



**สมบัติทางเคมี-กายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิก
ซึ่งผลิตโดยวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อนและการคั่วแบบดั้งเดิม**

**Physicochemical and Antioxidative Properties of *Barringtonia acutangula* Leaf Tea
Produced by Hot-Air Drying and Conventional Roasting**

ปิยธิดา สูดเสนาะ¹, พิทยา ใจคำ^{1*}, สิริกาญจน์ ธนบุญธวัช² และ เกตุการ ดาจันทา²

Piyathida Sudsanor¹, Pittaya Chaikham^{1*}, Sirikarn Thanaboonrongkom² and Katekan Dajanta²

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และการจัดการเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ประเทศไทย

² สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประเทศไทย

¹ Division of Food Science and Technology Management, Faculty of Science and Technology,
Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Thailand

² Division of Food Science and Technology, Faculty of Food and Agricultural Technology,
Pibulsongkram Rajabhat University, Thailand

Received : 23 May 2023

Revised : 24 June 2023

Accepted : 30 June 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกระบวนการทำแห้งด้วยลมร้อนและการคั่วแบบดั้งเดิมต่อคุณภาพของชาใบจิก พบว่า การทำแห้งทั้งสองวิธีส่งผลให้ได้ชาใบจิกที่มีความชื้นและค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) อยู่ในช่วง 4.17 ± 0.28 ถึง 5.06 ± 0.66 เปอร์เซ็นต์ และค่า a_w เท่ากับ 0.36 ± 0.01 ถึง 0.38 ± 0.01 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชา ใบจิกที่ผ่านการคั่วจะมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ต่ำกว่า แต่มีค่าความเป็นสีแดง (a^*) สูงกว่าชาใบจิกที่ผ่านการอบด้วยตู้อบลมร้อน ในด้านของสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้ง พบว่าชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารประกอบฟลาโวนอยด์ และค่า FRAP สูงกว่าชาใบจิกที่ผ่านการคั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS^{•+} ผลิตภัณฑ์ชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 2 วิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) และจากการศึกษาคุณภาพด้านสีของน้ำชาใบจิกที่ผ่านทำแห้งด้วยการคั่วและอบลมร้อนและชงด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิและเวลาแตกต่างกัน พบว่า ค่า L^* ของน้ำชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 2 วิธี มีค่าลดลง เมื่ออุณหภูมิและในระยะเวลาในการชงเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 10 นาที และน้ำชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ไม่แตกต่างกับชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งด้วยการคั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการชงเพิ่มมากขึ้น ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ในน้ำชาใบจิกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชาใบจิกที่ผ่านการคั่วและชงที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที ที่มีปริมาณกรดทั้งหมดมากที่สุด

คำสำคัญ : ใบจิก ; ชา ; การอบแห้งด้วยลมร้อน ; การคั่ว ; สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ



Abstract

This research aimed to study the effects of the drying method using a hot air dryer and conventional roasting pan on the qualities of *Barringtonia acutangula* leaf tea. The moisture content and water activity (a_w) of all the samples were in the range of $4.17 \pm 0.28\%$ to $5.06 \pm 0.66\%$ and 0.36 ± 0.01 to 0.38 ± 0.01 respectively, which were in accordance with the standard criteria of tea products. Roasted *B. acutangula* leaf tea had lower lightness (L^*) and yellowness (b^*) values but higher redness (a^*) than the hot-air dried sample. In terms of the antioxidant properties of dried *B. acutangula* leaf tea, it was found that the *B. acutangula* leaf tea dried in a hot air oven had significantly higher total phenolic compounds, flavonoid, and FRAP values than those of the roasted sample ($P \leq 0.05$), whereas DPPH และ ABTS^{•+} values were no significant difference between both drying methods ($P > 0.05$). Considering the color parameters of roasted and hot air-dried *B. acutangula* leaf tea brewed with hot water at different temperatures and times, the L^* value of *B. acutangula* leaf tea dried by both methods decreased with increasing temperature and brewing time, especially at 90 °C for 10 min. The pH value of *B. acutangula* leaf tea dried in a hot-air oven was not different from that of the sample dried by roasting ($P > 0.05$). However, when the temperature and brewing time rose, the total titratable acidity of roasted leave tea tended to increase. Especially the roasted sample that was brewed at 90 °C for 10 minutes showed the highest total titratable acidity.

Keywords : *Barringtonia acutangula* ; tea ; hot-air drying ; roasting ; antioxidative property

*Corresponding author. E-mail : : pittaya.chaikham@gmail.com



บทนำ

จิกเป็นไม้ยืนต้นชนิดหนึ่งที่มีสรรพคุณทางยาและมีการใช้ในการรักษาโรคต่าง ๆ มาอย่างยาวนาน เช่น โรคตับอักเสบ โรคท้องร่วง อาการไข้ ภาวะผดผื่นที่เกี่ยวกับม้าม และโรคติดเชื้อพยาธิตัวตืด ซึ่งจิกเป็นพืชที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน เช่น ราก ใบ ผล เมล็ดและเปลือก และยังมีกลิ่นรสเฉพาะตัว มีสารอาหารสูง จึงนิยมนำไปรับประทาน และยังมีมีการใช้ในการรักษาโรคอีกด้วย (Kaur *et al.*, 2013) ใบจิกพบสารประกอบในกลุ่ม steroidal compounds เช่น barringtonic acid, tangelic acutangulic acids acutagenol A, acutagenol B, และ barringtonols B, C และ D นอกจากนี้ยังพบสารประกอบฟีนอลในปริมาณสูง จึงส่งให้ใบจิกมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง (Zamri & Ismail, 2021) มีสมบัติในการต้านเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อรา ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง การต้านอนุมูลอิสระ เสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน รักษาโรคท้องร่วง รักษาโรคเบาหวาน โรคอัลไซเมอร์ และชะลอความเสื่อมของเซลล์ รวมถึงโรคที่เกี่ยวกับความผิดปกติของเม็ดเลือดแดงอีกด้วย จิกที่คนไทยรู้จักคุ้นเคยมากเป็นพิเศษมี 2-3 ชนิด เช่น จิกนา (*Barringtonia acutangula* Gaertn.) จิกบ้านหรือจิกสวน (*Barringtonia racemosa* Roxb.) และจิกน้ำ (*Barringtonia edaphogarpa* Gagnep.) ซึ่งแต่ละชนิดมีลักษณะคล้ายคลึงกันมาก คนไทยนิยมนำใบอ่อนมารับประทานโดยใช้เป็นผักจิ้มน้ำพริก นอกจากนั้นยังมีการนำส่วนต่าง ๆ ของจิกมาใช้เป็นยาสมุนไพรรักษาโรคต่าง ๆ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ในตำราประมวลสรรพคุณยาไทยและตำราสรรพคุณสมุนไพรได้กล่าวถึงสรรพคุณทางยาของจิกเอาไว้หลายประการ เช่น ใบ มีสรรพคุณในการสมานบาดแผล แก้อาการชัก แก้อุจจาระพิการ แก่ท้องร่วง แก่บิดมูกเลือด แก่ปวดศีรษะ เลือดออกตามไรฟัน แก่เสมหะพิการ ส่วนของเนื้อไม้มีสรรพคุณในการขับระดูขาว รากมีสรรพคุณเป็นยาระบาย และเมล็ดมีสรรพคุณในการแก้เยื่อตาอักเสบ แก้อาเจียน แก้อิโธ แก่แน่น แก่ไข้ตัวร้อน เป็นต้น (Mohan & Anand, 2019; Kaur *et al.*, 2013; Babre *et al.*, 2010)

