

สารออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชป่ารับประทานดอก

Bioactive Compounds and Biological Activities of Wild Edible Plant Flowers

จินตนา สังโสภา¹, ทอรั้ง ประนิล², สุภาพร พุ่มริ้ว² และ อนุชิตา มุ่งงาม^{3*}

Jintana Sangsopha¹, Thorung Pranil², Supaporn Pumriw² and Anuchita Moongngarm^{3*}

¹ สาขาวิชาอาหารและโภชนาการประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ประเทศไทย

² สาขาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ประเทศไทย

³ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ประเทศไทย

¹ Department of Applied Food and Nutrition, Faculty of Science and Technology, Phetchaburi Rajabhat University, Thailand

² Department of Food Technology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University, Thailand

³ Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Thailand

Received : 25 May 2024, Received in revised form : 16 November 2024, Accepted : 24 November 2024

Available online : 17 December 2024

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์และที่มา : ประเทศไทยมีความหลากหลายทางชีวภาพของพืชป่าที่กินได้ ซึ่งเป็นทั้งแหล่งอาหารและยารักษาโรค ตามภูมิปัญญาชาวบ้าน เนื่องจากพืชป่ากินได้มีทั้งสารอาหารและสารออกฤทธิ์ชีวภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารอาหารที่สำคัญ สารออกฤทธิ์ และฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชป่าที่นิยมรับประทานส่วนดอก

วิธีดำเนินการวิจัย : ดอกของพืชป่าที่รับประทานได้จำนวน 6 ชนิด ประกอบด้วย ดอกแคป่า ดอกขี้เหล็ก ดอกกระเจียวแดง ดอกกระเจียวขาว ดอกสะเดา และดอกต๊าว นำมาอบแห้งและทำการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร (ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหาร และเถ้า) ตัวอย่างอบแห้งนำไปสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ทางชีวภาพ ประกอบด้วยฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (TAC, DPPH, ABTS และ FRAP) ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง (เซลล์มะเร็งเต้านม (MCF-7) และเซลล์มะเร็งตับ (HepG2)) การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส

ผลการวิจัย : พบว่าดอกพืชป่าประกอบไปด้วยสารอาหารประเภทโปรตีน เส้นใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรตในปริมาณสูง และมีปริมาณไขมันต่ำ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าอยู่ระหว่าง 32.34-66.53 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยพบสูงสุดในดอกกระเจียวขาว ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 0.59-7.35 มิลลิกรัมสมมูล rutin ต่อกรัม น้ำหนักแห้ง และ 2.28-27.59 มิลลิกรัมสมมูลเคอควิซินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งพบสูงสุดในดอกขี้เหล็ก สำหรับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าดอกขี้เหล็กมีค่า TAC สูงสุด ในขณะที่ดอกสะเดามีฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูล DPPH และ ABTS สูงสุด ส่วนดอกต๊าวมีค่า FRAP สูงสุด การศึกษาความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งเต้านม (MCF-7) และมะเร็งตับ (HepG2) พบว่าดอกสะเดาและดอกขี้เหล็กแสดงความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งทั้งสองชนิดสูงสุด การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและแอลฟา-

กลูโคซิเดส พบว่าสารสกัดจากดอกสะเดามีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสได้มากที่สุด ในขณะที่ดอกขี้เหล็กมีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสสูงสุด

สรุปผลการวิจัย : พืชป่ารับประทานดอกทั้ง 6 ชนิด เป็นแหล่งสารอาหาร สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ มีฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ แสดงความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง และสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคเบาหวานได้ โดยพบว่าดอกขี้เหล็กและดอกสะเดามีศักยภาพสูงที่สุด งานวิจัยนี้สามารถสนับสนุนให้มีการนำพืชป่ารับประทานดอกทั้ง 6 ชนิด เพื่อเป็นแหล่งอาหารมนุษย์และประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมอาหารเพื่อสุขภาพหรือในทางเภสัชภัณฑ์ต่อไป

คำสำคัญ : พืชป่ารับประทานดอก ; สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ; สารต้านอนุมูลอิสระ ; ความเป็นพิษ ; การยับยั้งเอนไซม์

Abstract

Background and Objectives: Thailand has a rich biodiversity of wild edible plants, which are important sources of food and medicine in traditional knowledge, due to their nutrient contents and bioactive substances. This research aimed to determine important nutrients, bioactive compounds, and biological activities of flowers from wild edible plants.

Methodology: Six species of wild edible plant flowers including *Dolichandrone serrulata* (DC.) Seem, *Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby (cassia), *Curcuma sessilis* Gage, *Curcuma parviflora* Wall, *Azadirachta indica* A.Juss var. *siamensis* Valetton (neem) and *Cratoxylum formosum* (Jacq.) Benth. & Hook.f. ex Dyer, were studied. The flower samples were dried and analyzed for the content of nutrients (moisture, protein, fat, carbohydrates, dietary fiber and ash). The dried samples were then extracted with 80% methanol for analysis of bioactive compounds (total phenolic substances and total flavonoid substances) and for biological activity assessments including antioxidant activity (TAC, DPPH, ABTS and FRAP), cytotoxicity to cancer cells (breast cancer cells (MCF-7) and liver cancer cells (HepG2)) and inhibition of α -amylase enzyme and α -glucosidase enzymes.

Main Results: Wild edible plant flowers were found to contain high amounts of protein, fiber, and carbohydrates, but were low in fat content. Total phenolic content ranged from 32.34 to 66.53 mg gallic acid equivalents per gram dry weight, with the highest level found in the flowers of *Curcuma parviflora* Wall. Total flavonoid content ranged from 0.59 to 7.35 mg rutin equivalents per gram of dry weight, and from 2.28 to 27.59 mg quercetin equivalent per gram dry weight with the highest content found in cassia flowers. Cassia flowers had the highest TAC value, neem flowers exhibited the strongest antioxidant activity against DPPH and ABTS radicals, and *Cratoxylum formosum* flowers had the highest FRAP values. The extracts from neem and cassia flowers also showed the highest toxicity to both breast (MCF-7) and liver cancer cells (HepG2). The neem flower extract possessed the greatest inhibitory

effect on activity of the α -amylase enzyme, while cassia flowers showed the highest effect in inhibiting α -glucosidase activity.

Conclusions: The six wild edible flower species examined in this study are good sources of nutrients and bioactive compounds, demonstrating antioxidant properties, cytotoxic effects on cancer cells, and the ability to inhibit enzymes associated with the development of diabetes. Notably, *Senna siamea* (cassia) and *Azadirachta indica* (neem) showed the greatest potential. This research supports the utilization of these six wild edible flowers as a food source for humans and their application in functional foods and related food products.

Keywords: wild edible plant flowers; bioactive compounds; antioxidant; cytotoxicity; enzyme inhibition

*Corresponding author. E-mail : anuchita.m@msu.ac.th

บทนำ

พืชเป็นแหล่งอาหารที่อุดมไปด้วยสารอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุที่จำเป็นมากมาย รวมทั้งพืชที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในพื้นป่าโดยมิได้เกิดจากการเพาะปลูกโดยมนุษย์ หรือที่เรียกว่าพืชป่า (Motti, 2022) พืชป่าถือเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของวิถีคนในชนบท ประกอบด้วยสารปฐมภูมิ (primary metabolites) เช่น โปรตีนและน้ำตาล เป็นต้น (Sakunpak *et al.*, 2014) นอกจากนี้คนในท้องถิ่นยังนิยมนำพืชป่ามาช่วยในการรักษาโรคตามภูมิปัญญาชาวบ้าน เนื่องจากเป็นพืชที่อุดมไปด้วยสารพฤกษเคมี (phytochemicals) ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น สารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ กรดโพลีฟีนอล กรดซินนามิก กรดเบนโซอิก กรดแอสคอร์บิก แคโรทีนอยด์ โทโคฟีรอล และโทโคไตรอีนอล เป็นต้น สารเหล่านี้เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี ช่วยกำจัดอนุมูลอิสระในร่างกายโดยเฉพาะอนุมูลอิสระที่มีมูลเหตุจากออกซิเจน (reactive oxygen species: ROS) เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ไฮดรอกซิลเรดิคัล ($HO^\cdot$) เปอร์ออกซิลเรดิคัล ($ROO^\cdot$) และซูเปอร์ออกไซด์เรดิคัล ($O_2^\cdot$) รวมทั้งอนุมูลอิสระจากรังสี สารพิษ และมลพิษจากสิ่งแวดล้อม เป็นต้น (Krishnaiah *et al.*, 2007; Chaiyasut *et al.*, 2017; Sopittummakhun & Rattanasinganchan, 2017)

อนุมูลอิสระ (free radicals) คือโมเลกุลหรืออะตอมที่ไม่เสถียรอันเนื่องมาจากการขาดคู่อิเล็กตรอน (unpaired electron) ทำให้เกิดอิเล็กตรอนเดี่ยวที่มีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลอื่น ๆ โดยการรับอิเล็กตรอนจากสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) เข้ามาแทนที่โมเลกุลที่หายไป จึงทำให้เกิดสภาวะเป็นกลางและไม่เกิดเป็นอนุมูลอิสระอีก อย่างไรก็ตามการเกิดอนุมูลอิสระถือเป็นปฏิกิริยาถูกโซ่ ซึ่งอนุมูลอิสระสามารถเกิดขึ้นได้ในร่างกายและได้รับจากแหล่งภายนอก อนุมูลที่เกิดขึ้นในร่างกายส่วนหนึ่งจะถูกกำจัดโดยเอนไซม์ในร่างกาย และถ้าหากเกิดอนุมูลอิสระในปริมาณมากจะส่งผลทำให้เกิดการอักเสบในร่างกาย รวมถึงการเกิดโรคต่าง ๆ ตามมา (Dajanta *et al.*, 2019) ดังนั้นพืชที่เกิดขึ้นตามธรรมชาตินอกจากจะนำมาเพื่อประกอบอาหารแล้ว ยังนิยมนำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการป้องกันโรคต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ

อนุมูลอิสระหรือจากปฏิกิริยาออกซิเดชันอีกด้วย เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคมะเร็ง ความเสื่อมของระบบประสาท และโรคจากความชรา เป็นต้น (Willcox *et al.*, 2004)

