

Received: September 4, 2024; Revised: September 18, 2025; Accepted: March 17, 2026

ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของผงใบอ่อนข้าวหอมมะลิเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้เพื่อสุขภาพ Antioxidant activity of young jasmine rice leaf powder for the development of healthy cookies

ธนิตนันท์ ชะยาสินธุ์¹ และฐานิดา ศรีหาวงศ์^{1*}
Thanitnan Chayasin¹ and Thanida Srihawong^{1*}

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

¹Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham Province

*Corresponding Author E-mail Address : thanidasrihawong@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของผงใบอ่อนข้าวหอมมะลิที่ผ่านกระบวนการผลิต 3 รูปแบบ ได้แก่ ชาคั่ว ชาคั่วหมัก และชาคั่วดำ และศึกษาความเป็นไปได้ในการนำผงชาคั่วไปใช้เป็นส่วนผสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้เพื่อสุขภาพ โดยทำการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และ FRAP รวมถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (TPC) และฟลาโวนอยด์รวม (TFC) จากนั้นจึงนำผงชาคั่วที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันไปใช้ในการผลิตคุกกี้ และประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ผลการวิเคราะห์พบว่า ผงชาคั่วมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเมื่อพิจารณาจากค่า FRAP (3.40 ± 0.08 mg Fe/DW) ซึ่งสูงกว่าผงชาคั่วหมักและผงชาคั่วดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระตามวิธี DPPH (19.98 ± 0.69 mg TE/DW) สูงกว่าผงชาคั่วดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แม้ว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (15.96 ± 0.37 mg GAE/DW) และฟลาโวนอยด์รวม (104.22 ± 0.26 mg RE/DW) ในผงชาคั่วจะน้อยกว่าผงชาคั่วหมักและผงชาคั่วดำก็ตาม อย่างไรก็ตาม การที่ผงชาคั่วมีค่า FRAP สูงที่สุด บ่งชี้ว่าผงชาคั่วอาจมีสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระชนิดอื่นที่มีประสิทธิภาพในการให้อิเล็กตรอนสูงกว่าผงชาคั่วหมักและผงชาคั่วดำ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ ค่า DPPH ที่สูงกว่าผงชาคั่วยังส่งเสริมฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผงชาคั่วอีกด้วย ส่วนผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่ผลิตโดยใช้ผงชาคั่วทดแทนแป้งสาลี พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของผงใบอ่อนข้าวหอมมะลิ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปแบบของผงชาคั่ว ในการเป็นส่วนผสมที่มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

คำสำคัญ: ใบอ่อนข้าวหอมมะลิ ฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ คุกกี้ ผงชาคั่ว

Abstract

This research aimed to evaluate the antioxidant activity of young jasmine rice leaf powder processed through three different methods: roasting, fermentation, and black tea processing. The study also explored the feasibility of using this powder as an ingredient in the development of healthy cookies. Antioxidant activity was assessed using the DPPH and FRAP assays, along with the determination of total phenolic content (TPC) and total flavonoid content (TFC). Subsequently, different concentrations of the tea powders were used to produce cookies, and consumer acceptance of the resulting products was evaluated. The

results showed that roasted tea powder exhibited the highest antioxidant activity as measured by the FRAP assay (3.40 ± 0.08 mg Fe/DW), which was significantly greater than that of fermented tea powder and black tea powder ($p \leq 0.05$). The DPPH assay also revealed that roasted tea powder had significantly higher antioxidant activity than black tea powder (19.98 ± 0.69 mg TE/DW; $p \leq 0.05$). Although roasted tea powder had lower total phenolic content (15.96 ± 0.37 mg GAE/DW) and total flavonoid content (104.22 ± 0.26 mg RE/DW) compared to black tea powder and fermented tea powder, its superior FRAP value indicates that it may contain other antioxidant compounds with higher electron-donating capacity, a critical mechanism for inhibiting free radical formation. The higher DPPH value of roasted tea powder also supports its antioxidant potential. Sensory evaluation of cookies produced by substituting wheat flour with roasted tea powder showed consumer acceptance of the products. This demonstrates the potential of young jasmine rice leaf tea powder, particularly in its roasted form, as a valuable nutritional ingredient and a source of antioxidants for the development of food innovations, such as healthy cookies.

Keyword: Young jasmine rice leaf, Antioxidant activity, Bioactive compounds, Cookies, Tea powder

