

บทความวิจัย (Research Article)**การเปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเอทานอลและน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกและเมล็ดมะแขว่น**

วาสนา ประภาเลิศ¹, นีรนุช ไชยรังษี¹, นพารัตน์ จิวาลักษณ์¹ และ ฤดีวรรณ ตั้งประดิษฐ์^{1*}

Comparative study of total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity of ethanolic extracts and essential oils from pericarp and seed of *Zanthoxylum limonella* Alston

Wasana Prapalert¹, Neeranuch Chairungsi¹, Naparat Jiwalak¹, and Rudeewan Tungpradit^{1*}

¹ Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, 50180, Thailand

* Corresponding author, Email: rudeewan@g.cmr.ac.th

Health Science, Science and Technology Reviews. 2026;19(2):146-154.

Received: 8 April 2026; Revised: 14 August 2026; Accepted: 27 August 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเอทานอล และน้ำมันหอมระเหย จากส่วนเปลือกและเมล็ดมะแขว่น (*Zanthoxylum limonella* Alston) ซึ่งเป็นสายพันธุ์เฉพาะที่พบได้ในพื้นที่ ตำบลโป่งแยง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ จากการศึกษาพบว่า สารสกัดเอทานอลจากเปลือกมะแขว่นให้ค่าร้อยละสารสกัดสูงสุด ที่ร้อยละ 20.28 และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุด ที่ปริมาณ 132.69 mg GAE/g extract ในขณะที่สารสกัดจากเมล็ดมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมสูงกว่าส่วนเปลือก โดยมีปริมาณ 68.91 mg QE/g extract สำหรับการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยใช้วิตามินซีและโพลลอสเป็นสารมาตรฐาน พบว่า สารสกัดเอทานอลจากเปลือกมะแขว่นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระดีที่สุด โดยมีค่า IC₅₀ เท่ากับ 1.48 mg/mL ในขณะที่ วิตามินซีและโพลลอสมีค่า IC₅₀ เท่ากับ 0.00748 และ 0.00954 mg/mL ตามลำดับ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของมะแขว่นในการนำมาใช้เป็นแหล่งของฟีนอลและสารต้านอนุมูลอิสระเพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับสมุนไพรพื้นบ้าน และสามารถนำไปต่อยอดเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต

คำสำคัญ: มะแขว่น, ปริมาณฟีนอลิกรวม, ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

¹ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50180 ประเทศไทย

Abstract

This research aims to compare the total phenolic content, total flavonoid content and antioxidant activity of ethanolic extracts and essential oils from the pericarp and seed of Makhwaen (*Zanthoxylum limonella* Alston), a local plant species found in Pong Yaeng Subdistrict, Mae Rim District, Chiang Mai Province. This study found that the ethanolic extract of the pericarp provided the highest yield at 20.28% and total phenolic content at 132.69 mg GAE/g extract, whereas the seed extract showed a higher total flavonoid content of 68.91 mg QE/g extract. Regarding antioxidant activity via the DPPH assay using ascorbic acid and trolox as positive controls, the ethanolic pericarp extract exhibited the most potent radical scavenging activity with an IC_{50} value of 1.48 mg/mL, whereas ascorbic acid and Trolox had IC_{50} values of 0.00748 and 0.00954 mg/mL, respectively. These results demonstrate that *Zanthoxylum limonella* Alston represents a potent source of phenolic compounds and antioxidants, offering a strategic approach to enhancing the value of local herbs and supporting the development of future commercial products.

Keywords: *Zanthoxylum limonella*, Total phenolic content, Total flavonoid content, Antioxidant activity

