

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ
ในส่วนเหลือทิ้งของลองกอง (*Lansium domesticum* Corr.) ในจังหวัดอุตรดิตถ์
Bioactive Compounds and Antioxidant Activity
of Longkong Residues (*Lansium domesticum* Corr.) in Uttaradit Province

พัทธชัย ปิ่นนาค^{1*}, สุภาพร พงศ์ธรพฤษ²
Pattachai Pinnak^{1*}, Supaporn Pongthornpruek²

¹หลักสูตรชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

¹Biology Program, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University

²หลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

²Science Program in Environment, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดด้วยวิธีการหมักเอทานอลจากส่วนของลองกองคัดทิ้ง ได้แก่ ช่อระยะที่ 1 ช่อระยะที่ 2 และเปลือกผล เมื่อวัดปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วย Folin-ciocalteu colorimetry และ aluminium chloride colorimetry พบว่าสารสกัดช่อระยะที่ 1 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 80.72 ± 0.67 mgGAE/gdw และพบปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดต่ำที่สุดเท่ากับ 0.551 ± 0.002 mgQE/gdw เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดช่อระยะที่ 2 และเปลือกผล ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP พบว่า สารสกัดช่อระยะที่ 1 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดในทุกวิธี และสารสกัดช่อระยะที่ 2 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุดเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS (41.03 ± 5.55 mgTE/gdw และ $1.69 \pm 0.77\%$) ตามลำดับ เมื่อทดสอบฤทธิ์กำจัดไนตริกออกไซด์ (nitric oxide, NO) ด้วยปฏิกิริยา Griess Illosvoy พบว่า สารสกัดเปลือกผลสามารถกำจัด NO ได้เท่ากับ $31.20 \pm 0.16\%$ และเมื่อทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบโดยการทดสอบการยับยั้งการเสียหายของอัลบูมิน พบว่า สารสกัดช่อระยะที่ 1 ไม่แสดงความสามารถในการยับยั้งการเสียหายของโปรตีน ขณะที่ตัวอย่างสารสกัดช่อระยะที่ 2 และเปลือกผลลองกองสามารถยับยั้งการเสียหายของโปรตีนอัลบูมินจากไข่ไก่ได้เท่ากับ 13.31 ± 6.90 และ $10.25 \pm 1.14\%$ ตามลำดับ ซึ่งสารสกัดทั้งสองชนิดมีฤทธิ์ต้านการอักเสบแตกต่างจากยาแก้อักเสบทั้งสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

คำสำคัญ: สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารสกัดลองกอง

* Corresponding author : pattachai.pin@uru.ac.th

Abstract

This research aimed to study the antioxidant content and bioactivity of extracts from the longkong residues, including inflorescence stage 1 (INF1), inflorescence stage 2 (INF2), and fruit peel (FP). The result of Folin-ciocalteu colorimetry and aluminum chloride colorimetry showed that the INF1 extract had the highest total phenolic content (80.72 ± 0.67 mgGAE/gdw) but the lowest total flavonoid content (0.551 ± 0.002 mgQE/gdw). The antioxidant activity was tested by DPPH and FRAP methods, it was found that the extract from INF1 had the highest antioxidant activity among all methods tested. The extract from INF2 had the lowest antioxidant activity when tested by DPPH and ABTS (41.03 ± 5.55 mgTE/gdw and $1.69 \pm 0.77\%$, respectively). Fruit peel extract can scavenge nitric oxide at $31.20 \pm 0.16\%$. Anti-inflammatory activity was tested by using an albumin denaturation inhibitory assay, it was found that INF1 no exhibit protein denatures inhibitory activity. INF2 and FP extract was able to significantly inhibit albumin denaturation (13.31 ± 6.90 and $10.25 \pm 1.14\%$, respectively) compared to antibiotics reference drugs ($p < 0.05$).

Keywords: Bioactive compounds, Antioxidant activity, Longkong extract

1. บทนำ

ในปัจจุบันผู้คนหันมาดูแลสุขภาพร่างกาย ทั้งการรับประทานอาหารและการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางผิว ทั้งครีม โลชั่น และเซรั่มที่มีส่วนประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากอนุมูลอิสระคือโมเลกุลที่ไม่เสถียรและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ที่มีผลต่อการทำลายโมเลกุลอื่น ๆ จึงจัดอนุมูลอิสระเป็นสารพิษต่อเซลล์ร่างกาย ทำให้เกิดการอักเสบและการทำลายเนื้อเยื่อ โดยในระยะยาวมีผลต่อความเสื่อมหรือความชราของเซลล์ สารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารที่มีคุณสมบัติชะลอ หรือ ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระบริเวณผิวหนัง ช่วยชะลอความเสื่อม (Buranasudja et al., 2021) และยับยั้งการเกิดมะเร็งผิวหนัง (Dumitras et al., 2022) เป็นต้น

จังหวัดอุตรดิตถ์มีผลไม้ขึ้นชื่อหลายชนิด เช่น ทุเรียนหลง-หลิน สับปะรด ลางสาด และลองกอง เป็นต้น ลองกอง (*Lansium domesticum* Corr.) เป็นพืชสกุลลางสาด (*Lansium*) เป็นผลไม้ที่มีลักษณะผลทรงกลมรี ผิวเปลือกบาง มียาง รสชาติหวานอมเปรี้ยว มีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ เนื่องจากพื้นที่ผลิตลองกองในจังหวัดอุตรดิตถ์มีจำนวนมาก ทำให้เกิดขึ้นส่วนลองกองคัดทิ้งในระหว่างการผลิตจนถึงระยะเก็บเกี่ยว เกิดเป็นของเสียจำนวนมากในแปลงปลูก ได้แก่ ช่อระยะที่ 1 คือช่อดอกที่อายุ 3-5 สัปดาห์หลังติดดอก และช่อระยะที่ 2 คือช่อผลที่มีอายุ 8-10 สัปดาห์หลังติดดอก (ภาพที่ 1ก และ 1ข) ตลอดจนผลผลิตลองกองมีปริมาณมากและราคาตกต่ำ เมื่อผลลองกองแก่จัดจะมีเปลือกของผลเป็นสีน้ำตาลได้ง่าย (ภาพที่ 1ค) มีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 3-4 วัน ผู้บริโภคไม่นิยมซื้อ