บทนำ

ในยุคปัจจุบัน ผู้บริโภคทั่วโลก รวมถึงในประเทศไทย มีความตื่นตัวและใส่ใจในเรื่องสุขภาพมากขึ้น (Department of Health, 2019) แนวโน้มนี้ผลักดันให้เกิดความต้องการอาหารและเครื่องดื่มที่ดีต่อสุขภาพ (Healthy food) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยอาหารเพื่อสุขภาพหมายถึงอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูง มีปริมาณไขมัน น้ำตาล และโซเดียมต่ำ และ/หรือมีส่วนประกอบของสารอาหารหรือสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compounds) ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) โยใยอาหาร (Dietary fiber) และวิตามิน (Anderson & Butcher, 2006; World Health Organization, 2020) ความต้องการอาหารเพื่อสุขภาพที่เพิ่มขึ้นนี้ นำไปสู่การเติบโตของตลาดผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งรวมถึงขนมขบเคี้ยว (Snack foods) ด้วย ผู้บริโภคให้ความสำคัญในการเลือกรับประทานขนมขบเคี้ยวที่ไม่เพียงแต่ให้อร่อยเท่านั้น แต่ยังดีต่อสุขภาพและมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น คุกกี้ (Cookies) เป็นหนึ่งในขนมขบเคี้ยวที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย แต่คุกกี้ทั่วไปมักมีปริมาณน้ำตาลและไขมันสูง ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพหากบริโภคในปริมาณมาก (Lustig, 2010; Khiamkeerati, 2012)

ดังนั้นการพัฒนาคูกกี้เพื่อสุขภาพจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจในการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน ใบอ่อนข้าวหอมมะลิเป็นวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีศักยภาพในการนำมาพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากมีรายงานว่ามีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิดที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์ (Jang et al., 2016; Sriboonlue, 2017; Siriamornpun, 2018) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเหล่านี้ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) และฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ (Arts & Hollman, 2005; Pandey & Rizvi, 2009) อนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรที่สามารถทำลายเซลล์ในร่างกาย และมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคหัวใจ และหลอดเลือด และโรคเมตาบอลิซึม (Lobo et al., 2010; Phaniendra et al., 2015) ดังนั้นการบริโภคอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงสามารถช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคเหล่านี้ได้ นอกจากนี้ใบอ่อนข้าวหอมมะลิเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระแล้ว มีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาประโยชน์และศักยภาพของใบอ่อนข้าวหอมมะลิในการนำมาประยุกต์ใช้ในอาหารเพื่อสุขภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านคุณสมบัติทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ซึ่งรายงานว่ามีสารสกัดจากใบอ่อนข้าวหอมมะลิอาจมีฤทธิ์ต้านการอักเสบและช่วยลดระดับไขมันในเลือดได้ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-Communicable Diseases, NCDs) เช่น เบาหวานและความดันโลหิตสูง และสารบางชนิดในใบอ่อนข้าวหอมมะลิอาจช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการป้องกันโรคติดเชื้อต่าง ๆ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำใบอ่อนข้าวหอมมะลิมาเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เช่น เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ขนมขบเคี้ยว หรือแม้แต่ส่วนผสมในเบเกอรี่ (Khiamkeerati, 2012) เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติเชิงฟังก์ชัน ตัวอย่างเช่น การนำมาผลิตเป็นข้าวใบอ่อนข้าวหอมมะลิที่มีรสชาติดีเป็นเอกลักษณ์และอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ (Siriamornpun, 2018)

อย่างไรก็ตาม ปริมาณและชนิดของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในใบอ่อนข้าวหอมมะลิอาจแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น สายพันธุ์ของข้าว และกระบวนการแปรรูป (Viriachitra, 2005; Lhaorjpinyo et al., 2014; Ismail, 2016) กระบวนการแปรรูปที่แตกต่างกัน เช่น การคั่ว (Roasting) การหมัก (Fermentation) และการทำเป็นชา (Tea processing) อาจส่งผลต่อปริมาณและคุณสมบัติของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในใบอ่อนข้าวหอมมะลิ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การคั่ว เป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อน ซึ่งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารประกอบบางชนิด และส่งผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Nicoli et al., 2000; Vallianou et al., 2021)

จากข้อมูลงานวิจัยดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันต่อฤทธิ์การต้านออกซิเดชันและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผงใบอ่อนข้าวหอมมะลิ และศึกษาความเป็นไปได้ในการนำผงใบอ่อนข้าวหอมมะลิไปใช้ในการพัฒนาคุกกี้เพื่อสุขภาพ ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การเตรียมผงชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิ

ใบอ่อนข้าวหอมมะลิได้จากการนำเมล็ดข้าวหอมมะลิ สายพันธุ์ 105 มาปลูกในพื้นที่ ตำบลแซ อำเภอกุสุมาลย์ จังหวัดศรีสะเกษ จนมีระยะเวลา 14 วัน และตัดใบขนาดยาวประมาณ 10-12 เซนติเมตร นำมาหั่นเป็นท่อนสั้นขนาด 4-5 เซนติเมตร และนำมาผลิตเป็นผงชาชนิดต่าง ๆ ดังนี้ 1. ชาคั่ว คือ ใบอ่อนข้าวหอมมะลิหั่นเป็นท่อนขนาด 2 นิ้ว นำมาคั่วด้วยเครื่องคั่ว (รุ่น ZBC-8, Grain roaster, China) โดยไฟอ่อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที 2. ชาหมัก คือ ใบอ่อนข้าวหอมมะลิ นำมาหั่นเป็นท่อน ขนาด 2 นิ้ว แล้วทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง 1 วัน แล้วนำมาคั่วด้วยไฟอ่อน อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และ 3. ชาดำ คือ ใบอ่อนข้าวหอมมะลิสายพันธุ์ที่มีลักษณะลำต้นและใบสีดำเข้ม หั่นเป็นท่อนขนาด 2 นิ้ว นำมาคั่ว โดยใช้ไฟอ่อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นนำชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิทั้งหมดมาบดด้วยเครื่องบดแบบละเอียด (รุ่น PE-ECO-2500, Powder grinder SGE, Taiwan) และร่อนด้วยตะแกรงร่อน ขนาด 100 Mesh (Wanyo et al., 2011) และนำไปทดสอบฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของผงใบอ่อนข้าวหอมมะลิทางห้องปฏิบัติการต่อไป

