

นิพนธ์ต้นฉบับ

ปริมาณฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม วิตามินซี และฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระ
ของส้มโอสายพันธุ์ขาวหอม ทองดี และมณีอีสานกิตติศักดิ์ สุขเพสน์⁽¹⁾, รัชพล ไกรกลาง^{(2)*}

วันที่ได้รับต้นฉบับ: 12 กันยายน 2565

วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 10 ตุลาคม 2565

บทคัดย่อ

ส้มโอ (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) เป็นผลไม้เศรษฐกิจของไทยที่นิยมรับประทาน ซึ่งอุดมไปด้วยสารพฤกษเคมี (phytochemical) มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและมีประโยชน์ในการป้องกันโรคโดยเฉพาะกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (non-communicable diseases; NCDs) การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจหาปริมาณฟีนอลิกรวมด้วยวิธี folin-ciocalteu spectrometric method โดยใช้กรดแกลลิก (gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน ฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธี aluminium chloride colorimetry method โดยใช้เคอร์เซติน (quercetin) เป็นสารมาตรฐาน วิตามินซีโดยใช้วิธีไทเทรตกับสารละลายไอโอดีน และฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ วิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) จากส่วนต่างๆ ของผลส้มโอ 3 สายพันธุ์ คือ ขาวหอม ทองดี และมณีอีสาน จากการศึกษาพบว่าปริมาณฟีนอลิกรวมมีมากที่สุดในส่วนเปลือกกลางของสายพันธุ์ขาวหอม (98.11 ± 8.70 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัม) ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมมีมากที่สุดในส่วนเนื้อของสายพันธุ์ขาวหอม (54.60 ± 1.05 มิลลิกรัมสมมูลเคอร์เซตินต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัม) ปริมาณวิตามินซีมีมากที่สุดในส่วนเนื้อของสายพันธุ์ทองดี (57.64 ± 2.17 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัม) สำหรับฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระทดสอบด้วยวิธี DPPH และ FRAP พบว่าส่วนเนื้อของสายพันธุ์ขาวหอม และทองดี มีฤทธิ์ดีที่สุด จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าส้มโอสายพันธุ์ขาวหอมมีปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าสายพันธุ์อื่น โดยเฉพาะในส่วนเนื้อ และเปลือกนอก จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าส่วนต่างๆ ของผลส้มโออุดมไปด้วยสารที่มีประโยชน์ ซึ่งอาจนำไปพัฒนาเป็นอาหาร หรือผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ส้มโอ, ฟีนอลิกรวม, ฟลาโวนอยด์รวม, วิตามินซี, การต้านสารอนุมูลอิสระ

* ผู้รับผิดชอบบทความ

(1) นักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาโภชนศาสตร์เพื่อสุขภาพ

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

(2) สาขาวิชาการบริหารสาธารณสุข การส่งเสริมสุขภาพ

โภชนาการ คณะสาธารณสุขศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Original Article

Contents of Total Phenolic, Total Flavonoid, Vitamin C and Antioxidant Activity in Khoa-Hom, Tong-Dee and Manee-E-San Pomelo Strain

Kittisak Sukkhaphet⁽¹⁾, Ratthaphol Kraiklang^{(2)*}

Received Date: September 12, 2022

Accepted Date: October 10, 2022

Abstract

Pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) is a popular Thai economic fruit that contained with antioxidant substances, helps to reduce risk factors and prevent various diseases, especially non-communicable diseases. This study is aimed to determine the total phenolic content by folin-ciocalteu spectrometric method with gallic acid, total flavonoid contents by aluminium chloride colorimetry method with quercetin, vitamin C by titration method with iodine, and antioxidant activity with 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method (DPPH) and Ferric reducing antioxidant power method (FRAP) from different parts of three pomelo strains, which are Khao Hom, Thongdee, and Manee Isan. From the study found that the total phenolic content was highest in the mesocarp part of Khao hom strain (98.11 ± 8.70 mg equivalent to gallic acid/1 g of dry weight) while the highest total flavonoid content was found in the pulp of Khao Hom strain (54.60 ± 1.05 mg equivalent to quercetin/1 g of dry weight) and the highest vitamin C content was found in the pulp of Thong Dee strain (57.64 ± 2.17 milligrams/1 g of dry weight). DPPH and FRAP assays had been used to determine the antioxidant activities and found that the pulp from Khao hom and Thongdee strain had the best of these activities. From this study, it was found that Kaohom strain had a higher content of important substances and antioxidant activity than other stains. In particular, the pulp and exocarp. From these information indicates the active substances can be found all parts of pomelo which may be developed into food or health products in the future.

Keywords: Pomelo, Total Phenolic, Total Flavonoid, Vitamin C, Antioxidant Activity

* Corresponding author

(1) Master of Public Health Student in

Nutrition for Health, Faculty of Public Health,
Khon Kaen University

(2) Department of Public Health Administration,

Health Promotion, and Nutrition,
Faculty of Public Health,
Khon Kaen University

บทนำ

สารพฤกษเคมี (phytochemical) หรือสารประกอบเคมีที่ผลิตโดยพืช ทำหน้าที่ในการป้องกันพืชจากเชื้อแบคทีเรียหรือการรบกวนจากศัตรูพืช (Doughari, 2012) ซึ่งไม่นับว่าเป็นสารอาหาร สำหรับมนุษย์ แต่มีคุณลักษณะเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น สารสำคัญกลุ่มแคโรทีนอยด์ (แอลฟา-แคโรทีน, บีตา-แคโรทีน, บีตา-คริปโตแซนทิน, โลโคพีน, ลูทีน และซีแซนทิน) และสารสำคัญในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (ฟลาโวนอล, ฟลาโวน, ฟลาโวนอน, ไอโซฟลาโวน และแอนโทไซยานิน) ซึ่งจากงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศแสดงให้เห็นว่า สารพฤกษเคมีเหล่านี้ล้วนมีประโยชน์ในแง่ของกันป้องกันโรค โดยเฉพาะกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (non-communicable diseases; NCDs) (Anderson, 2001) มีการพบสารอินจินซึ่งเป็นสารสำคัญในส่วนเปลือกของส้มโอ (กนกอร สุโต, 2550) การออกฤทธิ์และผลของสารอนุมูลอิสระในส้มโอ(สุวรรณพิชัยวงศ์วงศ์ดี, 2556; วลัยภรณ์ ไท้นพราหม์, 2560) การที่ร่างกายสร้างอนุมูลอิสระออกมาเป็นจำนวนมาก ทำให้ร่างกายเกิดความไม่สมดุลและเกิดความเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) ส่งผลให้เกิดการทำลายสารชีวโมเลกุลในร่างกาย เช่น โปรตีน ไขมัน และดีเอ็นเอ ความเสียหายนี้เป็นสิ่งสำคัญในการเกิดเซลล์ และก่อโรคในมนุษย์หลายชนิด เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ และมะเร็ง (Poulose, 2014; Singh, 2014) ดังนั้นสารต้านอนุมูลอิสระจากสารพฤกษเคมีจึงมีบทบาทสำคัญในการป้องกันและรักษาโรคเรื้อรัง (Sung, 2010; Soobrattee, 2005) ปริมาณสารพฤกษเคมีที่พบในพืช ถึงแม้จะเป็นสายพันธุ์เดียวกัน ก็อาจจะมีปริมาณ และการออกฤทธิ์ที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นกับสภาพแวดล้อมในการปลูกที่แตกต่างกัน ซึ่งรวมถึง ปริมาณแร่ธาตุรวมทั้งสารอาหารต่างๆ ที่พบในดิน หรือปริมาณน้ำ และสภาพภูมิอากาศ รวมทั้งปริมาณแสงแดดที่ได้รับ จากปัจจัยสภาพแวดล้อมในการปลูกดังกล่าวจะส่งผลให้พืชแต่ละชนิดมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ทั้งรูปร่าง สี รสชาติ กลิ่น ที่จำเพาะของแต่ละพื้นที่ รวมทั้งปริมาณของสารสำคัญที่พบในพืชด้วย (สำนักโภชนาการ, 2562)