ชาเป็นเครื่องดื่มที่มีการบริโภคอย่างแพร่หลายและมีรายงานด้านวิทยาศาสตร์ที่แสดงถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการดื่มชาส่งผลให้ผู้บริโภคให้ความสนใจและนิยมบริโภคเพิ่มขึ้น ปัจจุบันสามารถจำแนกชาได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ชาและชาสมุนไพร โดยชาคือ ชาที่ได้จากการนำใบ ยอดอ่อน และก้านของต้นชา หรือจากพืชต่างชนิดต่าง ๆ มาผ่านกรรมวิธีแปรรูปเพื่อให้ได้กลิ่นหอมและรสชาติเฉพาะตัวขณะทำการชงหรือต้มด้วยน้ำร้อน ส่วนชาสมุนไพรคือ ชาที่ชงจากส่วนต่าง ๆ ของพืชสมุนไพรที่ไม่มีส่วนผสมจากต้นชา ซึ่งสมุนไพรไทยหลายชนิดมีสรรพคุณทางยาและมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่ดี (Purintraphiban & Poonpaerdchon, 2020) เป็นแหล่งสารพฤกษเคมีที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน (Punchuklang *et al.*, 2020) จึงมีการนำพืชชนิดอื่นมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชาเพื่อสร้างทางเลือกให้ผู้บริโภคและเพิ่มมูลค่าให้กับพืชชนิดต่าง ๆ เช่น ชามินต์ ชาดอกไม้ ชาใบอ่อนมะขาม ชาใบจิกหรือชาดอกคำฝอย (Purintraphiban & Poonpaerdchon, 2020; Jirattanarangsri & Budprom, 2016) ซึ่งกระบวนการผลิตชาสมุนไพรอย่างเช่นชาใบจิก โดยเฉพาะการทำแห้งที่มีการใช้ความร้อนหรือแสงแดดอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ในใบจิก นอกจากนั้นข้อมูลการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิกยังมีค่อนข้างน้อย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีที่แตกต่างกัน รวมถึงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการชงที่มีผลต่อคุณภาพบางประการของน้ำชาใบจิก โดยข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะทำ



ให้ได้กระบวนการทำแห้งใบจิกที่เหมาะสมและสามารถใช้เป็นข้อมูลที่ยืนยันถึงคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิก รวมถึงอาจสามารถนำไปต่อยอดในการผลิตชาใบจิกเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1 การเตรียมใบจิก

ยอดอ่อนของใบจิกนำมาจากพื้นที่ตำบลคลองจิก อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2564 โดยกระบวนการผลิตชาใบจิกด้วยวิธีการคั่วทำได้โดยนำใบจิกส่วนยอด มาล้างทำความสะอาด หั่นใบจิกให้มีความกว้าง 2-3 มิลลิเมตร ก่อนนำไปลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วินาที และแช่ในอ่างน้ำเย็น ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำไปคั่วในกระทะโดยใช้ไฟอ่อน เป็นเวลาประมาณ 40 นาที และนำไปอบเพื่อไล่ความชื้นอีกครั้งด้วยตู้อบลมร้อน (Mammert, Germany) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยขั้นตอนการทำชาใบจิกนี้ทำตามขั้นตอนในการผลิตชาแบบดั้งเดิมที่ใช้กันทั่วไป สำหรับการเตรียมตัวอย่างชาใบจิกอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนทำได้โดยนำใบจิกส่วนยอดที่ผ่านการล้างทำความสะอาด และสะเด็ดน้ำ แล้วเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส อบเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำใบจิกที่ผ่านการคั่วด้วยกระทะและที่ผ่านการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมาบดด้วยเครื่องบดสมุนไพร (Disintegrator, WF-10B, China) ร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 60 เมช และบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ภายใต้สภาวะสุญญากาศก่อนนำไปทำการตรวจวิเคราะห์ต่อไป

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิกที่ผ่านการอบแห้งและการคั่ว

2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ

วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC (2000) วิเคราะห์หาค่ากิจกรรมของน้ำ (water activity, a_w) ด้วยเครื่อง AquaLab (Water Activity Metre, USA) และวัดค่าสีระบบ CIE แสดงค่า L^* (ค่าความสว่าง), a^* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta, Japan)

2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิกที่ผ่านการอบแห้งและการคั่ว

2.2.1 การสกัดตัวอย่าง

นำชาใบจิกที่ผ่านการบดผสมกับสารละลายเอทานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ในอัตราส่วน 1 ต่อ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (w/v) สกัดโดยใช้เครื่องอัลตราโซนิก (Sonics & Materials Inc., Newtown, CT) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาที แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman® เบอร์ 4 เก็บสารสกัดที่ได้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อรอการตรวจวิเคราะห์ต่อไป



2.2.2 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในชาใบจิกตามวิธีของ Dajanta & Rongkom (2017) โดยผสมสารสกัดชาใบจิกปริมาตร 400 ไมโครลิตร กับสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent (Merck, Germany) ความเข้มข้น 0.25 นอร์มัล ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Merck, Germany) ความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปริมาตร 1.6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันดี และบ่มในอ่างน้ำอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที และบ่มต่อในที่มีดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (Evolution 201, USA) ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในหน่วย mg Gallic acid equivalent (GAE)/g ของตัวอย่าง

2.2.3 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดตามวิธีของ Chaikhram and Prangthip (2015) โดยการนำสารสกัดชาใบจิกมา 4 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 4 มิลลิลิตร จากนั้นเขย่าให้เข้ากันดี แล้วเติมสารละลายโซเดียมไนไตรท์ ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที จากนั้นเติมสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้อีก 5 นาที และนำมาผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 12 มิลลิลิตร จะได้สารประกอบที่มีสีแดง วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (Evolution 201, USA) ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณของสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในหน่วย mg Rutin equivalent (RE)/g ของตัวอย่าง