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าพืช ผัก ผลไม้ และสมุนไพรที่พบในท้องถิ่นของประเทศไทย เป็นแหล่งของสารฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระชนิดต่าง ๆ สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (α -amylase) แอลฟา-กลูโคซิเดส (α -glucosidase) เอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (acetylcholinesterase) ได้ (Nanasombat *et al.*, 2019) และยังแสดงความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งต่าง ๆ เช่น มะเร็งลำไส้ (COLO 205) มะเร็งปากมดลูก (Hela) และมะเร็งตับ (HepG2) (Uthaisang & Khawsak, 2005; Prayong *et al.*, 2008) อย่างไรก็ตาม พบว่าส่วนต่าง ๆ ของพืช มักจะถูกนำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันออกไป ไม่ว่าจะเป็นการนำมาประกอบอาหารหรือนำมาทำเป็นยาสมุนไพรรักษาโรค ซึ่งพบว่าส่วนรากและใบอ่อนของพืชอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ โยอาหาร โปรตีน วิตามินซี เป็นแหล่งของสารแคโรทีนอยด์ ฟีนอลิก และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Sridonpai *et al.*, 2022) ส่วนใบของพืชนอกจากจะมีปริมาณสารฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์สูงแล้ว ยังมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูล DPPH และ ABTS และช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) และคอลลาจีเนส (collagenase) อันเป็นสาเหตุผิวหมองคล้ำและริ้วรอยเหี่ยวย่น (Chatatikun & Chiabchalard, 2017) และสามารถยับยั้งเอนไซม์ไลเปส (lipase) แอลฟา-อะไมเลส และแอลฟา-กลูโคซิเดส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคเบาหวานได้ (Kaewpiboon *et al.*, 2018) ส่วนของใบ ลำต้น และเหง้าพืชสมุนไพรไทย มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเกิดมะเร็งปอด (COR-L23) มะเร็งลำไส้ (LS-174T) และมะเร็งเต้านมได้ (MCF-7) (Itharat *et al.*, 2004) ส่วนดอกของพืชอุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและมีคุณสมบัติในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ (Kaisoon *et al.*, 2011) จะเห็นได้ว่าพืชอุดมไปด้วยสารอาหาร สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันออกไปตามชนิดและส่วนต่าง ๆ ของพืช ซึ่งในการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านยาหรืออื่น ๆ จำเป็นต้องระบุส่วนที่จะนำมาใช้ให้ชัดเจน

ประเทศไทยมีความหลากหลายทางชีวภาพของพืชป่าที่กินได้ที่น่าสนใจ โดยเฉพาะพืชที่นำส่วนดอกมารับประทานจากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าดอกขี้เหล็ก ดอกสะเดา ดอกแคนา ประกอบไปด้วยสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ และยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (Kaisoon *et al.*, 2011; Srakeaw *et al.*, 2021) ดอกตูมมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสในตับอ่อน และแอลฟา-กลูโคซิเดส (Arsakit *et al.*, 2020) ดอกกระเจียวประกอบไปด้วยสารฟีนอลิก มีฤทธิ์ต้านอนุมูล ABTS และอนุมูลไฮดรอกซิล ($\text{HO}^\bullet$) ทำหน้าที่เป็น Fe^{2+} -chelating agent และสามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งได้ (Srichamroen, 2017; Toume *et al.*, 2005) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยมีผืนป่าที่ยังคงความอุดมสมบูรณ์อยู่หลายแห่ง ซึ่งพื้นที่ป่าดงดิบนาสินวน อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม เป็นอีกหนึ่งพื้นที่ป่าที่มีความหลากหลายทางชีวภาพและเป็นแหล่งของพืชที่นิยมนำส่วนดอกมารับประทานที่มีตามฤดูกาล อย่างไรก็ตาม พบว่าข้อมูลคุณสมบัติของพืชป่ารับประทานดอกในการเป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่ได้มาจากการที่ดังกล่าวยังคงมีน้อย จึงมีความสนใจในการนำพืชป่ารับประทานดอกมาศึกษาเพื่อทราบข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของพืชดังกล่าวและเพื่อสามารถนำพืชไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มศักยภาพ

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ การยับยั้งเซลล์มะเร็ง และการยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคเบาหวานของพืชป่าที่รับประทานส่วนดอกทั้ง 6 ชนิด ประกอบไปด้วย ดอกแคป่า ดอกขี้เหล็ก ดอกกระเจียวแดง ดอกกระเจียวขาว ดอกสะเดา และดอกตั่ว ที่ได้จากผืนป่าตำบลนาสีนวน อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม โดยทำการวิเคราะห์สารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด วัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวม (Total antioxidant capacity; TAC) และด้วยวิธี 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) และ ferric reducing antioxidant power (FRAP) ศึกษาฤทธิ์การต้านเบาหวานของพืชโดยใช้วิธีการศึกษาการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส และแอลฟา-กลูโคซิเดส และทำการศึกษาความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งตับ (HepG2) และเซลล์มะเร็งเต้านม (MCF-7)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ตัวอย่างและการเตรียม

ตัวอย่างพืชที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ ได้มาจากป่าตำบลนาสีนวน อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม จำนวนทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ได้แก่ ดอกแคป่า ดอกขี้เหล็ก ดอกกระเจียวขาว ดอกกระเจียวแดง ดอกสะเดา และดอกตั่ว ดังแสดงใน Table 1 เก็บตัวอย่างในช่วงพฤษภาคม-สิงหาคม พ.ศ. 2562 ทำการระบุชนิดและส่วนที่นำไปใช้ของพืช และจัดเก็บตัวอย่างที่ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยนำเฉพาะส่วนของดอกที่นิยมนำมารับประทาน นำมาล้างทำความสะอาดและสะเด็ดน้ำก่อนนำตัวอย่างไปอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryer) (NPD Technology Co., Ltd., Thailand) ที่อุณหภูมิ 60 ± 2 องศาเซลเซียส จนได้ความชื้นไม่เกิน 12% ก่อนนำมาบดให้ละเอียดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

Table 1 Wild edible plant flowers used in this study

Common names	Family	Scientific names	Voucher specimen
Dok-kae-pa	Bignoniaceae	<i>Dolichandrone serrulata</i> (DC.) Seem.	FN201901
Dok-khi-lek (cassia)	Fabaceae	<i>Senna siamea</i> (Lam.) Irwin & Barneby	FN201902
Dok-kra-Jiew-daeng	Zingiberaceae	<i>Curcuma sessilis</i> Gage.	FN201903
Dok-kra-Jiew-khaw	Zingiberaceae	<i>Curcuma parviflora</i> Wall.	FN201904
Dok-sa-dao (neem)	Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i> A.Juss var. <i>siamensis</i> Veleton	FN201905
Dok-tew	Hypericaceae	<i>Cratoxylum formosum</i> (Jacq.) Benth. & Hook.f. ex Dyer	FN201906

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดำเนินการตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2000) ได้แก่

- การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (Binder, Germany) จนได้น้ำหนักคงที่
- การวิเคราะห์ปริมาณไขมันด้วยเครื่องสกัดไขมันซอกซ์เลท (Soxhlet extractor) (Buchi E-816, Switzerland) โดยใช้ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) ในการสกัดไขมันจากตัวอย่าง
- การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า นำตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ไปเผาในเตาเผาความร้อนสูง (Muffle furnace) (S1202PID, Thailand) ที่อุณหภูมิ 550 ± 2 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างเผาไหม้อย่างสมบูรณ์
- การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธีเจลดาร์ล นำตัวอย่างมาผ่านการย่อยให้สมบูรณ์ จากนั้นนำมาทำการกลั่นจนได้ไนโตรเจนด้วยเครื่องเจลดเทค (Kjeltec) (Gerhardt, Germany) ก่อนนำมาไตเตรทด้วยสารละลายบอริกและใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

- การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารแบบดั้งเดิม ย่อยตัวอย่างด้วย sulfuric acid (H_2SO_4) และ sodium hydroxide (NaOH) แล้วนำตัวอย่างเข้าเตาเผาความร้อนสูงที่อุณหภูมิ 550 ± 2 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างเผาไหม้อย่างสมบูรณ์

- การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต คำนวณโดย $100 - (\text{ความชื้น} + \text{โปรตีน} + \text{ไขมัน} + \text{เถ้า} + \text{เส้นใยอาหาร})$

3. การศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

- การสกัดตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์

การสกัดตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ อ้างอิงมาจากวิธีของ Aboshora *et al.* (2014) โดยมีการดัดแปลงบางส่วน ตัวอย่างพืชที่บดละเอียด 5 กรัม นำมาสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำไปสกัดโดยใช้เครื่องอัลตราโซนิก (Sonorex RK 100, Germany) เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำตัวอย่างเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า (Daihan Labtech, Model LSI- 1005R, Korea) ที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที แช่เย็นในอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปกรองโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman No.1) นำส่วนใสที่ได้ไปทำการระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องกลั่นระเหยภายใต้สุญญากาศ (Büchi R-114, Switzerland) ที่อุณหภูมิ 45 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และทำการละลายตัวอย่างกลับให้ได้ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (stock solution) จากนั้นเก็บตัวอย่างในขวดสีชาแช่ที่อุณหภูมิ -18 ± 2 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

- ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content; TPC)

การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ดัดแปลงมาจาก Iqbal *et al.* (2005) ปิเปตสารสกัดปริมาตร 20 ไมโครลิตร ลงในเฟลต 96 หลุม เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมสาร sodium bicarbonate ($NaHCO_3$) เข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 80 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วบ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องอ่านไมโครเพลต

(Microplate reader) (Spectrostar nano, Germany) รายงานปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg GAE/g dw)

- ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total flavonoid content; TFC)

การวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ดัดแปลงมาจาก Tian *et al.* (2016) ปิเปตสารสกัดปริมาตร 20 ไมโครลิตร และน้ำกลั่นปริมาตร 60 ไมโครลิตร เติมสารละลาย sodium nitrite (NaNO_2) เข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 10 ไมโครลิตร เติม aluminum chloride hexahydrate ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) เข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ทำการผสมให้เข้ากัน เติม NaOH เข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร รายงานปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg RE/g dw) และมิลลิกรัมสมมูลคาเทชินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg CE/g dw)

4. การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

- ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวม (Total antioxidant capacity; TAC)

วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวม ด้วยวิธีฟอสโฟโมลิบดีนัม (phosphomolybdenum) โดยมีการดัดแปลงมาจาก Prasad *et al.* (2010) เตรียมสารละลายโดยผสม H_2SO_4 ความเข้มข้น 0.6 โมลาร์ กับ sodium sulfate (Na_2SO_4) ความเข้มข้น 28 มิลลิโมลาร์ และ ammonium molybdate tetrahydrate [$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$] ความเข้มข้น 4 มิลลิโมลาร์ ลงในขวดปรับปริมาตรที่มีน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จากนั้นปรับด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร ปิเปตสารสกัดตัวอย่าง ปริมาตร 20 ไมโครลิตร เติมสารละลายที่เตรียมไว้ ปริมาตร 180 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 80 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 695 นาโนเมตร รายงานผลในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลทริล็อกซ์ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg TE/g dw) และหน่วยมิลลิกรัมสมมูลวิตามินซีต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg VCE/g dw) และมิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg GAE/g dw)

- วิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging (DPPH assay)

วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยดัดแปลงมาจากวิธีของ Dasgupta & De (2004) เริ่มจากการปิเปตสารสกัดปริมาตร 20 ไมโครลิตร จากนั้นเติมสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 180 ไมโครลิตร บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร รายงานผลในหน่วย mg TE/g dw, mg VCE/g dw และ mg GAE/g dw

- วิธี 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid radical scavenging (ABTS assay)

วิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ที่ดัดแปลงจาก Re *et al.* (1999) ปิเปตสารสกัดปริมาตร 20 ไมโครลิตร เติมสารละลายอนุมูล ABTS^{•+} (เตรียมโดย ABTS เข้มข้น 7.0 มิลลิโมลาร์ กับ potassium persulfate ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) เข้มข้น 2.45 มิลลิโมลาร์ ในอัตราส่วน 1:1 นำไปบ่มในที่มืด เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จะได้อนุมูล ABTS^{•+} ที่มีสีฟ้าเขียว) ปริมาตร 180 ไมโครลิตร บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร รายงานผลในหน่วย mg TE/g dw, mg VCE/g dw และ mg GAE/g dw

- วิธี Ferric-reducing antioxidant power assay (FRAP)

วิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี FRAP ทำการดัดแปลงมาจาก Wei *et al.* (2011) สารละลาย FRAP เตรียมโดยผสม(สาร A) acetate buffer pH 3.6 ความเข้มข้น 300 มิลลิโมลาร์ 2,2-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid diammonium salt; TPTZ ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ใน hydrochloric acid (HCl) เข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ (สาร B) และ Iron(III) chloride hexahydrate ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ (สาร C) ในอัตราส่วน (10:1:1 โดยปริมาตร) ผสมให้เข้ากันแล้วบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ปิเปตสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 20 ไมโครลิตร เติมสารละลาย FRAP ปริมาตร 180 ไมโครลิตร บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 นาโนเมตร รายงานผลในหน่วยมิลลิกรัมเฟอร์รัสซัลเฟตต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ($\text{mg FeSO}_4/\text{g dw}$) และในหน่วย mg TE/g dw

5. การศึกษาผลของสารสกัดพืชป่ารับประทานดอกต่อการยับยั้งเซลล์มะเร็งในหลอดทดลอง

- การเพาะเลี้ยงและการเตรียมเซลล์

เซลล์มะเร็งเต้านม MCF-7 ATCC[®] HTB-22[™] (human breast adenocarcinoma) และเซลล์มะเร็งตับ HepG2 ATCC[®] HB-8065[™] (human hepatocellular carcinoma) ได้มาจาก American Type Culture Collections (ATCC, Manassas, VA, USA) ทำการเพาะเลี้ยงเซลล์มะเร็งทั้ง 2 ชนิด โดยใช้อาหาร Dulbecco's Modified Eagle's Medium (DMEM) ที่ผสมด้วย fetal bovine serum ความเข้มข้นร้อยละ 10 สารละลาย penicillin เข้มข้น 100 ยูนิตต่อมิลลิลิตร และ streptomycin เข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในขวดเพาะเลี้ยงเซลล์ และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีก๊าซ CO_2 ความเข้มข้นร้อยละ 5

- การทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดต่อเซลล์มะเร็ง (Cytotoxicity)

การทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดต่อเซลล์มะเร็งเต้านม (MCF-7) และเซลล์มะเร็งตับ (HepG2) ด้วยวิธี MTT 3-(4, 5-dimethylthiazolyl)-2, 5-diphenyltetrazolium bromide) หรือ MTT assay ตามวิธีของ Buranrat *et al.* (2017a, 2017b) โดยมีการดัดแปลงเล็กน้อย ทำการปิเปตเซลล์มะเร็งที่มีความเข้มข้น 5×10^3 เซลล์ต่อหลุม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีก๊าซ CO_2 ความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารสกัดที่ความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร บ่มที่สภาวะเดิมเป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เติมสารละลาย MTT ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ที่ละลายด้วย Phosphate-buffered saline (PBS) pH 7.2 ปริมาตร 20 ไมโครลิตร บ่มที่สภาวะเดิมเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นทำการแทนที่สารสกัดที่มีสารละลาย MTT ด้วย Dimethyl sulfoxide (DMSO) ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ปิเปตขึ้นลงเพื่อทำการละลายผลึกของฟอร์มazan (formazan) ให้อยู่ในรูปสารละลายสีม่วง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ด้วยเครื่องไมโครเพลท (Microplate reader M965, Mastertech, Taiwan) คำนวณหาค่าความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง ถ้า % cytotoxicity < 50% แสดงว่าไม่เป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง (Non-cytotoxic) ถ้า % cytotoxicity $\geq$ 50% แสดงว่าเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง (cytotoxic) (Matra *et al.*, 2021)

$$\% \text{Cytotoxicity} = \frac{(A-B)}{A} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ไม่เติมสารสกัด

B คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีการเติมสารสกัด

6. การศึกษาผลของสารสกัดพืชป่ารับประทานดอกต่อการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคเบาหวานในหลอดทดลอง

- กิจกรรมการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส

ศึกษาการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ดำเนินการตามวิธีของ Kazeem *et al.* (2013) โดยมีการดัดแปลงเล็กน้อย ปิเปตสารสกัดที่ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตร เติม phosphate buffer pH 7 ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (30 ยูนิตต่อมิลลิลิตร) ปริมาตร 20 ไมโครลิตร นำไปป่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาเติมสารละลายแบ่ง ความเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาตร 50 ไมโครลิตร นำไปป่มอีกครั้งที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เติมสารละลาย Dinitrosalicylic acid (DNS) ปริมาตร 125 ไมโครลิตร ทำการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานอะคาร์โบส (Acarbose) รายงานผลเป็นร้อยละการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส

$$\% \alpha - \text{amylase inhibition} = \frac{(A-B)}{A} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ไม่เติมสารสกัด

B คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีการเติมสารสกัด

- กิจกรรมการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส

ศึกษาการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส ตามวิธีของ Zhang *et al.* (2016) โดยมีการดัดแปลงเล็กน้อย ปิเปตสารสกัดที่ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตร เติม phosphate buffer pH 7 ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร เติมเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส (5 ยูนิตต่อมิลลิลิตร) ที่ละลายใน phosphate buffer pH 7 ปริมาตร 50 ไมโครลิตร นำไปป่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเติมสารละลาย p-Nitrophenyl-D-glucopyranoside (pNPG) ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร นำไปป่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เติมสารละลาย sodium carbonate (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 250 ไมโครลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 405 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานอะคาร์โบส รายงานผลเป็นร้อยละการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส

$$\% \alpha - \text{glucosidase inhibition} = \frac{(A-B)}{A} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ไม่เติมสารสกัด
B คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีการเติมสารสกัด

7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ด้วยวิธี Pearson's correlation ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS Version 25 (Trial program)

ผลการวิจัย

1. องค์ประกอบทางเคมีของพืชป่ารับประทานดอก

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในพืชป่ารับประทานดอก แสดงผลดัง Table 2 พบว่าพืชป่ารับประทานดอกต่างชนิดกัน มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เกลือ เกล็ดใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบปริมาณโปรตีน เกล็ดใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรตในปริมาณสูง และมีปริมาณไขมันต่ำ

Table 2 Chemical compositions of wild edible plant flowers

Plants	%Moisture	%Protein	%Fat	%Ash	%Fiber	%Available carbohydrate
Dok-kae-pa	7.35±0.07 ^c	12.39±0.07 ^f	2.47±0.04 ^b	4.86±0.03 ^e	29.87±0.25 ^a	43.05±0.31 ^d
Dok-khi-lek	7.42±0.18 ^c	16.45±0.20 ^e	1.35±0.05 ^e	6.08±0.07 ^d	15.83±0.05 ^b	52.87±0.33 ^a
Dok-kra-Jiew-daeng	9.45±0.27 ^a	19.40±0.14 ^c	3.80±0.08 ^a	10.62±0.01 ^b	15.84±0.29 ^b	40.89±0.63 ^e
Dok-kra-Jiew-khaw	8.37±0.11 ^b	18.46±0.46 ^d	1.93±0.04 ^c	16.65±0.09 ^a	15.07±0.08 ^c	39.52±0.70 ^f
Dok-sa-dao	7.38±0.06 ^c	31.04±0.32 ^a	1.78±0.03 ^d	7.30±0.02 ^c	7.82±0.21 ^e	44.68±0.15 ^c
Dok-tew	8.62±0.03 ^b	20.62±0.17 ^b	1.87±0.03 ^c	4.43±0.49 ^f	14.25±0.40 ^d	50.22±0.07 ^b

a, b, c, d Different letters in the same column represent significant differences ($p \leq 0.05$) and results are expressed as mean ± standard deviation (SD)

2. ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชป่ารับประทานดอก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชป่ารับประทานดอก แสดงผลดัง Table 3 พบว่าพืชป่ารับประทานดอกต่างชนิดมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าดอกกระเจียวขาวมีปริมาณสารฟีนอลิกสูงสุด ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับดอกตั่ว ในขณะที่ดอกขี้เหล็กและดอกแคป่ามีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดน้อยที่สุดและไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ดอกขี้เหล็กมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงสุด ในขณะที่ดอกแคป่ามีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดน้อยที่สุด

Table 3 Phytochemicals of wild edible plant flowers

Plants	TPC	TFC	
	(mg GAE/g dw)	(mg RE/g dw)	(mg CE/g dw)
Dok-kae-pa	33.41±1.70 ^d	0.59±0.04 ^f	2.28±0.14 ^f
Dok-khi-lek	32.34±0.66 ^d	7.35±0.02 ^a	27.59±0.06 ^a
Dok-kra-Jiew-daeng	47.52±1.15 ^c	1.96±0.08 ^c	7.40 ±0.30 ^c
Dok-kra-Jiew-khaw	66.53±2.72 ^a	1.73±0.06 ^d	6.58±0.22 ^d
Dok-sa-dao	55.73±1.02 ^b	5.82±0.01 ^b	21.86±0.03 ^b
Dok-tew	66.32±3.20 ^a	1.16±0.10 ^e	4.41±0.38 ^e

a, b, c, d Different letters in the same column represent significant differences ($p \leq 0.05$) and results are expressed as mean ± standard deviation (SD)

3. ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของพืชป่ารับประทานดอก

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างพืชป่ารับประทานดอก แสดงผลดัง Table 4 และ Table 5 พบว่าพืชป่ารับประทานดอกต่างชนิดกัน มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี TAC, DPPH, ABTS และ FRAP แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดอกขี้เหล็กมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยรวม (TAC) สูงสุด และดอกกระเจียวแดงมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวมน้อยสุด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าดอกสะเดามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูล DPPH สูงสุด ในขณะที่ดอกกระเจียวแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH น้อยที่สุด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS พบว่าดอกสะเดามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูล ABTS สูงสุด ในขณะที่ดอกกระเจียวแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS น้อยที่สุด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP พบว่าดอกตั่วมีความสามารถในการรีดิวซ์สารเฟอร์ริกได้สูงสุด ในขณะที่ดอกกระเจียวขาวและดอกแคป่ามีค่า FRAP น้อยที่สุด



