



การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้อินทรีย์ผสมดอกไม้ท้องถิ่น

Product Development of Organic Cocoa Husk Tea Blended with Local Flowers

วิศนี สุประดิษฐากรณ์*

Wissanee Supraditareporn

วนิชา สุประดิษฐากรณ์**

Wanicha Supraditaporn

วรัทยา คุณรา***

Warattaya Khunnara

Received : May 5, 2026

Revised : July 2, 2026

Accepted : July 22, 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรต้นแบบชาเปลือกโกโก้อินทรีย์ผสมดอกไม้ท้องถิ่น โดยศึกษาสูตรส่วนผสมทั้งหมด ได้แก่ ชาเปลือกโกโก้พื้นฐาน สูตรผสมดอกเก๊กฮวย ดอกกุหลาบ ดอกคาโมมายล์ และผสมดอกไม้รวม 3 ชนิด โดยที่ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้แห้งทุกสูตรมีค่าปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.60 และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด อยู่ในช่วง 0.07-0.13 °Brix และความเป็นกรด-เบส (pH) อยู่ในช่วง 4.87-5.23 ผลการศึกษาพบว่า สูตรที่เหมาะสมคือ ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ เนื่องจากมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC 17,309.63 mgGAE/kg) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH 32,576.63 mgTrolox/kg) สูงที่สุด ทำการศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้ง 3 ระดับ ได้แก่ 100, 125 และ 150 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิอบแห้งที่เหมาะสม คือ 125 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และนำผลิตภัณฑ์มาทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale ได้รับการยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด (7.20 ± 0.75) การใช้ประโยชน์ชาเปลือกโกโก้อินทรีย์ผสมดอกไม้ท้องถิ่นแต่ละสูตรมีการผสมเปลือกโกโก้กับดอกไม้ท้องถิ่นในสัดส่วนที่ลงตัวเพื่อเพิ่มมูลค่าและรสชาติของเครื่องดื่มชา คณะกรรมการยอมรับอยู่ในระดับความชอบปานกลาง (7.0-7.3)

คำสำคัญ : ชาเปลือกโกโก้ / เก๊กฮวย / กุหลาบ / คาโมมายล์ / อินทรีย์

*อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Lecturer in Food Science and Technology Faculty of Agricultural Technology Chiang Mai Rajabhat

University(Corresponding Author) e-mail: wissanee_sup@cmru.ac.th

**เภสัชกรชำนาญการพิเศษ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุทัยธานี

Pharmacist, Senior Professional Level, Uthaitani Provincial Public Health Office

***นักศึกษาปริญญาโท คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Graduate Student Faculty of Agro-Industry Chiang Mai University

ABSTRACT

This research aimed to develop prototype formulations of organic cocoa husk tea blended with local edible flowers. Five formulations were investigated: (1) plain cocoa husk tea (control), (2) cocoa husk tea with chrysanthemum flowers, (3) cocoa husk tea with rose flowers, (4) cocoa husk tea with chamomile flowers, and (5) cocoa husk tea blended with a mixture of the three flowers. All dried tea formulations were required to meet the quality criteria of water activity (a_w) not exceeding 0.60, total soluble solids (TSS) ranging from 0.07 to 0.13 °Brix, and pH ranged from 4.87 to 5.23. The results indicated that the cocoa husk tea blended with rose flowers was the most suitable formulation, as it exhibited the highest total phenolic content (TPC 17,309.63 mg GAE/kg) and the greatest antioxidant activity determined by the DPPH assay (32,576.63 mg Trolox/kg). Subsequently, the selected formulation was subjected to drying at three temperatures (100, 125, and 150°C). The optimal drying condition was 125°C for 10 minutes, which provided the best overall product quality. Consumer acceptance was evaluated using a 9-point hedonic scale. The product dried at 125°C achieved the highest overall acceptance score (7.20 ± 0.75). Overall, all formulations of organic cocoa husk tea blended with local flowers, prepared using balanced proportions of cocoa husk and dried flowers, received moderate consumer acceptance scores ranging from 7.0 to 7.3 on the 9-point hedonic scale. The incorporation of local edible flowers not only enhanced the flavor profile and sensory quality of cocoa husk tea but also increased the value of cocoa processing by-products, supporting the development of value-added functional tea beverages.

Keywords : Cocoa Husk Tea / Chrysanthemum / Rose / Chamomile / Organic

บทนำ

โกโก้ เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยม ในจังหวัดเชียงใหม่และแม่ฮ่องสอน มีผลผลิตจากโกโก้เพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะส่วนที่นำมาแปรรูปคือ เนื้อเมล็ดโกโก้ ซึ่งจะนำไปผ่านขั้นตอนการหมัก การตาก การคั่ว ผลิตเป็นช็อคโกแลต ขนม และเครื่องดื่ม แต่เปลือกนอกและเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้ มักจะถูกทิ้ง ในแต่ละปีจะมีปริมาณของเศษเหลือทิ้งที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง 70-75% ของผลโกโก้ทั้งหมด โดยเปลือกผล (Cocoa pod husk) คิดเป็นสัดส่วนหลัก ส่วนเปลือกหุ้มเมล็ด (Cacao husk) ที่เหลือจากการคั่วจะคิดเป็นประมาณ 10-15% จึงได้มีแนวคิดที่จะนำเศษเหลือจากเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้ในทรีรี นำมาแปรรูปเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนด้วยกระบวนการวิจัยและการนำองค์ความรู้ด้านการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร มาเพิ่มมูลค่า เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้ เป็นหนึ่งในผลพลอยได้หลักจากการเปลี่ยนแปลงของเมล็ดโกโก้ เป็นแหล่งของสารอาหารที่น่าสนใจ เช่น เส้นใย

