Published Online: 2 FEB 2022

# สารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งไทโรซิเนส ของสารสกัดเมล็ดอะโวคาโดพันธุ์พื้นเมือง

# Total Phenolics and Flavonoids Contents Antioxidation and Antityrosinase Activities of Local Avocado Cultivar Seed

**มลฤดี ศิริชัยเอกวัฒน์**

อีเมล: 6251701280@lamduand.mfu.ac.th

หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

**อาจารย์ ดร.สริตา สังข์ทอง**

อีเมล: sarita.san@mfu.ac.th

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเมล็ดอะโวคาโดพันธุ์พื้นเมือง เปรียบเทียบกับ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์บูธ7 และพันธุ์แฮสส์ โดยใช้พันธุ์แฮสส์ จาก 2 แหล่งปลูกคืออเมริกา และเชียงใหม่ โดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลร้อยละ 60 และร้อยละ 80 วิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกรวมและฟลาโวนอยด์รวม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส พบว่าสารสกัดเมล็ดอะโวคาโดที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 60 ให้ร้อยละผลผลิตที่สูงกว่าสารสกัดจากเอทานอลร้อยละ 80 โดยสารสกัดเมล็ดอะโวคาโดพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์บูธ7 ที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 60 ให้ร้อยละผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 8.72 ± 0.33 และ 8.71 ± 0.08 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) สารสกัดเมล็ดอะโวคาโดที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 60 พันธุ์แฮสส์จากอเมริกาให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม 72.19 ± 6.88 ไมโครกรัม GAE/มิลลิกรัมสารสกัด สารประกอบฟลาโวนอยด์รวม 659.22 ± 13.54 ไมโครกรัม QE/มิลลิกรัมสารสกัด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ($IC_{50}$ = 0.026 ± 0.001 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) สารสกัดเมล็ดอะโวคาโดพันธุ์พื้นเมืองที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 80 ให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงที่สุด ($IC_{50}$ = 0.35 ± 0.03 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) ดังนั้นสารสกัดเมล็ดอะโวคาโดโดยเฉพาะสารสกัดเมล็ดอะโวคาโดพันธุ์แฮสส์จากอเมริกาที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 60 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

ขณะที่สารสกัดเมล็ดอะโวคาโดพันธุ์พื้นเมืองให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงที่สุด สามารถใช้เป็นสารออกฤทธิ์ในเครื่องสำอาง เพื่อผิวขาวกระจ่างใส และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้

**คำสำคัญ:** ฟีนอลิก, ฟลาโวนอยด์, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส, เมล็ดอะโวคาโด

**Abstract**

This research was focused on the study of bioactive compounds extraction from local avocado cultivar seed extract compared with 2 different cultivars including Booth7 and Hass from 2 different locations of cultivation, the United State of America and Chiang Mai province. The two different ethanol concentrations of 60% (V/V) and 80% (V/V) were used as the extraction solvents. The obtained extracts were studied for their total phenolic contents, total flavonoid contents as well as antioxidant activity, and tyrosinase enzyme inhibition activity. The results showed that the avocado seed extract from 60% of the ethanol from Local cultivar and Booth7 gave the highest yield 8.72 ± 0.33 and 8.71 ± 0.08, respectively with no statistically significant differences ($p \geq 0.05$). The 60% of ethanol extract from Hass (America) had the highest total phenolic content (72.19 ± 6.88 µg GAE/mg extract), total flavonoid content (659.22 ± 13.54 µg QE/mg extract), and antioxidant activity ($IC_{50}$ of 0.026 ± 0.001 mg/ml). The 80% of ethanol extract from the local cultivar gave the highest anti-tyrosinase activity ($IC_{50}$ of 0.35 ± 0.03 mg/ml). This study can be concluded that the avocado seed extracts, especially Hass (America) with the 60% ethanol had the highest level of total phenolic and flavonoid contents as well as antioxidant activity, whereas the local avocado cultivar seed extracts reach the highest potential for anti-tyrosinase, it can be used as an active ingredient in cosmetics, for lightening skin, and other products.

**Keywords:** Phenolics, Flavonoids, Antioxidant, Anti-tyrosinase, Avocado Seed

**บทนำ/หลักการและเหตุผล**

อะโวคาโดเป็นไม้ผลเพื่อการบริโภคเป็นอาหารคาวหวาน น้ำมันที่สกัดจากผลอะโวคาโดยังใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสำอาง ประเภทครีมบำรุงผิว ครีมล้างหน้า สบู่ แชมพูและครีมนวดผม (ปราณี แซ่โค้ว และคณะ, 2544) การสกัดน้ำมันอะโวคาโดสามารถใช้ได้ทั้งส่วนของเนื้อผลและเมล็ดของอะโวคาโด (Avocado oil และ Avocado seed oil) แต่ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารและขนมขบเคี้ยว รวมถึงเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ได้เริ่มหันมาสนใจแปรรูปเนื้อผลของอะโวคาโดมากขึ้น เพื่อเพิ่มมูลค่าการตลาดและความหลากหลายให้กับสินค้าและเพิ่มทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค เมล็ดของอะโวคาโดจึงเริ่มกลายเป็นขยะที่เหลือใช้จากการแปรรูปในเชิงอุตสาหกรรมอาหาร

