Published online: 20 July 2018

สารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกากเชอรี่ไทย ตะขบ และมะขามป้อม

Phenolic Content and Antioxidants Capacity of Extracts from *Malpighia glabra* L., *Muntingia calabura* L. and *Phyllanthus emblica* L. Residues

อรทัย พลชำนิ
อีเมล์: 5951701301@lamduan.mfu.ac.th
หลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
สำนักวิชา วิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
ดร. ปัญญวัฒณ์ ปินตาทอง อาจารย์ที่ปรึกษา
อีเมล์: punyawatt.pin@mfu.ac.th
สำนักวิชา วิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

Mae Fah Luang University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดสารฟีนอลิกที่ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากกากผลไม้ไทย 3 ชนิด ได้แก่ ตะขบ (*Muntingia calabura* L.) เชอรี่ไทย (*Malpighia glabra* L.) และมะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* L.) โดยใช้น้ำ และเอทานอล เป็นตัวทำละลาย ทดสอบปริมาณฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu และ Aluminium chloride colorimetric ตามลำดับ และประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยการกวาดจับอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกไอออน (FRAP) พบว่า มะขามป้อม ที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 50 ให้ปริมาณฟีนอลิกสูงสุด เท่ากับ 3,920.33±31.02 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/กรัมสารสกัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ขณะที่สารสกัดเชอร์รี่ไทยและตะขบมีปริมาณฟีนอลิกเท่ากับ 1,397.67±1.53 และ1,005.33±2.52 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/กรัมสารสกัด เมื่อสกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 95 และ 50 ตามลำดับ สารสกัดเชอรี่ไทยมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงสุด เท่ากับ 1,636.33±1.53 มิลลิกรัมสมมูลเคอร์ซิติน/กรัมสารสกัด เมื่อสกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 50 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่า ตะขบที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 50 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด (IC_{50} เท่ากับ 1.12±0.01 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ซึ่งมีฤทธิ์สูงกว่าสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ (IC_{50} เท่ากับ 1.46±0.02 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ขณะที่มะขามป้อมที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 50 มีฤทธิ์การรีดิวซ์สูงสุด เท่ากับ

1,639.46±63.07 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัมสารสกัด ผลการทดลองแสดงว่ากากผลไม้ไทยทั้ง 3 ชนิดมีศักยภาพสูงที่สามารถนำไปพัฒนาเป็นสารสกัดเพื่อประโยชน์ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

คำสำคัญ: เชอรี่ไทย/ตะขบ/มะขามป้อม/ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ/สารประกอบฟีนอลิก

Abstract

Objective of this study was to extract phenolic antioxidants from 3 fruit residues including Manila cherry (*Muntingia calabura* L.), Barbados cherry (*Malpighia glabra* L.) and Indian gooseberry (*Phyllanthus emblica* L.) by using DI water and ethanol. Phenolic and flavonoid content were investigated by Folin-Ciocalteu and aluminium chloride colorimetric methods, respectively, while antioxidant capacity was estimated by DPPH radical scavenging activity and ferric reducing antioxidant power (FRAP). The result demonstrated that Indian gooseberry extracted with 95% ethanol significantly provided the highest phenolic content of 3,920.33±31.02 mg GAE/g extract ($p<0.05$), while Barbados cherry and Manila cherry gave phenolic content of 1,397.67±1.53 and 1,005.33±2.52 mg GAE/g extract when they were extracted with 95% and 50% ethanol, respectively. The highest flavonoid content of 1,636.33±1.53 mg QAE/g extract was significantly present in 50% ethanolic Barbados cherry extract ($p<0.05$). Interestingly, 50% ethanolic Manila cherry extract significantly showed higher DPPH free radical scavenging activity (IC_{50} = 1.12±0.01 µg/ml) than IC_{50} of standard trolox = 1.46±0.02 µg/ml, while Indian gooseberry extracted with 50% ethanol significantly gave the highest FRAP value of 1,639.46±63.07 mg TEAC/g extract ($p<0.05$). Therefore, the 3 Thai fruit residues have a high potential that could be further utilized for application in cosmetic and other related industries.

Keywords: Antioxidant activity/*Malpighia glabra* L./*Muntingia calabura* L./Phenolic compound *Phyllanthus emblica* L.

