

## การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในมะไฟจีน

ดร.ณัฏฐ์ แซ่เซิน<sup>1</sup> ชลลดา รินคำ<sup>1</sup> เจนจิรา ลานแก้ว<sup>2</sup> วิรัตน์ วิสุมิธธาดา<sup>2</sup> และ สุภาวดี ศรีแย้ม<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

<sup>2</sup> สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

59 หมู่ 13 ตำบลฝายแก้ว อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน 55000

รับบทความ 30 ตุลาคม 2561 ดอรับบทความ 10 ธันวาคม 2561 เผยแพร่ออนไลน์ 1 กรกฎาคม 2563

© 2020 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

### บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของมะไฟจีน (*Clausena lansium* (Lour.) Skeels) โดยทำการแยกและสกัดสารในตัวอย่างของมะไฟจีน ด้วยตัวทำละลายเอทานอลและน้ำ นำมาศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยวิธี Folin-ciocalteu และศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, 2,2'-azino-bis,3-ethylbenz thiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) radical cation decolorization assay และ ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) assay จากผลการศึกษา พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดจากเปลือกมะไฟจีนที่สกัดด้วยน้ำมีปริมาณมากที่สุด มีค่าเท่ากับ  $61.954 \pm 0.896$  mg gallic acid equivalent (GAE) / g extract นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP พบว่า สารสกัดจากเปลือกมะไฟจีนที่สกัดด้วยน้ำให้ค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูงสุดเช่นกัน เมื่อเทียบกับสารสกัดจากตัวอย่างส่วนอื่นของมะไฟจีน มีค่าเท่ากับ  $23.738 \pm 0.090$ ,  $284.788 \pm 21.990$  และ  $157.508 \pm 10.634$  mg trolox equivalent (TE) / g extract ตามลำดับ จากผลการศึกษานี้พบว่าเปลือกมะไฟจีนซึ่งเป็นส่วนเหลือทิ้งในกระบวนการแปรรูปอาหาร สามารถตรวจวิเคราะห์พบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ในเปลือกมะไฟจีนยังมีสารสำคัญและอาจนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่นต่อไปได้

**คำสำคัญ:** มะไฟจีน, สารประกอบฟีนอลิก, สารต้านอนุมูลอิสระ

\*ผู้ติดต่อ : supawadee\_s@rmutl.ac.th, 054-710259

## Determination of Phenolic Compounds and Antioxidant Activity in Wampee (*Clausena lansium* (Lour.) Skeels)

Darun Sae-cha<sup>1</sup> Chollada Rinkham<sup>1</sup> Jenjira Lankaew<sup>2</sup>  
Virun Visutthithada<sup>2</sup> and Supawadee Sriyam<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Agro-Industry, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna

<sup>2</sup> Department of Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna  
59 Moo 13 Faikaew Sub-district, Phupiang District, Nan Province, 55000

Received: 30 October 2018 Accepted: 10 December 2018 Published online: 1 July 2020

© 2020 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved

---

### Abstract

The objective of this study is to determine the amount of total phenolic compounds and its antioxidant activity from wampee (*Clausena lansium* (Lour.) Skeels). The compounds were isolated and extracted by using ethanol and water. Total phenolic contents were then determined by using Folin-ciocalteu method. The antioxidant activities of the extracts were investigated by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenz thiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) radical cation decolorization assay and ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) assay. The result showed that the water extract from wampee peel had the highest amount of total phenolic compounds at  $61.954 \pm 0.896$  mg gallic acid equivalent (GAE) / g extract. The determination of antioxidant activities by DPPH, ABTS and FRAP found that the highest activities from wampee peel extracts using water were  $23.738 \pm 0.090$ ,  $284.788 \pm 21.990$  and  $157.508 \pm 10.634$  mg trolox equivalent (TE) / g extract, respectively. The findings suggested that the waste products of wampee seeds could be analysed the phenolic compounds and natural antioxidants. Moreover, the active compounds in wampee seeds might be useful for other industrial applications.