พันธุ์อะโวคาโดที่นิยมปลูกในประเทศไทยในปัจจุบันมีหลากหลายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์แฮสส์, พันธุ์บูธ 7, พันธุ์บูธ 8, พันธุ์ปีเตอร์สัน, พันธุ์บัคคาเนีย, พันธุ์พิงเคอร์ตัน, และพันธุ์พื้นเมือง เป็นต้น ซึ่งอะโวคาโดแต่ละพันธุ์จะมีลักษณะทางกายภาพของผลและขนาดแตกต่างกันไป รสชาติแตกต่างกัน รวมถึงฤดูกาลเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน หลังการปลูก 3 ปีสามารถเริ่มเก็บเกี่ยวผลอะโวคาโดได้ โดยหนึ่งต้นสามารถให้ผลผลิตได้ประมาณ 400-500 กิโลกรัม โดยจะให้ผลผลิตประปรายตลอดทั้งปี แต่จะมีผลผลิตมากในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน ปัจจุบันในประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอะโวคาโดประมาณ 1,200 ไร่ มีผลผลิตประมาณ 350 ตันต่อปี (ขวัญหทัย ทะนงจิตร และคณะ, 2559)

ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่า เมล็ดจากผลอะโวคาโดที่เป็นขยะหรือส่วนที่เหลือใช้จากการแปรรูปในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ และขนมขบเคี้ยวนั้น น่าจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์อื่นได้ ซึ่งจะสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับอะโวคาโดที่ปลูกในประเทศไทยได้อีกทางหนึ่ง จึงสนใจศึกษาหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับเมล็ดอะโวคาโดและปริมาณสารสำคัญทางพฤกษเคมีหรือ Phytochemical ที่สำคัญที่เรียกว่า สารทุติยภูมิ (secondary metabolite) เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย คือสารประกอบฟีนอลิก (phenolic) และฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแอนติออกซิแดนท์หรือสารต้านออกซิเดชัน ทำหน้าที่เป็นตัวกำจัดอนุมูลอิสระที่สำคัญ และยังไม่มีการใช้ประโยชน์ของสารสกัดที่ประกอบด้วยสารทุติยภูมิดังกล่าวอย่างแพร่หลาย โดยมุ่งทำการศึกษาพันธุ์อะโวคาโดที่ปลูกมากในทางภาคเหนือคือ พันธุ์พื้นเมือง เปรียบเทียบกับพันธุ์การค้าคือ พันธุ์บูธ7 และพันธุ์แฮสส์ โดยพันธุ์แฮสส์เลือกมาจาก 2 แหล่งปลูกคือแฮสส์จากเชียงใหม่และแฮสส์จากอเมริกา จึงมีความน่าสนใจอย่างยิ่งในการศึกษาว่าในเมล็ดอะโวคาโดพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ที่เลือกมานั้นมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณฟลาโวนอยด์รวมอยู่มากน้อยเพียงใด และศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดเมล็ดอะโวคาโดด้วย โดยหวังว่าข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะสามารถใช้เป็นข้อมูลให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกอะโวคาโดพันธุ์ต่าง ๆ โดยเฉพาะพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกมากในทางภาคเหนือ ช่วยเพิ่มมูลค่าทางการเกษตรให้กับผลผลิตอะโวคาโดที่ปลูกในประเทศได้มากขึ้น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางเครื่องสำอางได้ต่อไปในอนาคต

**วัตถุประสงค์การวิจัย**

1. เพื่อเปรียบเทียบสารสำคัญจากสารสกัดเมล็ดของอะโวคาโดพันธุ์พื้นเมืองกับพันธุ์บูธ 7 และพันธุ์แฮสจาก 2 แหล่งปลูกคือ แฮสจากอเมริกา และแฮสจากเชียงใหม่
2. ทดสอบหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวม และฟลาโวนอยด์รวม ที่มีอยู่ในสารสกัดเมล็ดอะโวคาโด
3. ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเมล็ดอะโวคาโด
4. ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดเมล็ดอะโวคาโด

**ขอบเขตการวิจัย**

เตรียมสารสกัดเมล็ดของผลสุกของอะโวคาโด 3 พันธุ์ โดย 2 พันธุ์เลือกจากแหล่งที่ปลูกในอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่คือ พันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์บูธ 7 ส่วนอีก 1 พันธุ์คือพันธุ์แฮสส์ เลือกมาจาก 2 แหล่งปลูกคือ พันธุ์แฮสส์จากอำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ และพันธุ์แฮสส์จากอเมริกา โดยทั้งหมดใช้เทคนิคการสกัดด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิคที่คลื่นความถี่ 45 kHz เป็นเวลา 30 นาที ด้วยตัวทำละลายเอทานอลที่มีความเข้มข้นต่างกัน คือ เอทานอลร้อยละ 60 และร้อยละ 80 แล้วทดสอบหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณของสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสด้วยวิธี Mushroom tyrosinase inhibitory assay และวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยสถิติ Independent T-test และ One-way ANOVA