Table 4 Total antioxidant capacity of wild edible plant flowers

Plants	Total antioxidant capacity (TAC)		
	(mg TE/g dw)	(mg VCE/g dw)	(mg GAE/g dw)
Dok-kae-pa	84.60±2.02 ^b	99.38±2.67 ^b	51.96±1.39 ^b
Dok-khi-lek	99.16±2.34 ^a	118.58±3.08 ^a	62.02±1.61 ^a
Dok-kra-Jiew-daeng	57.29±2.10 ^d	63.40±2.77 ^d	33.11±1.45 ^d
Dok-kra-Jiew-khaw	81.63±2.69 ^b	95.47±3.55 ^b	49.91±1.87 ^b
Dok-sa-dao	73.41±2.73 ^c	84.64±3.59 ^c	44.23±1.88 ^c
Dok-tew	60.29±2.06 ^d	67.35±2.72 ^d	35.18±1.42 ^d

a, b, c, d Different letters in the same column represent significant differences ($p \leq 0.05$) and results are expressed as mean $\pm$ standard deviation (SD)

Table 5 Antioxidant activity of wild edible plant flowers using DPPH, ABTS and FRAP assays

Plants	DPPH			ABTS			FRAP	
	(mg TE/ g dw)	(mg VCE/ g dw)	(mg GAE/ g dw)	(mg TE/ g dw)	(mg VCE/ g dw)	(mg GAE/ g dw)	(mg TE/ g dw)	(mg FeSO ₄ / g dw)
Dok-kae-pa	20.52±1.77 ^c	26.65±1.97 ^c	15.60±1.27 ^c	15.29±0.69 ^c	15.96±0.73 ^c	10.86±0.54 ^c	13.45±0.49 ^d	19.74±0.71 ^c
Dok-khi-lek	27.39±0.55 ^b	34.28±0.61 ^b	20.54±0.39 ^b	14.53±0.33 ^c	15.55±0.26 ^c	10.26±0.26 ^c	18.62±0.27 ^b	27.08±1.47 ^b
Dok-kra-Jiew-daeng	7.76±0.14 ^e	12.49±0.15 ^e	6.43±0.10 ^e	5.23±0.18 ^e	5.59±1.03 ^d	2.97±0.14 ^d	17.47±0.31 ^c	27.89±0.15 ^b
Dok-kra-Jiew-khaw	10.24±0.38 ^d	15.24±0.42 ^d	8.21±0.27 ^d	16.37±0.42 ^b	17.09±0.45 ^b	11.71±0.33 ^b	13.31±0.08 ^d	19.54±0.12 ^c
Dok-sa-dao	31.36±0.05 ^a	38.69±0.06 ^a	23.40±0.04 ^a	18.38±0.64 ^a	18.88±0.11 ^a	13.28±0.51 ^a	17.20±0.36 ^c	26.84±2.88 ^b
Dok-tew	28.85±1.00 ^b	35.91±1.11 ^b	21.60±0.72 ^b	13.58±0.65 ^d	18.08±0.72 ^{ab}	12.44±0.54 ^b	28.90±0.74 ^a	42.01±1.06 ^a

a, b, c, d Different letters in the same column represent significant differences ($p \leq 0.05$) and results are expressed as mean $\pm$ standard deviation (SD)

4. ผลของสารสกัดพืชป่ารับประทานดอกต่อการยับยั้งเซลล์มะเร็งในหลอดทดลอง

ผลของสารสกัดต่อความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งเต้านม (MCF-7) และเซลล์มะเร็งตับ (HepG2) แสดงดัง Figure 1 พบว่าสารสกัดจากพืชต่างชนิดกันมีความสามารถในการยับยั้งเซลล์มะเร็งหรือแสดงความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งทั้งสองชนิด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อทำการบ่มที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้นจาก 24 ชั่วโมง เป็น 48 ชั่วโมง และ 72

ข้าวโหม่ง พบว่าสารสกัดจากดอกสะเดามีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งเต้านม (MCF-7) สูงสุด เท่ากับร้อยละ 30.88, 78.48 และ 88.05 ในขณะที่ดอกตูมมีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งเต้านม (MCF-7) น้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 22.13, 27.40 และ 21.52 ดอกขี้เหล็กมีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งตับ (HepG2) สูงสุด เท่ากับร้อยละ 85.33, 88.29 และ 87.17 ในขณะที่ดอกตูมมีค่าความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งตับ (HepG2) น้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 24.83, 27.09 และ 40.13 ตามลำดับ

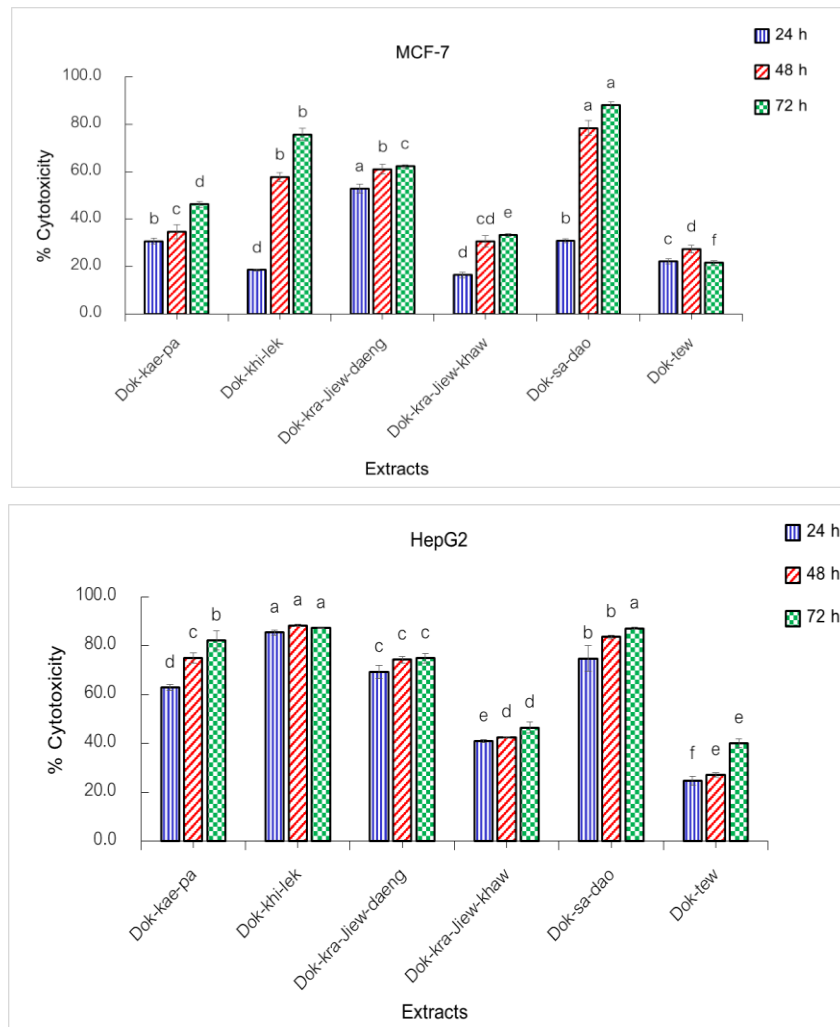


Figure 1 Cytotoxicity of different wild edible plant flower extracts (500 µg/mL) on MCF-7 and HepG2 cancer cell lines at incubation time for 24 h, 48 h and 72 h using MTT assays. ^{a, b, c, d} Different letters in the same bar graphs represent significant differences ($p \leq 0.05$) and results are expressed as mean $\pm$ standard deviation (SD)

5. การศึกษาพื้นฐานวิทยาของเซลล์มะเร็ง

ตัวอย่างพื้นฐานวิทยาของมะเร็งเต้านม (MCF-7) และเซลล์มะเร็งตับ (HepG2) ที่ได้รับสารสกัดจากพืชป่า รับประทานดอก บ่มที่ 24 ชั่วโมง แสดงดัง Figure 2 พบว่าเซลล์มะเร็งเต้านม (MCF-7) และเซลล์มะเร็งตับ (HepG2) ที่ได้รับ สารสกัดจากพืชรับประทานดอกมีจำนวนลดลงและลักษณะของเซลล์มีขนาดเล็กลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

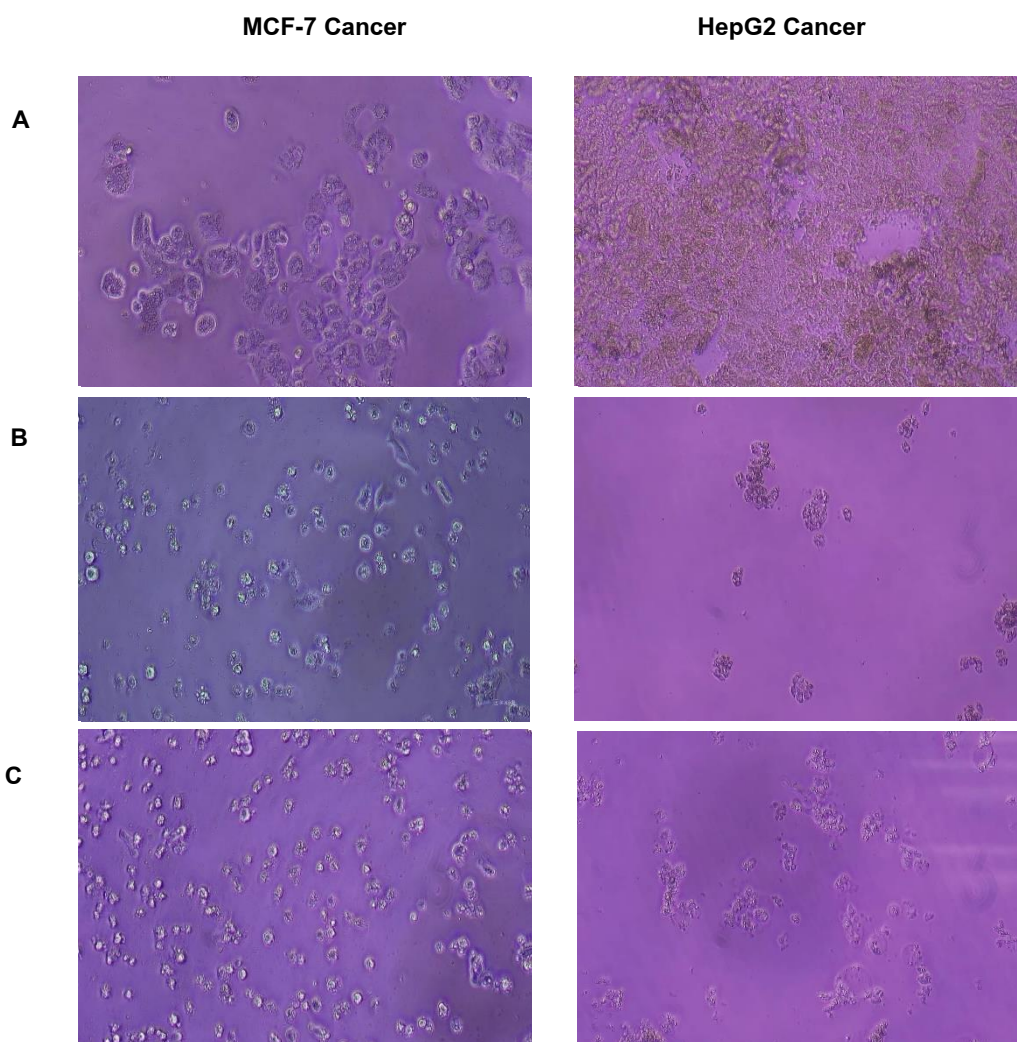


Figure 2 Cell morphology of (A) Contol, (B) Dok-khi-lek, (C) Dok-sa dao extracts (500 µg/mL) on MCF-7 and HepG2 cancer cell lines at incubation time for 24 h. Cell morphology was determined using inverted light Microscope at magnifications of 400x