ไปรับประทาน ทำให้ผลลองกองดังกล่าวถูกคัดทิ้งจำนวนมาก จากการศึกษาของรัชณี เพ็ชรช้าง (2560) พบว่าลองกองเป็นหนึ่งในพืชอัตลักษณ์ของจังหวัดอุตรดิตถ์มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ชนิดอื่นอีก 6 ชนิด นอกจากนี้ส่วนต่าง ๆ ของพืชสกุลกลางสาตมีฤทธิ์ทางชีวภาพมากมาย



ภาพที่ 1 ชิ้นส่วนลองกองคัดทิ้ง (ก) ช่อระยะที่ 1 (ข) ช่อระยะที่ 2 และ (ค) เปลือกผล

อาทิ ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย (Marfori et al., 2015; Alfonso et al., 2017) ฤทธิ์ต้านเชื้อรา (Ragasa et al., 2006) และฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Ji et al., 2021) เป็นต้น สารสกัดจากพืชและฟังไจบางชนิด เช่น หม่อน (*Morus alba* L.), โทงเทงแดง (*Physalis alkekengi* L.) และ เห็ดถั่งเช่า (*Cordyceps militaris* L.) นอกจากจะมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระแล้ว ยังมีความสามารถในการต้านอาการอักเสบอีกด้วย (Diaz et al., 2012) โดยสารสกัดด้วยเอทานอลของใบสาบแร้งสาบกา (*Ageratum conyzoides* L.) สามารถยับยั้งการผลิตไนตริกออกไซด์ (nitric oxide, NO) และพรอสตาแกลนดิน E_2 ซึ่งเป็นสารสื่อกลางในกระบวนการอักเสบได้ดีที่สุดเปรียบเทียบกับพืชสมุนไพรพื้นบ้านจำนวน 15 ชนิด (กล่าวขวัญ ศรีสุข และคณะ, 2557)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ทางชีวภาพของลองกองคัดทิ้งในจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีที่แตกต่างกัน รวมถึงความสามารถในการต้านการอักเสบในหลอดทดลองซึ่งยังไม่มีรายงานการศึกษาจากส่วนประกอบของลองกองมาก่อน ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการพิสูจน์ฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ในการเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงและยังช่วยให้เกิดการอนุรักษ์สายพันธุ์ของลองกองต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากลองกอง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์และสารเคมี

เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (T92+, PG Instruments ประเทศอังกฤษ), เครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ (LSI-3016R, Labtech ประเทศไทย), เครื่องระเหยตัวทำละลายแบบหมุน (Rotavapor® R215, Buchi

ประเทศสวิสเซอร์แลนด์), อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (WNB 29, Memmert ประเทศเยอรมนี), เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (ML204, Mettler Toledo ประเทศสวิสเซอร์แลนด์), เครื่องเขย่าสาร (G560E, Scientific Industries ประเทศสหรัฐอเมริกา), เครื่องปั่นผลไม้ (BL3001, Tefal ประเทศไทย), Folin Ciocalteu phenol's reagent และ 2,2'-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) (Merck ประเทศเยอรมนี), 2,2'-Azino-bis (3-Ethylbenzothiazoline-6-Sulfonic Acid (ABTS), 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ), Trolox, quercetin และ gallic acid anhydrous (Sigma-Aldrich ประเทศสหรัฐอเมริกา), N-(1-Naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride (NED) (Loba Chemi ประเทศอินเดีย), Ibuprofen 600 mg (บุรพาโอสธ ประเทศไทย), Diclofenac sodium 50 mg (ชุมชนเภสัชกรรม ประเทศไทย)

การเตรียมวัตถุดิบ

งานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างลองกองจากแปลงของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ในช่วงการผลิตรายตามฤดูกาลเดือนพฤษภาคม ถึง กันยายน พ.ศ. 2565 แยกส่วนประกอบตัวอย่างลองกองดังนี้ (1) ซอลลองกองคัตทั้งระยะที่ 1 (2) ซอลลองกองคัตทั้งระยะที่ 2 และ (3) เปลือกผลลองกองระยะบรีโศค นำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 50 °C ด้วยตู้อบลมร้อนจนได้ตัวอย่างลองกองแห้ง ใส่ถุงปิดผนึกสนิทชนิด polypropylene (PP) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและมีดก่อนนำไปสกัด

การเตรียมสารสกัดลองกอง

เตรียมสารสกัดจากลองกองโดยใช้ตัวอย่างลองกองแห้งบดหยาบด้วยเครื่องปั่นผลไม้นาน 5 นาที จำนวน 20 g ต่อตัวทำละลาย 95% ethanol ปริมาตร 200 mL หมักเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการเขย่าตลอดเวลาที่อุณหภูมิห้องด้วยเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ กรองส่วนของเหลวออก นำกากไปสกัดซ้ำอีก 2 รอบ นำส่วนของเหลวไประเหยตัวทำละลายออกจนหมดด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลายแบบหมุนจนได้สารสกัดหยาบที่มีลักษณะข้นเหนียว เก็บรักษาสารสกัดลองกองในขวดแก้วสีชาปิดผนึกสนิทที่อุณหภูมิ 4 °C ก่อนนำไปวิเคราะห์