2.2.4 วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในสารสกัดชาใบจิกตามวิธีการของ Dajanta and Rongkom (2017) โดยผสมสารสกัดชาใบจิกปริมาตร 1 มิลลิลิตร กับสารละลาย DPPH (Fluka Biochemica, Switzerland) ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันดี และบ่มในที่มีดเป็นระยะเวลา 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย UV-Vis spectrophotometer (Spectrophotometer evolution 201, USA) ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร สำหรับชุดควบคุมใช้สารละลายเอทานอล (Lab-scan analytical science, Thailand) ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ แทนสารสกัด คำนวณค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ในหน่วย mg Trolox equivalent (TE)/g ของตัวอย่าง

2.2.5 วิเคราะห์หาค่า Ferric reducing antioxidant power (FRAP)

วิเคราะห์หาค่า FRAP ในชาใบจิกตามวิธีการของ Dajanta & Rongkom (2017) โดยผสมสารสกัดปริมาตร 400 ไมโครลิตร กับสารละลาย FRAP reagent (Fluka Biochemica, Switzerland) ปริมาตร 3,000 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันดี บ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer (Spectrophotometer evolution 201, USA) ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร สำหรับชุดควบคุมใช้สารละลายเอทานอล (Lab-scan analytical science, Thailand) ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ แทนสารสกัด คำนวณค่า FRAP ในหน่วย mg TE/g ของตัวอย่าง



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

นำสารละลาย ABTS^{•+} ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ ผสมกับสารละลาย K₂S₂O₈ (dipotassium peroxodisulphate) ความเข้มข้น 2.45 มิลลิโมลาร์ ให้เข้ากันแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่น และเตรียมสารสกัดตัวอย่างให้ได้ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในตัวทำละลาย dimethyl sulfoxide (DMSO) ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ผสมสารละลาย ABTS^{•+} ที่เจือจางแล้วกับสารสกัดชาใบจิก โดยให้ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 2,120 ไมโครลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer (Spectrophotometer evolution 201, USA) คำนวณค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} ในหน่วย mg TE/g ของตัวอย่าง

3. การศึกษาคุณภาพทางเคมีและกายภาพบางประการของน้ำชาใบจิกที่ผ่านการชงด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน

3.1 การเตรียมตัวอย่างน้ำชาใบจิก

นำชาใบจิกบรรจุลงในซองชาปริมาณ 2 กรัม และนำไปแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 4 ระดับ ได้แก่ 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการชง 6 ระดับ ได้แก่ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที เก็บตัวอย่างในหลอดทดลองที่มีฝาปิดขนาด 50 มิลลิลิตร และทำให้เย็นทันที จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและนำไปกายภาพบางประการต่อไป

3.2 การวิเคราะห์คุณภาพบางประการของน้ำชาใบจิก

วัดค่าสีระบบ CIE แสดงค่า L* (ค่าความสว่าง), a* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta, Japan) วัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่องวัดพีเอช (pH meter, Sartorius PB-20, Germany) และวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดด้วยวิธีไทเทรต รายงานในรูปของกรดซิตริกตามวิธีของ AOAC (2000)

4. การวางแผนการทดลองทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Independent t-test สำหรับตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 2 วิธี และวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี One-Way Analysis of Variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) สำหรับตัวอย่างน้ำชา ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Table 1 Physicochemical qualities of dried *Barringtonia acutangula* leaf using hot-air dryer and roasting

| Qualities | Hot-air drying | Roasting |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Moisture content (%) | 5.06±0.66 ^a | 4.17±0.28 ^b |
| a _w | 0.38±0.01 ^a | 0.36±0.01 ^b |
| L* | 49.92±0.13 ^a | 46.38±0.46 ^b |
| a* | 1.22±0.08 ^b | 2.23±0.25 ^a |
| b* | 25.28±0.20 ^a | 21.84±0.72 ^b |

Note : Means in the same row with the different small letter indicate significant difference (P≤0.05)



Table 2 Bioactive compounds and antioxidative properties of dried *Barringtonia acutangula* leaf using hot-air dryer and roasting

| Contents/properties | Hot-air drying | Roasting |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Total phenolic compounds (mg GAE/g, D.W.) | 79.08±4.17 ^a | 58.24±3.76 ^b |
| Total flavonoids compounds (mg RE/g, D.W.) | 26.95±0.15 ^a | 13.69±0.27 ^b |
| DPPH-radical inhibition (mg TE/g, D.W.) ^{ns} | 155.27±4.52 | 151.33±7.42 |
| FRAP value (mg TE/g, D.W.) | 185.73±6.69 ^a | 158.93±12.32 ^b |
| ABTS ^{•+} -radical inhibition (mg TE/g, D.W.) ^{ns} | 154.52±8.34 | 149.99±9.48 |

Note : Means in the same row with the different small letter indicate significant difference ($P \leq 0.05$).

ns is non-significant difference ($P > 0.05$).

ผลการวิจัย

1. คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและการคั่ว

ทำการผลิตชาใบจิกด้วยกระบวนการทำแห้งที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและการคั่วด้วยกระทะ จากนั้นนำตัวอย่างที่ผ่านการบดมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ ปริมาณสารสำคัญและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ ได้ผลการทดลองดังแสดงใน Table 1 และ 2

จากผลการทดลองใน Table 1 พบว่า ชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมีค่าความชื้นและค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) สูงกว่าชาใบจิกที่ผ่านการคั่วด้วยกระทะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งทั้งสองวิธีมีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของชา โดยกำหนดให้ชามีความชื้นไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ (Punchuklang *et al.*, 2020) จากการวัดค่าสีของชาใบจิกหลังการทำแห้งด้วยกระบวนการที่ต่างกันพบว่ากระบวนการทำแห้งมีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ชาใบจิกอย่างมาก โดยจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนจะมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) สูงกว่าชาใบจิกที่ผ่านการคั่วด้วยกระทะ และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a^*) ชาใบจิกที่ผ่านการอบด้วยตู้อบลมร้อนจะมีค่าความเป็นสีแดงต่ำกว่าชาใบจิกที่ผ่านการคั่วด้วยกระทะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าชาใบจิกที่ผ่านการคั่วด้วยกระทะมีสีที่เข้มมากกว่าชาใบจิกที่ผ่านการอบด้วยตู้อบลมร้อน ซึ่งเกิดจากการสัมผัสความร้อนสูงโดยตรงจากพื้นผิวกระทะ จึงทำให้ชาใบจิกที่ผ่านการคั่วส่วนหนึ่งเกิดการไหม้ และทำให้สีใบชาเข้มขึ้น

