

การศึกษากระบวนการผลิตและการชงชาเลือดมังกรที่ส่งผล ต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและคุณค่าทางโภชนาการ

EFFECTS OF PROCESSING AND BREWING METHODS ON THE ANTIOXIDANT ACTIVITY AND NUTRITIONAL COMPOSITION OF DRAGON BLOOD TEA

นภาพร วรณพรม¹ พัทธ์ นาสมใจ² รักชนก อินจันทร์³ ชญานิษฐ์ วังตาล³
และ เยาวลักษณ์ ขันหัวโทน^{1*}

Napaporn Wannaprom¹, Pitak Nasomjai², Rakchanok Inchan³, Chayanin Wangtan³,
and Yaowalak Khunhuathon^{1*}

¹สาขาวิชาเคมี คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

²สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

³สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

¹Chemistry Program, Faculty of Education, Chiang Rai Rajabhat University

²Chemistry Program, School of Science, Phayao University

³Home Economics Program, Faculty of Education, Chiang Rai Rajabhat University

*corresponding author e-mail: yaowalak.yao@cr.ru.ac.th

(Received: 7 June 2025; Revised: 8 August 2025; Accepted: 13 August 2025)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพทางจุลชีววิทยาในชาเลือดมังกรชุมชนดอยช้างเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เป็นเครื่องดื่มสำเร็จรูปและวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นข้อมูลโภชนาการให้กับผู้บริโภค พบว่าชาเลือดมังกรที่แปรรูปด้วยกรรมวิธีการคั่วและนวดใบชาระหว่างคั่วมีความชื้นและค่าแอสคิรติคของน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการผลิตภัณฑ์ชา การชงชาโดยใช้ชาของด้วยน้ำอุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 3 นาที แสดงปริมาณแอนโทไซยานินรวม ปริมาณฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS เท่ากับ 1.72 ± 0.17 mg anthocyanin-3-glucoside/kg D.W. 7.39 ± 0.05 mg GAE/g D.W. $5,882.50 \pm 258.71$ และ $6,365.14 \pm 148.61$ $\mu\text{mol TE}/100\text{g D.W.}$ ตามลำดับ พบปริมาณเหล็กและสังกะสีน้อยกว่า 0.50 mg/kg แมกนีเซียม และแคลเซียมเท่ากับ 30.64 ± 0.04 และ

52.00±1.41 mg/kg ตามลำดับ ตรวจไม่พบสารปนเปื้อน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และเชื้อแบคทีเรียที่ส่งผลกระทบต่อร่างกาย และจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่สำเร็จรูปชาเลือดมังกรที่พัฒนาขึ้นเป็นเครื่องดื่มที่ไม่มีคาเฟอีน ไม่ให้พลังงาน และอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งเหมาะกับผู้ที่รักสุขภาพ

คำสำคัญ: ชาเลือดมังกร การอบแห้งด้วยลมร้อน การคั่วและการนวดชา ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คุณค่าทางโภชนาการ

Abstract

This research aimed to investigate the factors affecting the antioxidant content and antioxidant activity, as well as to study the physical quality, chemical composition, and microbiological quality of dragon blood tea from the Doi Chang community to develop an instant beverage prototype product. Additionally, the study analyzed the nutritional value of the product to provide nutritional information for consumers. The results showed that dragon blood tea processed using roasting and rolling techniques during roasting had moisture content and water activity levels within the standard range for tea products. Brewing the tea using a tea bag at 90°C for 3 minutes resulted in a total anthocyanin content and total phenolic content were 1.72±0.17 mg anthocyanin-3-glucoside/kg D.W. and 7.39±0.05 mg GAE/g D.W. respectively. Antioxidant activities using the DPPH and ABTS methods was 5,882.50±258.71 and 6,365.14±148.61 μ mol TE/100g D.W., respectively. The levels of iron and zinc were found to be less than 0.50 mg/kg, while magnesium and calcium were 30.64±0.04 and 52.00±1.41 mg/kg, respectively. No contaminants, sulfur dioxide, or harmful bacteria were detected. Nutritional analysis of the developed instant dragon blood tea beverage prototype product indicated that it is a caffeine-free, calorie-free drink rich in antioxidants, making it a suitable choice for health-conscious consumers.

Keywords: Dragon blood tea, Hot-air drying, Roasting and rolling, Antioxidant activity, Nutritional composition

บทนำ

การบริโภคอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพและการทำงานของร่างกาย เนื่องจากอาหารที่ดีจะให้สารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย ซึ่งประกอบด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน แร่ธาตุ พลังงาน และใยอาหาร โดยแต่ละชนิดมีหน้าที่สำคัญ ดังนั้น การเลือกบริโภคอาหารที่หลากหลายและสมดุล จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพ และลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ปรรัตน์, 2556) และในปัจจุบัน ประชาชนให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการออกกำลังกายเป็นประจำ หรือการเลือกรับประทานอาหารที่ดีต่อร่างกาย โดยเฉพาะอาหารและเครื่องดื่มที่มาจากธรรมชาติ ด้วยเหตุนี้กระแสนิยมในการดื่มชาเพื่อสุขภาพจึงเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ต้นชาเลือดมังกร (Magenta plant) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Peristrophe bivalvis* (L.) Merr. (ชื่อพ้อง: *Peristrophe roxburghiana*) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์เดียวกับเหงือกปลาหมอ (วงศ์ Acanthaceae) ต้นชาเลือดมังกรเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในทางตอนใต้ของประเทศจีน ปัจจุบันพบได้ทั้งในประเทศจีน อินเดีย เขมร มาเลเซีย อินโดนีเซีย เวียดนาม ลาว และไทย (Khue et al., 2014) ประเทศไทย มีการเพาะปลูกมากทางภาคเหนือ ในพื้นที่จังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ ชุมชนดอยช้าง ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย เป็นหนึ่งในพื้นที่ที่ปลูกต้นชาเลือดมังกรแบบอินทรีย์ และมีการแปรรูปเป็นชาด้วยกรรมวิธีการคั่วยอดใบชารวมถึงยอดใบชาระหว่างที่คั่ว ก่อนจะนำไปตากให้ชาแห้ง โดยยอดชาจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงดำ ตากแห้งจนน้ำหนักคงที่ก่อนการบรรจุเพื่อจำหน่าย เป็นผลิตภัณฑ์ของชุมชน ปัจจุบันชาเลือดมังกรมักนิยมใช้ดื่มเป็นยาสมุนไพรเพื่อบำรุงร่างกาย น้ำชาเลือดมังกรจะมีสีแดงอมม่วงคล้ายเลือด ซึ่งเป็นสีเฉพาะตัวของชาเลือดมังกร และมักมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว จากงานวิจัยของ Adrianta et al. (2021) รายงานว่าสีที่ได้จากพืชเกิดจากสารในกลุ่มแอนโทไซยานิน ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยสารออกฤทธิ์เหล่านี้ ประกอบด้วย อัลคาลอยด์ (Alkaloids) ซาโปนิน (Saponins) ไตรเทอร์พีนอยด์ (Triterpenoids) แทนนิน (Tannins) และฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาที่กล่าวถึงองค์ประกอบของสีที่ได้จากสารสกัดของ *Peristrophe bivalvis* สายพันธุ์ต่างๆ ซึ่งพบในประเทศเวียดนาม โดยระบุว่าเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของรงควัตถุที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสง เช่น ฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลรวม ได้แก่ กรดแกลลิก (Gallic acid) อะพิจินิน (Apigenin) ไอโซควิเชติน (Isoquercetin) ควิเชติน (Quercetin) รูติน (Rutin) และกรดแทนนิก (Tannic acid) และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง (Quan et al., 2016) นอกจากนี้ยังมีข้อมูลการวิจัยที่ได้นำเอาต้นชาเลือดมังกรไปใช้เป็นสีผสมอาหารจากธรรมชาติที่ให้สีม่วงในอาหารเวียดนาม เช่น ข้าวเหนียว ขนมหวานบางประเภท และเค้ก (Thuy et al., 2022) และใช้เป็นสีย้อมผ้า (Okonkwo et al., 2019) นอกจากนี้ตามรายงานของ Tanavade, Naikwade & Chougule (2012) กล่าวว่า เมื่อนำใบและ

