

ผลของกระบวนการผลิตชาจากปลีกล้วยหอมทองต่อปริมาณสารพฤกษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ การยับยั้งแอลฟา-อะไมเลส และแอลฟา-กลูโคซิเดส

อัจฉริยะกุล พวงเพ็ชร*, จินตนา สังโสภา*, พรอริยา ฉิรินัง*,
ทวีพัฒน์ วิจิตรปัญญารักษ์*, เวธกา เข้าเจริญ*, ศิริวรรณ ณะวงษ์**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบที่เหมาะสมของกระบวนการผลิตชาจากปลีกล้วยหอมทองต่อปริมาณสารพฤกษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส และแอลฟา-กลูโคซิเดส ทำการศึกษาโดยใช้สารสกัดจากชาปลีกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 (อบที่ 50 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง) วิธีที่ 2 (นวด 10 นาที จากนั้นคั่วด้วยไฟอ่อน 5 นาที และอบที่ 40 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง) และวิธีที่ 3 (นวด 10 นาที จากนั้นหมัก 1 ชั่วโมง และอบที่ 50 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง) พบว่า ชาที่ผลิตด้วยวิธีที่ 2 มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และความสามารถต้านอนุมูลอิสระ (DPPH• และ FRAP assay) สูงที่สุด และในส่วนของการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและแอลฟา-กลูโคซิเดส พบว่า ชาปลีกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดได้แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามสารสกัดชาที่ผลิตจากทั้ง 3 วิธี มีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ดีกว่าเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส โดยเฉพาะชาที่ผลิตด้วยวิธีที่ 1 และ 2 พบว่ามีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสที่ไม่แตกต่างกับสารควบคุมเชิงบวก (Acarbose) ($p \geq 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตชาปลีกล้วยหอมทองด้วยวิธีที่ 2 เป็นวิธีการที่สามารถช่วยคงคุณประโยชน์ที่ดีของชาได้

คำสำคัญ : การผลิตชาปลีกล้วยหอมทอง, การต้านอนุมูลอิสระ, องค์ประกอบทางเคมี, การยับยั้งแอลฟา-อะไมเลส, การยับยั้งแอลฟา-กลูโคซิเดส

* อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

** เจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) ประเทศไทย

Corresponding author, email: ascharyakul.pua@mail.pbru.ac.th, Tel. 087-1860243

Received : May 31, 2025; Revised : July 29, 2025; Accepted : August 6, 2025

The Effect of Tea Production Process from Hom Thong Banana (*Musa acuminata* AAA Group) Blossom on Phytochemicals Content, Antioxidant Capacity and The Inhibition of α -amylase and α -glucosidase

Ascharyakul Pungphet*, Jintana Sangsopha*, Pornariya Chirinang*,
Tawipat Vijitpunyaruk*, Wethaka Chaocharoen*, Siriwan Nawong**

Abstract

This research aimed to study the optimal tea production process from Hom Thong banana (*Musa acuminata* AAA Group) blossom in relation to phytochemical content, antioxidant capacity, and inhibition of α -amylase and α -glucosidase. Banana blossom tea extracts were produced using three different methods: Method 1 (drying at 50 °C for 5 hours), Method 2 (kneading for 10 minutes, roasting at low heat for 5 minutes, and drying at 40 °C for 6 hours), and Method 3 (kneading for 10 minutes, fermenting for 1 hour, and drying at 50 °C for 5 hours). Results showed that tea produced by Method 2 had the highest antioxidant content, including phenolics, flavonoids, and antioxidant capacity (DPPH• and FRAP assays). Regarding α -amylase and α -glucosidase inhibition, different production methods resulted in varying inhibitory capacities. However, tea extracts from all three methods exhibited stronger inhibition of α -glucosidase than α -amylase. Notably, tea produced by Methods 1 and 2 showed no significant difference in α -glucosidase inhibition compared to the positive control (Acarbose) ($p \geq 0.05$), suggesting that Method 2 is an effective approach for preserving the beneficial properties of Hom Thong banana blossom tea.

Keywords : Hom Thong Banana blossom (*Musa acuminata* (AAA Group), Production of Hom Thong banana blossom tea, Antioxidant, Chemical composition α -amylase inhibition, α -glucosidase inhibition

* Instructor, Faculty of Science and Technology, Phetchaburi Rajabhat University

** Staff of the Synchrotron Light Research Institute (Public Organization), Thailand

Corresponding author, email: ascharyakul.pua@mail.pbru.ac.th, Tel. 087-1860243

Received : May 31, 2025; Revised : July 29, 2025; Accepted : August 6, 2025

ความสำคัญของปัญหาการวิจัย

จังหวัดเพชรบุรี เป็นหนึ่งในจังหวัดที่มีการเพาะปลูกกล้วยหอมทองกันอย่างแพร่หลาย จุดเด่นที่ทำให้กล้วยหอมทองของจังหวัดเพชรบุรีได้รับความนิยม อาจจะเนื่องมาจากทำเลพื้นที่ในการปลูกกล้วยหอมทองที่มีแร่ธาตุอุดมสมบูรณ์ อีกทั้งเป็นพื้นที่ใกล้ชายทะเลมีลมพัดผ่านถ่ายเทอากาศให้โปร่งตลอด โดยในปี 2556 กรมส่งเสริมสหกรณ์ได้มีนโยบายเร่งรัดในการขยายพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองในรูปแบบของกล้วยหอมทองปลอดสารพิษ เพื่อให้ผลผลิตมีความปลอดภัยไร้สารเคมีปนเปื้อน ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพในการส่งออก ตลอดจนเป็นการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกษตรกรในจังหวัดเพชรบุรีหันมาให้ความสำคัญกับการปลูกกล้วยหอมทองมากขึ้น (ธัญพัฒน์ สิทธิโชคธรรม และคณะ, 2559)

ปลีกล้วย หรือหัวปลี (Banana blossom) เป็นส่วนดอกรวมของกล้วยที่จะเจริญเติบโตต่อไปเป็นผลกล้วย มีลักษณะคล้ายดอกบัวตูม ดอกเพศเมียสามารถเจริญเป็นผลได้ โดยที่ไม่ต้องได้รับการผสมเกสร ทำให้เกิดเป็นกล้วยหัวเล็ก ๆ หรือที่เรียกกันว่า “กล้วยตีนเต่า” โดยทั่วไปส่วนของหัวปลีจะถูกตัดทิ้ง เพื่อป้องกันการแย่งอาหารของผลกล้วย หัวปลีสามารถนำมารับประทานได้ทั้งแบบดิบและแบบสุก การรับประทานในรูปแบบดิบจะไดรสชาติที่ฝาด เนื้อสัมผัสกรอบ ในขณะที่การรับประทานในรูปแบบสุกนั้นเมื่อปรุงสุกแล้วจะมีรสชาตินุ่มนวลและมีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม (จันทกานต์ นุชสุข, 2561; ปฏิญา จิยพงศ์ และคณะ, 2562) โดยหัวปลีประกอบไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเป็นจำนวนมาก อาทิ โปรตีน ธาตุเหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินซี และเบต้า-แคโรทีน (Beta-Carotene) รวมถึงสารพฤกษเคมีที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย อาทิ สารในกลุ่มที่มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระได้ เช่น โพลีฟีนอล (Polyphenols) ที่เป็นสารพฤกษเคมีกลุ่มใหญ่ที่พบได้ในพืช และสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) เป็นต้น ในสมัยโบราณนิยมให้ผู้หญิงที่คลอดบุตรใหม่ๆ รับประทาน เพราะเชื่อว่าหัวปลีเป็นอาหารที่สามารถกระตุ้นน้ำนมแม่ให้มีปริมาณที่เพียงพอต่อการเลี้ยงทารกได้ (ทิพา วรเนตรสุดาทิพย์, 2563) นอกจากนั้นปลีกล้วยยังมีสรรพคุณในการช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด และบำรุงเลือดได้อีกด้วย (Kavya et al., 2023) โดยปัจจุบันกล้วยหอมทองที่เพาะปลูกในจังหวัดเพชรบุรี ส่วนใหญ่มีการจัดจำหน่ายในรูปแบบของผลสด และมีบางส่วนถูกนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆ โดยในส่วนของปลีกล้วยนั้นพบว่า ยังมีการใช้ประโยชน์ที่น้อยมาก ส่วนใหญ่นิยมนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ นำไปทำเป็นปุ๋ยหมัก รวมถึงบางส่วนถูกปล่อยทิ้งตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณขยะให้กับชุมชน ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางเพิ่มการใช้ประโยชน์และมูลค่าให้กับปลีกล้วยหอมทอง ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และเพื่อให้สอดคล้องกับกระแสการรักสุขภาพของผู้บริโภคในปัจจุบัน ที่พบว่าอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มสำหรับสุขภาพมีการเติบโตและกำลังได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นในกลุ่มผู้บริโภคที่หลากหลาย (เกตุวดี สมบูรณ์ทวี และจักรี กลั่นชั้น, 2564)

ชา เป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมเป็นในการบริโภคมาเป็นเวลานาน นอกจากในเรื่องของรสชาติและกลิ่นที่มีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของชาแต่ละชนิดแล้ว ชายังมีคุณสมบัติการเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ เนื่องจากประกอบไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน ชาจึงมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดการอักเสบ และช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด เป็นต้น (Lin et al., 2003; Vuong et al., 2011) อย่างไรก็ตามในปัจจุบันพบว่าผลิตภัณฑ์ชาขงดื่มที่จำหน่ายในท้องตลาด ไม่ได้มีแค่เพียงชาที่ผลิตจากต้นชาเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังมีในส่วนองชาสมุนไพร ชาจากพืช