**การทบทวนวรรณกรรม**

อะโวคาโดได้ถูกจำแนกลักษณะทางพฤษศาสตร์และถิ่นกำเนิดได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ (ปราณี แซ่โค้ว และคณะ, 2544; Morton, 1987) คือ (1) อะโวคาโดอินเดียตะวันตก: West Indian Avocado, *Persea americana* Mill. var. *americana* (*P. gratissima* Gaertn. หรือ *P. americana americana*) ผลมีขนาดใหญ่ ผิวเรียบเป็นมัน สีเขียวอมเหลือง เปลือกผลบาง เนื้อมีไขมันน้อย เช่น พันธุ์บัตเลอร์ (Butler) และพันธุ์ซิมมอน (Simmond) เป็นต้น, (2) อะโวคาโดเม็กซิกัน: Mexican Avocado, *Persea americana* Mill. var. *drymifolia* Blake (*P. americana drymifolia*) ผลมีขนาดเล็ก เปลือกผลบางและนุ่มเกาะติดกับเนื้อผล มีผิวเรียบ ใบมีกลิ่นฉุนคล้ายโป๊ยกั๊ก เช่นพันธุ์พูบา (Pueba) และพันธุ์เม็กซิโคลา (Mexicola) เป็นต้น, (3) อะโวคาโดกัวเตมาลัน: Guatemalan Avocado, *Persea nubigena* var. *guatemalensis* L. Wms. (*P. nubigena var. guatamalensis*) ผลเป็นรูปแพร์ มักเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงเข้มเมื่อสุก เปลือกผลหนา ผิวขรุขระ เช่น พันธุ์เบนิค (Benik) และพันธุ์พิงเคอร์ตัน (Pinkerton) เป็นต้น

งานวิจัยของชนนิกานต์ วารีพิทักษ์ และคณะ (2560) ศึกษาการพัฒนาครีมบำรุงผิวหน้าสำหรับกลางคืนจากสารกัดเมล็ดอะโวคาโด ซึ่งใช้การสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 60 ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเมล็ดอะโวคาโดสดและเมล็ดอะโวคาโดแห้ง โดยใช้เทคนิคการสกัดด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงเปรียบเทียบระหว่างเวลา 30 และ 60 นาที พบว่าร้อยละผลผลิต ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดเมล็ดอะโวคาโดแห้งที่สกัดด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง เป็นเวลา 30 นาที มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 15.16 ± 3.32, 225.564 ± 0.75 (มิลลิกรัม GAE/กรัมสารสกัด) และ 3.306 ± 0.09 (มิลลิกรัม CE/กรัมสารสกัด) ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกับการสกัด 60 นาที ในส่วนการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่า ค่า $IC_{50}$ ของสารสกัดเมล็ดอะโวคาโดแห้งมีค่าน้อยกว่าสารสกัดเมล็ดอะโวคาโดสด ทั้งในการสกัด 30 นาทีและ 60 นาที ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.050 ± 002 และ 0.046 ± 0.001 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

งานวิจัยของ Laksmiani et al. (2020) เพื่อหาสารที่สามารถนำมาใช้ในครีมบำรุงผิวเพื่อยับยั้งกลไกการทำงานของไทโรซิเนส (tyrosinase) ซึ่งพบว่าในเมล็ดอะโวคาโดมีคาเทชินซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งกระบวนการในการสร้างเม็ดสีเมลานิน จึงศึกษาถึงประสิทธิภาพของคาเทชินเปรียบเทียบกับโคจิกแอซิด พบว่าค่าพลังงานของคาเทชินในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสคือ -7.64 kcal/mol ส่วนโคจิกแอซิดมีค่าพลังงานเท่ากับ -5.03 kcal/mol แสดงว่าพันธะของคาเทชินนั้นเล็กกว่าโคจิกแอซิด ซึ่งค่าพลังงานนี้แสดงให้ทราบว่าคาเทชิน มีศักยภาพดีกว่าโคจิกแอซิด ในการช่วยให้ผิวกระจ่างใสขึ้นโดยการเข้าไปยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ค่า $IC_{50}$ ของสารมาตรฐาน kojic acid และของสารสกัด ที่ได้จากการศึกษาของลักษเมียนี และคณะ มีค่าเท่ากับ 48.67 ± 0.1 และ 93.02 ± 1.98 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร หรือ 0.0486 ± 0.1 และ 0.0930 ± 1.98 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

Segovia et al. (2018) ทำการศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ผลจากการศึกษาพบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายร่วมระหว่างเอทานอลกับน้ำ ได้ค่า TPC, ORAC, ABTS และ FRAP สูงกว่าการสกัดด้วยเมทานอล และ Tremocodi et al. (2018) ได้ทำการประเมินฤทธิ์ antioxidant และสารประกอบฟีนอลิกที่มีอยู่ในส่วนของเปลือกและเมล็ดของอะโวคาโดพันธุ์แฮสส์และเฟอร์เต้ โดยใช้การสกัดด้วย green solvent คือ เอทานอล โดยใช้ เอทานอล : น้ำ ในสัดส่วน 80:20 ทำการสกัดโดยใช้เทคนิคคลื่นเสียงความถี่สูงที่ 40 กิโลเฮิทซ์ เป็นเวลา 15 นาที พบว่าทั้งในส่วนเปลือกและเมล็ดนั้นแสดงค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูง โดยสารสกัดจากเปลือกมีมากกว่าในเมล็ด