ลำต้นของต้นชาเล็ดม้งกรมาสกัดด้วยเอทานอลจะได้สารสกัดเอทานอลิก (Ethanollic extract) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านจุลชีพ (Antimicrobial activity) และการใช้ใบสดตำผสมกับเหล้าขาวแล้วพอกบริเวณแผลหรือกรองเอากากออกแล้วนำน้ำมาดื่ม ยังพบว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้งพิษของงูเห่าและงูเขียวหางไหม้ได้อีกด้วย (Phaopongthai et al., 2016) สำหรับทางการแพทย์แผนจีนมีการนำใบของต้นชาเล็ดม้งกรมาต้มดื่มเป็นยารักษาโรคต่างๆ เช่น อาการไอ ท้องเสีย อหิวาตกโรค และหลดลมอักเสบ (Tanaka & Van Ke, 2007) นอกจากนี้ยังพบว่าใบชาประกอบไปด้วยวิตามินที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น วิตามินซี วิตามินบี รวมทั้งแร่ธาตุที่จำเป็นในปริมาณต่ำ เช่น เหล็ก สังกะสี แคลเซียม แมงกานีส และแมกนีเซียม (ศุภชัย, 2553)

ชาสมุนไพรเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยมีรายงานทางวิทยาศาสตร์หลายฉบับที่ระบุถึงประโยชน์ของการดื่มชา ส่งผลให้ผู้บริโภคให้ความสนใจและนิยมบริโภคชามากขึ้น การศึกษาส่วนใหญ่เกี่ยวกับชาสมุนไพรมักมุ่งเน้นที่การพัฒนาระบบการผลิตใบชาเพื่อเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและลดการสลายตัวของสารสำคัญ อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ผู้บริโภคจะได้รับจากการดื่มชา นั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตแล้ว ขั้นตอนการชงชาที่มีบทบาทสำคัญเช่นกัน ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำชา ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ เวลาในการชง ขนาดของใบชา และรูปแบบการชง ซึ่งนอกจากจะส่งผลต่อคุณภาพของสารสำคัญแล้ว ยังมีอิทธิพลต่อสี กลิ่น และรสชาติของชาด้วย (Liu et al., 2018)

จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาและวิเคราะห์หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีองค์ประกอบของแร่ธาตุที่สำคัญและสารปนเปื้อน รวมถึงการวิเคราะห์จุลชีววิทยาของชาเล็ดม้งกรจากชุมชนดอยช้างโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชาเล็ดม้งกรให้เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสำเร็จรูป และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เพื่อจะได้เป็นข้อมูลโภชนาการสำหรับผู้บริโภค ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการเพาะปลูก การแปรรูปผลิตภัณฑ์ในรูปแบบใหม่ของชุมชน และส่งเสริมการท่องเที่ยวในพื้นที่ อันจะนำไปสู่การเพิ่มมูลค่าของผลผลิตในชุมชน และสร้างประโยชน์สูงสุดให้กับคนในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สารเคมี

สารเคมีสำคัญที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ดีพีพีเอช (DPPH; 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl Assay 85%, MW=394.32) บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศอเมริกา โทรลอคซ์ (Trolox; 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid Assay 97.0%, MW= 250.29) บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศอเมริกา เอบีทีเอส (ABTS; 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-

sulphonic acid Assay 98.0%, MW=514.62) บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศอเมริกา เอทานอล (Ethanol; $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ Assay 99.7%) บริษัท RCI Labscan Ltd. ประเทศไทย เมทานอล (Methanol; CH_3OH Assay 99.9%, MW= 32.04) บริษัท RCI Labscan Ltd. ประเทศไทย กรดแกลลิก (Gallic acid monohydrate; $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ Assay 98.0%, MW 188.13) บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศอเมริกา โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium persulfate; $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ Assay 98.0% Analytical grade) บริษัท Loba Chemie Pvt. Ltd. ประเทศอินเดีย รีเอเจนต์ฟีนอลโฟลีน-โซโอะแคลท์ (Folin&Ciocalteu's phenol reagent) บริษัท Loba Chemie Pvt. Ltd. ประเทศอินเดีย กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid; HCl , Assay 37%, MW=36.46) บริษัท RCI Labscan Ltd. ประเทศไทย โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate; Na_2CO_3 Assay 99.5%, MW=105.99) บริษัท Kemaus ประเทศออสเตรเลีย โซเดียมอะซิเตทไตรไฮเดรต (Sodium Acetate Trihydrate; $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ Assay 99.5%, MW=136.08) บริษัท RCI Labscan Ltd. ประเทศไทย กรดแอซีติก (Acetic acid glacial; CH_3COOH , Assay 99.80%, MW=60.05) บริษัท RCI Labscan Ltd. ประเทศไทย โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide; NaOH Assay 99.0%, MW= 40) ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein; $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$ MW=318.32) บริษัท RCI Labscan Ltd. ประเทศไทย สารเคมีทุกชนิดเป็นเกรดวิเคราะห์ (Analytical reagent; AR) กระดาษกรอง เบอร์ 1 ขนาด 110 มม. (Whatman Qualitative filter papers) บริษัท บี สมาร์ทขายเอ็นซ์ จำกัด ประเทศไทย

2. กรรมวิธีการแปรรูปเป็นชา

ทำการศึกษากรรมวิธีในการแปรรูปชา 2 วิธี ดังนี้ วิธีที่ 1 เป็นการแปรรูปด้วยวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อน ทำโดยเก็บยอดใบชาต้นชาเล็ดม้งกร 3-5 ใบ นำยอดใบชาไปชั่งน้ำหนักนำไปล้างน้ำให้สะอาด วางให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำยอดใบชาที่สะเด็ดน้ำแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 50°C , 70°C และ 100°C ด้วยตู้อบลมร้อนจนได้น้ำหนักที่คงที่ และวิธีที่ 2 เป็นการแปรรูปด้วยวิธีการคั่วและนวดใบชา โดยเก็บยอดใบชาต้นชาเล็ดม้งกร 3-5 ใบ นำยอดใบชาไปชั่งน้ำหนักนำไปล้างน้ำให้สะอาด วางให้สะเด็ดน้ำ นำไปคั่วในกระทะที่อุณหภูมิประมาณ $78 \pm 2^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 25 นาที ระหว่างคั่วจะนวดยอดใบชาด้วยมือ ทำแบบนี้จนกระทั่งยอดใบชาเปลี่ยนเป็นสีม่วงดำนำไปผึ่งแดดให้แห้งจนได้น้ำหนักที่คงที่ จากนั้นนำใบชาที่ผ่านการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน และการคั่ว และนวดใบชา มาบั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น (Philips, Philips 600W) ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 mm (80 Mesh) และบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ภายใต้สภาวะสุญญากาศก่อนนำไปทำการวิเคราะห์ต่อไป

