524 ซึ่งออกให้ก่อนวันที่ประกาศนี้ ใช้บังคับยังคงใช้ต่อไปได้อีกสองปีนับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ

ข้อ 12 ให้ผู้ผลิต ผู้นำเข้าชาที่ได้รับอนุญาตอยู่ก่อนวันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ ยื่นคำขอรับเลขสารบบอาหารภายในหนึ่งปีนับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ เมื่อยื่นคำขอดังกล่าวแล้วให้ได้รับการผ่อนผันการปฏิบัติตามข้อ 8 ภายในสองปีนับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ และให้คงใช้ฉลากเดิม ที่เหลืออยู่ต่อไปจนกว่าจะหมดแต่ต้องไม่เกินสองปีนับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ

ข้อ 13 ประกาศนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ภาคผนวก ฉ

หลักเกณฑ์ ข้อกำหนด ผลิตภัณฑ์คอมบูชา

กองอาหาร (อย.) 15 พฤษภาคม 2566

แนวทางจัดการความเสี่ยงในกระบวนการผลิตชาหมักคอมบูฉะ (KOMBUCHA BREWING)

ตามที่มีข้อมูลทางวิชาการว่ากระบวนการหมักคอมบูฉะมีความเสี่ยงที่จะเกิดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค มีแอลกอฮอล์เกินมาตรฐานที่กำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท และปริมาณกรดอินทรีย์ที่ได้จากการหมักสูงจนค่าความเป็นกรดด่างของคอมบูฉะไม่เหมาะสำหรับ นำมาบริโภค สำนักงานคณะกรรมการการอาหารและยา จึงได้จัดทำแนวทางจัดการความเสี่ยงในกระบวนการผลิต ชาหมักคอมบูฉะขึ้นเพื่อเป็นข้อแนะนำสำหรับผู้ประกอบการใช้สำหรับควบคุมคุณภาพและจัดการความเสี่ยงในกระบวนการผลิตชาหมักคอมบูฉะเพื่อความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคทั่วไป และเป็นแนวทางในการกำกับดูแลของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

1.นิยาม

คอมบูฉะ (Kombucha) หมายความว่า เครื่องดื่มที่ได้จากการหมักน้ำชาจากใบชาที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* ผสมน้ำตาลหรือสารให้ความหวานประเภทคาร์โบไฮเดรตเพื่อเป็นอาหารของเชื้อจุลินทรีย์ นำไปหมักด้วยเชื้อหมักผสมที่เรียกว่า สโคบี (SCOBY; Symbiotic Colony of Bacteria and Yeast) ที่มีเชื้อผสมในตระกลูแบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติก (Acetic Acid Bacteria (AAB) และยีสต์บางชนิด เช่น *Saccharomyces, Saccharomycodes, Schizosaccharomyces, Zygosaccharomyces, Brettanomyces, Candida, Torulospora, Koleckera, Pichia, Mycotorula*, และ *Mycoderma* แตกต่างกันตามภูมิภาค

2. แนวทางจัดการความเสี่ยงในกระบวนการหมักคอมบูฉะ

คอมบูฉะที่ผ่านกระบวนการหมักแบบดั้งเดิมด้วยเชื้อสโคบีจะมีแอลกอฮอล์และกรดอะซิติกเกิดขึ้นน้อยกว่า 1% แต่การหมักที่นานขึ้นอาจจะทำให้ปริมาณแอลกอฮอล์และปริมาณกรดสูงขึ้น จึงควรที่จะมีแนวทางในการจัดการความเสี่ยง เพื่อให้มั่นใจว่าคอมบูฉะมีความปลอดภัยในการบริโภค

