

การเปรียบเทียบปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด
ใบบัวบกและใบผักแว่นแก้ว

Comparative Analysis of Phytochemical Contents and Antioxidant Activities of
Leaf Extracts from *Centella asiatica* (L.) Urban. and *Hydrocotyle umbellata* L.

อรรถชัย ตรินเจริญ¹, ประนัฏา พิมสี², นิชธิมา วารินทิพย์², ดวงสุรีย์ แสนสีระ², ณัฐนิชา บุญเรือง², มนูญชา กาละพัฒน์²,
กาญจนา ประจวบสุข² และ ภัทรพร ภาโนมัย^{2*}

Attachai Trunjaruen¹, Pranudda Pimsee², Nichthima warinthip², Duangsuree Sanseera², Natthanicha
Bunrueang², Manunchaya Kalapat², Karnjana Prajuabsook², Pattaraphorn Panomai^{2*}

¹ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

¹ Department of Biology, Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri 20131

² สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อสุขภาพและความงาม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
กรุงเทพมหานคร 10120

² Division of Health Science and Aesthetic Program, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of
Technology Krungthep, Bangkok, 10120

*Corresponding Author: Pattaraphorn.p@mail.rmutk.ac.th

Received 14 พฤษภาคม 2569; Revised 19 กรกฎาคม 2569; Accepted 11 สิงหาคม 2569

บทคัดย่อ

บัวบก (*Centella asiatica*) จัดเป็นพืชที่มีความสำคัญในทางการแพทย์ เนื่องจากสามารถบริโภคเพื่อป้องกันการเสื่อมถอยของระบบประสาท ลดระดับน้ำตาลในเลือด และอาจมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและลดการอักเสบได้ อย่างไรก็ตามผู้บริโภคมักเกิดความสับสนระหว่างบัวบกกับผักแว่นแก้ว (*Hydrocotyle umbellata*) เนื่องจากพืชทั้งสองชนิดนี้มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคล้ายคลึงกัน งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบบัวบกและใบผักแว่นแก้ว ด้วยวิธี DPPH รวมถึงการประเมินประสิทธิภาพของตัวทำละลาย ได้แก่ เอทานอลและเมทานอล ในการสกัดสารพฤกษเคมีจากใบบัวบกและใบผักแว่นแก้ว ผลการศึกษาพบว่าใบบัวบกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงกว่าใบผักแว่นแก้ว โดยเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าเมทานอล และใบบัวบกที่สกัดด้วยเอทานอลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด เท่ากับ 930.50 mg GAE/ g extract ในขณะที่ใบบัวบกที่สกัดด้วยเมทานอลมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมเท่ากับ 1,060.13 mg QE/ g extract ซึ่งสูงกว่าสารสกัดใบบัวบกที่สกัดด้วยเอทานอล แต่สารสกัดเอทานอลและเมทานอลของใบผักแว่นแก้วให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมใกล้เคียงกัน และผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายพบว่าเมทานอลเหมาะสมต่อการสกัดสารประกอบฟลาโวนอยด์มากกว่าเอทานอล เมื่อพิจารณาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าใบบัวบกมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าใบผักแว่นแก้ว ในขณะที่การสกัดด้วยเมทานอลให้ประสิทธิภาพการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอล และใบบัวบกที่สกัดด้วยเมทานอลมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น โดยมีค่า IC₅₀ เท่ากับ 15.74 µg/mL งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการแสดงให้เห็นความสำคัญในการจำแนกและเลือกใช้พืชให้ถูกชนิด รวมถึงการเลือกใช้ตัวทำละลายให้เหมาะสม ซึ่งอาจส่งผลต่อปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นประโยชน์ เพื่อก่อให้เกิดประสิทธิผลต่อผู้บริโภคสูงสุด

คำหลัก: บัวบก; ผักแว่นแก้ว;ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ; ปริมาณฟีนอลิกรวม; ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

Abstract

Centella asiatica is a medicinal plant with therapeutic importance, because it can be consumed for neuroprotective effects, anti-hyperglycemia, antioxidant activities, and anti-inflammatory effects. However, consumers mostly confuse *C. asiatica* with *Hydrocotyle umbellata* because of their similarity in morphological characters. Therefore, the present study aimed to compare the total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), and antioxidant activity using DPPH assay of leaf extracts from *C. asiatica* and *H. umbellata*, as well as to evaluate the efficiency of two solvents, which were ethanol and methanol in extracting phytochemical compounds from the leaves of both species. The results revealed that *C. asiatica* leaf extracts contained a higher TPC than *H. umbellata* leaf extracts. The extracts with ethanol yielded a greater TPC than methanol. The ethanolic extract of *C. asiatica* leaves exhibited the highest TPC, at 930.50 mg GAE/g extract, whereas the methanolic extract of *C. asiatica* leaves showed a total flavonoid content of 1,060.13 mg QE/g extract, which exceeded that of the ethanolic extract. However, the ethanolic and methanolic extracts of *H. umbellata* leaves yielded comparable TFC. The comparison of solvent efficiency revealed that methanol was more suitable than ethanol for the extraction of flavonoid compounds. Considering antioxidant capacity using DPPH assay, *C. asiatica* leaves displayed higher antioxidant activity than *H. umbellata* leaves, while methanolic extraction provided greater extraction efficiency of antioxidants than ethanolic extraction. The methanolic extract of *C. asiatica* leaves demonstrated the highest antioxidant activity among all groups, with an IC_{50} value of 15.74 μ g/mL. These findings highlight the importance of identification and selection the correct plant species, as well as choosing an appropriate extraction solvent, since these factors may influence the yield of phytochemical compounds and their beneficial biological activities, thereby maximizing the efficacy delivered to consumers.

