



สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิกที่ใช้วิธีทำแห้ง และสภาวะในการชงที่แตกต่างกัน

Antioxidant Properties of *Barringtonia acutangula* Gaerth. Leaf Tea with Different Drying Methods and Brewing Conditions

จรัสสินี สุวีรานนท์¹, พิทยา ใจคำ^{2,*}, ปิยธิดา สุดเสนาะ², สิริกาญจน์ ธนบวรน์ร้องคำ³,
เกตุการ ดาจันทา⁴

¹สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา,
พระนครศรีอยุธยา 13000

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และการจัดการเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ
พระนครศรีอยุธยา, พระนครศรีอยุธยา 13000

³สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก 65000

Jaratsinee Suweeranon¹, Pittaya Chaikham^{2,*}, Piyathida Sudsanor, Sirikarn
Thanaboonrongkom², Katekan Dajanta²

¹Division of Home Economics, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya
Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000

²Division of Food Science and Technology Management, Faculty of Science and Technology,
Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000

³Division of Food Science and Technology, Faculty of Food and Agricultural Technology,
Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000

Received 13 November 2023; Received in revised 19 January 2024; Accepted 23 February 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทำแห้ง (การอบด้วยตู้อบลมร้อนและการคั่ว) และผลของอุณหภูมิน้ำ (60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส) และระยะเวลาในการชง (0, 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที) ที่แตกต่างกัน ต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาใบจิก จากผลการทดลองพบว่า การอบแห้งชาใบจิกด้วยตู้อบลมร้อนมีผล

*ผู้รับผิดชอบบทความ: pittaya.chaikham@gmail.com

ต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิกน้อยกว่าการคั่ว และการเพิ่มอุณหภูมิน้ำร้อนและระยะเวลาในการชงจะส่งผลให้ชาใบจิกมีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่ดีขึ้น โดยน้ำชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการอบด้วยลมร้อน และนำมาชงด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS^{•+}) และค่า Ferric reducing antioxidant power (FRAP) สูงกว่าชาใบจิกที่ผ่านการคั่ว และใช้อุณหภูมิและระยะเวลาในการชงที่ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในภาพรวมชาใบจิกที่ผ่านการชงด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงที่สุด

คำสำคัญ: ใบจิก; ชาสมุนไพร; วิธีการทำแห้ง; สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ; สภาวะในการชง

Abstract

This research aimed to investigate the effects of different drying methods (hot-air drying and roasting), soaking temperatures (60, 70, 80 and 90°C), and brewing times (0, 2, 4, 6, 8 and 10 minutes) on the antioxidant properties of *Barringtonia acutangular* Gaerth. leaf tea. It was found that *B. acutangular* leaf tea dried using hot-air oven had less degradation of antioxidant properties compared to roasting. Increasing the hot water temperatures and brewing times improved the antioxidant properties for *B. acutangular* leaf tea. The hot-air dried *B. acutangular* leaf tea brewed with hot water at various temperatures contained higher levels of total phenolic compounds, total flavonoid, 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)-radical inhibition, 2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS^{•+})-radical inhibition, and ferric reducing antioxidant power (FRAP) values compared to roasted *B. acutangular* leaf tea as brewed at lower temperatures and shorter brewing times ($P \leq 0.05$). Overall, *B. acutangular* leaf tea brewed with hot water at 90°C for 10 min had the highest amounts of total phenolic compounds, total flavonoids, and the highest antioxidant effects.

Keywords: *Barringtonia acutangular* Gaerth. leaf; Herbal tea; Drying methods; Antioxidant properties; Brewing conditions

1. บทนำ

จิกเป็นไม้ยืนต้นประเภทผลัดใบ มีใบเป็นใบเดี่ยว รูปหอก รูปไข่หัวกลับหรือรูปรี ใบอ่อนมีสีน้ำตาลแดงและมีขน จิกมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Barringtonia acutangula* Gaerth. พบในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และพบได้โดยทั่วไปในประเทศไทย จิกมีชื่อเรียกที่หลากหลายตามท้องถิ่น เช่น จิ๊ก (กรุงเทพฯ) กระโดนสร้อย (พิษณุโลก) กระโดนน้ำ (ภาคอีสาน) และจิกน้ำ (ภาคกลาง) เป็นต้น จิกสามารถใช้เป็นอาหารและมีสรรพคุณทางยา มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่ดี มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย ต้านไวรัส ต้านเชื้อรา ลดคลอเลสเตรอลในเลือด ลดระดับความดันในเลือด ลดไข้ และยังสามารถช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันได้อีกด้วย ดังนั้นปัจจุบันจึงมีการนำไปใช้ในการผลิตเป็นอาหารกลุ่มสมุนไพรหรือเป็นยารักษาโรคอย่างแพร่หลาย สารสกัดจากใบจิกมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่ดี เนื่องจากประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิกหลากหลายชนิด เช่น แทนนิน (tannins) สารฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เทอร์ปีน (terpenes) และสเตอรอล (sterols) อีกทั้งยังมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคหลายชนิด [1-2] ตามตำรับยาอายุรเวทของประเทศอินเดียจิกถือว่าเป็นพืชสมุนไพรที่นิยมใช้ในการรักษาโรคต่าง ๆ ราก ใบ และผลถูกนำมาใช้ในการรักษาโรคติดเชื้อ โรคตับ โรคกระเพาะอาหาร โรคกล้ามเนื้อหัวใจ โรคผิวหนัง โรคท้องร่วง อากาศอักเสบ อาหารท้องอืด และริดสีดวงทวาร รวมทั้งใช้เป็นยาฆ่าพยาธิ เป็นต้น [2]

ผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรและชาจากพืชท้องถิ่นที่มีสรรพคุณทางยาเป็นเครื่องดื่มที่มีความสำคัญและกำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างกว้างขวาง โดยผู้บริโภคหวังประโยชน์สูงสุดในเรื่องของ การดูแลบำรุงรักษาสุขภาพ ซึ่งการผลิตชาสมุนไพรหรือชาจากพืชท้องถิ่นมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะของพืชสมุนไพรหรือพืชท้องถิ่นที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิต โดยกระบวนการผลิตชาโดยทั่วไปมีกรรมวิธีหลายขั้นตอน

เช่น การผึ่งใบชา การนึ่งใบชา การคั่วใบชา การนวดใบชา การหมักใบชา และการอบแห้งใบชา [3] ในส่วนของการผลิตชาสมุนไพรสามารถเตรียมได้จากการนำสมุนไพรที่มีสรรพคุณที่ดีต่อร่างกายมาผ่านกระบวนการทำแห้งเพียงขั้นตอนเดียวด้วยกรรมวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน เช่น การตากแดด การคั่วหรือการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน และมีวิธีการบริโภคชาสมุนไพร คือนำชาสมุนไพรที่ผ่านการทำแห้งแช่น้ำร้อนก่อนบริโภค โดยปัจจุบันชาสมุนไพรไทยหรือผลิตภัณฑ์ชาจากพืชท้องถิ่นที่ได้รับความนิยมมีหลากหลายชนิด เช่น ชามะรุม ชาดอกดาวเรือง ชาดาวอินคา ชาใบบัวบก ชาใบหม่อน และชาดอกคำฝอย เป็นต้น ซึ่งเป็นการสร้างทางเลือกให้กับผู้บริโภคมากขึ้น ด้วยเหตุที่ชาสมุนไพรส่วนใหญ่ไม่มีคาเฟอีนเป็นส่วนประกอบเหมือนชาที่ผลิตจากใบชาโดยทั่วไป จึงเหมาะกับผู้สูงอายุหรือผู้ที่แพ้คาเฟอีน [4] โดยชาสมุนไพรเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมี (phytochemicals) ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบในร่างกาย ช่วยกระตุ้นระบบประสาท ระบบหมุนเวียนเลือด ลดความดันโลหิต ช่วยให้ระบบต่าง ๆ ในร่างกายทำงานได้อย่างเป็นปกติ [5] นอกจากนี้ประเทศไทยยังมีพืชสมุนไพรท้องถิ่นหลากหลายชนิด มีราคาถูกลง และสามารถหาได้ง่ายตามท้องถิ่นอีกด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทำแห้งชาใบจิกด้วยการอบแห้งด้วยลมร้อนและการคั่ว และผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการชงชาใบจิกด้วยน้ำร้อนที่แตกต่างกันต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิก เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้ผลิตชาสมุนไพร ผู้บริโภค ตลอดจนนักวิจัยที่ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับชาสมุนไพรและชาสมุนไพรจากพืชท้องถิ่นของไทย

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การทำแห้งใบจิก

ใบจิกที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ใบอ่อนของต้นจิกน้ำ โดยเก็บจากพื้นที่ตำบลคลองจิก อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2564 การเตรียมตัวอย่างใบจิกอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนทำได้โดยนำยอดใบจิกมาล้างทำความสะอาดและสะเด็ดน้ำแล้วนำเข้าตู้อบลมร้อน อบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง [6] สำหรับการทำให้จิกคั่วทำได้โดยนำยอดอ่อนใบจิกมาล้างทำความสะอาด หั่นใบจิกตามแนวขวางให้มีความกว้าง 2 มิลลิเมตร ก่อนนำไปตากในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วินาที ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำไปคั่วในกระทะโดยใช้ไฟอ่อนเป็นเวลา 40 นาที จนใบจิกแห้งสนิท และนำไปอบเพื่อไล่ความชื้นอีกครั้งด้วยตู้อบลมร้อน (Mammert, Germany) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง [6] จากนั้นนำใบจิกทั้งที่ผ่านการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและการคั่วมาบดด้วยเครื่องบดสมุนไพรร (Disintegrator, WF-10B, China) และบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ภายใต้สภาวะสุญญากาศก่อนนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

2.2 การเตรียมน้ำชาใบจิก

น้ำชาใบจิกที่เตรียมได้จากข้อ 2.1 มาบรรจุลงในซองชาเยื่อสังเคราะห์ขนาด 5×7 เซนติเมตร ปริมาณ 2 กรัม และนำไปแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 4 ระดับ ได้แก่ 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการชง 6 ระดับ ได้แก่ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที และทำให้เย็นทันทีโดยการแช่ในอ่างน้ำแข็งเวลา 10 นาที และนำตัวอย่างไปกรองด้วยกระดาษ Whatman No.4 ก่อนเก็บตัวอย่างใส่หลอดทดลองที่มีฝาปิดขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปห่อด้วยกระดาษฟอยล์และเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปตรวจวิเคราะห์หาสารสำคัญและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระต่อไป

2.3 การวิเคราะห์หาสารสำคัญและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

2.3.1 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยผสมชาใบจิกปริมาตร 400 ไมโครลิตร กับสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent (Merck, Germany) ที่มีความเข้มข้น 0.25 โมลาร์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Merck, Germany) ความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปริมาตร 1.6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันดีด้วย Vortex และบ่มในอ่างน้ำอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และบ่มต่อในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (Evolution 201, USA) ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในหน่วย mg Gallic acid equivalent (GAE)/mL ของตัวอย่าง [7]