กระบวนการผลิตคอมบูฉะเริ่มจากการทำน้ำชาโดยการแช่ใบชาในน้ำร้อน แล้วเติมน้ำตาล แช่ใบชาไว้ แล้วจึงกรองออก ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วเติมเชื้อหมักที่นำมาจากการผลิตคอมบูฉะรุ่นก่อนโดยประมาณ 10- 20% ของปริมาตรน้ำหมัก ขึ้นกับชนิดรูปแบบเชื้อหมักที่ใช้ โดยที่หัวเชื้อหมักชนิดเหลวจะช่วยลด pH ของน้ำหมักตั้งต้นลงได้เร็วกว่าการใช้ก้อนเชื้อหมักช่วยลดการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้ดีกว่าชนิดแข็ง แล้วปิดด้วยผ้าขาวบางหมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 21-32 องศาเซลเซียส) หมักจนได้ค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่า 4.2 (pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 2.5-4.2) โดย

แนวทางการจัดการความเสี่ยงอันตรายใน กระบวนการผลิตและการควบคุมคุณภาพของชาหมักคอมบูฉะ มีดังนี้

2.1 อันตรายชีวภาพ

(1) การปนเปื้อนเชื้อราในหัวน้ำหมักจากรุ่นการผลิตก่อนหน้า เช่น *Aspergillus* และ *Penicillium* สามารถสร้างสารพิษ (mycotoxin) เช่น อะฟลาทอกซิน หรืออ็อคคร่าทอกซินได้ซึ่งทำให้เกิดพิษเฉียบพลันและ เรื้อรังได้แม้ว่าจะไม่มีรายงานการตรวจพบในชาหมักคอมบูฉะแต่ก็ควรระมัดระวังป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อรา โดยตรวจสอบคุณภาพส่วนประกอบที่นำมาใช้โดยเฉพาะเชื้อหมัก (SCOBY cultures) หากมีสีที่ผิดปกติ เช่น สี เขียว สีดำ สีเทา สีส้มไม่ควรนำมาใช้หมักต่อ

(2) จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคหลายชนิดอาจปนเปื้อนได้ตลอดกระบวนการผลิตทั้งที่มาจากวัตถุดิบที่เป็นของแห้งทั่วไปที่มักมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ *Bacillus spp*. และ *Clostridium perfringens* ส่วนในใบชา เคยมีรายงานการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ *Cronobacter spp.* (ชื่อก่อนหน้าเรียกว่า *Enterobacter sakazakii*) *Escherichia coli*, และ *Staphylococcus aureus* ส่วนในกระบวนการผลิตก็อาจจะมีการปนเปื้อนด้วยเชื้อจุลินทรีย์ *Clostridium botulinum, Salmonella spp*. หรือ *Listeria Monocytogenes* จึงควรจะมีการควบคุมค่า pH ของน้ำหมักตลอดกระบวนการผลิต โดยในช่วงเริ่มต้นของการหมักจะมี pH ประมาณ 5 หรือ ต่ำกว่าได้ โดยค่า pH ของน้ำหมักควรจะลดลงจนไม่เกิน 4.6 ภายในวันที่ 7 ของการหมัก ดังนั้น ผู้ผลิตคอมบูฉะควรจะมีการควบคุมค่า pH ของน้ำชาหมักอย่างสม่ำเสมอตลอดกระบวนการผลิตและเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักความเป็นกรดด่างของคอมบูฉะควรจะต่ำกว่า 4.2

ทั้งนี้ คอมบูฉะบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิทต้องมีคุณภาพมาตรฐานด้านจุลินทรีย์และสารพิษจากจุลินทรีย์ไม่เกินที่กำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 356) พ.ศ.2556 และฉบับที่แก้ไขเพิ่มเติมและมีคุณภาพมาตรฐานด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 416) พ.ศ. ๒๕๖๓ ออก ตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. ๒๕๒๒ เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานหลักเกณฑ์เงื่อนไข และวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ ของอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

