การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาจากเศษตัดแต่งคุณภาพผักเคล สำหรับผู้สูงอายุ

Development of Kombucha Beverage from Kale Trimming Residues for Elderly Consumers

รัตนากร แสนทำพล* และธรรมศาสตร์ จันทรัตน์
Rattanakorn Saenthumpol* and Thammasart Chantarat

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000 ประเทศไทย
Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, 67000, Thailand
*Corresponding author, e-mail: rattanakorn.sae@pcru.ac.th
(Received: Sep 19, 2025; Revised: Mar 11, 2026; Accepted: Mar 13, 2026)

บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตพืชมักก่อให้เกิดเศษเหลือทิ้งจากการตัดแต่งผลผลิต โดยเฉพาะผักใบเขียวที่ยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการแต่ไม่ได้รับการใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ ผักเคลเป็นผักที่อุดมด้วยวิตามิน แร่ธาตุ และสารพฤกษเคมีหลายชนิด อย่างไรก็ตาม กระบวนการคัดคุณภาพเพื่อจำหน่ายเชิงพาณิชย์ก่อให้เกิดเศษตัดแต่งในปริมาณสูง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องดื่มคอมบูชาจากเศษตัดแต่งผักเคล และศึกษาการใช้วัตถุดิบท้องถิ่น ได้แก่ ขิง มะม่วง และมะขามเปรี้ยว ร่วมในการผลิต พร้อมประเมินคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และการยอมรับของผู้บริโภคผู้สูงอายุ โดยเตรียมเครื่องดื่มจำนวน 5 สูตร ได้แก่ สูตรควบคุมจากชาดำ (สูตร1) และสูตรที่ใช้ผักเคลร่วมกับวัตถุดิบท้องถิ่น (สูตร 2-5) หมักด้วยหัวเชื้อคอมบูชาทางการค้า (SCOBY) ปริมาตรเริ่มต้น 500 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 25–30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้สูงอายุจำนวน 50 คน (อายุ ≥ 60 ปี) ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ผลการศึกษาพบว่าสูตรผักเคล 100% (สูตร 2) ได้รับคะแนนความชอบด้านสีและความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่าสี L*, a*, b* เท่ากับ 42.51, 1.41 และ 6.60 ตามลำดับ ค่า pH อยู่ในช่วง 2.51–3.53 และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.6–8.0 °Brix โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรค และคุณภาพความปลอดภัยเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าเศษตัดแต่งผักเคลสามารถนำมาใช้พัฒนาเครื่องดื่มคอมบูชาที่มีคุณภาพและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคผู้สูงอายุ อีกทั้งเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรและส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : ผักเคล คอมบูชา ผู้สูงอายุ เศษตัดแต่งคุณภาพ การเพิ่มมูลค่า

Abstract

Agricultural production often generates trimming residues, particularly from leafy vegetables that still retain high nutritional value but are not fully utilized. Kale is a nutrient-rich leafy vegetable containing vitamins, minerals, and various phytochemicals. However, commercial grading processes result in a substantial amount of trimming waste. This study aimed to develop a kombucha beverage using kale trimming residues and to investigate the incorporation of local ingredients, including ginger, mango, and tamarind. Physical, chemical, and microbiological qualities, as well as sensory acceptance among elderly consumers, were evaluated. Five formulations were prepared: a black tea control (Formula 1) and kale-based formulations incorporating local ingredients (Formulas 2–5). Fermentation was conducted using a commercial symbiotic culture of bacteria and yeast (SCOBY) at an initial volume of 500 mL at an ambient temperature of approximately 25 – 30 °C for 30 days. Sensory evaluation was carried out with 50 elderly participants (≥60 years old) using a 9-point hedonic scale. The results indicated that the 100% kale formulation (Formula 2) received significantly higher scores in color and overall acceptability compared with other formulations ($p < 0.05$). The color parameters (L*, a*, b*) were 42.51, 1.41, and 6.60,

respectively. The pH values ranged from 2.51 to 3.53, and total soluble solids ranged from 2.6 to 8.0 °Brix, with no significant differences among formulations ($p > 0.05$). No pathogenic microorganisms were detected, and the safety parameters complied with relevant standards. These findings demonstrate that kale trimming residues can be effectively utilized to develop a high-quality kombucha beverage acceptable to elderly consumers, while contributing to agricultural waste valorization and sustainable resource utilization.

Keywords: Kale, Kombucha, Elderly, Quality trimmings, Value addition

บทนำ

ในปัจจุบันสังคมโลกกำลังเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างประชากร โดยเฉพาะการเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ (Aging society) ที่จำนวนประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลจากองค์การสหประชาชาติ (United Nations, 2022) ระบุว่าภายในปี พ.ศ. 2593 สัดส่วนผู้สูงอายุทั่วโลกจะสูงถึงร้อยละ 22 ของประชากรทั้งหมด ประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์แล้วตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564 โดยมีประชากรผู้สูงอายุสูงถึงร้อยละ 20 ของประชากรทั้งประเทศ (National Statistical Office, 2022) ทำให้ความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มที่เน้นคุณค่าทางโภชนาการและความปลอดภัยเพิ่มสูงขึ้น โดยหนึ่งในกลุ่มอาหารที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างมาก คือ อาหารฟังก์ชัน (Functional food) และเครื่องดื่มฟังก์ชัน (Functional drinks) ซึ่งไม่เพียงแต่ตอบสนองความต้องการพื้นฐานด้านโภชนาการ แต่ยังมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ช่วยเสริมสร้างสุขภาพ ลดความเสี่ยงการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) เช่น เบาหวาน ความดันโลหิตสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด (Granato *et al*. 2020)

เครื่องดื่มคอมบูชา (Kombucha) เป็นเครื่องดื่มชาหมัก (Fermented tea) ที่ได้จากกระบวนการหมักของจุลินทรีย์แบบพึ่งพากัน (Symbiotic fermentation) โดยอาศัยหัวเชื้อที่เรียกว่า SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast) ซึ่งประกอบด้วยยีสต์และแบคทีเรียกรดอะซิติก กระบวนการหมักเริ่มจากยีสต์ที่ย่อยน้ำตาลและสร้างเอทานอล จากนั้นแบคทีเรียกรดอะซิติกจะเปลี่ยนเอทานอลเป็นกรดอินทรีย์ ส่งผลให้ค่า pH ของผลิตภัณฑ์ลดลงและก่อให้เกิดลักษณะเฉพาะด้านรสชาติและคุณสมบัติของเครื่องดื่มคอมบูชา แม้ว่าคอมบูชาจะมีจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก แต่ ยังไม่สามารถจัดเป็นผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกได้โดยตรง เนื่องจากยังไม่มีการระบุสายพันธุ์จุลินทรีย์อย่างจำเพาะและการยืนยันคุณสมบัติด้านสุขภาพตามเกณฑ์ของโพรไบโอติกอย่างชัดเจน (Wang *et al*. 2022) อย่างไรก็ตาม คอมบูชามักถูกจัดอยู่ในกลุ่ม อาหารฟังก์ชัน เนื่องจากมีสารพฤกษเคมี (Phytochemicals) และสารประกอบชีวภาพที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหมัก รวมถึงจุลินทรีย์ที่อาจมีบทบาทเชิงหน้าที่ต่อระบบร่างกาย มีรายงานว่าการบริโภคเครื่องดื่มคอมบูชาอาจมีส่วนช่วยส่งเสริมสุขภาพในด้านต่าง ๆ เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การสนับสนุนการทำงานของระบบทางเดินอาหาร และการปรับสมดุลทางชีวภาพของร่างกาย ทั้งนี้ ผลดังกล่าวขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ กระบวนการหมัก และองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ (Shiyue *et al*. 2025) ในปัจจุบัน ตลาดคอมบูชาทั่วโลกมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยในปี ค.ศ. 2023 มีมูลค่ามากกว่า 3.4 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ และคาดว่าจะขยายตัวด้วยอัตราการเติบโตเฉลี่ยประมาณร้อยละ 15 ต่อปี (Grand View Research, 2024) สำหรับบริบทของประเทศไทย ตลาดเครื่องดื่มชาพร้อมดื่มมีมูลค่ามากกว่า 13,000 ล้านบาทในปี พ.ศ. 2565 ขณะที่คอมบูชายังมีสัดส่วนตลาดเพียงประมาณ ร้อยละ 3 (Thai Tea Association, 2023) ซึ่งสะท้อนถึงโอกาสทางธุรกิจและศักยภาพในการพัฒนาและเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบทางการเกษตร นอกจากนี้ การผลิตคอมบูชาในประเทศไทยมีแนวโน้มการปรับสูตรโดยผสมผสานสมุนไพรและผลไม้ท้องถิ่น เพื่อสร้างความแตกต่างของผลิตภัณฑ์และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับสุขภาพและความยั่งยืนมากขึ้น