ส้มโอ เป็นผลไม้ที่นิยมรับประทาน และปลูกแทบทุกภูมิภาคของประเทศไทย ซึ่งผู้คนนิยมนำส่วนของเนื้อส้มโอมารับประทานเป็นผลไม้ รวมทั้งนำไปเป็นส่งประกอบของเมนูอาหารอีกด้วย และยิ่งไปกว่านั้นไส้ส่วนของเปลือกส้มโอก็มีการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ และที่สำคัญคือนำไปใช้เป็นองค์ประกอบยาเพื่อใช้ในการรักษาโรค ทั้งในตำรับยาไทย และยาแผนจีน (Wanfang, 2008; คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558; นิจศิริ เรืองรังษี, 2559) ซึ่งพบว่ามีการศึกษาและนำไปใช้ประโยชน์เฉพาะส่วนของเปลือกนอกของส้มโอ แต่กลับพบว่าในส่วนอื่นๆของส้มโอมีการศึกษาหรือนำไปใช้ประโยชน์น้อยมาก ซึ่งส่วนเหล่านี้ยังคงมีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยเฉพาะในกลุ่มของสารพฤกษเคมี โดยการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สารพฤกษเคมีที่สำคัญ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ จากส่วนต่างๆ ของส้มโอ คือ เปลือกส่วนนอก (exocarp) เปลือกส่วนกลาง (mesocarp) เปลือกส่วนใน (endocarp) เนื้อ และเมล็ดส้มโอ 3 สายพันธุ์คือ ขาวหอมทองดี และมะณีอีสาน ซึ่งปลูกในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ณ อำเภอบ้านแท่น จังหวัดชัยภูมิ และให้ผลผลิตในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2563

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อหาปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และวิตามินซี ในส่วนต่างๆ ของผลส้มโอ
2. เพื่อศึกษาฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และวิธี FRAP ในส่วนต่างๆ ของผลส้มโอ

วิธีดำเนินการวิจัย

● การสกัดสารตัวอย่าง

- 1) การเตรียมวัตถุดิบ นำผลส้มโอทั้ง 3 สายพันธุ์ๆ ละ 3 ลูก มาทำการล้างทำความสะอาด และนำมาแยกเป็น 5 ส่วนต่างๆ คือ เปลือกส่วนนอก เปลือกส่วนกลาง เปลือกส่วนใน เนื้อ และเมล็ด จากนั้นนำทุกส่วนยกเว้นส่วนเนื้อของทุกสายพันธุ์มาอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศา

เซลเซียส ประมาณ 1-2 วันอบจนแห้ง แล้วจึงนำมาบดละเอียด แยกเก็บตามส่วนต่างๆ ของแต่ละสายพันธุ์ ในภาชนะสุญญากาศ ส่วนเนื้อนำมาปั่นละเอียด ส่วนต่างๆ ของแต่ละสายพันธุ์จะนำมาแยกเก็บในภาชนะสุญญากาศที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

2) การเตรียมสารสกัด การเตรียมสารสกัดด้วยแอ็บโซลูทเอทานอล (99.9% absolute ethanol) ในเปลือกส่วนนอก เปลือกส่วนกลาง เปลือกส่วนใน และเมล็ด และการเตรียมสารสกัดด้วยน้ำปราศจากประจุ (deionized water; DI) ในเปลือกส่วนนอก โดยการนำวัตถุดิบมาตัวอย่างละ 2 กรัม เติมแอ็บโซลูทเอทานอล หรือน้ำปราศจากประจุ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วนำมาให้ความร้อนจนเดือด จากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นนำมารองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (whatman no. 1) นำกากที่เหลือทั้งหมดมาเติม แอ็บโซลูทเอทานอลหรือน้ำปราศจากประจุปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วนำมาให้ความร้อน จากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 16 ชั่วโมง กรองซ้ำด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และนำสารสกัดที่ได้จากการกรองทั้ง 2 ครั้งมาเข้าเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator) ให้ได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำมาเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ในส่วนเนื้อ จะนำระเหยแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (lyophilizer) นำสารสกัดมา 0.2 กรัม เติมน้ำปราศจากประจุปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำเข้าเครื่องเขย่าสารแบบสั่น และเครื่องปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นแยกส่วนที่เป็นของเหลวออก แล้วนำมาเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

● การวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญ

1) วิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิก ด้วยวิธี folin-ciocalteu spectrometric method โดยใช้กรดแกลลิก (gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน (ดัดแปลงจาก Daduang et al., 2011) ที่ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นำสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 20 ไมโครลิตร เติมสารละลายร้อยละ 10 folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 100 ไมโครลิตร แล้วนำไปไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาทีที่

อุณหภูมิห้อง เติมสารละลายร้อยละ 7 โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ปริมาตร 80 ไมโครลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมของสารสกัดตัวอย่าง

2) วิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์ ด้วยวิธี aluminium chloride colorimetry โดยใช้เคอควิซิทิน (quercetin) เป็นสารมาตรฐาน (สุธีรา มณีฉาย และคณะ, 2559) ที่ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นำสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 30 ไมโครลิตร เติมแอ็บโซลูทเอทานอลปริมาตร 170 ไมโครลิตร เติมร้อยละ 10 อลูมิเนียมคลอไรด์ (AlCl_3) ปริมาตร 10 ไมโครลิตร เติม 1 โมลาร์ โพแทสเซียมอะซิเตท ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{K}$) ปริมาตร 10 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 30 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลเคอควิซิทินต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมของสารสกัดตัวอย่าง

3) วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี โดยใช้วิธีไทเทรตกับสารละลายไอโอดีน โดยใช้ร้อยละ 1 (w/v) กรดแอสคอร์บิกเป็นสารมาตรฐาน นำสารสกัดตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร เติมน้ำแข็ง 1 มิลลิลิตร นำมาไทเทรตกับสารละลาย 0.01 นอแมลล์ ไอโอดีนในบิวเรตจนเปลี่ยนสีโดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง นำค่าที่ได้มาคำนวณในหน่วยมิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมของสารสกัดตัวอย่าง

● วิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

1) การทดสอบด้วยวิธี DPPH โดยมีกรดแอสคอร์บิกเป็นสารมาตรฐานที่ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยนำสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 20 ไมโครลิตรที่ความเข้มข้น 40, 80, 120, 160 และ 200 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง เติมสารละลาย DPPH ปริมาตร 180 ไมโครลิตร แล้วนำไปไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที

นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระ ค่า 50% effective concentration หรือ EC₅₀ ในหน่วย มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิกต่อมิลลิลิตร ตามสมการ ร้อยละการยับยั้ง ดังนี้

$$(\% \text{ inhibition}) = [(A_0 - A_e) / (A_0 - A_{bg})] \times 100$$

A₀ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH (ค่าเฉลี่ย Blank)

A_e คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

A_{bg} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ background

2) การทดสอบด้วยวิธี FRAP (ดัดแปลงจาก Li et al., 2006) โดยมีกรดแอสคอร์บิกเป็นสารมาตรฐานที่ความเข้มข้น 20, 30, 40, 50 และ 60 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยนำสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 18 ไมโครลิตรที่ความเข้มข้น 40, 80, 120, 160 และ 200 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง เติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 182 ไมโครลิตร แล้วตั้งไว้ 30 นาทีที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งแล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมของสารสกัดตัวอย่าง

$$\text{สูตรการคำนวณ } y = ax + b$$

y คือ ค่าการดูดกลืนแสง = Blank – Sample – Control

a คือ Slope

x คือ ความเข้มข้นของ gallic acid ในหน่วย (µg/mL)

b คือ Intercept

● สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Duncan ใช้วิเคราะห์ข้อมูลปริมาณสารสำคัญ และฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระที่ทดสอบได้ และหาความสัมพันธ์ด้วยวิธี Pearson correlation ระหว่าง

ปริมาณสารสำคัญ กับฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระ ด้วยโปรแกรม SPSS V.28

ผลการทดลอง

● ปริมาณฟีนอลิกรวม

คำนวณได้จากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก ($y = 184.0767x + 4.228067$, $R^2 = 0.99$) พบว่าเปลือกส่วนกลางของสายพันธุ์ข้าวหอมมีปริมาณที่มากที่สุด และส่วนเมล็ดของสายพันธุ์ทองดีมีปริมาณน้อยที่สุด พบในปริมาณ 98.11 ± 8.70 และ 15.60 ± 0.53 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 1 ส่วนเปลือกนอกของส้มโอพบว่าสายพันธุ์ข้าวหอมมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาเป็นสายพันธุ์ทองดี และพันธุ์อีสานที่ปริมาณ 89.35 ± 1.82 , 71.47 ± 6.89 และ 54.16 ± 2.18 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมตามลำดับ ส่วนเนื้อของส้มโอพบว่าสายพันธุ์พันธุ์อีสานมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาเป็นสายพันธุ์ทองดี และสายพันธุ์ข้าวหอมที่ปริมาณ 62.73 ± 3.06 , 58.89 ± 1.22 และ 39.41 ± 7.73 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมตามลำดับ ดังตารางที่ 1

● ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

คำนวณได้จากกราฟมาตรฐานของเคอซีทิน ($y = 174.9867x + 27.509$, $R^2 = 0.99$) พบว่าส่วนเนื้อของสายพันธุ์ข้าวหอมมีปริมาณที่มากที่สุด และส่วนเมล็ดของสายพันธุ์ทองดีมีปริมาณน้อยที่สุด พบที่ปริมาณ 54.60 ± 1.05 และ 8.46 ± 0.31 มิลลิกรัมสมมูลเคอซีทินต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 2 ส่วนเปลือกนอกของส้มโอพบว่าสายพันธุ์ข้าวหอมมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาเป็นสายพันธุ์พันธุ์อีสาน และสายพันธุ์ทองดีมีปริมาณ 24.90 ± 0.23 , 18.26 ± 0.91 และ 17.22 ± 0.29 มิลลิกรัมสมมูลเคอซีทินต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมตามลำดับ ส่วนเนื้อของส้มโอพบว่าสายพันธุ์ข้าวหอมมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาเป็นสายพันธุ์พันธุ์อีสาน และสายพันธุ์ทองดีมีปริมาณ 54.60 ± 1.05 , 51.58 ± 0.73 และ 49.06 ± 0.29 มิลลิกรัมสมมูลเคอซีทินต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมตามลำดับ ดังตารางที่ 2

● ปริมาณวิตามินซี

โดยใช้วิธีไทเทรตกับสารละลายไอโอดีน พบว่าส่วนเนื้อของสายพันธุ์ทองดีมีปริมาณมากที่สุด และเปลือกส่วนนอกของสายพันธุ์ทองดีมีปริมาณน้อยที่สุด มีปริมาณ 57.64 ± 2.17 และ 0.88 ± 0.22 มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 3 ส่วนเปลือกนอกพบว่าสายพันธุ์ขาวหอมมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาเป็นสายพันธุ์มณีอีสานและสายพันธุ์ทองดีที่มีปริมาณ 2.63 ± 0.38 , 1.63 ± 0.22 และ 0.88 ± 0.22 มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมตามลำดับ ส่วนเนื้อของส้มโอพบว่าสายพันธุ์ทองดีมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาเป็นสายพันธุ์ขาวหอม และสายพันธุ์มณีอีสานที่มีปริมาณ 57.64 ± 2.17 , 42.61 ± 5.74 และ 27.57 ± 4.34 มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมตามลำดับ ดังตารางที่ 3

● การวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

โดยแสดงค่าเป็น 50% effective concentration หรือ EC_{50} ดังตารางที่ 4 ส่วนเปลือกนอกของสายพันธุ์ขาวหอมมีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระดีที่สุด รองลงมาคือสายพันธุ์ทองดี และมณีอีสาน มีปริมาณ 61.82 ± 14.60 , 170.54 ± 8.10 และ 240.68 ± 6.76 มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมตามลำดับ ส่วนเนื้อของสายพันธุ์ทองดีมีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระดีที่สุด รองลงมาคือของสายพันธุ์ขาวหอม และมณีอีสาน มีปริมาณ 16.00 ± 0.96 , 18.88 ± 2.14 และ 20.25 ± 2.41 มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 4

● การวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP

สามารถคำนวณได้จากกราฟมาตรฐานของกรดแอสคอร์บิก ($y = 52.13467x + 18.00567$, $R^2 = 0.99$) พบว่าส่วนเนื้อของสายพันธุ์ขาวหอมมีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระดีที่สุด และส่วนเมล็ดของสายพันธุ์ทองดีมีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระไม่ดีที่สุด มีปริมาณ 168.24 ± 14.19 และ 12.30 ± 1.19 มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิกต่อน้ำหนักแห้ง

1 กรัมตามลำดับ ดังตารางที่ 5 ส่วนเปลือกนอกของส้มโอพบว่าสายพันธุ์ขาวหอมมีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระดีที่สุด รองลงมาคือสายพันธุ์มณีอีสาน และทองดีที่มีปริมาณ 34.43 ± 0.62 , 21.90 ± 1.31 และ 13.74 ± 0.46 มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมตามลำดับ ส่วนเนื้อของส้มโอพบว่าสายพันธุ์ขาวหอมมีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระดีที่สุด รองลงมาคือสายพันธุ์ทองดี และมณีอีสาน ที่มีปริมาณ 168.24 ± 14.19 , 142.60 ± 9.82 และ 101.38 ± 17.48 มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 5

● การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระ

พบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์รวมมีความสัมพันธ์มากที่สุดกับฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระวิธี DPPH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = -0.637$, $P\text{-value} = 0.004$) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงข้ามหรือแปรผกผันกัน ดังตารางที่ 6 และพบว่าปริมาณวิตามินซีมีความสัมพันธ์มากที่สุดกับฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระวิธี FRAP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.960$, $P\text{-value} = < .001$) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกันหรือแปรผันต่อกัน ดังตารางที่ 7

อภิปรายและสรุปผลการทดลอง

ปริมาณฟีนอลิกรวมจากการศึกษาพบว่ามีมากที่สุดในส่วนเปลือกส่วนกลางของทุกสายพันธุ์ สอดคล้องกับการศึกษาของวลัยภรณ์ ไท้นพราหม์ (2560) ที่พบว่าเปลือกส่วนกลางมีปริมาณฟีนอลิกรวมมากกว่าส่วนอื่นๆ ของผลในพืชตระกูลส้มที่ อาจเนื่องจากในพืช สารฟีนอลิกมีหน้าที่ในการป้องกันภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) จากกระบวนการสังเคราะห์แสง (Zeb, 2020) ซึ่งเป็นไปได้ว่าการที่เปลือกส่วนกลางมีขนาดที่หนากว่าส่วนอื่นอาจเพราะเพื่อป้องกันการทำลายของสารอนุมูลอิสระที่อาจจะเกิดขึ้นในส่วนของเนื้อ และเมล็ดของส้มโอ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญต่อการเจริญเติบโตเป็นต้นอ่อนต่อไป

ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมจากการศึกษาพบว่าส่วนเนื้อของทุกสายพันธุ์มีปริมาณที่มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนอื่นๆ ในแต่ละสายพันธุ์ และส่วนเมล็ดเป็นส่วนที่พบสารสำคัญดังกล่าวน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วลัยภรณ์ ไท้นพราหม์ (2560) และ Hijaz (2020) ที่ได้ศึกษาปริมาณฟีนอลิกรวมในพืชตระกูลส้ม พบว่าในส่วนเนื้อจากผลของพืชตระกูลส้มมีปริมาณฟลาโวนอยด์อยู่มากกว่าส่วนอื่นเช่นกัน อาจเนื่องจากสำหรับพืช สารกลุ่มในฟลาโวนอยด์มีหน้าที่ในการให้สี กลิ่น รวมไปถึงรสสัมผัส และเก็บสารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของเมล็ดซึ่งเป็นไปได้ว่าการที่ส่วนเนื้อมีมาก อาจเพราะเป็นส่วนที่กักเก็บสารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเมล็ด นอกจากนี้ยังมีหน้าที่ในการต้านสารอนุมูลอิสระเนื่องจากมีโครงสร้างหลักทางเคมีเป็นวงแหวนอะโรมาติกที่มีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลตั้งแต่ 2 วงขึ้นไป ด้วยโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่นี้ส่งผลให้เกิดการเหนี่ยวนำสารอนุมูลอิสระให้เข้ามาติด และกำจัดส่งผลให้เกิดยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระ (Panche, 2016)

ปริมาณวิตามินซีจากการศึกษาด้วยวิธีไทเทรตกับสารละลายไอโอดีน พบว่าส่วนเนื้อของทุกสายพันธุ์ เมื่อเทียบกับส่วนต่างๆ ของแต่ละสายพันธุ์ จะมีปริมาณมากที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ Traber (2021) ที่พบว่าส่วนเนื้อของพืชตระกูลส้มมีปริมาณวิตามินซีมากที่สุด เนื่องจากวิตามินซีมีโครงสร้างเป็นกรดน้ำตาล ซึ่งในส้มโอจะทำการกักเก็บรูปแบบของถุงอาหาร (juice sac) จึงทำให้ในส่วนเนื้อมีปริมาณวิตามินซีมากที่สุด และวิตามินซีมีหน้าที่ป้องกันการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ที่ปล่อยออกซิเจนสเปซียล (ROS) ซึ่งเกิดจากการหายใจระดับเซลล์ จึงอาจส่งผลให้วิตามินซีมีมากในส่วนเนื้อเพื่อป้องกันส่วนเนื้อที่มีหน้าที่หลักในการกักเก็บอาหาร และจากโครงสร้างที่เป็นหมู่ไฮดรอกซิล 4 หมู่จึงง่ายต่อการทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยการสลายตัวเข้าจับกับสารอนุมูลอิสระ ทำลายและลดการเกิดขบวนการสันดาป (นิธิยา, 2558)

จากการศึกษาพบว่าปริมาณสารพฤกษเคมีสำคัญต่างๆ ส่วนมากพบในสายพันธุ์ขาวหอม รองลงมาเป็นทองดี