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิก (Table 2) พบว่า ชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และค่า FRAP



สูงกว่าชาใบจิกที่ผ่านการคั่วด้วยกระทะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมีผลต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิกน้อยกว่าการคั่วด้วยกระทะ เนื่องจากในระหว่างการคั่วชาใบจิกจะสัมผัสด้วยความร้อนสูงจากพื้นผิวกระทะโดยตรง ถึงแม้จะใช้เวลาในการคั่วน้อยกว่าการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนก็ตาม ซึ่งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของชาใบจิกที่ผ่านการคั่วด้วยตู้อบลมร้อนและการคั่วด้วยกระทะมีความสามารถในการจับกับโลหะหนัก FRAP โดยการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS^{•+} จะมีค่าสูง เมื่อมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบอยู่สูง (Table 2) ในขณะที่ผลการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS^{•+} ของชาใบจิกที่ผ่านการคั่วทั้ง 2 วิธีมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

2. ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการชงต่อคุณภาพบางประการของน้ำชาใบจิก

จากการวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่าง (Table 3 – 5) พบว่า ค่าสี L^* ของน้ำชาจากชาใบจิกที่ผ่านการคั่วทั้ง 2 วิธีมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการชงเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการชงชาใบจิกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชาใบจิกที่ผ่านการคั่วด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกัน พบว่าชาใบจิกที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนมีค่าสี L^* สูงกว่าชาใบจิกที่ผ่านการคั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาค่าสี a^* พบว่า ชาใบจิกที่ผ่านการคั่วด้วยตู้อบลมร้อนและการคั่วมีโทนสีออกสีเขียว และเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการชงเพิ่มมากขึ้นทำให้โทนสีเขียวของตัวอย่างมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งแสดงว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการชงเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ตัวอย่างน้ำชาที่มีความเข้มของโทนสีมากขึ้น นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ค่าสี b^* พบว่า เมื่ออุณหภูมิ และระยะเวลาในการชงเพิ่มมากขึ้นจะทำให้สีของน้ำชาที่มีความเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งชาใบจิกที่ผ่านการคั่วมีค่าความเป็นสีเหลืองสูงกว่าชาใบจิกที่ผ่านการคั่วด้วยตู้อบลมร้อน และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในส่วนของค่าสี L^* และ a^* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการแปรรูปโดยการอบด้วยลมร้อนและการคั่ว ($P \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ค่า pH ของน้ำชาของชาใบจิกที่ผ่านการคั่วด้วยตู้อบลมร้อนและการคั่ว โดยใช้เวลาและอุณหภูมิในการชงที่แตกต่างกัน (Table 6) พบว่า ค่า pH ของน้ำชาจากชาใบจิกที่ผ่านการคั่วทั้ง 2 วิธีมีค่า pH ที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.77-4.18 โดยค่า pH ของน้ำชาจากชาใบจิกที่ผ่านการคั่วด้วยตู้อบลมร้อนมีค่าต่ำกว่าชาใบจิกที่ผ่านการคั่วด้วยการคั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการชงเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่า pH ของชาใบจิกมีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่าน้ำชาใบจิกที่ผ่านการชงเป็นระยะเวลา 10 นาที โดยใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มีค่า pH ต่ำที่สุดและมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้สูงที่สุด (Table 7) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการคั่วที่แตกต่างกัน พบว่า ชาใบจิกที่ผ่านการคั่วด้วยตู้อบลมร้อนมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ไม่แตกต่างกับชาใบจิกที่ผ่านการคั่วด้วยการคั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่เมื่ออุณหภูมิ และระยะเวลาในการชงเพิ่มมากขึ้น ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในน้ำชาใบจิกที่ผ่านการคั่วและชงด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที



Table 3 Brightness (L^*) of dried *Barringtonia acutangula* leaf tea after brewing with different temperatures and times

| Tea samples | Temperatures (°C) | Times (min) | | | | | |
|----------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Hot-air drying | 60 | 79.52±0.27 ^{aA} | 76.29±0.19 ^{aB} | 73.87±0.63 ^{aC} | 71.78±0.35 ^{aD} | 69.55±0.17 ^{aE} | 65.41±0.31 ^{aF} |
| | 70 | 75.65±0.21 ^{bA} | 74.49±0.21 ^{bB} | 71.49±0.19 ^{bC} | 62.58±0.27 ^{bD} | 67.35±0.15 ^{dE} | 63.40±0.34 ^{cF} |
| | 80 | 72.28±0.27 ^{eA} | 71.32±0.19 ^{dB} | 70.29±0.21 ^{cC} | 68.82±0.46 ^{cD} | 66.27±0.37 ^{eE} | 62.53±0.25 ^{dF} |
| | 90 | 70.52±0.27 ^{fA} | 69.60±0.11 ^{fB} | 68.44±0.59 ^{eC} | 66.36±0.11 ^{eD} | 61.62±0.21 ^{hE} | 60.28±0.22 ^{eF} |
| Roasting | 60 | 74.50±0.11 ^{cA} | 73.46±0.28 ^{bB} | 71.26±0.09 ^{bC} | 69.43±0.06 ^{bD} | 68.29±0.08 ^{bE} | 63.92±0.09 ^{bF} |
| | 70 | 73.38±0.14 ^{dA} | 72.61±0.12 ^{cB} | 70.68±0.50 ^{cC} | 68.58±0.15 ^{cD} | 67.67±0.25 ^{eE} | 58.36±0.32 ^{fF} |
| | 80 | 72.56±0.28 ^{eA} | 70.29±0.11 ^{eB} | 69.38±0.19 ^{dC} | 66.98±0.29 ^{dD} | 65.52±0.20 ^{fE} | 56.48±0.13 ^{gF} |
| | 90 | 70.37±0.43 ^{fA} | 69.41±0.29 ^{fB} | 68.53±0.17 ^{eC} | 65.36±0.20 ^{fD} | 64.92±0.47 ^{gE} | 52.54±0.43 ^{hF} |

Note : Means in the same column with the different capital letter, whereas means in the same row with the same small letter indicate significant difference ($P \leq 0.05$).