3. การเตรียมน้ำชาเล็ดม้งกรจากกรรมวิธีการแปรรูปชาที่ต่างกัน

ชั่งผงชาเล็ดม้งกรมา 1.51 ± 0.01 g ใส่ในซองชา เติมน้ำปราศจากไอออน (DI) 200 mL ลงในปิกเกอร์แล้วนำไปต้มให้ได้อุณหภูมิ 90°C นำซองชาจุ่มในน้ำอุณหภูมิ 90°C เป็น

เวลา 3 นาที เมื่อครบเวลานำของชาออก ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นกรองน้ำชาเล็ดม้งกร ด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 และเก็บในขวดสีชา ทำการเจือจางสารละลายตัวอย่างชาเล็ดม้งกร 20 เท่าก่อนนำไปวิเคราะห์ต่อไป โดยปิเปตสารละลายตัวอย่างชามา 0.50 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 mL จากนั้นเติมน้ำปราศจากไอออนจนถึงขีดปริมาตร

4. การศึกษาอุณหภูมิในการชงชา

ชั่งผงชาเล็ดม้งกรซึ่งเป็นชาที่แปรรูปด้วยวิธีการคั่วและนวดใบชามา 1.51 ± 0.01 g ใส่ในซองชา เติมน้ำปราศจากไอออน 200 mL ลงในปิกเกอร์แล้วนำไปต้มให้ได้อุณหภูมิ 70 80 90 และ 100°C นำของชาจุ่มในน้ำอุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 4 นาที เมื่อครบเวลานำของชาออก ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นกรองน้ำชาเล็ดม้งกร ด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 และเก็บในขวดสีชา ทำการเจือจางสารละลายตัวอย่างชาเล็ดม้งกร 20 เท่าก่อนนำไปวิเคราะห์ต่อไป

5. การศึกษาเวลาในการชงชา

ชั่งผงชาเล็ดม้งกรซึ่งเป็นชาที่แปรรูปด้วยวิธีการคั่วและนวดใบชามา 1.51 ± 0.01 g ใส่ในซองชา เติมน้ำปราศจากไอออน 200 mL ลงในปิกเกอร์แล้วนำไปต้มให้ได้อุณหภูมิ 90°C นำของชาจุ่มในน้ำอุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 1 3 5 10 15 นาที เมื่อครบเวลานำของชาออก ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นกรองน้ำชาเล็ดม้งกร ด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 และเก็บในขวดสีชา ทำการเจือจางสารละลายตัวอย่างชาเล็ดม้งกร 20 เท่าก่อนนำไปวิเคราะห์ต่อไป

6. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี คุณภาพทางจุลชีววิทยา และคุณค่าทางโภชนาการของชาเล็ดม้งกร

6.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

6.1.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพที่ศึกษา ได้แก่ การตรวจวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี CHNSpec Technology (Zhejiang) Co. Ltd. รุ่น DS-200 ค่าสีที่วัดได้จะแสดงค่าเป็น $L^* a^* b^*$ โดยทำการวัด 3 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าแอดทิวิตีของน้ำ (Aw) และปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC (2019) คุณภาพทางเคมีที่ศึกษา ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น F20 FiveEasy™ (Mettler-Toledo (Thailand) Co., Ltd.) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

6.1.2 วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) โดยการปิเปตน้ำชาเล็ดม้งกรมา 2 mL จากนั้นเติมน้ำปราศจากไอออน 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical; DPPH ความเข้มข้น 0.20 mM 2 mL เขย่าให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 nm เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานความเข้มข้นของ Trolox และรายงานผล

เป็นปริมาณ Trolox equivalent ($\mu\text{mol TE}/100\text{g D.W.}$) (ดัดแปลงจาก Yingngam, Monschein & Brantner, 2014)

6.1.3 วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethyl-benzthiazoline-6-sulphonic acid) โดยการปิเตรนน้ำชาเลือดมังกรมา 2 mL จากนั้นเติมสารละลาย ABTS⁺⁺ 2 mL เขย่าให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 734 nm เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานความเข้มข้นของ Trolox และรายงานผลเป็นปริมาณ Trolox equivalent ($\mu\text{mol TE}/100\text{g D.W.}$) (ดัดแปลงจาก Yingngam, Monschein & Brantner, 2014)

6.1.4 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมทั้งหมด (Total phenolic content; TPC) โดยวิธี Folin-Ciocalteu method โดยการปิเตรนน้ำชาเลือดมังกรมา 0.50 mL เติมสารละลาย 10% v/v Folin-Ciocalteu reagent 2.50 mL เขย่าให้เข้ากัน เก็บสารละลายในที่มืด 3 นาที จากนั้นเติมสารละลาย 7.50% w/v Na_2CO_3 2 mL เขย่าให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 765 nm เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานความเข้มข้นของ Gallic acid และรายงานผลเป็นปริมาณ Gallic acid equivalent (mg GAE/g D.W.) (ดัดแปลงจาก Yingngam, Monschein & Brantner, 2014)

6.1.5 วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินรวมทั้งหมด (Total anthocyanin content) ใช้วิธี pH differential (ดัดแปลงจากวิธีของ Shafazila, Pat & Lee, 2010) ปิเตรนน้ำชาเลือดมังกรมา 1 mL ผสมกับสารละลายบัฟเฟอร์ pH 1 และ pH 4.5 ปริมาตร 4 mL เขย่าให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 และ 700 nm นำไปคำนวณปริมาณ anthocyanin-3 glucoside equivalents (mg anthocyanin-3-glucoside/kg)

6.2 การวิเคราะห์หาแร่ธาตุ สารปนเปื้อน สารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ หรือสารเป็นพิษอื่น
ทำการวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุ สารปนเปื้อน สารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ หรือสารเป็นพิษอื่น โดยส่งตรวจที่บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งตรวจวัดด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma; ICP โดยใช้วิธีทดสอบอ้างอิง In-house method based on AOAC (2019) 2013.06 and 999.10 ปริมาณสารปนเปื้อน สารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ หรือสารเป็นพิษอื่นที่วิเคราะห์ได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานอ้างอิงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 414) พ.ศ. 2563 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน

6.3 การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

ทำการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาโดยส่งตรวจที่บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ตามมาตรฐานอ้างอิงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 416) พ.ศ. 2563 เรื่องกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน หลักเกณฑ์เงื่อนไข และวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย สแตปฟีโลคอคคัส ออเรียส (*Staphylococcus Aureus*) ตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธีทดสอบอ้างอิง FDA BAM Online, 2016 (Chapter 12) และปริมาณเชื้อแบคทีเรียซาลโมเนลลา (*Salmonella spp.*) วิเคราะห์ด้วยวิธีทดสอบอ้างอิง ISO 6579-1:2017/Amd.1:2020 (International Organization for Standardization, 2020)