มณีอีสาน ตามลำดับ และพบว่าส่วนเนื้อคือส่วนที่พบปริมาณสารสำคัญมากที่สุด รองลงมาเป็นส่วนเปลือกกลางของทุกสายพันธุ์ และพบว่ามีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระ กล่าวคือ ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของสุวรรณา พิชัยวงศ์วงศ์ดี (2556) และปริมาณวิตามินซีมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\text{-value} < 0.001$) สำหรับฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH พบว่าส่วนเนื้อเป็นส่วนที่มีฤทธิ์ดีที่สุด โดยสายพันธุ์ทองดีมีฤทธิ์ดีที่สุด รองลงมาคือสายพันธุ์ขาวหอม และมณีอีสาน ซึ่งให้ผลที่ต่างจากการศึกษาของบัณฑิตวรรณ ชูระพระ และคณะ (2559) ที่พบว่าเปลือกส่วนนอกมีฤทธิ์ดีที่สุด เช่นเดียวกันกับการศึกษาของกนกอร สุดโต (2550) ที่ทำการทดสอบฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ซึ่งพบว่าส่วนเนื้อของส้มโอมีปริมาณที่มากที่สุด สำหรับปัจจัยที่ส่งผลทำให้ผลการศึกษาไม่สอดคล้องกันอาจมีสาเหตุมาจากแหล่งที่มาของวัตถุดิบ และการเตรียมสารสกัดด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน โดยการศึกษาชิ้นนี้เป็นการศึกษาในส่วนที่คนทั่วไปคิดว่าไม่มีประโยชน์ แต่กลับเป็นสิ่งที่อุดมไปด้วยสารพฤกษเคมีที่มีประโยชน์มากต่อร่างกาย โดยสามารถนำไปแปรรูป อบแห้ง สกัดเป็นชาสมุนไพร และอื่นๆ โดยสามารถนำการทดลองนี้ไปประยุกต์ในการเลือกซื้อสินค้า ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้อีกด้วย

ข้อเสนอแนะหรือการนำไปใช้ประโยชน์

1. ในการวิจัยควรเพิ่มการศึกษาตัวแปรอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น ระยะเวลาในการเก็บรักษา อุณหภูมิ ความชื้น เพื่อให้ได้ช่วงที่เหมาะสม
2. ในการวิจัยควรเพิ่มการศึกษาในสายพันธุ์อื่นๆ เพิ่มเติม
3. สามารถนำผลการทดลองเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจในการเลือกใช้ส่วนต่างๆ ที่มีสารพฤกษเคมีที่ต้องการทั้งในด้านการบริโภค และด้านอุตสาหกรรม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูมาศ สกลศิลป์ศิริ ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ผู้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง

rotary evaporator และขอขอบพระคุณ ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และห้องปฏิบัติการ คณะเทคนิคการแพทย์สำหรับสถานที่ และครุภัณฑ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กนกกร สุตโต. (2550). **นารินจินจากส้มโอ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- คณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (2558). **ส้มโอ**. ค้นเมื่อ 28 กันยายน 2564, จาก <http://www.thaicrudedrug.com/main.php?action=viewpage&pid=134>
- นิจศิริ เรืองรังสี, & ธวัชชัย มังคละคุปต์. (2559). ส้มมื่อ (Som Mue). ใน **สมุนไพรไทย เล่ม 1**. (หน้า 283). กรุงเทพฯ: พี เฮลท์ดี.
- นิธิยา รัตนพานนท์. (2558). **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- บัณฑิตวรรณ ฐระพระ, จันทนา บุญยะรัตน์, เยาวเรศ ชูลิขิต, & สุภาวดี ดาวดี. (2559). การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันใน ส้มโอ. **วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน 2559**, 11(ฉบับพิเศษ), 80-91.
- วลัยภรณ์ ไท้นพรัตน์. (2560). **การศึกษาการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในผลส้มโอสด ส้มโอตัดแต่ง และน้ำส้มโอพันธุ์ท่าซ้อย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2562). **คุณค่าทางโภชนาการในผลไม้**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี. (2556). **การศึกษาการกระจายตัวของสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากส่วนต่างๆ ของส้มโอ**. กรุงเทพฯ: เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.
- Anderson, K. J., & Teuber, S. S. (2001). Walnut polyphenolics inhibit in vitro human plasma and LDL oxidation, biochemical and molecular action of nutrients. **Journal of Nutrition**, 131(11), 2837-2842.
- Doughari, J. H. (2012). Phytochemicals: Extraction methods, basic structures and mode of action as potential chemotherapeutic agents. **Phytochemicals—A Global Perspective of Their Role in Nutrition and Health**, 1-32.
- Hijaz, F., Al-Rimawi, F., Manthey, J. A., & Killiny, N. (2020). Phenolics, flavonoids and antioxidant capacities in Citrus species with different degree of tolerance to Huanglongbing. **Plant Signaling & Behavior**, 15(5), 1752447.
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S.R. (2016). Flavonoids: an overview. **Journal of Nutritional Science**, 5(47), 1-15.
- Poulose, S. M., Miller, M. G., & Shukitt-Hale, B. (2014). Role of walnuts in maintaining brain health with age. **The Journal of Nutrition**, 144(4 Suppl), 561S–566S.
- Singh, M., Suman, S. & Shukla, Y. (2014). New enlightenment of skin cancer chemoprevention through phytochemicals: In vitro and in vivo studies and the underlying mechanisms. **BioMed Research International**, e243452.
- Soobrattee, M. A., Neergheen, V. S., Luximon-Ramma, A., Aruoma, O. I. & Bahorun, T. (2005). Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: Mechanism and actions. **Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis**, 579(1), 200–213.
- Sung, J. & Lee, J. (2010). Antioxidant and antiproliferative activities of grape seeds from different cultivars. **Food Science and Biotechnology**, 19(2), 321–326.

Traber, M. G., & Stevens, J. F. (2011). Vitamins C and E: beneficial effects from a mechanistic perspective. *Free Radical Biology & Medicine*, 51(5), 1000–1013.

Wanfang. (2008). *Zhongguoxiandaizhongyao*. Beijing: Modern Chinese Medicine. Zhongyaoyanjiuxieyiyi.

Zeb, A. (2020). Concept, mechanism, and applications of phenolic antioxidants in foods. *Journal of Food Biochemistry*, 2020, 1-22.

ตารางที่ 1 ปริมาณสารฟีนอลิกรวม จากส่วนต่างๆ ของส้มโอ 3 สายพันธุ์

สายพันธุ์	ส่วนของผลส้มโอ	มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/น้ำหนักแห้ง 1 กรัม
		ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
ขาวหอม	เปลือกนอก	89.35 $\pm$ 1.82 ^{AGK}
	เปลือกนอก_DI	49.32 $\pm$ 6.76 ^{CHP}
	เปลือกกลาง	98.11 $\pm$ 8.70 ^{AGJ}
	เปลือกใน	63.80 $\pm$ 1.26 ^{BHN}
	เนื้อ	39.41 $\pm$ 7.73 ^{CHQ}
	เมล็ด	28.44 $\pm$ 0.99 ^{DQR}
ทองดี	เปลือกนอก	71.47 $\pm$ 6.89 ^{BHM}
	เปลือกนอก_DI	79.52 $\pm$ 6.86 ^{BGL}
	เปลือกกลาง	94.97 $\pm$ 4.03 ^{AGJK}
	เปลือกใน	71.83 $\pm$ 5.02 ^{BGM}
	เนื้อ	58.89 $\pm$ 1.22 ^{CGNO}
	เมล็ด	15.60 $\pm$ 0.53 ^{DIS}
มณีอีสาน	เปลือกนอก	54.16 $\pm$ 2.18 ^{BIOP}
	เปลือกนอก_DI	47.23 $\pm$ 1.77 ^{CHP}
	เปลือกกลาง	62.71 $\pm$ 3.94 ^{AHN}
	เปลือกใน	51.28 $\pm$ 3.33 ^{BCIOP}
	เนื้อ	62.73 $\pm$ 3.06 ^{AGN}
	เมล็ด	21.87 $\pm$ 2.26 ^{DHRS}