6. ผลของสารสกัดพืชป่ารับประทานดอกต่อการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคเบาหวานใน

หลอดทดลอง

สารสกัดจากพืชป่ารับประทานดอกต่างชนิดกันส่งผลต่อการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและแอลฟา-กลูโคซิเดสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดัง Figure 3 สารมาตรฐานอะคาร์โบสิมมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสสูงสุด เท่ากับร้อยละ 92.82 และเมื่อเปรียบเทียบชนิดพืชต่อการยับยั้งเอนไซม์ พบว่าสารสกัดจากดอกสะเดามีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสสูงกว่าพืชดอกชนิดอื่น มีค่าเท่ากับร้อยละ 38.92 ในขณะที่ดอกกระเจียวขาวยับยั้งเอนไซม์ได้น้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 5.92 สำหรับการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส พบว่าสารมาตรฐานอะคาร์โบสิมมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส เท่ากับร้อยละ 88.69 และเมื่อเปรียบเทียบชนิดพืชต่อการยับยั้งเอนไซม์ พบว่าสารสกัดจากดอกขี้เหล็กมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสสูงกว่าพืชดอกชนิดอื่น มีค่าเท่ากับร้อยละ 42.80 และไม่แตกต่างทางสถิติกับดอกสะเดา ($p > 0.05$) เท่ากับร้อยละ 42.68 ในขณะที่ดอกตัวมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ได้น้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 15.13

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณองค์ประกอบทางเคมี พบว่าพืชป่ารับประทานดอกชนิดต่าง ๆ ที่นำมาศึกษาเป็นแหล่งของสารอาหารที่น่าสนใจ โดยเฉพาะสารอาหารประเภทโปรตีน เส้นใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรตซึ่งมีปริมาณสูง และมีปริมาณไขมันต่ำ ทั้งนี้ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีขึ้นอยู่กับชนิดของพืช สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kantadoun et al. (2017) พบว่าพืชที่นำส่วนดอกมารับประทานได้จำนวน 11 ชนิด ในภาคเหนือของประเทศไทย มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงสุด รองลงมาได้แก่เส้นใยอาหารและโปรตีน ในขณะที่มีไขมันและเถ้าในปริมาณน้อย

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารฟีนอลิกทั้งหมด พบว่ามีปริมาณสูงในดอกตัว ดอกกระเจียวขาว และดอกสะเดา ส่วนสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด พบปริมาณสูงในดอกขี้เหล็กและดอกสะเดา จะเห็นได้ว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีปริมาณแตกต่างกัน อาจขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและองค์ประกอบของสารในตัวอย่างที่พืชสังเคราะห์ตามธรรมชาติ สอดคล้องกับ Liu et al. (2022) ระบุว่าปริมาณสารฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์ในพืชแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับส่วนของพืชที่นำมาศึกษา ระยะเวลาการเจริญเติบโต การสุ่มตัวอย่าง วิธีการทดลอง การสังเคราะห์ทางชีวภาพของพืช และโครงสร้างของสารประกอบ รวมถึงปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมอีกด้วย และจากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าพืชต่างชนิดกันมีปริมาณสารฟีนอลิกแตกต่างกัน โดยดอกสะเดา ดอกชมจันทร์ ดอกดิน ดอกโสน ดอกข้าวสาร ดอกนางแล และดอกแค มีปริมาณสารฟีนอลิก เท่ากับ 740.50, 171.26, 105.41, 80.67, 56.32, 54.13, 44.69 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Dajanta et al., 2019) ปริมาณสารฟฤษเคมีที่ได้จากพืชขึ้นอยู่กับส่วนของพืชที่ใช้ (ใบ ลำต้น เมล็ด ราก) แล้วยังขึ้นอยู่กับตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดตัวอย่าง ซึ่งอาจส่งผลต่อองค์ประกอบของสารสกัดแต่ละชนิด โดยพบว่าการใช้สารสกัดเมทานอล-น้ำ ส่งผลให้ได้ปริมาณสารฟฤษเคมีสูงกว่าการใช้สารเอทิลอะซิเตต (EtAOc) และเอ็น-บิวทานอล (n-BuOH) (Laoufi et al., 2017) การใช้ตัวทำละลายเมทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 80 ร่วมกับเครื่องอัลตราโซนิกเพื่อสกัดตัวอย่าง พบว่ามีปริมาณสารโพลีฟีนอล

สารฟลาโวนอยด์ และมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการใช้เอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 70 ร่วมกับเครื่องอัลตราโซนิก (Aboshora *et al.*, 2014) นอกจากนี้ยังพบว่าการทำแห้งดอกไม้ที่รับประทานได้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์แตกต่างกัน (Dorozko *et al.*, 2019) โดยการทำแห้งตัวอย่างพืชด้วยการอบลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง มีปริมาณสารฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS สูงกว่าการใช้อุณหภูมิสูงในการทำแห้งตัวอย่าง (Jansuna *et al.*, 2020) เป็นต้น

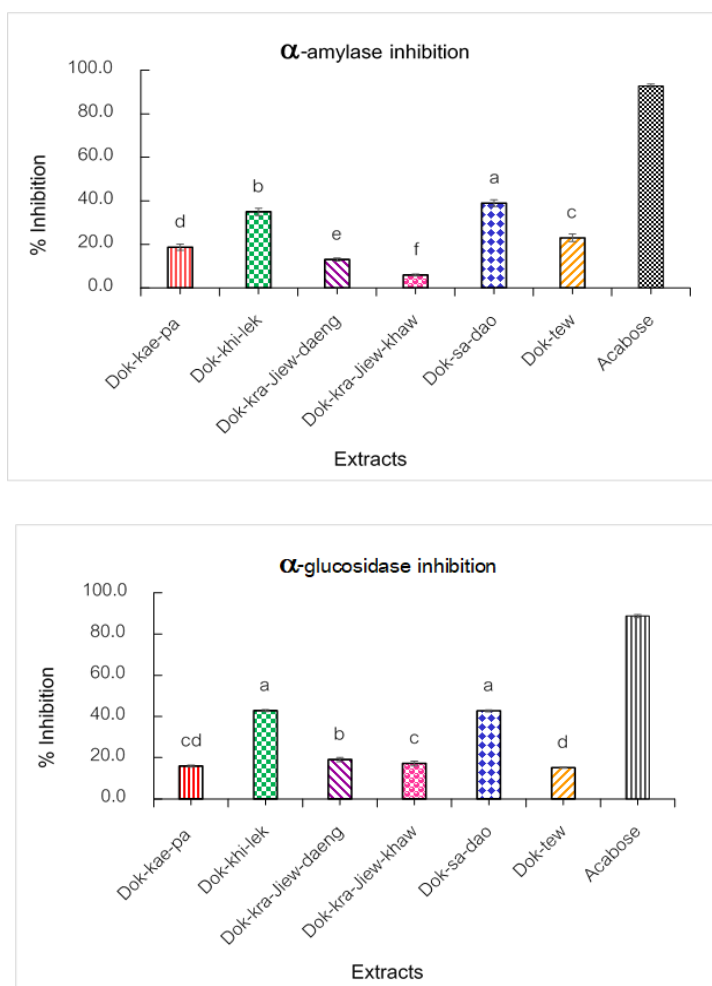


Figure 3 % α -amylase and % α -glucosidase inhibitions of diferent wild edible plant flower extracts at concentration of 2 mg/mL. ^{a, b, c, d} Different letters in the bar graphs represent significant differences ($p \leq 0.05$) and results are expressed as mean $\pm$ standard deviation (SD)

ในการศึกษานี้ได้ทำการควบคุมปัจจัยที่จะส่งผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น การเก็บตัวอย่างในเขตพื้นที่เดียวกัน ลักษณะของตัวอย่างแบบเดียวกัน การใช้ชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้นสารเดียวกัน รวมถึงวิธีการสกัดตัวอย่างแบบเดียวกัน ซึ่งได้เลือกใช้การอบแห้งตัวอย่างพืชด้วยการอบลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส และใช้ตัวทำละลายเมทานอลที่มีความเข้มข้นร้อยละ 80 ในการสกัดตัวอย่าง ดังนั้นปัจจัยที่อาจส่งผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพทั้งสองชนิด ได้แก่ ชนิดและสายพันธุ์พืชที่ต่างกัน และองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่งที่พืชสังเคราะห์ขึ้นเอง

กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าสารสกัดจากดอกขี้เหล็กมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวม (TAC) สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่น ๆ สารสกัดจากดอกสะเดามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูล DPPH และ ABTS สูงที่สุด ในขณะที่ดอกตูมมีค่า FRAP สูงสุด ความแตกต่างในกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS กับ FRAP ในพืชป่ารับประทานดอกชนิดต่าง ๆ อาจเกิดจากความแตกต่างในองค์ประกอบและกลไกการออกฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธีการทดสอบ DPPH และ ABTS จะใช้ในการวัดความสามารถในการให้อิเล็กตรอนหรืออะตอมไฮโดรเจนเป็นหลัก ซึ่ง DPPH เป็นอนุมูลในโตรเจนที่มีความคงตัวและมีสีม่วง ส่วน ABTS เป็นสารอนุมูลอิสระที่มีสีฟ้าเขียว (Manok & Limcharoen, 2015) ในขณะทำการทดสอบ FRAP จะเป็นการวัดความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการรับอิเล็กตรอนอิสระ (reducing agent) โดยเมื่อทำปฏิกิริยากับสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก Fe^{3+} -TPTZ (ferric tripyridyl triazine) ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก Fe^{2+} -TPTZ (ferrous tripyridyl triazine) เป็นสารที่ให้สีน้ำเงิน (Loypimai, 2011) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น สารฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์ สามารถส่งผลโดยตรงต่อการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS (Pérez-Jiménez & Saura-Calixto, 2008) สอดคล้องกับผลการทดลองใน Table 3 ที่พบว่าดอกสะเดาและดอกขี้เหล็กซึ่งมีปริมาณสารฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์สูง ส่งผลให้มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ได้สูงเช่นกัน จากการศึกษาของ Kaisoon *et al.* (2011) พบว่าดอกขี้เหล็กมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณฟลาโวนอยด์สูง ส่งผลต่อความสามารถในการยับยั้งอนุมูล DPPH ได้สูงถึงร้อยละ 97.64 และมีค่า FRAP เท่ากับ 7.30 มิลลิโมลเฟอรรัสซัลเฟตต่อ 100 กรัม เช่นเดียวกับ Areekul & Phomkaivon (2015) พบว่าดอกสะเดาและดอกขี้เหล็กที่ผ่านการทำแห้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH, ABTS และ FRAP ที่ดี ทั้งนี้ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของพืชที่ต่างกัน เนื่องมาจากชนิดของพืช ปริมาณสาร และโครงสร้างทางเคมีของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ต่างกัน รวมไปถึงกลไกการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH, ABTS และ FRAP ได้แตกต่างกัน (Jayawardena *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2014) จากผลการทดลองในครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระมีแนวโน้มสูงเมื่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูง ซึ่งเมื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชป่ารับประทานดอกกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าปริมาณสารฟลาโวนอยด์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการต้านอนุมูล DPPH ($r = 0.527, p \leq 0.01$) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวม (TAC) ($r = 0.558, p \leq 0.01$) ในขณะที่สารฟีนอลิกแสดงความสัมพันธ์เชิงลบกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวม (TAC) ($r = -0.565, p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับโครงสร้างและชนิดของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ตลอดจนกลไกการออกฤทธิ์ของสารประกอบฟีนอล ที่สามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มของกรดฟีนอลิก กลุ่มฟลาโวนอยด์ และอื่น ๆ โดยโครงสร้างจะประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) และมีกลุ่มไฮดรอกซิล (-OH group) อย่างน้อย

หนึ่งกลุ่มเกาะอยู่ก้นบึงแหวน จึงสามารถให้ไฮโดรเจนอะตอมหรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระทำให้อนุมูลอิสระเป็นกลางหรือเกิด ความเสถียร และยังช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาถูกโซ่ของสารออกซิเดชันจากไขมันและยังช่วยป้องกันไม่ให้สารไฮโดรเปอร์ ออกไซด์เข้าสู่ปฏิกิริยาที่อนุมูลอิสระเกิดจากออกซิเจน (ROS) (Dedvisitsakul, & Watla-lad, 2022) นอกจากนี้ประสิทธิภาพ การต้านอนุมูลอิสระอาจมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างของสารฟีนอลิก โดยรูปแบบการจัดเรียงโครงสร้างของสารบางรูปแบบ อาจส่งผลต่อการขัดขวางความสามารถในการเกิดปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระได้ (Amorati & Valgimigli, 2012)

การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งของสารสกัดจากพืชป่ารับประทานดอก ด้วยวิธี MTT เป็นการตรวจการ ทำงานของเอนไซม์ซักซิเนต ดีไฮโดรจีเนส (succinate dehydrogenase) ซึ่งจะเปลี่ยนเกลือเตตราโซเลียม (tetrazolium salt) ให้อยู่ในรูปของผลึกฟอรมาซานด้วยปฏิกิริยารีดักชันเกิดเป็นผลึกสีม่วงที่ไม่ละลายน้ำ แต่สามารถละลายได้ใน DMSO ความ เข้มของสีม่วงจะแปรผันตรงกับจำนวนเซลล์ที่มีชีวิต สีที่จางลงแสดงว่าจำนวนเซลล์ลดลงหรือถูกยับยั้งได้ดี (Thophon *et al.*, 2016) ในการศึกษาเลือกทดสอบสารสกัดพืชในเซลล์มะเร็งเต้านม (MCF-7) และเซลล์มะเร็งตับ (HepG2) เนื่องจากพบว่าใน ประเทศไทย มะเร็งตับเป็นมะเร็งที่พบมากที่สุดในเพศชายและมะเร็งเต้านมพบมากที่สุดในเพศหญิง (National Cancer Institute Department of Medical Services Ministry of Public Health Thailand, 2020) และจากผลการทดสอบความ เป็นพิษของสารสกัดต่อเซลล์มะเร็งเต้านม (MCF-7) และเซลล์มะเร็งตับ (HepG2) พบว่าสารสกัดของพืชป่ารับประทานดอก ต่างชนิดกัน สามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งทั้งสองชนิดได้แตกต่างกัน และเมื่อระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาของสารสกัดทุกตัวอย่าง เพิ่มขึ้น พบว่าการยับยั้งเซลล์มะเร็งทั้งสองชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่มากนัก เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสารออกฤทธิ์ ทางชีวภาพกับความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งทั้งสองชนิด พบว่าสารฟลาโวนอยด์แสดงความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเป็นพิษต่อ เซลล์มะเร็ง MCF-7 ($r = 0.677, p \leq 0.01$) และ HepG2 ($r = 0.553, p \leq 0.01$) ในขณะที่สารฟีนอลิกแสดงความสัมพันธ์เชิงลบ กับความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง MCF-7 ($r = -0.204, p > 0.05$) และ HepG2 ($r = -0.755, p \leq 0.01$) ทั้งนี้ฤทธิ์การยับยั้ง เซลล์มะเร็งของสารสกัดพืชแตกต่างกัน อาจขึ้นอยู่กับปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในพืช เช่น ปริมาณสารฟีนอลิกและ สารฟลาโวนอยด์ที่สูงอาจจะส่งผลต่อความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งได้ (Sharma *et al.*, 2022; Tuli *et al.*, 2023) นอกจากนี้ อาจขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและเซลล์ที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งจากการศึกษาสารสกัดจากพืชตระกูล Asteraceae พบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด โดยสารสกัดโกลเด้นรูด (goldenrod) ที่มี ฟลาโวนอยด์ในปริมาณสูง สามารถยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์อย่างชัดเจน (Sowa *et al.*, 2020) ในลักษณะเดียวกัน สารสกัดจากใบเบอร์รี่ (berry leaves) แสดงศักยภาพสูงในการต้านอนุมูลอิสระและพบว่ามีสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณ ฟีนอลิกที่พบในสารสกัด อย่างไรก็ตามแม้ว่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระจะสัมพันธ์กับปริมาณสารฟีนอลิก แต่ผลต่อความเป็นพิษ ต่อเซลล์แตกต่างกันไปในแต่ละชนิดของเซลล์ (Ziemlewska *et al.*, 2021) จากการศึกษาพืชสมุนไพรที่รับประทานได้ ได้แก่ สารสกัดจากกระโดน (*Careya sphaerica*) สะเดา (*Azadirachta indica*) พริกไทย (*Piper nigrum*) เพกา (*Oroxylum indicum*) พบว่าสามารถยับยั้งการเกิดมะเร็งเต้านม (MCF-7) ได้ โดยพริกไทยมีประสิทธิภาพการลดการเกิดมะเร็งเต้านมได้ สูงสุด (Buranrat *et al.*, 2020) สารสกัดจากผักพื้นบ้านไทยมีฤทธิ์ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งแตกต่างกัน โดยสารสกัดจาก ดอกกระเจียว และส่วนดอกและยอดอ่อนของสะเดานั้น มีฤทธิ์การยับยั้งเซลล์มะเร็งต่อมลูกหมาก (PC3) และมะเร็งเต้านม

(MCF-7) ได้ และเมื่อเปรียบเทียบตัวทำลายที่ใช้สกัดพืช พบว่าการใช้สารเอทานอลในการสกัดตัวอย่างส่งผลต่อฤทธิ์การยับยั้งเซลล์มะเร็งได้ดีกว่าการใช้ น้ำ (Ruangnoo *et al.*, 2019) จากการศึกษาครั้งนี้จะเห็นว่าดอกขี้เหล็กและดอกสะเดาแสดงความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งทั้งสองชนิดได้สูงกว่าสารสกัดชนิดอื่น และสัณฐานวิทยาของมะเร็งเต้านม (MCF-7) และเซลล์มะเร็งตับ (HepG2) ที่ได้รับสารสกัดบ่มที่ 24 ชั่วโมง พบว่าเซลล์มีจำนวนลดลงและลักษณะของเซลล์มีขนาดเล็กลง ซึ่งการหดตัวของเซลล์แสดงถึงลักษณะการตายแบบอะพอพโทซิส (apoptosis) และยังพบว่าเซลล์มะเร็งทั้ง 2 ชนิดมีการหดแฟบของเซลล์ (cell shrinkage) และผิวเซลล์มีการโป่งพอง (membrane blebbing) มีการรวมตัวอัดแน่นของออร์แกเนลภายในเซลล์ (organelle condensation) ซึ่งมองเห็นเป็นลักษณะเป็นจุดสีดำอยู่ภายในเซลล์ ขอบเขตของเซลล์ไม่ชัดเจน และมีลักษณะเซลล์ที่แยกจากกันเป็นเม็ดเล็ก ๆ สอดคล้องกับ Schumacher *et al.* (2011) พบว่าสารสกัดจากสะเดามีฤทธิ์เหนี่ยวนำให้เซลล์มะเร็งเกิดกระบวนการอะพอพโทซิสผ่าน Nuclear factor- κ B (NF- κ B) โดยยับยั้ง nuclear translocation NF- κ B p50/p65 heterodimer และ I κ B (I κ B kinase) ดังนั้นอาจจะเป็นไปได้ที่สารสกัดดอกขี้เหล็กและดอกสะเดาจะส่งผลต่อการตายของเซลล์มะเร็งแบบอะพอพโทซิสด้วยกระบวนการแบบเดียวกันนี้