2.3.2 วิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

วิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด โดยการนำน้ำชาใบจิกมาปริมาตร 4 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร จากนั้นเขย่าให้เข้ากันดี แล้วเติมสารละลายโซเดียมไนไตรต์ (Merck, Germany) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที จากนั้นเติมสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Merck, Germany) ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที และนำมาผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Merck, Germany) ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 12 มิลลิลิตร จะได้สารประกอบที่มีสีแดง วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (Evolution 201, USA) ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณของสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในหน่วย mg Rutin equivalent (RE)/mL ของตัวอย่าง [8]

2.3.3 วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยผสมน้ำชาใบจิก ปริมาตร 1 มิลลิลิตร กับสารละลาย 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (Fluka Biochemica, Switzerland) ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันดีด้วย Vortex บ่มในที่มืดนาน 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย UV-Vis spectrophotometer (Spectrophotometer evolution 201, USA) ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร สำหรับชุดควบคุมใช้เอทานอล (Lab-scan analytical science, Thailand) ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ แทนน้ำชาใบจิก คำนวณค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ในหน่วย mg Trolox equivalent (TE)/mL ของตัวอย่าง โดยค่า TE เป็นค่าที่นำค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH มาคำนวณเปรียบเทียบกับปริมาณของสารมาตรฐาน Trolox [7]

2.3.4 วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS^{•+})

เตรียมสารละลาย ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid; Merck, Germany) โดยผสมสารละลาย ABTS ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร กับสารละลาย K₂S₂O₈ (dipotassium peroxodisulphate; Merck, Germany) ความเข้มข้น 2.45 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 88 ไมโครลิตร ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 16 ชั่วโมง ที่ผ่านการทดสอบการดูดกลืนแสงแล้วได้ค่า O.D. เท่ากับ 0.7 จากนั้นนำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้น เท่ากับ 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในตัวทำละลาย dimethyl sulfoxide (DMSO; Merck, Germany) ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ผสมสารละลาย ABTS ที่เจือจางแล้วกับน้ำชาใบจิก โดยให้ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 2,120 ไมโครลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเท่ากับ 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer (Spectrophotometer

evolution 201, USA) คำนวณค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} ในหน่วย mg TE/mL ของตัวอย่าง โดยค่า TE เป็นค่าที่นำค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} มาคำนวณเปรียบเทียบกับปริมาณของสารมาตรฐาน Trolox [9]

2.3.5 วิเคราะห์หาค่า Ferric reducing antioxidant power (FRAP)

วิเคราะห์หาค่า FRAP โดยผสมน้ำชาใบจิก ปริมาตร 400 ไมโครลิตร กับสารละลาย FRAP reagent (Fluka Biochemica, Switzerland) ปริมาตร 3,000 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันดีด้วย Vortex บ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer (Spectrophotometer evolution 201, USA) ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร สำหรับชุดควบคุมใช้เอทานอล (Lab-scan analytical science, Thailand) ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ แทนน้ำชาใบจิก คำนวณค่า FRAP ในหน่วย mg Trolox equivalent (TE)/mL ของตัวอย่าง โดยค่า TE เป็นค่าที่นำค่า FRAP มาคำนวณเปรียบเทียบกับปริมาณของสารมาตรฐาน Trolox [7]

2.4 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี Two-Way Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$)

3. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ทำการผลิตชาใบจิกด้วยกระบวนการทำแห้งที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ การอบด้วยตู้อบลมร้อนและการคั่ว และผัสดับกลิ่นน้ำร้อนและระยะเวลาในการชงชาใบจิกที่แตกต่างกัน คือ การชงด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาการชง คือ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที ตามลำดับ

จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ จาก Table 1 ซึ่งแสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำชาใบจิกที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนและผ่านการคั่วที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ น้ำร้อนและระยะเวลาในการชงที่เพิ่มขึ้นในทุกตัวอย่าง และพบว่า การอบชาใบจิกด้วยตู้อบลมร้อนมีผลกระทบต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกน้อยกว่าการคั่ว ดังนั้นชาใบจิกที่ผ่านการอบด้วยตู้อบลมร้อนและชงด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที จึงมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด (153.05 ± 0.66 mg GAE/mL) และมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ชาใบจิกที่ผ่านการคั่วและใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพียง 109.52 ± 5.23 mg GAE/mL เท่านั้น ซึ่งการที่ชาใบจิกที่ผ่านการคั่วมีปริมาณลงของสารประกอบฟีนอลิกที่ต่ำกว่าการอบด้วยตู้อบ

ลมร้อน เนื่องจากการสัมผัสความร้อนโดยตรงจากกระทะของใบจิกขณะคั่ว ซึ่งความร้อนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของอาหาร โดยความร้อนจะส่งผลให้เกิดการสลายตัวของสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นการอบตัวอย่างใบชาด้วยตู้อบลมร้อนที่สัมผัสกับอุณหภูมิที่ต่ำกว่าเป็นเหตุผลที่ทำให้ยังคงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากกว่าการคั่ว จากงานวิจัยของ Toakaenchan *et al.* [10] พบว่าการอบใบหญ้าหวานด้วยวิธีการไมโครเวฟที่ใช้เวลาสั้นและอุณหภูมิต่ำจะส่งผลให้ใบหญ้าหวานที่ผ่านการอบแห้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าการอบแห้งด้วยการตากแดดและการใช้ตู้อบลมร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในส่วนของอุณหภูมิ น้ำร้อนและระยะเวลาการชงชาใบจิกที่เพิ่มขึ้น จะช่วยให้สารฟลูเคมิกลุ่มฟีนอลิกในเซลล์พืชละลายออกมาได้มากขึ้นอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Purintraphiban and Poonpaerdchon [11]

Table 1 Amounts of total phenolic compounds (GAE/mL) in *Barringtonia acutangula* leaf tea with different drying methods, soaking temperatures, and brewing times