โปรตีน แร่ธาตุ องค์ประกอบทางโภชนาการและทางเคมีของเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้ประกอบด้วย Total phenolic content 3.12-94.95 mg of gallic acid equivalents/g of dried CBS; CBS: cocoa bean shell, Total flavonoid content 1.65-40.72 mg of catechin equivalents/g of dried CBS, Total tannin content 1.70-25.30 mg of catechin equivalents/g of dried CBS, Epicatechin 0.21-34.97 mg/g และ Catechin 0.18-4.50 mg/g (Poveda, 2020)

ในปัจจุบันกระแสการบริโภคเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ (Functional beverage) เติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผู้บริโภคยุคใหม่ให้ความสนใจผลิตภัณฑ์อินทรีย์ (Organic) ที่มาจากรธรรมชาติ ปลอดภัยและมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง โกโก้ มีสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ที่มีประโยชน์ต่อระบบหัวใจและหลอดเลือดอย่างไรก็ตาม ในกระบวนการผลิตโกโก้ มักพบปัญหาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยเฉพาะ "เปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้" ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 10-15 ของน้ำหนักเมล็ดแห้ง แม้จะเป็นส่วนที่ไม่ได้ใช้ในการทำช็อกโกแลต แต่จากการศึกษาพบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้ยังอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีคุณค่า เช่น โยอาหาร สารโพลีฟีนอล และสารธีโอโบรมีน (Theobromine) ซึ่งให้ความรู้สึกสดชื่นและผ่อนคลาย โดยมีปริมาณคาเฟอีนต่ำ ด้วยเหตุนี้การนำเปลือกโกโก้อินทรีย์มาแปรรูปเป็น "ชาเปลือกโกโก้" จึงเป็นแนวทางสำคัญในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรให้คุ้มค่าที่สุดตามหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียน เพื่อลดขยะเหลือศูนย์ แต่เนื่องจากชาเปลือกโกโก้บริสุทธิ์อาจมีรสชาติและกลิ่นที่ค่อนข้างเฉพาะตัว การนำ "ดอกไม้ท้องถิ่น" ภาคเหนือ ซึ่งเป็นดอกไม้อินทรีย์ เช่น ดอกเก็กฮวย ดอกกุหลาบ และดอกคาโมมายล์ที่มีความหอมและสรรพคุณทางยาเข้ามาผสมผสาน จึงเป็นกลยุทธ์สำคัญที่จะช่วยปรับปรุงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ทั้งในด้านรูป รส และกลิ่น ให้มีความน่าสนใจและดื่มง่ายขึ้นนอกจากนี้ การเลือกใช้ดอกไม้ท้องถิ่นยังเป็นการสร้างเอกลักษณ์ ให้กับผลิตภัณฑ์ สร้างความแตกต่างจากสินค้าในตลาดทั่วไป เป็นการสนับสนุนอัตลักษณ์ของชุมชน งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตชาเปลือกโกโก้อินทรีย์ผสมดอกไม้ท้องถิ่น เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ยกระดับรายได้ให้กับเกษตรกรและเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพอย่างยั่งยืน เพิ่มการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ถ่ายทอดองค์ความรู้การมีส่วนร่วมของชุมชนในพื้นที่ พัฒนาผลิตภัณฑ์และส่งเสริมรายได้ให้กับชุมชน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้

กระบวนการผลิต ประกอบด้วยการทำแห้ง อบแห้งเปลือกโกโก้ที่อุณหภูมิเหมาะสมเพื่อให้ได้ความชื้นที่ลดลง การคั่ว คั่วเปลือกโกโก้เพื่อเพิ่มกลิ่นหอมคล้ายช็อกโกแลต โดยปรับระดับการคั่ว (อ่อน-เข้ม) เพื่อให้ได้รสชาติที่ต้องการ การผสม ผสมเปลือกโกโก้คั่วกับดอกไม้ท้องถิ่นในสัดส่วนที่ลงตัว เพื่อไม่ให้กลิ่นดอกไม้กลบกลิ่นโกโก้จนเกินไป

การพัฒนาสูตรต้นแบบชาเปลือกโกโก้และชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ เริ่มตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบเปลือกโกโก้จากโกโก้ที่มีการปลูกแบบอินทรีย์ ของศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงและเกษตรทฤษฎีใหม่ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกและผลิตโกโก้แม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ มาทำความสะอาด

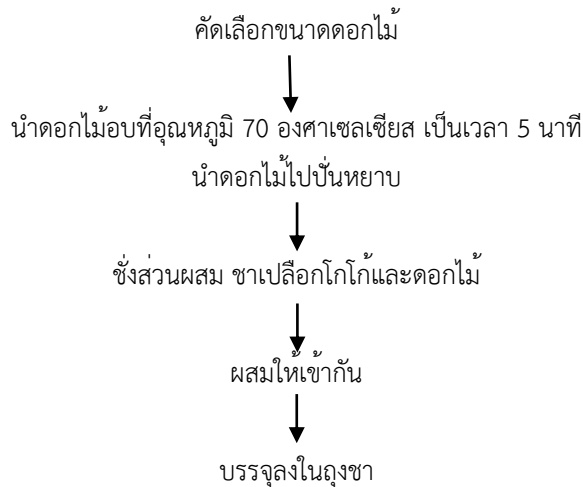
การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออก จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100, 125 และ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำมาคั่วด้วยไฟอ่อนเป็นเวลา 5 นาที ก่อนนำไปบั่นหยาบและบรรจุลงในถุงชาของละ 4 กรัม และพัฒนาสูตรชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ ได้แก่ สูตรที่ 1 ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกเก็กฮวย สูตรที่ 2 ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ สูตรที่ 3 ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์ สูตรที่ 4 ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด (ดอกเก็กฮวย ดอกกุหลาบ และดอกคาโมมายล์) โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD)