Keywords: *Centella asiatica*; *Hydrocotyle umbellata*; Antioxidants; Total phenolic content; Total flavonoid content

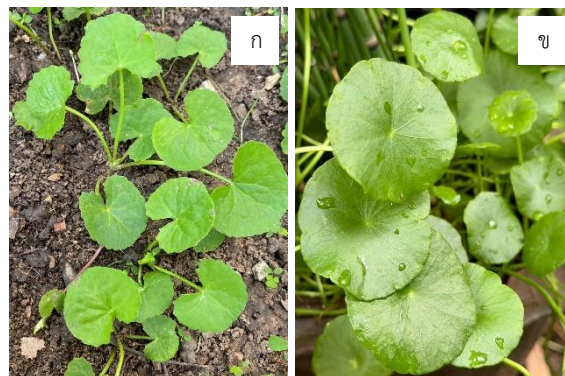
1. บทนำ

ภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) เป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสื่อมของเซลล์และโรคไม่ติดต่อเรื้อรังต่าง ๆ ในมนุษย์ เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคทางระบบประสาท และกระบวนการชราภาพ [1] ด้วยเหตุนี้การศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (antioxidants) โดยเฉพาะพืชสมุนไพร จึงได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากสารสกัดจากพืชสมุนไพรมีองค์ประกอบทางพฤกษเคมีและสารออกฤทธิ์ที่หลากหลาย ส่งผลให้สารสกัดจากพืชสมุนไพรสามารถบรรเทาอาการเจ็บป่วยได้หลายอาการ ต่างจากยาแผน

ปัจจุบันซึ่งเป็นยาเชิงเดี่ยวที่ถูกพัฒนาเพื่อบรรเทาอาการเจ็บป่วยที่จำเพาะเจาะจง [2] บัวบก (*Centella asiatica* (L.) Urban.) จัดเป็นพืชสมุนไพรที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและทางการแพทย์รวมถึงเป็นสินค้าสมุนไพรไทยตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดโลก [3] มีสรรพคุณเด่นในด้านฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ บำรุงสมอง สมานแผล ป้องกันการเสื่อมถอยของระบบประสาท และส่งเสริมความจำ [4] โดยสารออกฤทธิ์หลักที่พบ ได้แก่ สารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์และฟีนอลิก ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบในกลุ่มไตรเทอร์พีนสำคัญ เช่น สาร

ในกลุ่ม asiaticoside ที่มีศักยภาพในการรักษาโรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) และโรคในทางเดินอาหาร [1] อย่างไรก็ตามผู้บริโภคในปัจจุบันมักเกิดความสับสนระหว่างบัวบก (*C. asiatica*) กับ ผักแว่นแก้วหรือผักหนอก (*Hydrocotyle umbellata* L.) เนื่องจากพืชทั้งสองชนิดนี้มีลักษณะทางสัณฐานวิทยา (morphology) ที่คล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะลักษณะใบที่เป็นรูปกลมและขอบใบหยัก (รูปที่ 1) ทำให้ผู้บริโภคสมุนไพรมักเกิดความเข้าใจผิดว่าพืชทั้งสองชนิดเป็นพืชชนิดเดียวกัน ในประเทศอียิปต์มีรายงานการใช้ผักแว่นแก้ว (*H. umbellata*) เป็นสมุนไพรพื้นบ้านในการต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และกระตุ้นความจำ [5] คล้ายคลึงกับบัวบก (*C. asiatica*) แต่จากการศึกษาโดย Khwanchum *et al.* [6] พบว่าพืชทั้งสองชนิดมีลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของใบและผิวใบ รวมถึงองค์ประกอบทางพฤกษเคมีแตกต่างกัน และจากการศึกษาโดย Noppradit *et al.* [7] พบว่าแม้สารสกัดใบผักแว่นแก้วจะมีสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และไตรเทอร์พีนเป็นองค์ประกอบเช่นเดียวกับสารสกัดใบบัวบก แต่ชนิดของสารพฤกษเคมีในสารสกัดจากพืชทั้งสองชนิดกลับมีความแตกต่างกัน เช่น hydrojuglone glucoside เป็นสารประกอบฟีนอลิก และ oenanthoside A เป็นสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ ที่พบในสารสกัดจากใบผักแว่นเท่านั้น นอกจากนี้ใบผักแว่นยังมีสารประกอบในกลุ่มโมโนเทอร์พีนและไดเทอร์พีน เช่น ascaridole epoxide และ 20-deoxynarasin ซึ่งไม่พบในสารสกัดเอทานอลของใบบัวบก แม้ว่าในปัจจุบันจะมีรายงานการศึกษาการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางพฤกษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพระหว่างบัวบกและผักแว่นแก้ว แต่การศึกษารังนี้ยังมีวัตถุประสงค์มุ่งเน้นไปที่การเปรียบเทียบความแตกต่างของสารพฤกษเคมี ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ของสารสกัดจากใบของพืชทั้งสองชนิดที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน รวมถึงประเมินประสิทธิภาพของตัวทำละลายแต่ละชนิดในการสกัดสารพฤกษเคมีจากใบบัวบกและใบผักแว่นแก้ว เพื่อเติมเต็มองค์ความรู้ด้านพฤกษเคมีของพืชทั้งสองชนิด อันจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้ด้านการควบคุมคุณภาพของสมุนไพรและเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกใช้พืชทั้งสองชนิดนี้ในการ

ส่งเสริมสุขภาพ อุตสาหกรรมอาหารเสริม ยา และเครื่องสำอางได้อย่างถูกต้องและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 1 สัณฐานวิทยาของบัวบก (ก) และผักแว่นแก้ว (ข)

1.1 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบบัวบกและใบผักแว่นแก้ว
2. ประเมินประสิทธิภาพของตัวทำละลายแต่ละชนิดในการสกัดสารพฤกษเคมีจากใบบัวบกและใบผักแว่นแก้ว

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างใบบัวบก (*C. asiatica*) และใบผักแว่นแก้ว (*H. umbellata*) จากจังหวัดอุบลราชธานี เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม พ.ศ. 2568 จัดเตรียมการวิจัยและปฏิบัติการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเคมีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

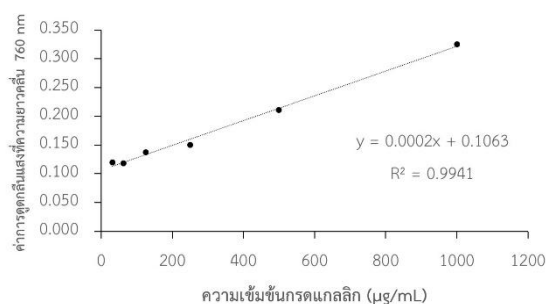
2.2 การสกัดด้วยวิธีหมัก (Maceration)