ซึ่งเป็นชาที่ผลิตจากส่วนต่างๆ ของพืช ซึ่งล้วนแต่มีเอกลักษณ์ด้านกลิ่น สี และรสชาติ ตลอดจนมีคุณสมบัติที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเฉพาะในด้านการต้านอนุมูลอิสระที่เป็นผลมาจากสารในกลุ่มโพลีฟีนอลที่พบในพืชชนิดต่างๆ ที่นำมาใช้ในการผลิตชา ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ตามในส่วนของการกรรมวิธีในการผลิตชา นั้น พบว่ามีขั้นตอนและกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ ประการ อาทิ ชนิดของพืชที่นำมาทำชา ประเภทของชา การใช้ความร้อน ออกซิเจน และแรงกลที่ใช้ในกระบวนการผลิต โดยขั้นตอนในการผลิตชาต่างๆ อาทิ การอบ การคั่ว การหมัก และการนวด อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย อาทิ ฤทธิ์ในการต่อต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ (ศศิธร ปุรินทราภิบาล และ สุพัตรา พูลพิชชนม์, 2563) ฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำตาลในเลือด เช่น เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (α -amylase) และแอลฟา-กลูโคซิเดส (α -glucosidase) (Tundis et al, 2010; Yang et al, 2020) รวมถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของวิตามินชนิดชนิดต่างๆ (Luo et al, 2024) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ากระบวนการผลิตชาที่ต่างกันส่งผลต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ต่างกัน อาทิ จากการศึกษาของ Ding et al. (2022) พบว่าการนำชาไปผ่านการทำลายเอนไซม์ก่อนนำไปนวด หมัก และอบแห้ง จะมีปริมาณสารฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) สูงกว่าชาที่ไม่ผ่านการทำลายเอนไซม์ (Ding et al., 2022) เช่นเดียวกับการศึกษาของ ศศิธร ปุรินทราภิบาล และสุพัตรา พูลพิชชนม์ (2563) ที่พบว่าชาจากเปลือกผักขาวที่ผ่านการนวด และหมักก่อนการอบแห้ง ส่งผลต่อปริมาณสารฟีนอลิก และความสามารถในการยับยั้งอนุมูล ABTS และมีค่าความสามารถในการจับกับโลหะ (FRAP) สูงกว่าชาที่ไม่ผ่านกระบวนการนวด และหมัก และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบชาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ช่วยคงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นอกจากนี้จากการศึกษาของ Yilmazer-Musa et al. (2012) และ Kwon et al. (2008) ยังพบว่าชาที่ผลิตด้วยกระบวนการที่ต่างกันส่งผลต่อฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส และแอลฟา-กลูโคซิเดส ได้แตกต่างกัน จากข้อมูลในข้างต้นผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิด ในการนำปลีกล้วยหอมทอง มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชาสำหรับขงดื่ม และเพื่อให้ทราบถึงกระบวนการผลิตชาที่เหมาะสมสำหรับชาปลีกล้วยหอมทอง ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษา รูปแบบของกระบวนการผลิตชาปลีกล้วยหอมทองที่ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ชา ที่ยังสามารถคงคุณประโยชน์ของชาจากปลีกล้วยหอมทอง ทั้งในด้านของปริมาณสารพฤกษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ตลอดจนความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส และแอลฟา-กลูโคซิเดส เพื่อให้เป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภคที่ชอบดื่มชาเพื่อสุขภาพ ตลอดจนเป็นการสร้างแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ สำหรับใช้ในการต่อยอดการสร้างรายได้ให้กับชุมชนที่ปลูกกล้วยหอมทองในจังหวัดเพชรบุรี รวมถึงเป็นการลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากปลีกล้วยที่เหลือจากกระบวนการเกษตรอีกทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของวิธีการผลิตชาปลีกล้วยหอมทองที่แตกต่างกัน ต่อองค์ประกอบทางเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส และแอลฟา-กลูโคซิเดส

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

ปลีกล้วยหอมทอง ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ นำมาจากสหกรณ์การเกษตร อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี ที่ได้รับรองการเพาะปลูกตามมาตรฐานสินค้าเกษตร การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร (GAP) จากกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยนำปลีกล้วยมาล้างทำความสะอาดและแช่ลงในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต (โซเดียมไบคาร์บอเนต 15 กรัม : น้ำ 2000 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดอีก 1 ครั้ง หั่นเป็นชิ้นเล็กความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปทำแห้งโดยใช้กระบวนการที่แตกต่างกัน 3 วิธี ประกอบด้วย

วิธีที่ 1 อบปลีกล้วยหอมทองในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง ดัดแปลงจาก รอมลี เจดอเลาะ และอิมรอน มีชัย (2565)

วิธีที่ 2 นวดปลีกล้วยหอมทองเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปคั่วด้วยไฟอ่อนประมาณ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และนำไปทำการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิของ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก มะลิ นาชัยสินธุ์ และคณะ (2558)

วิธีที่ 3 นวดปลีกล้วยหอมทองเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปทำการหมักที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง ดัดแปลงจาก ศิริธร บุรินทรภิบาล และสุพัตรา พูลพิชชนม์ (2563)

จากนั้นนำชาที่ได้จากทั้ง 3 วิธี มาทำการบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด (Hammer grinding) (POLYMIX Mills Lab, Switzerland) บรรจุใส่ถุงอลูมิเนียมลามิเนต พร้อมปิดผนึกแบบสุญญากาศและเก็บจนกว่าจะนำไปใช้ในการทดลอง

2. การเตรียมสารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมทอง

ทำการเตรียมสารสกัดจากปลีกล้วยหอมทอง โดยดัดแปลงจากวิธีของ Aboul-Enein et al., (2016) นำผงชาปลีกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีการที่แตกต่างกันมาชั่งน้ำหนัก 25 กรัม เติมนีโทานอล ที่ความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ทำการเขย่าโดยใช้เครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และนำส่วนของตะกอนที่ได้มาทำการสกัดซ้ำ 2 รอบ เก็บรวบรวมส่วนสารละลายที่ใส นำไปทำให้เข้มข้นโดยใช้เครื่องระเหยสุญญากาศ (Vacuum evaporator) ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นำไปทำให้แห้งโดยใช้วิธีการแช่เยือกแข็ง (Freeze dry) จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ทั้งนี้สารสกัดที่เตรียมขึ้นจะถูกนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ การยับยั้งแอลฟา-อะไมเลส และแอลฟา-กลูโคซิเดสในลำดับถัดไป

3. วิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดชาปลีกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่แตกต่างกัน ประกอบด้วย

3.1. วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolics)

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยวิธี Folin-Ciocalteu ดัดแปลงจากวิธีของ Loypimai et al. (2009) เตรียมตัวอย่างสารสกัดจากชาปลีกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้น 2-20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 250 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และสารละลาย

Na_2CO_3 เข้มข้น 0.75 โมลาร์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 250 ไมโครลิตร ลงในสารละลายที่เตรียมได้แล้วผสมให้เข้ากัน นำไปวางในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนปฏิกิริยาเกิดขึ้นสมบูรณ์ วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Biochrom, Libra S22 S/N 97765, UK) เปรียบเทียบผลที่ได้กับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกรดแกลลิกกับค่าดูดกลืนแสงของสารละลายสกัด เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในรูปของมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง (mg GAE/g extract)

3.2. วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total flavonoid)

ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดจากชาปลีก้วยหอมทอง วิเคราะห์โดยวิธี Aluminium Chloride Colorimetry (Juan & Chou, 2010) โดยใช้การวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer คำนวณหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในรูปของมิลลิกรัมสมมูลของเคอซีทินต่อไมโครกรัมของน้ำหนักแห้ง (μg QE/g extract)

4. วิเคราะห์ความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดชาปลีก้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่แตกต่างกัน ประกอบด้วย

4.1. วิธี DPPH Radical Scavenging Activity

วิเคราะห์กิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH• assay ของสารสกัดจากชาปลีก้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน โดยดัดแปลงจากวิธีของ Mao et al., (2006) จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของการยับยั้งสารอนุมูลอิสระดีฟิฟิเอซ (%DPPH• inhibition) แสดงดังสมการ IC_{50}

$$\% \text{ DPPH Inhibition} = \left(\frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \right) \times 100$$

เมื่อ A_{control} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ไม่มีตัวอย่างของสารละลายสกัดทำโดยใช้น้ำกลั่นปริมาตร 0.15 มิลลิลิตร แทนตัวอย่างของสารสกัด

A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสกัดเจือจางที่เตรียมไว้ผสมกับสารละลาย DPPH โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และใช้น้ำกลั่นเป็น Blank

รายงานผลการศึกษาเป็นค่า IC_{50} ซึ่งแสดงถึงปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดจากชาปลีก้วยหอมทอง ที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ (DPPH•) ลงได้ร้อยละ 50