2.2 อันตรายทางเคมี

2.2.1 ความเป็นกรด

หลักการทั่วไปในการลดความเสี่ยงจากจุลินทรีย์ในอาหารที่มีความเป็นกรดหรืออาหารหมักที่มีอายุเก็บรักษายาวนานใช้วิธีควบคุมค่า pH ของอาหารให้ไม่เกิน 4.6 ร่วมกับการฆ่าเชื้อด้วยเทคนิคต่างๆ เช่น การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนแบบพาสเจอร์ไรส์ สำหรับคอมบูฉะที่บรรจุในภาชนะปิดที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อยังมีความ

เสี่ยงจากกระบวนการหมักอย่างต่อเนื่องของจุลินทรีย์มีชีวิต จึงควรจะศึกษาวิธีการจัดการความเสี่ยงที่เหมาะสำหรับคอมบูฉะที่ไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อเป็นการเฉพาะกระบวนการหมักคอมบูฉะที่นานขึ้นจะทำให้ค่า pH ลดลงได้โดยจะมีกรดอะซิติกสะสมในผลิตภัณฑ์อย่างไรก็ตาม คอมบูฉะที่ค่า pH ต่ ากว่า 2.5 ไม่เหมาะสำหรับนำมาบริโภค

2.2.2 แอลกอฮอล์

ชาหมักคอมบูฉะที่หมักนานเกินไปหรือหมักในถังปิดมีโอกาสที่จะทำให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์มากขึ้น หากไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อจะยังมียีสต์หมักน้ำตาลอย่างต่อเนื่องอย่างช้าๆทำให้ได้แอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งในภาชนะปิดสนิทก๊าซที่เกิดขึ้นจะไปยับยั้งกระบวนการเปลี่ยนเอทานอลไปเป็นกรดอะซิติก ทำให้มีปริมาณแอลกอฮอล์สะสมมากขึ้นได้อีก จึงควรพิจารณาความเหมาะสมภาชนะบรรจุน้ำหมักและภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ มีวิธีตรวจติดตามปริมาณแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต มีการทดสอบอายุเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ และคอมบูฉะในภาชนะบรรจุพร้อมจำหน่ายจะต้องมีปริมาณแอลกอฮอล์เป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทไม่เกินร้อยละ ๐.๕ ของน้ำหนัก ถ้าจำเป็นต้องมีแอลกอฮอล์ในปริมาณสูงกว่าที่กำหนดไว้ ต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

2.2.3 โลหะหนักที่แพร่กระจายออกจากภาชนะบรรจุ

น้ำชาหมักคอมบูฉะมีฤทธิ์เป็นกรดจึงสามารถทำละลายวัสดุที่ไม่ทนกรดหรือทำให้สารโลหะหนักที่มีในวัสดุบางชนิดแพร่กระจายออกได้ จึงไม่ควรหมักหรือเก็บในภาชนะเซรามิคหรือโลหะที่ไม่ทนกรดและใช้อุปกรณ์ เครื่องมือหรือวัสดุสัมผัสอาหารที่ทนกรด เช่น สแตนเลส แก้ว พลาสติกชนิดพีพี หรือพีอี ที่มีคุณภาพเหมาะสม สำหรับบรรจุอาหารตามมาตรฐานที่กำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยภาชนะบรรจุอาหาร

2.3 อันตรายทางกายภาพ

เครื่องดื่มที่ผ่านการหมักจะมีช่วงเวลากำหนดไว้ตามเกณฑ์ค่าความเป็นกรดด่างตามที่ต้องการ หรือมีกระบวนการบรรจุขวดหรือกระป๋องที่ออกแบบมาเฉพาะเพื่อหยุดกระบวนการหมักได้ซึ่งความเสี่ยงจากการนำชาหมักคอมบูฉะที่ยังไม่ได้หยุดกระบวนการหมักมาบรรจุขวดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดแรงดันเกินขีดจำกัดของภาชนะบรรจุจนเกินรอยรั่ว รอยแตกหรือระเบิดได้ จึงควรมีกระบวนการที่ช่วยหยุดการหมักที่เหมาะสม เช่น กระบวนการพาสเจอร์ไรส์