**วิธีการดำเนินการวิจัย**

1. การเตรียมเมล็ดของผลสุกของอะโวคาโด 3 พันธุ์ คือ พันธุ์พื้นเมืองหรือพันธุ์กลาย และพันธุ์บูธ 7 ที่ปลูกในอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และพันธุ์แฮสส์ โดยเลือกจาก 2 แหล่งปลูกคือพันธุ์แฮสส์จากอเมริกา ซื้อจากท็อปซุปเปอร์มาร์เกต และพันธุ์แฮสส์ที่ปลูกในอำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ จะ

ได้เมล็ดอะโวคาโดจาก 4 ตัวอย่าง นำเมล็ดอะโวคาโดมาหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ และปั่นให้มีขนาดเล็ก อบที่ 40 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ บดให้เป็นผงละเอียด

2. เตรียมสารสกัดเมล็ดอะโวคาโดจาก 4 ตัวอย่าง โดยใช้เอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 60 และ 80 ใช้อัตราส่วนระหว่างตัวอย่างแห้งของพืชกับตัวทำละลายในอัตราส่วน 1 ต่อ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และสกัดด้วยเทคนิคการสกัดด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิคที่คลื่นความถี่ 45 kHz ที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำสารสกัดไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ให้ได้สารสกัดใสที่แล้วนำไปเข้าเครื่องระเหยที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

3. วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปิเปตสารสกัด 0.45 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent 0.25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที เติมสารละลาย 20% โซเดียมคาร์บอเนต ($Na_2CO_3$) 0.25 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ 5.00 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องอีก 30 นาที จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร (Singleton & Rossi, 1965)

4. วิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม ปิเปตสารสกัด 0.50 และ 1.00 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 5% โซเดียมไนไตรท์ ($NaNO_2$) 0.15 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที เติมสารละลาย 10% อลูมิเนียมคลอไรด์ ($AlCl_3$) 0.15 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้อีก 6 นาที แล้วเติมสารละลาย 4% โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ลงไป 2.00 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 5.00 มิลลิลิตร ผสมสารให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้อีก 15 นาทีที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร (Zhishen et al., 1999)

5. วิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปิเปตสารสกัดที่ปริมาตร 0.010-0.090 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 95 ให้ครบ 0.100 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 0.1 mM DPPH 0.900 มิลลิลิตร จะได้ปริมาตรรวม 1.00 มิลลิลิตร ผสมสารให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร (Brand-William et al., 1995)

6. วิเคราะห์หาฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส ปิเปตสารสกัดที่ปริมาตร 0.020-0.090 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย Potassium phosphate buffer (pH 6.8) ปรับปริมาตรสารตัวอย่างทดสอบให้เป็น 0.200 มิลลิลิตร เติมสารละลายเอนไซม์ไทโรซิเนส (Mushroom tyrosinase) ใน Potassium phosphate buffer (pH 6.8) 0.040 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที เติมสารละลาย 2.5 mM L-DOPA ปริมาตร 0.040 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วบ่มที่อุณหภูมิห้องอีก 10 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 492 นาโนเมตร (Masuda et al., 2005)

**ผลวิจัย**

1. ปริมาณสารสกัดหยาบของสารสกัดเมล็ดอะโวคาโด

สารสกัดหยาบจากเมล็ดอะโวคาโดที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 60 มี 2 พันธุ์ที่ให้ปริมาณผลผลิตมากที่สุดคือ พันธุ์พื้นเมือง และพันธุ์บูธ7 ร้อยละของผลผลิตที่ได้คือ 8.72 ± 0.33 และ 8.71 ± 0.08 ตามลำดับ และอีก 2 พันธุ์ให้ปริมาณผลผลิตน้อยที่สุดคือ พันธุ์แฮสส์จากอเมริกา และแฮสส์จากเชียงใหม่ ได้ผลผลิตร้อยละ 6.90 ± 0.03 และ 6.85 ± 0.23 ตามลำดับ ส่วนร้อยละผลผลิตที่ได้จากสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 80 พันธุ์ที่ให้ปริมาณผลผลิตมากที่สุดคือ พันธุ์บูธ7 รองลงมาคือ พันธุ์พื้นเมือง พันธุ์แฮสส์จากเชียงใหม่ และน้อยที่สุดคือพันธุ์แฮสส์จากอเมริกา ร้อยละของผลผลิตที่ได้คือ 6.56 ± 0.08, 5.90 ± 0.04, 5.36 ± 0.06 และ 4.98 ± 0.05 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบเทคนิคการสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงเป็นเวลา 30 นาที จากการศึกษาของ ชนนิกานต์ วารีพิทักษ์ และคณะ (2560) ที่ได้ปริมาณผลผลิตร้อยละ15.16 ± 3.32 โดยร้อยละผลผลิตที่ได้จากพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์บูธ7 ที่ให้ปริมาณผลผลิตมากที่สุด มีร้อยละผลผลิตน้อยกว่าถึง 1 เท่า ผลเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์แฮสส์จากอเมริกาและพันธุ์แฮสส์จากเชียงใหม่ พบว่าพันธุ์แฮสส์จากเชียงใหม่ที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 80 ให้ปริมาณผลผลิตสูงกว่าพันธุ์แฮสส์จากอเมริกา และสารสกัดหยาบจากการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 60 ให้ปริมาณร้อยละผลผลิตสูงกว่าเอทานอลร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอย์รวมของสารสกัดเมล็ดอะโวคาโด