4.2. วิธี Ferric-reducing antioxidant power (FRAP) assay

วิเคราะห์กิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP assay ของสารสกัดจากชาปลีก้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน โดยการเตรียมสารละลาย FRAP จากสารละลาย Acetate buffer (pH 3.6), TPTZ 10 มิลลิโมล ใน HCl เข้มข้น 40 มิลลิโมล และสารละลาย Ferric chloride ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) เข้มข้น 20 มิลลิโมล ในอัตราส่วน 10:1:1 (v/v) ตามลำดับ ในการทดสอบด้วยวิธีนี้ใช้สารสกัดจากชาปลีก้วยหอมทองปริมาตร 50 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย FRAP ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร บ่มในที่มืดเป็นเวลา 4 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

(Oonsivilai et al., 2007) โดยทำการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลาย Ferrous sulfate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ที่มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 100-1000 μM

5. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของชาปลีกกล้วยหอมทองด้วยเทคนิค FTIR

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของชาปลีกกล้วยหอมทองด้วยเทคนิค FTIR spectroscopy เพื่อหาข้อมูลเบื้องต้นในด้านองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างชาปลีกกล้วยหอมทอง โดยการวิเคราะห์ Functional groups ของสารที่พบในตัวอย่าง โดยใช้เครื่อง FTIR Microspectroscope (Bruker Tensor 27 Infrared Spectrometer ที่ต่อเข้ากับ Bruker Hyperion 3000 Infrared Microscope) ทำการวิเคราะห์โดยใช้การวัดด้วย 15X Transmissions Mode MCT Detector โดยวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 30 จุด จากนั้นทำการวิเคราะห์ผล โดยใช้โปรแกรม OPUS 7.5 (Bruker Optics Ltd, Ettlingen, Germany) และโปรแกรม The Unscramble X (PCA)

6. การทดสอบความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (α -amylase) และเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส (α -glucosidase) ของสารสกัดชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

6.1 การทดสอบความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ α -amylase

การศึกษานี้ทดสอบความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ของสารสกัดชาปลีกกล้วยหอมทอง โดยทำการส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ศูนย์นวัตกรรมสมุนไพรครบวงจร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์ที่ดัดแปลงมาจาก Kusano et al., (2011) โดยเตรียมสารละลายแป้ง 500 มิลลิกรัม ในสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.4 โมลาร์ นำไปให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เมื่อเย็นลงแล้ว ทำการปรับค่า pH ให้เป็น 7 ด้วยสารละลาย HCl ความเข้มข้น 2 โมลาร์ และเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร. สำหรับใช้ในการทดสอบการยับยั้ง

โดยในเบื้องต้นทำการทดสอบสารควบคุมเชิงบวก (Acarbose) เพื่อยืนยันความถูกต้องของกระบวนการ โดยทำการละลาย Acarbose ใน Acetate buffer (pH 6.5) จากนั้นผสมสารละลายแป้ง กับ Acarbose ใน Microcentrifuge tubes และบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ตามด้วยการเติมเอนไซม์ α -amylase และบ่มต่ออีก 15 นาที ปฏิกริยาถูกหยุดด้วยสารละลาย HCl 0.1 โมลาร์ และสารละลายไอโอดีน 1 มิลลิโมล จากนั้นวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 650 นาโนเมตร ในส่วนของร้อยละการยับยั้งสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง} = \left(1 - \frac{\text{Abs2} - \text{Abs1}}{\text{Abs3} - \text{Abs4}}\right) \times 100$$

โดย:

Abs 1 = ค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่าง + สารละลายแป้ง + เอนไซม์

Abs 2 = ค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่าง + สารละลายแป้ง

Abs 3 = ค่าดูดกลืนแสงของสารละลายแป้ง + เอนไซม์

Abs 4 = ค่าดูดกลืนแสงของสารละลายแป้ง

ในส่วนของการตัวอย่าง ทำการเตรียมในสารละลาย Acetate buffer (pH 6.5) ให้ได้ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร แล้วทดสอบตามขั้นตอนเดียวกับ Acarbose โดยเปลี่ยนเป็นสารตัวอย่างแต่ละความเข้มข้น ทดสอบซ้ำจำนวน 3 ครั้ง

6.2 การทดสอบความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส (α -glucosidase)

การศึกษานี้ทดสอบความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสของสารสกัดชาปลีกกล้วยหอมทอง โดยทำการส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ศูนย์นวัตกรรมสมุนไพรครบวงจร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์ที่ดัดแปลงมาจาก Phukhatmuen et al. (2020) ความถูกต้องของการทดสอบประเมินโดยใช้ Acarbose เป็นสารควบคุมเชิงบวก ทำการวิเคราะห์โดยผสมสารละลาย Acarbose ความเข้มข้นต่างๆ กับเอนไซม์ α -glucosidase จากนั้นนำไปบ่มที่ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที หลังจากนั้นเติมสารละลาย p-nitrophenyl- α -D-glucopyranoside (p-NPG) บ่มต่ออีก 20 นาที ที่อุณหภูมิเดียวกัน หยุดปฏิกิริยาด้วย Na_2CO_3 และวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 405 นาโนเมตร จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งตามสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง} = \left(\frac{(A-B)-(C-D)}{A-B} \right) \times 100$$

โดย:

- A = ค่าดูดกลืนแสงของตัวควบคุมเชิงลบ (DMSO (Dimethyl Sulfoxide) เข้มข้นร้อยละ 5 + บัฟเฟอร์ + เอนไซม์)
- B = ค่าดูดกลืนแสงของ DMSO เข้มข้นร้อยละ 5 ในบัฟเฟอร์
- C = ค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่มีเอนไซม์
- D = ค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ไม่มีเอนไซม์

หลังจากทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ของสารควบคุมเชิงบวกแล้ว ทำการทดสอบสารตัวอย่าง โดยเตรียมในสารละลาย DMSO เข้มข้นร้อยละ 5 ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ให้ได้ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร และทดสอบตามขั้นตอนเดียวกับสารควบคุมเชิงบวก โดยเปลี่ยนจาก Acarbose เป็นสารตัวอย่างแต่ละความเข้มข้น ทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

ผลวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีการที่แตกต่างกันทั้ง 3 วิธี ผลการศึกษาในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี

วิธีการผลิตชา	สารต้านอนุมูลอิสระ	
	ฟีนอลิก* (mg GAE/g extract)	ฟลาโวนอยด์* (µg QE/g extract)
วิธีที่ 1 (อบแห้งอย่างเดียว)	635.42 ± 12.44 ^b	108.44 ± 3.09 ^c
วิธีที่ 2 (นวด คั่ว และอบแห้ง)	702.41 ± 7.38 ^a	174.85 ± 2.77 ^a
วิธีที่ 3 (นวด หมัก และอบแห้ง)	385.12 ± 15.65 ^c	126.32 ± 1.98 ^b

หมายเหตุ : ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ

* ตัวอักษร (^{a b c}) ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

จากผลการศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีการที่แตกต่างกันทั้ง 3 วิธี พบว่าชาที่ได้ทั้ง 3 ตัวอย่างมีปริมาณฟีนอลิกที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่ 2 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าชาปลีกกล้วยหอมทองอีก 2 ตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คือ 702.41 mg GAE/g extract ในขณะที่ชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่ 1 พบว่ามีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดรองลงมา คือ 635.42 mg GAE/g extract และน้อยที่สุดคือชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่ 3 คือ 385.12 mg GAE/g extract ในส่วนของปริมาณฟลาโวนอยด์ในชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีต่างๆ พบว่าชาที่ผ่านการนวดและอบที่ 40 องศาเซลเซียส (วิธีที่ 2) มีฟลาโวนอยด์สูงสุด (174.85 µg QE/g extract) รองลงมาคือวิธีที่ 3 (126.32 µg QE/g extract) และต่ำสุดคือวิธีที่ 1 (108.44 µg QE/g extract)

2. การวิเคราะห์ความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

การศึกษานี้เปรียบเทียบความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี ด้วยวิธีการดักจับอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH radical scavenging assay) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของสารสกัดชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี ผลการศึกษาในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่ต่างกัน 3 วิธี

วิธีการผลิตชา	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ	
	DPPH assay*	FRAP assay*
	IC ₅₀ µg/mL	(µg Fe ²⁺ /g extract)
วิธีที่ 1 (อบแห้งอย่างเดียว)	94.34 ± 0.50 ^a	108.44 ± 3.09 ^c
วิธีที่ 2 (นวด คั่ว และอบแห้ง)	91.99 ± 1.29 ^a	174.85 ± 2.77 ^a
วิธีที่ 3 (นวด หมัก และอบแห้ง)	138.60 ± 4.06 ^b	126.32 ± 1.98 ^b