**Keywords:** Wampee, Phenolic compounds, Antioxidant

## 1. บทนำ

มะไฟจีน (*Clausena lansium* (Lour.) Skeels) มีชื่อสามัญว่า Wampee เป็นพืชที่อยู่วงศ์เดียวกับส้ม ไม่ได้อยู่ในวงศ์เดียวกับมะไฟ จัดเป็นผลไม้ที่มีอยู่เฉพาะท้องถิ่นโดยเฉพาะในจังหวัดน่าน โดยสันนิษฐานว่าคนจีนเป็นผู้นำมาปลูกในประเทศไทยที่จังหวัดน่านเมื่อประมาณ 100 ปีที่ผ่านมา ทำให้จังหวัดน่านเป็นแหล่งปลูกมะไฟจีนแหล่งใหญ่แห่งเดียวในประเทศไทย (แสงแก้ว, 2537) มะไฟจีนจึงถือว่าเป็นผลไม้ที่เป็นเอกลักษณ์ของจังหวัดน่าน โดยมีการเพาะปลูกตามพื้นที่ที่ติดบริเวณริมแม่น้ำน่านเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เนื่องจากมะไฟจีนชอบดินร่วนปนทรายโดยมีการปลูกตั้งแต่อำเภอปัว อำเภอท่าวังผา อำเภอเมืองน่าน อำเภอเวียงสา และปลูกมากที่อำเภอกู่เพียง มะไฟจีนจัดเป็นสมุนไพร มีคุณสมบัติในการรักษาโรคกระเพาะ แก้อืดท้องเฟ้อ แก้อาการท้องอืด ช่วยเจริญอาหาร ช่วยลดอาการไอ ละลายเสมหะ ทำให้ชุ่มคอ ใบสามารถนำมาใช้ในการจัดรังแค (บัณฑิต, 2549) และด้วยสรรพคุณของมะไฟจีนที่มีมาก ทำให้คนส่วนใหญ่นิยมรับประทานมะไฟจีนทั้งแบบผลสด และที่แปรรูป โดยการแปรรูปทำโดยเป็นมะไฟจีนเชื่อมแห้ง มะไฟจีนกวน น้ำมะไฟจีน เป็นต้น โดยการรับประทานมะไฟจีนจะรับประทานตรงส่วนที่เป็นเปลือกและเนื้อ และจะทิ้งส่วนที่เป็นเมล็ดไป

## 2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพโดยวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างมะไฟจีน

## 3. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

มะไฟจีน เป็นพืชตระกูลส้มชนิดหนึ่ง ลักษณะคล้ายมะไฟ ในภาษาจีนเรียกว่า หวงผี แปลว่า ผลไม้ผิวสีเหลือง (พิรศักดิ์, 2544) ไม่ผลชนิดนี้ออกผลเป็นพวงคล้ายกับมะไฟทั้งขนาดและรูปลักษณ์ โดยที่มะไฟจัดอยู่ในวงศ์ Phyllanthaceae (นิดดา และทวีทอง, 2550) ในขณะที่มะไฟจีนอยู่ในวงศ์ Rutaceae ซึ่งเป็นจัดอยู่ในวงศ์ส้มกลุ่มเดียวกับส้มเขียวหวาน ส้มโอ มะกรูด มะนาว อยู่ใน

สกุล *Clausena* และอยู่ในสปีชีส์ *lansium* มีชื่อพินามว่า *Clausena lansium* (Lour.) Skeels (พิรศักดิ์, 2544) มะไฟจีนเป็นผลไม้ที่มีอยู่เฉพาะท้องถิ่นมะไฟจีนไม่ใช่ไม้ที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศไทย สันนิษฐานว่า ชาวจีนเป็นผู้นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยเป็นชาติแรกที่จังหวัดน่านเมื่อเกือบ 100 ปีที่ผ่านมา แต่ไม่มีการยืนยันว่าปลูกที่ใดเป็นแห่งแรกอย่างไรรันั้น จังหวัดน่านเป็นแหล่งปลูกมะไฟจีนแหล่งใหญ่แห่งเดียวในประเทศไทย (เปรม, 2556)