6.4 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พร้อมทำฉลากของผลิตภัณฑ์

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ โดยส่งตรวจวิเคราะห์ที่ บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ได้แก่ การตรวจวิเคราะห์พลังงานทั้งหมด และคาร์โบไฮเดรต ด้วยวิธีทดสอบอ้างอิง Method of analysis for nutrition labeling (1993) Chapter 6 Proximate and mineral analysis คอลเลสเตอรอล และน้ำตาลทั้งหมด วิเคราะห์ด้วยวิธีทดสอบอ้างอิง In-house method based on compendium of methods for food analysis (2003) โปรตีน วิเคราะห์ด้วยวิธีทดสอบอ้างอิง AOAC (2019) 991.20 ไขมันทั้งหมด วิเคราะห์ด้วยวิธีทดสอบอ้างอิง AOAC (2019) 948.15 ไขมันอิ่มตัว วิเคราะห์ด้วยวิธีทดสอบอ้างอิง In-house method TE-CH-208 based on AOAC (2019) 996.06 โพแทสเซียมและโซเดียม วิเคราะห์ด้วยวิธีทดสอบอ้างอิง In-house method TE-CH-170 based on AOAC (2019) 984.27 and 999.10 เถ้า และความชื้น วิเคราะห์ด้วยวิธีทดสอบอ้างอิง AOAC (2019) 920.153 and 950.46(B) ตามลำดับ และออกฉลากของผลิตภัณฑ์ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 445) พ.ศ. 2566 เรื่อง ฉลากโภชนาการ

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการทดลองในแต่ละขั้นตอนเป็นจำนวน 3 ซ้ำ (n=3) วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในชาเล็ดม้งกร

1.1 ผลการศึกษาการแปรรูปชา

จากการศึกษากรรมวิธีการแปรรูปชาด้วยวิธีการอบแห้งซึ่งเป็นกรรมวิธีการแปรรูปชาแบบหนึ่งที่ใช้สำหรับการแปรรูปชาจากพืชชนิดอื่นๆ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C 70°C 100°C และกรรมวิธีการแปรรูปชาด้วยวิธีการคั่ว และนวดใบชาระหว่างคั่วก่อนจะนำไปตากให้ชาแห้ง ซึ่งเป็นการแปรรูปจากภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชนโดยชาที่ทำมาอย่างยาวนาน ลักษณะทางกายภาพของใบชา ดังภาพที่ 1 ใบชาที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการอบลมร้อนมีสีเขียวมน้ำตาลเล็กน้อยและมีสีน้ำตาลมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิทำแห้งสูงขึ้น ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของรงควัตถุ ส่วนใบชาที่ผ่านการคั่วและนวดจะมีลักษณะเป็นสีม่วงดำ เมื่อทำการชงชาโดยใช้ชาชอง น้ำชาจะมีสีแดงอมม่วงของทั้ง 2 วิธีการแปรรูป ชาที่ผ่านการอบแห้งจะมีกลิ่นเหมือนเขียว ส่วนชาที่ผ่านการคั่ว และนวดใบชาจะมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว และเมื่อนำน้ำชาเล็ดม้งกรไปวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS ดังตารางที่ 1 พบว่า เมื่ออบใบชาเล็ดม้งกรที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นปริมาณฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Trolox equivalent antioxidant capacity; TEAC) ที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS สูงขึ้น และค่าสูงสุดที่อุณหภูมิ 100°C สำหรับการคั่ว และนวดใบชาเล็ดม้งกรแสดงปริมาณฟีนอลิกรวมมีค่าใกล้เคียงกับการอบใบชาที่ 50°C แต่มีค่าต่ำกว่าการอบใบชาที่อุณหภูมิสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสำหรับการทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS มีค่าเท่ากับ $4,050.57 \pm 130.32$ และ $4,458.06 \pm 96.28$ $\mu\text{mol TE}/100\text{g D.W.}$ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของการอบแห้งและการคั่วและนวดใบชา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ของทั้ง 2 วิธีทดสอบ อย่างไรก็ตามการแปรรูปชาด้วยวิธีการอบลมร้อน น้ำชาที่ได้จะมีกลิ่นเหมือนเขียวซึ่งเป็นกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ดังนั้นเพื่อให้ได้ชาที่มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว งานวิจัยนี้จะนำชาเล็ดม้งกรที่แปรรูปชาด้วยกรรมวิธีการคั่ว และนวดใบชาไปทำการศึกษาอุณหภูมิของน้ำในการชงชา และเวลาที่ใช้ในการชงชาเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสำเร็จรูปต่อไป



(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของใบชาที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ (ก) 50°C (ข) 70°C (ค) 100°C และ (ง) กรรมวิธีการคั่ว และนวดใบชา

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฟีนอลิกรวมจากการศึกษากรรมวิธีในการแปรรูปชา (n = 3)

กรรมวิธีการ แปรรูปชา	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ		ปริมาณ
	วิธี DPPH ($\mu\text{mol TE}/100\text{g D.W.}$)	วิธี ABTS ($\mu\text{mol TE}/100\text{g D.W.}$)	ฟีนอลิกรวม (mg GAE/g D.W.)
อบ 50°C ^{ns}	5,097.79 $\pm$ 239.50 ^b	4,518.49 $\pm$ 287.41 ^a	5.51 $\pm$ 0.13 ^a
อบ 70°C	5,235.99 $\pm$ 123.42 ^{bA}	7,163.43 $\pm$ 60.85 ^{bB}	6.36 $\pm$ 0.57 ^b
อบ 100°C	7,949.37 $\pm$ 182.42 ^{cA}	7,543.33 $\pm$ 159.75 ^{cB}	6.64 $\pm$ 0.17 ^b
การคั่ว และนวด ใบชา	4,050.57 $\pm$ 130.32 ^{aA}	4,458.06 $\pm$ 96.28 ^{aB}	5.37 $\pm$ 0.20 ^a

หมายเหตุ อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS

ns คือ ในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS

1.2 ผลการศึกษาอุณหภูมิในการชงชา

จากการศึกษาอุณหภูมิในการชงชาเลือกม้งกรที่ 70°C 80°C 90°C และ 100°C เป็นเวลา 4 นาที พบว่า เมื่อชงชาด้วยน้ำที่อุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS และปริมาณฟีนอลิกรวมมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิ 90°C และเมื่อชงชาที่อุณหภูมิสูงกว่า 90°C ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของการทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS และปริมาณฟีนอลิกรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 2

1.3 ผลการศึกษาเวลาในการชงชา

จากการศึกษาเวลาในการชงชาเมล็ดม้งกรที่ 1 3 5 10 และ 15 นาที พบว่า ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS และปริมาณฟีนอลิกรวม มีค่าสูงสุดที่ 3 นาที และเมื่อเวลาชงชามากกว่า 3 นาทีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบ ด้วยวิธี DPPH และ ABTS มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และจะเห็นได้ว่าเมื่อชงชา เป็นเวลาตั้งแต่ 3–15 นาที ปริมาณฟีนอลิกรวมมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 3

จากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทดสอบ DPPH และ ABTS และปริมาณฟีนอลิกรวมในน้ำชาเมล็ดม้งกร พบว่า อุณหภูมิ น้ำ และเวลาในการชงชาที่เหมาะสมเท่ากับ 90°C และ 3 นาที ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฟีนอลิกรวมจากการศึกษาอุณหภูมิในการชงชาเมล็ดม้งกรชุมชนดอยช้าง ($n = 3$)

อุณหภูมิ ในการชงชา	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ		ปริมาณ
	วิธี DPPH ($\mu\text{mol TE}/100\text{g D.W.}$)	วิธี ABTS ($\mu\text{mol TE}/100\text{g D.W.}$)	ฟีนอลิกรวม ($\text{mg GAE}/\text{g D.W.}$)
70°C	$3,480.99 \pm 84.64^{\text{aA}}$	$4,106.31 \pm 151.67^{\text{aB}}$	$4.87 \pm 0.15^{\text{a}}$
80°C	$3,777.44 \pm 181.73^{\text{bA}}$	$4,539.00 \pm 327.68^{\text{aB}}$	$5.82 \pm 0.36^{\text{b}}$
90°C	$4,512.18 \pm 77.38^{\text{cA}}$	$5,390.87 \pm 127.21^{\text{bB}}$	$6.72 \pm 0.20^{\text{b}}$
100°C	$3,356.69 \pm 143.60^{\text{aA}}$	$4,107.29 \pm 225.3^{\text{aB}}$	$5.69 \pm 0.18^{\text{a}}$