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin Ciocalteu colorimetry

ดัดแปลงจากวิธีของ Thitipramote et al. (2019) โดยผสมสารละลายสารสกัดลองกองความเข้มข้น 2 mg/mL ปริมาตร 400 μ L เติมสารละลาย Folin Ciocalteu phenol's reagent ความเข้มข้น 10% (v/v) ปริมาตร 2,000 μ L และ sodium carbonate ความเข้มข้น 15 g/L ปริมาตร 1,600 μ L เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า บ่มที่อุณหภูมิห้องและเก็บไว้ในที่มืดนาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 nm คำนวณปริมาณฟีนอลิกจากสมการของกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (gallic acid) และรายงานเป็นค่าสมมูลย์ของ gallic acid (mgGAE/gdw)

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดด้วยวิธี aluminium chloride colorimetry

ดัดแปลงจากวิธีของ Thitipramote et al. (2019) เตรียมสารละลายสำหรับวิเคราะห์ โดยผสมสารสกัดลองกองความเข้มข้น 2 mg/mL ปริมาตร 400 μ L กับเมทานอลปริมาตร 1,200 μ L เติม aluminium chloride ความเข้มข้น 40 mg/mL ปริมาตร 200 μ L, potassium acetate ความเข้มข้น 0.4 M ปริมาตร 200 μ L และ น้ำกลั่นปริมาตร 2,000 μ L ตามลำดับ เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา

30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 nm คำนวณปริมาณฟลาโวนอยด์จากสมการของกราฟมาตรฐานของเคอร์เซติน (quercetin) และรายงานเป็นค่าสมมูลของ quercetin (mgQE/gdw)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging

ดัดแปลงจากวิธีของ Rajurkar & Hande (2011) ผสมสารละลายสารสกัดลงความเข้มข้น 2 mg/mL ปริมาตร 2,500 μ L กับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.2 mM ปริมาตร 2,500 μ L เขย่าให้เข้ากัน ด้วยเครื่องเขย่า และบ่มที่มืดอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 nm คำนวณค่า %scavenging ได้จากสมการ (1) เทียบค่าที่ได้กับกราฟมาตรฐานของโทรลอคซ์ และรายงานเป็นค่าสมมูลของ trolox (mgTE/gdw)

$$\% \text{scavenging} / \% \text{Inhibition} = (A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}} \times 100 \quad (1)$$

โดย A_{control} = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม (ใช้เอทานอลแทนสารละลายตัวอย่าง)

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS radical scavenging

เตรียมสารละลาย ABTS โดยผสม ABTS ความเข้มข้น 7 mM ปริมาตร 100 mL กับ potassium persulfate ความเข้มข้น 140 mM ปริมาตร 100 mL เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า บ่มในที่มืดเป็นเวลา 16 ชั่วโมง เจือจางด้วยน้ำกลั่นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 nm ให้ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย ABTS ได้ 0.70 ± 0.05 ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยผสมสารละลายสารสกัดลงความเข้มข้น 2 mg/mL ปริมาตร 100 μ L กับสารละลาย ABTS ปริมาตร 3,900 μ L ผสมให้เข้ากันและบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงทันทีที่ความยาวคลื่น 734 nm คำนวณได้จากสมการ (1) และรายงานเป็นค่า %scavenging (Rajurkar & Hande, 2011)

ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric ion reducing antioxidant power (FRAP)

ดัดแปลงจากวิธีของ Benzie & Strain (1996) และ Thitipramote et al. (2019) เตรียมสารละลาย FRAP โดยนำ acetate buffer ความเข้มข้น 300 mM (pH 3.6) ปริมาตร 250 mL, TPTZ ความเข้มข้น 10 mM ปริมาตร 25 mL และ Ferric chloride ความเข้มข้น 20 mM ปริมาตร 25 mL ผสมให้เข้ากัน ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยผสมสารละลายสารสกัดลงความเข้มข้น 2 mg/mL ปริมาตร 10 μ L กับสารละลาย FRAP ปริมาตร 3,990 μ L ผสมให้เข้ากันและบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 nm เปรียบเทียบกราฟมาตรฐานของ quercetin (mgQE/gdw)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Nitric oxide scavenging (NOS)

เตรียมสารละลายผสมสำหรับทำปฏิกิริยา ได้แก่ sodium nitroprusside ความเข้มข้น 10 mM ปริมาตร 2,000 μ L, phosphate buffer saline (PBS) ความเข้มข้น 40 mM ปริมาตร 500 μ L (pH 7.4) และสารละลายสารสกัดลงความเข้มข้น 1 mg/mL ปริมาตร 500 μ L, บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 150 นาที เติมน sulfanilamide ความเข้มข้น 0.33% (w/v) ใน acetic acid ความเข้มข้น 20% (v/v) เขย่าเบาๆ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที เติมน NED ความเข้มข้น 0.1% ปริมาตร 1,000 μ L เขย่าเบา ๆ ให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้

ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm แทนสารละลายสารสกัดด้วย quercetin ความเข้มข้น 100 µg/mL และทำตามวิธีข้างต้น คำนวณได้จากสมการ (1) และรายงานเป็นค่า %scavenging (Hazra et al., 2008)