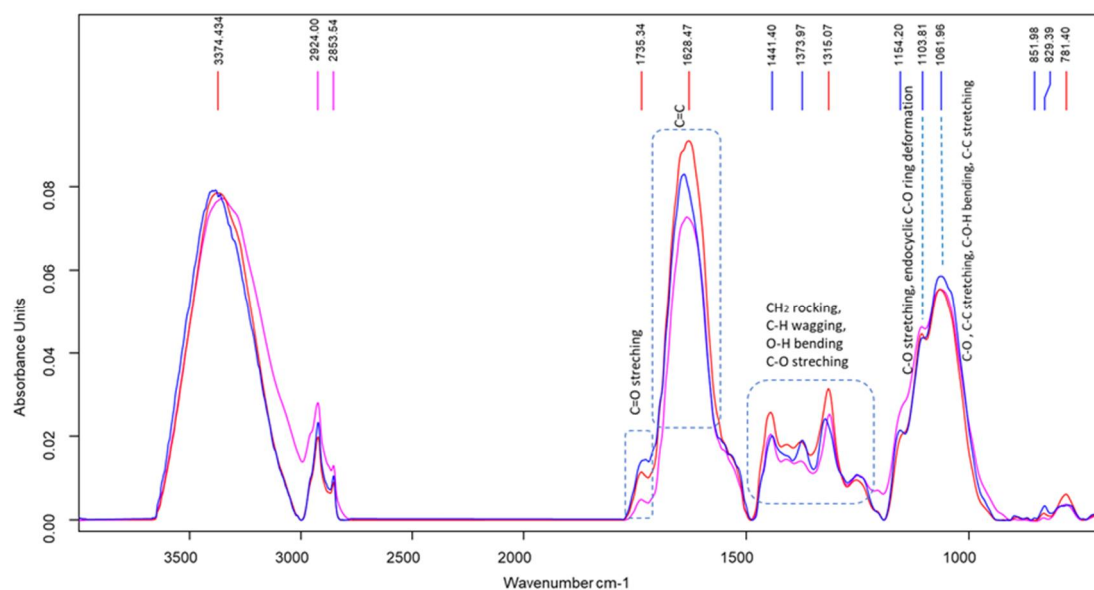
หมายเหตุ : ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ

* ตัวอักษร (^{a b c}) ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากชาปลีกกล้วยหอมทอง ด้วยวิธีการทดสอบความสามารถดักจับอนุมูลอิสระ DPPH• โดยรายงานผลเป็นค่า IC₅₀ ซึ่งแสดงถึงความเข้มข้นของสารที่สามารถลดอนุมูล DPPH• ลงได้ร้อยละ 50 จากการเปรียบเทียบสารสกัดจากชาที่ผลิตด้วยที่ต่างกัน 3 วิธี พบว่าชาที่ผลิตด้วยวิธีที่ 2 และวิธีที่ 1 มีค่า IC₅₀ ต่ำกว่าวิธีที่ 3 (91.99 และ 94.34 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ) ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่า แม้ค่า IC₅₀ ระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่ชาที่ผลิตด้วยวิธีที่ 3 มีค่า IC₅₀ สูงสุด (138.60 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าทั้งสองวิธีแรกอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในขณะที่การศึกษาด้วยวิธี FRAP assay พบว่าชาที่ผลิตด้วยวิธีต่างกันมีค่าความสามารถในการรีดิวซ์ Fe³⁺-TPTZ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยชาที่ผลิตด้วยวิธีที่ 2 (การนวดและคั่วก่อนอบที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง) มีค่าความสามารถในการรีดิวซ์สูงสุด (FRAP เท่ากับ 174.85 µg Fe²⁺/g extract)

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของชาปลีกกล้วยหอมทองด้วยเทคนิค FTIR

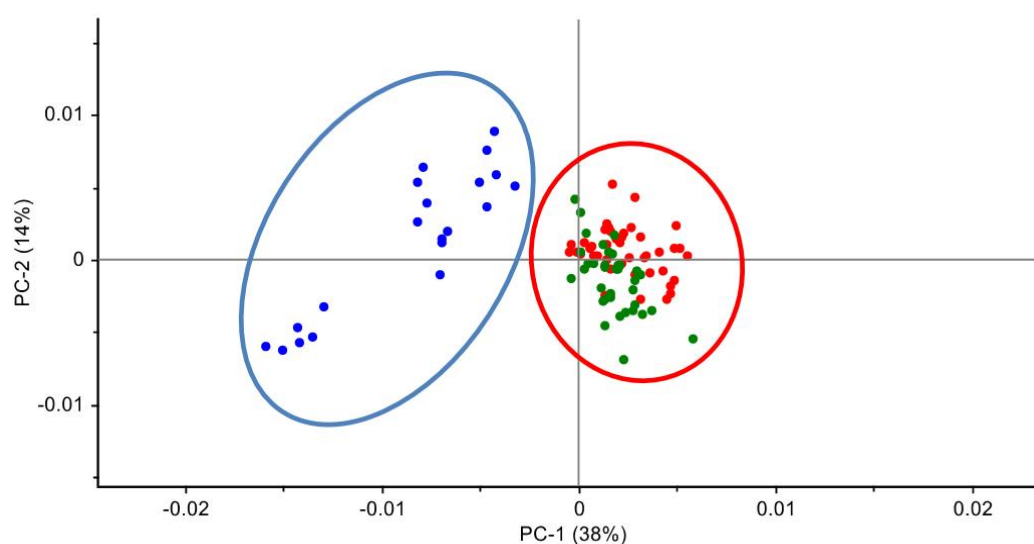
ในการศึกษาครั้งนี้ทำการเปรียบเทียบจากสเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์ เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบในตัวอย่างชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่ต่างกัน 3 วิธี จากการศึกษาพบว่าสเปกตรัมที่พบในภาพที่ 1 มีการแสดงกลุ่มหมู่ฟังก์ชัน O-H ที่ช่วงเลขคลื่น 3374 cm⁻¹, C=O stretching ที่ช่วงเลขคลื่น 1800 - 1700 cm⁻¹, C=C ที่ช่วงเลขคลื่น 1700 - 1600 cm⁻¹, CH₂ rocking, C-H wagging, O-H bending และ C-O stretching ที่ช่วงเลขคลื่น 1500 - 1200 cm⁻¹, C-O stretching, endocyclic C-O ring deformation ที่ช่วงเลขคลื่น 1100 cm⁻¹ และหมู่ฟังก์ชัน C-O, C-C stretching, C-O-H bending และ C-C stretching ที่ช่วงเลขคลื่น 1100 - 1000 cm⁻¹

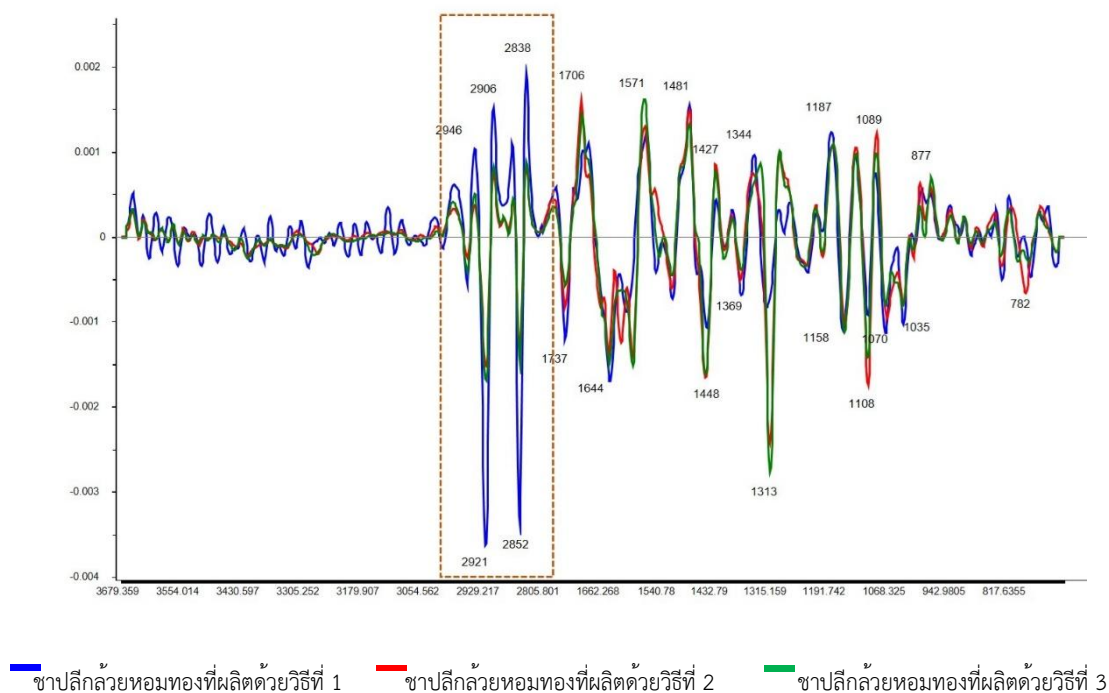


— ขาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่ 1 — ขาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่ 2 — ขาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่ 3

ภาพที่ 1 สเปกตรัม FT-IR เปรียบเทียบหมู่ฟังก์ชันของตัวอย่างขาปลีกกล้วยหอมทอง
ที่เตรียมด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบสเปกตรัมที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างขาปลีกกล้วยทั้ง 3 ตัวอย่าง ด้วยเทคนิค PCA (Principal Component Analysis) พบว่า ขาที่ผลิตด้วยวิธีที่ 1 แยกตำแหน่งที่ความแตกต่างที่ PC-1 38% จากขาที่ผลิตด้วยวิธีที่ 2 และ 3 ที่บริเวณตำแหน่ง 2900 – 2800 cm^{-1} ในภาพที่ 2





ภาพที่ 2 การแยกความแตกต่างด้วย PCA ของตัวอย่างชาปลีกกล้วยหอมทอง
ที่เตรียมด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี

4. การทดสอบความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (α -amylase) และ เอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส (α -glucosidase) ของชาปลีกกล้วยหอมทอง

การศึกษาเปรียบเทียบความสามารถของสารสกัดจากชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่
แตกต่างกัน 3 วิธี ต่อความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและแอลฟา-กลูโคซิเดส โดยใช้
Acarbose เป็นสารควบคุมเชิงบวกในการทดสอบ ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส และแอลฟา-กลูโคซิเดสของสารสกัดชาปลีก
กล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี

ตัวอย่าง	ร้อยละการยับยั้งเอนไซม์ แอลฟา-อะไมเลส* (ทดสอบที่ความเข้มข้น 10 mg/mL)	ร้อยละการยับยั้งเอนไซม์ แอลฟา-กลูโคซิเดส * (ทดสอบที่ความเข้มข้น 10 mg/mL)
วิธีที่ 1 (อบแห้งอย่างเดียว)	60.36 $\pm$ 0.60 ^d	99.47 $\pm$ 0.76 ^a
วิธีที่ 2 (นวด คั่ว และอบแห้ง)	83.52 $\pm$ 1.57 ^c	98.58 $\pm$ 0.70 ^a
วิธีที่ 3 (นวด หมัก และอบแห้ง)	87.52 $\pm$ 1.29 ^b	97.18 $\pm$ 1.08 ^b
Acarbose	93.12 $\pm$ 0.29 ^a	99.91 $\pm$ 0.12 ^a

หมายเหตุ : ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ

* ตัวอักษร (a^b c) ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ
ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p < 0.05)

จากผลการศึกษาในตารางที่ 3 พบว่าสารสกัดชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี มีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส แต่ยังมีน้อยกว่าสารควบคุมเชิงบวก Acarbose อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยชาที่ผลิตด้วยวิธีที่ 3 ซึ่งนำผ่านกระบวนการหมักก่อนการทำแห้ง แสดงความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ที่สูงกว่าวิธีที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในส่วนของการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส พบว่าสารสกัดจากวิธีที่ 2 และวิธีที่ 1 มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับสารควบคุมเชิงบวก Acarbose ที่ไม่แตกต่างกันนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขณะที่วิธีที่ 3 มีความสามารถในการยับยั้งที่ต่ำกว่าทั้งสองวิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเอนไซม์ทั้งสองชนิดในความเข้มข้นเดียวกัน โดยใช้ Acarbose เป็นสารควบคุม พบว่าสารสกัดจากชาปลีกกล้วยหอมทองทั้ง 3 วิธีมีแนวโน้มในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสมากกว่าแอลฟา-อะไมเลส

การอภิปรายผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีต่างกัน มีปริมาณที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยชาที่ผลิตด้วยวิธีที่ 2 (นวดเป็นเวลา 10 นาที คั่วที่ 50 องศาเซลเซียส 5 นาที และอบแห้งที่ 40 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง) มีปริมาณฟีนอลิกที่สูงกว่าชาที่ผลิตด้วยวิธีอื่น ($p < 0.05$) ทั้งนี้ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Carloni et al. (2013) ที่พบว่าในการบดย่อยใบชา ร่วมกับการนวด ในกระบวนการผลิตชาดำ ส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในชา มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้จากการศึกษาของ Fabio et al. (2023) ยังพบว่าในกระบวนการผลิตชาจากใบกาแฟ ด้วยวิธีที่มีการทำลายเอนไซม์ก่อนกระบวนการทำแห้ง ส่งผลให้ชาที่ได้มีปริมาณฟีนอลิกที่สูงกว่าชาที่ผลิตด้วยวิธีการที่ไม่ผ่านการทำลายเอนไซม์ ทั้งนี้ในกระบวนการผลิตด้วยวิธีที่ 2 มีกระบวนการคั่ว เพื่อทำลายเอนไซม์ก่อนนำไปแห้ง ซึ่งอาจส่งผลต่อการลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันประเภทออกซิเดชันของสารฟีนอลิกในชาปลีกกล้วยหอมทอง ในขณะที่ชาที่ผลิตด้วยวิธีที่ 3 (นวดเป็นเวลา 10 นาที หมัก 1 ชั่วโมง และอบที่ 50 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง) พบว่ามีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจจะเป็นผลมาจากวิธีที่ 3 มีการใช้กระบวนการหมักในการผลิตชา ซึ่งกระบวนการหมักเป็นกระบวนการที่กระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันผ่านการทำงานของเอนไซม์ อาทิ โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol Oxidase; PPO) และเปอร์ออกซิเดส (Peroxidase; POD) ส่งผลการลดลงของสารฟีนอลิก ซึ่งทำหน้าที่เป็นซับสเตรต (Substrate) ทำให้เกิดเป็นสารออกซิควิโนน (O-quinone) และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (วารุณี จอมกิตติชัย และคณะ, 2561) ซึ่งสอดคล้องกับ Zakaria et al. (2023) ที่พบว่ากระบวนการหมักชาอินคาทำให้ปริมาณฟีนอลิกลดลง เช่นเดียวกับ Kaur et al. (2015) ที่พบว่าชาเขียว ซึ่งเป็นชาที่ไม่ผ่านกระบวนการหมักมีปริมาณสารฟีนอลิกสูงกว่าชาดำ ที่ผ่านการหมัก

อย่างไรก็ตามในส่วนการศึกษาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารในกลุ่มของสารประกอบฟีนอล ที่พบมากในธรรมชาติ พบว่าในชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่ 2 มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ สูงกว่าชาที่ผลิตด้วยวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ชาที่ผลิตด้วยวิธีที่ 3 และ วิธีที่ 1 นั้นพบว่ามี

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ลดลงตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ที่เกิดจากการใช้กระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน โดยจากการศึกษากระบวนการผลิตของธัญลักษณ์ บัวผัน และคณะ (2565) และธีรพงษ์ เทพกรณ์ (2555) พบว่าในขั้นตอนการผลิตหากมีการผสมผสานขั้นตอนการบดย่อย การนวด และการหมักใบชา นอกจากจะส่งผลทำให้เซลล์ใบชาแตกแล้วยังกระตุ้นให้เกิดกระบวนการออกซิเดชันผ่านเอนไซม์ในใบชา เกิดการเปลี่ยนสารคาเทชิน (Catechins) ซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีความโดดเด่นในชา ให้เปลี่ยนเป็นสารธีอะฟลาวิน (Theaflavin) และ ทีอะรูบิจิน (Thearubigins) ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณฟลาโวนอยด์ในชา รวมถึงส่งผลต่อสี กลิ่น และรสชาติของชา อย่างไรก็ตามแม้ว่าสารสกัดชาที่ผลิตด้วยวิธีที่ 3 เป็นวิธีที่มีการใช้ทั้งวิธีการนวดและหมักในกระบวนการผลิต แต่กลับมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่น้อยกว่าสารสกัดจากชาที่ผลิตด้วยวิธีที่ 2 ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งชา ซึ่งชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่ 3 มีการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงกว่าวิธีที่ 2 โดยในกระบวนการผลิตหากมีการใช้วิธีนวดและหมักในระยะเวลาที่เหมาะสม จะส่งผลให้ชาสามารถปลดปล่อยสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก ซึ่งรวมถึงสารฟลาโวนอยด์ ออกมาได้ง่าย แต่ในขณะเดียวกันหากมีการใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่สูงเกินไปก็อาจส่งผลต่อการสลายตัวของสารดังกล่าวได้เช่นเดียวกันเนื่องจากสารเหล่านี้ เป็นสารที่มีความไว ต่ออุณหภูมิและแสง ซึ่งอุณหภูมิจัดเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการสลายตัวของสารดังกล่าวในชา (ศิริธร ปุรินทราภิบาล และสุพัตรา พูลพิชชนม์, 2563) อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารฟลาโวนอยด์นั้น อาจขึ้นอยู่กับขั้นตอนในกระบวนการผลิตชา อาทิ การผิงชา การนวด การหมัก การอบแห้ง ซึ่งล้วนแต่สามารถให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารได้โดยเฉพาะสารคาเทชิน โดยปัจจัยในกระบวนการผลิตที่สามารถส่งผลให้สารชนิดนี้ลดลงได้ อาทิ ระดับออกซิเจน ค่าพีเอช อุณหภูมิ และปริมาณความชื้นระหว่างการผลิตหรือแปรรูป (Ananingsih et al. 2013)

2. การวิเคราะห์ความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH• เป็นวิธีการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งอนุมูล DPPH• (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate) ซึ่งเป็นอนุมูลไนโตรเจนที่เสถียรในตัวทำละลายอินทรีย์ และให้สารละลายสีม่วง เมื่อทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระ สีของสารละลายจะจางลงเนื่องจากอนุมูล DPPH• ถูกเปลี่ยนเป็นสถานะที่เสถียร (ปฏิกิริยา ลอยพิมาย, 2555) โดยจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ มีผลต่อค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ โดยชาปลีกกล้วยที่ผ่านการนวดและคั่วก่อนอบที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีความสามารถในการต่อต้านอนุมูล DPPH• สูงสุด สอดคล้องกับ Rabeta and Lai. (2013) ที่พบว่าชาที่ผ่านการนวดและไม่ผ่านการหมักก่อนทำแห้ง มีฤทธิ์ต้านอนุมูล DPPH• สูงกว่าชาที่ผ่านการหมักก่อนทำแห้ง ชาที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และการอบสุญญากาศ และการศึกษาของ Roshanak et al. (2016) พบว่าการทำแห้งใบชาด้วยวิธีการอบที่ 60 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อน ให้ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูล DPPH• สูงกว่าการอบที่ 80 และ 100 องศาเซลเซียส การทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์ การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ และการแช่เยือกแข็ง ทั้งนี้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ต่ำ ช่วยลดการสูญเสียสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เนื่องจากความร้อนในระดับเหมาะสมสามารถทำลายผนังเซลล์พืช ส่งผลให้สารออกฤทธิ์ถูกปลดปล่อยออกมาและยังคงความเสถียร ในขณะที่ กุลวดี แก้วก่า และคณะ (2564) พบว่าการทำแห้งชากลีบบัวที่ 50 องศาเซลเซียส