2. การศึกษาสูตรต้นแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของดอกไม้ในแต่ละสูตร ด้วยการแปรอัตราส่วนปริมาณดอกไม้ 3 ระดับ ตามที่แสดงในตารางที่ 1 และดำเนินการผลิตตามกระบวนการที่แสดงในภาพที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้

สูตร	ชาเปลือกโกโก้ (ร้อยละ)	ดอกเก็กฮวย (ร้อยละ)	ดอกกุหลาบ (ร้อยละ)	ดอกคาโมมายล์ (ร้อยละ)
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอก เก็กฮวย	87.5	12.5	-	-
	75.0	25.0	-	-
	62.5	37.5	-	-
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอก กุหลาบ	87.5	-	12.5	-
	75.0	-	25.0	-
	62.5	-	37.5	-
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอก คาโมมายล์	87.5	-	-	12.5
	75.0	-	-	25.0
	62.5	-	-	37.5
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด	50.0	25.0	12.5	12.5
	50.0	12.5	25.0	12.5
	50.0	12.5	12.5	25.0

วิธีการเตรียมตัวอย่าง นำดอกไม้ทั้ง 3 ชนิด คือ ดอกเก็กฮวย ดอกกุหลาบและดอกคาโมมายล์ ที่มี การปลูกแบบอินทรีย์ จากศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงและเกษตรทฤษฎีใหม่ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกและผลิตโกโก้แม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ มาทำความสะอาด คัดเลือกขนาด นำไปอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แกะกลีบเลี้ยงดอกกุหลาบออก ให้เหลือแต่กลีบ กุหลาบนำไปบั่นหยาบ



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้

ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค ประเมินความชอบแบบ 9-point hedonic scale (1= ไม่ชอบมากที่สุด, 9= ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2561) การเตรียมตัวอย่าง โดยนำเปลือกโกโก้บรรจุซองชา ของละ 4 กรัม ปิดซอง และนำไปสกัดโดยแช่ในน้ำร้อน 400 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที ประเมินคุณลักษณะ ดังนี้ ลักษณะปรากฏ สีของชา กลิ่นชา รสชาติโดยรวม การประเมินความชอบโดยรวมทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Randomize Complete Block Design (RCBD) นำผลทดสอบมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ (Analysis of Variance, ANOVA) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

คุณภาพด้านกายภาพและเคมี (Pearson, 1999) ได้แก่ ปริมาณน้ำอิสระ ใช้เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Novasina, รุ่น Labmaster-awneo, Switzerland) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid; TSS) ความเป็นกรด-เบส (pH) ตามวิธีของ AOAC (2019) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-ciocalteu reagent (ดัดแปลงจาก Chan et al., 2010)

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) นำน้ำสกัดจากชาเปลือกโกโก้ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ที่ความเข้มข้น 200 ไมโครโมล ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ได้มาคำนวณความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน Trolox ดัดแปลงจาก (นิธิยา รัตนปณณท์, 2557)

DPPH assay เป็นวิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ซึ่งใช้ reagent คือ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl เมื่อ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สีของสารละลายสีม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง โดยเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้เป็นมาตรฐาน ถ้าตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้สูง ความเข้มของสารละลายสีม่วงจะลดลง การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ในสารตัวอย่างรายงานเป็นค่า 50% effective concentration (EC50) ซึ่งหมายถึงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำให้ความเข้มข้นของ DPPH ลดลง 50% การแสดงผลโดยสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารตัวอย่างกับค่าการดูดกลืนแสง แล้วหาค่า EC50 จากกราฟแสดงค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่สามารถทำให้ความเข้มข้นของ DPPH ลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ แล้วใช้ค่า EC50 ในการเปรียบเทียบความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระระหว่างตัวอย่างที่ทดสอบกับสารมาตรฐาน คำนวณ % Radical Scavenging (เปอร์เซ็นต์การออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ)

$$\% \text{Radical Scavenging} = [(AB - AA) / AB] \times 100$$

เมื่อ AA = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารตัวอย่างผสมกับ DPPH

AB = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลาย DPPH

(พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนพานนท์, 2550)

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี folin-ciocalteu reagent นำน้ำสกัดจากชาเปลือกโกโก้ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร มาเติมน้ำปราศจากไอออน 100 ไมโครลิตร และเติม 10% Folin-Ciocalteu's reagent ปริมาตร 80 ไมโครลิตรผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที เติม Na_2CO_3 (7% w/v) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 นาที นำสารละลายผสมมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกรดแกลลิกมาตรฐาน รายงานปริมาณ ฟีนอลิกรวมในหน่วย mg GAE/kg (ดัดแปลงจาก Chan et al., 2010)

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้

ผลการศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ อุณหภูมิในการอบแห้ง 3 ระดับ 100 125 และ 150 องศาเซลเซียส และเวลาในอบ 10 นาที ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งมีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาอุณหภูมิในการรอบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาเปลือกโกโก้