การทดสอบฤทธิ์ด้านการอักเสบด้วยวิธี Albumin denaturation

ทำการทดสอบฤทธิ์ด้านการอักเสบด้วยวิธียับยั้งการเสียสภาพของอัลบูมินจากไข่ขาว (inhibition of albumin denaturation) แปลงจากวิธีของ Dharmadeva et al. (2018) มีวิธีการอย่างสรุปดังนี้ เตรียมสารละลายยาแก้อักเสบชนิดเม็ดสำหรับอ้างอิง ได้แก่ diclofenac (600 mg) และ ibuprofen (50 mg) บดยาเม็ดจนเป็นผงละเอียดและชั่งอย่างด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่งให้ได้น้ำหนัก 200 mg เติมน้ำกลั่นปริมาตร 20 mL เขย่าให้ละลายจนหมดเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องเขย่าสาร

เตรียมสารละลายสำหรับวิเคราะห์โดยผสม PBS (pH 6.4) ปริมาตร 2,800 µL กับอัลบูมินจากไข่ไก่สด (egg albumin) ปริมาตร 200 µL และเติมสารละลายตัวอย่างความเข้มข้น 1 mg/mL ปริมาตร 2,000 µL เขย่าเบาๆ ให้เข้ากัน ทำวิธีข้างต้นกับสารละลายยาเป็นตัวควบคุมแบบบวก (positive control) และน้ำกลั่นเป็นตัวควบคุมแบบลบ (negative control) นำสารละลายสำหรับวิเคราะห์บ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 37 ± 1 °C เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นบ่มต่อในอุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 680 nm และคำนวณค่า %inhibition ได้จากสมการ (1)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

แสดงผลการทดลองในรูปของค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำซ้ำ 3 ครั้ง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

4. ผลการวิจัย

จากการวัดปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดลองกองด้วยวิธี Folin-ciocalteu colorimetry และวัดปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดด้วยวิธี aluminium chloride colorimetry พบว่า สารสกัดช่อดอกระยะที่ 1 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 80.72 ± 0.67 mgGAE/gdw ขณะที่ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดต่ำที่สุดเท่ากับ 0.551 ± 0.002 mgQE/gdw (ตารางที่ 1)

จากการทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP โดยคำนวณค่าเทียบเท่ากับ ความเข้มข้นสมมูลของสารมาตรฐานโทรลอกซ์ (trolox equivalent, TE) พบว่า สารสกัดช่อดอกระยะที่ 1 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเมื่อทดสอบในทุกวิธี และสารสกัดช่อดอกระยะที่ 2 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุดเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS เท่ากับ 41.03 ± 5.55 mgTE/gdw และ $1.69 \pm 0.77\%$ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) เมื่อทดสอบฤทธิ์กำจัด NO ด้วยปฏิกิริยา Griess Illosvoy พบว่า สารสกัดเปลือกผลลองกองเท่านั้นที่แสดงความสามารถในการกำจัด NO ได้เท่ากับ $31.20 \pm 0.16\%$ (ตารางที่ 2) คิดเป็น 0.53 เท่าของ quercetin

ตารางที่ 1 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดลองกอง

ตัวอย่าง	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mgGAE/gdw)	ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (mgQE/gdw)
ซอระยะที่ 1	80.72±0.67 ^c	0.551±0.002 ^a
ซอระยะที่ 2	55.50±0.52 ^b	0.600±0.000 ^b
เปลือกผล	33.90±3.95 ^a	0.589±0.003 ^b

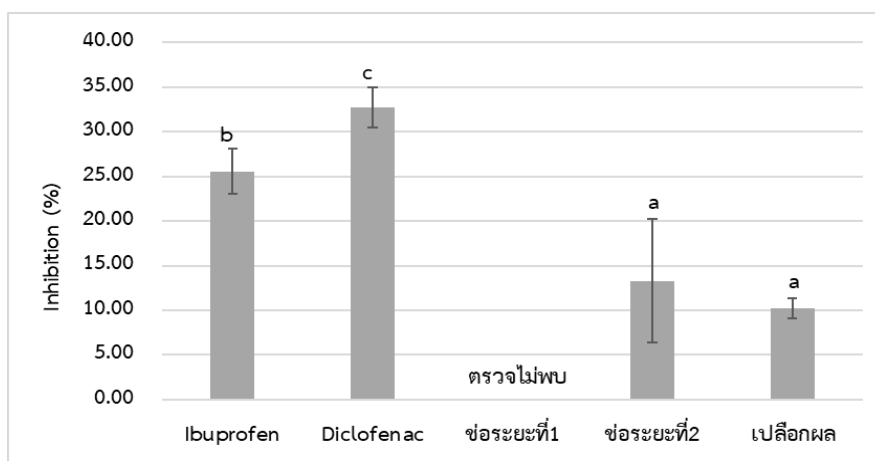
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3) ในสมรภูมิเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 2ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดลองกองด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

