https://doi.org/ 10.64989/rmutsbj.2026.269517

การศึกษาสภาวะของการสกัดชาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวม เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนและชาผลหม่อนพร้อมดื่ม

Study of tea extraction conditions on antioxidant activity and total phenolic content for ready-to-drink mulberry leaf and fruit tea product development

ปิยวรรณ พันสี[1*], ภาราดร งามดี[1] และ ดวงใจ นาคะปรีชา[2]

Piyawan Phansi[1*], Paradorn Ngamdee[1] and Duangjai Nacapricha[2]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาใบหม่อนและผลหม่อน (*Morus alba* L.) ที่ปลูกในจังหวัดลพบุรี โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเครื่องดื่มชาหม่อนพร้อมดื่มเพื่อสุขภาพ ซึ่งสภาวะที่ศึกษาคือผลของระยะเวลาการสกัดและอุณหภูมิในการสกัดที่มีผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวมของน้ำชาที่มาจากชาใบหม่อน ชาผลหม่อน และชาใบหม่อนผสมชาผลหม่อน ผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดชาใบหม่อนคืออุณหภูมิ 100±0.50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดชาผลหม่อนคืออุณหภูมิ 100±0.50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ซึ่งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของชาใบหม่อนที่ได้จากการศึกษาด้วยวิธี DPPH และ ABTS มีค่าเท่ากับ 273.53±1.96 AAE ต่อกรัมชา และ 15.18±0.11 TEAC ต่อกรัมชา ตามลำดับ และมีปริมาณฟีนอลิกรวม 183.69±1.52 GAE ต่อกรัมชา ส่วนฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของชาผลหม่อน (100±0.50 องศาเซลเซียส 10 นาที) ที่ได้จากการศึกษาด้วยวิธี DPPH และ ABTS มีค่าเท่ากับ 256.71±1.25 AAE ต่อกรัมชา และ 11.57±0.34 TEAC ต่อกรัมชา ตามลำดับ และมีปริมาณฟีนอลิกรวม 98.18±2.86 GAE ต่อกรัมชา ดังนั้นจึงใช้สภาวะการสกัดชานี้เพื่อเตรียมชาใบหม่อน ชาผลหม่อน และชาใบหม่อนผสมชาผลหม่อนพร้อมดื่มรสธรรมชาติและรสหวานโดยเติมสารสกัดหญ้าหวาน จากการวิเคราะห์ค่าสีชาพร้อมดื่มด้วยเครื่องวัดค่าสีพบว่าชาแต่ละสูตรมีค่าสีที่แตกต่างกัน และผลการศึกษาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาพร้อมดื่มในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถเก็บรักษา 2 สัปดาห์

คำสำคัญ: ชาใบหม่อน, ชาผลหม่อน, ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ, ฟีนอลิกรวม, ชาพร้อมดื่ม

Abstract

The objective of this project is to develop mulberry (*Morus alba* L.) leaf and fruit teas, which cultivated in Lopburi Province, by optimizing the preparing conditions for ready-to-drink mulberry teas with health benefits. The study determined the effects of extraction time and temperature on the antioxidant activity, and total phenolic content of mulberry leaf tea, mulberry fruit tea, and a blended drink containing both mulberry leaf and fruit teas. The results indicated that the optimal conditions were 100±0.50 °C for 3 minutes for mulberry leaf tea, and 100±0.50°C for 1 0 minutes for mulberry fruit tea. The antioxidant activity of mulberry leaf tea, which measured using the DPPH and ABTS methods, was 273.53±1.96AAE/g tea and 15.18±0.11TEAC/g tea, respectively, with a total phenolic content of 183.69±1.52GAE/g tea. The antioxidant activity of mulberry fruit tea (100±0.50°C, 10 minutes) was 256.71±1.25AAE/g tea and 11.57±0.34TEAC/g tea, with a total phenolic content of 98.18±2.86GAE/g tea. Therefore,

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี 15000

[1] Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University, Muang District, Lopburi 15000, Thailand

[2] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

[2] Faculty of Science, Mahidol University, Ratchathewi, Bangkok 10400, Thailand

[*] Corresponding author. E-mail: piyawan.p@lawasri.tru.ac.th

Received: October 15, 2025; Revised: December 12, 2025; Accepted: January 26, 2026

these tea extraction conditions were used to prepare ready-to-drink mulberry leaf tea, mulberry fruit tea, and a blended mulberry leaf–fruit tea for natural and sweetened formulations with the addition of stevia extract. Color analysis of the ready-to-drink teas using a colorimeter revealed that each formulation exhibited different color values. In addition, the ready-to-drink tea products under refrigerated conditions at 4°C indicated a shelf-life of two weeks.

Keywords: mulberry leaf tea, mulberry fruit tea, antioxidant activity, total phenolic, ready-to-drink tea

บทนำ

หม่อน (mulberry) จัดอยู่ในสกุล Morus วงศ์ Moraceae และสามารถเจริญเติบโตได้ในหลายสภาพภูมิอากาศทั่วโลก ทั้งในทวีปเอเชีย ยุโรป อเมริกาเหนือ อเมริกาใต้ และแอฟริกา โดย *Morus alba* L. เป็นสายพันธุ์ที่หม่อนที่นิยมปลูกกันทั่วไป เช่น ในประเทศจีน ญี่ปุ่น รวมถึงประเทศไทย (Yuan & Zhao, 2017; Zhang et al., 2018; He et al., 2018; Phansi et al., 2021; Wanyo et al., 2025) หม่อนสามารถบริโภคได้ทั้งใบและผล ใบหม่อนนิยมนำมาเป็นส่วนประกอบในน้ำซุปต่าง ๆ เพื่อเป็นผักและเพิ่มรสชาติความอร่อย ผลรับประทานผลสด หรือนำแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น น้ำผลหม่อน แยม ไวน์ โยเกิร์ต เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการนำหม่อนมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและยาอีกด้วย (Ma et al., 2020; Maqsood et al., 2022) ปัจจุบัน กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้ส่งเสริมการปลูกหม่อน เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมไหมและผลิตภัณฑ์สุขภาพ เนื่องจากในใบหม่อนและผลหม่อนอุดมไปด้วยสารสำคัญหลายชนิด ในผลหม่อนมีสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ กลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เช่น แอนโทไซยานิน (anthocyanin) และกลุ่มฟีนอลิก (phenolics) เช่น กรดแกลลิก (gallic acid) กรดคลอโรจีนิก (chlorogenic acid) กรดคาเฟอิก (caffeic acid) เควอซิทิน (quercetin) และรูติน (rutin) นอกจากนี้ยังมีวิตามินและแร่ธาตุในปริมาณสูงอีกด้วย (Chen et al., 2022; Kattil et al., 2024) ส่วนใบหม่อนมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด เช่น อัลคาลอยด์ (alkaloids) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) กรดฟีนอลิก (phenolic acids) เทอร์ปีน (terpenes) ไตรเทอร์ปีน (triterpenes) ซาโปนิน (saponins) สเตียรอยด์ (steroids) และโพลีแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) สารออกฤทธิ์เหล่านี้มีคุณสมบัติสำคัญ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ต้านเบาหวาน ต้านการอักเสบ ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล และช่วยลดระดับไขมันในเลือด (Sánchez-Salcedo et al., 2015; Zhang et al., 2018; He et al., 2018; Xuan et al., 2025)