การเตรียมตัวอย่างสารสกัด

การสกัดตัวอย่างผงชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิได้ดัดแปลงจากวิธีการของ Wanyo et al. (2011) โดยนำตัวอย่างผงชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิ ผงชาคั่ว ผงชาดำ และผงชาหมัก ปริมาณ 10 กรัม ผสมกับเอทานอล ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร บ่มด้วยเครื่องบ่มเขย่า (LSI-1005R, LabTech, Korea) ความเร็ว 250 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Eppendorf 5810R, Germany) ที่ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที กรองอีกครั้งโดยใช้กระดาษกรอง Whatman No. 1 หลังจากนั้นทำการระเหยเอทานอลออกโดยการนำตัวอย่างที่ได้ไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อน (Binder, Germany) ที่ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน และเก็บสารสกัดหยาบที่ได้ไว้ -20 องศาเซลเซียส (Panasonic, Thailand) สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

การตรวจวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

วิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ดัดแปลงจากวิธีการของ Zhang et al. (2016) ปีเปตสาร 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical ที่มีความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ในสารละลายเมทานอล 100 มิลลิลิตร เตรียมสารสกัดหยาบ (20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ลงใน 96-Well microplate เติมสารละลาย DPPH 180 ไมโครลิตร บ่มสารผสมที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ตัวอย่างควบคุม คือ DPPH 180 ไมโครลิตร จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Microplate reader spectrophotometer (VICTOR® Nivo™, PerkinElmer, Waltham, Massachusetts, USA) โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ค่าที่ได้จะถูกแสดงในหน่วยของมิลลิกรัม Trolox equivalent antioxidant capacity ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg TEAC/g DW)

การตรวจวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric Reducing Ability Power (FRAP) Assay

วิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ดัดแปลงจากวิธีการของ Wei et al. (2011) เตรียมสารละลาย FRAP reagent โดยผสม Acetate buffer (pH 3.6) ความเข้มข้น 300 มิลลิโมลาร์ กับสารละลาย 2, 4, 6-Tris (2-pyridyl)-1, 3, 5-Triazine (TPTZ) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ และ Ferric chloride solution ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 20 มิลลิโมลาร์ ให้เข้ากัน สารละลายทั้ง 3 ชนิด ในอัตราส่วน 10:1:1 เก็บโดยปราศจากแสง และเตรียมสารสกัดหยาบ (20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับ FRAP reagent ปริมาตร 180 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Microplate reader spectrophotometer (VICTOR® Nivo™, PerkinElmer, Waltham, Massachusetts, USA) โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Ferrous sulfate คำนวณค่ากิจกรรมการต้านออกซิเดชัน FRAP ในหน่วยมิลลิกรัม Fe (II) ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg Fe(II) /g DW) โดยใช้กราฟมาตรฐานของสาร FeSO_4

การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total flavonoids)

ดัดแปลงจากวิธีการของ Tian et al. (2016) โดยเตรียมสารสกัดหยาบ (20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) โดยบีบปริมาณ 20 ไมโครลิตร ผสมกับน้ำกลั่น ปริมาตร 60 ไมโครลิตร ลงในเพลต 96 หลุม เติมสารละลายโซเดียมไนเตรต (NaNO_3) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 6 นาที จากนั้นเติมสารละลายอลูมิเนียมคลอไรด์ ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยา 5 นาที จากนั้นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Microplate reader spectrophotometer (VICTOR® Nivo™, PerkinElmer, Waltham, Massachusetts, USA) โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง คำนวณหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดจากกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานรูติน (Rutin) และรายงานผลในหน่วยมิลลิกรัมรูตินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg RE/g DW)

การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic)

ดัดแปลงจากวิธีการของ Radošević et al. (2017) และ Thomas et al. (2018) โดยเตรียมสารสกัดหยาบ (20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) โดยบีบปริมาณ 20 ไมโครลิตร ลงในเพลต 96 หลุม ผสมกับสารละลายฟอลิน-ไซโอแคลเทอ (Folin ciocalteu) ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ 1 นาที จากนั้นเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 80 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 นาที ในที่มืด หลังจากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Microplate reader spectrophotometer (VICTOR® Nivo™, PerkinElmer, Waltham, Massachusetts, USA) โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง คำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดจากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (Gallic acid) และรายงานผลในหน่วยมิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg GAE/g DW)