สารประกอบฟีนอลิก เป็นสารที่พบได้ตามธรรมชาติในพืชผัก และผลไม้ ซึ่งถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการเจริญเติบโต สารประกอบฟีนอลิกมีโภชนเภสัช ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีต่อสุขภาพ คือ มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) สามารถละลายได้ในน้ำ (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2553) ซึ่งปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในอาหาร และเครื่องดื่มที่มาจากพืชผักและผลไม้จะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของพืช วิธีการปลูก ระดับความสุก กระบวนการแปรรูป และการเก็บ การใช้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปมีส่วนทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกลดลง (เนตรนภา และเฉลิม, 2557) สารประกอบฟีนอลิกที่พบในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด และมีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกันตั้งแต่กลุ่มที่มีโครงสร้างอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก (Phenolic acids) ไปจนถึงกลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ เช่น ลิกนิน (Lignin)

สารต้านอนุมูลอิสระ คือสารที่ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้พวกอนุมูลอิสระก่อตัวขึ้น โดยจะทำการยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระ และหยุดการก่อตัวใหม่ของอนุมูลอิสระ ช่วยซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดจากตัวอนุมูลอิสระที่ไปทำลายเซลล์ต่างๆในร่างกาย รวมทั้งช่วยกำจัดและแทนที่โมเลกุลที่ถูกทำลาย (Photong, 2014) สารต้านอนุมูลอิสระถือว่ามีสำคัญต่อกระบวนการออกซิไดซ์อนุมูลอิสระหรือสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยในสิ่งมีชีวิตจะมีระบบการป้องกันการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อจากอนุมูลอิสระ ประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระมากมายหลายชนิดที่ทำหน้าที่แตกต่างกันไป ซึ่งมีทั้งที่เป็นเอนไซม์และไม่เอนไซม์ สารประกอบที่ละลายในน้ำและสารประกอบที่ละลายในไขมัน โดยสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้มีกลไกการทำงาน

ต้านอนุมูลอิสระหลายแบบ เช่น ดักจับอนุมูลอิสระ (Radical scavenging) การยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน (Singlet oxygen quenching) จับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (Metal chelation) หยุดปฏิกิริยาการสร่างอนุมูลอิสระ (Chain-breaking) เสริมฤทธิ์ (Synergism) และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (Enzyme inhibition) ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ เป็นต้น (เจนจิรา และประสงค์, 2554)

ปัจจุบันมีรายงานผลการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลในพืชผักหลายชนิด (เนตรนภา, 2557; Benamrouchea, 2013) รวมทั้งพืชตระกูลส้ม รุ่งทิพา (2549) รายงานผลการวิจัยพบว่าในส่วนของการเลือกส้มเขียวหวานมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณที่สูงกว่าในส่วนอื่นๆ แต่ยังไม่พบการรายงานผลในมะไฟจีนซึ่งเป็นพืชเอกลักษณ์ของจังหวัดน่าน ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างมะไฟจีนเพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ และเป็นประโยชน์แก่อุตสาหกรรมต่างๆ อีกทั้งยังเป็นข้อมูลเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับส่วนที่เหลือทิ้งได้อีกด้วย

#### 4. วิธีการวิจัย

##### 4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ตัวอย่างมะไฟจีนนำมาแยกเอากิ่งก้านออกล้างด้วยน้ำสะอาด แยกออกเป็นส่วนต่างๆ 4 ส่วน คือ ส่วนของเปลือกมะไฟจีน เนื้อมะไฟจีน เมล็ดมะไฟจีน และเปลือกติดเนื้อมะไฟจีน จากนั้นนำส่วนต่างๆ ไปอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส วัดค่าความชื้นสุดท้าย ร้อยละ 9-12 แล้วนำมาบดละเอียดโดยใช้เครื่องบดแห้ง แล้วนำตัวอย่างที่บดละเอียดมาผ่านตะแกรงขนาด 355 ไมโครเมตร นำใส่ไว้ในภาชนะปิดสนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำมาวิเคราะห์

##### 4.2 การสกัดสารตัวอย่าง

นำตัวอย่างแต่ละส่วน ได้แก่ เปลือกมะไฟจีน เนื้อมะไฟจีน เมล็ดมะไฟจีน และเปลือกติดเนื้อมะไฟจีน มาชั่ง 10 กรัม สกัดด้วยเอทานอลบริสุทธิ์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ส่วนการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 95-98 องศาเซลเซียส ปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสารแนวนอนที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที นาน 1 ชั่วโมงแล้วนำมาแยกเอาส่วนกากออกโดยใช้เครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8000 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 10 นาที ตัวอย่างที่สกัดด้วยเอทานอลนำส่วนใสที่ได้จากการสกัดเข้าเครื่องกลั่นระเหยสารสูญญากาศ เพื่อระเหยตัวทำละลายเอทานอลออกจากสารสกัด จากนั้นนำมาทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เก็บรักษาตัวอย่างที่สกัดได้ไว้ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ต่อไป