สารสกัดจากเมล็ดอะโวคาโดในตัวทำละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 60 ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่แตกต่างกันทุกพันธุ์ โดยพันธุ์แฮสส์จากอเมริกาให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด พันธุ์บูธ7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกต่ำที่สุด (72.19 ± 6.88 และ 33.02 ± 2.41 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมของสารสกัด) อีก 2 พันธุ์คือแฮสส์จากเชียงใหม่ และพันธุ์พื้นเมือง ให้ผลแตกต่างจากทั้ง 2 พันธุ์ข้างต้น (55.44 ± 1.89 และ 43.66 ± 1.74 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมของสารสกัด) ส่วนสารสกัดที่ใช้ตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 80 ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่แตกต่างกันเป็น 3 กลุ่ม พันธุ์แฮสส์จากอเมริกาให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด รองลงมาคือพันธุ์แฮสส์จากเชียงใหม่ ส่วนพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์บูธ 7 ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในกลุ่มเดียวกันคือต่ำที่สุด (59.05 ± 2.09, 38.30 ± 2.27 และ 28.33 ± 1.77, 26.31 ± 1.47 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมของสารสกัด ตามลำดับ) ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดที่พบในพันธุ์แฮสส์จากอเมริกามีปริมาณน้อยกว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุดจากการศึกษาของ ชนนิกานต์ วารีพิทักษ์ และคณะ (2560) ที่ได้ปริมาณเท่ากับ 225.564 ± 0.75 มิลลิกรัม GAE/กรัม หรือไมโครกรัม GAE/ มิลลิกรัมสารสกัด แต่สอดคล้องกับการศึกษาของ Tremocodi et al. (2018) ที่ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดของอะโวคาโดพันธุ์แฮสส์และเฟอร์เต้ ที่ใช้การสกัดด้วยเอทานอล

ร้อยละ80 เท่ากับ 57.3 และ 59.2 มิลลิกรัม GAE/กรัม หรือ ไมโครกรัม GAE/ มิลลิกรัมสารสกัด ตามลำดับ

ผลเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์แฮสส์จากอเมริกาและพันธุ์แฮสส์จากเชียงใหม่ พบว่าทั้งสารสกัดที่ใช้ตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 60 และ 80 พันธุ์แฮสส์จากอเมริกาให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงกว่าพันธุ์แฮสส์จากเชียงใหม่ ดังแสดงในตารางที่ 1.1 สารสกัดจากเมล็ดอะโวคาโดในตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 60 พันธุ์แฮสส์จากอเมริกาให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงที่สุด พันธุ์บูธ7 ให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ต่ำที่สุด (659.22 ± 13.54 และ 223.94 ± 4.15 ไมโครกรัมสมมูลของเควอร์เซติน ต่อมิลลิกรัมของสารสกัด ตามลำดับ) อีก 2 พันธุ์คือแฮสส์จากเชียงใหม่ และพันธุ์พื้นเมือง ให้ผลแตกต่างจากทั้ง 2 พันธุ์ข้างต้น (417.13 ± 11.11 และ 275.62 ± 3.11 ไมโครกรัมสมมูลของเควอร์เซติน ต่อมิลลิกรัมของสารสกัด ตามลำดับ) ส่วนสารสกัดที่ใช้ตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 80 ให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่แตกต่างกันเป็น 3 กลุ่ม โดยพันธุ์แฮสส์จากอเมริกาให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงที่สุด รองลงมาคือพันธุ์แฮสส์จากเชียงใหม่ พันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์บูธ 7 ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในกลุ่มเดียวกันคือต่ำที่สุด (607.79 ± 23.75, 379.25 ± 8.38 และ 202.20 ± 8.92, 196.07 ± 7.17 ไมโครกรัมสมมูลของเควอร์เซติน ต่อมิลลิกรัมของสารสกัด ตามลำดับ) ผลเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์แฮสส์จากอเมริกาและพันธุ์แฮสส์จากเชียงใหม่ พบว่าทั้งสารสกัดที่ใช้ตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 60 และ 80 พันธุ์แฮสส์จากอเมริกาให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมสูงกว่าพันธุ์แฮสส์จากเชียงใหม่ ดังแสดงในตาราง 1

**ตารางที่ 1** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ของสารสกัดจากเมล็ดอะโวคาโด

| พันธุ์ | ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (µg GAE/mg extract) | | ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ (µg QE/mg extract) | |
|---|---|---|---|---|
| | 60% เอทานอล | 80% เอทานอล | 60% เอทานอล | 80% เอทานอล |
| พื้นเมือง | 43.66 ± 1.74$^{aC}$ | 28.33 ± 1.77$^{bC}$ | 275.62 ± 3.11$^{aC}$ | 202.20 ± 8.92$^{bC}$ |
| บูธ7 | 33.02 ± 2.41$^{aD}$ | 33.02 ± 2.41$^{aD}$ | 223.94 ± 4.15$^{aD}$ | 196.07 ± 7.17$^{bC}$ |
| แฮสส์จากอเมริกา | 72.19 ± 6.88$^{aA}$ | 59.05 ± 2.09$^{bA}$ | 659.22 ± 13.54$^{aA}$ | 607.79 ± 23.75$^{bA}$ |
| แฮสส์จากเชียงใหม่ | 55.44 ± 1.89$^{aB}$ | 38.30 ± 2.27$^{bB}$ | 417.13 ± 11.11$^{aB}$ | 379.25 ± 8.38$^{bB}$ |