Drying methods	Temperatures (°C)	Brewing times (min)				
		2	4	6	8	10
Hot-air drying	60	18.23±1.02 ^{gE}	26.36±1.88 ^{gD}	44.29±0.44 ^{gC}	55.04±2.56 ^{gB}	78.81±4.79 ^{gA}
	70	40.27±0.25 ^{gE}	56.18±2.90 ^{gD}	74.58±6.27 ^{gC}	94.07±0.51 ^{gB}	102.77±0.35 ^{gA}
	80	43.03±2.22 ^{gE}	72.83±0.25 ^{gD}	84.90±2.30 ^{gC}	110.87±0.15 ^{gB}	120.37±0.25 ^{gA}
	90	49.50±0.09 ^{gE}	85.23±7.04 ^{gD}	118.19±0.24 ^{gC}	137.39±0.24 ^{gB}	153.05±0.66 ^{gA}
Roasting	60	13.39±0.44 ^{hE}	30.53±0.61 ^{gD}	40.60±1.89 ^{gC}	48.49±2.35 ^{gB}	61.11±0.49 ^{gA}
	70	24.53±1.00 ^{gE}	44.57±0.66 ^{gD}	59.00±1.98 ^{gC}	69.25±4.50 ^{gB}	80.38±0.52 ^{gA}
	80	33.48±1.03 ^{gE}	50.50±0.46 ^{gD}	65.56±3.64 ^{gC}	82.05±1.88 ^{gB}	94.02±0.18 ^{gA}
	90	37.56±0.36 ^{gE}	54.07±0.49 ^{gD}	68.50±4.55 ^{gC}	90.16±3.55 ^{gB}	109.52±5.23 ^{gA}

Means in the same column or row with the different small or capital letters indicate significant difference ($P \leq 0.05$).

โดยสมบัติการต้านออกซิเดชันมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เมื่อมีการลดลงของสารประกอบฟีนอลิกหรือสารต้านออกซิเดชันจากความร้อนที่ใช้ในการทำแห้ง ชาใบจิกจะส่งผลให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างลดลงด้วย [12] โดยอุณหภูมิในการอบแห้งมีส่วนสำคัญต่อการสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิกในใบชา ดังนั้นการอบด้วยตู้อบลมร้อนและการคั่วชาใบจิกด้วยกระทะมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง เนื่องจากความร้อนทำให้สารประกอบฟีนอลิกเกิดการออกซิเดชันและสลายตัว อุณหภูมิในการทำแห้งที่ไม่สูงเกินไปจะช่วยให้สารประกอบฟีนอลิกยังคงอยู่และไม่สลายไปจากการถูกทำลายด้วยความร้อน [5, 13] ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ VegaGálvez *et al.* [14] ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในพริกที่ผ่านการอบแห้งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยลดลงมากที่สุดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สารประกอบโพลีฟีนอลพบหลัก ๆ ในพืช คือ สารประกอบฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์ โดยปกติสารประกอบโพลีฟีนอลจะมีหมู่ OH อยู่ในโครงสร้างแบบวงแหวน (aromatic ring) ทำให้สารโพลีฟีนอลมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกจะขึ้นอยู่กับจำนวนโครงสร้างวงแหวนที่พบในสารสกัดของพืชแต่ละชนิด [1] ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในอาหารและเครื่องดื่มที่มาจากพืชผักและผลไม้จะมีปริมาณที่ต่างกันตามชนิดและโครงสร้างของพืช โดยเฉพาะจำนวนและองค์ประกอบของหมู่ไฮดรอกซิล และการแทนที่ของ aromatic ring รวมถึงกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษา [14] สารประกอบฟีนอลิกทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระและไอออนของโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่น ๆ เมื่ออนุมูลอิสระได้รับอะตอมของไฮโดรเจนแล้ว อนุมูลอิสระของสารประกอบ ฟีนอลิกจะไม่ทำปฏิกิริยาอื่นต่อไป จึงสามารถยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ที่มีอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุจึงช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา

ออกซิเดชันได้ [15] ซึ่งปริมาณฟีนอลิกรวมในน้ำชาใบจิกที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากการทดลองครั้งนี้จะมีความสอดคล้องกับฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดีขึ้น ได้แก่ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์และฤทธิ์การต้านเบาหวาน เป็นต้น [16]

ชาใบจิกที่ผ่านการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและชงด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาการชงที่เพิ่มขึ้นมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Table 1) และสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Table 2) สูงกว่าชาใบจิกที่ผ่านการคั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมีผลต่อปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของชาใบจิกน้อยกว่าการคั่ว เนื่องจากในระหว่างการคั่วชาใบจิกจะสัมผัสความร้อนสูงโดยตรงจากพื้นผิวกระทะโดยตรง ถึงแม้จะใช้เวลาในการคั่วน้อยกว่าการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนก็ตาม ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของชาใบจิกที่กล่าวไปแล้วข้างต้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยที่กล่าวว่ามีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่พบในชาใบบวบที่มีปริมาณลดลงเมื่ออุณหภูมิในการอบชาใบบวบเพิ่มขึ้น [17] แต่การใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส ชงชาใบจิกเป็นระยะเวลา 10 นาที ส่งผลให้ชาใบจิกมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สารฟลาโวนอยด์แต่ละชนิดมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับจำนวนและการจัดเรียงตัวของหมู่ไฮดรอกซิลในโครงสร้างของสารประกอบฟลาโวนอยด์ชนิดนั้น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารในกลุ่ม quercetin, kaempferol, catechins และ epicatechins ซึ่งเป็นสารฟลาโวนอยด์ที่ทนความร้อนได้ดีและมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่ดี [1, 17] โดยสารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารที่ช่วยป้องกันและยับยั้งความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ รวมถึงส่วนอื่น ๆ ของเซลล์ได้ ซึ่งสามารถพบในธรรมชาติในพืช ผัก ผลไม้ และพืชสมุนไพรต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยสารกลุ่มต่าง ๆ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ แคโรทีนอยด์ และสารกลุ่มวิตามินเป็นต้น โดยรายงานของ Thokaenchan