ผักเคล (Kale: *Brassica oleracea* var. *sabellica*) ได้รับการยกย่องว่าเป็น “ราชินีแห่งผักใบเขียว (The queen of greens)” เนื่องจากเป็นแหล่งวิตามินเอ วิตามินซี วิตามินเค รวมถึงโพแทสเซียม แคลเซียม และสารพฤกษเคมีที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง (Satheesh & Fanta, 2020) ความต้องการบริโภคผักเคลในกลุ่มผู้รักสุขภาพเพิ่มสูงขึ้นในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะในจังหวัดเพชรบูรณ์ที่มีการรวมกลุ่มเกษตรกรเพาะปลูกเคลเชิงพาณิชย์ อย่างไรก็ตามเกษตรกรยังเผชิญกับปัญหาปริมาณเศษตัดแต่ง (ใบแก่หรือมีตำหนิ) ที่ไม่สามารถจำหน่ายได้ คิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 20 ของผลผลิตทั้งหมด แม้ว่าผักเหล่านี้จะยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่กลับถูกนำไปทิ้งหรือทำปุ๋ยหมัก ซึ่งไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มอย่างแท้จริง ดังนั้นการนำเศษผักเคลมาใช้ประโยชน์เชิงเศรษฐกิจด้วยการพัฒนาเป็นเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ จึงเป็นแนวทางที่ตอบโจทย์ทั้งด้านการลด

ของเสียทางการเกษตร (Food waste reduction) และการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีมูลค่าเพิ่ม และตรงกับความต้องการของกลุ่มผู้สูงวัย ที่ต้องการเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่ปลอดภัยและมีคุณค่าทางโภชนาการ

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มคอมบูชาจากผักเคล โดยใช้ผักเคลเป็นวัตถุดิบหลักและศึกษาการใช้ผักเคลร่วมกับวัตถุดิบท้องถิ่น ได้แก่ ขิง มะม่วง และมะขามเปรี้ยว พร้อมทั้งประเมินคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ รวมถึงศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคผู้สูงอายุ เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรและส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักคอมบูชา

1.1 ผักเคลที่เหลือจากการตัดแต่งคุณภาพ เพื่อการจำหน่ายเชิงพาณิชย์ โดยคัดเลือกเฉพาะ ใบแก่หรือใบที่มีลักษณะรูปร่างไม่เป็นไปตามมาตรฐานตลาด เช่น ใบขนาดไม่สม่ำเสมอหรือใบขาดเล็กน้อย เป็นต้น ล้างทำความสะอาดพักให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำไปตากแดดจนแห้ง จำนวน 8-10 ชั่วโมง จนมีลักษณะแห้งสัมผัส ทั้งนี้ ภายหลังการตากแห้งทำการวัดค่าความชื้นของผักเคลแห้งด้วยวิธีมาตรฐาน (AOAC, 2019) โดยพบว่ามีค่าความชื้นเฉลี่ยไม่เกินร้อยละ 10 เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการเตรียมชาหมักและลดความเสี่ยงของการเจริญของจุลินทรีย์ได้

1.2 วัตถุดิบท้องถิ่นที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ มะม่วง ขิง และมะขามเปรี้ยว ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการเปรียบเทียบสูตรเครื่องดื่มคอมบูชา โดยคัดเลือกจากแหล่งผลิตในจังหวัดเพชรบูรณ์

มะม่วง ใช้ผลมะม่วงสุก สายพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง มีลักษณะเนื้อสีเหลือง กลิ่นและรสชาติเด่น นำมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก และปั่นให้ละเอียดก่อนนำไปใช้เป็นส่วนผสมในการหมัก

ขิง ใช้ขิงแก่ที่มีลักษณะเหง้าแข็ง กลิ่นฉุนชัดเจน ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก และหั่นเป็นชิ้นตามยาวเพื่อเตรียมสำหรับการหมัก

มะขามเปรี้ยว ใช้ผลมะขามเปรี้ยวสุก สายพันธุ์มะขามเปรี้ยวยักษ์ ที่สุกจนแห้ง แกะเปลือกและเส้นใยออก จากนั้นหั่นเป็นชิ้นขนาดเล็กเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสก่อนนำไปใช้ในการหมัก

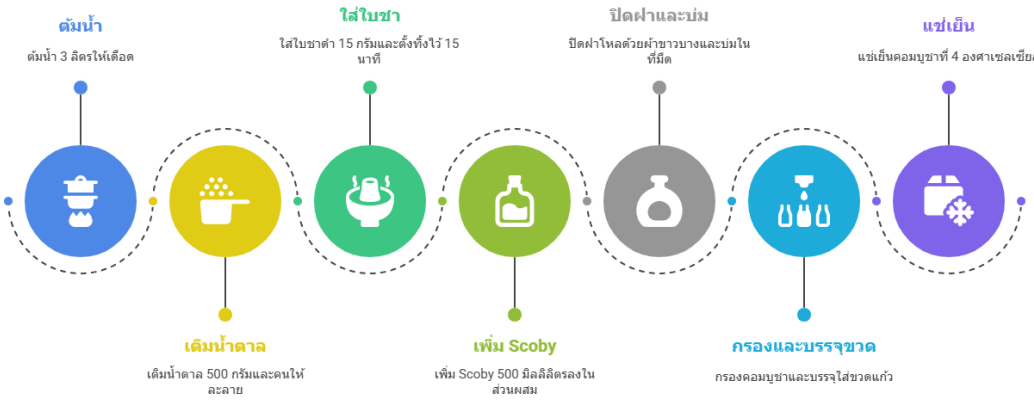
2. การหมักคอมบูชา

การผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาดำเนินการโดยใช้หัวเชื้อคอมบูชาทางการค้า (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast; SCOBY) เป็นเชื้อเริ่มต้นในการหมัก โดยกำหนดปริมาตรหัวเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 500 มิลลิลิตร คิดเป็นร้อยละ 10.0 (v/v) เมื่อเทียบกับปริมาตรสารตั้งต้นทั้งหมด 5 ลิตร ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่พบได้ทั่วไปในงานวิจัยด้านการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชา และช่วยเร่งการเริ่มต้นกระบวนการหมัก ลดระยะเวลา Lag phase และลดความผันแปรระหว่างการทดลอง