คุณลักษณะ	ระดับของการใช้อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	100	125	150
ลักษณะปรากฏ	6.00 ± 1.01^b	7.30 ± 1.00^a	4.90 ± 1.40^c
สี	6.00 ± 1.18^b	7.20 ± 0.98^a	5.30 ± 0.90^c
กลิ่น	6.00 ± 1.12^b	7.00 ± 0.77^a	5.40 ± 0.80^c
รสชาติโดยรวม	6.10 ± 0.94^b	6.90 ± 1.04^a	4.90 ± 0.94^c
ความชอบโดยรวม	6.20 ± 0.87^b	7.20 ± 0.75^a	5.30 ± 0.78^c

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^{a-d} ที่ต่างกันในแนวนอนหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 พบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งเปลือกโกโก้ส่งผลต่อคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส การอบแห้งเปลือกโกโก้ที่ อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ได้คะแนนการยอมรับคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวมมากที่สุด จึงคัดเลือกการอบแห้งเปลือกโกโก้ที่ อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มาใช้ในการทดลองต่อไป

2. ผลการศึกษาสู่ตรต้นแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.1 ผลการศึกษาสู่ตรต้นแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกดอกเก๊กฮวย เตรียมชาเปลือกโกโก้โดยใช้สูตรพื้นฐานและแปรปริมาณดอกเก๊กฮวยร้อยละ 12.50 25.00 และ 37.50 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด แล้วนำผลิตภัณฑ์มาประเมินผลทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาเปลือกโกโก้ผสมดอกเก๊กฮวย เมื่อใช้ปริมาณดอกเก๊กฮวยต่างกัน

คุณลักษณะ	ระดับของการใช้ดอกเก๊กฮวยของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด (ร้อยละ)		
	12.50	25.00	37.50
ลักษณะปรากฏ	7.10 ± 0.70^a	5.90 ± 0.70^b	5.60 ± 0.92^b
สี	7.20 ± 0.60^a	6.20 ± 0.60^b	5.90 ± 0.70^b
กลิ่น	6.50 ± 0.81^a	6.10 ± 1.22^{ab}	5.40 ± 1.02^b
รสชาติโดยรวม	7.00 ± 0.63^a	6.10 ± 0.54^b	6.00 ± 0.63^b
ความชอบโดยรวม	7.10 ± 0.70^a	6.00 ± 0.45^b	5.70 ± 0.46^b

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^{a-d} ที่ต่างกันในแนวนอนหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3 เมื่อใช้ปริมาณดอกเก็กฮวยต่างกัน พบว่า การใช้ดอกเก็กฮวยร้อยละ 12.50 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดส่งผลต่อคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวมมากที่สุด

2.2 ผลการศึกษาสูตรต้นแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ

ในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ ได้เตรียมชาเปลือกโกโก้สูตรพื้นฐาน และแปรปริมาณดอกกุหลาบร้อยละ 12.50 25.00 และ 37.50 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด แล้วนำผลิตภัณฑ์มาประเมินผลทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบเมื่อใช้ปริมาณดอกกุหลาบแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ระดับของการใช้ดอกกุหลาบของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด (ร้อยละ)		
	12.50	25.00	37.50
ลักษณะปรากฏ	5.80 ± 1.25^{ab}	6.30 ± 1.27^a	5.70 ± 1.10^b
สี ^(ns)	5.70 ± 0.90	6.20 ± 0.75	5.80 ± 0.87
กลิ่น	5.70 ± 0.78^b	6.90 ± 0.83^a	5.00 ± 1.10^b
รสชาติโดยรวม	5.30 ± 0.90^b	6.80 ± 1.25^a	5.80 ± 0.75^b
ความชอบโดยรวม	5.50 ± 0.67^b	7.20 ± 0.87^a	5.70 ± 0.64^b

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^{a-d} ที่ต่างกันในแนวนอนหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายความว่า สิ่งทดลองในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4 ผลคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบเมื่อใช้ปริมาณดอกกุหลาบแตกต่างกันที่ร้อยละ 12.50, 25.00 และ 37.50 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ในด้านลักษณะปรากฏ พบว่าการใช้ดอกกุหลาบร้อยละ 25.00 ให้คะแนนสูงที่สุด (6.30 ± 1.27) ขณะที่ร้อยละ 12.50 และ 37.50 ให้คะแนนใกล้เคียงกันและต่ำกว่า ในด้านสีของชา พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยทุกระดับมีคะแนนอยู่ในช่วง 5.70-6.20 สำหรับด้านกลิ่นชา รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวม พบว่าการใช้ดอกกุหลาบร้อยละ 25.00 ให้คะแนนสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (6.90 ± 0.83 , 6.80 ± 1.25 และ 7.20 ± 0.87 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับระดับร้อยละ 12.50 และ 37.50 ดังนั้นการใช้ดอกกุหลาบร้อยละ 25.00 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด

2.3 ผลการศึกษาสูตรต้นแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์ได้เตรียมชาเปลือกโกโก้โดยใช้สูตรพื้นฐานและแปรปริมาณดอกคาโมมายล์ ร้อยละ 12.50 25.00 และ 37.50 ของน้ำหนัก ส่วนผสมทั้งหมด แล้วนำผลิตภัณฑ์มาประเมินผลทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์ เมื่อใช้ปริมาณดอกคาโมมายล์ แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ระดับของการใช้ดอกคาโมมายล์ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด (ร้อยละ)		
	12.50	25.00	37.50
ลักษณะปรากฏ	6.30 ± 0.64^b	7.10 ± 0.70^a	6.50 ± 0.50^{ab}
สี	6.40 ± 0.49^b	7.30 ± 0.64^a	6.30 ± 0.64^b
กลิ่น	5.80 ± 0.60^b	6.70 ± 0.90^a	5.50 ± 0.81^b
รสชาติโดยรวม	6.10 ± 0.70^b	7.00 ± 0.63^a	6.40 ± 0.80^{ab}
ความชอบโดยรวม	6.00 ± 0.63^b	7.20 ± 0.75^a	6.80 ± 0.87^a

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^{a-d} ที่ต่างกันในแนวนอนหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 5 ผลคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์ เมื่อใช้ปริมาณดอกคาโมมายล์ที่ต่างกัน ส่งผลต่อคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคลักษณะ ปรากฏ สี กลิ่นรส ในผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การใช้ปริมาณดอกคาโมมายล์ร้อยละ 25.0 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ได้คะแนนการยอมรับคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวมมากที่สุด

2.4 ผลการศึกษาสูตรต้นแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด (ดอกเก็กฮวย ดอกกุหลาบ และดอกคาโมมายล์)

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด ได้เตรียมชาเปลือกโกโก้โดยใช้สูตรพื้นฐานและแปรปริมาณชาเปลือกโกโก้ ดอกเก็กฮวย ดอกกุหลาบ และดอกคาโมมายล์ร้อยละ 50 : 25 : 12.5 : 12.5, 50 : 12.5 : 25 : 12.5 และ 50 : 12.5 : 12.5 : 25 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด แล้วนำผลิตภัณฑ์มาประเมินผลทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด (ดอกเก๊กฮวย ดอกกุหลาบ และ ดอกคาโมมายล์) เมื่อใช้ปริมาณที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	อัตราส่วน		
	ชาเปลือกโกโก้: ดอกเก๊กฮวย :ดอกกุหลาบ: ดอกคาโมมายล์ (ร้อยละ)		
	50 : 25 : 12.5 : 12.5	50 : 12.5 : 25 : 12.5	50 : 12.5 : 12.5 : 25.0
ลักษณะปรากฏ ^(ns)	7.20 ± 0.60	7.00 ± 0.63	6.80 ± 0.60
สี ^(ns)	7.30 ± 0.64	6.70 ± 0.46	6.60 ± 0.49
กลิ่น	7.10 ± 0.70 ^a	6.40 ± 0.80 ^{ab}	5.80 ± 0.87 ^b
รสชาติโดยรวม	7.30 ± 0.90 ^a	6.00 ± 0.63 ^b	5.90 ± 0.70 ^b
ความชอบโดยรวม ^(ns)	7.20 ± 0.60	7.00 ± 0.63	6.90 ± 0.70

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^{a-b} ที่ต่างกันในแนวนอนหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายความว่า สิ่งทดลองในแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 6 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด (ดอกเก๊กฮวย ดอกกุหลาบ และดอกคาโมมายล์) ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน พบว่าสูตรที่มีอัตราส่วนชาเปลือกโกโก้ : ดอกเก๊กฮวย : ดอกกุหลาบ : ดอกคาโมมายล์ เท่ากับ 50 : 25 : 12.5 : 12.5 ได้รับคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่น โดยเฉพาะด้านกลิ่นชาและรสชาติที่มีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 7.10 ± 0.70 และ 7.30 ± 0.90 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากสูตรที่มีการเพิ่มปริมาณดอกคาโมมายล์ ในขณะที่สูตร 50 : 12.5 : 25 : 12.5 และ 50 : 12.5 : 12.5 : 25 มีแนวโน้มให้คะแนนด้านกลิ่นและรสชาติลดลง โดยเฉพาะสูตรที่มีดอกคาโมมายล์สูง (ร้อยละ 25) ซึ่งมีค่าคะแนนกลิ่น ต่ำสุด (5.80 ± 0.87) และรสชาติรวมต่ำ (5.90 ± 0.70) แสดงให้เห็นว่าปริมาณดอกคาโมมายล์ที่มากเกินไปอาจส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม ในด้านลักษณะปรากฏ สี และความชอบโดยรวม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

อาจกล่าวได้ว่า ลักษณะปรากฏ (Appearance) และ สี (Color) ทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้ทดสอบมองว่าชามีสีสวยและลักษณะใกล้เคียงกัน เก๊กฮวยคือ "จุดลงตัว" การเพิ่มเก๊กฮวยในสัดส่วน 25% (สูตร 1) เข้าไปเสริมรสชาติของชาเปลือกโกโก้ได้ดีที่สุด อาจเป็นเพราะความหวานและกลิ่นที่สดชื่นของเก๊กฮวยช่วยกลบความฝืดหรือขมเล็กน้อยของเปลือกโกโก้ได้ดีกว่าดอกไม้ชนิดอื่น กุหลาบและคาโมมายล์ แม้จะเป็นดอกไม้ที่นิยมแต่เมื่อใส่ในปริมาณสูง (25%) อาจให้กลิ่นที่ฉุนเกินไป หรือรสชาติที่เฝื่อนที่ไปกลบเอกลักษณ์ของโกโก้ ทำให้คะแนนความชอบในรสชาติและกลิ่นลดลง

3. ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

นำสูตรผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ที่เหมาะสม จำนวน 5 สูตร ได้แก่ ชาเปลือกโกโก้ ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกเก๊กฮวย ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์และชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด ในการทดลองนี้จะเตรียมโดยใช้สูตรที่คัดเลือกจากการทดลองข้างต้นมาประเมินคุณภาพด้านกายภาพและเคมี ได้แก่ ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดความเป็นกรด-เบส (pH) (AOAC, 2019) ได้ผลการศึกษา ดังนี้ (ตารางที่ 7)

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ท้องถิ่น ทั้ง 5 สูตร (สูตรพื้นฐาน, เก๊กฮวย, กุหลาบ, คาโมมายล์ และดอกไม้รวม) พบว่า Water activity (aw) ของผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ท้องถิ่นทุกสูตร มีค่าไม่เกิน 0.60 เพื่อช่วยป้องกันเชื้อรา เชื้อราส่วนใหญ่จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่า Water activity ต่ำกว่า 0.60 การคุม Water activity ให้ต่ำ ลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ซึ่งจะทำให้กลิ่นหอมของกุหลาบและคาโมมายล์หายไปหรือมีกลิ่นหืน ช่วยรักษาเนื้อสัมผัส หากค่า Water activity สูงเกินไป เปลือกโกโก้และดอกไม้จะนิ่มลงและจับตัวเป็นก้อน (นิธิยา รัตนปณท์, 2557)

ด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ผลิตภัณฑ์ทุกสูตรมีค่า TSS อยู่ในช่วง 0.07-0.13 °Brix ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่น้อยมาก ชาที่ได้มีความใส มีการละลายของสารประกอบในสัดส่วนที่พอเหมาะสำหรับการบริโภคเพื่อสุขภาพ และไม่มีการเติมน้ำตาลหรือสารให้ความหวานเพิ่มเติมในระหว่างกระบวนการพัฒนาสูตร

ความเป็นกรด-เบส (pH) ของทุกสูตรอยู่ในช่วง 4.87-5.23 เป็นกรดอ่อน โดยความผันแปรของค่า pH ที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับชนิดและองค์ประกอบทางเคมีของดอกไม้ที่นำมาผสม สารสำคัญในดอกไม้แต่ละชนิดมีปริมาณกรดอินทรีย์ (Organic Acids) เช่น กรดซิตริก หรือกรดแอสคอร์บิก และสารประกอบฟีนอลิกที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เมื่อสกัดด้วยน้ำร้อน ค่า pH ของน้ำชาจึงเปลี่ยนแปลงไปตามคุณลักษณะเฉพาะของดอกไม้ในนั้นๆ กลุ่มดอกไม้ที่มีค่า pH ต่ำ (ค่อนข้างกรด) สูตรที่ผสมดอกไม้ที่มีรสเปรี้ยวตามธรรมชาติ มักจะส่งผลให้ค่า pH ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของเปลือกโกโก้เองที่มีความเป็นกรดอ่อนๆ จากกระบวนการหมักเมล็ด จากผลการทดลองช่วงค่า pH เป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับชาสมุนไพร ความเป็นกรดอ่อนช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิดได้ในระดับหนึ่ง และส่งผลดีต่อความคงตัวของสีน้ำตาลหรือสีดอกไม้นั้นๆ ชนิดของดอกไม้จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH แต่เนื่องจากปริมาณการผสมอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม ทำให้ค่า pH รวมของทุกสูตรยังคงอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงถึงความสม่ำเสมอของคุณภาพผลิตภัณฑ์ในทุกสูตร อิทธิพลของชนิดดอกไม้ท้องถิ่นต่อค่าความเป็นกรด-เบส (pH) สูตรพื้นฐาน (เปลือกโกโก้ 100%) มีค่า pH เป็นกรดอ่อนเนื่องจากเปลือกโกโก้มีกรดอินทรีย์ตามธรรมชาติ เช่น กรดอะซิติกและกรดแลคติก ที่หลงเหลือจากกระบวนการหมักเมล็ดโกโก้ ซึ่งเป็นตัวกำหนดค่า pH หลักให้กับทุกสูตร สูตรผสมดอกไม้รวม (Mixed Flowers) การผสมดอกไม้ 3 ชนิดเข้าด้วยกัน เกิดปฏิกิริยาร่วม (Synergistic Effect) ของสารประกอบฟีนอลิกจากดอกไม้หลายชนิด ทำให้ค่า pH ที่ได้มีความคงตัวและเป็นค่าเฉลี่ยที่เหมาะสม

ซึ่งอาจช่วยให้รสชาติของชามีความกลมกล่อม มากกว่าการใช้ดอกไม้ชนิดเดียว ค่า pH ที่ต่ำกว่า 5.5 ช่วยลดอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิด ทำให้ชาเก็บรักษาได้ดีขึ้นในระยะสั้น (Cabrera et al., 2023)

ตารางที่ 7 ผลของค่าปริมาณน้ำอิสระ (aw) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid: TSS) และค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของชาเปลือกโกโก้และชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ จำนวน 5 สูตร

สิ่งทดลอง	คุณสมบัติ		
	ปริมาณน้ำอิสระ	ค่าความเป็นกรด-เบส	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด
ชาเปลือกโกโก้	0.5436 ± 0.01^{ab}	5.23 ± 0.02^a	0.10 ± 0.28^{ab}
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกเก๊กฮวย	0.5360 ± 0.01^{ab}	4.87 ± 0.14^c	0.11 ± 0.01^{ab}
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ	0.5118 ± 0.01^c	5.04 ± 0.01^b	0.12 ± 0.02^{ab}
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์	0.5917 ± 0.01^a	5.22 ± 0.00^a	0.07 ± 0.05^c
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด	0.5545 ± 0.02^b	5.17 ± 0.02^{ab}	0.13 ± 0.05^a