ให้ปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูล DPPH• สูงกว่าการใช้อนุมูลที่มี 60 และ 70 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับ Roslan et al. (2020) ที่พบว่าใบชาที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิต่ำและใช้เวลานาน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีกว่าการอบที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน อย่างไรก็ตามความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระที่สูงของสารสกัดชาปลีกกล้วยหอมทองมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่สูง (ฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์) สอดคล้องกับ Fu et al. (2011) ที่พบว่าปริมาณฟีนอลิกมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วย FRAP assay เป็นวิธีที่นิยมใช้วัดศักยภาพของสารต้านอนุมูลอิสระในการรีดิวซ์ Fe^{3+} -TPTZ (Ferric tripyridyl triazine) ไปเป็น Fe^{2+} -TPTZ (Ferrous tripyridyl triazine) ซึ่งจากการศึกษานี้ พบว่าชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผ่านการนวดและคั่วก่อนอบที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (วิธีที่ 2) มีความสามารถในการรีดิวซ์ Fe^{3+} -TPTZ สูงที่สุด ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Rabeta and Lai. (2013) ที่พบว่าชาที่ผ่านการนวดและไม่ผ่านการหมักมีค่า FRAP สูงกว่าชาที่ผ่านการหมักก่อนทำแห้ง นอกจากนี้ยังพบว่าชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่ 2 คงปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในระดับสูง ซึ่งอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อค่าการรีดิวซ์สารประกอบเหล็กที่สูงขึ้น ทั้งนี้จากการศึกษาของ Lasano et al. (2018) พบว่าปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในชาจากใบต้นสะเก็ดเงินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารเหล่านี้ขึ้นอยู่กับปริมาณ โมเลกุล และกลไกการทำงานของอนุพันธ์แต่ละชนิดด้วย (จินตนา สังโสภา และคณะ, 2567)

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของชาปลีกกล้วยหอมทองด้วยเทคนิค FTIR

จากการตรวจสอบโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของชาปลีกกล้วยหอมทอง ที่ผลิตด้วยวิธีที่แตกต่างกัน โดยใช้เทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ซึ่งเป็นเทคนิคที่อาศัยหลักการเมื่อโมเลกุลของสารได้รับพลังงานจากรังสีอินฟราเรดในปริมาณที่เหมาะสม จะส่งผลให้โมเลกุลในสารเกิดการสั่นสะเทือนออกมาในรูปแบบที่แตกต่างกัน อาทิ การ Stretching หรือ การ Bending (Griffiths & Haseth., 2007) ทั้งนี้การวัดค่าความดูดกลืนรังสีอินฟราเรดในช่วงความยาวคลื่น $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ ทำให้สามารถระบุชนิดของพันธะทางเคมี เช่น C-H, O-H, C=O หรือ N-H และองค์ประกอบของสารได้ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์จะแสดงออกมาในรูปแบบของสเปกตรัมที่มีการแสดงการกระจายตัวของพลังงานในแต่ละช่วงคลื่น ซึ่งสามารถใช้ในการระบุชนิดของสารและตรวจสอบคุณสมบัติของตัวอย่าง (Smith., 2011) ซึ่งในการศึกษานี้ทำการเปรียบเทียบจากสเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์ เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบในตัวอย่างชาปลีกกล้วยที่ผลิตด้วยวิธีที่ต่างกัน 3 วิธีจากการศึกษาพบว่าสเปกตรัมที่พบในภาพที่ 1 มีการแสดงกลุ่มหมู่ฟังก์ชัน O-H ที่ช่วงเลขคลื่น 3374 cm^{-1} ที่แสดงการมีอยู่ของสารในกลุ่ม ฟีนอลิก ที่มีสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระตลอดจนฤทธิ์ในทางเภสัชวิทยา สอดคล้องกับการพบสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากชาปลีกกล้วยหอมทอง และสอดคล้องกับการศึกษาของ Yang et al. (2020) ที่พบการมีอยู่ของกลุ่มฟีนอลิกผ่านการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดในช่วง $3200\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$ โดยมีความสัมพันธ์กับสั่นสะเทือนของหมู่ O-H ทั้งนี้จากรายงานการศึกษาของ Yang et al., (2020) พบว่าคุณสมบัติของโครงสร้างอะโรมาติก สัมพันธ์กับการสั่นสะเทือนของพันธะ C=C ซึ่งพบการดูดกลืนรังสีในช่วงคลื่นที่ $1600\text{--}1800\text{ cm}^{-1}$ และคุณสมบัติของ

กลุ่มฟีนอลหรืออีเทอร์ กับการสั่นสะเทือนของพันธะ C-O ในช่วงคลื่นที่ $1000-1300\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งคุณสมบัติของกลุ่มหมู่ฟังก์ชันที่พบสอดคล้องกับโครงสร้างของกลุ่มสารแทนนินและฟลาโวนอยด์ ที่มีสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงสอดคล้องกับความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระของชาปลีกกล้วยหอมทองที่ได้มีการศึกษาไว้ในข้างต้น ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่าวิธีการที่ใช้ในการผลิตชาที่แตกต่างกัน อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของชาปลีกกล้วย โดยเมื่อพิจารณาจากสเปกตรัม FT-IR ของชาปลีกกล้วยที่ผลิตจากทั้ง 3 วิธี จะพบว่ามีปรากฏหมู่ฟังก์ชันที่คล้ายกัน แต่จะมีปริมาณค่าการดูดกลืนแสงต่างกันเล็กน้อย ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟีนอล อาจเป็นผลที่สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างชนิดหรือปริมาณของสารอินทรีย์บางตัว ที่เป็นผลมาจากกระบวนการผลิต และอาจมีความเกี่ยวข้องกับสารต้านอนุมูลอิสระ ที่เป็นองค์ประกอบในชาปลีกกล้วย ตัวอย่างเช่น วิธีการผลิตที่ใช้การนวดและหมักชาก่อนการทำแห้ง จะกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) (Zakaria et al., 2023) จากเอนไซม์ในปลีกกล้วยทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ที่อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารฟีนอล ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยาดังกล่าว และอาจส่งผลต่อสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น $3200-3550\text{ cm}^{-1}$ ที่แสดงถึงหมู่ฟังก์ชัน O-H ซึ่งมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างของสารประกอบฟีนอล (Wongsa et al., 2022) ในขณะเดียวกันการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ อาจส่งผลต่อสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น $1700-1600\text{ cm}^{-1}$ ที่แสดงถึงหมู่ฟังก์ชัน C=C ซึ่งอาจมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างของสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ได้ (Thummajitsakul & Silprasit, 2022) เป็นต้น

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสเปกตรัมที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างชาปลีกกล้วยที่ใช้ในการศึกษา ด้วย PCA พบว่า ชาปลีกกล้วยที่ผลิตด้วยวิธีที่ 1 แยกตำแหน่งที่ความแตกต่างที่ PC 1 ได้ 38% จากชาที่ผลิตด้วยวิธีที่ 2 และ 3 ที่บริเวณตำแหน่ง $2900-2800\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งตำแหน่งดังกล่าวแสดงการมีอยู่ของหมู่ฟังก์ชัน C-H stretching ที่มีความสัมพันธ์กับโครงสร้างของสารในกลุ่ม Aliphatic ตัวอย่างเช่น CH₂ และ CH₃ ซึ่งมักพบในโครงสร้างพื้นฐานของสารอินทรีย์ ที่อาจเกี่ยวข้องกับสารต้านอนุมูลอิสระบางชนิด (Sumantri et al., 2020; Rajhard et al., 2021) ซึ่งจากผลการศึกษารังนี้แสดงให้เห็นว่าวิธีการผลิตชาที่แตกต่างกันอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของชาปลีกกล้วยหอมทองด้วยเช่นกัน

4. ความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (α -amylase) และเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส (α -glucosidase) ของชาปลีกกล้วยหอมทอง

สารสกัดจากชาปลีกกล้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีต่างๆ แสดงความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส และแอลฟา-กลูโคซิเดส ซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่มไฮโดรเลสที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการย่อยคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเล็ก (Butterworth et al., 2011) ทั้งนี้เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสทำงานโดยการตัดพันธะของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินแบบสุ่ม (Random cleavage) (Bernfeld., 1955; Butterworth et al., 2011) และพบได้ในมนุษย์ สัตว์ พืช และจุลินทรีย์ โดยในมนุษย์ถูกผลิตจากต่อมน้ำลายและตับอ่อน (Ramasubbu et al., 2003) ในขณะที่แอลฟา-กลูโคซิเดสพบในลำไส้เล็กส่วน Brush border ทำหน้าที่ย่อยแป้งต่อจากแอลฟา-อะไมเลส ก่อนที่ร่างกายจะดูดซึมพลังงาน (Matsui et al., 2001) การยับยั้งเอนไซม์ทั้งสองชนิดนี้มีบทบาทสำคัญในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 โดยช่วยลดอัตราการเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นน้ำตาลเดี่ยว ทำให้การดูดซึม