ล้างทำความสะอาดตัวอย่างและทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นบดให้ละเอียดด้วยโกร่ง แล้วนำผงตัวอย่างใบบัวบกและใบผักแว่นแก้วปริมาณ 30 กรัม สกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ เอทานอล 95% (v/v) และเมทานอล ปริมาตร 300 มิลลิลิตร (อัตราส่วนผงตัวอย่างต่อสารละลายเท่ากับ 1:10) เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง กรองด้วยกระดาษกรอง จากนั้นทำแห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (rotary evaporator) แล้วเก็บใส่ภาชนะปิดสนิทที่อุณหภูมิ 2-5°C

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

(Total Phenolic Content)

ซึ่งสารสกัดตัวอย่างปริมาณ 1 mg ละลายด้วยเมทานอล 1 mL จากนั้นทดสอบโดยการดูดสารละลายตัวอย่าง 20 μ L ลงใน 96 well plate เติม สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 7 % (w/v) ปริมาตร 80 μ L จากนั้นเติม Folin-Ciocalteu's reagent 10 % (v/v) ปริมาตร 100 μ L บ่มในที่มืด 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 760 nm นำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก ค่าสมการเส้นตรง $y = 0.0002x + 0.1063$ ($R^2 = 0.9941$) แสดงดังรูปที่ 2 รายงานในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัด (หน่วย mg Gallic acid equivalent (GAE)/ g extract) [7] ทำการวัดจำนวน 5 ซ้ำ ในแต่ละกลุ่มการทดลอง

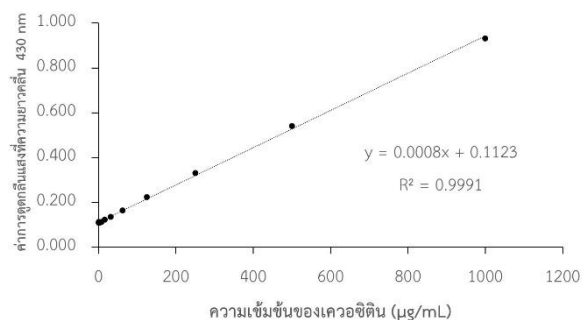


รูปที่ 2 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

2.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์

ทั้งหมด (Total Flavonoids Content)

ซึ่งสารสกัดตัวอย่างปริมาณ 1000 μ g ละลายด้วยเมทานอล 1 mL จากนั้นดูดสารละลายตัวอย่าง 100 μ L ลงใน 96 well plate เติมสารละลายโซเดียมไนเตรต (sodium nitrate) 5% (w/v) ปริมาตร 20 μ L บ่มในที่มืด 6 นาที จากนั้นเติมอะลูมิเนียมคลอไรด์ 10% (w/v) ปริมาตร 35 μ L บ่มในที่มืด 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 430 nm นำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐานเคอควิซีน ค่าสมการเส้นตรง $y = 0.0008x + 0.1123$ ($R^2 = 0.9991$) แสดงดังรูปที่ 3 รายงานในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของเคอควิซีนต่อกรัมของสารสกัด (หน่วย mg quercetin equivalent (QE)/ g extract) [8] ทำการวัดจำนวน 5 ซ้ำ ในแต่ละกลุ่มการทดลอง



รูปที่ 3 กราฟมาตรฐานเคอควิซีน

2.5 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

ทำการทดสอบโดยเตรียมสารละลาย DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ความเข้มข้น 0.2 mM ละลายด้วยเมทานอล และเตรียมสารสกัดที่ความเข้มข้น 1,000 - 1 μ g/mL ละลายด้วยเมทานอล จากนั้นหยดสารละลาย DPPH ลงใน 96 well plate หลุมละ 100 μ L และสารสกัดหลุมละ 100 μ L บ่มในที่มืด 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 nm นำค่าที่ได้มาคำนวณ % radical scavenging ดังสมการที่ (1) จากนั้น หาค่า IC_{50} จากกราฟเส้นตรงระหว่าง ค่า % inhibition กับความเข้มข้นของสารสกัด [8] เปรียบเทียบกับค่า IC_{50} ของสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ทำการวัดจำนวน 5 ซ้ำ ในแต่ละกลุ่มการทดลอง

$$\% \text{ Radical scavenging} = [(A_{DPPH} - A_{\text{ตัวอย่าง}}) / A_{DPPH}] \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ A_{DPPH} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH

และ $A_{\text{ตัวอย่าง}}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง

2.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (complete randomized design; CRD) แสดงผลในรูป ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี one-way analysis of variance (one-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test ($p < 0.05$) โดยใช้โปรแกรม R for Windows เวอร์ชัน 4.5.3

3. ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (Total Phenolic Content)

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารประกอบที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดี เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกมีโครงสร้างพื้นฐานที่ประกอบด้วยวงแหวน benzene และหมู่ hydroxyl (OH) อย่างน้อยหนึ่งหมู่ ซึ่งสามารถให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระและทำให้อนุมูลอิสระอันเป็นสาเหตุของโรคเรื้อรังต่าง ๆ นั้น ลดความรุนแรงในการแย่งอิเล็กตรอนจากสารชีวโมเลกุลอื่นในเซลล์ได้ จากนั้นสารประกอบฟีนอลิกที่ให้อิเล็กตรอนไปแล้ว จะกลายเป็นอนุมูลของสารประกอบฟีนอลิกที่เสถียรและไม่ไวต่อปฏิกิริยา [9] จากการศึกษาอิทธิพลของชนิดพืช ได้แก่ บัวบกและผักแว่นแก้ว และตัวทำละลาย ได้แก่ เอทานอลและเมทานอล พบว่าทั้งสองปัจจัยมีอิทธิพลหลัก (main effect) ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่สกัดได้ โดยที่ปัจจัยทั้งสองไม่มีอิทธิพลร่วมกัน ($p > 0.05$; ตารางที่ 1) โดยอิทธิพลหลักของชนิดพืชแสดงให้เห็นว่าบัวบกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเฉลี่ย เท่ากับ 885.00 mg GAE/ g extract สูงกว่าผักแว่นแก้ว ซึ่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเฉลี่ยเท่ากับ 790.50 mg GAE/ g extract อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ในขณะที่อิทธิพลหลักของตัวทำละลายแสดงให้เห็นว่าเอทานอลสามารถสกัดสารประกอบฟีนอลิกรวมเฉลี่ยได้ 879.50 mg GAE/ g extract ซึ่งสูงกว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่สกัดด้วยเมทานอล เท่ากับ 796.54 mg GAE/ g extract อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA; รูปที่ 1) พบว่าบัวบกที่สกัดด้วยเอทานอลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 930.50 mg GAE/ g extract ($p < 0.001$) ในขณะที่ผักแว่นแก้วที่สกัดด้วยเมทานอล ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 752.50 mg GAE/ g extract ($p < 0.001$)