การผลิตสุตรคูกี้ใบอ่อนข้าวหอมมะลิเพื่อสุขภาพ

การทดลองนี้ใช้สูตรคูกี้เนย (Luangsakul & Nuankhakul, 2017) มาเป็นสูตรตั้งต้นในการผลิตคูกี้ข้าวใบอ่อนข้าวหอมมะลิ แล้วศึกษาปริมาณผงข้าวใบอ่อนข้าวหอมมะลิที่ใช้ทดแทนแป้งสาลี สำหรับชุดการทดลอง 3 ชุด มีรายละเอียดดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 ไม่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงข้าวใบอ่อนข้าวหอมมะลิ (สูตรควบคุม) ชุดการทดลองที่ 2 ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงข้าวใบอ่อนข้าวหอมมะลิ 10 กรัม ปริมาณ ร้อยละ 1.52 ของน้ำหนักสูตรคูกี้ และ ชุดการทดลองที่ 3 ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงข้าวใบอ่อนข้าวหอมมะลิ 15 กรัม ปริมาณ ร้อยละ 2.28 ของน้ำหนักสูตรคูกี้ โดยผลิตคูกี้ข้าวใบอ่อนข้าวหอมมะลิตามส่วนผสมดัง Table 1

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์คูกี้ข้าวใบอ่อนข้าวหอมมะลิทั้ง 3 ตัวอย่าง มาศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคด้านประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์คูกี้ข้าวใบอ่อนข้าวหอมมะลิ โดยนำคูกี้ทั้ง 3 ตัวอย่าง ที่พัฒนาขึ้นมาประเมินผลผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน ซึ่งมีช่วงอายุ 18-60 ปี ได้ทำการประเมินโดยใช้แบบสอบถาม 9-Point hedonic scale (1=ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3=ไม่ชอบปานกลาง 4=ไม่ชอบเล็กน้อย 5=เฉย ๆ 6=ชอบเล็กน้อย 7=ชอบปานกลาง

8=ชอบมาก และ 9=ชอบมากที่สุด) (Chamber & Wolf, 1996) การเตรียมตัวอย่างคุกกี้แต่ละชิ้นทำโดยบรรจุลงในถุงพลาสติกปิดสนิทและติดรหัสตัวเลข 3 หลักที่ได้จากการสุ่ม จากนั้นจึงเสิร์ฟพร้อมน้ำสำหรับล้างปากให้ผู้ทดสอบผู้ทดสอบได้ชิมและประเมินคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม สำหรับการพัฒนาคูกกี้ใบอ่อนข้าวหอมมะลิในงานวิจัยนี้ ได้ใช้สูตรพื้นฐานคุกกี้เนย แล้วแทนที่แป้งสาลีด้วยผงชาคั่วในสัดส่วนปริมาณ ร้อยละ 0, 1.52 และ 2.28 ตามลำดับ

Table 1 Ingredient formulations for cookies with partial substitution of wheat flour by young jasmine rice leaf tea powder

Ingredients	Formulation 1 (Control formula)	Formulation 2 (1.52%)	Formulation 3 (2.28%)
Young jasmine rice leaf tea (g)	0	10	15
Wheat flour (g)	330	320	315
Butter (g)	200	200	200
Evaporated milk (g)	12	12	12
Icing sugar (g)	100	100	100
Vanilla extract (g)	8	8	8
Salt (g)	5	5	5
Baking powder (g)	3	3	3

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของผงใบอ่อนข้าวหอมมะลิ และวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) สำหรับทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยกำหนดให้บล็อกของการวิเคราะห์ คือผู้ทดสอบข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะนำมาวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป (Statistical package for the social science for windows version 25; SPSS) ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของข้อมูลด้วย One-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's new Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

จากผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (TFC) ของชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิทั้ง 3 ชนิด พบว่า ชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิที่ผ่านกระบวนการคั่วและหมักมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูงกว่าผงชาดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 2) อย่างไรก็ตาม ปริมาณ TPC โดยรวมในชาคั่วมีปริมาณน้อยกว่าชาดำและชาหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนปริมาณ TFC ในชาหมักมีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบกับชาดำและชาคั่ว ในการศึกษาพบค่า FRAP ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการรีดิวซ์สารประกอบและประเมินความสามารถในการให้อิเล็กตรอน เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยตรง มีค่าสูงที่สุดในผงชาคั่ว ซึ่งบ่งชี้ว่าผงชาคั่วมีศักยภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งกลไกการเกิดอนุมูลอิสระ และอาจช่วยป้องกันความเสียหายของเซลล์และลดความเสี่ยงของโรคเรื้อรัง แม้ว่าผงชาคั่วจะมีค่า DPPH ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าผงชาดำเพียงเล็กน้อย แต่ผลการวิเคราะห์นี้สนับสนุนศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระของผงชาคั่ว ดังนั้นผู้วิจัยจึงพิจารณาเลือกใช้ผงชาคั่วในการพัฒนาคูกกี้ เนื่องจากมีค่า FRAP สูงสุด ซึ่งบ่งชี้ถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ

Table 2 Antioxidant activity and bioactive compound contents of tea extract samples