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^{a-d} ที่ต่างกันในแนวตั้งหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 8 ผลปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของชาเปลือกโกโก้และชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ จำนวน 5 สูตร

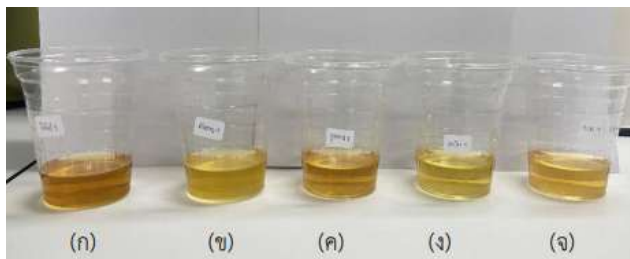
สิ่งทดลอง	คุณสมบัติ	
	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมแกลลิกต่อกิโลกรัม)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (มิลลิกรัมของโทรลอคซ์ต่อกิโลกรัม)
ชาเปลือกโกโก้	$6,281.89 \pm 1.50^d$	$6,911.80 \pm 1.81^d$
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกเก๊กฮวย	$6,716.41 \pm 0.80^c$	$7,939.79 \pm 0.61^c$
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ	$17,309.63 \pm 1.86^a$	$32,576.63 \pm 1.10^a$
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์	$4,569.77 \pm 1.56^e$	$4,336.98 \pm 1.92^e$
ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด	$14,283.80 \pm 1.35^b$	$27,532.58 \pm 1.31^b$

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^{a-e} ที่ต่างกันในแนวตั้งหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลของการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของชาเปลือกโกโก้จำนวน 5 สูตร (ตารางที่ 8) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ในชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ ($17,309.63 \pm 1.86$ mgGAE/kg) มีปริมาณสูงกว่าสารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ในชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด ($14,283.80 \pm 1.35$ mgGAE/kg) รองลงมาคือ ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกเก๊กฮวย, ชาเปลือกโกโก้และชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์ $6,716.41 \pm 0.80$, $6,281.89 \pm 1.50$ และ $4,569.77 \pm 1.56$ mgGAE/kg ตามลำดับ เปรียบเทียบสารสกัดจากเปลือกโกโก้ทั้ง 5 สูตร ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด ($32,576.63 \pm 1.10$ mgTrolox/kg) รองลงมาคือ ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด, ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกเก๊กฮวย, ชาเปลือกโกโก้และชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์ ตามลำดับ

ผลของการวิเคราะห์พบว่าสารสกัดจากชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบสูงกว่าชาสูตรอื่น เนื่องจากปริมาณและชนิดองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพกลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่มีอยู่ในพืชแต่ละชนิดในระดับต่างๆที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อการตอบสนองและให้ฤทธิ์ที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี เช่น สารอนุพันธ์ของ Hydroxybenzoic และ Hydroxycinnamic acids, Flavonoids, Flavones, Isoflavones, Anthocyanins, Catechin, Tannin และ Isocatechin ตามลำดับ (Kahkonen et al., 2001) สารกลุ่มฟีนอลิกจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในระดับปฐมภูมิ (Primary antioxidant activity) ทำหน้าที่ขัดขวางหรือหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของสารอนุมูลอิสระ ในขณะที่สารกลุ่มฟลาโวนอยด์จะสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ทั้งในระดับปฐมภูมิ และทุติยภูมิ (Primary and secondary antioxidant activity) สามารถขัดขวางโดยจับกับอนุมูลอิสระโดยตรงเพื่อหยุดปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันและสามารถจับกับโลหะที่มีผลเหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระได้อีกด้วย (Lim et al., 2007)



ภาพที่ 2 ผลผลิตชาเปลือกโกโก้ จำนวน 5 สูตร (ก) ชาเปลือกโกโก้ (ข) ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกเก๊กฮวย (ค) ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ (ง) ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์ (จ) ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด

อภิปรายผล

อุณหภูมิในการอบแห้งเปลือกเมล็ดโกโก้มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ได้รับการยอมรับสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ

Hernández-Hernández et al. (2019) ว่าการให้ความร้อนในระดับที่เหมาะสมช่วยพัฒนาองค์ประกอบกลิ่นรสของเปลือกโกโก้ โดยเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ขณะที่อุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจทำให้เกิดกลิ่นใหม่และลดคุณภาพ ในส่วนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ ถ้าใช้ในระดับที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มความหอมและรสชาติของชา แต่หากใช้ในปริมาณสูงเกินไปจะทำให้กลิ่นของดอกไม้กลับกลืนโกโก้ ส่งผลให้คะแนนการยอมรับลดลง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Lim et al. (2007) ว่าสารพฤกษเคมีและสารระเหยในพืชแต่ละชนิดมีความเข้มข้นและลักษณะเฉพาะ หากใช้ในสัดส่วนที่ไม่เหมาะสมส่งผลต่อสมดุลของกลิ่นและรสชาติในผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้การผสมวัตถุดิบหลายชนิดสามารถก่อให้เกิดผลเสริมฤทธิ์ของสารให้กลิ่นและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Felice et al. (2020) การผสมสารสกัดจากพืชหลายชนิดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางประสาทสัมผัสและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้