แอลฟา-อะไมเลสเป็นเอนไซม์ที่พบในน้ำลายและตับอ่อน มีหน้าที่ย่อยแบ่งให้เป็นโอลิโกแซคคาไรด์และไดแซ็กคาไรด์ ซึ่งจะถูกย่อยต่อในลำไส้เล็ก แอลฟา-กลูโคซิเดสเป็นเอนไซม์ที่มีอยู่ในลำไส้เล็ก สามารถย่อยไดแซ็กคาไรด์หรือน้ำตาลโมเลกุลคู่ได้เป็นน้ำตาลกลูโคส ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูง ดังนั้นการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทั้งสองชนิดนี้ส่งผลต่อการลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ (Tadera *et al.*, 2006) ฤทธิ์การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส พบว่าสารสกัดจากพืชป่ารับประทานดอกต่างชนิดกัน มีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ทั้งสองชนิดได้แตกต่างกัน ซึ่งสารสกัดจากดอกสะเดาและดอกขี้เหล็กมีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ทั้งสองชนิดได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดจากพืชชนิดอื่น อาจเนื่องมาจากสารสกัดดังกล่าวมีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณสารฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์สูง จึงส่งผลต่อความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้สูงเช่นกัน จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชป่ารับประทานดอกกับความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ พบว่าสารฟลาโวนอยด์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ($r = 0.787, p \leq 0.01$) และแอลฟา-กลูโคซิเดส ($r = 0.978, p \leq 0.01$) ในขณะที่สารฟีนอลิกมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ($r = -0.307, p > 0.05$) และแอลฟา-กลูโคซิเดส ($r = -0.329, p > 0.05$) แสดงว่าสารฟลาโวนอยด์มีผลต่อการยับยั้งเอนไซม์มากกว่าสารกลุ่มฟีนอลิก จากการศึกษาของ Nisar *et al.* (2022) พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างปริมาณฟลาโวนอยด์และฟีนอลิกในพืช *Picrothiza kurroa* กับความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและแอลฟา-กลูโคซิเดส ส่วนลำต้นและใบของพืชต่างชนิดกัน พบว่าพืชที่มีปริมาณสารฟีนอลิกสูง สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระและเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสได้สูงเช่นกัน (Lee *et al.*, 2014) ในขณะการศึกษาของ Wongsu *et al.* (2012) พบว่ากรด *p*-coumaric acid ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของสารฟีนอลิก มีความสัมพันธ์เชิงลบกับการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส มีค่าเท่ากับ -0.25 และการศึกษาของ Laaroussi *et al.* (2021) พบว่าสารฟีนอลิกมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส

($r = -0.842$) และแอลฟา-กลูโคซิเดส ($r = -0.405$) สารพลาโวนอยด์มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ($r = -0.759$) และแอลฟา-กลูโคซิเดส ($r = -0.555$) แม้ว่าสารฟีนอลิกส่วนใหญ่จะมีศักยภาพในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส แต่ศักยภาพนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างโมเลกุล เช่น จำนวนวงแหวนอะโรมาติก ตำแหน่งของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และการมีพันธะคู่ในโครงสร้าง งานวิจัยนี้อาจมีสารฟีนอลิกบางชนิดที่มีโครงสร้างไม่เหมาะสมสำหรับการยับยั้งเอนไซม์ เช่น สารฟีนอลิกที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำหรือมีหมู่ไฮดรอกซิลที่ไม่สามารถสร้างพันธะกับเอนไซม์ (López-Molina *et al.*, 2005) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติอาจส่งผลต่อพันธะไดซัลไฟด์ที่อยู่นบนพื้นผิวของแอลฟา-อะไมเลส และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่อาจส่งผลเสียต่อการทำงานของเอนไซม์ได้ (Laaroussi *et al.*, 2021) จากการศึกษานี้จะเห็นได้ว่าดอกขี้เหล็กและดอกสะเดามีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ได้ดีกว่าสารสกัดชนิดอื่น และพบว่าสารพลาโวนอยด์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ทั้งสองชนิด อาจเป็นผลมาจากที่พลาโวนอยด์เป็นสารประกอบโพลีฟีนอลกลุ่มใหญ่ที่สุด นอกจากจะมีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระแล้ว ยังพบว่ามีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและแอลฟา-กลูโคซิเดสได้ดี ซึ่งความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ขึ้นอยู่กับโครงสร้าง จำนวน และตำแหน่งหมู่ไฮดรอกซิลในโครงสร้าง ความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์เพิ่มขึ้นเมื่อหมู่ไฮดรอกซิลในวงแหวน B ของโครงสร้างพลาโวนอยด์มีจำนวนมากขึ้น (Tadera *et al.*, 2006) Damsud *et al.* (2020) ได้นำดอกขี้เหล็กมาสกัด พบสารกลุ่มพลาโวนอยด์ แอลคาลอยด์ สารประกอบฟีนอลิก และพบว่ามีคุณสมบัติในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสในลำไส้เล็กของหนูทดลองได้ และจากการคัดแยกสารพลาโวนอยด์แต่ละชนิด นำมาศึกษาโครงสร้างต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและการเกิดเบาหวาน พบว่าสารพลาโวนอยด์แต่ละชนิด สามารถยับยั้ง DPPH, ABTS, Xanthine oxidase, FRAP, แอลฟา-กลูโคซิเดส และ dipeptidyl peptidase-4 (DPP-4) ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาโครงสร้างพบหมู่ไฮดรอกซิลมีบทบาทสำคัญในการกำจัดอนุมูล DPPH, ABTS และ FRAP และเพิ่มการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดส และเอนไซม์ DPP-4 ได้ (Sarian *et al.*, 2017)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของพืชป่ารับประทานดอก พบว่าพืชต่างชนิดกันมีปริมาณสารอาหารที่แตกต่างกัน โดยสารอาหารที่พบในปริมาณสูง ได้แก่ โปรตีน เส้นใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต ในขณะที่สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่าดอกขี้เหล็ก ดอกตูม และดอกสะเดา มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณพลาโวนอยด์ทั้งหมดสูง จึงส่งผลต่อการยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูงเช่นกัน ดอกขี้เหล็กมีค่า TAC สูงสุด ส่วนดอกสะเดามีฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูล DPPH และ ABTS สูงสุด ในขณะที่ดอกตูมมีค่า FRAP สูงสุด สารสกัดจากดอกสะเดาและดอกขี้เหล็กแสดงความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งเต้านม (MCF-7) และเซลล์มะเร็งตับ (HepG2) รวมถึงมีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสและแอลฟา-กลูโคซิเดสได้สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดพืชรับประทานดอกชนิดอื่น จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าส่วนดอกจากพืชป่าที่นำมาศึกษา ถือเป็นแหล่งสารอาหารและมีคุณสมบัติในการเป็นอาหารเพื่อสุขภาพได้ อย่างไรก็ตามในอนาคตจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในเชิงลึกขึ้น เช่น การหาความเข้มข้นสารสกัดต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเอนไซม์และเซลล์มะเร็งได้



การศึกษานี้ของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ส่งผลต่อการยับยั้งเอนไซม์และความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง รวมถึงการนำสารสกัดไปศึกษาเพิ่มเติมในสิ่งมีชีวิต เพื่อทราบคุณสมบัติและศักยภาพของพืชป่าที่รับประทานดอก ก่อนนำไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมสำหรับอาหารเพื่อสุขภาพและทางด้านเภสัชภัณฑ์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และสำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน) ในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อ.พ.สธ.) ที่ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงขอขอบคุณมหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี และมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ สำหรับสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

- Aboshora, W., Lianfu, Z., Dahir, M., Qingran, M., Qingrui, S., Jing, L., Al-Haj, N.Q.M., & Ammar, A. (2014). Effect of extraction method and solvent power on polyphenol and flavonoid levels in *Hyphaene thebaica* L mart (Arecaceae) (Doum) fruit, and its antioxidant and antibacterial activities. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 13(12), 2057-2063.
- Amorati, R., & Valgimigli, L. (2012). Modulation of the antioxidant activity of phenols by non-covalent interactions. *Organic & Biomolecular Chemistry*, 10(21), 4147-4158.
- AOAC. (2000). AOAC Official methods of analysis (Association of Official Analytical Chemists, 17th ed). International Inc. Arlington Virginia, USA.
- Areekul, V., & Phomkaivon, N. (2015). Thai indigenous plants: focusing on Total phenolic content, antioxidant activity and their correlation on medicinal effects. *Current Applied Science and Technology*, 15(1), 10-23.
- Arsakit, K., Thongchuai, B., Sedlak, S., & Surapinit, S. (2020). Assessment of the anti-diabetic potential of the *Cratogeomys formosum* subsp. *formosum* extracts via carbohydrate hydrolyzing enzymes inhibitory activities. *Journal of Herbmmed Pharmacology*, 9(3), 286-292.



- Buranrat, B., Konsue, A., & Wongsuwan, P. (2020). Extracts of edible, medicinal Thai plants inhibit the human breast cancer cells. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 19(3), 595-601.
- Buranrat, B., Mairuae, N., & Kanchanarach, W. (2017). Cytotoxic and antimigratory effects of *Cratoxy formosum* extract against HepG2 liver cancer cells. *Biomedical Reports*, 6(4), 441-448.
- Buranrat, B., Mairuae, N., & Konsue, A. (2017). *Cratoxy formosum* leaf extract inhibits proliferation and migration of human breast cancer MCF-7 cells. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 90, 77-84.
- Chaiyasut, C., Kesika, P., Chaiyasut, K., Sittiyuno, P., Peerajan, S., & Sivamaruthi, B.S. (2017). Total phenolic content and free radical scavenging activity of representative medicinal plants of Thailand. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 10(11), 137-41.
- Chatatikun, M., & Chiabchalard, A. (2017). Thai plants with high antioxidant levels, free radical scavenging activity, anti-tyrosinase and anti-collagenase activity. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 17(1), 1-9.
- Dajanta, K., Rongkom, H., Sungsub, S., & Sisopa, P. (2019). Total phenolic compounds, antioxidant capacity and antimicrobial activity of indigenous vegetables in Phitsanulok province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 47(1), 1541-1548. (in Thai)
- Damsud, T., Penprapai, P., & Rongsawat, P. (2020). Effect of in vitro Anti-diabetic Activity of *Cassia siamea* Flowers and Leaves Extract. *The Journal of Chulabhorn Royal Academy*, 2(1), 36-49. (in Thai)
- Dasgupta, N., & De, B. (2004). Antioxidant activity of *Piper betle* L. leaf extract in vitro. *Food Chemistry*, 88(2), 219-224.
- Dedvisitsakul, P., & Watla-lad, K. (2022). Antioxidant activity and antidiabetic activities of Northern Thai indigenous edible plant extracts and their phytochemical constituents. *Heliyon*, 8(9). e10740.
- Dorozko, J., Kunkulberga, D., Sivicka, I., & Kruma, Z. (2019). The influence of various drying methods on the quality of edible flower petals. In Conference Proceedings. *Foodbalt 2019*, 13, 182-187.