กลูโคสเข้าสู่กระแสเลือดช้าลง (Tundis et al., 2010) ซึ่งปัจจุบันมีการใช้ยา เช่น Acarbose, Voglibose และ Miglitol ในการยับยั้งเอนไซม์ดังกล่าว (กานต์ศศิณ ศีयर่อน, 2559) อย่างไรก็ตาม ยาเหล่านี้อาจก่อให้เกิดผลข้างเคียง เช่น ท้องอืดและแก๊สในลำไส้จากการทำงานของแบคทีเรีย (Bischoff, 1994) ทำให้มีการศึกษาสารสกัดจากพืชเป็นทางเลือก เนื่องจากมีประสิทธิภาพดีและให้ผลข้างเคียงต่ำกว่า (Kwon et al., 2008)

ผลการศึกษาศาสกัตชาปปลีก้วยหอมทองโดยใช้ Acarbose เป็นสารควบคุมเชิงบวกในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดชาปปลีก้วยหอมทองที่ผลิตด้วย 3 วิธี พบว่าสารสกัดจากทุกวิธีสามารถยับยั้งเอนไซม์ แอลฟา-อะไมเลส ได้ แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่า Acarbose อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สารสกัดที่ผ่าน กระบวนการหมักก่อนทำแห้ง (วิธีที่ 3) มีประสิทธิภาพสูงสุดในการยับยั้งแอลฟา-อะไมเลส เมื่อเทียบกับวิธีอื่น ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ Chiang et al. (2020) ที่ระบุว่าการหมักช่วยเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์สูงขึ้น ในขณะที่การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส พบว่าสารสกัดจากชาปปลีก้วยหอมทองมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับ Acarbose โดยเฉพาะ วิธีที่ 1 และ 2 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลการศึกษาศาสกัตชาปปลีก้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่ 2 ชนิดนี้ของสารสกัดชาปปลีก้วยหอมทองที่ผลิตด้วยวิธีที่แตกต่างกันทั้ง 3 วิธี การวิเคราะห์โดยใช้ความเข้มข้นสารสกัดในปริมาณที่เท่ากัน และเปรียบเทียบกับสารควบคุมเชิงบวกชนิดเดียวกัน พบว่าสารสกัดจากปลีก้วยหอมทองที่ผลิตจากทั้ง 3 วิธี มีแนวโน้มในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ใกล้เคียงกับสารควบคุมเชิงบวก (Acarbose) มากกว่าการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ทั้งนี้อาจเป็นผลจากอิทธิพลของปัจจัยหลายๆ ประการ อาทิ แหล่งที่มาของวัตถุดิบ วิธีการสกัด และตัวทำละลาย (พรชนก ชโลปกรณ์ และพงศธร กล่อมสกุล, 2560; พรอริยา จิรินัง และคณะ, 2565) โดยจากการศึกษาของ ธนากรณ์ คำสุด และคณะ, (2564) แสดงให้เห็นว่าการใช้ชนิดของตัวทำละลายในการสกัดสมุนไพร มีผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส และแอลฟา-กลูโคซิเดส โดยการใช้เมทานอลร้อยละ 70 จะสามารถสกัดสารที่มีความเป็นขี้ผึ้ง อาทิ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ รวมถึงสารที่มีโครงสร้างที่มีองค์ประกอบของน้ำตาล (Glycoside) ได้ดีกว่าการใช้ไดคลอโรมีเทนร้อยละ 70 ซึ่งสารในกลุ่มฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ รวมถึงแทนนิน นั้นพบว่ามีประสิทธิภาพยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้ดี (Tundis et al., 2010)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า วิธีการที่ใช้ในการเตรียมชาปปลีก้วยหอมทองที่ต่างกัน มีผลต่อปริมาณสารพฤกษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส และเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสของชาที่ต่างกัน โดยชาเปลือกกล้วยหอมทองที่เตรียมด้วยวิธีที่ 2 คือ การนำปลีก้วยหอมทองไปนวดเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปคั่วด้วยไฟอ่อนประมาณ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที และอบแห้งที่อุณหภูมิของ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าเป็นวิธีการที่สามารถคงคุณประโยชน์ของชาปปลีก้วยหอมทองได้มากกว่าอีก 2 วิธี ที่ได้ทำการศึกษา

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้

กระบวนการผลิตชาปลีกกล้วยหอมทองที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาปลีกกล้วยหอมทองที่สรรพคุณที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เพื่อยืดอายุการผลิตรายจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับกระบวนการเตรียมสารสกัดจากปลีกกล้วยหอมทอง โดยการเปลี่ยนตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพตัวทำละลายที่มีต่อปริมาณและคุณภาพของสารสกัด

เอกสารอ้างอิง

- กานต์ศศิณ เคียรุณ. (2559). การศึกษาฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือดของสารสกัดชั้นน้ำของใบตาลสุกในหนูขาวที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นโรคเบาหวานด้วยสเตโรบโดโซโตซิน [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- กุลวดี แก้วก่า, สุพัชชา ขันกล่อมส่ง, และสุพริยา อาษา. (2564). ผลของสภาวะการทำแห้งและระยะเวลาแช่ชาต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของชากลีบบัว. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 16(1), 78–88.
- เกตุวดี สมบูรณ์ทวี และจักรี กลิ่นชั้น. (2564). การตัดสินใจซื้อเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ประเภทเวย์โปรตีนของกลุ่มเจนเอเรชันวาย โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีพฤติกรรมตามแบบแผน. *วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน*, 27(4), 103-119. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/CUTJ/article/view/247512>
- จันทกานต์ นุชสุข. (2561). ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากปลีกกล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า และกล้วยหอม. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 10(12), 1–10.
- จินตนา สังโสภา, ทอรั้ง ประนิล, สุภาพร พุ่มริ้ว, และอนุชิตา มุ่งงาม. (2567). สารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชป่ารับประทานดอก. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 29(3), 1189–1216.
- ธัญลักษณ์ บัวผัน, ทนงค์ศักดิ์ สัสดีแพง, และกาญจนา ดวงฟูคำ. (2565). การเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชาดำอัสสัมผลิตด้วยวิธีแบบออร์โธดอกซ์กับวิธีดัดแปลงแบบ CTC. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 17(2), 55-68.
- ธนากรณ คำสุด, สุภาพร ทองวิจิตร, และวารุณี จิตรคำนึ่ง. (2564). ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสแอลฟา-กลูโคซิเดสของสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานที่รักษาอาการท้องอืด และการออกฤทธิ์ร่วมกับอะคาร์โบส. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 26(2), 1016–1028.

- อณัฏฐพัฒน์ สิทธิโชคธรรม, นงนุช อังยุรีกุล, และวิศิษฐ์ ลิ้มสมบุญชัย. (2559). *ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตกล้วยหอมทองปลอดสารพิษ: กรณีศึกษาสมาชิกสหกรณ์การเกษตรทำยาง จำกัด จังหวัดเพชรบุรี*. [Paper presentation] การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 13, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- ธีรพงษ์ เทพภรณ์. (2555). ชา: กระบวนการผลิต และองค์ประกอบทางเคมีจากการหมัก. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 17(2), 189–196.
- ทิพา วรเนตรสุดาทิพย์. (2563). หัวปลีสมุนไพรมากประโยชน์. *วารสารอาหาร*, 50(2), 42–45.
- ปฎิญา จิยพงศ์, จันทน์ฉาย ยศศักดิ์ศรี, เจนจิรา จันทน์มี, วรินทร์ทิพย์ สิทธิชัย, และสุพัตรา คชสิทธิ์. (2562). เทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มน้ำหัวปลีผสมสมุนไพรพร้อมดื่ม ตอบโจทย์กระตุ้นน้ำนมแม่. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ*, 68(211), 16–18.
- ปฎิวิทย์ ลอยพิมาย. (2555). การประเมินความสามารถต้านออกซิเดชันรวมในหลอดทดลอง. *วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 31(2), 164–170.
- พรชนก ขิลปกรณ์ และพงศธร กล่อมสกุล. (2560). ฤทธิ์ในการยับยั้งแอลฟาอะไมเลสและแอลฟาไกลูโคซิเดสของสารสกัดจาก มะละกอบำรุง และปลาไหลเผือก. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 12(1), 63–73.
- พรอริยา ฉิรินัง, อิศรา วัฒนนภาเกษม, เจริญ ประรณารักษ์, จุติพร อินทะนิน, และศิริวรรณ ณะวงษ์. (2565). องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ยับยั้งแอลฟาอะไมเลสและแอลฟาไกลูโคซิเดสของสารสกัดจากมะละกอบำรุง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 42(3), 127–136.
- มะลิ นาชัยสินธ, สมภพ พิศดู, ศราวุธ เหลี่ยมสิงขร, และกนกอร คาผุย. (2558). ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของใบชาโมโรเฮยะที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยอากาศร้อน. *วารสารวิจัยเพื่อพัฒนาสังคมและชุมชน มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 3(1), 59–66.
- รอมลี เจดอเลาะ และอิมรอน มีชัย. (2565). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาปลีกล้วยหินปราศจากน้ำตาลเพื่อสุขภาพ* (รายงานผลการวิจัย). มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- วราภรณ์ จอมกิตติชัย, ญาสุมินทร์ ไชยจันทร์, ณัฐวุฒิ เพ็ชรพินิจ, พัชรา พุดแพง, และวีรศักดิ์ จอมกิตติชัย. (2561). ผลของน้ำมะขามในการลดการเกิดสีน้ำตาลของหัวปลีสดหั่นชิ้นระหว่างการเก็บรักษา. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 49(4), 91–94.
- ศศิธร ปุรินทรภิบาล และสุพัตรา พูลพิชชนม์. (2563). ผลของกระบวนการผลิตชาต่อคุณภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของชาเปลือกผักขาว. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ*, 8(1), 28–38.
- Aboul-Enein, A. M., Salama, Z. A., Gaafar, A. A., Aly, H. F., Abou-Elella, F., & Ahmed, H. (2016). Identification of phenolic compounds from banana peel (*Musa paradaisica* L.) as antioxidant and antimicrobial agents. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 8(4), 46-55.