การแปรรูปหม่อนเป็นผลิตภัณฑ์ชาเป็นสิ่งที่น่าสนใจเพราะเป็นอาหารที่สามารถเก็บไว้ได้นานและยังได้รับคุณค่าทางโภชนาการสูงจากพืชเนื่องจากชามีการบริโภคทั่วโลกเนื่องจากรสชาติที่โดดเด่นและเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ (Methaakkharadecha & Srisopa, 2020; Xuan et al., 2025) กระบวนการสกัด (อุณหภูมิ เวลา และชนิดของสารสกัดด้วยตัวทำละลาย) นอกจากจะส่งผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มแล้ว (Pérez-Burillo et al., 2018; Liu et al., 2018; Matthayom et al., 2020) ยังส่งผลต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เช่น ความขม ความฝาด ความกลมกล่อม และความหวาน เป็นต้น (Pérez-Burillo et al., 2018; Liu et al., 2018) และในปัจจุบันมีการใช้หญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana* Bertoni) ในการนำมาปรุงแต่งผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มมากขึ้น เนื่องจากสามารถนำมาใช้เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลทราย ในใบหญ้าหวานมีสารสตีวิโอไซด์ (stevioside) เป็นสารที่ให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย 200-300 เท่า ซึ่งความหวานนี้ไม่ก่อให้เกิดพลังงาน และทนความร้อนได้ถึง 200 องศาเซลเซียส จึงไม่สลายตัวหรือเปลี่ยนสภาพจากความร้อนในการปรุงอาหาร (Klongdee, 2015; Posawang et al., 2020; Sakthivel & Kumar, 2025) หญ้าหวานจึงเป็นพืชที่ได้รับความสนใจทั้งทางด้านการแพทย์ อุตสาหกรรม อาหาร และเครื่องดื่ม เช่น ใช้เป็นส่วนผสมของชิฟฟ่อนเค้ก (Khruithong, 2025) ใช้เป็นส่วนผสมของแยมกล้วยเสาวรส (Chansataporn et al., 2025) เป็นต้น การใช้หญ้าหวานแทนน้ำตาลนี้จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและผู้ป่วยโรคเบาหวาน

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการศึกษาผลของเวลาการสกัดและอุณหภูมิต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวม (total phenolic compound, TPC) ในใบชาใบหม่อนพันธุ์สกลนคร (*Morus alba* L., c.v. Sakon Nakhon) และชาผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60 (*Morus alba* L., c.v. Chiang Mai 60) โดยสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดด้วยน้ำจะถูกนำมาใช้ในการผลิตเครื่องดื่มชาพร้อมดื่ม ได้แก่ ชาใบหม่อน ชาผลหม่อน และชาใบหม่อนผสมชาผลหม่อน โดยประกอบด้วยรสธรรมชาติและรสหวานโดยใช้สารสกัดหญ้าหวานเป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาล พร้อมทั้งวิเคราะห์ค่าสี และอายุการเก็บรักษาของน้ำชาพร้อมดื่ม เพื่อเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหม่อนเพื่อสุขภาพ และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่พืชที่ปลูกในท้องถิ่น

วิธีการศึกษา

1. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

ในการทดลองนี้ใช้สารเคมีเกรดสำหรับวิเคราะห์ (AR grade) และน้ำปราศจากไอออน (Sartourius, arium® advance EDI, สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน) ในการเตรียมสารมาตรฐานและรีเอเจนต์

สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลต่อลิตร เตรียมโดยชั่ง 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (Sigma-Aldrich, สหรัฐอเมริกา) 1.96 มิลลิกรัม ละลายในเมทานอลและปรับปริมาตรด้วยเมทานอล (RCI Labscan, ประเทศไอร์แลนด์) จนครบ 50 มิลลิลิตร สารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตรถูกเตรียมใหม่ทุกวันโดยชั่งกรดแอสคอร์บิก (Chem-Supply, เครือรัฐออสเตรเลีย) 125 มิลลิกรัม ละลายในน้ำและปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเจือจางเป็น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร และนำไปสร้างกราฟมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก 1-8 มิลลิกรัมต่อลิตร

สารละลาย ABTS เตรียมโดยการผสมสารละลาย 7.50 มิลลิโมลต่อลิตร 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) diammonium salt (ABTS) (Sigma-Aldrich, สหรัฐอเมริกา) กับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$) (PanReac AppliChem, ประเทศสเปน) 4.50 มิลลิโมลต่อลิตร หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12-16 ชั่วโมง จะได้สารละลายสีเขียวเข้ม เจือจางด้วยน้ำ 10 เท่า ก่อนนำไปใช้ในการวิเคราะห์ สารละลายมาตรฐาน Trolox ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลต่อลิตร เตรียมโดยชั่ง Trolox (Sigma-Aldrich, สหรัฐอเมริกา) 12.50 มิลลิกรัม ละลายในเอทานอล (RCI Labscan, ประเทศไอร์แลนด์) และปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเจือจางเป็นความเข้มข้นของ trolox 0.025-0.50 มิลลิโมลต่อลิตร เพื่อใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน

สารละลาย Folin-Ciocalteu reagent (Loba Chemie, อินเดีย) นำมาเจือจาง 10 เท่าก่อนนำไปวิเคราะห์ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 7.5% w/v เตรียมโดยชั่งโซเดียมคาร์บอเนต (Deajung, เกาหลี) 7.50 กรัม ละลายในน้ำและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร สารลายมาตรฐานกรดแกลลิก (gallic acid) 1 กรัมต่อลิตร เตรียมโดยชั่งกรดแกลลิก (Sigma-Aldrich, สหรัฐอเมริกา) 50 มิลลิกรัม ละลายในน้ำและปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร แล้วเจือจางเป็น 5-125 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อใช้สร้างกราฟมาตรฐาน

2. การเตรียมชาใบหม่อนและชาผลหม่อน

งานวิจัยนี้ใช้ใบหม่อนพันธุ์สกลนคร (*Morus alba* L., c.v. Sakon Nakhon) ปลูกในพื้นที่อำเภอท่าหลวง จังหวัดลพบุรี และใช้ผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60 (*Morus alba* L., c.v. Chiang Mai 60) ปลูกในพื้นที่ อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี

2.1 การเตรียมชาใบหม่อน

เลือกใบหม่อนโดยเลือกใบที่ 3-5 นับจากยอดใบ มีสีเขียวสด และปลอดจากการปนเปื้อนศัตรูพืชและสารเคมี นำมาล้างทำความสะอาด และผึ่งไว้จนแห้ง แล้วหั่นใบหม่อนตามความกว้างของใบไม้ให้มีขนาด 0.50-1