Young jasmine rice leaf tea powder	Bioactive compounds			
	DPPH (mg TE/g DW)	FRAP (mg Fe (II)/g DW)	TPC (mg GAE/g DW)	TFC (mg RE/g DW)
Roasted tea	19.98±0.69 ^a	3.40±0.08 ^a	15.96±0.37 ^b	104.22±0.26 ^c
Fermented tea	16.16±0.88 ^b	3.22±0.10 ^b	17.65±0.61 ^a	105.43±0.26 ^b
Black tea	19.42±0.79 ^a	3.27±0.03 ^{ab}	18.39±0.25 ^a	109.30±0.36 ^a

Note: Different lowercase letters (a, b, c) within the same column indicate a statistically significant difference ($p \leq 0.05$). Roasted tea powder: Young jasmine rice leaves cut into 4-5 cm pieces, then roasted over low heat. Fermented tea powder: Young jasmine rice leaves cut into 4-5 cm pieces, left at room temperature for 1 day, then roasted over low heat. Black tea powder: Young jasmine rice leaves from a cultivar with some black stems and leaves, cut into 4-5 cm pieces, then roasted over low heat.

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้ชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิ

จากผลการทดสอบข้างต้น พบว่า ผงชาคั่วจะมีค่า DPPH ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าผงชาดำเพียงเล็กน้อย แต่ผงชาคั่วมีค่า FRAP สูงสุด ซึ่งบ่งชี้ถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ผงชาคั่วมาทดแทนแป้งสาลีในการพัฒนาคุกกี้ โดยจากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้ชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิในปริมาณแตกต่างกัน (Table 3) พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านกลิ่นและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้ชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยให้คะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง ด้านรสชาติ สูตรที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิปริมาณร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) และ ร้อยละ 2.28 ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิ ปริมาณ ร้อยละ 1.52 ($p \leq 0.05$) ส่วนคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สีและความชอบโดยรวมของสูตรที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิปริมาณ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) และ ร้อยละ 1.52 ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิ ปริมาณ ร้อยละ 2.28 ($p \leq 0.05$) ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวมของผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในสูตรที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิปริมาณ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) และ ร้อยละ 1.52 ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงคุณประโยชน์จากชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิ และวัตถุประสงค์เพื่อต้องการผลิตภัณฑ์คุกกี้ชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิเพื่อสุขภาพ การผลิตคุกกี้โดยทดแทนแป้งสาลีด้วยผงชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิ ปริมาณ ร้อยละ 1.52 จึงเป็นสูตรที่ดีที่สุด

Table 3 Consumer acceptance of young jasmine rice leaf tea cookies with wheat flour substituted by young jasmine rice leaf tea powder

Characteristics	Young jasmine rice leaf tea cookies samples		
	0% (Control formula)	1.52%	2.28%
Appearance	7.53±1.04 ^a	7.53±0.97 ^a	7.17±1.15 ^b
Color	7.77±0.94 ^a	7.43±1.17 ^{ab}	7.23±1.36 ^b
Aroma ^{ns}	7.60±1.19	7.37±1.13	7.70±1.12
Taste	8.23±0.68 ^a	7.73±1.08 ^b	7.83±0.99 ^{ab}
Texture ^{ns}	7.80±1.00	7.80±1.10	7.80±1.03
Overall liking	8.13±0.82 ^a	7.83±0.95 ^{ab}	7.73±0.98 ^b

Note: Different lowercase letters (a, b) within the same horizontal row indicate a statistically significant difference ($p \leq 0.05$).

"ns" denotes no statistically significant difference ($p > 0.05$).

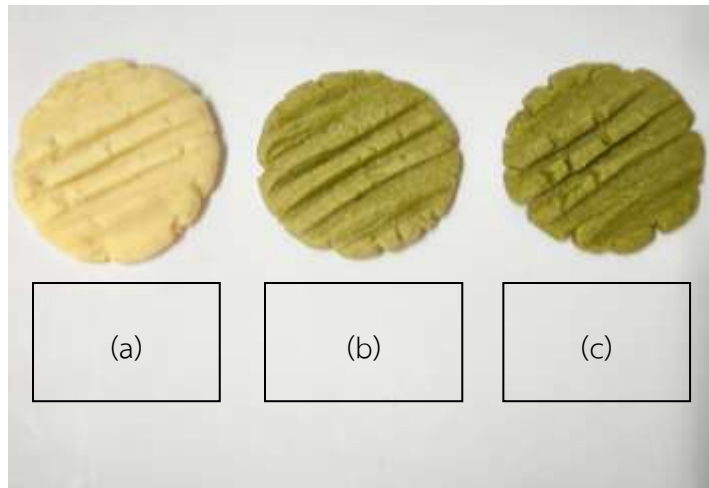


Figure 1 Young jasmine rice leaf tea cookies with wheat flour replaced by young jasmine rice leaf powder: (a) 0% (Control formula), (b) 1.52% and (c) 2.28%

การอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของผงใบอ่อนข้าวหอมมะลิที่ผ่านกระบวนการผลิต 3 รูปแบบ และศึกษาความเป็นไปได้ในการนำผงดังกล่าวไปพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้เพื่อสุขภาพ ผลการศึกษาได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการผลิต ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้ จากการประเมินฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผงใบอ่อนข้าวหอมมะลิที่ผ่านกระบวนการผลิตแตกต่างกัน พบว่า ผงชาคั่วแสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เมื่อพิจารณาจากค่า FRAP ซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้ความสามารถในการรีดิวซ์สารประกอบเฟอร์ริกไอออนให้เป็นเฟอร์รัสไอออน ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพในการให้อิเล็กตรอน (Electron) เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Lobo et al., 2010) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Del Castillo et al. (2002) และ Manzocco et al. (2016) รายงานว่ากระบวนการคั่ว (Roasting) สามารถเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ เช่น กาแฟและโกโก้ โดยเป็นกลไกสำคัญจากการเกิดปฏิกิริยา Maillard ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ซับซ้อนระหว่างหมู่คาร์บอนิลของน้ำตาลกับหมู่อะมิโนอิสระของโปรตีนหรือกรดอะมิโนภายใต้สภาวะความร้อนสูง ก่อให้เกิดสารประกอบใหม่หลายชนิดที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น เมลานอยดินส์ (Melanoidins) ซึ่งเป็นสารประกอบสีน้ำตาลเข้มที่มีโครงสร้างซับซ้อนและมีคุณสมบัติในการยับยั้งอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ (Van Boekel, 2001) นอกจากนี้ ค่า DPPH ที่สูงกว่าผงชาคั่วยังส่งเสริมประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของผงชาคั่วอีกด้วย วิธีการ DPPH เป็นอีกวิธีที่นิยมใช้ในการวัดความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยประเมินความสามารถของสารประกอบในการลดอนุมูลอิสระ DPPH ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (TPC) และฟลาโวนอยด์รวม (TFC) แม้จะมีความสำคัญ แต่ก็ไม่ใช่ว่าปัจจัยเดียวที่กำหนดฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณ TPC และ TFC ในผงชาคั่วมีปริมาณน้อยกว่าผงชาดำและผงชาหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ความขัดแย้งระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้ด้วย FRAP ในผงชาคั่ว อาจอธิบายได้ว่ากลไกการออกฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณของ TPC และ TFC เพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับชนิด โครงสร้างทางเคมี ความสามารถในการละลาย และการทำงานร่วมกัน (Synergistic effect) ของสารประกอบอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นหรือถูกปลดปล่อยในระหว่างกระบวนการแปรรูป (Chu et al., 2002; Wong et al., 2006) นอกจากนี้ กระบวนการคั่วอาจทำให้สารประกอบฟีนอลบางชนิดเสื่อมสลายไปพร้อมกับการสร้างสารออกฤทธิ์ใหม่ขึ้นมาทดแทน เช่น เมลานอยดินส์ (Melanoidins) หรือมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่ส่งผลต่อการจับกับอนุมูลอิสระ (Nicoli et al., 2000) สำหรับผงชาหมักที่แสดงปริมาณ TPC และ TFC สูงที่สุดนั้น อาจเป็นผลมาจากการที่กระบวนการหมักภายใต้การควบคุมสภาวะที่เหมาะสม สามารถช่วยสลายโครงสร้างผนังเซลล์พืช ทำให้สารประกอบฟีนอลที่ถูกกักเก็บอยู่ภายในสามารถสกัดออกมาได้มากขึ้น หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงทาง

ชีวภาพที่สร้างสารประกอบฟีนอลใหม่ขึ้นมา (Wanyo et al., 2011) ดังนั้นจากผลการวิจัยจึงเลือกใช้ผงชาคั่วในการพัฒนาคุกกี้ เนื่องจากมีค่า FRAP สูงสุด ซึ่งบ่งชี้ถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ

ในการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่ผสมผงใบอ่อนข้าวหอมมะลิ พบว่า การใช้ผงชาคั่วทดแทนแป้งสาลีในสัดส่วน ร้อยละ 1.52 เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดเมื่อพิจารณาจากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสและคุณสมบัติทางสุขภาพ ผู้บริโภคยังคงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับปานกลาง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของผงใบอ่อนข้าวหอมมะลิในการเป็นส่วนผสมเชิงหน้าที่ (Functional ingredient) ที่สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระให้กับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่เป็นที่นิยม (Khamkeerati, 2012) การใช้ผงใบอ่อนข้าวหอมมะลิไม่เพียงแต่เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการด้วยสารประกอบฟีนอล ฟลาโวนอยด์ (Goufo & Trindade, 2014) และ GABA (Ito et al., 2005) แต่ยังอาจช่วยเพิ่มลักษณะทางประสาทสัมผัสเฉพาะตัวให้กับผลิตภัณฑ์ด้วยกลิ่นหอมเฉพาะตัวของข้าว (Luangsakul & Nuankhakul, 2017) ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มของผู้บริโภคที่หันมาใส่ใจสุขภาพและมองหาอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น (Global Wellness Institute, 2018)