ตัวอย่าง	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ			
	DPPH (mgTE/gdw)	ABTS (%scavenging)	FRAP (mgTE/gdw)	NOS (%scavenging)
ซอระยะที่ 1	86.99±0.35 ^c	5.79±0.06 ^c	29.53±0.09 ^b	ตรวจไม่พบ
ซอระยะที่ 2	55.02±0.11 ^b	3.82±0.10 ^b	17.83±0.03 ^a	ตรวจไม่พบ
เปลือกผล	41.03±5.55 ^a	1.69±0.77 ^a	19.26±5.43 ^a	31.20±0.16 ^a
Quercetin	-	-	-	59.31±0.16 ^b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3) ในสมรภูมิเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบโดยการทดสอบการยับยั้งการเสียหายของอัลบูมิน พบว่า สารสกัดซอระยะที่ 2 และเปลือกผลลองกองสามารถยับยั้งการเสียหายของโปรตีนอัลบูมินจากไข่ไก่ได้เท่ากับ 13.31±6.90 และ 10.25±1.14% ตามลำดับ น้อยกว่ายาแก้ปวดทั้งชนิด diclofenac และ ibuprofen อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยที่สารสกัดซอระยะที่ 1 ตรวจไม่พบความสามารถในการยับยั้งการเสียหายของโปรตีน (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ผลการยับยั้งการเสียสภาพของอัลบูมินของสารสกัดลองกอง
ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ด้านการอักเสบจากสกัดส่วนของลองกองคัดทั้งในระยะการผลิติดจนถึงระยะเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน ได้แก่ ขอร์ระยะที่ 1, ขอร์ระยะที่ 2 และ เปลือกผล การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS นั้นมีหลักการคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ อนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ที่มีสีและจะสามารถรับอะตอมไฮโดรเจนจากสารต้านอนุมูลอิสระ ทำให้เกิดการฟอกสีเป็นสารที่มีสีจางลงแปรผันตามความสามารถให้อะตอมของไฮโดรเจนได้ของสารทดสอบซึ่งจะแตกต่างจากวิธี FRAP จะอาศัยหลักการอนุมูลอิสระที่สร้างขึ้นในระบบ Fe^{3+} TPTZ (ไม่มีสี) ถูกรีดิวซ์ไปเป็น Fe^{2+} TPTZ (สีฟ้า) (สุชาติ มานอก และ ปวีณา ลิ้มเจริญ, 2558; Martysiak-Zurowska & Wenta, 2012; Amorati & Valgimigli, 2015) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดลองกอง พบว่า ตัวอย่างสารสกัดจากขอลองกองระยะที่ 1 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้งวิธี DPPH และ FRAP สูงกว่าสารสกัดขอร์ระยะที่ 2 และสารสกัดเปลือกผล แตกต่างจากปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของทุกตัวอย่างนั้นมีความใกล้เคียงกันโดยอยู่ในช่วง $0.551 \pm 0.002 - 0.600 \pm 0.000$ mgQE/gdw ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างขอลองกองระยะที่ 1 เป็นส่วนที่กำลังเจริญและพัฒนาอยู่ในระหว่างการสร้างและสะสมสารฟลาโวนอยด์ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิดมากกว่าขอร์ระยะที่ 2 ซึ่งจะมีการพัฒนาเป็นดอกที่สมบูรณ์แล้วและกำลังอยู่ในช่วงติดผลอ่อน อาทิ สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ (Bhandari et al., 2019; Maina, 2021) แทนนิน (tannin) (Masetta et al., 2019) และ ซาโปนิน (saponin) (Khranova et al., 2020) เป็นต้น โดยสารเหล่านี้ทำหน้าที่ในระบบภูมิคุ้มกันตนเองของพืชในการป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อก่อโรค ลดความเสียหายจากความเครียดในระหว่างกระบวนการเจริญและพัฒนา อาทิ อะซิโตไซริงโคน (acetosyringone) สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Pseudomonas syringae* (Szatmári et al., 2021) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการสร้างและสะสมเอนไซม์และโปรตีนที่มีหน้าที่ป้องกันและกำจัดเชื้อก่อโรค รวมถึงป้องกันการเกิดกระบวนการ

ออกซิเจนภายในเซลล์อันเนื่องมาจากความเครียดที่เกิดขึ้นทั้งภายในและภายนอกเซลล์พืช อาทิ ซาโปนิน เป็นสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาอีกมากมาย (Chen et al., 2014) และพิจารณาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดดอกกอง เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH และ FRAP สารสกัดช่อระยะที่ 1 มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดทุกวิธีทดสอบและสอดคล้องกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเช่นเดียวกับการศึกษาของ Olszewska & Michel (2009) ที่ได้เปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ช่อดอก ใบ และ ผล ของพืชในสกุล *Sorbus* บางชนิด พบว่า ช่อดอกของต้นโรแวน (*Rowan, S. aucuparia*) มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดย Andysheva et al. (2020) พบว่า สารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสำคัญในใบและช่อดอกของพืชวงศ์กุหลาบ (*Rosaceae*) คือ คาเทชิน (catechin) ฟลาโวนอล (flavonol) แคโรทีนอยด์ (carotenoids) แทนนิน และซาโปนิน