หมายเหตุ อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฟีนอลิกรวมจากการศึกษาเวลาในการชงชา เลือดม้งกรชุมชนดอยช้าง (n = 3)

เวลาในการ ชงชา	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ		ปริมาณ
	วิธี DPPH ($\mu\text{mol TE}/100\text{g D.W.}$)	วิธี ABTS ($\mu\text{mol TE}/100\text{g D.W.}$)	ฟีนอลิกรวม (mg GAE/g D.W.)
1 นาที	3,542.88 $\pm$ 30.81 ^{aA}	4,954.33 $\pm$ 120.78 ^{aB}	6.15 $\pm$ 0.07 ^a
3 นาที ^{ns}	5,882.50 $\pm$ 258.71 ^{aA}	6,365.14 $\pm$ 148.61 ^{aB}	7.39 $\pm$ 0.05 ^b
5 นาที	5,021.23 $\pm$ 81.54 ^{bA}	5,655.55 $\pm$ 274.62 ^{bB}	7.19 $\pm$ 0.32 ^b
10 นาที	4,882.44 $\pm$ 134.70 ^{bA}	5,972.22 $\pm$ 128.73 ^{bB}	7.12 $\pm$ 0.15 ^b
15 นาที	4,862.36 $\pm$ 88.59 ^{bA}	5,669.98 $\pm$ 50.97 ^{bB}	7.06 $\pm$ 0.14 ^b

หมายเหตุ อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS

ns คือ ในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS

2. ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี คุณภาพทางจุลชีววิทยา และคุณค่าทางโภชนาการพร้อมผลผลิตภัณฑ์ของเครื่องดื่มสำเร็จรูปชาเลือดม้งกร

2.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและทางด้านเคมีของชาเลือดม้งกรที่แปรรูปด้วยวิธีการคั่วและนวดใบชา ดังตารางที่ 4 พบว่า มีความชื้นเท่ากับ 7.40 ± 0.01 g/100g ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชา และค่าแอสคิวทิวิตีของน้ำ (Aw) เท่ากับ 0.40 ± 0.01 น้ำชาเลือดม้งกรมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.51 ± 0.01 ค่าสี L* (ค่าความสว่าง) ค่า a* (ค่าความเป็นสีแดง (+) / สีเขียว (-)) และค่า b* (ค่าความเป็นสีเหลือง (+) / สีนํ้าเงิน (-)) เท่ากับ 42.05 ± 0.27 2.46 ± 0.27 และ -0.38 ± 0.05 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าน้ำชาเลือดม้งกรมีค่าความสว่างปานกลาง และแสดงความเป็นสีแดง-น้ำเงิน ซึ่งเป็นสีเฉพาะตัวของชานี้ ตรวจไม่พบคาเฟอีนและปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกเท่ากับ $0.30 \pm 0.01\%$

ผลการศึกษาปริมาณฟีนอลิกรวมเท่ากับ 7.39 ± 0.05 mg GAE/g D.W. ปริมาณแอนโทไซยานินรวมเป็น 1.72 ± 0.17 mg anthocyanin-3-glucoside/kg D.W. และปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของวิธีทดสอบ DPPH และ ABTS เป็น $5,882.50 \pm 258.71$ และ $6,365.14 \pm 148.61$ $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g D.W.}$ ตามลำดับ

2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุ สารปนเปื้อน สารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ หรือ สารเป็นพิษอื่น

จากการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญในน้ำชาเล็ดม้งกร พบปริมาณเหล็ก และสังกะสีน้อยกว่า 0.50 mg/kg ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม แคลเซียม และโบรอน เท่ากับ 8.61 ± 0.06 30.64 ± 0.04 52.00 ± 1.41 และ 0.66 ± 0.02 mg/kg ตามลำดับ และตรวจไม่พบสารปนเปื้อน สารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ หรือสารเป็นพิษอื่น ดังตารางที่ 5 ปริมาณสารดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 414) พ.ศ. 2563 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มี สารปนเปื้อน ถือได้ว่ามีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

2.3 ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

การวิเคราะห์จุลชีววิทยาของผงชาเล็ดม้งกรชุมชนดอยช้าง พบว่า ปริมาณเชื้อ แบคทีเรีย *Salmonella* spp. ตรวจไม่พบที่ 25 กรัม (Negative/25 g) และปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ตรวจไม่พบที่ 0.10 g (Negative/0.10 g) ดังตารางที่ 6 ซึ่งมีคุณลักษณะ ด้านจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 416) พ.ศ. 2563 เรื่องกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน หลักเกณฑ์เงื่อนไข และวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของ อาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ซึ่งถือได้ว่ามีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ตารางที่ 4 คุณภาพทางด้านกายภาพและทางด้านเคมีของชาเล็ดม้งกร

ลักษณะทางกายภาพ/องค์ประกอบทางเคมี	ผลการทดลอง
DPPH assay (TEAC)	$5,882.50 \pm 258.71$ $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g D.W.}$
ABTS assay (TEAC)	$6,365.14 \pm 148.61$ $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g D.W.}$
Total phenolic content	7.39 ± 0.05 mg GAE/g D.W.
Total anthocyanin content	1.72 ± 0.17 mg anthocyanin-3-glucoside/kg
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก	$0.30 \pm 0.01\%$
pH	6.51 ± 0.01
Water activity (Aw)	0.40 ± 0.01
ความชื้น	7.40 ± 0.01 g/100g
Color (L* a* b*)	42.05 ± 0.27 2.46 ± 0.27 -0.38 ± 0.05

หมายเหตุ มาจากการแปรูปชาด้วยวิธีการคั่วและนวดใบชา และชงชาด้วยน้ำอุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 3 นาที

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุ สารปนเปื้อน สารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ หรือสารเป็นพิษอื่นในชาเลือดมังกร

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	ปริมาณมาตรฐาน
Iron (Fe)	< 0.50	mg/kg	
Zinc (Zn)	< 0.50	mg/kg	
Phosphorus (P)	8.61±0.06	mg/kg	
Magnesium (Mg)	30.64±0.04	mg/kg	
Calcium (Ca)	52.00±1.41	mg/kg	
Boron (B)	0.66±0.02	mg/kg	
Arsenic (As)	Not Detected	mg/kg	0.20 mg/kg
Lead (Pb)	Not Detected	mg/kg	0.50 mg/kg
Cadmium (Cd)	Not Detected	mg/kg	0.30 mg/kg
Mercury (Hg)	Not Detected	mg/kg	—
Sulfur dioxide (SO ₂)	Not Detected	mg/kg	

หมายเหตุ มาจากการแปรรูปชาด้วยวิธีการคั่วและนวดใบชา และชงชาด้วยน้ำอุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 3 นาที

ตารางที่ 6 การตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของผงชาเลือดมังกร

รายการทดสอบ	ข้อกำหนด	ผลการทดสอบ
<i>Staphylococcus Aureus</i>	Negative/0.10 g	ตรวจไม่พบที่ 0.10 g
<i>Salmonella spp.</i>	Negative/25 g	ตรวจไม่พบที่ 25 กรัม