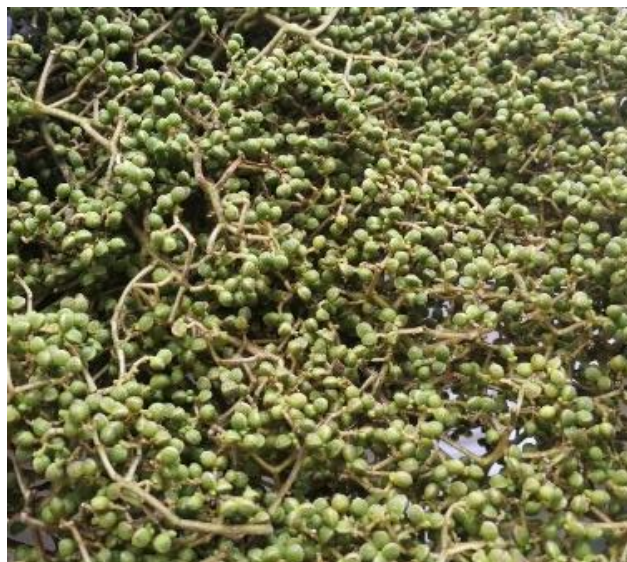
บทนำ

มะแขว่น (ภาคเหนือ) หรือ พริกหอม (ภาคกลาง) (*Zanthoxylum limonella* Alston) จัดอยู่ในวงศ์ส้ม (Rutaceae) เป็นพืชสมุนไพรที่เดียวกับมะกรูดและมะนาว และถือว่าเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่พบมากในภาคเหนือ สามารถพบเห็นและเติบโตได้ดีบนภูเขาที่มีความสูงประมาณ 1,000 เมตร ถิ่นกำเนิดและการกระจายพันธุ์พบมากทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะในจังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงราย พะเยา น่าน และเชียงใหม่ ในจังหวัดเชียงใหม่ สามารถพบมะแขว่นขึ้นตามธรรมชาติ และปลูกเสริมในตำบลป่าแป๋ ตำบลสะลวง และตำบลโป่งแยง เป็นต้น โดยธรรมชาติจะพบมะแขว่นในป่าดิบแล้งหรือป่าดิบเขา แต่ถ้ามีการปลูก เกษตรกรจะปลูกมะแขว่นสลับกับพืชสวนป่า คือ ปลูกร่วมกับพืชชนิดอื่นเพื่อเพิ่มรายได้[1]

มะแขว่น เป็นไม้ขนาดกลาง มีหนามอยู่รอบลำต้นและกิ่ง ต้นอ่อนจะมีสีแดงแกมเขียว ลักษณะของใบเป็นใบประกอบ แต่ละใบจะมีใบย่อย 10-25 ใบ ช่อดอกเป็นช่อแบบกลุ่มย่อย มีสีขาวอมเทา มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่คนละต้น ผลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.3-0.5 เซนติเมตร เปลือกของผลมีสีเขียว (ดังรูปที่ 1) เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม ผลแก่จัดจะแตกออก เมล็ดกลมเรียบ เมื่อแก่จัดจะมีสีดำเข้มเป็นมัน มีกลิ่นหอมฉุนคล้ายผักชี มีรสเผ็ดเล็กน้อย มีสรรพคุณทางสมุนไพร โดยใช้ส่วนต่างๆ มาใช้รักษาอาการต่างๆ เช่น แก้กลมวิงเวียน หน้ามืดตาลาย บำรุงโลหิต บำรุงหัวใจ บำรุงธาตุ ถอนพิษฟกบวม แก้ก้นองใน ขับลมในลำไส้ ขับระดู ขับปัสสาวะ แก้ปวดฟัน เป็นต้น [2] น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากเมล็ดมะแขว่น มีฤทธิ์ด้านการอักเสบที่เกิดจากพิษของสาร formalin และ carragenin และเมื่อทดลองกับคนสามารถระงับการอักเสบบนผิวหนังได้ น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากผลมีฤทธิ์ในการขับพยาธิลำไส้ แต่ยังไม่มียารักษาโรค ความเป็นพิษของมะแขว่น ซึ่งมีสาร *N*-octyl acetate, D, L-limonene, 8-Heptadecene, Linalool, *Trans*-anethole sabinene, Limonene และ Terpinen-4-ol เป็นองค์ประกอบหลัก[3] น้ำมันหอมระเหยเหล่านี้มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียได้หลายชนิด เช่น *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia* เป็นต้น [3]

นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นยังช่วยเพิ่มการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบ หลอดเลือดแดงใหญ่ และท่ออสุจิของหนูขาว รวมทั้งลำไส้เล็กส่วน Ileum ของหนูตะเภาด้วยกลไกที่ไม่เฉพาะเจาะจงกับตัวรับสัมผัสใดๆ และยังช่วยกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อระบบทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ของอวัยวะภายในของหนูทดลองได้ [4] อีกทั้งยังพบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันหอมระเหยจากผลมะแขว่น นอกจากนี้ยังแสดงฤทธิ์สูงในการต้านเชื้อรา *Rhodotorula glutinis*, *Aspergillus ochraceus* และ *Fusarium moniliforme* ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยผสมกับมะแขว่นสามารถทำลายเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคต่างๆ ได้ดี ได้แก่ เชื้อ *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas fluorescens* และ *Salmonella Rissen* [5]