แม้จะเป็นที่ทราบกันดีว่าบัวบกมีสารออกฤทธิ์สำคัญอยู่ในกลุ่มไตรเทอร์พีน (triterpenes) หลายชนิด เช่น asiatic acid, asiaticoside, และ madecassic acid เป็นต้น ซึ่งมีฤทธิ์ในการป้องกันการเสื่อมถอยของระบบประสาท (neuroprotective effects) และลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ [10], [11] แต่ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการใช้ประโยชน์ของบัวบกในการต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากบัวบกมีการสะสมสารประกอบในกลุ่มฟีนอลิก

และเมื่อเปรียบเทียบกับผักแว่นแก้วพบว่าบัวบกมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงกว่าผักแว่นแก้ว ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาโดย Noppradit *et al.* [7] ซึ่งพบว่าสารประกอบฟีนอลิกรวมของบัวบกที่สกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณสูงกว่าสารสกัดผักแว่นแก้วที่สกัดด้วยเอทานอล ถึงแม้ว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของบัวบกจะสูงกว่าผักแว่นแก้ว แต่จากการศึกษาโปรไฟล์ของสารประกอบฟีนอลิกกลับพบความแตกต่างของชนิดสารประกอบฟีนอลิกที่พบในพืชทั้งสองชนิดอย่างชัดเจน โดยตัวอย่างสารประกอบฟีนอลิกที่พบในบัวบก ได้แก่ chlorogenic acid และ 4,5-Di-*O*-caffeoylquinic acid ในขณะที่ผักแว่นแก้วพบ hydrojuglone glucoside, acetogenol, และ psoromic acid เป็นต้น

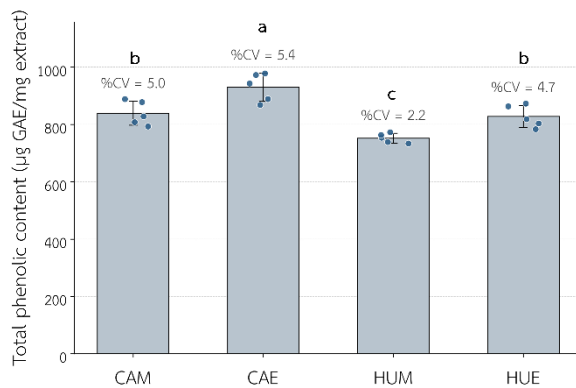
นอกจากชนิดพืชที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้แล้ว ตัวทำละลายที่แตกต่างกันก็สามารถส่งผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้ โดยผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วยเอทานอลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าทั้งในบัวบกและผักแว่นแก้ว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาผลของตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ต่อการสกัดสารประกอบฟีนอลิกรวมจาก hairy root ของ *Scutellaria baicalensis* แล้วพบว่า การสกัดด้วยเอทานอลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงกว่าการสกัดด้วยเมทานอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [12] อย่างไรก็ตามผลการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกรวมระหว่างตัวทำละลายทั้งสองชนิดนั้นอาจให้ผลที่แตกต่างกันในพืชชนิดอื่น เช่น ผลของ *Illicium griffithii* [13], รากของแครอท [14] และ ดอก *Camellia polyodonta* [15] เป็นต้น ความแตกต่างของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้ด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกันนี้ เป็นผลมาจากความมีขั้วและความสามารถในการให้พันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond doner) ของตัวทำละลายประเภทแอลกอฮอล์ ซึ่งถึงแม้ว่าทั้งเมทานอลและเอทานอลจะเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วใกล้เคียงกันและสามารถให้พันธะไฮโดรเจนเนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ได้เช่นกัน แต่เอทานอลมีหมู่ alkyl ที่ยาวกว่าเมทานอลจึงทำให้เอทานอลสามารถเกิดปฏิสัมพันธ์กับส่วนของ benzene ring ในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิกได้ดีกว่าเมทานอล ในขณะที่โมเลกุลของเมทานอลเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมกับสารพฤษเคมีที่มีการสร้างพันธะกับน้ำตาลเนื่องจากหมู่ OH

ของเมทานอลสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ OH บนโมเลกุลของน้ำตาลได้ โดยที่หมู่ alkyl ของเมทานอลที่สั้นกว่าเอทานอลไม่ขัดขวางการสร้างพันธะดังกล่าว [13] ด้วยความสัมพันธ์นี้ สารประกอบฟีนอลิกของใบบัวบกและใบผักแว่นแก้วอาจอยู่ในรูปของ aglycone เป็นส่วนมาก จึงส่งผลให้เอทานอลสามารถสกัดสารประกอบฟีนอลิกออกมาจากตัวอย่างได้ในปริมาณสูงกว่าการใช้เมทานอล

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (TPC) ของใบบัวบกและใบผักแว่นแก้วที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกัน

ชนิดพืช	ชนิดตัวทำละลาย		mean±SD
	เอทานอล	เมทานอล	
บัวบก	930.50±49.82	839.50±42.19	885.00±64.77 ^A
ผักแว่นแก้ว	828.50±38.73	752.50±16.73	790.50±48.94 ^B
mean±SD	879.50±68.26 ^a	796.00±54.94 ^b	-
Species	p<0.001		
Solvent	p<0.001		
Interaction	p>0.05		