การอักเสบเป็นกระบวนการหนึ่งที่ร่างกายตอบสนองต่อสิ่งแปลกปลอมในระยะสั้น ได้แก่ ไวรัส แบคทีเรีย และ สารพิษ โดยเซลล์เม็ดเลือดขาวจะส่งหลั่งไซโตไคน์ (cytokine) และเคโมไคน์ (chemokine) เพื่อกระตุ้นให้เกิดกลไกการตอบสนองของร่างกายเพื่อชักนำให้เพิ่มการไหลเวียนเลือดและเพิ่มเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันเข้าทำลายสิ่งแปลกปลอมนั้น ทำให้เกิดการ บวม แดง และร้อน อย่างไรก็ตามสารพิษที่เกิดขึ้นในร่างกายนั้นมาจากกระบวนการเมแทบอลิซึมที่เซลล์ดำเนินกิจกรรมของเซลล์อยู่เป็นปกติ อาทิ อนุมูลอิสระที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (reactive oxygen species; ROS) และอนุมูลอิสระที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (reactive nitrogen species; RNS) ซึ่ง NO จัดเป็น RNS ชนิดหนึ่งในภาวะปกติเซลล์จะสร้างในปริมาณน้อยซึ่งจะทำหน้าที่เป็นโมเลกุลสัญญาณในกระบวนการทางสรีรวิทยา แต่หากมีปริมาณมากก็จะสามารถทำให้เกิดความเสียหายแก่เซลล์ในระยะยาวได้ (Knott & Bossy-Wetzel, 2010) ดังนั้น ในปัจจุบันจึงมีการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดผลผลิตจากธรรมชาติในการกำจัด NO กันอย่างแพร่หลาย จากการศึกษาของ Adebayo et al. (2019) พบความสามารถในการยับยั้งการสร้าง NO ในเซลล์มาโครฟาจ (RAW 264.7) และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ในสารสกัดจากพืชสมุนไพรพื้นเมืองจากแอฟริกาได้จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ *Acokanthera oppositifolia*, *Plantago lanceolata*, *Conyza canadensis* และ *Artemisia vulgaris* สารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์เป็นสารกลุ่มสำคัญที่แสดงฤทธิ์ดังกล่าวโดยการลดการสร้าง ROS ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งในการกระตุ้นการอักเสบ (Ginwala et al., 2019) และยังสามารถยับยั้งการเกิดสื่อกลางของการอักเสบหลายชนิด อาทิ การกระตุ้นการฟักของวัฏจักรเซลล์ (Kabata-Dzik et al., 2018) การยับยั้งการเกิดหลอดเลือดใหม่ (Freitas et al., 2011) เป็นต้น นอกจากนี้วิธี albumin denaturation เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบเบื้องต้นในหลอดทดลอง ใช้หลักการของการยับยั้งการเสียสภาพของโปรตีนอัลบูมินในไข่ที่ถูกแรงการเสียสภาพด้วยความร้อนเท่ากับ 70 °C เป็นเวลา 5 นาที โดยที่สารทดสอบที่มีฤทธิ์ต้านการอักเสบจะสามารถลดความขุ่นได้ (Osman et al., 2016; Dharmadeva et al., 2018) สารสกัดช่อระยะที่ 2 และสารสกัดเปลือกผลสามารถยับยั้งการเสียสภาพของโปรตีนได้ โดยสามารถยับยั้งการเสียสภาพของอัลบูมินได้เท่ากับ 11.78±4.02% แต่ไม่พบฤทธิ์ดังกล่าวในสารสกัดช่อระยะที่ 1 อาจเนื่องมาจากการรบกวนของ

สารประกอบต่างๆ ในสารสกัดช่อร์ระยะที่ 1 ที่ส่งผลต่อการเสียสภาพและการตกตะกอนของอัลบูมิน สอดคล้องกับรายงานของ Dharmadeva et al. (2018) ที่พบความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารสกัดจากเปลือกต้นมะเดื่ออุทุมพร (*Ficus racemosa* L.) ต่อความสามารถในการยับยั้งการเสียสภาพของอัลบูมิน แต่ควรเพิ่มการศึกษาในด้านปัจจัยที่มีผลต่อการทดลองต่อไป ทั้งนี้จากเหตุผลข้างต้นปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของช่อร์ระยะที่ 1 มีความเป็นไปได้ที่จะมีฤทธิ์ด้านการอักเสบใกล้เคียงกับสารสกัดช่อร์ระยะที่ 2 และเปลือกผล เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ดังกล่าวกับยาต้านการอักเสบชนิด ibuprofen และ diclofenac พบว่า สารสกัดลองกองสามารถต้านการอักเสบได้กว้างกว่ากึ่งหนึ่งของยาต้านการอักเสบ โดยเฉพาะสารสกัดเปลือกผลสามารถกำจัด NO ได้ เท่ากับ $31.20 \pm 0.16\%$ คิดเป็น 52.6% ของฤทธิ์กำจัด NO ของ quercetin ซึ่งสารดังกล่าวเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ด้านการอักเสบ (Lesjak et al., 2018) และนิยมใช้เป็นสารมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ในตัวอย่างสารทดสอบ (Thitipramote et al., 2019) อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ผู้วิจัยตรวจไม่พบฤทธิ์กำจัด NO ในสารสกัดช่อร์ระยะที่ 1 และสารสกัดช่อร์ระยะที่ 2 ถึงแม้ว่าจะตรวจพบปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดและแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีอื่นในทุกตัวอย่าง ทั้งนี้อาจมีความเป็นไปได้ค่อนข้างมากมาจากองค์ประกอบของสารพฤกษเคมีในสารสกัดช่อร์ระยะที่ 1 และสารสกัดช่อร์ระยะที่ 2 เป็นกลุ่มที่ไม่แสดงฤทธิ์กำจัด NO และอาจเกิดการรบกวนจากปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบที่ซับซ้อนในตัวอย่างสารสกัดดังกล่าว อาทิ น้ำตาล โปรตีน และ กรดอะมิโน เป็นต้น (Indika & Bayachou, 2004)