Mae Fah Luang University

บทนำ

ปัจจุบันเครื่องสำอางในท้องตลาดทั่วไปมีสารชะลอวัย (anti-aging) และสารทำให้ผิวขาว (whitening agent) จำนวนมากโดยมีสารสำคัญทั้งที่เป็น ธรรมชาติ และ สังเคราะห์ ซึ่งอันตรายจากสารสังเคราะห์ในเครื่องสำอางนั้นอาจส่งผลให้ผิวหนังเกิดการระคายเคือง หรือเกิดอาการแพ้ เช่น สารไฮโดรควิโนน สารประกอบปรอท เป็นสารที่ขัดขวางการสร้างเม็ดสี ทำให้ผิวขาวขึ้น และฝ้ากระ หากใช้เป็นเวลานานๆ จะเกิดการทำลายเซลล์สร้างเม็ดสีที่ผิวหนัง ส่งผลทำให้ผิวหนังมีลักษณะด่างขาว หรือทำให้ผิวหนังมีสีคล้ำมากขึ้น อาจจะก่อให้เกิดฝ้าถาวร ส่วนสารประกอบปรอทให้ลดการสร้างเม็ดสีเมลานิน ซึ่งสารปรอทมีผลต่อระบบประสาท เยื่อบุตาและระบบหายเดินหายใจไต หากใช้เป็นเวลานานๆ พิษจากสารปรอทสะสมในผิวหนังและดูดซึมเข้ากระแสโลหิต ส่งผลให้ตับไตอักเสบ โลหิตจาง สีของผิวหนังและเล็บบางขึ้นเรื่อยๆ เกิดการแพ้หรือเป็นแผลเป็นได้ (กองเครื่องสำอางและวัตถุอัตราย กรมการแพทย์, 2559) ดังนั้นจึงมีการหาสารสกัดจากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระนั้นมาทดแทน เพื่อความปลอดภัยและสร้างความมั่นใจกับผู้บริโภคมากขึ้น

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีผลไม้หลายชนิดจึงทำให้มีทั้งอุตสาหกรรมการเกษตร อุตสาหกรรมอาหารจำนวนมากทีนำผลไม้ มาผ่านกระบวนการแปรรูปอาหาร เช่น น้ำผลไม้ ผลไม้กระป๋อง แยม เครื่องดื่มชนิดต่างๆ และหลังจากกระบวนการแปรรูปทำแล้วทำให้มี เปลือก เยื่อผิว และเมล็ดเล็กๆ ของผลไม้ ส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้ผลิตปุ๋ยชีวภาพ เป็นอาหารสัตว์ ซึ่งมีมูลค่าทางการตลาดที่ค่อนข้างต่ำ(ปฏิวิทย์ และคณะ, 2554) จากการศึกษาของ Lee *et al*. (2010) พบว่า ในเปลือกผลไม้ต่างๆ เช่น กล้วย ส้ม มะม่วง พบว่าเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น polyphenol และ flavone ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพและมีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะผลไม้กลุ่มเบอร์รี่และเชอรี่ ที่เป็นพืชที่เกิดมีถิ่นกำเนิดแถบประเทศที่มีภูมิอากาศหนาวเย็นมักจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน แต่ผลเชอรี่จะมีเมล็ดเดียว ผนังชั้นกลางเป็นเนื้ออ่อนนุ่ม ผนังชั้นในแข็ง ส่วนผลเบอร์รี่มีหลายเมล็ด เนื้อผลอ่อนนุ่ม(สมภพ และคณะ, 2550) และพบว่าเชอรี่ที่เหลือใช้จากอุตสหกรรมการเกษตร มีสารฟีนอลิกและมีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำลาย linoleic acid ซึ่งเป็นตัวแทนของการเกิด lipid peroxidation (Caetano *et al*., 2011) จากการศึกษาของ Gajdoš Kljusurić *et al*. (2016) ชาวบัลแกเรียและคณะ พบว่าพืชเบอร์รี่ชนิดต่างๆ มี แอนโธไซยานิน ฟลาโวนอยด์ และกรดฟีนอลิก ที่มีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ (antioxidant), ฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ (anti-mutagenic), ฤทธิ์ต้านการอักเสบ (anti-inflammatory) เป็นต้น ส่วนใหญ่ในประเทศที่มีภูมิเขตร้อน เช่น ประเทศไทย ก็ได้มีการตรวจสอบพบว่ามีพืชตระกูลเบอร์รี่อยู่หลายชนิด เช่น ลูกหว้า มะเกี๋ยง มะขามป้อม มะยม ลูกหม่อน มะเม่า โทงเทงฝรั่ง เชอรี่ไทย และตะขบ (ฉัตรภา หัตถโกศล, 2557) ที่ให้ฤทธิ์ทางชีวภาพเช่นเดียวกับเบอร์รี่จากต่างประเทศ แต่ยังไม่ได้รับความนิยม จากการศึกษาเพื่อหาสารออกฤทธิ์ทาง