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์เล็ก (a, b) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามแนวนอน ในขณะที่ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ (A, B) แสดงความแตกต่างทางสถิติตามแนวตั้ง



รูปที่ 4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจากสารสกัดใบบัวบกที่สกัดด้วยเมทานอล (CAM) สารสกัดใบบัวบกที่สกัดด้วยเอทานอล (CAE) สารสกัดใบผักแว่นแก้วที่สกัดด้วยเมทานอล (HUM) และสารสกัดใบผักแว่นแก้วที่สกัดด้วยเอทานอล (HUE)

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (Total Flavonoids Content)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (two-way ANOVA) แสดงให้เห็นนัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์ระหว่าง

ชนิดพืชและชนิดของตัวทำละลาย ($p < 0.001$) ต่อปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมที่สกัดได้ และเมื่อวิเคราะห์อิทธิพลหลักอย่างง่าย (simple main effect) พบว่าเมื่อสกัดใบบัวบกด้วยเมทานอลจะให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมเท่ากับ 1,060.13 mg QE/ g extract ซึ่งสูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ในขณะที่การสกัดสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมจากใบผักแว่นแก้ว โดยการใช้เอทานอลและเมทานอลให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์เท่ากับ 855.38 และ 805.13 mg QE/ g extract ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$; ตารางที่ 2) และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว พบว่าการสกัดใบบัวบกด้วยเอทานอลให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การสกัดใบผักแว่นแก้วด้วยเอทานอลและเมทานอลให้ผลรองลงมาและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ใบบัวบกที่สกัดด้วยเอทานอลกลับให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$; รูปที่ 5) ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการสกัดสารประกอบฟลาโวนอยด์ขึ้นอยู่กับชนิดพืชและชนิดของตัวทำละลาย โดยการใช้เมทานอลจะเหมาะสมกับการสกัดสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมจากใบบัวบกมากกว่าเอทานอล ในขณะที่การสกัดจากใบผักแว่นแก้วให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมที่ใกล้เคียงกันไม่ว่าจะสกัดด้วยตัวทำละลายใดก็ตาม

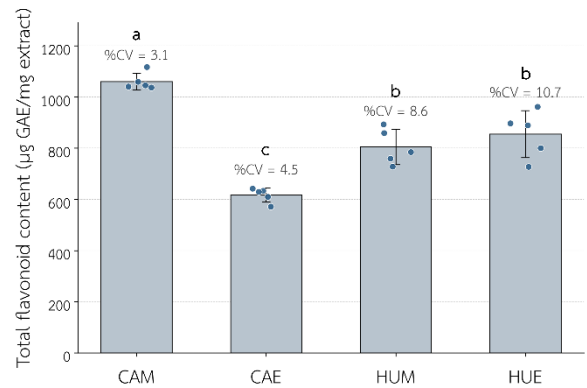
สารประกอบฟลาโวนอยด์นับเป็นกลุ่มย่อย (subclass) ของสารประกอบฟีนอลิก โดยถือเป็นสารประกอบฟีนอลิกเชิงซ้อนซึ่งโครงสร้างประกอบด้วยหมู่ฟีนอลมากกว่า 1 หมู่ [16] ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาเปรียบเทียบกับปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมระหว่างใบบัวบกและใบผักแว่นแก้วที่สกัดด้วยเอทานอล แล้วพบว่าใบบัวบกให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมต่ำกว่าใบผักแว่นแก้ว และจากการเปรียบเทียบโปรไฟล์ของสารฟลักซ์เคมีของพืชทั้งสองชนิด พบว่าใบบัวบกพบสารประกอบฟลาโวนอยด์หลายชนิด เช่น kaempferol, quercetin, และ mattheurinate B เป็นต้น ในขณะที่ใบผักแว่นพบ oenanthoside A, kaempferol 3,7-diglucoside, และ kempferol 3-O-robinobioside เป็นต้น [1] นอกจากนี้ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายแต่ละชนิดต่อการสกัดสารฟลักซ์เคมีชนิดต่าง ๆ เช่น quercetin และ

kaempferol จากใบบวบกพบว่าเมทานอลสามารถสกัดสารฟลาโวนอยด์ดังกล่าวได้ปริมาณสูงกว่าเอทานอล [17] ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของชนิดของสารประกอบฟลาโวนอยด์ระหว่างพืชทั้งสองชนิด ความแตกต่างนี้ส่งผลต่อประสิทธิภาพของตัวทำละลายในการสกัดสารประกอบฟลาโวนอยด์ออกจากตัวอย่างพืช ซึ่งพบได้ในพืชหลายชนิด เช่น การสกัดสารประกอบฟลาโวนอยด์จากส่วนเหนือดินของ *Inula britannica* และยางของ *Aloe vera* ด้วยเอทานอลและเมทานอล แล้วพบว่าเมทานอลสามารถสกัดสารประกอบฟลาโวนอยด์ได้มากกว่าการใช้เอทานอล [18], [19] อย่างไรก็ตามในพืชบางชนิดกลับพบว่าเอทานอลมีประสิทธิภาพในการสกัดสารประกอบฟลาโวนอยด์เหนือกว่าหรือใกล้เคียงกับเมทานอล เช่น *Illicium griffithii* [13] เป็นต้น ความแตกต่างดังกล่าวมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย แต่ปัจจัยหลักคือความมีขี้ผึ้งและการสร้างพันธะไฮโดรเจนของตัวทำละลาย และหมู่ glycoside ที่เกาะอยู่กับฟลาโวนอยด์แต่ละชนิด โดยหมู่ glycoside ดังกล่าวนั้นมีหมู่ OH จำนวนมากขึ้น จึงส่งผลให้สามารถละลายในตัวทำละลายที่มีขี้ผึ้งสูงกว่าได้ดีขึ้น ในขณะที่โมเลกุล aglycone จะละลายในตัวทำละลายที่มีขี้ผึ้งต่ำกว่าได้ดีกว่า [12] แม้ผลการเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมของใบบวบจะสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ แต่การศึกษาครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นว่าเอทานอลและเมทานอลซึ่งมีขี้ผึ้งต่างกันเล็กน้อย ส่งผลต่อการปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมในใบบวบอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่ความแตกต่างดังกล่าวเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยในใบผักแว่นแก้ว