**หมายเหตุ.** ตัวยกอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก แสดงความแตกต่างกันของสารสกัดจากพันธุ์เดียวกันที่สกัดด้วยความเข้มข้นของตัวทำละลายต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$

ตัวยกอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ แสดงความแตกต่างกันของสารสกัดจากพันธุ์ต่าง ๆ ที่สกัดด้วยความเข้มข้นของตัวทำละลายเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$

3. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยังยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดเมล็ดอะโวคาโด

ค่า $IC_{50\text{-}DPPH}$ ของสารสกัดจากเมล็ดอะโวคาโดที่ใช้ตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 60 พันธุ์แฮสส์จากอเมริกาให้ค่า $IC_{50\text{-}DPPH}$ ต่ำที่สุด 0.026 ± 0.001 หมายถึงให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด และพันธุ์บูธ7 ให้ค่า $IC_{50\text{-}DPPH}$ สูงที่สุด 0.063 ± 0.001 หมายถึงให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p<0.05$ สารสกัดที่ใช้ตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 80 พันธุ์แฮสส์จากอเมริกาให้ค่า $IC_{50\text{-}DPPH}$ ต่ำที่สุด 0.040 ± 0.000 และพันธุ์บูธ7 ให้ค่า $IC_{50\text{-}DPPH}$ สูงที่สุด 0.134 ± 0.003 เมื่อเปรียบเทียบผลของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และเมื่อเปรียบเทียบค่า $IC_{50\text{-}DPPH}$ ที่พบในการศึกษาของชนนิกานต์ วารีพิทักษ์ และคณะ (2560) มีค่าเท่ากับ 0.050 ± 002 mg/ml พบว่ามีค่าสอดคล้องกับค่า $IC_{50\text{-}DPPH}$ ที่ได้จากพันธุ์พื้นเมืองที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 60 และพันธุ์แฮสส์จากเชียงใหม่ที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 80 คือ 0.053 ± 0.001 และ 0.059 ± 0.002 mg/ml ตามลำดับ แต่ไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Alagbaoso et al. (2015) ซึ่งใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย พบว่า $IC_{50}$ ที่ได้จากการสกัดเมล็ดของผลสุกมีค่าเท่ากับ 0.5 mg/mL ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วยเอทานอลให้ฤทธิ์ดีกว่าถึง 10 เท่า และค่า $IC_{50\text{-}DPPH}$ ระหว่างพันธุ์แฮสส์จากอเมริกาและพันธุ์แฮสส์จากเชียงใหม่ พบว่าทั้งสารสกัดที่ใช้ตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 60 และ 80 พันธุ์แฮสส์จากอเมริกาให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า และให้ค่า $IC_{50\text{-}DPPH}$ ต่ำกว่าพันธุ์แฮสส์จากเชียงใหม่ และเมื่อเปรียบเทียบกับ ค่า $IC_{50\text{-}DPPH}$ ของสารมาตรฐาน Trolox ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0076 ± 0.0001 mg/ml กับค่า $IC_{50\text{-}DPPH}$ ที่ได้จากสารสกัดเมล็ดอะโวคาโดทั้ง 8 ตัวอย่าง พบว่าสารสกัดที่ได้ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ น้อยกว่าสารมาตรฐาน Trolox ประมาณ 10 เท่า

**ตารางที่ 2** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดจากเมล็ดอะโวคาโด

| **พันธุ์** | **ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ $IC_{50\text{-}DPPH}$ (mg/ml)** | | **ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส $IC_{50\text{-}tyrosinase}$ (mg/ml)** | |
|---|---|---|---|---|
| | **60% เอทานอล** | **80% เอทานอล** | **60% เอทานอล** | **80% เอทานอล** |
| พื้นเมือง | $0.053 \pm 0.001^{aC}$ | $0.102 \pm 0.002^{bC}$ | $1.08 \pm 0.068^{aB}$ | $0.35 \pm 0.026^{bA}$ |
| บูธ7 | $0.063 \pm 0.001^{aD}$ | $0.134 \pm 0.003^{bD}$ | $1.09 \pm 0.045^{aB}$ | $0.46 \pm 0.012^{bB}$ |
| แฮสส์จากอเมริกา | $0.026 \pm 0.001^{aA}$ | $0.040 \pm 0.000^{bA}$ | $0.54 \pm 0.066^{aA}$ | $0.49 \pm 0.058^{aC}$ |
| แฮสส์จากเชียงใหม่ | $0.042 \pm 0.001^{aB}$ | $0.059 \pm 0.002^{bB}$ | $1.00 \pm 0.068^{aB}$ | $0.44 \pm 0.038^{bB}$ |
| **Trolox** | **0.0076 ± 0.0001** | | - | |
| **Kojic acid** | - | | **0.0397 ± 0.001** | |