เซนติเมตร หลังจากนั้นนวดใบด้วยมืออย่างคร่าว ๆ เพื่อทำลายเซลล์ จากนั้นนำใบไม้มาคั่วประมาณ 20-25 นาที จนแห้ง จากนั้นนำใบหม่อนไปอบในเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงเพื่อลดความชื้นไม่เกิน 7 เปอร์เซ็นต์ และเก็บในภาชนะที่ปิดสนิทเพื่อป้องกันความชื้นและแสงแดด (The Queen Sirikit Institute of Sericulture, 2014; Phansi et al., 2023) ในการทดลองนี้วิเคราะห์ค่าความชื้นของชาด้วยเครื่องวิเคราะห์ค่าชื้น (OHAUS, MB45 Moisture Analyzer, สหรัฐอเมริกา) ชาใบหม่อนมีความชื้น 6.44±0.15% (n=3)

2.2 การเตรียมชาผลหม่อน

เลือกผลหม่อนสุกที่มีสีม่วงแดงเข้ม นำล้างทำความสะอาด และผึ่งไว้จนแห้ง จากนั้นนำผลหม่อนไปอบในเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง หรือจนผลหม่อนแห้ง และเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท จากการวิเคราะห์ค่าความชื้นพบว่าชาผลหม่อนมีความชื้น 6.87±0.12% (n=3) ดัง (Figure 1)

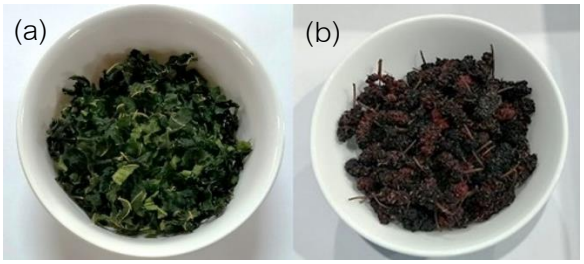

Figure 1 Mulberry tea (a) mulberry leaf tea, and (b) mulberry fruit tea.

3. การศึกษาสภาวะในการสกัดชาใบหม่อนและชาผลหม่อนต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำชา

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัดชาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวม โดยการดำเนินการทดลองทำ 3 ซ้ำ มีรายละเอียดดังนี้

3.1 การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการสกัดชา

การสกัดชาใบหม่อนทำโดย ชั่งชาใบหม่อน 2 กรัม ต่อน้ำปราศจากไอออน (DI) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 50, 60, 70, 80, 90 และ 100±0.50 องศาเซลเซียส สกัดเป็นเวลา 3 นาที โดยใช้เตาให้ความร้อนพร้อมกวนสารที่มีโพรบเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิของสารสกัด (hot plate magnetic stirrer, IKA C-MAG HS 7, สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน) หลังจากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบาง และกระดาษกรอง (Whatman no. 1, สหราชอาณาจักร)

การสกัดชาผลหม่อนทำเช่นเดียวกับการสกัดชาใบหม่อน โดยสกัดชาผลหม่อน 2 กรัมต่อน้ำ 50 มิลลิลิตร สกัดที่อุณหภูมิ 50-100±0.50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที

3.2 การศึกษาผลของเวลาต่อการสกัดชา

ในการทดลองนี้เป็นการนำผลการศึกษาอุณหภูมิต่อการสกัดชาที่ดี ที่สุดในข้อ 3.1 มาศึกษาผลของเวลาต่อการสกัดชา โดยมีรายละเอียดดังนี้

การศึกษาผลของเวลาต่อการสกัดชาใบหม่อน ทำโดยชั่งชาใบหม่อน 2 กรัม สกัดด้วยน้ำปราศจากไอออน 50 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 100±0.50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 2, 3, 5, 7 และ 10 นาที หลังจากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางและกระดาษกรอง ส่วนการสกัดชาผลหม่อนทำเช่นเดียวกับการสกัดชาใบหม่อน โดยสกัดชาผลหม่อน 2 กรัมต่อน้ำ 50 มิลลิลิตร สกัดที่อุณหภูมิ 100±0.50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-10 นาที

3.3 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

ใส่สารละลายตัวอย่างในหลอดเซนตริฟิวจ์ (centrifuge tube) ที่มีสารละลาย 1 มิลลิโมลต่อลิตร DPPH ปริมาตร 200 ไมโครลิตร หลังจากนั้นปรับปริมาตรเป็น 3 มิลลิลิตร ด้วยเมทานอล เก็บสารละลายไว้ในมืดเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Thermo Scientific, Evolution 201 UV-Visible Spectrophotometer, สหรัฐอเมริกา) หลังจากนั้นเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับกราฟมาตรฐานการต้านอนุมูลอิสระของกรดแอสคอร์บิก แล้วรายงานผลเป็นค่า ascorbic acid equivalents (AAE) ต่อน้ำหนักชา 1 กรัม (Pimrote et al., 2020; Phansi et al., 2021)

3.4 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วย ABTS

ในการวิเคราะห์ใส่สารละลายตัวอย่างในหลอดเซนตริฟิวจ์ที่มี สารละลาย ABTS ปริมาตร 800 ไมโครลิตร หลังจากนั้นปรับปริมาตรเป็น 3 มิลลิลิตร ด้วยน้ำ หลังจากนั้นทิ้งสารละลายไว้ 7 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงของสารด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร หลังจากนั้นเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับกราฟมาตรฐานการต้านอนุมูลอิสระของ trolox (Halee & Rattanapun, 2017; Manthong et al., 2019) แล้วรายงานผลเป็นค่า trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) หรือมิลลิโมลต่อลิตร Trolox ต่อน้ำหนักชา 1 กรัม

3.5 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม

ใส่สารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ที่เจือจาง 10 เท่า ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลายตัวอย่าง 200 ไมโครลิตร หลังจากนั้นเติมสารละลาย 7.5% w/v Na_2CO_3 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำจนครบ 3 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงของสารด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร เปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับกราฟมาตรฐานการต้านอนุมูลอิสระของกรดแกลลิก แล้วรายงานผลเป็นค่า gallic acid equivalents (GAE) ต่อน้ำหนักชา 1 กรัม (Phansi et al., 2021)

4. การทำชาพร้อมดื่ม

ชาพร้อมดื่มประกอบด้วย ชาใบหม่อน (T1) ชาผลหม่อน (T3) และชาใบหม่อนผสมชาผลหม่อน (T5) รสธรรมชาติ และชาพร้อมดื่มที่เติมสารสกัดใบหญ้าหวาน ซึ่งใช้เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาล (T2, T4, T6) โดยชาใบหม่อนพร้อมดื่มทำโดยสกัดชาใบหม่อน 2 กรัม ต่อน้ำดื่ม 250 มิลลิลิตร ส่วนชาผลผลทำโดยสกัดชาผลหม่อน 3 กรัม ต่อต่อน้ำดื่ม 250 มิลลิลิตร ส่วนชาใบหม่อนผสมชาผลหม่อนเตรียมโดยผสมน้ำชาใบหม่อนและชาผลหม่อนอัตราส่วน 1:1 หรือชาใบหม่อน 1 กรัม และชาผลหม่อน 1.50 กรัม ต่อน้ำน้ำดื่ม 250 มิลลิลิตร ส่วนชาพร้อมดื่มรสหวานจะเติมสารสกัดผงหญ้าหวานความเข้มข้น 10% w/v ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ต่อน้ำชา 250 มิลลิลิตร ดัง (Table 1)