งานวิจัยนี้ใช้มะแขว่นจาก ตำบลโป่งแยง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่พบได้ในพื้นที่นี้เท่านั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอชของสารสกัดเอทานอล และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกและเมล็ดของมะแขว่น โดยมีเป้าหมายในการศึกษาแนวทางการพัฒนาวิจัยสารสกัดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ทางด้านผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น อาหาร และ เครื่องสำอาง ส่งเสริมการพัฒนาและเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร อีกทั้งส่งเสริมและสนับสนุนให้สมาชิกในชุมชนเห็นคุณค่าของทรัพยากรท้องถิ่น และใช้ความหลากหลายทางชีวภาพได้อย่างคุ้มค่าและยั่งยืน มีการพัฒนาต่อยอดนำไปสู่การพึ่งพาตัวเอง สร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชนอย่างยั่งยืน มีคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ดีขึ้นบนพื้นฐานของทรัพยากร ภูมิปัญญา และองค์ความรู้ที่มีอยู่ ข้อมูลจากงานวิจัยนี้ยังเป็นข้อมูลสำหรับนำไปใช้ทางการแพทย์ เกษตกรรม และสาธารณสุข ต่อไป



รูปที่ 1 ผลมะแขว่นสดจากอำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่

วัสดุและวิธีการศึกษา

การเตรียมตัวอย่างมะแขว่น

นำผลมะแขว่นสดมาล้างในที่ร่มให้แห้ง (7 วัน) นำผลมะแขว่นแห้งที่ได้ ไปแยก ส่วนเปลือกหุ้มเมล็ด และ ส่วนเมล็ด ออกจากกัน จะได้ตัวอย่างเป็น เปลือกมะแขว่น และ เมล็ดมะแขว่น ตามลำดับ ดังรูปที่ 2



ผลมะแขว่นแห้ง



เปลือกมะแขว่น



เมล็ดมะแขว่น

รูปที่ 2 ตัวอย่างมะแขว่นที่ใช้ในการศึกษา

การเตรียมสารสกัดหยาบเอทานอล

เตรียมจากตัวอย่าง 2 ชนิด ได้แก่ เปลือกมะแขว่น และ เมล็ดมะแขว่น บดละเอียด เติมน้ำ 95% เอทานอล อัตราส่วน 1:4 น้ำหนักต่อปริมาตร เก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (น้ำหนัก 2 ครั้ง) นำสารละลายที่ได้ไประเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน (Rotary evaporator) จะได้สารสกัดหยาบเอทานอลเพื่อนำไปวิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมต่อไป

การเตรียมน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่น

เตรียมจากตัวอย่าง 2 ชนิด ได้แก่ เปลือกมะแขว่น และเมล็ดมะแขว่น ที่บดละเอียด เติมน้ำลงในขวดกลั่นกลม อัตราส่วน 1:4 น้ำหนักต่อปริมาตร นำไปกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยน้ำ (Hydro-distillation) โดยใช้ชุดเครื่องมือเคลเวนเจอร์ (Clevenger apparatus) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แยกน้ำมันที่ลอยอยู่ด้านบน (ความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ) นำไปเติมโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส (Na_2SO_4) นำน้ำมันหอมระเหยที่ได้ไปหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และวิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การหาปริมาณฟีนอลิกรวม (Total phenolic content) โดยวิธีฟอลินซีโอแคลเตอ (Folin-Ciocalteu colorimetry)

นำสารละลายสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic acid; GA) ในเมทานอล ความเข้มข้นระหว่าง 1-100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตร เติมน้ำละลาย Folin-ciocalteu reagent ความเข้มข้น 10% (ปริมาตรต่อปริมาตร) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) ความเข้มข้น 2.5% (มวลต่อปริมาตร) ปริมาตร 80 ไมโครลิตร ให้ปฏิกิริยาดำเนินไปในที่มืด 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร (ทำซ้ำ 3 ครั้ง) สร้างกราฟมาตรฐานกรดแกลลิกระหว่างค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยกับความเข้มข้น โดยทดสอบสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้น 10-100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรในเมทานอล นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้เทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก แล้วคำนวณหาปริมาณฟีนอลิกรวม

การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (Total flavonoid content) โดยวิธีอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Aluminum chloride colorimetric assay)

เตรียมสารละลายโซเดียมไนไตรต์ (Sodium nitrite) ความเข้มข้น 15% (มวลต่อปริมาตร) ปริมาตร 6 ไมโครลิตร ลงในสารละลายมาตรฐานเคอร์ซีติน (Quercetin ; QE) ในเมทานอล ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ที่ความเข้มข้นระหว่าง 1-10 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร จากนั้นเติมอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Aluminum chloride) ความเข้มข้น 10% (มวลต่อปริมาตร) ปริมาตร 6 ไมโครลิตร เมื่อปฏิกิริยาดำเนินในที่มืด 6 นาที จะได้สารละลายสีเหลือง เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) ความเข้มข้น 4% (มวลต่อปริมาตร) ปริมาตร 40 ไมโครลิตร และเมทานอล ความเข้มข้น 30% (มวลต่อปริมาตร) ปริมาตร 128 ไมโครลิตร เมื่อปฏิกิริยาดำเนินในที่มืด 15 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร (ทำซ้ำ 3 ครั้ง) สร้างกราฟมาตรฐานเคอร์ซีติน ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยกับความเข้มข้น จากนั้นทดสอบละลายตัวอย่างในเมทานอล ที่ความเข้มข้น 100-150 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเทียบกับกราฟมาตรฐานเคอร์ซีตินคำนวณหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอช (DPPH assay)

เตรียมสารละลายมาตรฐานวิตามินซี สารละลายมาตรฐานไทโรลอกซ์ และสารละลายสารสกัดตัวอย่างในเมทานอล ที่มีความเข้มข้นระหว่าง 10-100 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตร นำไปทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช โดยดัดแปลงมาจากวิธีของ Thogchai et al. [6] ทำปฏิกิริยากับสารละลายดีพีพีเอช (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; DPPH) ในเมทานอล ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 180 ไมโครลิตร เมื่อปฏิกิริยาดำเนินในที่มืด 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณหาร้อยละฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (% DPPH radical scavenging activity) จากสมการที่ (1) และนำมาสร้างกราฟเส้นตรงระหว่าง % DPPH radical scavenging activity กับความเข้มข้นของสารสกัดตัวอย่างเพื่อหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% (Half maximal inhibitory concentration; IC₅₀) จากสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟ

$$\% \text{ DPPH radical scavenging activity} = [(A_0 - A_s) / A_0] \times 100 \quad \dots\dots\dots(1)$$

โดย A₀ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม และ A_s = ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

ผลการศึกษา

ผลการเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างมะแขว่น

จากการนำตัวอย่างมะแขว่น ได้แก่ เมล็ดมะแขว่น และ เปลือกมะแขว่น นำมาสกัด 2 วิธี คือ สารสกัดจากการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยเป็นการแช่สกัดที่อุณหภูมิห้อง (Maceration) แล้วนำไประเหยแห้งด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุน (Rotary evaporator) จะได้สารสกัดหยาบเอทานอลจากเปลือกและเมล็ดมะแขว่นมีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืดสีน้ำตาล โดยมีร้อยละผลผลิต (เทียบกับน้ำหนักแห้ง) เท่ากับ 20.28 และ 8.08 ตามลำดับ และการกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยน้ำ (Hydro-distillation) โดยใช้ชุดเครื่องมือเคลเวนเจอร์ (Clevenger apparatus) จะได้ น้ำมันหอมระเหยเป็นของเหลวสีเหลืองใสที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ โดยส่วนเปลือกและเมล็ดมีร้อยละผลผลิต เท่ากับ 1.48 และ 0.16 ตามลำดับ ข้อมูลร้อยละผลผลิต และลักษณะต่างๆ ทางกายภาพ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ร้อยละผลผลิตเทียบกับน้ำหนักพืชแห้ง (% yield) และลักษณะทางกายภาพของสารสกัด