2.4 การวิเคราะห์ความเสี่ยงในขั้นตอนผลิตและแนวทางป้องกัน

ขั้นตอน	ความเสี่ยงอันตรายและแนวทางป้องกัน
1.การต้มน้ำให้เดือด	-น้ำที่ใช้ชงชาควรมีคุณภาพตามมาตฐานน้ำบริโภค -ต้มน้ำให้เดือดเพื่อฆ่าเซลล์ของจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์อื่นๆที่อาจ ปนเปื้อนในน้ำระหว่างกระบวนการผลิต
2.เติมใบชาและน้ำตาลในน้ำร้อนทิ้ง ไว้ประมาณ 10 นาที	จุลินทรีย์สร้างสปอร์ที่อาจปนเปื้อนจากวัตถุดิบ อาจช็อคจากความร้อนและ เจริญขึ้นมาได้ในน้ำชา ซึ่งมี pH ประมาณ 5 และถึงแม้ว่า *Clostridium perfringens และ Bacillus cereus* ไม่เจริญที่ pH □ 5 แต่ *Clostridum botulinum* อาจจะยังเจริญได้ที่ pH 4.7 ดังนั้น ในขั้นตอนการเติมเชื้อหมัก จึงควรเติมเชื้อหมักเพื่อเร่งให้ pH ลดลง โดยเร็วเพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์สร้างสปอร์ข้างต้น โดยควรมีการตรวจวัดค่า pH ทุกวันตลอด กระบวนหมัก
3. การแยกกากชาและทำให้เย็น	-ใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่สะอาด อาจปิดหรือคลุมด้วยผ้าขาวบางเพื่อ ป้องกันการปนเปื้อนข้าม ในช่วงนี้ pH □ 5 ยังสามารถจะช่วยป้องกันการเจริญของ *Clostridium perfringens* ได้ -ช่วงทำให้เย็นเมื่ออุณหภูมิของน้ำชาลดลงมาประเมิน 60 องศาเซลเซียส อาจจะมีความเสี่ยงที่จะมีเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนเจริญได้จึงควรลดอุณหภูมิจาก 60 องศาเซลเซียสให้ลงไปถึง 20 องศาเซลเซียสภายใน 2 ชั่วโมง
4. เติมเชื้อหมัก	มีความเสี่ยงจากการปนเปื้อนข้ามของราและเชื้อหมักที่ปนเปื้อน (wild culture)

	- เชื้อหมักที่มีจำหน่ายทางการค้าหรือเชื้อหมักจากชาหมักคอมบูฉะจากรุ่น การผลิตก่อนควรมีคุณภาพไม่ปนเปื้อนเชื้อราหรือปนเปื้อนอื่นๆ - การใช้เชื้อหมักชนิดเหลว (starter liquid, backslop) จะช่วยลด pH ของน้ำหมักตั้งต้นลงได้เร็วกว่าการใช้ก้อนเชื้อหมัก ปริมาณเชื้อหมักที่ใช้ประมาณ 10%-20% ของน้ำหมัก ขึ้นกับชนิดเชื้อหมัก -หัวเชื้อน้ำหมักควรมีpH □ 4.2 เพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคที่ทนกรด -ไม่ควรนำเชื้อหมัก (SCOBY cultures) มีสีที่ผิดปกติ เช่น สีเขียว สีดำ สี เทา สีส้ม ไปใช้หมักคอมบูฉะต่อ
5. สภาวะในการหมัก	-มีความเสี่ยงจากจุลินทรีย์ก่อโรค เชื้อรา เชื้อหมักที่ปนเปื้อน (wild culture) และกรดอะซิติกที่เกิดจากกระบวนการหมักอาจจะไปละลายโลหะออกมาจากภาชนะที่ใช้บรรจุน้ำหมัก - ควรควบคุมสภาพแวดล้อมในการหมักให้มีอากาศผ่านได้เพื่อให้ผลิตกรดอะซิติกได้จน pH □ 4.2 และลดลงไปได้ถึง 2.5 เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก หากค่า pH ไม่ลดลงถึง 4.6 ภายใน 7 วัน ควรทิ้งน้ำหมักทั้งหมด - ควรใช้ภาชนะบรรจุน้ำหมักที่มีคุณภาพเหมาะสำหรับบรรจุอาหารและต้องไม่ใช้ภาชนะโลหะที่ไม่ทนกรด -การหมักนานเกิน 10 วันอาจจะให้ได้กรดอะซิติกมากเกินไป -อุณหภูมิที่เหมาะสม 21-32 องศาเซลเซียส