ก่อนการหมัก หัวเชื้อคอมบูชาถูกเตรียมโดยการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenization) เพื่อให้จุลินทรีย์กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ โดยระดับความหนาแน่นของจุลินทรีย์ในหัวเชื้อและผลิตภัณฑ์คอมบูชามีรายงานว่าสามารถอยู่ได้ในช่วงประมาณ 10^7 CFU/mL (Sutthiphatkul *et al*., 2023) จากนั้นเติมหัวเชื้อที่เตรียมไว้ลงในสารตั้งต้นของแต่ละสูตรภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

การเตรียมน้ำชาพื้นฐานเริ่มจากการต้มน้ำปริมาตร 3 ลิตร จนเดือด แล้วยกลงจากเตา จากนั้นเติมน้ำตาลทราย 500 กรัม คนจนน้ำตาลละลาย สำหรับสูตรควบคุม ใช้ใบชาดำปริมาณ 15 กรัม แช่ในน้ำร้อนเป็นเวลา 15 นาที แล้วกรองเอากากใบชาออก ก่อนเติมหัวเชื้อคอมบูชาที่เตรียมไว้ สำหรับสูตรที่ใช้ผักเคลร่วมกับวัตถุดิบท้องถิ่น ดำเนินการเตรียมสารตั้งต้นตามสูตรที่กำหนด แล้วเติมหัวเชื้อในอัตราส่วนเดียวกัน

กระบวนการหมักดำเนินการโดยบ่มสารตั้งต้นในภาชนะที่ปิดด้วยผ้าขาวบางและมัดด้วยยาง เพื่อให้สามารถระบายอากาศได้ หมักที่อุณหภูมิห้องประมาณ 25–30 องศาเซลเซียส ในที่มืด เป็นระยะเวลา 15–30 วัน เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก นำผลิตภัณฑ์มากรองเพื่อแยกตะกอน แล้วบรรจุลงในขวดแก้วปริมาตร 200 มิลลิลิตร จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ รวมถึงการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อไป ทั้งนี้ ขั้นตอนการผลิตแสดงไว้ใน ภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการหมักเครื่องดื่มคอมบูชา

3. การศึกษาชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักเครื่องดื่มคอมบูชา

วัตถุดิบที่ใช้ในการหมักครั้งนี้เป็นวัตถุดิบที่มาจากเศษตัดแต่งคุณภาพผักเคล ได้แก่ ผักเคลที่ใบแก่เกินไป ใบจุดเล็ก ๆ ใบขาด เป็นต้น และพืชท้องถิ่นในจังหวัดเพชรบูรณ์ ที่ต้องการนำมาเพิ่มมูลค่า ได้แก่ ขิง มะม่วง และมะขามเปรี้ยว ซึ่งจะนำมาเป็นวัตถุดิบร่วมกับผักเคล โดยศึกษาสูตรพื้นฐาน 5 สูตรที่มีวัตถุดิบในการหมักที่แตกต่างกัน โดยใช้ผักเคลเป็นวัตถุดิบหลักในการหมักเครื่องดื่มคอมบูชา จำนวน 5 สูตร โดยเพิ่มพืชที่มีท้องถิ่น ดังต่อไปนี้

สูตรที่ 1 ชาดำ (สูตรควบคุม)
สูตรที่ 2 ผักเคล
สูตรที่ 3 ผักเคล : ขิง (อัตราส่วน 1:1)
สูตรที่ 4 ผักเคล : มะม่วง (อัตราส่วน 1:1)
สูตรที่ 5 ผักเคล : มะขามเปรี้ยว (อัตราส่วน 1:1)

ตารางที่ 1 สูตรพื้นฐานของเครื่องดื่มคอมบูชา

ส่วนผสม	น้ำหนักของวัตถุดิบ (กรัม)				
	1	2	3	4	5
ชาดำ	500	-	-	-	-
ผักเคล	-	500	250	250	250
ขิง	-	-	250	-	-
มะม่วง	-	-	-	250	-
มะขาม	-	-	-	-	250
น้ำตาลทราย	400	400	400	400	400
หัวเชื้อสโกบี้	500	500	500	500	500
น้ำสะอาด	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000

4. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา

นำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาที่หมักครบ 30 วัน แล้วนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา คัดเลือกผู้ทดสอบที่เป็นผู้สูงอายุ (มีอายุมากกว่าหรือเท่ากับ 60 ปีขึ้นไป) จำนวน 50 คน โดยวิธีการสุ่มแบบสะดวก จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริโภคทั่วไปที่เคยดื่มเครื่องดื่มคอมบูชา จำนวน 25 คน และกลุ่มผู้สูงอายุที่รักสุขภาพขณะไปออกกำลังกายที่สวนสาธารณะจังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 25 คน ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale โดยพิจารณาคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ดังนี้ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ทั้งนี้กระบวนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ (รหัส PCRU-REC NO. 009/2567)

เมื่อได้ผลที่การยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดจาก ตารางที่ 1 มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ โดยทำการวัดค่าจำนวน 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ได้แก่

4.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L*, a*, b*) วิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่อง Colorimeter (ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Quest XE, USA)

4.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) โดยใช้เครื่องวัดความหวานชนิดจุ่มสัมผัสกับอาหาร (Refractometer) และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Schott รุ่น G0842, Switzerland ปริมาณสารตกค้าง ตามวิธีการ AOAC, (2019) ได้แก่ ตะกั่ว สารหนู สารกันบูด (Benzoic acid) ซอร์บิค (Sorbic acid) และคาเฟอิน (Caffein)

4.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์ ตามวิธีการ Bacteriological Analytical Manual (FDA, 2024) ได้แก่ จำนวนยีสต์และราทั้งหมด (Total Yeast & Mold Count), *Escherichia coli, Salmonella* และ *Staphylococcus aureus*

5. การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชา

ผู้บริโภค โดยประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา คัดเลือกผู้ทดสอบที่เป็นผู้สูงอายุ (มีอายุมากกว่าหรือเท่ากับ 60 ปีขึ้นไป) จำนวน 50 คน โดยวิธีการสุ่มแบบสะดวก จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริโภคทั่วไปที่เคยดื่มเครื่องดื่มคอมบูชา จำนวน 25 คนและกลุ่มผู้สูงอายุที่รักสุขภาพขณะไปออกกำลังกายที่สวนสาธารณะจังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 25 คน ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale โดยพิจารณาคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ดังนี้ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม

6. การถ่ายทอดเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาสู่ชุมชน

โดยจัดโครงการอบรมการถ่ายทอดองค์ความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาและอบรมเชิงปฏิบัติการ ในแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนวังซองร่วมใจรักษ์ ตำบลท่าพล อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยกำหนดผู้เข้าร่วมอบรมโดยเป็นกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกผักเคล และผู้ที่สนใจในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ผักเคล จำนวน 30 คน

7. การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพของผลิตภัณฑ์คอมบูชา จำนวน 3 ซ้ำ ตามแผนการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple rang test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design: RCBD) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินทางประสาทสัมผัส โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple rang test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. การศึกษาชนิดของวัตถุดิบในการหมักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา

ผลการคัดเลือกสูตรพื้นฐานการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชา การทดลองครั้งนี้ได้ทำการศึกษาพัฒนาสูตรเครื่องดื่มคอมบูชาที่เหมาะสมจากสูตร (ตารางที่ 1) ได้เครื่องดื่มคอมบูชา จำนวน 5 สูตร โดยเพิ่มพืชที่มีท้องถิ่น ดังต่อไปนี้

สูตรที่ 1 ใช้ชาดำหมัก เป็นสูตรควบคุม
สูตรที่ 2 ใช้ผักเคล 100 เปอร์เซ็นต์
สูตรที่ 3 ใช้ผักเคล: ขิง ในอัตราส่วน 1:1
สูตรที่ 4 ใช้ผักเคล: มะม่วง ในอัตราส่วน 1:1
สูตรที่ 5 ใช้ผักเคล: มะขามเปรี้ยว ในอัตราส่วน 1:1