สภาวะในการสกัดชาในการทดลองนี้ทำโดยนำผลการศึกษาสภาวะในการสกัดชาใบหม่อนและชาผลหม่อนที่ดีที่สุดทั้งอุณหภูมิและเวลามาใช้ในการทำชาพร้อมดื่ม ซึ่งชาใบหม่อนจะทำการสกัดที่อุณหภูมิ 100±0.50 องศาเซลเซียส 3 นาที ส่วนชาผลหม่อนสกัดที่อุณภูมิ 100±0.50 องศาเซลเซียส 10 นาที หลังจากนั้นจะทำการกรองชา ผสมชาตามสูตรและฆ่าเชื้อด้วยกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ด้วยวิธี Hot-fill Pasteurization โดยต้มให้เดือด 2 นาที แล้วบรรจุในภาชนะแบบแก้วที่ล้างสะอาดและผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว หลังจากนั้นปิดฝาให้สนิทแล้วคว่ำภาชนะเพื่อใช้ความร้อนของน้ำชาฆ่าเชื้อบรรจุภัณฑ์และฝาอย่างทั่วถึง แล้วนำขวดชาแช่ในถังน้ำแข็งทันทีประมาณ 10 นาที

Table 1 Formulation of ready-to-drink mulberry leaf and fruit teas per 250mL of brewed tea.

tea formulation	tea	taste	mulberry leaf tea (g)	mulberry fruit tea (g)	stevia extract (mL)
T1	mulberry leaf	natural flavor	2	-	-
T2	mulberry leaf	sweet flavor	2	-	25
T3	mulberry fruit	natural flavor	-	3	-
T4	mulberry fruit	sweet flavor	-	3	25
T5	mixed tea	natural flavor	1	1.5	-
T6	mixed tea	sweet flavor	1	1.5	25

5. การวิเคราะห์ค่าสีน้ำชาพร้อมดื่ม

วิเคราะห์ค่าสีของน้ำชาทำโดยนำตัวอย่างชามา 25 มิลลิลิตร จากนั้นเทใส่เซลล์วัดสารตัวอย่าง แล้ววัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (HunterLab, ColorFlex EZ, สหรัฐอเมริกา)

6. การทดสอบอายุการเก็บรักษาชาพร้อมดื่ม

หลังจากน้ำชาผ่านการฆ่าเชื้อด้วยกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) แล้วทำการศึกษาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาพร้อมดื่มในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์ และตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทุก ๆ 1 สัปดาห์ เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของทางกายภาพ ได้แก่ สี กลิ่น และการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาสภาวะในการสกัดชาใบหม่อนและชาผลหม่อนต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำชา

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการสกัดชาใบหม่อนและชาผลหม่อนต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำชา โดยใช้อุณหภูมิในการสกัด 50-100±0.50 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการสกัด 3 นาที ผลการทดลองด้วยวิธี DPPH และ ABTS พบว่าได้ผลการทดลองสอดคล้องกัน กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะได้น้ำชาที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น และมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงขึ้น ดัง (Figure 2) โดยปริมาณฟีนอลิกรวมวิเคราะห์โดยใช้ Folin-Ciocalteu reagent โดยในช่วงการสกัดชาอุณหภูมิ 50-80±0.50 องศาเซลเซียส นั้นค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และในช่วงอุณหภูมิ 80-100±0.50 องศาเซลเซียส จะมีค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของชาไม่แตกต่างกันมากนัก ในการทดลองต่อไปจึงเลือกใช้อุณหภูมิ 100±0.50 องศาเซลเซียส เนื่องจากสกัดน้ำชาได้ดีที่สุด

การเพิ่มขึ้นของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดชาใบหม่อนและชาผลหม่อน แสดงให้เห็นว่าในช่วงอุณหภูมิที่ทำการศึกษา ผลของการเพิ่มความสามารถในการละลายของสารฟีนอลิกและการถ่ายเทมวลมีอิทธิพลเหนือกว่าผลของการเสื่อมสลายจากความร้อน อุณหภูมิที่สูงขึ้นช่วยเอื้อต่อการแตกตัวของผนังเซลล์และส่งเสริมการแพร่ของสารฟีนอลิกออกสู่ตัวทำละลาย ส่งผลให้สามารถสกัดสารต้านอนุมูลอิสระออกมาได้ในปริมาณที่สูงขึ้น (Xu et al., 2017) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Kowalska et al., (2021) ซึ่งพบว่าอุณหภูมิการชงที่สูงขึ้นช่วยเพิ่มปริมาณสารฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของชาสมุนไพรอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายและการถ่ายเทมวลของสารออกฤทธิ์จากเมทริกซ์ของพืช (Kowalska et al., 2021)

จากการศึกษาผลของเวลาในการสกัดชาใบหม่อนและชาผลหม่อนต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำชา โดยใช้เวลาในการสกัด 1-10 นาที อุณหภูมิ 100±0.50 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้เวลาในการสกัดมากขึ้น จะได้น้ำชาที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น และมีปริมาณฟีนอลิกรวมเพิ่มมากขึ้น และจากการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA analysis) เชิงเปรียบเทียบสิ่งทดลองทั้งหมดที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's test (SPSS Statistics 25, IBM, สหรัฐอเมริกา) พบว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของชาใบหม่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้เวลาในการสกัด 1-7 นาที ส่วนการสกัด 7-10 นาที ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH และ ABTS ส่วนปริมาณฟีนอลิกรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้เวลาในการสกัด 1-10 นาที ดัง (Table 2) ซึ่งสำหรับการสกัดชาใบหม่อนนั้นการใช้เวลาในการสกัดชาในช่วง 1-3 นาที จะได้น้ำชาที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวมมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดเป็น 5-10 นาที ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจะเพิ่มขึ้น ในช่วง 3-10 นาที น้ำชาที่สกัดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันเล็กน้อย ดังนั้นสำหรับการสกัดชาใบหม่อนสามารถใช้เวลาในการสกัดชา 3 นาที ซึ่งใช้เวลาในการสกัดน้อย แต่ยังคงได้น้ำชาที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูง และหากสกัดชาใบหม่อนนานเกินไปอาจทำให้ได้รสชาติชาที่ฝาดและขมมากขึ้นเนื่องจากสารแทนนิน (tannins) ซึ่งเป็นสารกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกในใบหม่อนละลายออกมาปริมาณมากขึ้น (Potu et al., 2023; Peng et al., 2024)