Table 2 Amounts of total flavonoids (RE/mL) in *Barringtonia acutangula* leaf tea with different drying methods, soaking temperatures, and brewing times

Drying methods	Temperatures (°C)	Brewing times (min)				
		2	4	6	8	10
Hot-air drying	60	6.26±0.65 ^{fE}	8.69±0.21 ^{eD}	13.95±0.32 ^{eC}	18.26±0.76 ^{dB}	23.05±0.18 ^{dA}
	70	10.60±0.17 ^{cdE}	16.05±1.38 ^{cd}	19.10±0.18 ^{cC}	23.12±0.36 ^{bB}	25.55±0.11 ^{cA}
	80	11.43±0.07 ^{bE}	16.35±0.25 ^{bcD}	19.98±0.72 ^{bC}	24.19±1.15 ^{abB}	26.79±0.22 ^{bA}
	90	12.95±0.11 ^{aE}	17.76±2.25 ^{abcd}	21.62±0.22 ^{aC}	25.14±0.64 ^{aB}	28.67±0.11 ^{aA}
Roasting	60	4.79±0.38 ^{gE}	9.64±0.36 ^{eD}	12.74±0.33 ^{fC}	15.43±0.12 ^{eB}	18.07±0.93 ^{eA}
	70	8.64±0.14 ^{eE}	14.12±0.30 ^{dD}	16.83±0.40 ^{dC}	19.76±0.86 ^{cB}	22.93±1.01 ^{dA}
	80	10.33±0.39 ^{dD}	18.00±0.37 ^{abC}	18.57±0.07 ^{cC}	20.72±1.13 ^{cB}	26.14±0.62 ^{bcA}
	90	10.95±0.30 ^{bcE}	19.21±0.93 ^{aD}	21.74±0.15 ^{aC}	23.69±0.46 ^{bB}	28.00±0.07 ^{aA}

Means in the same column or row with the different small or capital letters indicate significant difference ($P \leq 0.05$).

et al. [3] ที่พบว่า เมื่อค่าความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ IC_{50} เข้มข้นน้อย และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารฟลาโวนอยด์ และสารแคโรทีนอยด์สูง จะส่งผลให้ชาผักเชียงดาแสดงสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุด

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิกที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนและการคั่วที่ชงด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาการชงที่แตกต่างกันด้วยวิธี DPPH, FRAP และ $ABTS^{*+}$ (Tables 3-5) พบว่า ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลาในการชงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชาใบจิกผ่านการคั่วพบว่า การชงชาใบจิกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที ตัวอย่างมีการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และ $ABTS^{*+}$ รวมทั้งค่า FRAP มากที่สุด และมีค่ามากกว่าตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าถึงแม้ในชาใบจิกที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยวิธีการคั่วจะมีสารประกอบ

ฟีนอลิกทั้งหมดและสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดน้อยกว่าชาใบจิกที่ผ่านการทำให้แห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน อาจเนื่องมาจากสารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระชนิดอื่นในปริมาณที่สูงกว่าจึงทำให้ตัวอย่างชาใบจิกที่ผ่านการคั่วมีค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงสุด ซึ่งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิกที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยการอบด้วยตู้อบลมร้อนและการคั่วอย่างความสามารถในการจับกับโลหะเหล็ก FRAP การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และประสิทธิภาพการทำลายหรือยับยั้งอนุมูลอิสระ $ABTS^{*+}$ จะมีค่าสูง เมื่อมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบอยู่สูง สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เป็นปฏิกิริยาที่บ่งชี้ถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึง primary antioxidant activity และเป็นกลไกสำคัญในการช่วยป้องกันเซลล์จากการทำลายของอนุมูลอิสระ ป้องกัน genotoxic และ oxidative DNA damage ทำให้สามารถต่อต้านโรคที่มีสาเหตุจากอนุมูลอิสระ เช่น โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ ความดันเลือดสูง โรคพาร์กินสัน

และไข่ออกเสป [18] จากการทดลองพบว่าชาใบจิกที่ผ่านการคั่วและชงด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด (267.89 ± 1.26 mg TE/mL) รองลงมาคือชาใบจิกที่ผ่านการคั่วและชงด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 244.12 ± 1.97 mg TE/mL ซึ่งมีค่าสูงกว่าชาใบจิกที่ผ่านการอบด้วยลมร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยรายงานของ [19] พบว่าสารสกัดใบจิกมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ดี [20] รายงานของ Faruk *et al.* [21] ที่พบว่าสารสกัดจากใบจิกมีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดี จึงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุดด้วย การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีดังกล่าวจับอนุมูลอิสระ DPPH เป็นวิธีการวิเคราะห์การวัดความ

สามารถของสารทดสอบในการกำจัดอนุมูลอิสระ โดยวิธีให้ไฮโดรเจนอะตอมซึ่งสารละลายของ DPPH ที่มีสีม่วงในเอทานอล เมื่อได้รับไฮโดรเจนอะตอมจะเปลี่ยนเป็นสารละลายสีเหลือง [22] ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่มีปริมาณมากขึ้นตามอุณหภูมิในการทำแห้งและระยะเวลาในการชงที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นบ่งชี้ได้ว่าสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีส่วนสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Sintupiboonkit *et al.* [23] ที่กล่าวว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับสารประกอบฟีนอลิกของชามะตูม ชากระเจียบ และชาตะไคร้มีค่าเชิงบวกแสดงให้เห็นว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในชาทั้ง 3 ชนิด มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