Table 4 Redness (a^*) of dried *Barringtonia acutangula* leaf tea after brewing with different temperatures and times

| Tea samples | Temperatures (°C) | Times (min) | | | | | |
|----------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Hot-air drying | 60 | -2.50±0.01 ^{gF} | -2.46±0.02 ^{hE} | -2.26±0.03 ^{hD} | -1.85±0.01 ^{fC} | -1.73±0.02 ^{gB} | -1.53±0.01 ^{fA} |
| | 70 | -2.40±0.01 ^{fF} | -2.17±0.01 ^{gE} | -2.07±0.02 ^{gD} | -1.65±0.03 ^{dC} | -1.44±0.02 ^{eB} | -1.38±0.02 ^{eA} |
| | 80 | -2.13±0.01 ^{eF} | -2.08±0.01 ^{fE} | -2.03±0.01 ^{fD} | -1.68±0.03 ^{deC} | -1.38±0.03 ^{dB} | -1.21±0.02 ^{dA} |
| | 90 | -1.96±0.01 ^{cF} | -1.86±0.02 ^{cE} | -1.74±0.02 ^{dD} | -1.55±0.02 ^{cC} | -1.25±0.02 ^{cB} | -1.11±0.03 ^{cA} |
| Roasting | 60 | -2.14±0.02 ^{eF} | -1.95±0.02 ^{eE} | -1.78±0.03 ^{eD} | -1.69±0.01 ^{eC} | -1.61±0.01 ^{fB} | -1.57±0.02 ^{gA} |
| | 70 | -2.04±0.03 ^{dF} | -1.90±0.02 ^{dE} | -1.68±0.03 ^{cD} | -1.54±0.04 ^{cC} | -1.44±0.04 ^{eB} | -1.22±0.04 ^{dA} |
| | 80 | -1.55±0.03 ^{bF} | -1.43±0.03 ^{bE} | -1.24±0.02 ^{bD} | -1.14±0.02 ^{bC} | -1.07±0.01 ^{bB} | -0.92±0.03 ^{bA} |
| | 90 | -1.38±0.03 ^{aF} | -1.26±0.01 ^{aE} | -1.15±0.02 ^{aD} | -1.07±0.01 ^{aC} | -1.00±0.03 ^{aB} | -0.71±0.04 ^{aA} |

Note : Means in the same column with the different capital letter, whereas means in the same row with the same small letter indicate significant difference ($P \leq 0.05$).

Table 5 Yellowness (b^*) of dried *Barringtonia acutangula* leaf tea after brewing with different temperatures and times

| Tea samples | Temperatures (°C) | Times (min) | | | | | |
|----------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Hot-air drying | 60 | 0.38±0.01 ^{hF} | 4.33±0.30 ^{IE} | 8.49±0.31 ^{ID} | 14.81±0.39 ^{EC} | 16.44±0.33 ^{DB} | 20.46±0.37 ^{GA} |
| | 70 | 0.81±0.01 ^{gF} | 6.44±0.24 ^{DE} | 10.70±0.22 ^{DD} | 16.50±0.32 ^{DC} | 17.51±0.28 ^{CB} | 22.60±0.23 ^{FA} |
| | 80 | 1.21±0.12 ^{fF} | 8.55±0.15 ^{BE} | 11.06±0.26 ^{DD} | 17.61±0.35 ^{CC} | 19.52±0.28 ^{BB} | 24.36±0.18 ^{DA} |
| | 90 | 2.52±0.15 ^{bF} | 9.45±0.30 ^{AE} | 11.97±0.60 ^{CD} | 18.67±0.24 ^{BC} | 20.46±0.29 ^{AB} | 25.69±0.26 ^{BA} |
| Roasting | 60 | 1.85±0.08 ^{dF} | 4.11±0.39 ^{IE} | 5.85±0.61 ^{GD} | 7.85±0.36 ^{GC} | 11.49±0.18 ^{FB} | 17.41±0.27 ^{HA} |
| | 70 | 1.35±0.17 ^{ef} | 5.53±0.28 ^{EE} | 9.59±0.37 ^{ED} | 13.24±0.41 ^{IC} | 15.26±0.24 ^{EB} | 23.30±0.18 ^{EA} |
| | 80 | 2.17±0.03 ^{cF} | 6.35±0.19 ^{DE} | 13.77±0.39 ^{BD} | 17.26±0.32 ^{CC} | 19.61±0.38 ^{BB} | 25.06±0.39 ^{CA} |
| | 90 | 2.70±0.06 ^{aF} | 8.15±0.19 ^{CE} | 14.54±0.30 ^{AD} | 19.40±0.29 ^{AC} | 20.43±0.31 ^{AB} | 32.00±0.34 ^{AA} |

Note : Means in the same column with the different capital letter, whereas means in the same row with the same small letter indicate significant difference ($P \leq 0.05$).

Table 6 pH of dried *Barringtonia acutangula* leaf tea after brewing with different temperatures and times

| Tea samples | Temperatures (°C) | Times (min) | | | | | |
|----------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Hot-air drying | 60 | 4.44±0.03 ^{eA} | 4.34±0.01 ^{eB} | 4.24±0.00 ^{cC} | 4.20±0.01 ^{dD} | 4.08±0.01 ^{dE} | 4.06±0.00 ^{cF} |
| | 70 | 4.35±0.01 ^{fA} | 4.20±0.00 ^{fb} | 4.17±0.00 ^{eC} | 4.09±0.00 ^{eD} | 4.07±0.00 ^{eE} | 4.04±0.00 ^{dF} |
| | 80 | 4.22±0.00 ^{gA} | 4.18±0.01 ^{fb} | 4.16±0.00 ^{fc} | 4.06±0.00 ^{fd} | 4.04±0.00 ^{fe} | 4.01±0.01 ^{ef} |
| | 90 | 4.00±0.00 ^{hA} | 3.98±0.01 ^{gb} | 3.94±0.01 ^{gc} | 3.88±0.01 ^{gd} | 3.80±0.00 ^{ge} | 3.77±0.01 ^{ff} |
| Roasting | 60 | 5.36±0.01 ^{aA} | 5.07±0.05 ^{ab} | 4.75±0.01 ^{ac} | 4.62±0.00 ^{ad} | 4.35±0.01 ^{ae} | 4.18±0.00 ^{af} |
| | 70 | 5.22±0.01 ^{bA} | 4.92±0.01 ^{bb} | 4.67±0.01 ^{bc} | 4.52±0.00 ^{bd} | 4.20±0.00 ^{be} | 4.08±0.00 ^{bf} |
| | 80 | 5.12±0.00 ^{cA} | 4.86±0.00 ^{cb} | 4.32±0.00 ^{cc} | 4.21±0.01 ^{cd} | 4.09±0.00 ^{ce} | 4.04±0.00 ^{df} |
| | 90 | 4.83±0.01 ^{dA} | 4.51±0.1 ^{db} | 4.17±0.01 ^{ec} | 4.09±0.00 ^{ed} | 4.06±0.00 ^{ee} | 4.02±0.00 ^{ef} |

Note : Means in the same column with the different capital letter, whereas means in the same row with the same small letter indicate significant difference ($P \leq 0.05$).