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติของการสกัดชาผลหม่อน พบว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้เวลาในการสกัด 1-10 นาที ดัง (Table 2) โดยฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวมมากขึ้นและแตกต่างกันมากในช่วงเวลาการสกัดชาผลหม่อน 1-5 นาที และหากสกัดนานขึ้นฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจะเพิ่มขึ้น ซึ่งความแตกต่างของทั้งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากขึ้นและมีปริมาณฟีนอลิกรวมในช่วง 5-10 นาที จะมีความแตกต่างกันน้อยกว่าในช่วง 1-5 นาที ดังนั้นในการสกัดชาผลหม่อน หากต้องการได้ชาที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูง ควรสกัดชาอย่างน้อย 5 นาที ดังนั้นในการทดลองนี้จึงสกัดชาที่อุณหภูมิ 100±0.50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการสกัดชาใบหม่อน 3 นาที สกัดชาผลหม่อน 10 นาที ในการทำชาพร้อมดื่ม การสกัดชาผลหม่อนใช้เวลานานกว่าการสกัดชาใบหม่อนเนื่องจากผลหม่อนหลังการทำให้แห้งมีความหนาแน่นและมีเพกทินและน้ำตาลสูง ทำให้น้ำซึมและการแพร่ของสารฟีนอลิกเกิดช้ากว่าชาใบหม่อน (Wang et al., 2023) นอกจากนี้สารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารสำคัญในผลหม่อนมักอยู่ภายในเซลล์และต้องใช้เวลาในการคืนสภาพและปลดปล่อยออกสู่ตัวทำละลาย จึงต้องใช้เวลานานกว่าชาใบหม่อนซึ่งมีโครงสร้างบางและสกัดได้รวดเร็วกว่า (Buhrman et al., 2022)

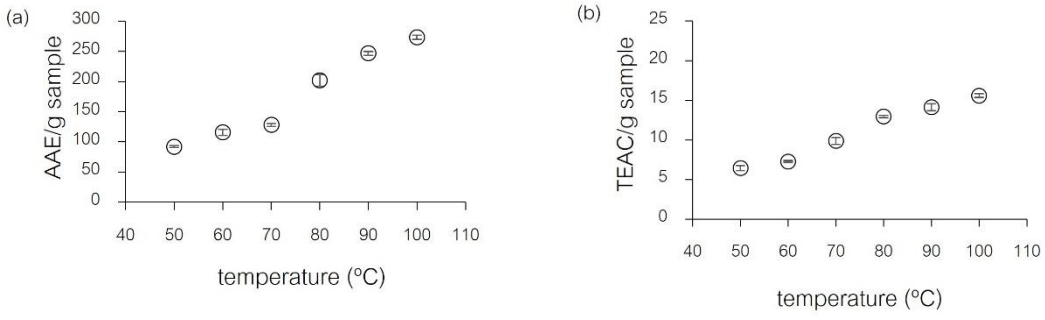

Figure 2 Changes of extraction temperature on the antioxidant activity of mulberry leaf tea analyzed by (a) DPPH and (b) ABTS methods, and (c) changes of extraction temperature on the total phenolic content. Changes of extraction temperature on the antioxidant activity of mulberry fruit tea analyzed by (d) DPPH and (e) ABTS methods, and (f) changes of extraction temperature on the total phenolic content.

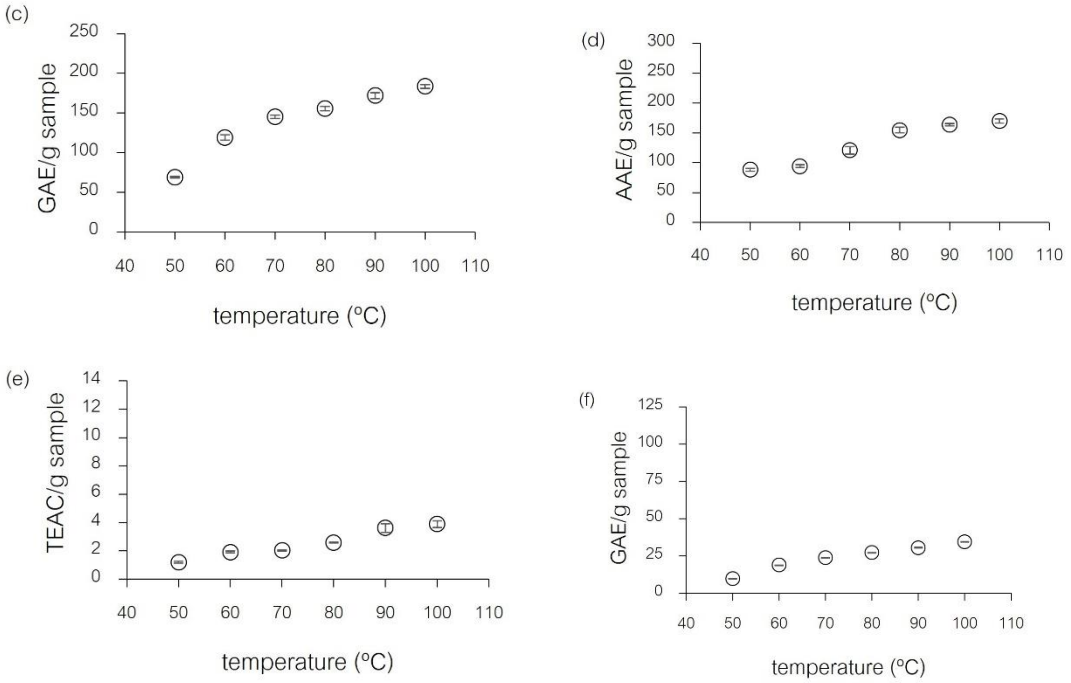

Figure 2 Changes of extraction temperature on the antioxidant activity of mulberry leaf tea analyzed by (a) DPPH and (b) ABTS methods, and (c) changes of extraction temperature on the total phenolic content. Changes of extraction temperature on the antioxidant activity of mulberry fruit tea analyzed by (d) DPPH and (e) ABTS methods, and (f) changes of extraction temperature on the total phenolic content (continue).

Table 2 The antioxidant activity and total phenolic content obtained from the extraction of mulberry leaf and fruit teas at different extraction times.

	mulberry leaf tea			mulberry fruit tea		
extraction	DPPH	ABTS	TPC	DPPH	ABTS	TPC
time (min)	AAE/g	TEAC/g	GAE/g	AAE/g	TEAC/g	GAE/g
	tea±SD	tea±SD	tea±SD	tea±SD	tea±SD	tea±SD
1	256.75±2.72^{e}	10.11±0.12^{e}	138.98±0.51^{f}	135.70±3.20^{f}	0.47±0.04^{f}	15.94±1.29^{f}
2	264.71±1.85^{d}	13.97±0.40^{d}	153.71±2.22^{e}	147.38±1.41^{e}	3.02±0.25^{e}	26.90±1.12^{e}
3	273.53±1.96^{c}	15.18±0.11^{c}	183.69±1.52^{d}	171.61±2.55^{d}	3.94±0.07^{d}	39.08±2.55^{d}
5	279.89±2.24^{b}	17.43±0.28^{b}	188.89±2.56^{c}	236.20±0.68^{c}	8.54±0.25^{c}	71.97±2.36^{c}
7	284.31±1.84^{a}	18.67±0.24^{a}	199.82±0.85^{b}	249.73±2.45^{b}	9.99±0.27^{b}	85.18±1.96^{b}
10	286.74±1.66^{a}	19.04±0.51^{a}	205.41±3.66^{a}	256.71±1.25^{a}	11.57±0.34^{a}	98.18±2.86^{a}

data are expressed as mean±SD (n=3).