กระบวนการหมักเครื่องดื่มคอมบูชาดำเนินการเป็นระยะเวลา 30 วัน โดยทำการ เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทุก ๆ 7 วัน (วันที่ 0 7 14 21 และ 30 ของการหมัก) เพื่อใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการหมัก ทั้งในด้านลักษณะปรากฏและคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่า pH ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ °Brix) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เครื่องดื่มคอมบูชาจำนวน 5 สูตร

ภายหลังสิ้นสุดระยะเวลาการหมักครบ 30 วัน ผลิตภัณฑ์ถูกนำมากรอง บรรจุในภาชนะ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0–5 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมสำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทั้งนี้ การประเมินทางประสาทสัมผัสดำเนินการกับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักครบ 30 วันแล้วเท่านั้น โดยไม่ได้นำตัวอย่างจากช่วงระหว่างการหมักมาใช้ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค เครื่องดื่มคอมบูชาที่ใช้ในการประเมินทางประสาทสัมผัสเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเสร็จสมบูรณ์และเก็บรักษาภายใต้สภาวะควบคุม โดยทำการทดสอบภายในช่วงอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสม ทั้งนี้ จากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (0–5 องศาเซลเซียส) เครื่องดื่มคอมบูชาสามารถคงคุณภาพได้อย่างน้อย 7 วันหลังการบรรจุ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคในงานวิจัยนี้

ตารางที่ 2 การยอมรับของผู้บริโภคต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	สูตรเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ				
	1	2	3	4	5
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	8.12±1.45	8.28±1.23	7.15±1.18	7.35±1.62	7.32±1.25
สี	6.18±1.57^{e}	7.34±1.84^{a}	6.86±1.27^{c}	7.02±1.23^{b}	6.34±14 5^{d}
กลิ่น ^{ns}	6.15±1.47	6.18±1.78	6.62±1.65	5.62±1.73	5.12±1.51
รสชาติ ^{ns}	6.86±1.65	6.28±1.54	7.54±1.55	6.78±1.82	6.52±1.65
ความชอบโดยรวม	7.12±1.60^{c}	8.05±1.60^{a}	7.85±1.26^{b}	6.92±1.45^{d}	6.65±1.23^{e}

หมายเหตุ : ตัวอักษร ^{a,b,c,d,e} ค่าอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันทางสถิติ ($p< 0.05$) ด้วยการทดสอบ DMRT
ตัวอักษร ^{ns} แสดงถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

เครื่องดื่มคอมบูชา ทั้ง 5 สูตรมีลักษณะปรากฏ ของเหลวใสทั้งหมด และมีสีที่แตกต่างกันไปตามวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก จากตารางที่ 2 พบว่า สีของเครื่องดื่มคอมบูชาที่หมักด้วยผักเคล ผู้บริโภคให้ความชอบโดยรวมมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.34 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรอื่นๆ เนื่องจากวัตถุดิบแต่ละชนิดจะให้สีของชาหมักที่แตกต่างกันไปตามวัตถุดิบที่ใช้หมัก โดยเฉพาะสีของชาดำที่เป็นสูตรควบคุม และสูตรที่ 3 ที่ใช้มะม่วงเป็นวัตถุดิบ จะให้สีน้ำตาล ซึ่งมีสีที่แตกต่างจากสูตรอื่นๆ ที่มีสีเหลืองออกน้ำตาลที่ใกล้เคียงกัน จึงมีผลต่อความชอบของผู้บริโภค ส่วนกลิ่นและรสชาติของเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ มีค่าไม่แตกต่างกัน ความชอบโดยรวมพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจในสูตรที่ 2 มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.05 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรอื่น ๆ ดังนั้นสูตรที่ 2 เป็นสูตรที่มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด และผู้วิจัยได้เลือกสูตรที่ 2 ซึ่งมาจากวัตถุดิบผักเคล 100 เปอร์เซ็นต์ และนำมาศึกษาคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

2. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา

จากผลการทดลองคุณภาพกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L*, a*, b* ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา ทั้ง 5 สูตร พบว่า ค่า L* มีค่าอยู่ระหว่าง 40.12- 42.51 ซึ่งค่า L* ของสูตรที่ 2 (ผักเคล) มีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แสดงถึงลักษณะสีที่มีความสว่างมากกว่าสูตรอื่น ส่วนค่า a* มีค่าอยู่ระหว่าง 1.38-1.70 และ b* มีค่าอยู่ระหว่าง 4.32-6.60 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยค่า a* ที่เป็นบวกเล็กน้อยสะท้อนการลดลงของความเป็นสีเขียว ขณะที่ค่า b* ที่เป็นบวกแสดงแนวโน้มสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุธรรมชาติในผักเคลภายใต้สภาวะความเป็นกรดระหว่างการหมัก ส่วนคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาก่อน และหลังจากการหมักเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า ทั้ง 5 สูตร มีค่า pH อยู่ในช่วง 2.51–3.53 และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ลดลงเหลือ 2.6–8.0 °Brix โดยสูตรที่ 5 มีค่าเฉลี่ยของค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดก่อนการหมักมากที่สุดเท่ากับ 9.4 °Brix และสิ้นสุดการหมักสูตรที่ 3 (ขิง) มีค่าเฉลี่ยของค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 8.0 °Brix ซึ่งไม่แตกต่างกันในทุกสูตรการทดลอง (p>0.05) แต่มีแนวโน้มลดลงทุกสูตร ยกเว้นสูตรที่ 4 (มะม่วง) ที่มีค่าลดลงมากที่สุด อาจเนื่องมาจากชนิดของวัตถุดิบในการหมัก จึงทำให้มีค่าลดลงแบบไม่คงที่ ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) มีค่าเฉลี่ยที่ลดลงทั้ง 4 สูตร ยกเว้นสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรควบคุม จะมีค่า pH ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่แตกต่างกันในทุกสูตรการทดลอง (p>0.05) ซึ่งแสดงการใช้คาร์โบไฮเดรตโดยจุลินทรีย์อย่างต่อเนื่อง แนวโน้มค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) สอดคล้องกับกลไกการหมักคอมบูชาที่มีค่า pH ลดลงพร้อมกับ °Brix ลดลง ดังแสดงผลในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าสี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ก่อนและหลังการหมักเครื่องดื่มคอมบูชาเป็นเวลา 30 วัน

สูตรเครื่องดื่มคอมบูชา	ค่าสี			ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)		ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	
	L*	a*	b*	ก่อน ^{ns}	หลัง ^{ns}	ก่อน ^{ns}	หลัง ^{ns}
1	40.12±0.13^{e}	1.65±0.34^{b}	4.50±0.24^{d}	9.0±1.02	6.0±1.00	3.37±0.12	3.53±0.11
2	42.51±0.23^{a}	1.41 ±0.14^{d}	6.60 ±0.13^{a}	9.3 ±1.02	6.4±1.02	3.37±0.14	2.51±0.12
3	42.36±0.12^{c}	1.45±0.23^{c}	4.32±0.29^{e}	8.6 ±1.01	8.0±1.02	3.33±0.13	2.90±0.13
4	40.89±0.23^{d}	1.70±0.42^{a}	5.56±0.32^{b}	9.0 ±1.01	2.6±1.02	3.90±0.14	3.31±0.14
5	42.45±0.14^{b}	1.38 ±0.24^{e}	4.75±0.30^{c}	9.4 ±1.03	5.0±1.03	2.50±0.12	1.98±0.13