- Iqbal, S., Bhanger, M.I., & Anwar, F. (2005). Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran in Pakistan. *Food Chemistry*, 93(2), 265-272.
- Itharat, A., Houghton, P.J., Eno-Amooquaye, E., Burke, P.J., Sampson, J.H., & Raman, A. (2004). In vitro cytotoxic activity of Thai medicinal plants used traditionally to treat cancer. *Journal of Ethnopharmacology*, 90(1), 33-38.
- Jansuna, S., Charoensup, L., Jirakiattikul, Y., & Harakotr, B. (2020). Effects of drying temperatures and times on antioxidant contents and their activities of *Centella asiatica* (L.) Urb. leaves. *Thai Science and Technology Journal (TSTJ)*, 28(12), 2261-71.
- Jayawardena, N., Watawana, M.I., & Waisundara, V.Y. (2015). Evaluation of the total antioxidant capacity, polyphenol contents and starch hydrolase inhibitory activity of ten edible plants in an in vitro model of digestion. *Plant Foods for Human Nutrition*, 70, 71-76.
- Kaewpiboon, C., Supaphon, P., Damsud, T., & Boonnak, N. (2018). Antioxidant and In Vitro Lipase, Amylase and alpha-glucosidase Inhibitory Activities of Selected Thai Medicinal Plants. *Thai science and Technology Journal*, 27(3), 435-444. (in Thai)
- Kaisoon, O., Siriamornpun, S., Weerapreeyakul, N., & Meeso, N. (2011). Phenolic compounds and antioxidant activities of edible flowers from Thailand. *Journal of Functional Foods*, 3(2), 88-99.
- Kantadoung, K., Rachkeeree, A., Puangpradab, R., Sommano, S., & Suksathan, R. (2017). Nutritive values of some edible flowers found in northern Thailand during the rainy season. *Acta Horticulturae* 1210, 263-272.
- Kazeem, M.I., Adamson, J.O., & Ogunwande, I.A. (2013). Modes of inhibition of α -amylase and α -glucosidase by aqueous extract of *Morinda lucida* Benth leaf. *BioMed Research International*, 2013(1), 527570.
- Krishnaiah, D., Sarbatly, R., & Bono, A. (2007). Phytochemical antioxidants for health and medicine: A move towards nature. *Biotechnology and Molecular Biology Review*, 1(4), 97-104.



- Laaroussi, H., Ferreira-Santos, P., Genisheva, Z., Bakour, M., Ousaaid, D., Teixeira, J.A., & Lyoussi, B. (2021). Unraveling the chemical composition, antioxidant, α -amylase and α -glucosidase inhibition of Moroccan propolis. *Food Bioscience*, 42, 101160.
- Laoufi, H., Benariba, N., Adjdir, S., & Djaziri, R. (2017). In vitro α -amylase and α -glucosidase inhibitory activity of *Ononis angustissima* extracts. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 7(2), 191-198.
- Lee, S.Y., Mediani, A., Ashikin, A.N., Azliana, A.B.S., & Abas, F. (2014). Antioxidant and [alpha]-glucosidase inhibitory activities of the leaf and stem of selected traditional medicinal plants. *International Food Research Journal*, 21(1), 379.
- Liu, W., Zhang, Z., Zhang, T., Qiao, Q., & Hou, X. (2022). Phenolic profiles and antioxidant activity in different organs of *Sinopodophyllum hexandrum*. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1037582.
- López-Molina, D., Navarro-Martínez, M.D., Rojas-Melgarejo, F., Hiner, A.N., Chazarra, S., & Rodríguez-López, J.N.(2005). Molecular properties and prebiotic effect of inulin obtained from artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Phytochemistry*, 66(12), 1476-1484.
- Loypimai, P. (2011). Total Antioxidant Capacity Assessments *in vitro*. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 31(2), 164-170. (in Thai)
- Manok, S., & Limcharoen, L. (2015). Investigation antioxidant Activity by DPPH, ABTS and FRAP assay and Total Phenolic Compounds of Herbal Extracts in Ya-Hom Thepphachit. *Advanced Science*, 15(1), 106-117. (in Thai)
- Matra, K., Saengha, W., Tanakaran, Y., Karirat, T., Buranrat, B., Deeseenthum, S., & Luang-In, V. (2021). Effect of pre-soaking mustard green seeds prior to cold plasma treatment on bioactive aspects of microgreens. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 5(8), 1422-1426.
- Motti, R. (2022). Wild edible plants: A challenge for future diet and health. *Plants*, 11(3), 344.



- Nanasombat, S., Yansodthee, K., & Jongjaited, I. (2019). Evaluation of antidiabetic, antioxidant and other phytochemical properties of Thai fruits, vegetables and some local food plants. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 16(11), 851-866.
- National Cancer Institute Department of Medical Services Ministry of Public Health Thailand. (2020). *Hospital-based cancer registry 2019*. (pp. 1-92). New Thammada Press (Thailand) Co., Ltd. (in Thai)
- Nisar, J., Shah, S.M.A., Akram, M., Ayaz, S., & Rashid, A. (2022). Phytochemical screening, antioxidant, and inhibition activity of *Picrorhiza kurroa* against α -amylase and α -glucosidase. *Dose-Response*, 20(2), 1-12.
- Oliveira, S.D., Souza, G.A.D., Eckert, C.R., Silva, T.A., Sobral, E.S., Fávero, O.A., Ferreira, M.J.P., Romoff, P., & Baader, W.J. (2014). Evaluation of antiradical assays used in determining the antioxidant capacity of pure compounds and plant extracts. *Química Nova*, 37, 497–503.
- Pérez-Jiménez, J., & Saura-Calixto, F. (2008). Anti-oxidant capacity of dietary polyphenols determined by ABTS assay: a kinetic expression of the results. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(1), 185-191.
- Prasad, K.N., Chew, L.Y., Khoo, H.E., Kong, K.W., Azlan, A., & Ismail, A. (2010). Antioxidant capacities of peel, pulp, and seed fractions of *Canarium odontophyllum* Miq. fruit. *BioMed Research International*, 2010(1), 871379.
- Prayong, P., Barusrux, S., & Weerapreeyakul, N. (2008). Cytotoxic activity screening of some indigenous Thai plants. *Fitoterapia*, 79(7-8), 598-601.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237.
- Ruangnoo, S., Rattarom, R., & Itharat, A. (2019). Cytotoxic activity of local Thai vegetables against breast and prostate cancer cells. *Thammasat Medical Journal*, 19(1), 70-78. (in Thai)



- Sakunpak, A., Suksaeree, J., Pathompak, P., Settharaksa, S., & Sermkaew, N. (2014). Phytochemical screening and free radical scavenging activity of selected Thai medicinal plants. *Interprofessional Journal of Health Sciences*, 12(2), 13-19.
- Sarian, M.N., Ahmed, Q.U., Mat So'ad, S.Z., Alhassan, A.M., Murugesu, S., Perumal, V., Syed Mohamad, S.N.A., Khatib, A., & Latip, J. (2017). Antioxidant and antidiabetic effects of flavonoids: A structure-activity relationship based study. *BioMed Research International*, 2017(1), 8386065.
- Schumacher, M., Cerella, C., Reuter, S., Dicato, M., & Diederich, M. (2011). Anti-inflammatory, pro-apoptotic, and anti-proliferative effects of a methanolic neem (*Azadirachta indica*) leaf extract are mediated via modulation of the nuclear factor- κ B pathway. *Genes & Nutrition*, 6, 149-160.
- Sharma, E., Attri, D.C., Sati, P., Dhyani, P., Szopa, A., Sharifi-Rad, J., Hano, C., Calina, D., & Cho, W.C. (2022). Recent updates on anticancer mechanisms of polyphenols. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 10, 1005910.
- Sopittummakhun, K., & Rattanasinganchan, P. (2017). Extraction and determination of antioxidant activity in herbal plant. *Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal*, 3(1), 86-93.
- Sowa, P., Marcinčáková, D., Miřek, M., Sidor, E., Legáth, J., & Džugan, M. (2020). Analysis of cytotoxicity of selected Asteraceae plant extracts in real time, their antioxidant properties and polyphenolic profile. *Molecules*, 25(23), 5517.
- Srakeaw, W., Maneechai, S., & Katisart, T. (2021). Antioxidant and α -Glucosidase Inhibitory Activities of *Dolichandrone serrulata* Extracts. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 5(6).1039-1043.
- Srichamroen, A. (2017). Extraction of *Curcuma sessilis* Gage and Its Antioxidant Determinations Compared between before and after in vitro Simulated Digestion. *KKU Science Journal*, 45(4), 844-857.
- Sridonpai, P., Kongprapun, P., Sungayuth, N., Sukprasansap, M., Chimkerd, C., & Judprasong, K. (2022). Nutritive values and phytochemical compositions of edible indigenous plants in Thailand. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 870147.



- Tadera, K., Minami, Y., Takamatsu, K., & Matsuoka, T. (2006). Inhibition of α -glucosidase and α -amylase by flavonoids. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 52(2), 149-153.
- Thophon, S., Waranusantigul, P., Hanphakphoom, S., & Kangwanrangsang, N. (2016). Cytotoxicity and Apoptosis of Cancer Cells by the Crude Extract From *Chromolaena odorata* (L.) King & Robinson. *Journal of Food Health and Bioenvironmental Science*, 9(2), 1-29. (in Thai)
- 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.
- Toume, K., Sato, M., Koyano, T., Kowithayakorn, T., Yamori, T., & Ishibashi, M. (2005). Cytotoxic dimeric sesquiterpenoids from *Curcuma parviflora*: isolation of three new parviflorenes and absolute stereochemistry of parviflorenes A, B, D, F, and G. *Tetrahedron*, 61(28), 6700-6706.
- Tuli, H.S., Garg, V.K., Bhushan, S., Uttam, V., Sharma, U., Jain, A., Sak, K., Yadav, V., Lorenzo, J.M., Dhama, K., Behl, T., & Sethi, G. (2023). Natural flavonoids exhibit potent anticancer activity by targeting microRNAs in cancer: A signature step hinting towards clinical perfection. *Translational Oncology*, 27, 101596.
- Uthaisang, W., & Khawsak, P. (2005). Cytotoxicity of crude extracts from *allamanda cathartica*, *guaiacum officinale* and *artabotrys siamensis* to some cancer cells. *Journal of Medicine and Health Sciences Faculty of Medicine*, 12(2), 59-69.
- Wei, J., Miao, H., & Wang, Q. (2011). Effect of glucose on glucosinolates, antioxidants and metabolic enzymes in Brassica sprouts. *Scientia Horticulturae*, 129(4), 535-540.
- Willcox, J.K., Ash, S.L., & Catignani, G.L. (2004). Antioxidants and prevention of chronic disease. *Critical reviews in food science and nutrition*, 44(4), 275-295.
- Wongsa, P., Chaiwarit, J., & Zamaludien, A. (2012). In vitro screening of phenolic compounds, potential inhibition against α -amylase and α -glucosidase of culinary herbs in Thailand. *Food Chemistry*, 131(3), 964-971.



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.

Ziemlewska, A., Zagórska-Dziok, M., & Nizioł-Lukaszewska, Z. (2021). Assessment of cytotoxicity and antioxidant properties of berry leaves as by-products with potential application in cosmetic and pharmaceutical products. *Scientific Reports*, 11(1), 3240.