$^{a\text{-}f}$ indicate statistically significant differences among the means within the same column ($p \leq 0.05$).

2. ผลการวิเคราะห์ค่าสีน้ำชาพร้อมดื่ม

ชาหม่อน 6 สูตร ได้แก่ ชาใบหม่อนรสธรรมชาติ ชาใบหม่อนรสหวาน ชาผลหม่อนรสธรรมชาติ ชาผลหม่อนรสหวาน ชาใบหม่อนผสมชาผลหม่อนรสธรรมชาติ และชาใบหม่อนผสมชาผลหม่อนรสหวาน ดัง (Figure 3) ซึ่งรสหวานได้จากการเติมสารสกัดหญ้าหวานซึ่งใช้เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาล

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของน้ำชาด้วยเครื่องวัดค่าสีพบว่า ชาใบหม่อน (T1-T2) มีค่า L^* ซึ่งเป็นค่าความสว่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 46.16±1.34 ถึง 46.19±2.33 ค่า a^* มีค่าอยู่ระหว่าง 3.83±0.86 ถึง -1.70±0.80 และค่า b^* มีค่าอยู่ระหว่าง 35.89±1.39 ถึง 38.62±1.39 ชาใบหม่อนที่เติมสารสกัดหญ้าหวานทำให้สีชามีโทนสีเขียวมากขึ้น ชาผลหม่อน (T3-T4) มีค่า L^* อยู่ระหว่าง 47.55±0.29 ถึง 45.78±0.29 ค่า a^* มีค่าอยู่ระหว่าง 24.29±1.44 ถึง 26.20±1.48 และค่า b^* มีค่าอยู่ระหว่าง 15.31±0.20 ถึง 23.37±1.25 ชาใบหม่อนผสมชาผลหม่อน (T5-T6) มีค่า L^* อยู่ระหว่าง 48.95±0.32 ถึง 48.95±0.32 ค่า a^* มีค่าอยู่ระหว่าง 9.46±0.16 ถึง 8.52±0.57 และค่า b^* มีค่าอยู่ระหว่าง 18.14±0.28 ถึง 27.50±0.42 ดัง (Table 3)

ชาใบหม่อนและผลหม่อนรสหวานซึ่งมีการเติมสารสกัดหญ้าหวานทำให้ค่า a^* ลดลง แสดงว่าน้ำชามีโทนสีเขียวมากขึ้น และในชาผลหม่อนและชาผสมค่า b^* เพิ่มขึ้นแสดงว่าสีน้ำชามีโทนสีเหลืองมากขึ้น

Figure 3 Ready-to-drink teas: (a) natural-flavored mulberry leaf tea, (b) sweetened mulberry leaf tea, (c) natural-flavored mulberry fruit tea, (d) sweetened mulberry fruit tea, (e) natural-flavored mixed mulberry leaf and fruit tea, and (f) sweetened mixed mulberry leaf and fruit tea.

Table 3 The color values of ready-to-drink mulberry leaf tea and fruit teas.

tea formulation	L^*±SD	a^*±SD	b^*± SD
T1	46.16±1.34	3.83±0.86	38.62±1.39
T2	46.19±2.33	-1.70±0.80	35.89±1.39
T3	47.55±0.29	24.29±1.44	15.31±0.20
T4	45.78±0.29	26.20±1.48	23.37±1.25
T5	54.76±0.33	9.46±0.16	18.14±0.28
T6	48.95±0.32	8.52±0.57	27.50±0.42

data are expressed as mean±SD (n=3).

3. ผลการการทดสอบอายุการเก็บรักษาชาพร้อมดื่ม

หลังจากที่ทำการทำชาพร้อมดื่มแต่ละรสชาติ ได้แก่ น้ำชาพร้อมดื่ม 6 รสชาติ ได้แก่ ชาใบหม่อนรสธรรมชาติ ชาใบหม่อนรสหวาน ชาผลหม่อนรสธรรมชาติ ชาผลหม่อนรสหวาน ชาใบหม่อนผสมชาผลหม่อนรสธรรมชาติ ชาใบหม่อนผสมชาผลหม่อนรสหวาน โดยที่รสหวานที่ได้จากการเติมสารสกัดจากหญ้าหวานซึ่งใช้เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization)

ผลการศึกษาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาพร้อมดื่มในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์ และตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทุก ๆ 1 สัปดาห์ เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ สี การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัส เช่น กลิ่น และการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ได้แก่จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนยีสต์และราทั้งหมด และจำนวน *Escherichia coli* (*E. coli)* ตามเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 426 พ.ศ. 2564 ชาจากพืช (Ministry of Public Health, 2021) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 120/2558) เรื่อง ชา (Thai Industrial Standards Institute, 2015) ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ (Table 4) ผลิตภัณฑ์ชาพร้อมดื่มทุกตัวอย่างสามารถเก็บรักษาได้ 2 สัปดาห์ โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินค่ามาตรฐานที่ $<1\times10^4$CFU/mL และมีจำนวนยีสต์และราไม่เกินค่ามาตรฐานที่ <100CFU/mL ยกเว้นผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนผสมชาผลหม่อนรสหวานที่มีอายุการเก็บรักษา 1 สัปดาห์ เนื่องจากตรวจพบจำนวนยีสต์และราเกินกว่าค่ามาตรฐานที่ 100CFU/mL ซึ่งชาสูตรชาใบหม่อนผสมชาผลหม่อนรสหวานมีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุด อาจเนื่องจากการมีองค์ประกอบจากผลหม่อนซึ่งเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตและสารอาหารอื่น ๆ ร่วมกับสภาวะความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์ที่แม้จะสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ดี แต่ยังเหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์และรา ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีความทนกรดและเป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมคุณภาพในเครื่องดื่มจากผลไม้ (Sourri et al., 2022) ส่งผลให้จำนวนยีสต์และราเพิ่มขึ้นเกินเกณฑ์มาตรฐานหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 1 สัปดาห์

Table 4 The microbial counts of ready-to-drink tea.