หมายเหตุ มาจากการแปรรูปชาด้วยวิธีการคั่วและนวดใบชา

2.4 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

ฉลากโภชนาการแบบเต็มของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสำเร็จรูปชาเลือดมังกร เมื่อนำชาเลือดมังกรที่บรรจุในซองชา 1 ซอง มาชงด้วยน้ำอุณหภูมิ 90°C ปริมาตร 200 มิลลิลิตร เป็นเวลา 3 นาที ดังภาพที่ 2 เครื่องดื่มชาเลือดมังกรหนึ่งหน่วยบริโภค 1 แก้ว (200 มิลลิลิตร) มีพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 0 กิโลแคลอรี มีโปรตีนเท่ากับ 1 กรัม ไม่มีไขมัน คอเลสเตอรอล คาร์โบไฮเดรต น้ำตาล โซเดียม และโพแทสเซียม โดยคิดจากร้อยละของค่าสารอาหารต่อวัน สำหรับคนไทย จากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี

ข้อมูลโภชนาการ (Nutrition Information)	
คุณค่าทางโภชนาการต่อการกินหนึ่งครั้ง : 1 แก้ว (200 มิลลิลิตร)	
Amount per serving: 1 cup (200 mL)	
พลังงาน	0 กิโลแคลอรี
Energy	0 kcal
ร้อยละของค่าอ้างอิงต่อวัน* (%Thai RDI*)	
ไขมันทั้งหมด (Total fat) 0 ก. (g)	0%
ไขมันอิ่มตัว (Saturated fat) 0 ก. (g)	0%
คอเลสเตอรอล (Cholesterol) 0 ก. (g)	0%
โปรตีน (Protein) 1 ก. (g)	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (Total carbohydrate) 0 ก. (g)	0%
น้ำตาลทั้งหมด (Total sugars) 0 ก. (g)	
โซเดียม (Sodium) 0 มก. (mg)	0%
โพแทสเซียม (Potassium) 0 มก. (mg)	0%
*ร้อยละของค่าอ้างอิงสารอาหารต่อวันสำหรับคนไทย จากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี (Percent Thai Reference Daily Intakes, based on a 2,000 kcal)	

ภาพที่ 2 ฉลากโภชนาการแบบเต็มของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสำเร็จรูปชาเลือดมังกร

อภิปรายผล

ชาเลือดมังกรที่แปรรูปด้วยวิธีการคั่ว และนวดใบชาระหว่างคั่วซึ่งเป็นวิธีตามภูมิปัญญาของชุมชนดอยช้างมีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 426) พ.ศ. 2564 เรื่อง ชาจากพืช ซึ่งระบุว่าชาต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ ความชื้นในระดับดังกล่าวสามารถช่วยป้องกันและควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย เช่น เชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรีย ทำให้สามารถเก็บรักษาชาไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้องโดยไม่เน่าเสีย นอกจากนี้กระบวนการทำแห้งยังมีส่วนช่วยเพิ่มกลิ่นรสและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเฉพาะของชา โดยเฉพาะการทำแห้งด้วยวิธีการคั่วและนวดใบชาซึ่งสามารถเสริมเอกลักษณ์ทางประสาทสัมผัสของชาได้อย่างเด่นชัดที่สุด (Jirarattanarangsri & Budprom, 2016; Punchuklang et al., 2020) และค่าแอคทิวิตีของน้ำ (Aw) มีค่าต่ำแสดงว่ามีปริมาณน้ำอิสระน้อย ทำให้จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญได้ (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, ม.ป.ป.)

การแปรรูปชาด้วยวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อนมีปริมาณฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS สูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น แต่กลิ่นชาจะมีกลิ่นเหม็นเขียวซึ่งอาจจะเกิดจากอุณหภูมิในการทำแห้งยังสูงไม่มากพอที่จะทำให้เซลล์ใบชาแตกออก ซึ่งผู้วิจัยมีข้อจำกัดในเรื่องอุณหภูมิของตู้อบลมร้อนจึงไม่ได้ศึกษาการทำแห้งที่อุณหภูมิที่สูงขึ้น อย่างไรก็ตามจากกรายงานการวิจัยของ ปิยธิดา และคณะ (2566) กล่าวว่า อุณหภูมิในการทำแห้งที่สูงขึ้นจะมีผลต่อความคงตัวของสารต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของใบชา สำหรับการแปรรูปชาด้วยวิธีการคั่วและนวดใบชาที่มีค่าปริมาณฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ตรวจวัดด้วยวิธี DPPH และ ABTS ต่ำกว่าตัวอย่างชาที่แปรรูปด้วยวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อน เนื่องจากการแปรรูปชาด้วยวิธีการคั่วและนวดใบชาด้วยกระทะ ใบชาจะสัมผัสโดยตรงกับภาชนะและเปลวไฟ สารสีหรือรงควัตถุของใบชาเสื่อมลงกรถูกทำลายด้วยความร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารสีหรือรงควัตถุส่งผลให้ใบชามีสีเข้ม และเพิ่มโอกาสในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือการสลายตัวของสารต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น ส่งผลให้ความคงตัวของสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของใบชาลดลง (ปิยธิดา และคณะ, 2566) และชาที่ผ่านกระบวนการคั่วและนวดใบชาจะมีกลิ่นหอมเฉพาะตัวเนื่องจากในขั้นตอนการนวดใบชาขณะคั่ว นั้น เป็นกระบวนการที่ใช้น้ำหนักกดทับและขยี้ใบชาเพื่อให้เซลล์ของใบชาแตกออก เมื่อเซลล์แตก สารประกอบต่างๆ ที่อยู่ภายในเซลล์ เช่น น้ำมันหอมระเหยและสารให้รสชาดี จะไหลออกมาออกเซลล์และเคลือบอยู่บนผิวใบชา ทำให้เกิดกลิ่นหอมและรสชาดีที่เป็นเอกลักษณ์ของชาในกระบวนการนี้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะนำตัวอย่างชาเสื่อมลงที่ผ่านการแปรรูปด้วยวิธีการคั่วและนวดใบชาไปศึกษาปัจจัยต่างๆ เนื่องจากใช้เวลาในการแปรรูปชาไม่นานและชาที่ได้มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว

การศึกษาอุณหภูมิน้ำในการชงชาที่ส่งผลต่อปริมาณฟีนอลิกรวม และความสามารถต้านอนุมูลอิสระในชาเสื่อมลงด้วยวิธีการทดสอบ DPPH และ ABTS จะเห็นได้ว่าเมื่อชงชาที่อุณหภูมิน้ำที่สูงขึ้นค่าปริมาณฟีนอลิกรวมทั้งหมด และความสามารถต้านอนุมูลอิสระมีค่าเพิ่มขึ้นของทั้ง 2 วิธีทดสอบ และลดลงที่อุณหภูมิน้ำ 100°C ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ รวินิกา และศิริกมล (2023) พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำที่ใช้ชงชา ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม แทนนินรวม ฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH มีค่าเพิ่มขึ้น และ Liu et al. (2018) ที่ศึกษาผลของอุณหภูมิในการชงชาเขียว พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ วิตามินซี น้ำตาล ที่เอนีน เควอร์ซีทิน รูทีน คาเฟอีน และคาเทชิน รวมทั้งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่วัดด้วยวิธี ORAC เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการชงชาที่อุณหภูมิที่สูงเกินไป (100°C) อาจทำให้เกิดการออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก ส่งผลให้

ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารลดแรงตึงผิวส่งผลให้ค่าความสามารถต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลง (Dai & Mumper, 2010)

เมื่อทำการชงชาที่เวลาแตกต่างกัน พบว่า ระยะเวลาในการชงชาที่แสดงค่าปริมาณฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS สูงสุดที่ 3 นาที และเมื่อชงชาที่เวลามากกว่า 3 นาที ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 วิธีทดสอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับปริมาณฟีนอลิกรวมมีค่าลดลงและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จตุพร และคณะ (2561) ที่รายงานว่า การชงชาจากดอกอัญชันเป็นเวลา 10 นาทีจะแสดงปริมาณฟีนอลิกรวม และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH สูงสุด และเมื่อชงชาเป็นเวลา 15 นาที ปริมาณสารดังกล่าวมีค่าลดลง ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นผ่านกลไกการแพร่ (Diffusion mechanism) จากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำ โดยที่สารจะค่อยๆ แพร่ผ่านเยื่อกระดาษ และเกิดการแพร่อย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มต้น เป็นผลมาจากสารที่อยู่บริเวณผิวเกิดการละลายออกสู่สิ่งแวดล้อมทันที ส่งผลให้เกิดการแพร่ของสารในอัตราสูงในระยะแรก หลังจากนั้นอัตราการแพร่ของสารจะค่อยๆ ลดลงหรือคงที่ตามลำดับ (น้อย, 2556) งานวิจัยนี้ พบว่า เมื่อผู้บริโภคดื่มชาเลือดมังกรที่ชงด้วยน้ำอุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 3 นาที ร่างกายจะได้รับปริมาณฟีนอลิกรวม และสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด และจากรายงานการวิจัยของ รวีนิภา และศิริกมล (2023) ได้กล่าวว่า การชงชาที่อุณหภูมิสูงมากและชงเป็นเวลานาน ทำให้ชา มีรสขมฝาดมากขึ้นด้วย เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มชาเลือดมังกรกับชาชนิดอื่น เช่น ชาเขียว ชาขาว ชาดำมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในช่วง $1,328\text{--}1,772\text{ }\mu\text{mol TE/g}$ และชาสมุนไพรจากบาล์มมะนาว สะระแหน่ และดอกคาโมไมล์ซึ่งมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระในช่วง $180\text{--}610\text{ }\mu\text{mol TE/g}$ (Rusaczonok et al., 2010) ชาสมุนไพรจากสังกรณีมีค่าเท่ากับ 44 ± 0.14 137.58 ± 5.35 และ $266.39 \pm 5.03\text{ }\mu\text{mol GAE/g extract}$ สำหรับการทดสอบด้วยวิธี DPPH ABTS และ FRAP ตามลำดับ และชาสมุนไพรตรีชาที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 26.18 ± 0.97 73.04 ± 5.23 และ $118.54 \pm 1.28\text{ }\mu\text{mol GAE/g extract}$ สำหรับการทดสอบด้วยวิธี DPPH ABTS และ FRAP ตามลำดับ (มารศรี, นันธิดา และโสภรต์, 2567) พบว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มชาเลือดมังกรต่ำกว่า ซึ่งอาจเกิดจากความหลากหลายของวิธีการวิเคราะห์และกระบวนการเตรียมในการชงชา เช่น ความเข้มข้นของสารสกัด อุณหภูมิ และระยะเวลาในการชง ทั้งนี้คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของพืชอาจขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ สภาพดินและภูมิอากาศที่ใช้ในการเพาะปลูกฤดูกาลเก็บเกี่ยว วิธีการแปรรูปและการเก็บรักษา (Capecka, Mareczek & Leja, 2005) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับส่วนของพืชที่นำมาใช้ชงชา และพันธุ์ของพืชที่ใช้ ด้วยเหตุนี้เองคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของชาจึงมีแนวโน้มที่แตกต่างกันไปตามกระบวนการและปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการผลิต

เมื่อพิจารณาถึงการได้รับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในแต่ละวัน Prior (2014) กล่าวว่า ในแต่ละวันร่างกายควรได้รับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณการบริโภคอาหารในแต่ละวัน กล่าวคือ ผู้ที่บริโภคอาหารที่ได้รับพลังงานวันละ 2,500 กิโลแคลอรี ความต้องการด้านความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (ORAC) จะอยู่ที่ประมาณ 11,500 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ หากผู้บริโภคได้รับพลังงานต่อวันน้อยลง ความต้องการความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระก็จะลดลง และเมื่อร่างกายได้รับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่า 10,000 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ ต่อวันจะทำให้ลดความเสี่ยงการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดสมอง และมะเร็งเยื่อปอด

การศึกษาทางเคมีแสดงให้เห็นว่าเครื่องต้มชาเลือกดื่มกรมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน ดังนั้นข้อควรระวังในการดื่มชาชนิดนี้คือไม่ควรดื่มชาตอนท้องว่าง อาจส่งผลให้เกิดการระคายเคืองของกระเพาะอาหาร ทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียนได้ และจากงานวิจัยของ ภาสุรี (2024) รายงานว่าเมื่อเก็บเครื่องต้มชาเลือกดื่มกรพร้อมดื่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน ทำให้เครื่องต้มมีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นและปริมาณกรดทั้งหมดที่อยู่ในรูปกรดซิตริกมากขึ้น ในขณะที่เมื่อเก็บเครื่องต้มที่อุณหภูมิตู้เย็นค่าความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและปริมาณกรดทั้งหมดลดลงและคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 24 วัน จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคควรดื่มชาให้หมดภายใน 1 วัน หรือสามารถเก็บเครื่องต้มชาในภาชนะปิดในตู้เย็นได้นาน 15 วัน

การศึกษาคูณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มชาเลือกดื่มกรสำเร็จรูปพบว่า เป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ให้พลังงาน ดังนั้นผลิตภัณฑ์เครื่องต้มชาเลือกดื่มกรสำเร็จรูปจึงเหมาะกับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก และผู้ใส่ใจสุขภาพที่มองหาเครื่องดื่มที่ให้พลังงานต่ำ แต่อุดมไปด้วยแร่ธาตุ และสารต้านอนุมูลอิสระ

สรุปผลการวิจัย

ชาเลือกดื่มกรที่แปรรูปด้วยกรรมวิธีการคั่ว และนวดใบชาระหว่างคั่วซึ่งเป็นการแปรรูปจากภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชนดอยช้างที่ทำมาอย่างยาวนาน ใบชามีความชื้นและค่าแอดทิวตี้ของน้ำ (Aw) เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของการผลิตชา จึงมีความปลอดภัยและเก็บรักษาได้นาน การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาได้มาตรฐานโดยอ้างอิงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 416) พ.ศ. 2563 เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน หลักเกณฑ์เงื่อนไข และวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ไม่พบสารปนเปื้อนที่เป็นอันตรายในชา ซึ่งถือได้ว่ามีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และพบปริมาณแร่ธาตุที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นสามารถนำชาเลือกดื่มกรมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องต้มกรสำเร็จรูปได้ และเมื่อทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ พบว่า เป็นผลิตภัณฑ์