**หมายเหตุ.** ตัวยกอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก แสดงความแตกต่างกันของสารสกัดจากพันธุ์เดียวกันที่สกัดด้วยความเข้มข้นของตัวทำละลายต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$

ตัวยกอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ แสดงความแตกต่างกันของสารสกัดจากพันธุ์ต่าง ๆ ที่สกัดด้วยความเข้มข้นของตัวทำละลายเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$

สารสกัดที่ใช้ตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 60 ให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ที่แตกต่างกันเป็น 3 กลุ่ม โดยพันธุ์แฮสส์จากอเมริกาให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงที่สุด รองลงมาคือพันธุ์แฮสส์จากเชียงใหม่ ส่วนพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์บูธ7 ให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสต่ำที่สุด (63.56 ± 5.76, 50.64 ± 3.92, 37.24 ± 1.80 และ 35.14 ± 1.73 ไมโครกรัม โคจิก แอซิด ต่อมิลลิกรัมของสารสกัด ตามลำดับ) ส่วนสารสกัดที่ใช้ตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 80 ให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสที่แตกต่างกันเป็น 3 กลุ่มเช่นเดียวกัน โดยมีพันธุ์พื้นเมืองให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงที่สุด รองลงมาคือพันธุ์แฮสส์จากเชียงใหม่และพันธุ์บูธ7 ส่วนพันธุ์แฮสส์จากอเมริกาให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสต่ำที่สุด (111.41 ± 5.79, 98.26 ± 2.19, 88.89 ± 8.52 และ 74.88 ± 6.59 ไมโครกรัม โคจิก แอซิด ต่อมิลลิกรัมของสารสกัด ตามลำดับ) ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากเมล็ดอะโวคาโดที่ใช้ตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 60 พันธุ์แฮสส์จากอเมริกาให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงที่สุด ส่วนพันธุ์พื้นเมืองให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสต่ำที่สุด ขณะที่สารสกัดจากเมล็ดอะโวคาโดที่ใช้ตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 80 พันธุ์แฮสส์จากอเมริกาให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสต่ำที่สุด แต่พันธุ์พื้นเมืองให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p<0.05$ ตารางที่ 1.4 แสดงค่า $IC_{50\text{-tyrosinase}}$ ของสารสกัดจากเมล็ดอะโวคาโด สารสกัดที่ใช้ตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 60 พันธุ์แฮสส์จากอเมริกาให้ค่า $IC_{50\text{-tyrosinase}}$ ต่ำที่สุด 0.54 ± 0.066 หมายถึงให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงที่สุด ส่วนพันธุ์แฮสส์จากเชียงใหม่ พันธุ์พื้นเมือง และพันธุ์บูธ7 ให้ค่า $IC_{50\text{-tyrosinase}}$ ในกลุ่มเดียวกันคือสูงที่สุด 1.00 ± 0.068, 1.08 ± 0.068 และ 1.09 ± 0.045 หมายถึงให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสต่ำที่สุด ส่วนสารสกัดที่ใช้ตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 80 พันธุ์แฮสส์จากอเมริกาให้ค่า $IC_{50\text{-tyrosinase}}$ สูงที่สุด 0.49 ± 0.058 ส่วนพันธุ์พื้นเมืองให้ค่า $IC_{50\text{-tyrosinase}}$ ต่ำที่สุด 0.35 ± 0.026 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p<0.05$ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดเมล็ดอะโวคาโดพันธุ์แฮสส์จากอเมริกาที่ใช้ตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 60 ให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงกว่า และให้ค่า $IC_{50\text{-tyrosinase}}$ ต่ำกว่าพันธุ์แฮสส์จากเชียงใหม่ แต่สารสกัดเมล็ดอะโวคาโดพันธุ์แฮสส์จากเชียงใหม่ใช้ตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 80 ให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงกว่า และให้ค่า IC50 ต่ำกว่าพันธุ์แฮสส์จากอเมริกา และเมื่อเปรียบเทียบค่า $IC_{50\text{-tyrosinase}}$ ของสารมาตรฐาน kojic acid ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0397 ± 0.001 mg/ml กับค่า $IC_{50\text{-tyrosinase}}$ ที่ได้จากสารสกัดเมล็ดอะโวคาโดที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 80 พบว่าสารสกัดที่ได้ให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสน้อยกว่าสารมาตรฐาน kojic acid ประมาณ 10 เท่า และเมื่อเทียบค่า $IC_{50\text{-tyrosinase}}$ จากการศึกษาของ Laksmiani et al. (2020) ของสารมาตรฐาน kojic acid และของสารสกัด ที่มีค่าเท่ากับ 0.0486 ± 0.1 และ 0.0930 ± 1.98 mg/ml ตามลำดับ พบว่าค่า $IC_{50\text{-tyrosinase}}$ ของสารมาตรฐานมีความสอดคล้องกัน แต่ค่า $IC_{50\text{-tyrosinase}}$ ของพันธุ์พื้นเมืองจากการสกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 80 เมื่อเทียบกับค่าของสารสกัด ให้ค่า $IC_{50\text{-tyrosinase}}$ ต่ำกว่าถึง 3 เท่า