ตัวอย่าง	การสกัด	ร้อยละผลผลิต (% yield)	ลักษณะทางกายภาพ ของสารสกัด
เปลือกมะแขว่น	การแช่สกัดด้วยเอทานอล	20.28	ของเหลวข้นหนืดสีน้ำตาล
	การกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยน้ำ	1.48	ของเหลวสีเหลืองใส
เมล็ดมะแขว่น	การแช่สกัดด้วยเอทานอล	8.08	ของเหลวข้นหนืดสีน้ำตาล
	การกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยน้ำ	0.16	ของเหลวสีเหลืองใส

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมด้วยวิธีฟอลินชิโอแอลดู โดยสร้างกราฟมาตรฐานจากกรดแกลลิก (Gallic acid) พบว่า ได้กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก โดยมีความสัมพันธ์เชิงเส้น $y = 41.4285x + 0.0199$ ($R^2 = 0.9995$) และคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic acid equivalent; GAE) โดยแสดงในรูปมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัด (mg GAE/g extract) พบว่า สารสกัดจากเปลือกที่ได้จากการแช่สกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเฉลี่ย เท่ากับ 132.69 ± 3.00 mg GAE/g extract ส่วนสารสกัดจากเมล็ดที่ได้จากการแช่สกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก รวมเฉลี่ย เท่ากับ 105.83 ± 6.25 mg GAE/g extract ส่วนน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่นด้วยน้ำของตัวอย่างจากเปลือกและเมล็ดมะแขว่นมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกน้อยมากจนไม่สามารถหาค่าได้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัดหยาบเอทานอล และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกและเมล็ดมะแขว่น

ตัวอย่าง	วิธีการสกัด	ปริมาณ ฟีนอลิกรวม	ปริมาณ ฟลาโวนอยด์รวม	DPPH
		(มิลลิกรัมกรดแกลลิก ต่อกรัมสารสกัด)	(มิลลิกรัมเคอร์ซีติน ต่อกรัมสารสกัด)	IC ₅₀ (มิลลิกรัมต่อ มิลลิลิตร)
เปลือกมะแขว่น	การแช่สกัดด้วยเอทานอล	132.69 ± 3.00	50.67 ± 2.13	1.48
	การกลั่นด้วยน้ำ	N/A	N/A	10.94
เมล็ดมะแขว่น	การแช่สกัดด้วยเอทานอล	105.83 ± 6.25	68.91 ± 2.83	13.87
	การกลั่นด้วยน้ำ	N/A	N/A	N/A
วิตามินซี	-	-	-	0.00748
โทรลอกซ์	-	-	-	0.00954

หมายเหตุ: N/A คือ Not Available (ไม่สามารถหาค่าได้)

ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม

การหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธีอะลูมิเนียมคลอไรด์ โดยสร้างกราฟมาตรฐานเคอร์ซีติน (Quercetin) พบว่า ได้กราฟมาตรฐานเคอร์ซีตินที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น $y = 2.3443x + 0.0241$ ($R^2 = 0.9962$) และคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดจากตัวอย่างมะแขว่น จากกราฟมาตรฐานเคอร์ซีติน (Quercetin equivalent; QE) ในรูปมิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซีตินต่อกรัมสารสกัด พบว่า สารสกัดเอทานอลจากเมล็ดมะแขว่นมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงกว่าสารสกัดเอทานอลของเปลือกมะแขว่น โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 68.91 ± 2.83 mg QE/g

และ 50.67 ± 2.13 mg QE/g extract ตามลำดับ ส่วนน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่นด้วยน้ำของตัวอย่างจากเปลือกและเมล็ดมะแขว่นมีปริมาณฟลาโวนอยด์น้อยมากจนไม่สามารถหาค่าได้ ข้อมูลผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีดีพีพีเอช

จากการทดสอบสารละลายมาตรฐานวิตามินซี สารละลายมาตรฐานโทรลอคซ์ และสารสกัดตัวอย่างมะแขว่น ทำปฏิกิริยากับสารละลายดีพีพีเอช นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณหาค่า % DPPH radical scavenging activity และนำมาสร้างกราฟเส้นตรงระหว่าง % DPPH radical scavenging activity กับความเข้มข้นของสารสกัดตัวอย่างเพื่อหาค่า IC_{50} (ตารางที่ 2) พบว่าสารละลายมาตรฐานวิตามินซี สารละลายมาตรฐานโทรลอคซ์ สารสกัดเอทานอลของเปลือกมะแขว่น สารสกัดเอทานอลของเมล็ดมะแขว่น และน้ำมันหอมระเหยของเปลือกมะแขว่น มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.00748, 0.00954, 1.48, 13.87 และ 10.94 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดมะแขว่นมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำจนไม่สามารถหาค่า IC_{50} ได้

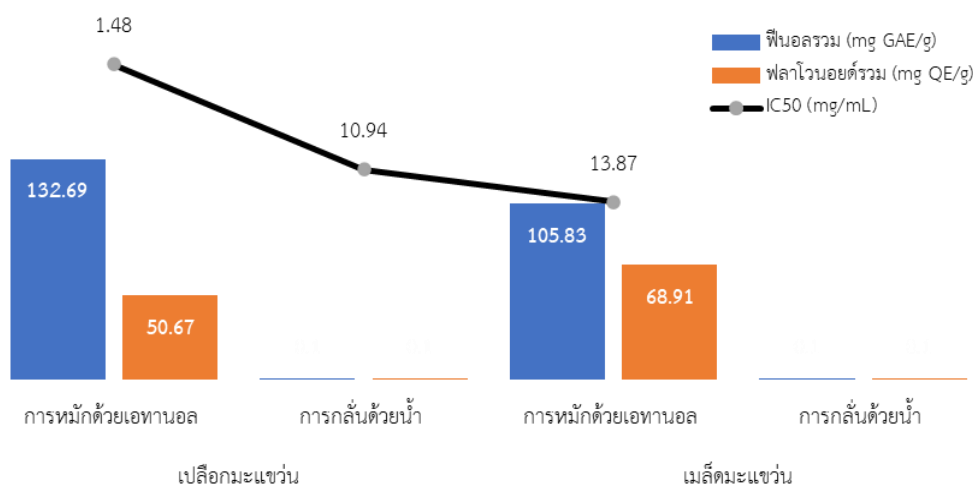
วิจารณ์ผล/อภิปรายผล

จากการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสกัดและส่วนของพืชที่มีผลต่อร้อยละผลผลิตและลักษณะของสารสกัดจากมะแขว่น (*Zanthoxylum limonella*) พบว่า สารสกัดด้วยเอทานอลมีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืดสีน้ำตาล ซึ่งบ่งชี้ถึงการมีสารกลุ่มเรซิน (Resin), ไช (Wax) และสารพฤษเคมีหลายชนิด เช่น ฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ ละลายออกมาในปริมาณมาก ส่วนน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่นด้วยน้ำมีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองใส ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของน้ำมันหอมระเหย มีความบริสุทธิ์ของกลุ่มสารระเหยง่ายสูงกว่า แต่ได้ปริมาณรวมน้อยกว่าการสกัดด้วยวิธีการแช่สกัดด้วยเอทานอล (Ethanol maceration) ให้ค่าร้อยละผลผลิตสูงกว่าการกลั่นด้วยน้ำ (Hydro-distillation) อย่างมีนัยสำคัญในทุกส่วนของพืช โดยส่วนเปลือกมะแขว่นที่แช่สกัดด้วยเอทานอลให้ผลผลิตสูงที่สุด คือ 20.28% ในขณะที่เมล็ดมะแขว่นที่สกัดด้วยวิธีเดียวกันให้ผลผลิตเพียง 8.08% ส่วนการกลั่นด้วยน้ำให้ผลผลิตต่ำมากในทั้งสองส่วน (0.16% และ 1.48%) ซึ่งสอดคล้องกับการสกัดน้ำมันหอมระเหยหรือสารระเหยง่ายที่มักมีปริมาณน้อยในเนื้อเยื่อพืช

จากการทดสอบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (TPC) ด้วยวิธีฟอลินชิโอแคลดู ในสารสกัดจากส่วนเปลือกและเมล็ดของมะแขว่น ที่สกัดด้วยวิธีแช่สกัดด้วยเอทานอล และ การกลั่นด้วยน้ำ โดยใช้กรดแกลลิก (Gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน พบว่าสารสกัดเอทานอลของส่วนเปลือกมะแขว่นมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเฉลี่ยเท่ากับ 132.69 ± 3.00 mg GAE/g extract ส่วนสารสกัดเอทานอลของเมล็ดมะแขว่นมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเฉลี่ยเท่ากับ 105.83 ± 6.25 mg GAE/g จะเห็นได้ว่าสารสกัดจากเปลือกมะแขว่นมีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมสูงกว่าส่วนเมล็ดอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งความแตกต่างระหว่างปริมาณสารในเปลือกและเมล็ดนี้เป็นผลมาจากการกระจายตัวของสารประกอบฟีนอลิกในส่วนต่าง ๆ ของมะแขว่น สอดคล้องกับหน้าที่ทางชีววิทยาของพืช โดยเปลือก (Pericarp) ทำหน้าที่ปกป้องส่วนขยายพันธุ์ จึงเป็นบริเวณที่มีการสะสมสารในกลุ่มเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ (Secondary metabolites) เช่น ฟีนอลิก แอลคาลอยด์ และน้ำมันหอมระเหยไว้ในปริมาณสูงเพื่อป้องกันการกัดกินของแมลงและการเจริญเติบโตของเชื้อรา ในขณะที่เมล็ด (Seed) แม้จะมีสารสำคัญอยู่บ้าง แต่จะมีองค์ประกอบของไขมัน (Lipids) และคาร์โบไฮเดรตในสัดส่วนที่สูงกว่าเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในการงอก ทำให้ปริมาณสารฟีนอลของสารสกัดส่วนเปลือกจึงแสดงศักยภาพในการเป็นแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระที่โดดเด่นกว่า

เป็นที่น่าสังเกตว่าแม้ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลรวมจะพบมากในส่วนเปลือก แต่สำหรับปริมาณฟลาโวนอยด์รวมกลับ พบว่า ในส่วนเมล็ดมีปริมาณสูงกว่าส่วนเปลือกอย่างมีนัยสำคัญ ดังรูปที่ 3 สอดคล้องกับการศึกษาของ Zhang et al. [7] ที่ระบุว่า พืชในสกุล *Zanthoxylum* มักสะสมสารกลุ่มอัลคาลอยด์และฟลาโวนอยด์บางชนิดไว้ในส่วนของเมล็ด เพื่อเป็นแหล่งสะสมสารอาหารและสารป้องกันตัวในช่วงการเจริญเติบโต ซึ่งการที่เมล็ดมีค่าปริมาณฟลาโวนอยด์สูงกว่าเปลือก แสดงให้เห็นว่า องค์ประกอบทางเคมีของมะแขว่นในแต่ละส่วนมีความจำเพาะเจาะจง โดยสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ในเมล็ดอาจส่งผลต่อกลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์

จากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากมะแขว่นเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซีและโทรลอคซ์ พบว่า ค่าความเข้มข้นที่ยับยั้งอนุมูลอิสระดีฟิฟิเอชได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตามส่วนของพืชและวิธีการสกัด โดยพบ ว่าสารสกัดจากเอทานอลของเปลือกมะแขว่นแสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด โดยมีค่า IC_{50} = 1.48 mg/mL สารสกัดจากเอทานอลของเมล็ดมะแขว่น มีค่า IC_{50} = 13.87 mg/mL ซึ่งแสดงฤทธิ์น้อยกว่าส่วนเปลือกประมาณ 9 เท่า ส่วนสารสกัดจากการกลั่นด้วยน้ำของส่วนเปลือกได้เป็นน้ำมันหอมระเหย ที่มีค่า IC_{50} = 10.94 mg/mL ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำกว่าการใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ก่อนหน้านี้ ที่พบว่า เปลือกมะแขว่นมีปริมาณฟีนอลรวมสูงที่สุด ส่งผลให้มีค่า IC_{50} ต่ำที่สุด (ฤทธิ์ดีที่สุด) ข้อมูลนี้ยืนยันว่าสารกลุ่มฟีนอลิกในเปลือกมะแขว่นเป็นองค์ประกอบหลักที่ทำให้หน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant agents) จะเห็นได้ว่า การใช้เอทานอลในการสกัดเป็นอิทธิพลของตัวทำละลายที่ให้ประสิทธิภาพดีกว่าการกลั่นด้วยน้ำอย่างชัดเจน เนื่องจากเอทานอลมีความสามารถในการละลายสารประกอบฟีนอลและฟลาโวนอยด์ที่เป็นสารออกฤทธิ์ได้ครอบคลุมมากกว่า [8]