Table 3 DPPH-radical scavenging activity (mg TE/mL) of *Barringtonia acutangula* leaf tea with different drying methods, soaking temperatures, and brewing times

Drying methods	Temperatures (°C)	Brewing times (min)				
		2	4	6	8	10
Hot-air drying	60	25.82±0.90 ^{dE}	45.07±2.06 ^{dD}	66.54±0.78 ^{sC}	69.05±1.00 ^{fB}	100.82±0.72 ^{sA}
	70	63.47±1.16 ^{bE}	93.63±1.52 ^{dD}	118.91±0.76 ^{dC}	136.18±1.16 ^{cB}	160.00±4.04 ^{eA}
	80	74.33±1.46 ^{aD}	106.56±1.59 ^{cC}	130.00±2.67 ^{cB}	136.57±0.03 ^{cB}	204.45±1.49 ^{dA}
	90	75.71±2.30 ^{aE}	118.58±0.69 ^{aD}	150.15±0.99 ^{aC}	189.21±2.80 ^{aB}	225.19±1.43 ^{cA}
Roasting	60	24.35±0.65 ^{dE}	50.25±2.23 ^{fD}	75.08±2.06 ^{fC}	96.29±0.68 ^{eB}	138.10±1.11 ^{fA}
	70	49.05±1.20 ^{cE}	89.41±0.94 ^{eD}	109.79±2.11 ^{eC}	124.59±2.44 ^{dB}	158.93±0.91 ^{eA}
	80	65.43±1.42 ^{bE}	109.55±1.36 ^{bD}	139.26±0.01 ^{bC}	155.90±0.10 ^{bB}	244.12±1.97 ^{bA}
	90	76.16±1.72 ^{aE}	110.56±2.06 ^{bD}	139.86±0.01 ^{bC}	159.31±0.02 ^{bB}	267.89±1.26 ^{aA}

Means in the same column or row with the different small or capital letters indicate significant difference ($P \leq 0.05$).

Table 4 Ferric reducing antioxidant power (mg TE/mL) of *Barringtonia acutangula* leaf tea with different drying methods, soaking temperatures, and brewing times

Drying methods	Temperatures (°C)	Brewing times (min)				
		2	4	6	8	10
Hot-air drying	60	46.83±5.92 ^{dD}	77.63±0.76 ^{fC}	130.60±5.81 ^{cB}	168.97±3.61 ^{cA}	182.35±3.29 ^{eA}
	70	97.47±7.92 ^{dD}	144.73±1.00 ^{dC}	188.07±7.40 ^{bB}	202.88±1.33 ^{cB}	263.80±0.42 ^{dA}
	80	120.13±4.13 ^{bC}	182.60±2.70 ^{bB}	192.46±2.10 ^{bB}	246.64±2.64 ^{bA}	266.16±0.33 ^{dA}
	90	139.80±5.80 ^{aD}	205.90±3.94 ^{aC}	259.69±2.74 ^{aB}	314.58±3.88 ^{aA}	347.68±0.74 ^{bA}
Roasting	60	35.37±3.68 ^{dE}	99.20±0.26 ^{eD}	141.10±5.65 ^{cC}	178.03±5.16 ^{cB}	191.80±2.59 ^{eA}
	70	91.20±1.47 ^{cE}	160.83±1.60 ^{cdD}	189.47±5.57 ^{bC}	243.90±5.33 ^{bB}	294.28±2.66 ^{cA}
	80	127.60±3.44 ^{bE}	179.50±1.51 ^{bcD}	246.00±3.28 ^{aC}	287.00±2.64 ^{aB}	348.34±2.66 ^{bA}
	90	147.60±7.10 ^{aE}	214.40±6.48 ^{aD}	263.08±4.94 ^{aC}	319.54±4.42 ^{aB}	405.67±4.51 ^{aA}

Means in the same column or row with the different small or capital letters indicate significant difference ($P \leq 0.05$).

จาก Table 4 พบว่า ชาใบจิกที่ผ่านการคั่วและชงด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที มีระดับการยับยั้งอนุมูลอิสระ FRAP สูงที่สุด (405.67±4.51 mg TE/mL) รองลงมา คือ ชาใบจิกที่ผ่านการคั่วและชงด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที และชาใบจิกที่ผ่านการอบด้วยลมร้อน ชงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ที่มีค่า FRAP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากผลการทดลองพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และค่า FRAP ของชาใบจิกที่ผ่านการอบและการคั่วจะมีความสอดคล้องกับปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งทั้งสองวิธีนั้นจะมีผลโดยตรงมาจากสารประกอบฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Udomkun *et al.* [24] ที่พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ค่า FRAP และ ค่า ABTS^{•+} มีความสัมพันธ์กับปริมาณของสาร

ประกอบฟีนอลิกเป็นอย่างมาก ($R^2 > 0.90$) ในขณะที่วิตามินอี แคโรทีนอยด์ terpenes และสารสีอื่น ๆ จะมีผลต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่า [25] ซึ่งความสามารถในการจับกับโลหะเหล็ก FRAP เป็นการวัดค่า total antioxidant activity ด้วยกลไกการลดลงของ ferric-tripyridyl-triazine complex ไปเป็นสารประกอบ ferrous และเกิดสารสีขึ้น ดังนั้นจึงเป็นการวัดค่า total reducing power ของสารต้านออกซิเดชัน [19]

การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทำได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว เช่นเดียวกับวิธี DPPH เป็นวิธีที่ใช้ทดสอบฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลอิสระชนิดเปอร์ออกซี เนื่องจาก ABTS^{•+} เป็นอนุมูลอิสระที่สลายตัวให้อนุมูลเปอร์ออกซี โดยมีตัวอย่างเป็นสารอินทรีย์ [26] จากการทดสอบประสิทธิภาพการทำลายหรือยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} ของชาใบจิกที่ผ่านการอบแห้ง และชงด้วยน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิและระยะเวลาการชงที่แตกต่างกันพบว่า น้ำชา