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (TFC) ของใบบวบและใบผักแว่นแก้วที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกัน

ชนิดพืช	ชนิดตัวทำละลาย		mean±SD
	เอทานอล	เมทานอล	
บวบ	617.38±27.96 ^{bB}	1,060.13±32.98 ^{aA}	838.75±253.12
ผักแว่นแก้ว	855.38±91.83 ^{aA}	805.13±69.17 ^{aB}	830.25±81.09
mean±SD	736.38±140.82	932.63±143.78	-
Species	p>0.05		
Solvent	p<0.001		
Interaction	p<0.001		

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์เล็ก (a, b) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามแนวนอน ในขณะที่ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ (A, B) แสดงความแตกต่างทางสถิติตามแนวตั้ง



รูปที่ 5 ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมจากสารสกัดใบบวบที่สกัดด้วยเมทานอล (CAM) สารสกัดใบบวบที่สกัดด้วยเอทานอล (CAE) สารสกัดใบผักแว่นแก้วที่สกัดด้วยเมทานอล (HUM) และสารสกัดใบผักแว่นแก้วที่สกัดด้วยเอทานอล (HUE)

3.3 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระกับปริมาณสารฟลาโวนอยด์

จากผลฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืชทั้งสองชนิด ที่สกัดด้วยเอทานอลและเมทานอลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าปัจจัยทั้งสองมีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) เมื่อวิเคราะห์อิทธิพลหลักอย่างง่ายของอิทธิพลของตัวทำละลายพบว่า ในพืชชนิดเดียวกันเมื่อเปลี่ยนชนิดตัวทำละลายจากเอทานอลเป็นเมทานอล ค่า IC_{50} จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$; ตารางที่ 3) โดยในใบบวบค่า IC_{50} ของสารสกัดเอทานอลเท่ากับ 36.52 µg/mL แต่เมื่อสกัดด้วยเมทานอล ค่า IC_{50} จะลดลงเหลือ 15.74 µg/mL เช่นเดียวกับใบผักแว่นแก้วที่ค่า IC_{50} ของสารสกัดเอทานอลเท่ากับ 118.89 µg/mL จะลดลงเหลือ 48.81 µg/mL เมื่อสกัดด้วยเมทานอล และเมื่อวิเคราะห์อิทธิพลหลักอย่างง่ายของอิทธิพลของชนิดพืชพบว่า เมื่อใช้ตัวทำละลายชนิดเดียวกัน ได้แก่ เอทานอลและเมทานอล ใบบวบจะมีค่า IC_{50} เท่ากับ 36.52 และ 15.74 µg/mL ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าสารสกัดใบผักแว่นแก้วที่สกัดด้วยตัวทำละลายเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) และค่า IC_{50} ที่มีค่าต่ำ แสดงถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าสารสกัดที่มีค่า IC_{50} สูง เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวพบว่าใบบวบที่สกัดด้วยเมทานอลมีค่า IC_{50} ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดในกลุ่มอื่น ๆ ($p < 0.001$; รูปที่ 6) ผลการศึกษา

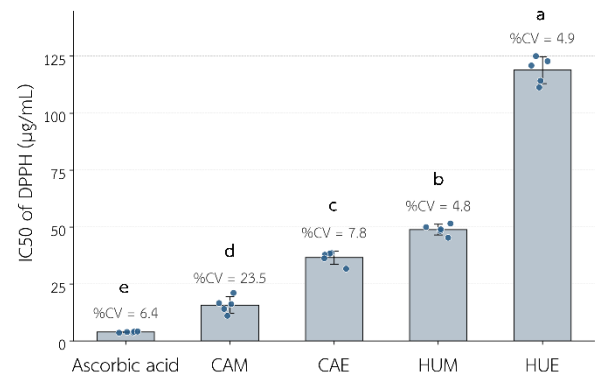
ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าใบบัวบกมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดด้วยวิธี DPPH สูงกว่าใบผักแว่นแก้ว

โครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์โดยทั่วไป สามารถเกิดการให้อิเล็กตรอนหรือโปรตรอนแก่อนุมูลอิสระ แล้วทำให้อนุมูลอิสระไม่สามารถไปแย่งอิเล็กตรอนจากสารชีวโมเลกุลอื่นในเซลล์ได้ โดยสารประกอบฟีนอลิกมี benzene ring และหมู่ OH ที่สามารถให้อิเล็กตรอนและเกิดการ delocalization ใน benzene ring ได้ เกิดเป็นอนุมูลของฟีนอลิกที่เสถียร [8] ในขณะที่โครงสร้างหลักของสารประกอบฟลาโวนอยด์ประกอบด้วยวงแหวนคาร์บอน 3 วง ได้แก่ วงแหวน A, B, และ C ที่มีโครงสร้างเป็น C6-C3-C6 เมื่อโครงสร้างดังกล่าวประกอบด้วยหมู่ OH ที่ตำแหน่งคาร์บอนที่ 3 และ 4 ของวงแหวน B ซึ่งเป็นตำแหน่งหลักที่ทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนและโปรตรอน การมีพันธะคู่ที่ต่อกับหมู่คาร์บอนิล และหมู่ OH ที่คาร์บอนตำแหน่งอื่น ๆ ด้วยโครงสร้างเหล่านี้ สารประกอบฟลาโวนอยด์จึงมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง [20] ดังนั้นในสารสกัดที่มีปริมาณสารประกอบเหล่านี้สูง จึงควรจะสามารถในการอนุมูลอิสระสูง หรือ มีค่า IC_{50} ต่ำด้วย อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์สเปกตรัมแล้วพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีค่าสัมพันธ์สเปกตรัมกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฟลาโวนอยด์รวมเท่ากับ -0.16 และ -0.13 แม้ว่าค่าสัมพันธ์สเปกตรัมจะอยู่ในระดับต่ำและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$; รูปที่ 7) แต่ค่าที่ได้มีค่าลบ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มความสัมพันธ์ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ โดยเมื่อปริมาณสารประกอบเหล่านี้สูงขึ้น ค่า IC_{50} ของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH จะลดต่ำลง เมื่อพิจารณาที่ชนิดของพืช ใบบัวบกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฟลาโวนอยด์รวมสูงกว่าใบผักแว่นแก้ว จึงอาจส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของใบบัวบกสูงกว่าใบผักแว่นแก้ว ในขณะที่การสกัดใบบัวบกด้วยเมทานอลส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอล จึงส่งผลให้สารสกัดใบพืชที่สกัดด้วยเมทานอลมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดพืชที่สกัดด้วยเอทานอล เนื่องจากมีความเข้มข้นมากกว่าเอทานอลจึงสามารถสกัดสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่มีหมู่ glycoside ได้มากกว่าเอทานอล [13]