A-F คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลระหว่างส่วนต่างๆ ของส้มโอในสายพันธุ์เดียวกัน

G-I คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของส่วนเดียวกันระหว่างสายพันธุ์ส้มโอ

J-Y คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลระหว่างส่วนต่างๆ ของส้มโอ 3 สายพันธุ์

* เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้วิธี Duncan ด้วยโปรแกรม SPSS V.28

** เปลือกนอก_DI คือ สารสกัดจากส่วนเปลือกนอกที่สกัดด้วยน้ำปราศจากประจุ (DI)

ตารางที่ 2 ปริมาณสารพลาโนนอยด์รวม จากส่วนต่างๆ ของส้มโอ 3 สายพันธุ์

สายพันธุ์	ส่วนของผลส้มโอ	มิลลิกรัมสมมูลเคอซิทีน/น้ำหนักแห้ง 1 กรัม
		ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
ขาวหอม	เปลือกนอก	24.90 $\pm$ 0.23 ^{BGM}
	เปลือกนอก_DI	18.45 $\pm$ 0.40 ^{CHO}
	เปลือกกลาง	12.16 $\pm$ 0.44 ^{DGRS}
	เปลือกใน	10.33 $\pm$ 0.49 ^{EIT}
	เนื้อ	54.60 $\pm$ 1.05 ^{AGJ}
	เมล็ด	10.61 $\pm$ 0.33 ^{EGT}
ทองดี	เปลือกนอก	17.22 $\pm$ 0.29 ^{CHP}
	เปลือกนอก_DI	23.67 $\pm$ 0.30 ^{BGN}
	เปลือกกลาง	12.04 $\pm$ 0.33 ^{EGRS}
	เปลือกใน	14.65 $\pm$ 0.11 ^{DGQ}
	เนื้อ	49.06 $\pm$ 0.29 ^{AIL}
	เมล็ด	8.46 $\pm$ 0.31 ^{FHU}
มณีอีสาน	เปลือกนอก	18.26 $\pm$ 0.91 ^{BHO}
	เปลือกนอก_DI	12.66 $\pm$ 0.15 ^{CIR}
	เปลือกกลาง	10.49 $\pm$ 0.36 ^{EHT}
	เปลือกใน	11.60 $\pm$ 0.44 ^{DHS}
	เนื้อ	51.58 $\pm$ 0.73 ^{AHK}
	เมล็ด	8.93 $\pm$ 0.17 ^{FHU}

A-F คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลระหว่างส่วนต่างๆ ของส้มโอในสายพันธุ์เดียวกัน

G-I คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของส่วนเดียวกันระหว่างสายพันธุ์ส้มโอ

J-Y คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลระหว่างส่วนต่างๆ ของส้มโอ 3 สายพันธุ์

* เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้วิธี Duncan ด้วยโปรแกรม SPSS V.28

** เปลือกนอก_DI คือ สารสกัดจากส่วนเปลือกนอกที่สกัดด้วยน้ำปราศจากประจุ (DI)

ตารางที่ 3 ปริมาณวิตามินซี จากส่วนต่างๆ ของส้มโอ 3 สายพันธุ์

สายพันธุ์	ส่วนของผลส้มโอ	มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิก / น้ำหนักแห้ง 1 กรัม
		ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
ขาวหอม	เปลือกนอก	2.63 $\pm$ 0.38 ^{BGM}
	เปลือกนอก_DI	1.38 $\pm$ 0.22 ^{BHM}
	เปลือกกลาง	2.63 $\pm$ 0.38 ^{BHIM}
	เปลือกใน	3.13 $\pm$ 0.43 ^{BGM}
	เนื้อ	42.61 $\pm$ 5.74 ^{AHK}
	เมล็ด	1.88 $\pm$ 0.38 ^{BGM}

ตารางที่ 3 ปริมาณวิตามินซี จากส่วนต่างๆ ของส้มโอ 3 สายพันธุ์ (ต่อ)

สายพันธุ์	ส่วนของผลส้มโอ	มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิก / น้ำหนักแห้ง 1 กรัม
		ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
ทองดี	เปลือกนอก	0.88 ± 0.22 ^{CIM}
	เปลือกนอก_DI	2.51 ± 0.43 ^{BCGM}
	เปลือกกลาง	2.01 ± 0.22 ^{BCHM}
	เปลือกใน	2.88 ± 0.57 ^{BGM}
	เนื้อ	57.64 ± 2.17 ^{AGJ}
	เมล็ด	1.38 ± 0.22 ^{BCHM}
มณีอีสาน	เปลือกนอก	1.63 ± 0.22 ^{BHM}
	เปลือกนอก_DI	2.01 ± 0.22 ^{BGM}
	เปลือกกลาง	3.26 ± 0.57 ^{BG}
	เปลือกใน	2.01 ± 0.22 ^{BHM}
	เนื้อ	27.57 ± 4.34 ^{AIL}
	เมล็ด	2.38 ± 0.22 ^{BGM}

A-F คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลระหว่างส่วนต่างๆ ของส้มโอในสายพันธุ์เดียวกัน

G-I คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของส่วนเดียวกันระหว่างสายพันธุ์ส้มโอ

J-Y คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลระหว่างส่วนต่างๆ ของส้มโอ 3 สายพันธุ์

* เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้วิธี Duncan ด้วยโปรแกรม SPSS V.28

** เปลือกนอก_DI คือ สารสกัดจากส่วนเปลือกนอกที่สกัดด้วยน้ำปราศจากประจุ (DI)

ตารางที่ 4ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH จากส่วนต่างๆ ของส้มโอ 3 สายพันธุ์