ดังนั้น จากเหตุผลข้างต้นแสดงถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านการอักเสบของสารสกัดลองกอง ประกอบกับที่มีความเป็นไปได้ในการนำไปศึกษาต่อยอดของส่วนเหลือทิ้งกระบวนการผลิตลองกองให้ทราบกลไกด้านการออกฤทธิ์และความปลอดภัยของสารสกัด การวิเคราะห์แยกส่วนประกอบทางเคมีเพื่อชี้บ่งสารออกฤทธิ์สำคัญ อย่างไรก็ตามควรมีการทดสอบฤทธิ์ด้านการอักเสบของสารสกัดลองกองในเซลล์เพาะเลี้ยง และความเป็นพิษต่อเซลล์ รวมถึงการศึกษาในสัตว์ทดลอง เพื่อสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์คุณภาพสูง อาทิ เครื่องสำอางบำรุงผิว ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพ เป็นต้น เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตลองกองและสร้างมูลค่าให้กับส่วนเหลือทิ้งให้กับเกษตรกรได้อีกทางหนึ่ง รวมถึงช่วยอนุรักษ์สายพันธุ์ลองกองให้คงอยู่ในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกสว.) กับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ สำหรับทุนสนับสนุนการวิจัย และขอขอบคุณ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ สำหรับการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการทำวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- กล่าวขวัญ ศรีสุข, สาวิณี สีมานันท์, ปริญญา เกตุกุล, พรสุดา กันแก้ว, เอกธวัช ศรีสุข, กาญจนา หริ่มเพ็ง, เบญจวรรณ ชิวปรีชา, และคำณณ เลียดประถม. (2557). ฤทธิ์ต้านการอักเสบของพืชสมุนไพรบางชนิดในโครงการพัฒนาป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด จังหวัดจันทบุรี. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 19 (ฉบับพิเศษ), 304-311. <http://dspace.lib.buu.ac.th/xmlui/handle/1234567890/2650>
- รัชณี เพ็ชรช้าง. (2560). คุณค่าทางโภชนาการ สมบัติด้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในพืชอัตลักษณ์จังหวัดอุดรดิตถ์. *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว*, 33(1), 103-116. <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/sej/article/view/8936>
- สุชาติ มานอก และปวีณา ลิ้มเจริญ. (2558). การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดสมุนไพรในตำรับยาหอมเทพจิตร. *ก้าวหน้าโลกวิทยาศาสตร์*, 15(1), 106-117. <https://sci.bsru.ac.th/sciweb/e-magazine/15-1/ chapter-10.pdf>
- Adebayo, S.A., Ondua, M., Shai, L.J., & Lebelo, S.L. (2019). Inhibition of nitric oxide production and free radical scavenging activities of four South African medicinal plants. *Journal of Inflammation Research*, 12, 195-203. <https://doi.org/10.2147/JIR.S199377>
- Alfonso, E.D., Fernando, S.D., Pineda, P.S., & Divina, C.C. (2017). Antibacterial Activity and Genotoxicity Assays of Lanzones (*Lansium domesticum*) Seeds Extract. *International Journal of Agricultural Technology*, 13(7.3), 2427-2434.
- Amorati, R., & Valgimigli, L. (2015). Advantages and limitations of common testing methods for antioxidants. *Free Radical Research*, 49(5), 633-649. <https://doi.org/10.3109/10715762.2014.996146>
- Andysheva, E.V., & Khramova, E.P. (2020). A chemotaxonomic study of phenolic compounds in the species of the genus *Dasiphora* (Rosaceae) from the Russian Far East and Eastern Siberia. *Botanica Pacifica*, 9(1), 77-83. <https://doi.org/10.17581/bp.2020.09103>
- Benzie, I., & Strain, J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power: The FRAP Assay". *Analytical Biochemistry*, 239, 70-76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Bhandari, S.R., Kwak, J.H., Jo, J.S., & Lee, J.Gu. (2019). Changes in phytochemical content and antioxidant activity during inflorescence development in broccoli. *Chilean journal of agricultural research*, 79(1), 36-47. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392019000100036>
- Buranasudja, V., Rani, D., Malla, A., Kobtrakul, K., & Vimolmangkang, S. (2021). Insights into antioxidant activities and anti-skin-aging potential of callus extract from *Centella asiatica* (L.). *Scientific Reports*, 11, 13459. <https://doi: 10.1038/s41598-021-92958-7>

- Chen, Y., Miao, Y., Huang, L., Li, J., Sun, H., Zhao, Y., Yang, J., & Zhou, W. (2014). Antioxidant activities of saponins extracted from *Radix Trichosanthis*: an *in vivo* and *in vitro* evaluation. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 14, 86. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-86>
- Dharmadeva, S., Galgamuwa, L.S., Prasadinie, C., & Kumarasinghe, N. (2018). *In vitro* Anti-inflammatory activity of *Ficus racemosa* L. bark using albumin denaturation method. *An International Quarterly Journal of Research in Ayurveda*, 39, 239-242. https://doi.org/10.4103/ayu.AYU_27_18
- Diaz, P., Jeong, S.C., Lee, S., Khoo, C., & Koyyalamudi, S.R. (2012). Antioxidant and anti-inflammatory activities of selected medicinal plants and fungi containing phenolic and flavonoid compounds. *Chinese medicine*, 7(1), 26. <https://doi.org/10.1186/1749-8546-7-26>
- Dumitras, D.A., Dreanca, A.L., Pall, E., Gal, A.F., Rus, V., Morohoschi, A.G., Cotul, M., Nan, M.I., & Andrei, S. (2022). Inhibition of Tumor Growth and Modulation of Antioxidant Activity of Rhodoxanthin Isolated from *Taxus baccata* Aril against B16F10 Murine Malignant Melanoma. *Antioxidants*, 11, 2264. <https://doi.org/10.3390/antiox11112264>
- Freitas, S., Costa, S., Azevedo, C., Carvalho, G., Freire, S., Barbosa, P., Velozo, E., Schaer, R., Tardy, M., Meyer, R., & Nascimento, I. (2011). Flavonoids inhibit angiogenic cytokine production by human glioma cells. *Phytotherapy research : PTR*, 25(6), 916–921. <https://doi.org/10.1002/ptr.3338>
- Ginwala, R., Bhavsar, R., Chigbu, D.I., Jain, P., & Khan, Z.K. (2019). Potential Role of Flavonoids in Treating Chronic Inflammatory Diseases with a Special Focus on the Anti-Inflammatory Activity of Apigenin. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 8(2), 35. <https://doi.org/10.3390/antiox8020035>
- Hazra, B., Biswas, S., & Mandal, N. (2008). Antioxidant and free radical scavenging activity of *Spondias pinnata*. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 8, 63. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-8-63>
- Indika, P.N., & Bayachou, M. (2004). Eliminating absorbing interference using the H-point standard addition method: case of Griess assay in the presence of interferent heme enzymes such as NOS. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 379(7-8), 1055–1061. <https://doi.org/10.1007/s00216-004-2674-2>
- Ji, K.L., Dai, M.Y., Xiao, C.F., & Xu, Y.K. (2021). Two new steroids with NO inhibitory effects from *lansium domesticum*. *Natural Product Research*, 35(7), 1147-1152. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1643862>