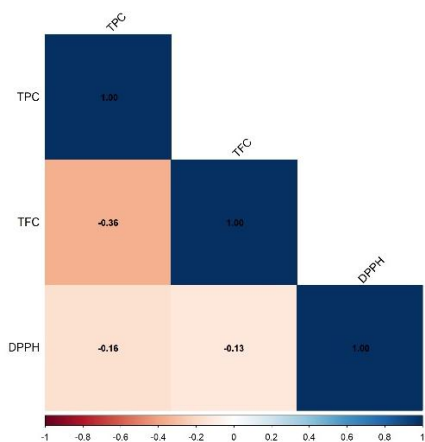
ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของใบบัวบกและใบผักแว่นแก้วที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกัน

ชนิดพืช	ชนิดตัวทำละลาย		mean±SD
	เอทานอล	เมทานอล	
บัวบก	36.52±2.85 ^{aB}	15.74±3.70 ^{bB}	26.13±11.38
ผักแว่นแก้ว	118.89±5.86 ^{aA}	48.81±2.33 ^{bA}	83.85±37.17
mean±SD	77.70±43.63	32.27±17.67	-
Species	p<0.001		
Solvent	p<0.001		
Interaction	p<0.001		

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์เล็ก (a, b) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามแนวนอน ในขณะที่ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ (A, B) แสดงความแตกต่างทางสถิติตามแนวตั้ง



รูปที่ 6 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH จากสารสกัดใบบัวบกที่สกัดด้วยเมทานอล (CAM) สารสกัดใบบัวบกที่สกัดด้วยเอทานอล (CAE) สารสกัดใบผักแว่นแก้วที่สกัดด้วยเมทานอล (HUM) และสารสกัดใบผักแว่นแก้วที่สกัดด้วยเอทานอล (HUE)



รูปที่ 7 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

4. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าใบบัวบกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าใบผักแว่นแก้วไม่ว่าจะสกัดด้วยตัวทำละลายใด ในขณะที่ใบบัวบกที่สกัดด้วยเมทานอลมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมสูงกว่าสารสกัดใบบัวบกที่สกัดด้วยเอทานอล แต่สารสกัดเอทานอลและเมทานอลของใบผักแว่นแก้วให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมใกล้เคียงกัน ในการเปรียบเทียบตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสารพฤกษเคมีทั้งสองชนิดจากใบบัวบกและใบผักแว่นแก้ว ผลการศึกษาพบว่าเอทานอลเหมาะต่อการสกัดสารประกอบฟีนอลิก ในขณะที่เมทานอลเหมาะกับการสกัดสารประกอบฟลาโวนอยด์ และเมื่อพิจารณาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าใบบัวบกมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าใบผักแว่นแก้ว ในขณะที่การสกัดด้วยเมทานอลให้ประสิทธิภาพการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอล ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าแม้พืชสองชนิดนี้จะมีลักษณะสัณฐานวิทยาที่คล้ายคลึงกัน แต่ใบบัวบกและใบผักแว่นแก้วมีองค์ประกอบทางพฤกษเคมีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน ยิ่งไปกว่านั้นปริมาณสารพฤกษเคมีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระนั้นยังขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดด้วย ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงเป็นการแสดงให้เห็นความสำคัญในการจำแนกและเลือกใช้พืชให้ถูกต้องตามชนิด รวมถึงการเลือกใช้ตัวทำละลายให้เหมาะสม เพื่อก่อให้เกิดประสิทธิผลต่อผู้บริโภคสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ นางสาวศินีนาถ อีร์ภัทรไพศาล ที่ให้การช่วยเหลือและคำปรึกษา รวมถึงสาขาวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อสุขภาพและความงาม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ และอำนวยความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า จนทำให้งานชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

เอกสารอ้างอิง

- [1] G. Pizzino, N. Irrera, M. Cucinotta, G. Pallio, F. Mannino, V. Arcoraci, F. Squadrito, D. Altavilla, and A. Bitto, "Oxidative stress: Harms and benefits for human health," *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, vol. 2017, no. 1, p. 8416763, Jan. 2017, doi: 10.1155/2017/8416763.
- [2] O. P.-C. Ugwu, M. N. Ugwu, F. C. Ogenyi, E. U. Alum, V. H. U. Eze, M. Basajja, J. N. Ugwu, M. B. Okon, C. N. Ugwu, C. N. Anyanwu, J. Obiezu, C. Ezeonwumelu, D. T. Swase, B. Samanya, S. I. Egba, D. E. Uti, and H. Onohuean, "Synergistic phytochemicals in multi-target drug discovery for complex diseases: A narrative review," *Phytomedicine Plus*, vol. 6, no. 3, p. 100995, May 2026, doi: 10.1016/j.phyplu.2026.100995.
- [3] ระวีวรรณ เจริญทรัพย์, ธิธรัตน์ ดวงยอด, ธรากร มณีรัตน์, ปราวี ภูนิษฐ์, สิริพันธ์ สุวรรณภรณ์, กวิตา เพื่องฟู, ชาลิณี จันตะ, ชนม์นิภา สามารถ, และสุชีรา แสงจันทร์, จัดทำข้อเสนอเชิงนโยบาย การสร้างเสถียรภาพและความเข้มแข็งทางการค้า สินค้าสมุนไพร, นนทบุรี: สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า, 2568.
- [4] คณะอนุกรรมการจัดทำตำราอ้างอิงยาสมุนไพรไทย, "ตำราอ้างอิงสมุนไพรไทย: บัวบก (BUABOK)," *วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก*, ปีที่ 9, ฉบับที่ 1, หน้า 57-61, ม.ค.-ส.ค. 2554.
- [5] S. A. Hamdy, H. M. E. Hefnawy, S. M. Azzam, and E. A. Aboutabl, "Botanical and genetic characterization of *Hydrocotyle umbellata* L. cultivated in Egypt," *Bulletin of Faculty of Pharmacy Cairo University*, vol. 56, no. 1, pp. 46-53, Apr. 2018, doi: 10.1016/j.bfopcu.2018.03.006.
- [6] L. Khwanchum, A. Intharuksa, S. Yanaso, and K. Thongkhao, "Differentiation of *Centella asiatica* (L.) Urb. from *Hydrocotyle umbellata* L. using the trnH-psbA region, species-specific