##### 4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu

ปีเปตสารละลายตัวอย่างที่สกัดได้ในแต่ละส่วน ปริมาตร 0.50 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับสารละลายโฟลีนปริมาตร 0.50 มิลลิลิตรและน้ำกลั่นปริมาตร 9.50 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น (10%w/v) ปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วเก็บไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที เมื่อเกิดปฏิกิริยาจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำเงินแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (ใช้เอทานอลบริสุทธิ์เป็นสารละลายบลังก์) โดยทดลอง 3 ซ้ำ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยอาศัยการคำนวณจากสมการมาตรฐานกรดแกลลิก ในช่วง 10- 250 มิลลิกรัมต่อลิตร และคำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในหน่วย mg gallic acid equivalent (GAE)/g extract (Kosasu และคณะ, 2015)

#### 4.4 การวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระ

##### 4.4.1 การวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระด้วย

##### วิธี 2,2-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical

ปิเปตสารละลายตัวอย่างมะไฟจีนในแต่ละส่วนที่สกัดได้ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลต่อลิตร ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเก็บในที่มืด ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที สีจากการทำปฏิกิริยาจะอ่อนลง เกิดจากการลดลงของความเข้มข้นของ DPPH นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (ใช้เอทานอลบริสุทธิ์เป็นสารละลายเบส) โดยทดลอง 3 ซ้ำ นำค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง โดยอาศัยการคำนวณจากสมการมาตรฐานโทรลอกซ์ในช่วง 1-25 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าที่ได้แสดงเป็น mg Trolox equivalent (TE) / g extract (ปริญญา และอมรรัตน์, 2556)

##### 4.4.2 การวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระด้วย

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

วิธีวิเคราะห์ ABTS ดัดแปลงมาจาก ศิริพรและคณะ (2550) ปิเปตสารละลายตัวอย่างมะไฟจีนในแต่ละส่วนที่สกัดได้ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลาย ABTS\* radical solution (ผสมสารละลาย ABTS ความเข้มข้น 7.00 มิลลิโมลต่อลิตร และสารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ( $K_2S_2O_8$ ) ความเข้มข้น 2.45 มิลลิโมลต่อลิตร ในอัตราส่วน 1:1 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืด 12-16 ชั่วโมง) ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร เก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (ใช้เอทานอลบริสุทธิ์เป็นสารละลายเบส) นำค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง โดยอาศัยการคำนวณจากสมการมาตรฐานโทรลอกซ์ในช่วง 1-40 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าที่ได้แสดงเป็น mg TE / g extract

#### 4.4.3 การวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระด้วย

##### วิธี Ferric reducing ability power (FRAP)

ปิเปตสารละลายตัวอย่างมะไฟจีนในแต่ละส่วนที่สกัดได้ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลาย FRAP reagent (300 มิลลิโมลต่อลิตร Acetate buffer, pH 3.6) สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ 20 มิลลิโมลต่อลิตร และ 10 มิลลิโมลต่อลิตร 2,4,6-tripyridyl-3-triazine (TPTZ) ในอัตราส่วน 10:1:1 (v/v/v) ปริมาตร 1.00 มิลลิลิตร เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (ใช้เอทานอลบริสุทธิ์เป็นสารละลายเบส) นำค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างโดยอาศัยการคำนวณจากสมการมาตรฐานโทรลอกซ์ในช่วง 5-60 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าที่ได้แสดงเป็น mg TE / g extract (สถาพร และคณะ, 2557)

#### 4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) แบบ Complete Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### 5. ผลการวิจัย