ใบจิกมีประสิทธิภาพการทำลายหรือยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงใน Table 5 โดยพบว่าการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นร่วมกับการชงในระยะเวลาที่นานขึ้นส่งผลให้น้ำชาใบจิกมีประสิทธิภาพการทำลายหรือยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} เพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากการใช้น้ำที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลาการชงที่นานขึ้นจะช่วยทำให้สารประกอบกลุ่มฟีนอลิกถูกสกัดออกมาจากใบจิกได้มากขึ้น เมื่อพิจารณาจากปริมาณของสารต้านออกซิเดชันคือ สารประกอบฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน คือ DPPH-radical-scavenging activity และค่า FRAP ที่พบในชาใบจิกที่อบแห้งด้วยวิธีที่ต่างกันและมีระยะเวลาการชงน้ำร้อนที่ต่างกันพบว่า ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมีความสอดคล้องในทิศทางเดียวกับฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ซึ่งการชงชาใบจิกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นและใช้

ระยะเวลาการชงที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ชาใบจิกมีสมบัติการอนุมูลอิสระดีขึ้น โดยชาใบจิกที่ชงด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงที่สุด

4. สรุปผลการวิจัย

สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิกมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิน้ำร้อนและระยะเวลาในการชงที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการอบแห้งชาใบจิกด้วยตู้อบลมร้อนมีผลต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิกน้อยกว่าการคั่ว โดยน้ำชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการอบด้วยตู้อบลมร้อน และนำมาชงด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH, ABTS^{•+} และค่า FRAP สูงกว่าชาใบจิกที่ผ่านการคั่วและชงด้วยน้ำที่มีอุณหภูมิ

Table 5 ABTS^{•+}-radical scavenging activity (mg TE/mL) of *Barringtonia acutangula* leaf tea with different drying methods, soaking temperatures, and brewing times

Drying methods	Temperatures (°C)	Brewing times (min)				
		2	4	6	8	10
Hot-air drying	60	48.45±0.10 ^{hE}	63.17±0.02 ^{hD}	80.21±0.00 ^{hC}	120.34±0.09 ^{hB}	319.97±0.22 ^{eA}
	70	81.09±0.70 ^{fE}	89.75±0.07 ^{gD}	107.18±0.01 ^{gC}	263.61±6.55 ^{dB}	344.81±0.04 ^{dA}
	80	114.84±0.02 ^{dE}	131.67±0.01 ^{eD}	144.67±0.05 ^{fC}	273.85±0.06 ^{CB}	359.75±0.02 ^{bA}
	90	130.72±0.12 ^{bE}	152.29±0.09 ^{dD}	332.28±0.15 ^{aC}	335.73±0.02 ^{aB}	370.57±0.04 ^{aA}
Roasting	60	63.64±0.05 ^{gE}	116.34±1.44 ^{fD}	160.55±0.00 ^{eC}	209.87±0.02 ^{gB}	242.27±0.02 ^{hA}
	70	107.92±1.15 ^{eE}	161.20±0.69 ^{cD}	230.83±0.04 ^{dC}	242.61±0.03 ^{gB}	291.41±0.45 ^{gA}
	80	120.99±0.00 ^{cE}	188.67±0.02 ^{bD}	246.16±0.02 ^{cC}	250.96±0.02 ^{eB}	317.31±1.93 ^{fA}
	90	134.56±0.02 ^{aE}	208.15±0.00 ^{aD}	267.67±0.02 ^{bC}	300.05±0.01 ^{bb}	353.34±0.02 ^{cA}

Means in the same column or row with the different small or capital letters indicate significant difference ($P \leq 0.05$).

และระยะเวลาในการชงที่ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นชาใบจิกที่ผ่านการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและผ่านการชงด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที จึงเป็นสถานะที่เหมาะสม เนื่องจากมีน้ำชาใบจิกมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา และคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่เอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการ และเครื่องมือในการทำวิจัย

6. References

[1] Ahmad, A.S., Sae-leaw, T., Zhang, B. and Benjakul, S., 2024, Antioxidant and Antimicrobial Activities of Ethanolic Jik (*Barringtonia acutangula*) Leaf Extract and Its Application for Shelf-life Extension of Pacific White Shrimp Meat during Refrigerated Storage, Food Control. 155: 110037.

[2] Kaur, M., Singh, G. and Mohan, C., 2013, *Barringtonia acutangula*: A Traditional Medicinal Plant, Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res. 23(1): 168-171.

[3] Taokaenchan, N., Areesrisom. K., Areesrisom, P., Maifaey, V. and Sateinperakul, S., 2020, Total Phenolic Compound Flavonoid Content and Antioxidant Activity of *Gymnema inodorum* Tea from Difference Process, J. Prod. Agric. 2(3): 51-61.

[4] Srisopa, A. and Wongkrajang, K., 2020, Development of Antioxidant and Anti- α -

glucosidase Mulberry Leaf Tea Recipes with Combination of Aroma Herbs, Thai J. Sci. Technol. 9(2): 219-229. (in Thai)

[5] Punchuklang, K., Bunkrongcheap, R., Petlamul, W., and Punchuklang, A., 2020, Antioxidant Activity, Total Phenolic and Tannin Contents in *Crotalaria juncea* Tea, Thai Sci. Technol. J. 29(4): 653-665. (in Thai)

[6] Sudsanor, P., Chaikham, P., Thanaboonrongkom, S. and Dajanta, K., 2023, Physicochemical and Antioxidative Properties of *Barringtonia acutangula* Leaf Tea Produced by Hot-Air Drying and Conventional Roasting, Burapha Sci. J. 28(3): 1584-1870. (in Thai)

[7] Dajanta, K., Chatton, U., and Rongkom, H., 2019, Color, Pigments and Antioxidant Quality of Red Yeast Rice (*Angkak*) Fermented by Various Rice Varieties, KRU Sci. J. 47(3): 468-477. (in Thai).