- bands and anisocytic stomata as markers for quality control of raw materials and their products,” *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, vol. 37, p. 100504, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.jarmap.2023.100504.
- [7] B. Noppradit, P. Suklim, S. Nanarong, C. Leeratiwong, S. Laphookhieo, and P. Puttarak, “Exploring the immunomodulatory, anti-inflammatory, and cell proliferative potential of *Hydrocotyle umbellata* L. Leaf extracts: A comparative study with *Centella asiatica* (L.) Urb,” *Phytomedicine Plus*, vol. 6, no. 2, p. 100969, Feb. 2026, doi: 10.1016/j.phyplu.2026.100969
- [8] P. Panomai, S. Thapphasaraphong, and N. Nualkaew, “A Comparative Study of Two *Oroxylum indicum* (L.) Kurz. Phenotypes Based on Phytochemicals and Antioxidant Effects, and the Anti-Inflammatory Activity of Leaf and Pod Extracts,” *Plants*, vol. 13, no. 15, p. 2110, Jul. 2024, doi: 10.3390/plants13152110.
- [9] J. Chen, J. Yang, L. Ma, J. Li, N. Shahzad, and C. K. Kim, “Structure- antioxidant activity relationship of methoxy, phenolic hydroxyl, and carboxylic acid groups of phenolic acids,” *Scientific Reports*, vol. 10, no. 1, p. 2611, Feb. 2020, doi: 10.1038/s41598-020-59451-z.
- [10] I. E. Orhan, “*Centella asiatica* (L.) Urban: From Traditional Medicine to Modern Medicine with Neuroprotective Potential,” *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, vol. 2012, pp. 1– 8, Jan. 2012, doi: 10.1155/2012/946259.
- [11] L. S. Singh and W. S. Singh, “*Centella asiatica* and its bioactive compounds: a comprehensive approach to managing hyperglycemia and associated disorders,” *Discover Plants.*, vol. 1, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1007/s44372-024-00070-7.
- [12] J. Lim, K. Kim, D. Y. Kwon, J. K. Kim, R. Sathasivam, and S. U. Park, “Effects of Different Solvents on the Extraction of Phenolic and Flavonoid Compounds, and Antioxidant Activities, in *Scutellaria baicalensis* Hairy Roots,” *Horticulturae*, vol. 10, no. 2, p. 160, Feb. 2024, doi: 10.3390/horticulturae10020160.
- [13] O. P. Arya, I. D. Bhatt, and K. Mohanty, “Effect of different extraction solvents on bioactive phenolics and antioxidant potential of *Illicium griffithii* fruit,” *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, vol. 40, p. 100547, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.jarmap.2024.100547.
- [14] E. A. Mohammed, I. G. Abdalla, M. A. Alfawaz, M. A. Mohammed, S. A. Al Maiman, M. A. Osman, A. E. A. Yagoub, and A. B. Hassan, “Effects of extraction solvents on the total phenolic content, total flavonoid content, and antioxidant activity in the aerial part of root vegetables,” *Agriculture*, vol. 12, no. 11, p. 1820, Oct. 2022, doi: 10.3390/agriculture12111820.
- [15] Z. Xiang, L. Liu, Z. Xu, Q. Kong, S. Feng, T. Chen, L. Zhou, H. Yang, Y. Xiao, and C. Ding, “Solvent Effects on the Phenolic Compounds and Antioxidant Activity Associated with *Camellia polyodonta* Flower Extracts,” *ACS Omega*, vol. 9, no. 25, pp. 27192–27203, Jun. 2024, doi: 10.1021/acsomega.4c01321.
- [16] R. E. Mutha, A. U. Tatiya, and S. J. Surana, “Flavonoids as natural phenolic compounds and their role in therapeutics: an overview,” *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, vol. 7, no. 1, p. 25, Jan. 2021, doi: 10.1186/s43094-020-00161-8.

- [17] P. Mohapatra, A. Ray, S. Jena, S. Nayak, and S. Mohanty, "Influence of extraction methods and solvent system on the chemical composition and antioxidant activity of *Centella asiatica* L. leaves," *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, vol. 33, p. 101971, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.bcab.2021.101971.
- [18] A. K. Ibadullayeva, M. Kasela, K. K. Kozhanova, G. M. Kadyrbayeva, J. Widelski, K. Wojtanowski, A. Józefczyk, K. Susniak, P. Okinczyc, M. I. Tleubayeva, A. A. Karaubayeva, M. A. Zhandabayeva, A. Z. Mukhamedsadykova, and A. Malm, "Chemical profile and biological properties of methanolic and ethanolic extracts from the aerial parts of *Inula britannica* L. growing in Central Asia," *Molecules*, vol. 29, no. 23, p. 5749, 2024, doi: 10.3390/molecules29235749.
- [19] A. Mehmood, S. Javid, M. F. Khan, K. S. Ahmad, and A. Mustafa, "In vitro total phenolics, total flavonoids, antioxidant and antibacterial activities of selected medicinal plants using different solvent systems," *BMC Chemistry*, vol. 16, no. 1, p. 64, Aug. 2022, doi: 10.1186/s13065-022-00858-2.
- [20] M. Platzer, S. Kiese, T. Herfellner, U. Schweiggert-Weisz, and P. Eisner, "How does the phenol structure influence the results of the Folin-Ciocalteu assay?," *Antioxidants*, vol. 10, no. 5, p. 811, May 2021, doi: 10.3390/antiox10050811.