- Ananingsih, V., Sharma, A., & Zhou, W. (2013). Green tea catechins during food processing and storage: A review on stability and detection. *Food Research International*, 50, 469–479.
- Bernfeld, P. (1955). Amylases, alpha and beta. *Methods in Enzymology*, 1, 149–158.
- Bischoff, H. (1994). Pharmacology of alpha-glucosidase inhibition. *European Journal of Clinical Investigation*, 24(3), 3–10.
- Butterworth, P. J., Warren, F. J., & Ellis, P. R. (2011). Human α -amylase and starch digestion: An interesting marriage. *Starch - Stärke*, 63(7), 395–405.
- Carloni, P., Tiano, L., Padella, L., Bacchetti, T., Customu, C., Kay, A. & Damiani, E. (2013). Antioxidant activity of white green and black tea obtained from the same tea cultivar. *Food Research International*, 53, 900–908.
- Chiang, S.-H., Tsou, M.-F., Chang, C.-Y., & Chen, C.-W. (2020). Physicochemical characteristics, sensory quality, and antioxidant properties of Paochung tea infusion brewed in cold water. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1611-1623.
- Ding, J., Mei, S., Gao, L., Wang, Q., Ma, H., & Chen, X. (2022). Tea processing steps affect chemical compositions, enzyme activities, and antioxidant and anti-inflammatory activities of coffee leaves. *Food Frontiers*, 3(3), 505-516.
- Fabio, E., Nicolino, P., Mauro, C., Samuel, T.B., Paolo S.D., Alberto M., Sandro S., Jean C.C., Mario, S. & Vanna S. (2023). α -Glucosidase inhibition by green, white and oolong teas: in vitro activity and computational studies. *Food Research International*, 38(1), 1-10.
- Fu, H., Xie, B., Ma, S., Zhu, X., Fan, G., & Pan, S. (2011). Evaluation of antioxidant activities of principal carotenoids available in water spinach (*Ipomoea aquatica*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(2), 288-297.
- Griffiths, P. R., & Haseth, J. A. (2007). *Fourier transform infrared spectrometry* (2nd ed.). John Wiley and Sons.
- Juan, M.-Y., & Chou, C.-C. (2010). Enhancement of antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content of black soybeans by solid state fermentation with *Bacillus subtilis* BCRC 14715. *Food Microbiology*, 27(5), 586-591.
- Kaur, A., Kaur, M., Kaur, P., Kaur, H., Kaur, S., & Kaur, K. (2015). Estimation and comparison of total phenolic and total antioxidants in green tea and black tea. *Global Journal of Bio-Science and Biotechnology*, 4(1), 116-120.

- Kavya, M., Manasa, R., Deepika, M., Mahesh, S., & Shekhara, N. (2023). A review on banana flower: Nutritional composition, processed products and health benefits. *IP Journal of Nutrition, Metabolism and Health Science*, 6(3), 110-115
- Kwon, Y. I., Apostolidis, E., & Shetty, K. (2008). Inhibitory potential of wine and tea against α -amylase and α -glucosidase for management of hyperglycemia linked to type 2 diabetes. *Journal of Food Biochemistry*, 32(1), 15-31.
- Kusano, R., Ogawa, S., Matsuo, Y., Tanaka, T., Yazaki, Y., & Kouno, I. (2011). d-Amylase and lipase inhibitory activity and structural characterization of acacia bark proanthocyanidins. *Journal of Natural Products*, 74(2), 119-128.
- Lasano, N. F., Rahmat, A., Ramli, N. S., & Bakar, M. F. A. (2018). Effect of oven and microwave drying on polyphenols content and antioxidant capacity of herbal tea from *Strobilanthes crispus* leaves. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 11(6), 363-368.
- Lin, Y. S., Tsai, Y. J., Tsay, J. S., & Lin, J. K. (2003). Factors affecting the levels of tea polyphenols and caffeine in tea leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(7), 1864-1873.
- Loypimai, P., Moongarm, A., & Chottanom, P. (2009). Effects of ohmic heating on lipase activity, bioactive compounds and antioxidant activity of rice bran. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4), 3642-3652.
- Luo, Q., Luo, L., Zhao, J., Wang, Y., & Luo, H. (2024). Biological potential and mechanisms of Tea's bioactive compounds: An Updated review. *Journal of Advanced Research*, 65, 345-363.
- Mao, L.-C., Pan, X., Que, F., & Fang, X.-H. (2006). Antioxidant properties of water and ethanol extracts from hot air-dried and freeze-dried daylily flowers. *European Food Research and Technology*, 222(3), 236-241.
- Matsui, T., Ueda, T., Oki, T., Sugita, K., Terahara, N., & Matsumoto, K. (2001). Glucosidase inhibitory action of natural acylated anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 1948-1951.
- Oonsivilai, R., Cheng, C., Bomser, J., Ferruzzi, M., & Ningsanond, S. (2007). Phytochemical profiling and phase II enzyme-inducing properties of *Thunbergia laurifolia* Lindl. (RC) extracts. *Journal of Ethnopharmacology*, 114, 300-306.

- Phukhatmuen, P., Raksat, A., Laphookhieo, S., Charoensup, R., Duangyod, T., & Maneerat, W. (2020). Bioassay-guided isolation and identification of antidiabetic compounds from *Garcinia cowa* leaf extract. *Heliyon*, 6, e03625.
- Rabeta, M. S., & Lai, S. Y. (2013). Effects of drying, fermented and unfermented tea of *Ocimum tenuiflorum* Linn. on the antioxidant capacity. *International Food Research Journal*, 20(4), 1601-1608.
- Rajhard, S., Hladnik, L., Vicente, F. A., Srčič, S., Grilc, M., & Likozar, B. (2021). Solubility of luteolin and other polyphenolic compounds in water, nonpolar, polar aprotic and protic solvents by applying FTIR/HPLC. *Processes*, 9(11), 1952.
- Ramasubbu, N., Ragunath, C., & Mishra, P. J. (2003). Probing the role of a mobile loop in substrate binding and enzyme activity of human salivary amylase. *Journal of Molecular Biology*, 325(5), 1061-1076.
- Roshanak, S., Rahimmalek, M., & Goli, S. A. H. (2016). Evaluation of seven different drying treatments in respect to total flavonoid, phenolic, vitamin C content, chlorophyll, antioxidant activity and color of green tea (*Camellia sinensis* or *C. assamica*) leaves. *Journal of Food Science and Technology*, 53, 721-729.
- Roslan, A., Ismail, A., Ando, Y., & Azlan, A. (2020). Effect of drying methods and parameters on the antioxidant properties of tea (*Camellia sinensis*) leaves. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2, 1-11.
- Smith, B. C. (2011). *Fundamentals of Fourier Transform Infrared Spectroscopy*. CRC Press.
- Sumantri, I. B., Wahyuni, H. S., & Mustanti, L. F. (2020). Total phenolic, total flavonoid and phytochemical screening by FTIR spectroscopic of standardized extract of *Mikania micrantha* leaf. *Pharmacognosy Journal*, 12(6), 1395-1401.
- Thummajitsakul, S., & Silprasit, K. (2022). Analysis of FTIR Spectra, Flavonoid Content and Anti-Tyrosinase Activity of Extracts and Lotion from *Garcinia schomburgkiana* by Multivariate Method. *Trends in Sciences*, 19(18), 5780-5780.
- Tundis, R., Loizzo, M. R., & Menichini, F. (2010). Natural products as α -amylase and α -glucosidase inhibitors and their hypoglycemic potential in the treatment of diabetes: An update. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 10(4), 315-331.
- Vuong, Q. V., Golding, J. B., Nguyen, M., & Roach, P. D. (2011). The impact of preparation and storage on tea polyphenols. *Food Reviews International*, 27(4), 357-377.

- Wongsa, P., Phatikulrungsun, P., & Prathumthong, S. (2022). FT-IR characteristics, phenolic profiles and inhibitory potential against digestive enzymes of 25 herbal infusions. *Scientific Reports*, 12(1), Article 6631.
- Yang, C. Y., Yen, Y. Y., Hung, K. C., Hsu, S. W., Lan, S. J., & Lin, H. C. (2019). Inhibitory effects of pu-erh tea on alpha glucosidase and alpha amylase: A systemic review. *Nutrition & Diabetes*, 9(1), 2-6.
- Yang, J., Cui, J., Chen, J., Yao, J., Hao, Y., Fan, Y., & Liu, Y. (2020). Evaluation of physicochemical properties in three raspberries (*Rubus idaeus*) at five ripening stages in northern China. *Scientia Horticulturae*, 263, Article 109146.
- Yilmazer-Musa, M., Griffith, A. M., Michels, A. J., Schneider, E., & Frei, B. (2012). Inhibition of α -amylase and α -glucosidase activity by tea and grape seed extracts and their constituent catechins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(36), 8924.
- Zakaria, Z., Shah, N. H. M., Alwi, A., Anwar, N. Z. R., Shahidan, N., & Huda, N. (2023). Phenolic compounds, free radical scavenging activity and α -glucosidase inhibition properties of green, oolong, and black sacha inchi tea extract. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 11(3), 1127-1142.