Table 7 Total titratable acidity of dried *Barringtonia acutangula* leaf tea after brewing with different temperatures and times

| Tea samples | Temperatures (°C) | Times (min) | | | | | |
|----------------|-------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Hot-air drying | 60 | 0.04±0.00 ^{abD} | 0.04±0.00 ^{dD} | 0.04±0.00 ^{dD} | 0.08±0.00 ^{fC} | 0.10±0.02 ^{eB} | 0.13±0.02 ^{eA} |
| | 70 | 0.04±0.00 ^{abE} | 0.06±0.01 ^{cD} | 0.10±0.01 ^{dC} | 0.11±0.01 ^{eC} | 0.14±0.01 ^{cB} | 0.16±0.00 ^{dA} |
| | 80 | 0.04±0.00 ^{aE} | 0.07±0.00 ^{bD} | 0.11±0.00 ^{cC} | 0.12±0.01 ^{dC} | 0.16±0.01 ^{abB} | 0.18±0.02 ^{cA} |
| | 90 | 0.04±0.00 ^{abF} | 0.10±0.00 ^{aE} | 0.12±0.01 ^{bD} | 0.14±0.00 ^{bC} | 0.17±0.02 ^{aB} | 0.19±0.00 ^{bA} |
| Roasting | 60 | 0.03±0.00 ^{bF} | 0.04±0.01 ^{dE} | 0.08±0.00 ^{eD} | 0.11±0.00 ^{eC} | 0.12±0.00 ^{dB} | 0.13±0.00 ^{eA} |
| | 70 | 0.04±0.00 ^{abF} | 0.04±0.00 ^{dE} | 0.10±0.00 ^{dD} | 0.13±0.00 ^{cC} | 0.14±0.00 ^{cB} | 0.16±0.00 ^{dA} |
| | 80 | 0.04±0.00 ^{aF} | 0.06±0.00 ^{cE} | 0.11±0.00 ^{cD} | 0.15±0.00 ^{aC} | 0.15±0.00 ^{bcB} | 0.18±0.00 ^{cA} |
| | 90 | 0.04±0.00 ^{aF} | 0.07±0.00 ^{cE} | 0.13±0.00 ^{ad} | 0.15±0.00 ^{aC} | 0.16±0.00 ^{abB} | 0.21±0.00 ^{aA} |

Note : Means in the same column with the different capital letter, whereas means in the same row with the same small letter indicate significant difference ($P \leq 0.05$).

วิจารณ์ผลการวิจัย

ชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและการคั่วแบบวิธีดั้งเดิมมีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของชา ที่กำหนดให้ชามีความชื้นไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถป้องกันและควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียได้ทั้งเชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรีย และสามารถเก็บไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้องโดยไม่เน่าเสีย อีกทั้งกระบวนการทำแห้งยังช่วยเพิ่มกลิ่นรสและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเฉพาะของชาได้ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำแห้งด้วยวิธีการคั่วแบบดั้งเดิมที่จะให้คุณลักษณะเฉพาะด้านประสาทสัมผัสของชาได้มากที่สุด (Punchuklang *et al.*, 2020; Jirattananangsrri & Budprom, 2016) โดยทั่วไปกระบวนการทำแห้งที่นิยมใช้ในการผลิตชา คือ การคั่วด้วยกระทะและการอบด้วยตู้อบลมร้อน แต่การคั่วใบชาที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลาที่นานมีผลทำให้ใบชาไหม้และมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้ แต่การอบใบชาด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ทำให้ได้ใบชาที่มีกลิ่นและรสที่ดี (Jirattananangsrri & Budprom, 2016) เนื่องจากอัตราการทำแห้งของอาหารขึ้นอยู่กับสภาพธรรมชาติของอาหารเริ่มต้นก่อนการทำแห้งและสภาวะแวดล้อมระหว่างการทำแห้ง เช่น ชนิดของเครื่องทำแห้ง อุณหภูมิ เวลา ความชื้นสัมพัทธ์ และสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (heat transfer coefficient) เป็นต้น และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแปรรูปจะส่งผลให้อัตราการระเหยของน้ำในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น โดยชาจะมีความชื้นลดลงเมื่อระยะเวลาในการคั่วและอุณหภูมิในการอบแห้งใบชาเพิ่มมากขึ้น (Jamali *et al.*, 2006)

ในส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสีของชาใบจิกที่ผ่านการคั่วพบว่ามีความสว่างและค่าความเป็นสีแดงต่ำกว่าชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและใบชาส่วนหนึ่งเกิดการไหม้ จึงทำให้สีใบชามีเฉดสีที่เข้มขึ้น ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารสีหรือรงควัตถุ เช่น คลอโรฟิลล์ โดยความร้อนสูงจากการคั่วด้วยกระทะและการสัมผัสโดยตรงกับภาชนะกับเปลวไฟ สารสีของใบจิกจึงถูกทำลายด้วยความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีออกซิเจนอยู่ด้วยสารสีในชาใบจิกจะสลายตัวได้



เร็วขึ้น ประกอบกับการคั่วจะส่งผลให้ซาไบจิซึมสัมผัสกับออกซิเจนในขณะคั่วจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของพันธะคู่ที่มีในโมเลกุลทำให้เกิดสีน้ำตาล (Stintzing *et al.*, 2002) อีกทั้งคลอโรฟิลล์ซึ่งพบได้ในใบชาไม่คงตัวต่อความร้อน เมื่อได้รับความร้อนเป็นเวลานานจะเปลี่ยนเป็นฟีโอฟิติน (pheophytin) ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้น (Joslyn & Mackinney, 1938) นอกจากนี้การลวกใบจีกก่อนนำไปคั่ว อาจจะมีผลยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) สีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในกรณีนี้ น่าจะเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) เป็นหลัก ส่วนการอบแห้งด้วยลมร้อนไม่มีการลวกใบจีกก่อน สีของใบชาน่าจะเกิดจากทั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์เป็นหลัก เพราะใช้อุณหภูมิต่ำกว่าการคั่วในการทำแห้ง (Shakuntala Manay & Shadaksharaswamy, 2005) สรุปได้ว่าการใช้ความร้อนแบบนำความร้อน (heat conduction) ในการทำแห้งทำให้ตัวอย่างได้รับความร้อนสูงมากกว่าการใช้ความร้อนแบบการพาความร้อน (heat convection) ซึ่งมีผลทำให้เกิดสารประกอบสีน้ำตาลมากขึ้นและเกิดการไหม้ของตัวอย่างอีกด้วย