#### 5.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดจากส่วนต่างๆของมะไฟจีนที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอลเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิก (gallic acid) (ตารางที่ 1) พบว่า สารสกัดจากเปลือกที่สกัดด้วยน้ำมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ  $61.954 \pm 0.896$  mg gallic acid equivalent (GAE)/g extract รองลงมา คือ สารสกัดจากเปลือกติดเนื้อที่สกัดด้วยน้ำ สารสกัดจากเปลือกที่สกัดด้วยเอทานอล สารสกัดจากเปลือกติดเนื้อที่สกัดด้วยเอทานอล สารสกัดจากเมล็ดที่สกัดด้วยเอทานอล สารสกัดจากเนื้อที่สกัดด้วยน้ำ สารสกัดจากเมล็ดที่สกัดด้วยน้ำ และ

สารสกัดจากเนื้อที่สกัดด้วยเอทานอล มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ  $35.007 \pm 0.356$ ,  $9.572 \pm 0.570$ ,  $8.111 \pm 0.381$ ,  $6.280 \pm 0.206$ ,  $3.517 \pm 0.407$ ,  $2.399 \pm 0.381$  และ  $0.476 \pm 0.000$  mg GAE / g extract ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

## 5.2 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของสารสกัดจากส่วนต่างๆของมะไฟจีนที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานโทรลอกซ์ (ตารางที่ 2) พบว่า สารสกัดจากเปลือกที่สกัดด้วยน้ำมีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด เท่ากับ  $23.738 \pm 0.090$  mg trolox equivalent (TE) / g extract รองลงมา คือ สารสกัดจากเปลือกติดเนื้อที่สกัดด้วยน้ำ สารสกัดจากเปลือกที่สกัดด้วยเอทานอล สารสกัดจากเปลือกติดเนื้อที่สกัดด้วยเอทานอล สารสกัดจากเนื้อที่สกัดด้วยเอทานอล สารสกัดจากเนื้อที่สกัดด้วยน้ำ สารสกัดจากเมล็ดที่สกัดด้วยเอทานอล และสารสกัดจากเมล็ดที่สกัดด้วยน้ำ มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ  $16.163 \pm 0.153$ ,  $15.530 \pm 0.217$ ,  $12.432 \pm 0.398$ ,  $5.881 \pm 0.134$ ,  $4.295 \pm 0.940$ ,  $3.462 \pm 0.066$  และ  $0.879 \pm 0.248$  mg TE / g extract ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

## 5.3 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ของสารสกัดจากส่วนต่างๆของมะไฟจีนที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอลโดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานโทรลอกซ์

(ตารางที่ 3) พบว่า สารสกัดจากเปลือกมะไฟจีนที่สกัดด้วยน้ำมีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS สูงที่สุด เท่ากับ  $284.788 \pm 21.990$  mg TE / g extract รองลงมา คือ สารสกัดจากสารสกัดจากเปลือกติดเนื้อที่สกัดด้วยน้ำ สารสกัดจากเปลือกที่สกัดด้วยเอทานอล สารสกัดจากเปลือกติดเนื้อที่สกัดด้วยเอทานอล สารสกัดจากเนื้อที่สกัดด้วยน้ำ สารสกัดจากเมล็ดที่สกัดด้วยเอทานอล สารสกัดจากเมล็ดที่สกัดด้วยน้ำ และสารสกัดจากเนื้อที่สกัดด้วยเอทานอล มีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS เท่ากับ  $138.313 \pm 8.643$ ,  $33.591 \pm 2.986$ ,  $23.708 \pm 2.334$ ,  $22.829 \pm 2.413$  และ  $21.558 \pm 2.002$  mg TE / g extract ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

## 5.4 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของสารสกัดจากส่วนต่างๆของมะไฟจีนที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอลโดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานโทรลอกซ์ (ตารางที่ 4) พบว่า สารสกัดจากเปลือกที่สกัดด้วยน้ำมีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ FRAP สูงที่สุด เท่ากับ  $157.508 \pm 10.634$  mg TE / g extract รองลงมา คือ สารสกัดจากสารสกัดจากเปลือกติดเนื้อที่สกัดด้วยน้ำ สารสกัดจากเปลือกที่สกัดด้วยเอทานอล สารสกัดจากเปลือกติดเนื้อที่สกัดด้วยเอทานอล สารสกัดจากเนื้อที่สกัดด้วยน้ำ สารสกัดจากเมล็ดที่สกัดด้วยเอทานอล สารสกัดจากเนื้อที่สกัดด้วยเอทานอล และสารสกัดจากเมล็ดที่สกัดด้วยน้ำ มีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ  $66.021 \pm 5.758$ ,  $30.492 \pm 0.411$ ,  $28.062 \pm 0.607$ ,  $11.641 \pm 0.186$ ,  $11.571 \pm 0.601$ ,  $9.890 \pm 0.261$  และ