**อภิปรายผลการวิจัย**

สารสกัดเมล็ดอะโวคาโดที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 60 ให้ร้อยละผลผลิตที่สูงกว่าเอทานอลร้อยละ 80 สารสกัดเมล็ดอะโวคาโดที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 60 พันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์บูธ7 ให้ผลผลิตสูงที่สุด ส่วนสารสกัดเมล็ดอะโวคาโดที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 80 พันธุ์บูธ 7 ให้ผลผลิตสูงที่สุดรองลงมาคือพันธุ์พื้นเมือง พันธุ์แฮสส์จากอเมริกาที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 60 ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด และให้ค่า $IC_{50\text{-}DPPH}$ ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับทุกพันธุ์ที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 60 ขณะที่พันธุ์พื้นเมืองที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 80 ให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงที่สุดและให้ค่า $IC_{50\text{-}tyrosinase}$ ต่ำที่สุด

การศึกษาอาจสรุปได้ว่าสารสกัดเมล็ดอะโวคาโดพันธุ์พื้นเมืองที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 80 ให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสได้มากที่สุด ขณะที่สารสกัดเมล็ดอะโวคาโดพันธุ์แฮสส์จากอเมริกาที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 60 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ผลที่ได้ชี้ให้เห็นว่าสารสกัดจากเมล็ดอะโวคาโดพันธุ์พื้นเมืองสามารถใช้เป็นสารออกฤทธิ์ในเครื่องสำอางเพื่อผิวขาวกระจ่างใส และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้

**ข้อเสนอแนะ**

1. ในการเก็บตัวอย่างมาศึกษาควรคำนึงถึงแหล่งปลูก ฤดูกาลในการเก็บเกี่ยว และสายพันธุ์ที่เลือกมาเปรียบเทียบผล

2. การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้เทคนิคการสกัดด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิคที่คลื่นความถี่ 45 kHz และใช้ตัวทำละลายเอทานอลที่มีความเข้มข้นต่างกันเพียง 2 ความเข้มข้น ยังสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ด้วยการใช้วิธีการสกัดอื่นที่แตกต่างออกไป หรือเพิ่มความเข้มข้นที่หลากหลายมากขึ้น หรือเลือกใช้ตัวทำละลายอื่นได้

**รายงานอ้างอิง**

ขวัญหทัย ทนงจิตร, พินิจ กรินทร์ธัญญกิจ, กัลยาณี สุวิทวัส, เรืองศักดิ์ กมขุนทด และพิมพ์นภา เพ็งช่าง. (2559). ผลของการจัดทรงพุ่มต่อการผลิใบของอะโวคาโดพันธุ์ปีเตอร์สัน. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์, 3*(1), 22-26.

ชนนิกานต์ วารีพิทักษ์, พรดรัล จุลกัลป์, ศนิพร จันทร์บุรี และเปรมนภา สีโสภา. (2560). การพัฒนาครีมบำรุงผิวหน้าสำหรับกลางคืนจากสารสกัดเมล็ดอะโวคาโด. ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติพิบูลสงครามวิจัย ครั้งที่ 3 ประจำปี พ.ศ. 2560* (หน้า 223-229). ม.ป.พ.

ปราณี แซ่โค้ว, ศรีสุดา หร่มระฤก และพูนทรัพย์ วิชัยพงษ์. (2544). อะโวกาโด (Avocado). *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ, 49*(155), 24-25.

Alagbaoso, C. A., Tokunbo, I. I., & Osakwe, O. S. (2015). Comparative study of antioxidant activity and mineral composition of methanol extract of seeds of ripe and unripe avocado pear (*Persea americana* Mill.). *NISEB Journal, 15*(4), 123-127.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie/Food Science and Technology, 28*(1), 25-30.

Gómez, F. S., Sánchez, S. P., Iradi, M. G., Azman, N. A., & Almajano, M. P. (2014). Avocado seeds: extraction optimization and possible use as antioxidant in food. *Antioxidants (Basel, Switzerland), 3*(2), 439–454. https://doi.org/10.3390/antiox3020439

Laksmiani, N., P. L., Sanjaya, I. K. N., & Leliqia, N. P. E. (2020). The activity of avocado (*Persea americana* Mill) seed extract containing catechin as a skin lightening agent. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research, 8*(5), 449-456.

Masuda, T., Yamashita, D., Takeda, Y., & Yonemori, S. (2005). Screening for tyrosinase inhibitions among extract of seashore plant and identification of potent inhibitions from Garciniasubelliptica. *Japan Society for Bioscience Biotechnology and Agrochemistry, 69*, 197-201.

Morton, J. F. (1987). *Avocado. Fruits of Warm Climates*. Creative Resource System.

Segovia, F. J., Hidalgo, G. I., Villasante, J., Ramis, X., & Almajano, M. P. (2018). Avocado Seed: A Comparative Study of Antioxidant Content and Capacity in Protecting Oil Models from Oxidation. *Molecules, 23*, 2421. http://doi:10.3390/molecules23102421.

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. Jr. (1965). Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal. *Viticulture and Enology, 16*, 144-158.

Tremocodi, M. A., Rosalen, P. L., Franchin, M., Massarioli, A. P., Denny, C., Regina Daiuto, É., . . . de Alencar, S. M. (2018). Exploration of avocado by-product as natural sources of bioactive compounds. *PLoS ONE, 13*(2), e0192577. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0192577.

Zhisen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry, 64*, 555-559.