อุณหภูมิในการทำแห้งมีผลต่อความคงตัวของสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของใบชาคือ เมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น ความคงตัวของสารต้านอนุมูลอิสระจะลดลง และการคั่วใบชาด้วยกระเพาะที่ใช้ระยะเวลาสั้นจะเพิ่มโอกาสในการการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือการสลายตัวของสารต้านอนุมูลอิสระมากขึ้นอีกด้วย การอบแห้งใบจีกด้วยตู้อบลมร้อนจึงมีผลต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของซาไบจิกน้อยกว่าการคั่วด้วยกระเพาะ เนื่องจากในระหว่างการคั่วใบจีกด้วยกระเพาะ ซาไบจิกจะสัมผัสความร้อนสูงโดยตรงจากพื้นผิวกระเพาะ ถึงแม้จะใช้เวลาในการคั่วน้อยกว่าการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนก็ตาม แต่อย่างไรก็ตามซาไบจิกยังคงมีองค์ประกอบของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่ดี ซึ่งจากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของซาไบจิกที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทั้งสองแบบด้วยวิธี FRAP พบว่าการอบแห้งซาไบจิกด้วยตู้อบลมร้อนช่วยรักษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของซาไบจิกได้ดีกว่าการคั่วด้วยกระเพาะ สอดคล้องกับการลดปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่พบในซาไบจิกที่คั่วด้วยกระเพาะ เนื่องจากสมบัติการต้านออกซิเดชันมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก เมื่อมีการลดลงของสารประกอบฟีนอลิกหรือสารต้านออกซิเดชันจากความร้อนที่ใช้ในการทำแห้ง ซาไบจิกจะส่งผลให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างลดลงด้วย (Thongmat & Assatarakul, 2019) อุณหภูมิในการอบแห้งมีส่วนสำคัญต่อการสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิกในใบชา ซึ่งการอบและการคั่วซาไบจิกมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง เนื่องจากความร้อนทำให้สารประกอบฟีนอลิกเกิดการออกซิเดชันและสลายตัว (Punchuklang *et al.*, 2020; Methaakkharadecha & Srisopa, 2019) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ VegaGálvez (2009) ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในพริกที่ผ่านการอบแห้งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยลดลงมากที่สุดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่พบทั่วไปในพืชหลายหลายชนิดทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระและไอออนของโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่น ๆ เมื่ออนุมูลอิสระได้รับอะตอมของไฮโดรเจนแล้ว อนุมูลอิสระของสารประกอบ ฟีนอลิกจะไม่ทำปฏิกิริยาอื่นต่อไป จึงสามารถยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ที่มีอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุจึงช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (Thongmat & Assatarakul, 2019) อีกทั้งยังป้องกันกระบวนการ lipid oxidation โดยจับกับ lipid peroxy radicals และยังสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ cyclooxygenase และ lipoyxygenase ซึ่งช่วยลดการเกิดภาวะหลอดเลือดอุดตันได้ (Rahman *et al.*, 2010) ซึ่งสารประกอบ



พีนอลมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของใบจิก โดยใบจิกมีองค์ประกอบของสารประกอบพีนอลทั้งหมดประมาณ 146 มิลลิกรัมต่อกรัม (Zamri & Ismail, 2021) และมีปริมาณของสารประกอบ ฟลาโวนอยด์ที่พบในใบจิกจากรายงานวิจัยของ Zamri & Ismail (2021) พบว่าสารสกัดใบจิกที่สกัดด้วยเมทานอลมีค่าอยู่ระหว่าง 13.21-239.35 มิลลิกรัมต่อกรัม ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของใบจิก ความร้อนที่เกิดจากกระบวนการผลิตขามีส่วนสำคัญต่อการสลายตัวของสารประกอบพีนอล ซึ่งมีรายงานของ Takuya *et al.* (2011) รายงานว่าการใช้อุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส มีผลโดยตรงต่อการสลายตัวของสารประกอบพีนอลอย่างมีนัยสำคัญ โดยปกติสมบัติการต้านอนุมูลอิสระจะมีความสอดคล้องกับปริมาณของสารประกอบพีนอลและสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่พบในอาหารชนิดนั้น ๆ (Thuanthong *et al.*, 2021)

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS^{•+} ของชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 2 วิธี ไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจากรายงานของ Kaur *et al.* (2013) พบว่าสารสกัดใบจิกมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่ดี (Zamri & Ismail, 2021) โดยพบว่าใบจิกมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในช่วง 3.83-38.16 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และรายงานของ Faruk *et al.* (2016) ที่พบว่าสารสกัดจากใบจิกมีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดี จึงมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่ดีด้วย การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีดักจับอนุมูลอิสระ DPPH เป็นวิธีการวิเคราะห์การวัดความสามารถของสารทดสอบในการกำจัดอนุมูลอิสระ โดยวิธีให้ไฮโดรเจนอะตอมซึ่งสารละลายของ DPPH ที่มีสีม่วงในเอทานอล เมื่อได้รับไฮโดรเจนอะตอมจะเปลี่ยนเป็นสารละลายสีเหลือง (Blois, 1958) แต่พบรายงานการศึกษาที่กล่าวว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ของใบชาขาวก่ามีความแตกต่างกันระหว่างกระบวนการอบด้วยตู้อบลมร้อนและการคั่วด้วยกระทะ โดยพบว่าใบชาขาวก่าที่ผ่านกระบวนการคั่วด้วยกระทะที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที มีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด คือ 84.11 ± 0.53 เปอร์เซ็นต์ และชาใบชาขาวก่าที่ผลิตจากใบชาขาวก่าที่ผ่านการอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ผลที่ได้แปรผกผันกับปริมาณแอนโทไซยานินที่ตรวจพบอาจเนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการแปรรูปไม่มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ ที่นอกเหนือจากแอนโทไซยานิน (Jirattananangri & Budprom, 2016) อย่างไรก็ตามฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของใบชาอบแห้งจะได้รับอิทธิพลทั้งจากการสลายตัวของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในใบชาตามธรรมชาติโดยความร้อน และสารเมลานอยดิน (Melanoidins) ที่เกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลระหว่างการผลิตใบชา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตด้วย

เมื่อนำชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 2 วิธี มาทำการชงที่อุณหภูมิและเวลาแตกต่างกัน พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการชงมีผลต่อค่าสีของน้ำชาใบจิก โดยน้ำชาใบจิกที่ผ่านการคั่วมีค่าความเข้มของโทนสีมากกว่าน้ำชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ซึ่งค่าสีที่วัดได้จากน้ำชาใบจิกค่อนข้างสอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าสีของชาใบจิกที่ผ่านกระบวนการแปรรูปในแต่ละสภาวะ อาจเนื่องจากแรงควัดเกิดขึ้นในระหว่างการแปรรูปเป็นสารที่สามารถละลายน้ำได้ จึงทำให้แรงควัดนั้นละลายน้ำออกมาส่งผลให้เกิดเฉดสีตามสีของแรงควัดนั้น ๆ (Jirattananangri & Budprom, 2016) และงานวิจัยนี้สอดคล้องกับรายงานของ Liaotrakoon and Liaotrakoon (2019) ซึ่งได้ศึกษาคุณภาพและสารออกฤทธิ์ของชาดอกอกาธีสีขาวและสีแดง