**ตารางที่ 1** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างมะไฟจีนส่วนต่างๆ

| ตัวอย่าง       | ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE / g extract) |                            |
|----------------|----------------------------------------------------|----------------------------|
|                | สกัดด้วยน้ำ                                        | สกัดด้วยเอทานอล            |
| เปลือก         | 61.954 ± 0.896 <sup>a</sup>                        | 9.572 ± 0.570 <sup>c</sup> |
| เนื้อ          | 3.517 ± 0.407 <sup>f</sup>                         | 0.476 ± 0.000 <sup>h</sup> |
| เมล็ด          | 2.399 ± 0.381 <sup>g</sup>                         | 6.280 ± 0.206 <sup>e</sup> |
| เปลือกติดเนื้อ | 35.007 ± 0.356 <sup>b</sup>                        | 8.111 ± 0.381 <sup>d</sup> |

หมายเหตุ: <sup>a,b,c,d,e,f,g,h</sup> แสดงถึงความแตกต่างของชุดข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

**ตารางที่ 2** ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างมะไฟจีนส่วนต่างๆ

| ตัวอย่าง       | ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (mg TE / g extract) |                             |
|----------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|
|                | สกัดด้วยน้ำ                                   | สกัดด้วยเอทานอล             |
| เปลือก         | 23.738 ± 0.090 <sup>a</sup>                   | 15.530 ± 0.217 <sup>b</sup> |
| เนื้อ          | 4.295 ± 0.940 <sup>e</sup>                    | 5.881 ± 0.134 <sup>d</sup>  |
| เมล็ด          | 0.879 ± 0.248 <sup>g</sup>                    | 3.462 ± 0.066 <sup>f</sup>  |
| เปลือกติดเนื้อ | 16.163 ± 0.153 <sup>b</sup>                   | 12.432 ± 0.398 <sup>c</sup> |

หมายเหตุ: <sup>a,b,c,d,e,f,g</sup> แสดงถึงความแตกต่างของชุดข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

**ตารางที่ 3** ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS ในตัวอย่างมะไฟจีนส่วนต่างๆ

| ตัวอย่าง       | ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS (mg TE / g extract) |                             |
|----------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|
|                | สกัดด้วยน้ำ                                   | สกัดด้วยเอทานอล             |
| เปลือก         | 284.788 ± 21.990 <sup>a</sup>                 | 33.591 ± 2.986 <sup>c</sup> |
| เนื้อ          | 23.708 ± 2.334 <sup>c</sup>                   | 7.608 ± 0.812 <sup>d</sup>  |
| เมล็ด          | 21.558 ± 2.002 <sup>c</sup>                   | 22.829 ± 2.413 <sup>c</sup> |
| เปลือกติดเนื้อ | 138.313 ± 8.643 <sup>b</sup>                  | 26.705 ± 0.513 <sup>c</sup> |

หมายเหตุ: <sup>a,b,c,d</sup> แสดงถึงความแตกต่างของชุดข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

**ตารางที่ 4** ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ FRAP ในตัวอย่างมะไฟจีนส่วนต่างๆ

| ตัวอย่าง       | ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ FRAP (mg TE / g extract) |                             |
|----------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|
|                | สกัดด้วยน้ำ                                   | สกัดด้วยเอทานอล             |
| เปลือก         | 157.508 ± 10.634 <sup>a</sup>                 | 30.492 ± 0.411 <sup>c</sup> |
| เนื้อ          | 11.641 ± 0.186 <sup>d</sup>                   | 9.890 ± 0.261 <sup>d</sup>  |
| เมล็ด          | 7.526 ± 0.000 <sup>d</sup>                    | 11.571 ± 0.601 <sup>d</sup> |
| เปลือกติดเนื้อ | 66.021 ± 5.758 <sup>b</sup>                   | 28.062 ± 0.607 <sup>c</sup> |

หมายเหตุ: <sup>a,b,c,d</sup> แสดงถึงความแตกต่างของชุดข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

7.526 ± 0.000 mg TE / g extract ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)