[8] Chaikham, P. and Prangthip, P., 2015, Physical and Biochemical Properties of Yanang Juice Mixed with Longan Flower-Honey Following High Pressure Processing, Int. Food Res. J. 22(4): 1607-1614.

[9] Oliveira, A.S., Cercato, L.M., Santana, M.T., Oliverira, A.J., Santos, B.D., Duarte, M.C., Araujo, A.A.S., Silva, A.M.O. and Camargo, E.A., 2017, The Ethanol Extract of *Leonurus sibiricus* L. Induces Antioxidant, Antinociceptive and Topical Anti-inflammatory Effect, J. Ethanophar. 206(12): 144-151.

- [10] Toakaenchan, N., Areesrisom, P., Areesrisom, K., and Sateinperakul, S., 2023, Effect of Drying Methods on Phytochemicals and Antioxidant Activities of *Stevia Rebaudiana Bertoni*, Thai Sci. Technol. J. 31(3): 57-69. (in Thai)
- [11] Purintraphiban S. and Poonpaerdchon, S., 2020. Effect of Tea Processing on Quality and Antioxidant Properties of Gac Fruit Peel Tea, RMUTSB Acad. J. 8(1): 28-38. (in Thai)
- [12] Thongmat, K. and Assatarakul, K., 2019, Effect of Package Type and Storage Temperature on Quality of Probiotic Fortified Vegetable Tablets, J. Food Technol. Siam Uni. 14(2): 144-154. (in Thai)
- [13] Methaakkharadecha, N. and Srisopa, A., 2019, Phenolic Contents and Antioxidant Activities of Mulberry Leaf Tea and Water Soluble Mulberry Leaf Tea Powder, Thai J. Sci. Technol. 9(2): 230-242. (in Thai)
- [14] Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Chacana, M., Vergara, J., Martínez-Monzó, J., García-Segovia, P., and Di Scala, K., 2012, Effect of Temperature and Air Velocity on Drying Kinetics, Antioxidant Capacity, Total Phenolic Content, Colour, Texture and Microstructure of Apple (var. Granny Smith) slices, Food Chem. 132(1): 51-59.
- [15] Siritrakulsak, P. and Simla, S., 2015, Effects of Conventional Cooking Method on Antioxidant Content in Moonflower. Khon Kaen Agr. J. 43(Suppl. 1): 875-880. (in Thai)
- [16] Zaidan, U.H., Zen, N.I.M., Amran, N.A., Shamsi, S. and Gani, S.S.A., 2019, Biochemical Evaluation of Phenolic Compounds and Steviol Glycoside from *Stevia rebaudiana* Extracts Associated with *In Vitro* Antidiabetic Potential, Biocatal. Agric.Biotechnol. 18: 101049.
- [17] Jansuna., S, Charoensup, L., Jirakiattikul, Y. and Harakotr, B., 2020, Effects of Drying Temperatures and Times on Antioxidant Contents and Their Activities of *Centella asiatica* (L.) urb. Leaves, Thai Sci. Technol. J. 20(12): 2261-2272. (in Thai)
- [18] Calvache, J.N., Cueto, M., Farroni, A., Pla, M.E. and Gerschenson, L.N., 2016, Antioxidant Characterization of New Dietary Fiber Concentrates from Papaya Pulp and Peel (*Carica papaya* L.), J. Funct. Foods. 27: 319-328.
- [19] Kaur, M., Singh, G. and Mohan., C., 2013, *Barringtonia acutangula*: A Traditional Medicinal Plant, Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res. 23(1): 168-171.
- [20] Zamri. N.N.S.M. and Ismail, N.A., 2021, Review on Nutritional Content and Pharmacological Activities in Leaves of *Barringtonia* Species (*Barringtonia acutangula* L. and *Barringtonia racemosa* L.), Inaugural Symp. Res. Innov. Food. 43-46.
- [21] Faruk, M.O., Sardar, R., Haque, S.T. and Haque, E., 2016, Antimicrobial, Cytotoxic and Antioxidant Activities of *Barringtonia acutangula* (L), Biores Comm. 2(1): 205-209.

- [22] Blois, M.S., 1958, Antioxidant Determinations by the Use of A Stable Free Radical, *Nature*. 181: 1199-1200.
- [23] Sintupiboonkit, C., Klanvaree, N., Sreewisan jaras, T., Datchkhun, C. and Chanchamchoi, P., 2015, The Antioxidant Activities in Infusions and Ready-to-Drink Herbal Teas. pp. 165-172, The 6th Academic Meeting and National and International Conference: Meeting Abstract of Science Technology, Surat Thani. (in Thai)
- [24] Udomkun, P., Nagle, M., Argyropoulos, D., Mahayothee, B., Latif, S. and Müller, J., 2016, Compositional and Functional Dynamics of Dried Papaya as Affected by Storage Time and Packaging Material, *Food Chem*. 196: 712-719.
- [25] Rongkom, H. and Dajanta, K. 2020, Effect of Herbal Plant Extracts and Immersion Times on the Quality of Sweet Dehydrated Green Papaya Fortified with the Extracts, *SWU. Sci. J.* 12(24): 223-235. (in Thai)
- [26] Manok, S. an Limcharoen, P., 2015, Investigating Antioxidant Activity by DPPH, ABTS and FRAP Assay and Total Phenolic Compounds of Herbal Extracts in Ya-Hom Thepphachit, *Advanced Sci.* 15(1): 106-117. (in Thai)