ที่ไม่ให้พลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียม และอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่เพียงพอต่อร่างกายสำหรับกลุ่มคนรักสุขภาพที่นิยมรับประทานอาหารและเครื่องดื่มที่ให้พลังงานน้อย องค์ความรู้จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเล็ดม้งกรีนนี้เป็นประโยชน์อย่างมากและสามารถต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพชนิดใหม่ต่อไปได้ และต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเครื่องสำอางได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สทว.) ผ่านมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 รหัสโครงการ NRIIS 206821 ซึ่งคณะผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ และขอขอบคุณ นางสาวจุฑามาศ สุขเบ้ง และนางสาววาสนา ดิวงค์ ผู้ช่วยวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- จตุพร ประทุมเทศ, จักรกฤษณ์ สุรสอน, ทิพยมนตร์ เปาป่า, และจารุวรรณ ดรเถื่อน. (2561). ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการชงชาต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในชาดอกอัญชัญ. *วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก*, 16(3), 372–379.
- น้อย เนียมสา. (2556). อนุภาคระดับไมโครของโคโคซานสำหรับใช้เป็นระบบนำส่งยาแบบควบคุมการปลดปล่อย. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 18(2), 281–287.
- ปิยธิดา สุดเสนะ, พิทยา ใจคำ, สิริกาญจน์ ธนบุรณ์ร้องคำ, และเกตุการ ดาจันทร์. (2566). สมบัติทางเคมี-กายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของชาใบจกซึ่งผลิตโดยวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อนและการคั่วแบบดั้งเดิม. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 28(3), 1854–1870.
- ปรรัตน์ ศุภมิตรโยธิน. (2556). *อาหารและโภชนาการ*. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พรีนติ้ง เฮ้าส์.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, และนิธิยา รัตนานพนธ์. (ม.ป.ป.). *Water activity/แอคติวิตีของน้ำ*. สืบค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2568, จาก <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0551/water-activity>
- ภาสุรี ฤทธิเลิศ. (2024). การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของชาเล็ดม้งกรีนพร้อมดื่มระหว่างการเก็บรักษา. *วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร*, 41(3), 150–161.
- मारศรี จันลี, นันธิดา แดงขาว, และโสมรัตน์ กล้ากล่อมจิตร. (2567). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสังกรณีและตรีชวาเพื่อเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 26(1), 93–103.
- รวินา ศรีมูล, และศิริกมล นิยมวรรณ. (2023). ผลของอุณหภูมิ ระยะเวลา และรูปแบบการชงชาที่มีต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก แทนนิน ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในชาใบรางแดง (*Ventilago denticulate* Willd.). *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 42(3), 97–108.
- ศุภชัย ดิยวรรณ. (2553). *ชาชา*. สืบค้นเมื่อ 4 กรกฎาคม 2566, จาก <https://www.scimath.org/article-biology/item/1349-tea528>

- Adrianta, K.A., Satriyasa, B.K., Wihandani, D.M., & Jawi, I.M. (2021). The antioxidant capacity of *Peristrophe Bivalvis* (L.) Merr. as natural-based nephroprotection. **Traditional Medicine Journal**, **26**(1), 35–41.
- AOAC. (2019). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. (21st edition). Washington DC.: The Association of Official Analytical Chemists Inc.
- Capecka, E., Mareczek, A., & Leja, M. (2005). Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some *Lamiaceae* species. **Food Chemistry**, **93**(2), 223–226.
- Dai, J., & Mumper, R.J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties, **Molecules**, **15**(10), 7313–7352.
- International Organization for Standardization. (2020). **ISO 6579-1:2017**. Retrieved May, 2, 2025, from <https://www.iso.org/standard/79067.html>
- Jirarattanarangsri, W., & Budprom, P. (2016). Effect of different processing on phenolic content, anthocyanin content, antioxidant capacity and consumer acceptance of black glutinous rice leaf tea. **Srinakharinwirot University (Journal of Science and Technology)**, **9**(17), 91–103.
- Khue, D.B., Mai, D.S., Tuan, P.M., Oanh, D.T.B., & Van, L.T.H. (2014). *Peristrophe roxburghiana*—a review. **Annals. Food Science and Technology**, **15**(1), 1–9.
- Liu, Y., Luo, L., Lia, C., Chen, L., Wang, J., & Zeng, L. (2018). Effects of brewing conditions on the phytochemical composition, sensory qualities and antioxidant activity of green tea infusion: a study using response surface methodology. **Food Chemistry**, **269**, 24–34.
- Okonkwo, S.N., Ohanuzue, C.B.C., Onuegbu, G.C., Obasi, H.C., & Nnorom, O.O. (2019). Extraction of natural dyes from *whitfieldia lateritia* plant and its application on cotton fabric. **Journal of Textile Science & Engineering**, **9**(1), 392–395.
- Phaopongthai, J., Noiphrom, J., Phaopongthai, S., Pakmanee, N., & Sichaem, J. (2016). Biological activities of *Peristrophe bivalvis* extracts: promising potential for anti-snake venoms against *Naja kaouthia* and *Trimeresurus albolabris* venoms. **Natural Product Research**, **30**, 697–699.
- Punchuklang, K., Bunkrongcheap, R., Petlamul, W., & Punchuklang, A. (2020). Antioxidant activity, total phenolic and tannin contents in *Crotalaria juncea* tea. **Thai Science and Technology Journal**, **29**(4), 653–665.
- Prior, R.L. (2014). Oxygen radical absorbance capacity (ORAC): New horizons in relating dietary antioxidants/bioactives and health benefits. **Journal of Functional Foods**, **18**, 797–810.
- Quan, N.V., Khang, D.T., Dep, L.T., Minh, T.N., Nobukazu, N., & Xuan, T.D. (2016). The potential use of a food-dyeing plant *Peristrophe biavalvis* (L.) Merr. in Northern Vietnam. **International Journal of Pharmacology, Phytochemistry and Ethnomedicine**, **4**, 14–26.
- Rusaczonek, A., Świdorski, F., & Waszkiewicz–Robak, B. (2010). Antioxidant properties of tea and herbal infusions. A short report. **Poland Journal of Food Nutrition Science**, **60**(1), 33–35.

- Shafazila, T.S., Pat, M.L., & Lee, K.H. (2010). Radical scavenging activities of extract and solvent–solvent partition fractions from *Dendrobium Sonia* ‘Red Bom’ flower. **Proceedings of International Conference on Science and Social Research**. (pp.762–765).Kuala Lumpur, Malaysia: Universiti Teknologi MARA.
- Tanavade, S.S., Naikwade, N.S., & Chougule, D.D. (2012). Antimicrobial activity of ethanolic extracts of leaves and stems of *Peristrophe bivalvis merrill*. **International Journal of Biomedical Research**, **3**(2), 106–108.
- Tanaka, Y., & Van Ke, N. (2007). **Edible Wild Plants of Vietnam: The Bountiful Garden**. (16th edition). Thailand: Orchid Press.
- Thuy, N.M., Han, D.H.N., Minh, V.Q., & Tai, N.V. (2022). Effect of extraction methods and temperature preservation on total anthocyanins compounds of *Peristrophe bivalvis* L. Merr leaf. **Journal of Applied Biology & Biotechnology**, **10**(02), 146–153.
- FDA BAM Online. (2016). **Bacteriological Analytical Manual (BAM), Chapter 12: Staphylococcus aureus**. **FDA**. Retrieved May, 2, 2025, from <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-12-staphylococcus-aureus>
- Yingngam, B., Monschein, M., & Brantner, A. (2014). Ultrasound–assisted extraction of phenolic compounds from *Cratogeomys formosum* ssp. *formosum* leaves using central composite design and evaluation of its protective ability against H₂O₂–induced cell death. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, **7**(1), S497–S505.