ready-to-drink tea samples	storage period (weeks)			
	0	1	2	3
natural-flavored mulberry leaf tea				
total microbial count (CFU/mL)	ND	ND	$<1\times10^4$	$>1\times10^4$
total yeast and mold count (CFU/mL)	ND	ND	<100	>100
E. coli count (MPN/mL)	ND	ND	ND	ND
sweetened mulberry leaf tea				
total microbial count (CFU/mL)	ND	ND	$<1\times10^4$	$>1\times10^4$
total yeast and mold count (CFU/mL)	ND	ND	<100	>100
E. coli count (MPN/mL)	ND	ND	ND	ND
natural-flavored mulberry fruit tea				
total microbial count (CFU/mL)	ND	ND	$<1\times10^4$	$>1\times10^4$
total yeast and mold count (CFU/mL)	ND	ND	<100	>100
E. coli count (MPN/mL)	ND	ND	ND	ND
sweetened mulberry fruit tea				
total microbial count (CFU/mL)	ND	ND	$<1\times10^4$	$>1\times10^4$
total yeast and mold count (CFU/mL)	ND	ND	<100	>100
E. coli count (MPN/mL)	ND	ND	ND	ND

Table 4 The microbial counts of ready-to-drink tea (continue).

natural-flavored mixed mulberry leaf and fruit tea				
total microbial count (CFU/mL)	ND	ND	$<1\times10^4$	$>1\times10^4$
total yeast and mold count (CFU/mL)	ND	ND	<100	>100
E. coli count (MPN/mL)	ND	ND	ND	ND
sweetened mixed mulberry leaf and fruit tea				
total microbial count (CFU/mL)	ND	ND	$<1\times10^4$	$>1\times10^4$
total yeast and mold count (CFU/mL)	ND	<100	>100	-
E. coli count (MPN/mL)	ND	ND	ND	ND

ND: not detected.

สรุป

อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสกัดชาใบหม่อนและชาผลหม่อนส่งผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวม จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาใบหม่อนและชาผลหม่อนด้วยวิธี DPPH และ ABTS พบว่าเมื่อสกัดชาที่อุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้ได้น้ำชาที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณฟีนอลิกที่เพิ่มขึ้น โดยสกัดอุณหภูมิ 100±0.50 องศาเซลเซียส ได้น้ำชาที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด และจากการศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการสกัดชาใบหม่อน พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาใบหม่อนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใช้เวลาในการสกัดชา 1-7 นาที และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจะเพิ่มสูงขึ้นต่างกันมากในช่วง 1-3 นาที และเริ่มแตกต่างกันน้อยลงในช่วง 3-7 นาที ส่วนผลของเวลาต่อการสกัดชาผลหม่อนพบว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวมของน้ำชาผลหม่อนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใช้เวลาในการสกัดชา 1-10 นาที และพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกสูงขึ้นเมื่อใช้เวลาในการสกัดมากขึ้น และการสกัดชาผลหม่อน 10 นาที ได้น้ำชาที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

จากการทำน้ำชาใบหม่อนและชาผลหม่อนพร้อมดื่มด้วยด้วยกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ จำนวน 6 สูตร โดยสกัดชาใบหม่อนที่อุณภูมิ 100±0.50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และสกัดชาผลหม่อน ที่อุณภูมิ 100±0.50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และชาผสมระหว่างชาใบหม่อนและชาผลหม่อน ซึ่งประกอบด้วยรสธรรมชาติ และรสหวานซึ่งมีการเติมสารสกัดใบหญ้าหวาน พบว่าน้ำชาทั้ง 6 สูตร มีเฉดสีที่แตกต่างกัน และเมื่อนำชาพร้อมดื่มทุกสูตรมาวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาพบว่าผลิตภัณฑ์ชาพร้อมดื่มสามารถเก็บรักษา 2 สัปดาห์ ยกเว้นผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนผสมชาผลหม่อนรสหวานที่มีอายุการเก็บรักษา 1 สัปดาห์ ชาใบหม่อน ชาผลหม่อน และชาใบหม่อนผสมชาผลหม่อนพร้อมดื่มนี้สามารถเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์ในการทำเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพได้

คำขอบคุณ

ขอบคุณทุนสนับสนุนวิจัยจากเครือข่ายการวิจัยภาคกลางตอนบน โครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก (สัญญาเลขที่ 001/2563) สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สป.อว.) ขอบคุณนายธีร์ธวัช สมบูรณ์ชัย ที่ช่วยศึกษาเบื้องต้นในการทำชาใบหม่อนและการสกัดชาใบหม่อน และขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรีที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Buhrman, K., Aravena-Calvo, J., Ross Zaulich, C., Hinz, K., & Laursen, T. (2022). Anthocyanic vacuolar inclusions: From biosynthesis to storage and possible applications. *Frontiers in Chemistry*, *10*, 913324. https://doi.org/10.3389/fchem.2022.913324

Chansataporn, W., Chaitaweep, Y., Dawruang, C., Srahongthong, P., Rakmaelamao, S., & Jirasatid, S. (2025). Development of a reduced-sugar banana and passion fruit jam substituted with stevia as a health-oriented product. *Journal of Health and Food Creation*, *3*(1), 1-12. https://he03.tci-thaijo.org/index.php/JHFC/article/view/4311 (in Thai)

Chen, T., Shuang, F. F., Fu, Q. Y., Ju, Y. X., Zong, C. M., Zhao, W. G., Zhang, D. Y., Yao, X. H., & Cao, F. L. (2022). Evaluation of the chemical composition and antioxidant activity of mulberry (*Morus alba* L.) fruits from different varieties in China. *Molecules*, *27*, 2688. https://doi.org/10.3390/molecules27092688

Halee, A., & Rattanapun, B. (2017). Study of antioxidant efficacies of 15 local herbs. *KMUTT Research & Development Journal*, *40*(2), 283-293. https://www.thaiscience.info/journals/Article/KMIT/10985073.pdf (in Thai)

He, X., Fang, J., Ruan, Y., Wang, X., Sun, Y., Wu, N., Zhao, Z., Chang, Y., Ning, N., Guo, H., & Huang, L. (2018). Structures, bioactivities and future prospective of polysaccharides from *Morus alba* (white mulberry): A review. *Food Chemistry*, *245*, 899-910. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.084

Kattil, A., Hamid, Dash, K. K., Shams, R., & Sharma, S. (2024). Nutritional composition, phytochemical extraction, and pharmacological potential of mulberry: A comprehensive review. *Future Foods*, *9*, 100295. https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100295

Khruithong, P. (2025). Evaluation of chiffon cake quality using stevia as a sugar substitute. *Proceedings of the 15th Benjamit National and International Conference* (pp. 654-662). https://benjamit.thonburi-u.ac.th/ojs/bmv15/article/view/388 (in Thai)

Klongdee, S. (2015). Stevia: Natural sweetener in low calorie food products. *Food*, *45*(4), 53-56. https://kukr.lib.ku.ac.th/BKN/Detail/info/20000877 (in Thai)

Kowalska, J., Marzec, A., Domian, E., Galus, S., Ciurzynska, A., Brzezinska, R., & Kowalska, H. (2021). Influence of tea brewing parameters on the antioxidant potential of infusions and extracts depending on the degree of processing of the leaves of Camellia sinensis. *Molecules*, *26*(16), 4773. https://doi.org/10.3390/molecules26164773

Liu, Y., Luo, L., Liao, 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. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.130

Ma, L., Xiao, G., Wu, J., Wen, J., Bu, Z., & Tang, D. (2020). *Nutritional value and processing technology of mulberry fruit products* (pp. 21-39). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9780429286476-2