Mae Fah Luang University

ชีวภาพ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของเชอรี่ไทย ยังมีน้อยและยังไม่ได้มีการประเมินฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อประโยชน์ทางเครื่องสำอางที่เด่นชัด ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ทางเครื่องสำอางจากกากผลไม้ไทย 3 ชนิด ได้แก่ เชอรี่ไทย ตะขบ และมะขามป้อม เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่ากากผลไม้ที่พิจารณาเป็นวัสดุเศษเหลือใช้เป็นสารสกัดจากธรรมชาติที่คาดว่าจะพัฒนาเป็นสารสำคัญในตำรับผลิตภัณฑ์ต้านอนุมูลอิสระและเพิ่มความกระจ่างใสในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ของสารสกัดจากกากผลไม้ไทย 3 ชนิด คือ ตะขบ เชอรี่ไทย มะขามป้อม

2. เพื่อประเมินแนวทางการใช้ประโยชน์จากกากผลไม้ไทย เพื่อใช้เป็นเป็นสารสกัดธรรมชาติในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

ขอบเขตการวิจัย

1. ค้นคว้าข้อมูล งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. ทำการเตรียมสารสกัดจากผลไม้ไทย 3 ชนิด คือ ตะขบ เชอรี่ไทย และมะขามป้อม ที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่ปลอดภัย ได้แก่ น้ำ และเอทานอล

3. ศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดกากผลไม้ไทย 3 ชนิด คือ ตะขบ เชอรี่ไทย และมะขามป้อม

4. วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยสถิติ ANOVA

การทบทวนวรรณกรรม

สารต้านอนุมูลอิสระ คือ สารที่สามารถปกป้องและสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ที่จะขจัดอนุมูลอิสระออกจากร่างกาย ประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระมากมายหลายชนิดที่ทำหน้าที่แตกต่างกันไป ซึ่งมีทั้งที่เป็นเอนไซม์และไม่เป็นเอนไซม์ สารประกอบที่ละลายในน้ำและสารประกอบที่ละลายในไขมัน โดยสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้มีกลไกการทำงานต้านอนุมูลอิสระด้วยกันหลายแบบ ได้แก่ การดักจับอนุมูลอิสระ (radical scavenging) การยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน (singlet oxygen quenching) การจับกับโลหะที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (metal chelation) หยุดปฏิกิริยาสร้างอนุมูลอิสระ (chain-breaking) เสริมฤทธิ์ (synergism) และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (enzyme inhibition) ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ

Mae Fah Luang University

(บุหรัน พันธุ์สวรรค์, 2556) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่ค้นพบ เป็นสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก ซึ่งเป็นสารที่พบได้ตามธรรมชาติในพืชหลายชนิด เช่น ผัก ผลไม้ เครื่องเทศสมุนไพร ถั่ว เมล็ดแห้ง และเมล็ดธัญพืช เป็นต้น

ตะขบมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Muntingia calabura* L. พบได้ทั่วไปในเขตร้อน ในประเทศไทยพบปลูกเป็นไม้ประดับ ไม้ผล หรือมักเป็นวัชพืชตามที่รกร้างต่างๆทั่วประเทศไทย (มยุรา วชิรศักดิ์ชัย, 2559) มีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น โปแตสเซียม แคลเซียม และฟอสฟอรัส นอกจากนั้นตะขบจะมีสารที่ให้สีแดงคือสารไลโคปีน กรดเอลลาจิก แอนโธไซยานิน และกรดแกลลิก ที่ช่วยทำให้ระบบการทำงานของต่อมลูกหมากดีขึ้น ทั้งยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งหลายชนิด (ฉัตรภา หัตถโกศล, 2556)