- Kabała-Dzik, A., Rzepecka-Stojko, A., Kubina, R., Iriti, M., Wojtyczka, R.D., Buszman, E., & Stojko, J. (2018). Flavonoids, bioactive components of propolis, exhibit cytotoxic activity and induce cell cycle arrest and apoptosis in human breast cancer cells MDA-MB-231 and MCF-7 - a comparative study. *Cellular and molecular biology (Noisy-le-Grand, France)*, 64(8), 1–10. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29981677>
- Khramova, E., Kukushkina, T., Shaldaeva, T., Pshenichkina, Y., & Vysochina, G. (2020). Biologically Active Compounds and Antioxidant Activity of the Plants from CSBG SB RAS Collection of the Rosaceae Family (I). In E.V. Banaev, M.A. Tomoshevich & Y.G. Zaytseva (Eds.). *BIO Web Conf. 24 00035 (2020)*. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202400035>
- Knott, A.B., & Bossy-Wetzel, E. (2010). Impact of nitric oxide on metabolism in health and age-related disease. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, Suppl 2(0 2), 126-133. <https://doi.org/10.1111/j.1463-1326.2010.01267.x>
- Lesjak, M., Beara, I., Simin, N., Pintač, D., Majkić, T., Bekvalac, K., Orčić, D., & Mimica-Dukić, N. (2018). Antioxidant and anti-inflammatory activities of quercetin and its derivatives. *Journal of Functional Foods*, 40, 68-75. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.10.047>
- Maina, S., Ryu, D.H., Bakari, G., Misinzo, G., Nho, C.W., & Kim, H.Y. (2021). Variation in Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Various Organs of African Cabbage (*Cleome gynandra* L.) Accessions at Different Growth Stages. *Antioxidants*, 10(12), 1952. <https://doi.org/10.3390/antiox10121952>
- Maisetta, G., Batoni, G., Caboni, P., Esin, S., Rinaldi, A. C., & Zucca, P. (2019). Tannin profile, antioxidant properties, and antimicrobial activity of extracts from two Mediterranean species of parasitic plant *Cytinus*. *BMC complementary and alternative medicine*, 19(1), 82. <https://doi.org/10.1186/s12906-019-2487-7>
- Marfori, E.C., Kajiya, S.I., Fukusaki, E.I., & Kobayashi A. (2015). Lansioside D, a new triterpenoid glycoside antibiotic from the fruit peel of *Lansium domesticum* Correa. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 3(5), 140-143. https://www.phytojournal.com/vol3Issue5/Issue_jan_2015/3-5-28.1.pdf
- Martysiak-Zurowska, D., & Wenta, W. (2012). A comparison of ABTS and DPPH methods for assessing the total antioxidant capacity of human milk. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 11(1), 83-89. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22230978>
- Olszewska, M.A., & Michel, P. (2009). Antioxidant activity of inflorescences, leaves and fruits of three *Sorbus* species in relation to their polyphenolic composition. *Natural Product Research*, 23(16), 1507-1521. <https://doi.org/10.1080/14786410802636177>

- Osman, N.I., Sidik, N.J., Awal, A., Mohamad Adam, N.A., & Rezali, N.I. (2016). *In vitro* xanthine oxidase and albumin denaturation inhibition assay of *Barringtonia racemosa* L. and total phenolic content analysis for potential anti-inflammatory use in gouty arthritis. *Journal of Intercultural Ethnopharmacology*, 5(4), 343-349. <https://doi.org/10.5455/jice.20160731025522>
- Ragasa, C.Y., Labrador, P., & Rideout, J.A. (2006). Antimicrobial Terpenoids from *Lansium domesticum*. *The Philippine Agricultural Scientist*, 89(1), 101-105.
- Rajurkar, N.S., & Hande, S.M. (2011). Estimation of Phytochemical Content and Antioxidant Activity of Some Selected Traditional Indian Medicinal Plants. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 73(2), 146-151. <https://doi.org/10.4103/0250-474x.91574>
- Szatmári, Á., Móricz, Á.M., Schwarczinger, I., Nagy, J.K., Alberti, Á., Pogány, M., & Bozsó, Z. (2021). A pattern-triggered immunity-related phenolic, acetosyringone, boosts rapid inhibition of a diverse set of plant pathogenic bacteria. *BMC Plant Biology*, 21(1), 153. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-02928-4>
- Thitipramote, N., Maisakun, T., Chomchuen, C., Pradmeeteekul, P., Nimkamnerd, J., Vongnitorn, P., Chaiwut, P., Thitilertdecha, N., & Pintathong, P. (2019). Bioactive Compounds and Antioxidant Activities from Pomegranate Peel and Seed Extracts. *Food and Applied Bioscience Journal*, 7(3), 152-161. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/fabjournal/article/view/176795>