Manthong, N., Wilairat, P., Nacapricha, D., & Chaneam, S. (2019). Simultaneous colorimetric measurements of antioxidant capacity by flow injection analysis with paired emitter detector diode. *Analytical Sciences*, *35*, 535-541. https://doi.org/10.2116/analsci.18P512

Maqsood, M., Saeed, R. A., Sahar, A., & Khan, M. I. (2022). Mulberry plant as a source of functional food with therapeutic and nutritional applications: A review. *Journal of Food Biochemistry*, *46*(11), e14263. https://doi.org/10.1111/jfbc.14263

Matthayom, W., Nochai, K., KoKaew, K., Pisapak, K., & Robmuang, D. (2020). Investigation of antioxidant capacity and antioxidant activity of Ma-huad (*Lepisanthes rubiginosa* (Roxb.) Leenh.) juice. *RMUTSB Academic Journal*, *8*(2), 187-198. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsb-sci/article/view/242052 (in Thai)

Methaakkharadecha, N., & Srisopa, A. (2020). Phenolic contents and antioxidant activities of mulberry leaf tea and water soluble mulberry leaf tea powder. *Thai Journal of Science and Technology*, *9*(2), 230-242. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjst/article/view/240003 (in Thai)

Ministry of Public Health. (2021). *Notification of the ministry of public health No. 426 B.E. 2564 (2021) Re: Herbal tea.* Royal Thai Government Gazette. https://food.fda.moph.go.th/food-law/announ-moph-426 (in Thai)

Pérez-Burillo, S., Giméneza, R., Rufián-Henaresa, J. A., & Pastoriza, S. (2018). Effect of brewing time and temperature on antioxidant capacity and phenols of white tea: Relationship with sensory properties. *Food Chemistry*, *248*, 111-118. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.056

Peng, S., Cui, Y., Yu, M., Song, M., Tian, Z., Deng, D., Liu, Z., & Ma, X. (2024). Effect of fermented mulberry leaves on gut health of finishing pigs. *Animals*, *14(19)*, 2911. https://doi.org/10.3390/ani14192911

Phansi, P., Sura, J., & Duangsrikaew, K. (2023). Study on antioxidant and antibacterial activity of mulberry leaf tea extract soap and mulberry leaf tea extract mixed with turmeric soap. *RMUTP Research Journal*, *17*(2), 115-125. https://doi.org/10.14456/jrmutp.2023.26 (in Thai)

Phansi, P., Tumma, P., Thuankhunthod, C., Danchana, K., & Cerdà., V. (2021). Development of a digital microscope spectrophotometric system for determination of the antioxidant activity and total phenolic content in teas. *Analytical Letters*, *54*(17), 2727-2735. https://doi.org/10.1080/00032719.2021.1886304

Pimrote, K., Teekayu, K., & Sudprasert, P. (2020). Antioxidant activity and inhibition effect on *Pseudomonas aeruginosa* of extracts from Pa-Yom (*Shorea roxburghii G.* Don). *RMUTSB Academic Journal*, *8*(1), 15-27. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsb-sci/article/view/222407 (in Thai)

Posawang, S., Khunkrai, P., Tongkhaw, K., Saenphom, C., Sripinta, P., Insung, L., & Nosuwan, S. (2020). Comparative study on botany and biochemical characteristics of *Stevia rebaudiana bertoni*. *Journal*

of Agricultural Production, *2*(1), 67-78. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/japmju/article/view/241831 (in Thai)

Potu, R. B., Nagalakshmi, D., Venkateswarlu, M., Rama Rao, S. V., Swathi, B., & Prashanth Kumar, K. (2023). Effect of inclusion of *Morus alba* (Mulberry) leaves at varying levels in concentrate mixtures on total phenols, non-tannin phenols, tannins content and DPPH radical scavenging activity. *The Pharma Innovation Journal*, *12*(7), 53-57. https://www.thepharmajournal.com/special-issue?ArticleId=21215&issue=7S&vol=12&year=2023&utm_source=chatgpt.com

Sakthivel, M. A., & Kumar, S. R. (2025). Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni): Sweet medicine for a healthier world. *Journal of Agriculture and Food Research*, *21*, 101980. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101980

Sánchez-Salcedo, E. M., Mena, P., García-Viguera, C., Hernández, F., & Martínez, J. J. (2015). (Poly)phenolic compounds and antioxidant activity of white (*Morus alba*) and black (*Morus nigra*) mulberry leaves: Their potential for new products rich in phytochemicals. *Journal of Functional Foods*, *18*, 1039-1046. http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.03.053

Sourri, P., Tassou, C. C., Nychas, G. J. E., & Panagou, E. Z. (2022). Fruit juice spoilage by alicyclobacillus: Detection and control methods-a comprehensive review. *Foods*, *11*(5), 747. https://doi.org/10.3390/foods11050747

Thai Industrial Standards Institute. (2015). *Community product standard: Tea, TIS 120/2015*. Ministry of Industry. https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0120_58(%e0%b8%8a%e0%b8%b2).pdf (in Thai)

The Queen Sirikit Institute of Sericulture. (2014). *Mulberry leaf tea for industrial production*. Office of the Permanent Secretary, Ministry of Agriculture and Cooperatives. https://qsds.go.th/wp-content/uploads/2017/pdf/2014-04-10-M1.pdf

Wang, B., Jia, Y., Li, Y., Wang, Z., Wen, L., He, Y., & Xu, X. (2023). Dehydration-rehydration vegetables: Evaluation and future challenges. *Food Chemis*try: *X*, *20*, 100935. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100935

Wanyo, P., Chamsai, T., & Chomnawang, C. (2025). Enhancing bioactivity and bioaccessibility of mulberry leaf tea: the influence of pretreatment and kombucha fermentation. *ACS Food Science & Technology*, *5*(3), 999-1009. https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.4c00769

Xuan, D., Wang, B., Zhou, Z., Chen, D., Wu, Q., Ye, S., Wang, L., & Ding, Y. (2025). Exploring the elegance and health secrets of mulberry leaf tea: A comprehensive study on decoding the aroma and flavor of mulberry leaf oolong tea and predicting its efficacy against fatty liver disease. *Food Bioscience*, *68*, 106475. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.106475

Xu, D. P., Li, Y., Meng, X., Zhou, T., Zhou, Y., Zheng, J., Zhang, J. J., & Li, H. B. (2017). Natural antioxidants in foods and medicinal plants: Extraction, assessment and resources. *International Journal of Molecular Sciences*, *18*(1), 96. https://doi.org/10.3390/ijms18010096

Yuan, Q., & Zhao, L. (2017). The mulberry (*Morus alba* L.) fruit a review of characteristic components and health benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *65*(48), 10383. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b03614

Zhang, H., Ma, Z. F., Luo, X., & Li, X. (2018). Effects of mulberry fruit (*Morus alba* L.) consumption on health outcomes: A mini-review. *Antioxidants*, *7*(5), 69. https://doi.org/10.3390/antiox7050069