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a,b,c,d,e} ค่าอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันทางสถิติ (p< 0.05) ด้วยการทดสอบ DMRT
ตัวอักษร ^{ns} แสดงถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

จากตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มคอมบูชา ได้แก่ ตะกั่ว สารหนู ซึ่งตรวจไม่พบในเครื่องดื่มคอมบูชา แต่ตรวจพบสารกันบูด ได้แก่ เบนโซอิก (Benzoic acid) และซอร์บิค (Sorbic acid) เท่ากับ 15.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสูตรที่ 3 และ 36.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสูตรที่ 1 ทั้งนี้การตรวจพบสารดังกล่าว อาจเกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีรายงานว่า Benzoic acid สามารถพบได้ตามธรรมชาติในอาหารหลายชนิด รวมถึงผลไม้ ผัก เครื่องเทศ และถั่ว และยังอาจเกิดขึ้นได้ในปริมาณต่ำจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมักในผลิตภัณฑ์อาหารบางประเภท ดังนั้น การตรวจพบ Benzoic acid ในเครื่องดื่มหมักจึงอาจสัมพันธ์กับองค์ประกอบของวัตถุดิบพืชที่ใช้ (เช่น ชา หรือวัตถุดิบสมุนไพรหรือผลไม้ที่นำมาใช้ในสูตร) และ/หรือเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์ระหว่างการหมักที่ทำให้เกิดสารประกอบกรดอินทรีย์บางชนิดในผลิตภัณฑ์หมัก ส่วนคาเฟอีนพบปริมาณ 1.86 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสูตรที่ 1 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเครื่องดื่มประเภทชาตามมาตรฐานกำหนดประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุปิดสนิท ฉบับที่ 356 พ.ศ. 2556 (Ministry of Public Health, 2013) และเนื่องจากเครื่องดื่มคอมบูชาเป็นผลิตภัณฑ์หมักที่เกิดจากกิจกรรมของยีสต์ซึ่งสามารถสร้างเอทานอลระหว่างกระบวนการหมักได้ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดแอลกอฮอล์ตกค้างในผลิตภัณฑ์ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่เกี่ยวข้อง กำหนดให้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในผลิตภัณฑ์อาหาร รวมถึงแอลกอฮอล์ที่ใช้ในกรรมวิธีการผลิต ต้องมีปริมาณรวมกันไม่เกิน ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ควบคุมอัตราส่วนหัวเชื้อ ระยะเวลา และอุณหภูมิการหมัก เพื่อจำกัดการสร้างเอทานอลให้อยู่ในระดับต่ำ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้

ยังไม่ได้ดำเนินการวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ตกค้างโดยตรง จึงควรมีการตรวจวิเคราะห์เพิ่มเติมในอนาคตเพื่อยืนยันความสอดคล้องกับข้อกำหนดทางกฎหมาย และเพิ่มความเชื่อมั่นด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4 ค่าคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา

องค์ประกอบทางเคมี	ผลการทดสอบ มิลลิกรัมต่อลิตร	มาตรฐาน มิลลิกรัมต่อลิตร (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 356)
ตะกั่ว	ND	≤ 0.5
สารหนู	ND	≤ 0.2
สารกันบูด (Benzoic acid)	15.40	≤ 100
ซอร์บิค (Sorbic acid)	36.10	≤ 100
คาเฟอิน (Caffein)	1.86	≥ 1.5

หมายเหตุ : ตัวอักษร ND = Not Detect แสดงถึงตรวจไม่พบ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา ตารางที่ 5 พบว่า ตรวจไม่พบปริมาณยีสต์และราทั้งหมด *(Salmonella* และ *Staphylococcus aureus)* แต่ตรวจพบปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (*Coliform* bacteria) ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1.1 MPN/100 มิลลิลิตร ในทุกสูตรการทดลอง โดยมีปริมาณน้อยกว่ามาตรฐานกำหนด ตามมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุปิดสนิท ฉบับที่ 356 พ.ศ. 2556 (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 356) พ.ศ. 2556 เรื่อง เครื่องดื่มประเภทชาในภาชนะบรรจุปิดสนิท, 2556) ทั้งนี้ผลที่ไม่พบเชื้อที่ก่อให้เกิดโรค สำหรับปริมาณ *Escherichia coli* มีค่าน้อยกว่า 1.1 MPN/100 มิลลิลิตร ซึ่งมาตรฐานกำหนดต้องไม่พบในผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมากจากขั้นตอนการบรรจุเครื่องดื่มชาหมักบรรจุลงขวดพลาสติก อาจมีการสัมผัสมือคนบรรจุจึงมีผลทำให้มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ลงในผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้น ควรเฝ้าระวังและปรับปรุงขั้นตอนสุขลักษณะในกระบวนการผลิตเพื่อลดความเสี่ยงของการปนเปื้อน *E. coli* ให้เป็นศูนย์เพื่อเพิ่มความมั่นใจด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์และเป็นไปตามมาตรฐานสากล

ตารางที่ 5 ค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา

คุณภาพทางจุลินทรีย์	ผลการทดสอบ	มาตรฐาน (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 356)
ปริมาณยีสต์และราทั้งหมด (Total Yeast & Mold Count) (CFU/g)	ND	ต้องไม่พบ
Coliform (MPN/100 ml)	< 1.1	< 2.2
Escherichia coli (MPN/100 ml)	< 1.1	ต้องไม่พบ
Salmonella (100 ml)	ND	ต้องไม่พบ
Staphylococcus aureus (100 ml)	ND	ต้องไม่พบ

หมายเหตุ : ตัวอักษร ND = Not Detect แสดงถึงตรวจไม่พบ

3. การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชา

ผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชาจากผักเคล ซึ่งพัฒนาจากสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงสุด (สูตรที่ 2) ถูกนำมาประเมินการยอมรับของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนการนำไปพัฒนาเพื่อการจำหน่ายในชุมชน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคเป็น ผู้สูงอายุจำนวน 50 คน แบ่งเป็น เพศชาย 18 คน และเพศหญิง 32 คน มีอายุอยู่ในช่วง 60–75 ปี ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายหลักของผลิตภัณฑ์ การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างดำเนินการตามเกณฑ์ที่กำหนดในวิธีการดำเนินการวิจัย โดยผู้เข้าร่วมการทดสอบทุกคนมีสุขภาพทั่วไปปกติ สามารถรับรู้รสชาติและกลิ่นได้ตามปกติ และยินยอมเข้าร่วมการประเมินทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาที่นำมาทดสอบผ่านกระบวนการเตรียมโดยนำผักเคลอบแห้งมาต้มกับน้ำสะอาดในอัตราส่วน 500 กรัมต่อน้ำ 3 ลิตร เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นกรองเอากากผักเคลออก เติมน้ำตาลทราย 400 กรัม และต้มจนละลายเข้ากัน ลดอุณหภูมิลงจนเหลือประมาณ 50 องศาเซลเซียส แล้วเติมชาหมักคอมบูชาจากผักเคลสูตรที่ 2 ปริมาณ

500 มิลลิลิตร ก่อนบรรจุลงในขวดพลาสติกชนิด Polyethylene terephthalate (PET) ปริมาตร 250 มิลลิลิตร และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0–5 องศาเซลเซียส จนถึงขั้นตอนการทดสอบ การประเมินการยอมรับของผู้บริโภคดำเนินการโดยใช้แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ให้คะแนนตามวิธี 9-point hedonic scale (Chompreeda, 2013)

ตารางที่ 6 ค่าการยอมรับของผู้บริโภคต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา

คุณลักษณะ	ระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชา
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	6.72±1.12
สี ^{ns}	6.55±1.89
กลิ่น ^{ns}	6.31±1.75
รสชาติ	6.69±1.77^{a}
ความชอบโดยรวม	7.67±1.45^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษร ^{a,b,c},ค่าอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันทางสถิติ ($p< 0.05$) ด้วยการทดสอบ DMRT
เกณฑ์ที่ใช้วัดระดับความพึงพอใจโดยวิธี 9-point hedonic scale (Chompreeda, 2013) มีดังนี้

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

จากตารางที่ 6 พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชา ที่ใช้ผักเคลในการหมัก ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมพบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.72±1.12 6.55±1.89 6.31±1.75 และ 6.69±1.77 ตามลำดับ ซึ่งมีความพึงพอใจในระดับเล็กน้อย ในขณะเดียวกันความชอบโดยรวมพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.67±1.45 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพด้านสีและคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์

4. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาสู่ชุมชน

จัดโครงการอบรมการถ่ายทอดองค์ความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาจากผักเคลที่เหลือจากการจัดแต่งคุณภาพ ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในวันที่ 12 กรกฎาคม 2567 ณ เกษตรกรกลุ่มวิสาหกิจชุมชนวังซองร่วมใจรักษ์ ตำบลท่าพล อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยกำหนดผู้เข้าร่วมอบรม จำนวน 30 คน รวมถึงการประเมินความพึงพอใจในการเข้าร่วมโครงการ (ภาพที่ 3) และต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา ที่กลุ่มเกษตรกรผลิตและจำหน่ายในตลาดชุมชน (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 3 รวมภาพการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน



ภาพที่ 4 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชา จำหน่ายในตลาดชุมชน

ข้อมูลที่ได้จากการประเมินความพึงพอใจพบว่า ด้านหัวข้อการถ่ายทอดองค์ความรู้และอบรมเชิงปฏิบัติการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาจากผักเคล ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58±0.63 และ 4.64±0.55 เนื่องจากว่า เกษตรกรไม่เคยแปรรูปผลิตภัณฑ์นี้มาก่อน และทางด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80±0.52 และการประเมินความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมดพบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการมีระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75±0.55 ดังตารางที่ 7 ผลวิจัยนี้สอดคล้องกับ Jaiswal *et al*. (2020) ที่กล่าวว่า การถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการแปรรูปอาหารโดยใช้แนวทาง Participatory training และการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ (Hands-on learning) ทำให้เกษตรกรสามารถพัฒนาทักษะการผลิตและการจัดการผลิตภัณฑ์ได้ดียิ่งขึ้น และยังช่วยเพิ่มโอกาสในการสร้างรายได้เสริมจากการต่อยอดผลิตภัณฑ์ท้องถิ่น นอกจากนี้ Kumar & Yadav (2022) รายงานว่า การสร้างเครือข่ายระหว่างมหาวิทยาลัยกับวิสาหกิจชุมชนในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตอาหารสุขภาพ มีส่วนสำคัญในการยกระดับเศรษฐกิจฐานราก เนื่องจากไม่เพียงแต่ถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านเทคนิคการผลิตเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการจัดการคุณภาพและการตลาด ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถแข่งขันได้ในเชิงพาณิชย์

ตารางที่ 7 ระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมอบรม

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจ	
	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. การถ่ายทอดองค์ความรู้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา	4.58±0.63	มากที่สุด
2. อบรมเชิงปฏิบัติการการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา	4.64±0.55	มากที่สุด
3. ความรู้ที่ได้รับตรงตามวัตถุประสงค์/ความต้องการของผู้เข้าอบรม	4.75±0.44	มากที่สุด
4. เนื้อหาที่ได้รับ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและการทำงานได้	4.85±0.51	มากที่สุด
	4.75±0.57	มากที่สุด
5. ความรู้จากการอบรมสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นองค์ความรู้ใหม่ได้	4.80±0.52	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย		
ความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด	4.75±0.55	มากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

1. การศึกษาชนิดของวัตถุดิบในการหมักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา

การทดลองได้พัฒนาสูตรเครื่องดื่มคอมบูชา 5 สูตร โดยใช้เศษตัดแต่งคุณภาพของผักเคลเป็นวัตถุดิบหลัก ร่วมกับพืชท้องถิ่น ได้แก่ ขิง มะม่วง และมะขามเปรี้ยวพบว่า สูตรที่ 2 (ผักเคล 100%) ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุดในด้านสี (7.34±1.84) และการยอมรับโดยรวม (8.05±1.60) ซึ่งแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เนื่องจากมีค่าสี L* และ b* สูง แสดงถึงความใสและสีเหลืองที่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับ Sinamo *et al*. (2022) ที่ระบุว่า การเปลี่ยนแปลงสีและความใสของคอมบูชาเกิดจากกระบวนการหมักและการลดลงของค่า pH และ °Brix อีกส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากผักเคลมีสารโพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และสารต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ใน SCOBY และการสร้างกรดอินทรีย์ในระหว่างการหมัก งานวิจัยของ Satheesh & Fanta (2020) รายงานว่า เคลเป็นผักที่มีศักยภาพสูงในการใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอาหารฟังก์ชัน เนื่องจากอุดมด้วยสารพฤกษเคมีที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ อีกทั้งยังมีรายงานวิจัยของ Melanie *et al*. (2022) ที่ได้ทดลองการหมักผักใบเขียวชนิดอื่น เช่น ผักโขม (*Amaranthus spp.*) และบล็อกโคลี เป็นเครื่องดื่มคอมบูชา (kombucha culture) ซึ่งพบว่า สามารถเพิ่มปริมาณพอลิฟีนอลและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักหมักได้ งานวิจัยเหล่านี้สนับสนุนแนวคิดการใช้ผักใบเขียวเป็นวัตถุดิบหมักด้วย SCOBY ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและศักยภาพเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหมัก

2. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา

คุณภาพกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L*, a*, b* ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา ทั้ง 5 สูตรพบว่า ค่า L* ของสูตรที่ 2 มีค่าสูงที่สุด (42.51) ค่า b* (6.60) และค่า a* (1.70) แตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) แสดงถึงความใสและสีเหลืองอ่อนที่เด่นชัด การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสัมพันธ์กับค่า pH และของแข็งที่ละลายได้ซึ่งลดลง รวมทั้งการทำงานของจุลินทรีย์ที่มากขึ้น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเม็ดสีและลักษณะความใสของเครื่องดื่ม (Sinamo *et al*., 2022) ส่วนคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพก่อน และหลังจากการหมักเป็นระยะเวลา 30 วันพบว่า ทั้ง 5 สูตร มีค่า pH อยู่ระหว่าง 2.51–3.53 และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) ลดลงจาก 9.0–9.4 เหลือ 2.6–8.0 โดยไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) แต่มีแนวโน้มลดลงทุกสูตร ยกเว้นสูตรที่ 4 (มะม่วง) ที่มีค่าลดลงมากที่สุด อาจเนื่องมาจากชนิดของวัตถุดิบในการหมัก จึงทำให้มีค่าลดลงแบบไม่คงที่ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Suriwong (2023) ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) มีค่าเฉลี่ยที่ลดลงทั้ง 4 สูตร ยกเว้นสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรควบคุม จะมีค่า pH ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่แตกต่างกันในทุกสูตรการทดลอง (p>0.05) ซึ่งแสดงการใช้คาร์โบไฮเดรตโดยจุลินทรีย์อย่างต่อเนื่อง แนวโน้มค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) สอดคล้องกับกลไกการหมักคอมบูชา การที่ pH ลดลงพร้อมกับ °Brix ลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Achala *et al*. (2023) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียกรดอะซิติก กรดแลกติกและยีสต์ใน SCOBY เปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดอินทรีย์ (เช่น อะซิติก กลูโคนิก กลูคูโรนิก) ทำให้เครื่องดื่มมีความเป็นกรดและเสถียรภาพทางจุลินทรีย์ดีขึ้น (Alves *et al*. 2025) และจากการรายงานค่าความเป็นกรดเป็นด่างของเครื่องดื่มชาหมักคอมบูชาที่เหมาะสม จะต้องอยู่ในช่วง 2.5-4.2 (FDA, 2023)

องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มคอมบูชา ได้แก่ ตะกั่ว สารหนู ซึ่งตรวจไม่พบในเครื่องดื่มคอมบูชา แต่ตรวจพบสารกันบูด ได้แก่ กรดเบนโซอิก (Benzoic acid) และซอร์บิค (Sorbic acid) เท่ากับ 15.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสูตรที่ 3 และ 36.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสูตรที่ 1 ทั้งนี้การตรวจพบสารดังกล่าว อาจเกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีรายงานว่า กรดเบนโซอิกสามารถพบได้ตามธรรมชาติในอาหารหลายชนิด รวมถึงผลไม้ ผัก เครื่องเทศ และถั่ว และยังอาจเกิดขึ้นได้ในปริมาณต่ำจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมักในผลิตภัณฑ์อาหารบางประเภท ดังนั้น การตรวจพบกรดเบนโซอิกในเครื่องดื่มหมักจึงอาจสัมพันธ์กับองค์ประกอบของวัตถุดิบพืชที่ใช้ (เช่น ชา หรือวัตถุดิบสมุนไพร/ผลไม้ที่นำมาใช้ในสูตร) และ/หรือเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์ระหว่างการหมักที่ทำให้เกิดสารประกอบกรดอินทรีย์บางชนิดในผลิตภัณฑ์หมัก (Jang *et al*., 2025) ส่วนคาเฟอินพบปริมาณ 1.86 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสูตรที่ 1 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเครื่องดื่มประเภทชา ตามมาตรฐานกำหนดประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุปิดสนิท ฉบับที่ 356 พ.ศ.2556 (Ministry of Public Health, 2013) แสดงว่า เครื่องดื่มคอมบูชา มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และเนื่องจากเครื่องดื่มคอมบูชาเป็นผลิตภัณฑ์หมักที่เกิดจากกิจกรรมของยีสต์ซึ่งสามารถสร้างเอทานอลระหว่างกระบวนการหมักได้ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดแอลกอฮอล์ตกค้างในผลิตภัณฑ์ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่เกี่ยวข้อง กำหนดให้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ

ในผลิตภัณฑ์อาหาร รวมถึงแอลกอฮอล์ที่ใช้ในกรรมวิธีการผลิต ต้องมีปริมาณรวมกันไม่เกิน ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ควบคุมอัตราส่วนหัวเชื้อ ระยะเวลา และอุณหภูมิการหมัก เพื่อจำกัดการสร้างเอทานอลให้อยู่ในระดับต่ำ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังไม่ได้ดำเนินการวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ตกค้างโดยตรง จึงควรมีการตรวจวิเคราะห์เพิ่มเติมในอนาคตเพื่อยืนยันความสอดคล้องกับข้อกำหนดทางกฎหมาย และเพิ่มความเชื่อมั่นด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์

คุณภาพทางจุลินทรีย์และความปลอดภัย ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรค เช่น *Salmonella* spp. *Staphylococcus aureus* ยีสต์ และรา ค่า Coliform ต่ำกว่า 1.1 MPN/100 มิลลิลิตร อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย การไม่พบเชื้อก่อโรค เช่น *Salmonella* spp. และ *Staphylococcus aureus* ยืนยันความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับ Jayabalan *et al*. (2020) ที่รายงานว่าค่า pH ต่ำกว่า 4 สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ได้

3. การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชา

จากการศึกษาการยอมรับจากผู้บริโภคผู้สูงอายุ ให้คะแนนความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ ที่ใช้ผักเคลในการหมัก ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมพบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง (7.67±1.45) โดยมีความชอบในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และสีในระดับพอใจถึงปานกลาง แสดงถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุที่มองหาเครื่องดื่มสุขภาพ งานวิจัยของ Granato *et al*. (2020) แสดงให้เห็นว่า ความพึงพอใจของผู้บริโภคเป็นปัจจัยสำคัญต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ฟังก์ชันฟู้ด และผู้สูงอายุเป็นกลุ่มที่มักให้ความสำคัญกับความปลอดภัยและคุณค่าทางโภชนาการมากกว่ารสชาติอย่างเดียว

4. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาสู่ชุมชน

การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน เกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการจำนวน 30 คน ให้คะแนนความพึงพอใจในระดับมากที่สุด (4.75±0.55) ทั้งในด้านองค์ความรู้และการประยุกต์ใช้ โดยผลิตภัณฑ์ต้นแบบได้รับการต่อยอดสู่การจำหน่ายในตลาดชุมชน ในขณะเดียวกันการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนได้รับการยอมรับสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับ Jaiswal *et al*. (2020) และ Kumar & Yadav (2022) ที่ชี้ว่า การอบรมเชิงปฏิบัติการและเครือข่ายมหาวิทยาลัยกับวิสาหกิจชุมชนช่วยสร้างศักยภาพในการผลิตและเพิ่มรายได้ท้องถิ่น ดังนั้น งานวิจัยนี้ไม่เพียงแสดงถึงศักยภาพของผักเคลเศษตัดแต่งในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คอมบูชาเชิงฟังก์ชัน แต่ยังมีส่วนสำคัญต่อการลดของเสียทางการเกษตรและสนับสนุนเศรษฐกิจหมุนเวียนอย่างยั่งยืน

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาชนิดของวัตถุดิบในการหมักผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคอมบูชา สำหรับผู้สูงอายุพบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับเครื่องดื่มคอมบูชา สูตรที่ 2 จากผักเคลมากที่สุด โดยมีคะแนนเท่ากับ 8.05±1.60 และเมื่อนำไปศึกษาคุณภาพทางกายภาพโดยมีค่าสี L*, a*, b* พบว่า ค่า L* ของสูตรที่ 2 (ผักเคล) มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 42.51 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อเทียบกับสูตรอื่นๆ ส่วนค่า a* มีค่าอยู่ระหว่าง 1.38-1.70 และ b* มีค่าอยู่ระหว่าง 4.32-6.60 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) มีค่าเท่ากับ 6.4±1.02 และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เท่ากับ 2.51±0.12 และคุณภาพทางจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย เมื่อนำมาพัฒนาเป็นสูตรต้นแบบเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพ จากผักเคล ผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจที่ระดับปานกลางเท่ากับ 7.67±1.45 สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาเพื่อสุขภาพสู่ชุมชนพบว่า ผู้เข้าร่วมอบรมให้คะแนนความพึงพอใจในระดับมากที่สุดเท่ากับ 4.75 ± 0.55 ซึ่งทำให้เห็นถึงศักยภาพในการขยายผลและการนำไปใช้จริงในระดับชุมชน ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเศษตัดแต่งผักเคลสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเครื่องดื่มคอมบูชาเชิงฟังก์ชันที่ปลอดภัย มีคุณค่าทางโภชนาการ และได้รับการยอมรับจากผู้สูงอายุ ซึ่งไม่เพียงช่วยลดปัญหาของเสียทางการเกษตร แต่ยังเป็นแนวทางที่ยั่งยืนในการส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุ และสนับสนุนเศรษฐกิจหมุนเวียนในระดับท้องถิ่นอีกด้วย