สรุปผลการวิจัย

การทำแห้งชาใบจิกด้วยการอบด้วยตู้อบลมร้อนและการคั่วด้วยกระทะทำให้ได้ชาใบจิกที่มีความชื้นและค่า a_w ต่ำกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ และ 0.6 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชา จึงมีความปลอดภัยและเก็บรักษาได้นาน และการอบแห้งชาใบจิกด้วยตู้อบลมร้อนมีผลต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าการคั่วด้วยกระทะจึงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารประกอบฟลาโวนอยด์ และระดับการยับยั้งไลโปหะเหล็ก FRAP สูงกว่าชาใบจิกที่ผ่านการคั่วด้วยกระทะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$) ส่วนค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS^{•+} ของชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 2 วิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน ในส่วนของผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการชงชาใบจิกพบว่า ค่าสี L^* ของน้ำชาใบจิกที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 2 วิธี มีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิและในระยะเวลาในการชงเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 10 นาที ที่มีค่าความสว่างต่ำที่สุด ในขณะที่ปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำชาใบจิกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและระยะเวลาในการชงที่มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชาใบจิกที่ผ่านการคั่วและชงที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที ที่มีปริมาณกรดทั้งหมดมากที่สุด องค์ความรู้จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาใบจิกนี้เป็นประโยชน์อย่างมากและสามารถต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพชนิดใหม่ต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 และผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่เอื้อเพื่อเครื่องมือในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official methods of analysis of AOAC International, 17th ed.

AOAC International, Gaithersburg, USA.

Babre, N., Debnath, S., Manjunath, Y.S., Parameshwar, B., Wankhede, S.V., & Hariprasath, K. (2010). Antioxidant potential of hydroalcoholic extract of *Barringtonia acutangula* Linn. roots on streptozotocin-induced diabetic rats. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 2(4), 201-203.

Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200.

Chaikham, P. & Prangthip, P. (2015). Physical and biochemical properties of Yanang juice mixed with longan flower-honey following high pressure processing. *International Food Research Journal*, 22(4), 1607-1614.



- Dajanta, K. & Rongkom, H. (2017). Effects of drying temperature on the isoflavone content and antioxidant capacity of fermented soybean (*Thua Nao*). *KKU Science Journal*, 45(1), 138-150.
- Faruk, M.O., Sardar, R., Haque, S.T., & Haque, E. (2016). Antimicrobial, cytotoxic and antioxidant activities of *Barringtonia acutangula* (L). *Bioresearch Communications*, 2(1), 205-209.
- Jamali, A., Kouhila, M., Mohamed, L. A., Idlimam, A., & Lamharrar, A. (2006). Moisture adsorption–desorption isotherms of *Citrus reticulata* leaves at three temperatures. *Journal of food engineering*, 77(1), 71-78.
- 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. (in Thai)
- Joslyn, M. A. & Mackinney, G. (1938). The Rate of Conversion of Chlorophyll to Pheophytin. *Journal of American Chemical Society*, 60(5), 1132–1136.
- Kaur, M., Singh, G., & Mohan., C. (2013). *Barringtonia acutangula*: A traditional medicinal plant. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 23(1), 168-171.
- Liaotrakoon, W. & Liaotrakoon, V. (2019). Antioxidative properties of white and red flowered Agathi (*Sesbania grandiflora*) tea and tea extracts. *Walailak Journal of Science and Technology*, 16(11), 831-839.
- Methaakkharadecha, N., & Srisopa, A. (2019). 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. (in Thai)
- Mohan, S.C. & Anand, T. (2019). *In vitro* antioxidant activity of leaf and bark extracts of *Barringtonia acutangula* Linn. *International Research Journal of Biological Sciences*, 1(1), 37-40.



- Patras, A., Brunton, N. P., O'Donnell, C., & Tiwari, B. K. (2010). Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science and Technology*, 21(1), 3-11.
- 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 (TSTJ)*, 29(4), 653-665.
- Purintrapiban & Poonpaerdchon. (2020). Effect of tea processing on quality and antioxidant properties of gac fruit peel tea. *RMUTSB Academic Journal*, 8(1), 28-38.
- Rahman, M.A., Sikder, M.A.A., Kaisar, M.A., Rahman, M.S., Hasan, C.M., & Rashid, M.A. (2010). In vitro antioxidant activity of *Barringtonia acutangula* Linn. *Bangladesh Pharmaceutical Journal*, 13(1), 38-41.
- Stintzing C. F., Stintzing A. S., Carle R., Frei B. & Wrolstad R. E. (2002). Colour and antioxidant properties of cyanidin-based anthocyanin pigments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 6172–6181.
- Shakuntala Manay, N., & Shadaksharaswamy, M. (Eds), (2005). Pigments and colours. In *Food: facts and principles* (2nd ed., pp. 95–97). New Delhi, India: New Age International (P) Ltd., Publishers.
- Takuya, K., Yoko, T., Mari, S., & Toshimichi, F. (2011). Effect of air-drying temperature on antioxidant capacity and stability of polyphenolic compounds in mulberry (*Morus alba* L.) leaves. *Food chemistry*, 113(4), 964-969.
- Thongmat, K., & Assatarakul, K. (2019). Effect of package type and storage temperature on quality of probiotic fortified vegetable tablets. *The Journal of Food Technology Siam University*, 14(2), 144-154.



Thuanthong, A., Patchimpet, J., Visessanguan, W., Panyo, J., Benjakul, Zhang, S.Y., & Klomklao, S. (2021).

Antioxidant properties of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) shell extracts as affected by solvents used for prior decolorization. *ASEAN Journal of Scientific and Technological Reports*, 24(3),

DOI: <https://doi.org/10.55164/ajstr.v24i3.243570>.

Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Chacana, M., Vergara, J., Martínez-Monzó, J., García-Segovia, P., & 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 Chemistry*, 132(1), 51-59.

Zamri, N.N.S.M., & Ismail, N.A. (2021). Review on nutritional content and pharmacological activities in leaves of

barringtonia species (*Barringtonia acutangula* L. and *Barringtonia racemosa* L.). *Inaugural Symposium of Research and Innovation for Food (SoRIF)*, 43-46.