รูปที่ 3 ปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัดหยาบเอทานอลและน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกและเมล็ดมะแขว่น

สรุปผล

ส่วนประกอบของมะแขว่นทั้งสองส่วนมีศักยภาพในการเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมีที่แตกต่างกัน โดยเปลือกมะแขว่นโดดเด่นในด้านปริมาณสารฟีนอลรวม ในขณะที่เมล็ดมะแขว่นมีความโดดเด่นในด้านปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม นอกจากนี้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเปลือกมะแขว่นจากการแช่สกัดด้วยเอทานอลซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง (IC_{50} ต่ำที่สุด) มีศักยภาพสูงในการนำไปพัฒนา เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางหรืออาหารเสริม การเลือกใช้ส่วนของมะแขว่นเพื่อนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์จึงควรพิจารณาจากวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้และกลุ่มสารสำคัญที่ต้องการเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ การวิเคราะห์สารสำคัญทำในตัวอย่างมะแขว่นจากแหล่งเพาะปลูกเดียว ซึ่งปัจจัยทางภูมิอากาศและสภาพดินอาจส่งผลต่อปริมาณสารสำคัญ นอกจากนี้การประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระยังจำกัดอยู่เพียงวิธี DPPH assay ซึ่งเป็นการทดสอบเบื้องต้นทางเคมี การศึกษาในอนาคตจึงควรเพิ่มวิธีการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยกลไกอื่น รวมถึงการทดสอบระดับเซลล์เพื่อยืนยันประสิทธิภาพที่แท้จริง

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประเภททุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 และมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ตามสัญญาเลขที่ สกสว. 27/68 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ และขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องรวมถึงผู้ช่วยเหลือทุกภาคส่วนที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Suthiphasilp P, and Phonpannawit A. Effect of soil properties on *Zanthoxylum limonella* Alston extracts for saltiness enhancement. *Prawarun Agricultural Journal*. 2024; 21(1): 81–88. <https://doi.org/10.14456/paj.2024.9> (in Thai)
- [2] Supabphol R, and Tangjitjaroenkun J. Chemical constituents and biological activities of *Zanthoxylum limonella* (Rutaceae): A review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 2014; 13(12): 2119–2130. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v13i12.25>.
- [3] Charoensup R, Duangyod T, Phuneerub P, and Singharachai C. Pharmacognostic specification of *Zanthoxylum limonella* (Dennst.) Alston: Fruits and seeds in Thailand. *Journal of advanced pharmaceutical technology and research*. 2016; 7(4): 134–138. <https://doi.org/10.4103/2231-4040.191421>.
- [4] Itthipanichpong C, Ruangrunsi N, and Pattanaautsahakit C. Chemical compositions and pharmacological effects of essential oil from the fruit of *Zanthoxylum limonella*. *Journal of the Medical Association of Thailand = Chotmai het thangphaet*. 2002; 85 Suppl 1: S344–S354.
- [5] Nanasombat S, and Wimuttigosol P. Antimicrobial and antioxidant activity of spice essential oils. *Food Science and Biotechnology*. 2011; 20(1): 45–53. <https://doi.org/10.1007/s10068-011-0007-8>.
- [6] Thongchai, W., Liawruangrath, B., & Liawruangrath, S. Flow Injection Analysis of Total Curcuminoids in Turmeric and Total Antioxidant Capacity Using 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl Assay. *Food Chemistry*. 2009; 112: 494-499.
- [7] Zhang M, Wang J, Zhu L, Li T, Jiang W, Zhou J, Peng W, and Wu C. *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. (Rutaceae): A systematic review of its traditional uses, botany, phytochemistry, pharmacology and toxicology. *International Journal of Molecular Sciences*. 2017; 18(10): 2172. <https://doi.org/10.3390/ijms18102172>.
- [8] Charoensup R, Tuntiwatwatt J, and Phrompittayarat W. Phytochemical screening and antioxidant activities of *Zanthoxylum limonella* Alston fruits. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2021; 11(05): 098–105. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2021.110513>.