ถึงแม้ว่างานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการประเมินคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และการยอมรับของผู้บริโภคเป็นหลัก แต่ยังไม่ได้ดำเนินการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ปริมาณสารฟีนอลรวม (Total phenolic content) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) อย่างไรก็ตาม ผักเคลจัดเป็นผักใบเขียวที่มีรายงานว่ามีสารพฤกษเคมีหลายชนิด ได้แก่ โพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์ กลูโคซิโนเลต และวิตามินซี ซึ่งสารเหล่านี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการหมักด้วย SCOBY มีรายงานว่า กระบวนการหมักคอมบูชาสามารถเพิ่มความสามารถในการต้าน

อนุมูลอิสระและเพิ่มปริมาณสารฟีนอลอิสระได้ เนื่องจากการย่อยสลายสารประกอบเชิงซ้อนโดยเอนไซม์จากยีสต์และแบคทีเรียกรดอะซิติก ทำให้เกิดสารประกอบที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพสูงขึ้น (Jayabalan *et al*., 2014; Villarreal-Soto *et al*., 2018) ดังนั้น คาดว่าการหมักผักเคลด้วยหัวเชื้อทางการค้า SCOBY อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์และความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ในเชิงอาหารฟังก์ชัน การศึกษาครั้งต่อไปควรวิเคราะห์ปริมาณ Total phenolics, Total flavonoids และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น DPPH, ABTS หรือ FRAP เพื่อยืนยันศักยภาพเชิงสุขภาพของผลิตภัณฑ์อย่างเป็นรูปธรรม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงานวิจัย พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ 2567 และได้รับความร่วมมือจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เกษตรกรกลุ่มวิสาหกิจชุมชนวังซองร่วมใจรักษ์ และนักศึกษาสาขาวิชาเกษตรศาสตร์เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

Achala Gupta, N. S., Bareen, M. A., Sharma, N. & Sahu, J. K. (2023). Kombucha fermentation: Recent trends in process dynamics, functional bioactivities, toxicity management, and potential applications. *Food Chemistry Advances*, *3*, 100421.

Alves, R. O., de Oliveira, R. L., de Moraes, M. M., Santos, W. W. V., da Câmara, C. A. G., da Silva, S. P., *et al*., (2025). Evaluation of the impact of fermentation conditions, scale up and stirring on physicochemical parameters, antioxidant capacity and volatile compounds of green tea kombucha. *Fermentation*, *11*(4), 201.

AOAC. (2019). *Official methods of analysis of AOAC International* (21st ed.). In G. Latimer Jr. (Ed.). AOAC International.

Wang, B., Rutherfurd-Markwick, K., Zhang, X. & Mutukumira, A. N. (2022). Kombucha: Production and Microbiological Research. *Foods*, *31*(21), 3456.

Chompreeda, P. (2013). *Sensory quality evaluation and consumer acceptance* (2nd ed.). Department of Product Development, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University. (in Thai).

Food and Drug Administration, Ministry of Public Health. Division of Food. (2023). *Guidelines for risk management in kombucha brewing processes* [Online]. Retrieved June 25, 2023, from: https://food.fda.moph.go.th/for-entrepreneurs5/kombucha-brewing (in Thai).

Food and Drug Administration. (2024). *Bacteriological Analytical Manual (BAM).* FDA BAM [Online]. Retrieved December 12, 2024, from: https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manual-bam.

Grand View Research. (2024). Kombucha market size, share & trends analysis report by flavor (original, flavored), by distribution channel (supermarkets & hypermarkets, health stores, online), by region, and segment forecasts [Online]. Retrieved July 20, 2025, from: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/kombucha-market.

Granato, D., Barba, F. J., Bursać Kovačević, D., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G. & Putnik, P. (2020). Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual Review of Food Science and Technology, 11*, 93–118.

Melanie, H., Susilowati, A., Maryati, Y. & Lotulung, P. D. (2022). Fermentation of spinach (*Amaranthus spp.*) and broccoli (*Brassica oleracea* L.) using kombucha culture as natural source of folic acid for functional food. *International Seminar on Chemistry Proceeding*, *4,* 39-49.

Jaiswal, A. K., Rajauria, G., Abu-Ghannam, N. & Gupta, S. (2020). Enhancing sustainability of the food supply chain through knowledge transfer: A case study with smallholder farmers. *Sustainability*, *12*(4), 1673.

Jayabalan, R., Malbasa, R. V., Lončar, E. S., Vitas, J. S. & Sathishkumar, M. (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.

Jayabalan, R., Malbasa, R. V., Loncar, E. S., Vitas, J. S. & Sathishkumar, M. (2020). A review on kombucha tea—microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. Comprehensive Reviews in *Food Science and Food Safety*, *19*(6), 3430–3459.

Kumar, P. & Yadav, R. (2022). Role of universities in technology transfer for community-based functional food enterprises: A case of rural India. *Journal of Rural Studies*, *93*, 293–301.

Malbaša, R. V., Vitas, J. S. & Lončar, E. S. (2021). Influence of fermentation on the microbiological and chemical composition of kombucha beverages: A review. *Food Science & Nutrition*, *9*(1), 436–448.

Ministry of Public Health. (2013). *Notification of the Ministry of Public Health (No. 356) B.E. 2556:Beverages of tea category in sealed containers. Royal Thai Government Gazette*, *130*(Special Issue 87 Ng), 93–97. (in Thai).

National Statistical Office. (2022). *Report on the Thai elderly population*. Bangkok: National Statistical Office. (in Thai).

Satheesh, N. & Workneh Fanta, S. (2020). Kale: Review on nutritional composition, bio-active compounds, anti-nutritional factors, health beneficial properties and value-added products. *Cogent Food & Agriculture*, *6*(1), 1811048.

Sinamo, K. N., Ginting, S. & Pratama, S. (2022). Effect of sugar concentration and fermentation time on secang kombucha drink. *International Conference on Agriculture, Environment and Food Security (AEFS) 2021, 18 November 2021,* Medan, Indonesia

Sorathiya, K. B., Maria Conceição Hogg, A. M. & Pintado, M. (2025). Organic acids in food preservation: Exploring synergies, molecular insights, and sustainable applications. *Sustainability*, *17*(8), 3434.

Suriwong, W., Chaturonglamlert, S., Thinan, C. & Jongwang, T. (2023). The role of ultrasonic waves in enhancing the efficiency of black tea kombucha production. *Burapha Science Journal*, *28*(1), 343–363. (in Thai).

Sutthiphatkul, T., Mangmool, S., Rungjindamai, N. & Ochaikul, D. (2023). Characteristics and Antioxidant Activities of Kombucha from Black Tea and Roselle by a Mixed Starter Culture. *Current Applied Science and Technology, 23(4)*, 1-15. (in Thai).

Thai Tea Association. (2023). *Ready-to-drink tea market report in Thailand*. Bangkok, Thailand. [Online]. Retrieved July 20, 2025, from https://www.thaiteaassociation.or.th/ (in Thai).

United Nations (2022). World population prospects 2022: Summary of results. Department of Economic and Social Affairs, Population Division United Nations. [Online]. Retrieved November 24, 2024, from https://www.un.org/development/desa/pd/content/world-population-prospects-2022

Villarreal-Soto, S. A., Beaufort, S., Bouajila, J., Souchard, J. -P. & Taillandier, P. (2018). Understanding kombucha tea fermentation: A review. *Journal of Food Science*, *83*(3), 580–588.

Jang, W., Choi, J., Yu, H., Kim, S., Ha, S. & Lee, J. (2025). Determination of naturally derived propionic, benzoic, and sorbic acids in seafood, meats, and fruits during storage. *Journal of Food Composition and Analysis, 137*, 106897.

Shiyue, Y. (2025). A review of the research on microbial diversity and its effects on components and functions of Kombucha. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, *139*, 93-99.