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดบางประการที่ควรนำมาพิจารณา ประการแรก การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพดำเนินการในหลอดทดลอง (In vitro) ซึ่งอาจไม่สามารถสะท้อนถึงประสิทธิภาพที่แท้จริงในระบบชีวภาพที่ซับซ้อนของมนุษย์ได้อย่างสมบูรณ์ (Kroeger et al., 2012) ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในระดับเซลล์ (In vitro cell culture) หรือในสัตว์ทดลอง (In vivo animal models) เพื่อประเมินผลกระทบทางชีวภาพและกลไกการออกฤทธิ์ของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผงใบอ่อนข้าวหอมมะลิที่มีต่อสุขภาพโดยตรง ประการที่สอง การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคดำเนินการกับกลุ่มตัวอย่างจำกัด ซึ่งอาจส่งผลต่อความสามารถในการสรุปผลสำหรับประชากรกลุ่มใหญ่ได้ (Chamber & Wolf, 1996) การขยายขนาดและเพิ่มความหลากหลายของกลุ่มตัวอย่างในการทดสอบทางประสาทสัมผัสจะช่วยให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นตัวแทนและสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการตลาดและการพัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ได้ดียิ่งขึ้น สำหรับงานวิจัยในอนาคต ควรเน้นการวิเคราะห์เชิงลึกเพื่อระบุและหาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเฉพาะตัวในผงใบอ่อนข้าวหอมมะลิที่ผ่านกระบวนการผลิตแต่ละรูปแบบด้วยเทคนิคขั้นสูง เช่น HPLC-MS เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำเกี่ยวกับสารประกอบฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และสารประกอบอื่น ๆ ที่มีส่วนในฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Tian et al., 2016; Thomas et al., 2018) นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาความคงตัวของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเหล่านี้ในระหว่างกระบวนการผลิตคุกกี้ และการเก็บรักษา เพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปยังคงรักษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่ไว้ได้ดี (Zhang et al., 2016) การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ (Physicochemical properties) ของคุกกี้ที่เสริมด้วยผงใบอ่อนข้าวหอมมะลิกับคุกกี้เชิงการค้าตามท้องตลาด เช่น สี เนื้อสัมผัส ความชื้น และปริมาณใยอาหาร จะเป็นข้อมูลสำคัญในการประเมินศักยภาพทางการตลาดและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคอย่างครบวงจร การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลของผงชาใบอ่อนข้าวหอมมะลิที่มีต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์คุกกี้นั้นในด้านความปลอดภัยทางจุลชีววิทยาและคุณภาพทางประสาทสัมผัสก็เป็นปัจจัยที่มีความจำเป็นในการพัฒนาและควบคุมคุณภาพเพื่อให้ผลิตภัณฑ์สามารถวางจำหน่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผงใบอ่อนข้าวหอมมะลิในสามรูปแบบที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า ผงชาคั่วแสดงประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลและฟลาโวนอยด์ในรูปแบบนี้จะต่ำกว่ารูปแบบอื่น ๆ ก็ตาม ความโดดเด่นของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผงชาคั่วนี้อธิบายได้ด้วยกระบวนการคั่ว ซึ่งกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยา Maillard และนำไปสู่การสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ เช่น เมลานอยดินส์ (Melanoidins) จากผลการทดลองงานวิจัยได้ต่อยอดสู่การพัฒนาคุกกี้สุขภาพ โดยใช้ผงชาคั่วจากใบอ่อนข้าวหอมมะลิในปริมาณ ร้อยละ 1.52 ทดแทนแป้งสาลี ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคแสดงให้เห็นถึงการยอมรับในระดับมาก บ่งชี้ถึงศักยภาพอันโดดเด่นของผงใบอ่อนข้าวหอมมะลิในการเป็นส่วนผสมเชิงหน้าที่ (Functional ingredient) ที่ไม่เพียงแต่เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระให้กับผลิตภัณฑ์อาหารเท่านั้น แต่ยังมอบกลิ่นหอมเฉพาะตัวของข้าวหอมมะลิ ซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพและมองหาทางเลือกอาหารที่มีประโยชน์ งานวิจัยนี้จึงเน้นถึงบทบาทของผงใบอ่อนข้าวหอมมะลิในการตอบรับเทรนด์สุขภาพและโภชนาการในปัจจุบัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัย จากงบประมาณเงินรายได้ (บกศ.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566