## 6. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างมะไฟจีนส่วนต่างๆ นั้น พบว่าทุกส่วนของผลมะไฟจีนมีสารประกอบฟีนอลิกรวมทั้งในเมล็ดแต่สารสกัดจากเปลือกมะไฟจีนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่มีในปริมาณสูงที่สุด โดยปกติสารประกอบฟีนอลิกจากพืชผักและผลไม้จะแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดของพืช นอกจากนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่พบสารประกอบฟีนอลิกในสกัดจากเปลือกของส้มโอ 3 สายพันธุ์ คือ ทับทิมสยาม ทองดี และขาวน้ำผึ้ง โดยผู้วิจัยแยกส่วนต่างๆ ของส้มโอเพื่อวิเคราะห์ได้แก่ เปลือกนอกเปลือกใน เนื้อเยื่อ น้ำคั้น และเมล็ด เช่นกัน ซึ่งพบว่า ในการวิเคราะห์สารสำคัญส่วนใหญ่ส้มโอสายพันธุ์ทับทิมสยามที่มีปริมาณสารสำคัญมากที่สุด รองลงมาคือส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ตามลำดับ สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในส่วนเนื้อเยื่อจากส้มโอทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณมากที่สุด(บัณฑิตวรธรรม และคณะ ,2559)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของมะไฟจีนส่วนต่างๆ ด้วยวิธี DPPH ABTS และ FRAP พบว่าเมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากตัวอย่างแต่ละส่วนที่แยกได้พบว่าสารสกัดจากส่วนของเปลือกมะไฟจีนที่สกัดด้วยน้ำมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด รองลงมาเปลือกติดเนื้อ เนื้อ และ เมล็ด ผลการวิเคราะห์สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่างๆ ของส้มโอ ก็พบว่าในส่วนเปลือกพืชตระกูลส้มให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุดในขณะที่ส่วนของเมล็ดให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุดเช่นกัน (บัณฑิตวรธรรม และคณะ ,2559; รุ่งทิพา, 2549; Thaipong และคณะ, 2006; Benamrouchea และ Madani, 2013) จากการศึกษาถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในมะไฟจีน ซึ่งน่าจะมียาพิษและความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่พบในตัวอย่างของแต่ละส่วนของมะไฟจีน ทั้งนี้สารละลายที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อการสกัดสารสำคัญ ในตัวอย่างเพื่อหาสารละลายที่เหมาะสมในการสกัดต่อไป

## 7. สรุป

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างมะไฟจีนที่แยกออกมาเป็นส่วนต่างๆ ได้แก่ เปลือกมะไฟจีน เนื้อมะไฟจีน เมล็ดมะไฟจีน และเปลือกติดเนื้อมะไฟจีนและสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำ และ เอทานอล จากผลการวิเคราะห์พบว่าสารสกัดจากเปลือกมะไฟจีนที่สกัดด้วยน้ำ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ  $61.954 \pm 0.0896$  mg GAE / g extract สำหรับการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP พบว่าสารสกัดจากเปลือกมะไฟจีนที่สกัดด้วยน้ำ มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ การรีดิวซ์ การจับโลหะสูงที่สุดโดยการวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธี ได้แก่ DPPH, ABTS และ FRAP มีค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ  $23.738 \pm 0.090$ ,  $284.788 \pm 21.990$  และ  $157.000 \pm 10.634$  mg TE / g extract ตามลำดับ จากการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่ามะไฟจีนประกอบไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี ดังนั้นมะไฟจีนจึงเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการนำมาศึกษาและวิจัยต่อยอดในด้านอื่นๆ ได้ต่อไป เช่นเภสัชวิทยา อุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจแก่ผลไม้เอกลักษณ์ของจังหวัดน่านอีกด้วย

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพ และสาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงานทำให้วิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

- [1] เจนจิรา จิรัมย์ และประสงค์ สีหามาน. (2554). อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ: แหล่งที่มาและกลไกการเกิดปฏิกิริยา. อ้างโดย บุหรณ์ พันธุ์สวรรค์. 2556. อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. วารสาร



- วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพะเยา.**  
21(3): 278.
- [2] นิตดา หงส์วิวัฒน์ และทวีทอง หงส์วิวัฒน์. (2550). **มะไฟในผลไม้ 111 ชนิด: คุณค่าอาหารและการกิน.** แสงแดด, กรุงเทพมหานคร. หน้า 169-170.
- [3] บัณฑิตวรรณ ฐระพระ จันทนา บุญยะรัตน์ เยาวเรศ ชูลิขิต และสุภาวดี ดาวดี. (2559). การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ด้านออกซิเดชันในส้มโอ. **วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน 11(ฉบับพิเศษ):** 80-91.
- [4] เนตรนภา เมยกลาง และเฉลิม เรื่องวิริยะชัย. (2557). **การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มน้ำผลไม้.** วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [5] พิรศักดิ์ วรสุนทรโสธ. (2544). **ทรัพยากรพืชในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 2: ไม้ผลและไม้ผลเคี้ยวมัน.** [ออนไลน์] ได้จาก : <https://th.wikipedia.org>.
- [6] บัณฑิต บุญศิลป์ ไทย. (2549). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริม สุขภาพจากสาหร่ายไคและมะไฟจีน.** [ออนไลน์] ได้จาก : <http://www.clinictech.com>.
- [7] ปริญญา มูลสิน และอมรรัตน์ วงษ์กลม. (2556). **การศึกษาผลของการใช้สารสกัดจากสาหร่ายเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง.** สาขาวิชาชีววิทยาและสาขาวิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.
- [8] เปรม สุริยศ. (2556). **มะไฟจีน.** [ออนไลน์] ได้จาก : <https://tonprame10.wordpress.com>. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์. (2553).
- [9] **Phenolic compounds/สารประกอบฟีนอลิก.** [ออนไลน์] ได้จาก : <http://www.foodnetworksolution.com>.
- [10] รุ่งทิวา วงศ์ไพศาลฤทธิ์. (2549). **สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดส้มเขียวหวาน.** วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครใต้.
- [11] ศิริพร โอโกนิกิ ชฎารัตน์ ดวงรัตน์ สมบัติ เขาวน พูนผล และ ทรงยศ อนุชปรีดา. (2550). **โครงการวิจัยสารต้านอนุมูลอิสระจากสมุนไพรไทย.** สาขาวิทยาศาสตร์เภสัชกรรม, คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [12] สถาพร สัตย์เชื้อ สุชาลินี ทัพพสารพงศ์ และธีรศักดิ์ ดำรงรุ่งเรือง. (2557). **การตรวจคัดกรองฤทธิ์ด้านออกซิเดชันและฤทธิ์กระตุ้นการสร้างคอลลาเจนในเซลล์ไฟโบรบลาสต์จากช่องปากของสารสกัดจากพืช.** The 6<sup>th</sup> Annual Northeast Pharmacy Research Conference of 2014 “A Celebration of 100 years of Thai Pharmacy and 20 years of UBU Pharmacy” (1-5). อุบลราชธานี. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- [13] แสงแก้ว คำกวน. (2537). **สัณฐานวิทยาและการเจริญเติบโตของมะไฟจีน.** วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะเกษตรศาสตร์ (สาขาวิชาพืชสวน) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- [14] Benamrouchea, S. L., and Madani, K. 2013. Phenolic contents and antioxidant activity of orange varieties (*Citrus sinensis* L. and *Citrus aurantium* L.) cultivated in Algeria: Peels and leaves. *Industrial Crops and Products*. อ้างโดย ชมัยพร รอดกลิ่น เอกรัฐ ศรีสุข และกล่าวขวัญ ศรีสุข. 2560. ผลของสภาวะการสกัดต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนต่างๆของส้มซ่า. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา.** 22(1): 211-225.
- [15] Kosasu, T., Wongklom, A. and Moonsin, P. (2015) Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of fresh water macroalgae from Ubon Ratchathani, Thailand. *Journal of Food Science and Agricultural Technology*. 1(1): 207-210.

- [16] Photong, P. (2014). **Antioxidants help fight the disease.** *อ้างโดย* เนตรนภา เมยกลาง และ เฉลิม เรืองวิริยะชัย. 2557. การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มน้ำผลไม้. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [17] Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Zevallos, L. C. and Byrne, D. H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assay for estimating antioxidant activity from guava fruit extract, **Journal of Food Composition and Analysis**. 19: 669-675.