6. การปิดผนึกในช่วงแช่เย็น	เป็นช่วงที่ยังคงมีการหมักต่อเนื่องอย่างช้าๆ จึงมีความเสี่ยงที่อาจเกิดจากปริมาณกรดอะซิติกที่มากเกินไปและเชื้อราอาจจะเจริญได้ ควรใช้ฝาปิดถึงหมักที่แน่นขึ้น (a tight fitting lid) เพื่อกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้จะ ช่วยลดการเจริญของเชื้อราได้
7. การกรองหรือแยกส่าเชื้อหมัก	มีความเสี่ยงจากการปนเปื้อนข้ามควรใช้ภาชนะและอุปกรณ์ที่สะอาด
8. น้ำชาหมักคอมบูฉะ	มีความเสี่ยงที่จะเสื่อมเสียจากราและยีสต์ และการเกิดกรดในปริมาณมาก จากการหมักที่ต่อเนื่องหากไม่ได้มีการหยุดกระบวนการหมักที่เหมาะสมจะทำให้น้ำชาหมักคอมบูฉะมีความเป็นกรดสูงไม่เหมาะที่จะนำมาบริโภค (pH □ 2.5) จึงควรมีกระบวนการฆ่าเชื้อ เช่น ใช้เทคนิคการพาสเจอร์ไรส์ แบบ hot fill ด้วยอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 82.2 องศาเซลเซียส ก่อนบรรจุในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดฝาและคว่ำภาชนะไว้ประมาณ 30 วินาที และทิ้งไว้อีก 30 วินาที แล้วจึงทำให้เย็น สำหรับชาหมักคอมบูฉะในภาชนะบรรจุที่มี pH □ 4.2 เมื่อผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์อาจมีอายุเก็บรักษาได้นานถึง 2 ปี)

หมายเหตุ กระบวนการผลิตชาหมักคอมบูฉะเป็นกระบวนการที่มีความเสี่ยงที่จำเป็นต้องได้รับการควบคุมเป็นการเฉพาะ ดังนั้นผู้ผลิตชาหมักคอมบูฉะจึงควรผ่านการตรวจสอบและได้รับรองมาตรฐานระบบการผลิตสากลที่เทียบเท่าหรือไม่ต่ำกว่าพื้นฐาน ที่มีการควบคุมและจัดการจุดวิกฤตในขั้นตอนการผลิต เช่น GHPs', HACCP, FSSC 2200, ISO 22000 สำหรับการผลิตชาหมักคอมบูฉะเป็นการเฉพาะ

3. การแสดงฉลาก

-การแสดงฉลากชาหมักคอมบูฉะให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วย การแสดงอาหารใน ภาชนะบรรจุ

-การแสดงข้อความกล่าวอ้างทางโภชนาการ หรือข้อความกล่าวอ้างทางสุขภาพบนฉลากชาหมักคอมบูฉะ ต้องเป็นไปตามประกาศ กระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องนั้นๆ

4. การเก็บบันทึกต่างๆ

ผู้ผลิตชาหมักคอมบูฉะเพื่อจำหน่ายควรเก็บรักษาเอกสารหลักฐานเพื่อการทวนสอบระบบประกันคุณภาพ และความปลอดภัยของอาหาร โดยอย่างน้อยควรจะมีบันทึกเอกสารหลักฐาน ดังนี้