เอกสารอ้างอิง

- Anderson, J. W., & Butcher, L. M. (2006). A comprehensive review of the safety and efficacy of GRAS vegetable fiber ingredients. *Journal of the American College of Nutrition*, 25(6), 518-544.
- Arts, I. C., & Hollman, P. C. (2005). Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(2), 317S-325S.
- Chamber, IV. E., & Wolf, M. B. (1996). *Sensory testing methods*. ASTM International.
- Chu, Y. F., Sun, J., Wu, X., & Liu, R. H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(23), 6910-6916.
- Department of Health. (2019). *NCDs situation report 2019*. Ministry of Public Health. (In Thai)
- Goufo, P., & Trindade, H. (2014). Rice antioxidants: Phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols and phytic acid. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(6), 634-659.
- Ismail, A. (2016). *Rice bran and rice bran oil*. AOCS Press.
- Ito, Y., Hayakawa, T., Ozawa, K., Kimura, M., & Kasai, T. (2005). Concentration of γ -aminobutyric acid (GABA) in rice grains and milled rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(16), 6085-6089.
- Jang, H. H., Kim, J. Y., Lee, S. H., & Lee, M. S. (2016). Beneficial effects of rice bran extract on metabolic syndrome in high-fat diet-induced obese mice. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 39(6), 996-1002.
- Khiamkeerati, S. (2012). The effect of bakery product consumption on health. *Journal of Nutrition*, 47(1), 1-10. (In Thai)
- Kroeger, N., Carstens, M. E., & Letmathe, P. (2012). In vitro and in vivo methods to evaluate the antioxidant potential of phytochemicals. *Food Chemistry*, 135(3), 1027-1034.
- Lhaorjipinyo, T., Sae-Koo, T., Chueawongngarm, P., & Arekul, W. (2014). Effects of cultivar and duration on phytochemical content and antioxidant activity in various rice seedlings. In *The 3rd National Rice Conference*. Miracle Grand Convention Hotel. (In Thai)
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Role in human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118-126.
- Luangsakul, N., & Nuankhakul, S. (2017). *Cookie bible bakery* (4th ed.). Amarin cuisine amarin printing and publishing. (In Thai)
- Lustig, R. H. (2010). Fructose 2.0: Metabolic, genetic, and societal implications of fructose excess. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91(6), 1395-1396.
- Manzocco, L., Laghi, L., & Nicoli, M. C. (2016). Influence of roasting degree on the antioxidant activity of coffee brews. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(16), 3144-3149.
- Nicoli, M. C., Manzocco, L., & Lerici, C. R. (2000). Antioxidant properties of coffee brews as influenced by processing. *Food Science and Technology*, 33(7), 519-524.
- Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2(5), 270-278.

- Phaniendra, A., Jestadi, D. B., & Perraju, G. A. (2015). Free radicals: Properties, sources, targets, and their implication in various diseases. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 30(1), 11-26.
- Radosevic, K., Srcek, V. G., Bubalo, M. C., Rimac Brncic, S., Takacs, K., & Redovnikovic, I. R. (2017). Assessment of glucosinolates, antioxidative and antiproliferative activity of broccoli and collard extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 61, 59-66.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.02.001>
- Siriamornpun, S. (2018). Beverage from Hom Mali young rice leaves, raw material from local wisdom. *Research Community*, 23(138), 6-9. (In Thai)
- Sriboonlue, S. (2017). *Study on chemical composition and biological activities of rice leaves*. (Master's thesis, Chiang Mai University). (In Thai)
- Thomas, M., Badr, A., Desjardins, Y., Gosselin, A., & Angers, P. (2018). Characterization of industrial broccoli discards (*Brassica oleracea* var. *italica*) for their glucosinolate, polyphenol and flavonoid contents using UPLC MS/MS and spectrophotometric methods. *Food Chemistry*, 245, 1204-1211.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.021>
- Tian, M., Xu, X., Liu, Y., Xie, L., & Pan, S. (2016). Effect of Se treatment on glucosinolate metabolism and health-promoting compounds in the broccoli sprouts of three cultivars. *Food Chemistry*, 190, 374-380. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.098>
- Del Castillo, M.D., Ames, J.M., Gordon, M.H. (2002). The effect of roasting on the antioxidant capacity of coffee brew. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(13), 3698-3703.
<https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000200035>
- Van Boekel, M. A. J. S. (2001). Kinetic aspects of the Maillard reaction. *Food Chemistry*, 68(3), 223-239.
- Viriyachitra, P. (2005). *Rice: Science and technology*. O.S. Printing House. (In Thai)
- Wanyo, P., Siriamornpun, S., & Meeso, N. (2011). Improvement of quality and antioxidant properties of dried mulberry leaves with combined far-infrared radiation and air convection in Thai tea process. *Food and Bioproducts Processing*, 89(1), 22-30.
- Wei, L. S., Wee, W., Siong, J. Y. F., & Syamsumir, D. F. (2011). Characterization of anticancer, antimicrobial, antioxidant properties and chemical compositions of *Peperomia pellucida* leaf extract. *Acta Medica Iranica*, 49(10), 670-674.
- Wong, C. C., Li, H. B., Cheng, K. W., & Chen, F. (2006). A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medical plants using the ferric reducing antioxidant power assay. *Food Chemistry*, 97, 705-711.
- World Health Organization. (2020). *Diet, nutrition and prevention of chronic diseases: Report of a joint WHO/FAO expert consultation*.
- Zhang, L., Tu, Z. C., Yuan, T., Wang, H., Xie, X., & Fu, Z. F. (2016). Antioxidants and α -glucosidase inhibitors from *Ipomoea batatas* leaves identified by bioassay-guided approach and structure-activity relationships. *Food Chemistry*, 208, 61-67. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.079>