สายพันธุ์	ส่วนของผลส้มโอ	มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิก/น้ำหนักแห้ง 1 กรัม
		ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
ขาวหอม	เปลือกนอก	61.82 ± 14.60 ^{BCGKL}
	เปลือกนอก_DI	163.95 ± 16.63 ^{DGO}
	เปลือกกลาง	51.74 ± 16.94 ^{BGK}
	เปลือกใน	76.38 ± 11.61 ^{CGL}
	เนื้อ	18.88 ± 2.14 ^{AGHJ}
	เมล็ด	168.71 ± 9.98 ^{DGO}
ทองดี	เปลือกนอก	170.54 ± 8.10 ^{CHO}
	เปลือกนอก_DI	161.72 ± 9.04 ^{CGO}
	เปลือกกลาง	165.05 ± 6.46 ^{CHO}
	เปลือกใน	95.10 ± 10.50 ^{BGM}
	เนื้อ	16.00 ± 0.96 ^{AGJ}
	เมล็ด	385.41 ± 5.12 ^{DIR}

ตารางที่ 4 ฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH จากส่วนต่างๆ ของส้มโอ 3 สายพันธุ์ (ต่อ)

สายพันธุ์	ส่วนของผลส้มโอ	มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิก/น้ำหนักแห้ง 1 กรัม
		ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
มณีอีสาน	เปลือกนอก	240.68 $\pm$ 6.76 ^{DIP}
	เปลือกนอก_DI	178.06 $\pm$ 2.56 ^{CGO}
	เปลือกกลาง	164.49 $\pm$ 13.20 ^{CHO}
	เปลือกใน	122.96 $\pm$ 12.52 ^{BHN}
	เนื้อ	20.25 $\pm$ 2.41 ^{AHJ}
	เมล็ด	257.77 $\pm$ 4.48 ^{EHQ}

A-F คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลระหว่างส่วนต่างๆ ของส้มโอในสายพันธุ์เดียวกัน

G-I คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของส่วนเดียวกันระหว่างสายพันธุ์ส้มโอ

J-Y คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลระหว่างส่วนต่างๆ ของส้มโอ 3 สายพันธุ์

* เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้วิธี Duncan ด้วยโปรแกรม SPSS V.28

** เปลือกนอก_DI คือ สารสกัดจากส่วนเปลือกนอกที่สกัดด้วยน้ำปราศจากประจุ (DI)

ตารางที่ 5 ฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP จากส่วนต่างๆ ของส้มโอ 3 สายพันธุ์

สายพันธุ์	ส่วนของผลส้มโอ	มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิก/น้ำหนักแห้ง 1 กรัม
		ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
ขาวหอม	เปลือกนอก	34.43 $\pm$ 0.62 ^{BGM}
	เปลือกนอก_DI	28.78 $\pm$ 1.26 ^{BCGMN}
	เปลือกกลาง	20.55 $\pm$ 0.97 ^{CGNO}
	เปลือกใน	17.57 $\pm$ 0.56 ^{CGNO}
	เนื้อ	168.24 $\pm$ 14.19 ^{AGJ}
	เมล็ด	17.86 $\pm$ 3.34 ^{CGNO}
ทองดี	เปลือกนอก	13.74 $\pm$ 0.46 ^{CIO}
	เปลือกนอก_DI	22.39 $\pm$ 0.91 ^{BHNO}
	เปลือกกลาง	12.32 $\pm$ 0.42 ^{CHO}
	เปลือกใน	19.44 $\pm$ 1.48 ^{BCGNO}
	เนื้อ	142.60 $\pm$ 9.82 ^{AGK}
	เมล็ด	12.30 $\pm$ 1.19 ^{CHO}
มณีอีสาน	เปลือกนอก	21.90 $\pm$ 1.31 ^{BHNO}
	เปลือกนอก_DI	15.92 $\pm$ 0.41 ^{BIO}
	เปลือกกลาง	13.57 $\pm$ 1.59 ^{BHO}
	เปลือกใน	18.86 $\pm$ 0.63 ^{BGNO}
	เนื้อ	101.38 $\pm$ 17.48 ^{AHL}
	เมล็ด	16.35 $\pm$ 0.56 ^{BGHO}

A-F คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลระหว่างส่วนต่างๆ ของส้มโอในสายพันธุ์เดียวกัน

G-I คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของส่วนเดียวกันระหว่างสายพันธุ์ส้มโอ

J-Y คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลระหว่างส่วนต่างๆ ของส้มโอ 3 สายพันธุ์

* เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้วิธี Duncan ด้วยโปรแกรม SPSS V.28

** เปลือกนอก_DI คือ สารสกัดจากส่วนเปลือกนอกที่สกัดด้วยน้ำปราศจากประจุ (DI)

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระวิธี DPPH

สารอนุมูลอิสระ		DPPH
phenolic	Pearson Correlation	-.521*
	Sig. (2-tailed)	0.027
flavonod	Pearson Correlation	-.637**
	Sig. (2-tailed)	0.004
VitaminC	Pearson Correlation	-.576*
	Sig. (2-tailed)	0.012

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

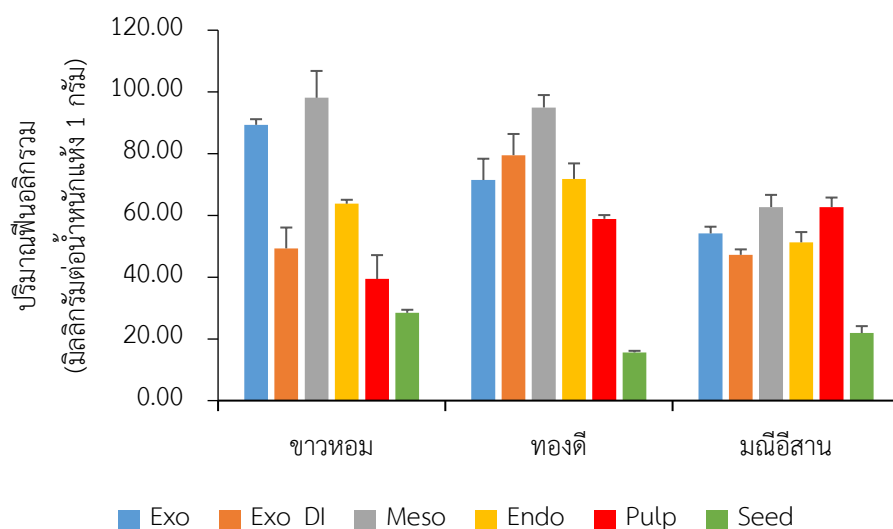
เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้วิธี Duncan ด้วยโปรแกรม SPSS V.28

ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระวิธี FRAP

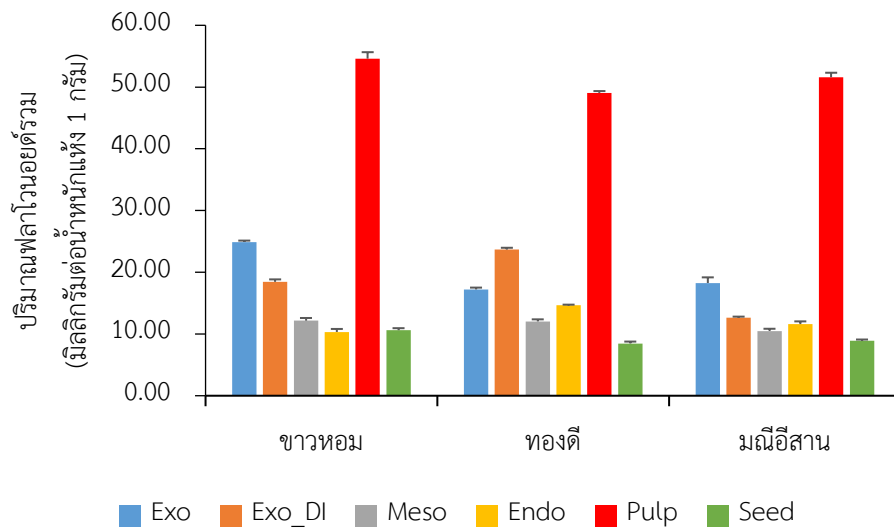
สารอนุมูลอิสระ		FRAP
phenolic	Pearson Correlation	-0.105
	Sig. (2-tailed)	0.679
flavonod	Pearson Correlation	.948**
	Sig. (2-tailed)	<.001
VitaminC	Pearson Correlation	.960**
	Sig. (2-tailed)	<.001

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

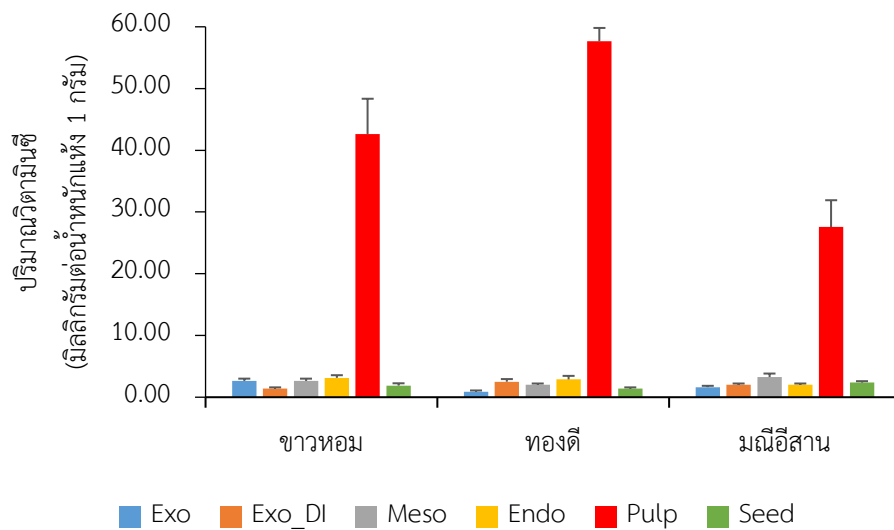
เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้วิธี Duncan ด้วยโปรแกรม SPSS V.28



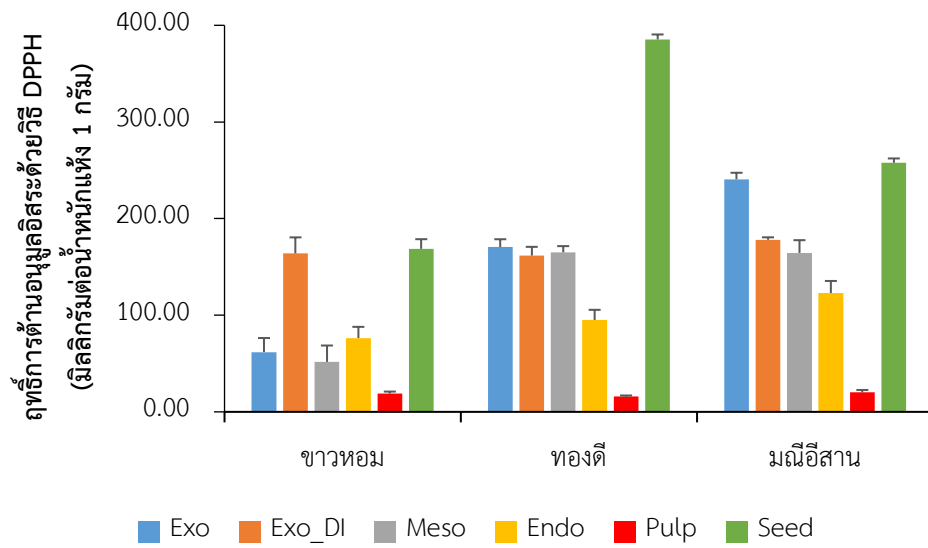
ภาพที่ 1 ปริมาณสารฟีนอลิกรวม จากส่วนต่างๆ ของส้มโอ 3 สายพันธุ์



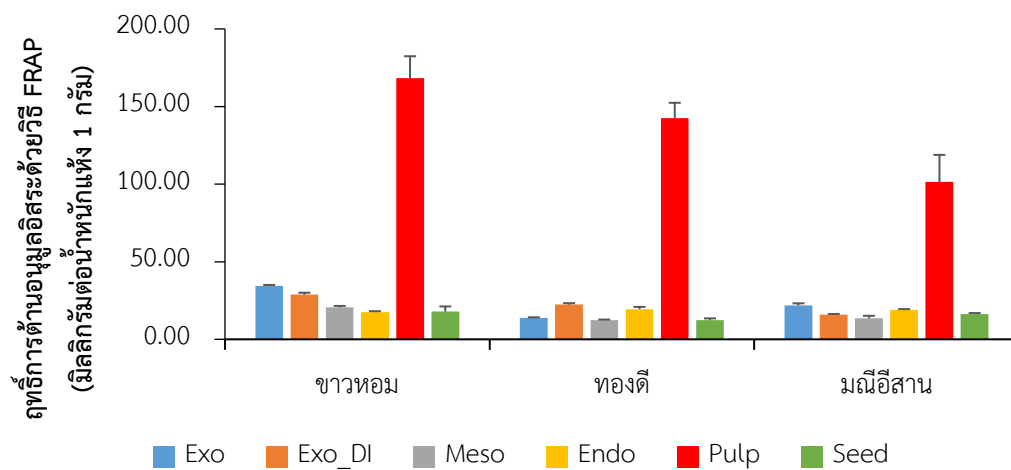
ภาพที่ 2 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม จากส่วนต่างๆ ของส้มโอ 3 สายพันธุ์



ภาพที่ 3 ปริมาณวิตามินซี จากส่วนต่างๆ ของส้มโอ 3 สายพันธุ์



ภาพที่ 4ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH จากส่วนต่างๆ ของส้มโอ 3 สายพันธุ์



ภาพที่ 5 ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP จากส่วนต่างๆ ของส้มโอ 3 สายพันธุ์