-บันทึกเกี่ยวกับวัตถุดิบ สูตรส่วนประกอบรวมถึงวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)

-บันทึกเกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการผลิตตามหลักเกณฑ์ GMP รวมถึงอุณหภูมิการพาสเจอร์ไรส์ และ บันทึกวิธีการแก้ไขเมื่อพบข้อพบพร่องต่างๆ

-แผนการจัดการความเสี่ยง

-บันทึกการควบคุมและติดตามค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ทุกรุ่นการผลิตเพื่อทวนสอบว่าค่า pH ของชา หมักคอมบูฉะอยู่ในช่วงที่ปลอดภัย (pH 2.5-4.2) รวมถึงบันทึกการทวนสอบ (Calibration) เครื่องวัดค่า pH

-บันทึกการติดตามค่าความถ่วงจำเฉพาะ (specific gravity) ทุกรุ่นการผลิตเพื่อให้มั่นใจว่าปริมาณแอลกอฮอล์ไม่เกิน 0.5%

5. ข้อแนะนำสำหรับผู้บริโภค

- ชาหมักคอมบูฉะไม่มีผลในการป้องกัน บำบัดหรือรักษาโรค
- ไม่ควรดื่มชาหมักคอมบูฉะที่มีรสชาติเปรี้ยวจัด มีลักษณะปรากฏหรือมีสีกลิ่นรสที่ผิดปกติ
- ผู้ที่มีภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง มีแผลในทางเดินอาหาร ผู้บริโภคที่แพ้แอลกอฮอล์ไม่ควรดื่ม
- ผู้บริโภคที่มีปัญหาสุขภาพด้านอื่นควรปรึกษาแพทย์ก่อนดื่มชาหมักคอมบูฉะ

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล นางสาวรัตนากร แสนทำพล

Miss Rattanakorn Saenthumpol

2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 1679900009783

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4. ตำแหน่งทางวิชาการ -

5. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

สาขาวิชาการจัดการการเกษตรสมัยใหม่ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000 โทรศัพท์ 056-717151, 081-7838250

E-mail: rattanakorn88@gmail.com, Rattanakorn.sae@pcru.ac.th

6. ประวัติการศึกษา

วทบ. (เกษตรศาสตร์)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

วทม. (ความปลอดภัยของอาหาร)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

ปศุสัตว์และการแปรรูปพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสัตว์ (Meat and Milk products)

มาตรฐานอาหาร, ความปลอดภัยของอาหาร

แปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารผลผลิตทางการเกษตร

8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

8.1 หัวหน้าโครงการโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาฟาร์มแพะนมต้นแบบอย่างครบวงจร เพื่อผลิตน้ำนมแพะที่มีคุณภาพและปลอดภัยต่อผู้บริโภค ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) พ.ศ.2564

8.2 หัวหน้าโครงการเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากผักเคล ที่เหลือทิ้งจากการตัดแต่งคุณภาพ ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนพอเพียงก็เพียงพอ จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้รับทุนอุดหนุนโครงการพัฒนาเครือข่ายสถาบันอุดมศึกษาเพื่อการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี สู่ชุมชนฐานราก ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

8.3 หัวหน้าแผนการงานวิจัย เรื่อง การบูรณาการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาดุกเชิงพาณิชย์ เพื่อเป็นอาหารสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุในจังหวัดเพชรบูรณ์ ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ได้รับทุนอุดหนุนงานวิจัย พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

8.4 หัวหน้าแผนการงานวิจัย เรื่อง การสร้างระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนโดยการบูรณาการและพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อลดปริมาณขยะของเสียจากกระบวนการผลิตโกโก้ ของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มโกโก้นางั่ว อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้รับทุนอุดหนุนงานวิจัย พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566