ด้านคุณภาพทางเคมี ผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เนื่องจากกุหลาบมีเมดิเตอร์เรเนียนที่เข้มข้น มีขีดความสามารถในการให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระได้ดี เมื่อนำมาผสมร่วมกับเปลือกโกโก้ซึ่งมีสารกลุ่มฟลาโวนอยด์จึงเกิดปรากฏการณ์เสริมฤทธิ์กัน ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Kahkonen et al. (2001) ที่ระบุว่าสารประกอบฟีนอลิก เช่น flavonoids, catechin และ tannin มีบทบาทในการต้านอนุมูลอิสระ โดยสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ สอดคล้องกับ Poveda et al. (2020) ที่รายงานว่าเปลือกโกโก้เป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ โดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอลที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ พบว่าสูตรที่ดีที่สุดคือชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC 17,309.63 mgGAE/kg) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH 32,576.63 mgTrolox/kg) สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สูตรที่รองลงมาคือ ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกไม้ 3 ชนิด (TPC 14,283.80, DPPH 27,532.58) ตามมาเป็นอันดับสอง สูตรที่น้อยที่สุดคือ ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกคาโมมายล์ มีค่า TPC และ DPPH ต่ำที่สุด (4,569.77 และ 4,336.98 ตามลำดับ) ผลของการผสมดอกไม้ การผสมดอกกุหลาบช่วยเพิ่มค่า TPC และ DPPH ได้สูงกว่าชาเปลือกโกโก้สูตรปกติ (ประมาณ 2-3 เท่า) การที่ชาเปลือกโกโก้ผสมดอกกุหลาบมีค่าสูงสุด แสดงว่าดอกกุหลาบมีสารกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenols) และแอนโทไซยานินสูง ซึ่งส่งผลเสริมฤทธิ์ (Synergistic effect) กับสารในเปลือกโกโก้ ทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) เพิ่มขึ้นอย่างโดดเด่น การผสม 3 ชนิดให้ผลดีรองลงมา แม้การผสมดอกไม้ 3 ชนิด จะให้ผลลัพธ์ที่ดีมาก แต่ยังเป็นรองการใช้กุหลาบเดี่ยวๆ ซึ่งอาจเกิดจากสัดส่วนของกุหลาบในสูตรผสม 3 ชนิดน้อยกว่า หรือเกิดการเจือจางจากดอกไม้ชนิดอื่นที่มีฤทธิ์น้อยกว่า (เช่น คาโมมายล์) พบว่าแนวโน้ม TPC สอดคล้องกับ DPPH ค่า TPC (ปริมาณฟีนอลิก) มีทิศทางเดียวกันกับค่า DPPH (ความสามารถต้านอนุมูลอิสระ) สารประกอบฟีนอลิกเป็นสาเหตุหลักที่ทำหน้าที่ต้านอนุมูลอิสระในชา การควบคุมกระบวนการผลิต โดยเฉพาะอุณหภูมิในการอบและการเลือกชนิดรวมถึงสัดส่วนของดอกไม้ที่เหมาะสม มีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณโครงการตามยุทธศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น ประจำปีงบประมาณ 2566

References

- นิธิยา รัตนพานนท์. (2557). *เคมีอาหาร* (พิมพ์ครั้งที่ 5). โอเดียนสโตร์.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, และนิธิยา รัตนพานนท์. (2550). *DPPH assay: วิเคราะห์การเป็นสารต้านออกซิเดชัน*. สืบค้นเมื่อ 16 มกราคม 2568, จาก <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3200/dpph-assay>
- ไพโรจน์ วิริยจารี. (2561). *การประเมินทางประสาทสัมผัส* (พิมพ์ครั้งที่ 2). ศูนย์บริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- AOAC. (2019). *Official methods of analysis* (21st ed.). The Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
- Cabrera, M., Figueroa-Hernández, C. Y., and García-Casal, M. N. (2023). Cocoa shell infusion: A promising application for added-value co-products from cocoa processing. *Foods*, 12(13), 2442-2452. <https://doi.org/0.3390/foods12132442>
- Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., Chong, K. L., Tan, J. B. L., and Wong, S. K. (2010). Antioxidant properties of tropical and temperate herbal teas. *J. Food Compos Anal*, (23), 185-189. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.10.002>
- Felice, F., A. Fabiano, M. De Leo, A. M. Piras, D. Beconcini, M. M. Cesare, A. Braca, Y. Zambito, and R. Di Stefano. (2020). Antioxidant effect of cocoa by-product and cherry polyphenol extracts: A comparative study. *Antioxidants*, 9(132), 1-14. <https://doi.org/10.3390/antiox9020132>
- Hernández-Hernández, C., Sillero, A. M., Bolaños, J. F., Oria, A. B., Morales, A. A., and RodríguezGutiérrez, G. (2019). Cocoa bean husk: industrial source of antioxidant phenolic extracts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(1), 325-333. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9191>
- Kahkonen, M. P., Hopia, A. I., and Heinonen, M. (2001). Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8), 4076-4082. <https://doi.org/10.1021/jf010152i>
- Lim, Y. Y., Lim, T. T., and Tee, J. J. (2007). Antioxidant properties of several tropical fruits: a comparative study. *Food Chemistry*, 103(3), 1003-1008. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.038>
- Poveda, O.R., Perreira, L.B., Zeppa, G., and Stevigny, C. (2020). Cocoa bean shell-A by product with nutritional properties and bio-functional potential. *Nutrients*, 12(4), 1123. <https://doi.org/10.3390/nu12041123>

Pearson, D. (1999). *The Chemical analysis of food* (7th ed.). Churchill Livingstone.