อรรถพล พันธุ์งาม และคณะ (2560) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH และ FRAP ของตะขบ พบว่า สารสกัดเมธานอลของรากตะขบมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุด (IC_{50} = 6.86±0.55 ไมโครลิตร/มิลลิลิตร) และพบสารสกัดเมธานอลของรากตะขบมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP คือ 65±0.47 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัมสารสกัด ส่วนปริมาณฟีนอลิกพบในสารสกัดเมธานอลของรากตะขบสูงสุด คือ 8,687.28±372.39 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัมสารสกัด รองลงมาคือ สารสกัดเอธิลอะซีเตตของรากตะขบ คือ 1,197±50.16 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัมสารสกัด แล้วยังพบว่า ปริมาณฟลาโวนอยด์ของสารสกัดเมธานอลของใบตะขบมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงสุด คือ 146.94±6.88 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัมสารสกัด

Ayesha, Premakumari, and Roukiya (2010) ได้นำใบตะขบมาสกัดด้วยเมทานอล และทำการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 22 ไมโครลิตร/มิลลิลิตร และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม เท่ากับ 0.903 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/กรัมสารสกัด เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดแทนนิน ที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม เท่ากับ 2.90 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/กรัมสารสกัด

เชอรี่ไทยมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Malpighia glabra* L. เป็นผลไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในหมู่เกาะเขตร้อนแถบทะเลแคริบเบียน เปอร์โตริโก อมเริกากลาง (ธีระ สมหวัง, 2550) ซึ่งในประเทศไทยพบได้ทั่วทุกภาค และเก็บผลได้ตลอดทั้งปี มีวิตามินซีสูง ช่วยป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน โรคโลหิตจาง มีฤทธิ์เป็นยาระบายอ่อนๆ ช่วยล้างพิษและขับของเสียออกจากร่างกายได้เป็นอย่างดี รักษาสมดุลของน้ำในร่างกาย และทำให้ระบบการย่อยอาหารทำงานได้ดีขึ้น (ธีระ สมหวัง, 2550)

Deva (2012) ได้ทำการศึกษา Phenolic profiling และantioxidant capacity ของอะเซโรร่าเชอรี่ (*Malpighia emarginata* DC.) โดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้วิธี ORAC และ DPPH และใช้ ascorbic acid เป็นสารมาตรฐาน พบว่าสารสกัดอะเซโรร่าผลสีแดง และเม็ด (freeze dried)

Mae Fah Luang University

ทีมาจาก Davie มีค่า TPI สูงสุด เท่ากับ 18,155 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/กรัมสารสกัด และสารสกัดจากเม็ดอะเซโรร่าเชอรี่ (fresh extraction) ที่มาจาก Vero Beach ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงสุด เท่ากับ 251.0 มิลลิโมล TE/ กิโลกรัม และสารสกัดอะเซโรร่าผลสีแดง และเม็ด (freeze dried) ทีมาจาก Davie มีค่า ORAC สูงสุด เท่ากับ 85.0 มิลลิโมล TE/ กิโลกรัม และจากการนำไปวิเคราะห์หาสารสำคัญโดยเครื่อง HPLC พบว่าผลอะเซโรร่าเชอรี่มี Cyanidin-3-rhamnoside, pelargonidin-3- rhamnoside, flavonols, flavan-3-ols, ellagic acid

Araújo *et al*. (2014) ได้ทำการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลลิก ของฝรั่ง มะม่วง และเชอรี่ไทย พบว่ามีปริมาณฟีนอลิก เท่ากับ 24.15±1.59, 44.18±1.73, 49.21±3.70 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/กรัมสารสกัด ซึ่งสารสกัดเชอรี่ไทยด้วยเอทานอลให้ปริมาณฟีนอลิกสูงสุด

มะขามป้อมมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Phyllanthus emblica* L. รับประทานแล้วจะมีรสฝาดเปรี้ยว ขมและอมหวาน (ศิริรัตน์ พันธ์เรื่อง, 2558) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบได้ทั่วไปในป่าเบญจพรรณแล้ง และป่าแดง มีสรรพคุณ แก้หวัด แก้ไอละลายเมหะ ช่วยในด้านการซ่อมแซมกระบวนการของร่างกาย ช่วยรักษาโรคคอตีบ ป้องกันเลือดออกตามไรฟัน ยับยั้งเชื้อราในช่องปาก (กรทิพย์ ภัทรธนากร และคณะ, 2556)

จากการศึกษาวิธีการสกัดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดมะขามป้อม โดยนำผลตะขบแห้งมาอบแล้วทำการสกัดหาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ โดยวิธี DPPH และปริมาณสารฟีนอกลิกโดยวิธี Folin's Ciocalteu พบว่าสารสกัดที่ได้จากการสกัดมะขามป้อมด้วยคลื่นความถี่สูง โดยใช้เอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95 เป็นตัวทำละลาย ให้ปริมาณสารสกัดสูงสุดร้อยละ 37.53 และเมื่อสารละลายทดสอบมีฤทธิ์การยับยั้งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.67 มิลลิกรัม/กรัม และปริมาณฟีนอลิกรวม เท่ากับ 43.75 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/กรัมสารสกัด (ศิริรัตน์ พันธ์เรื่อง, 2558)

Mayachiew and Devahastin (2008) ได้หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกด้วยวิธี Folin-Ciocalteu Method ในสารสกัดมะขามป้อม และข่า ด้วยเอทานอลร้อยละ 95 พบว่าสารสกัดจากมะขามป้อมให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกสูงสุด คือ 290.4±0.7 และ 40.9±0.2 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/กรัมสารสกัด และศึกษาด้วยวิธี HPLC พบว่ามี ascorbic acid, hydrolysable tannins และgallic acid

Mae Fah Luang University

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างตะขบ เชอรี่ไทย และมะขามป้อม

นำผลตะขบ เชอรี่ไทย และมะขามป้อม คัดเลือกเอาสิ่งสกปรกออก และล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง ผึ่งให้แห้ง แล้วนำมาบีบเอาน้ำออก กรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ และบดให้เป็นผง

2. เตรียมการสกัด

นำผงตะขบ เชอรี่ไทย และมะขามป้อม มาสกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 95, เอทานอลร้อยละ 50 และน้ำ โดยใช้อัตราส่วนตัวอย่างต่อตัวทำละลาย เท่ากับ 1 : 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำการหมักพืชเป็นเวลา 3 วัน และกรองสารสกัดด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ ผ่านกระดาษกรอง Whatman no.1 จากนั้นทำการระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่อง Rotary Evaporator อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส บันทึกน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้ นำสารสกัดเก็บไว้ในขวดแก้วที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

ปิเปตสารละลายปริมาตร 0.30 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำ 0.95 มิลลิลิตร และ Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติม 7.5% Na_2CO_3 ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร คำนวนการปริมาณ Total phenolic จากกราฟมาตรฐานของ Gallic acid และรายงานผลเป็น Gallic acid equivalents (mg gallic acid equivalents/g extract)

4. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์

ปิเปตสารละลายปริมาตร 0.40 มล. ผสมกับน้ำ ปริมาตร 3.30 มิลลิลิตร, 5% Na_2No_2 ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร, 10% $AlCl_3$ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมทุกอย่างให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงเติมสารละลาย 4% NaOH เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 นาที และนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 คำนวนหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ จากกราฟมาตรฐานของ quercetin รายงานผลเป็น quercetin equivalents (mg quercetin equivalents/g extract)

5. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH Radical scavenging

ปิเปตสารสกัดความเข้มข้นที่เหมาะสม เติมสารละลาย DPPH เขย่าให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ณ อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาวัด ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรจากนั้นนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวนหาจากนั้นนำค่า % inhibition ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ดังสมการ % Inhibition = $[(A_{control}-A_{sample})]/A_{control}]x\ 100$ และนำค่า% inhibition มาสร้างกราฟเพื่อคำนวนหาค่า IC_{50}

Mae Fah Luang University

6. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP

เตรียมสารละลาย FRAP โดยนำ 10 mM TPTZ, 20 mM ferric chloride และ 300 mM acetate buffer pH 3.6 ในอัตราส่วน 1:1:10 (V/V) และเตรียมสารสกัดทั้ง 3 ชนิด ทีความเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายปริมาตร 0.030 มิลลิลิตร ผสม acetate buffer 1.50 มิลลิลิตร และสารละลาย FRAP ปริมาตร 1.50 มิลลิลิตร เขย่าสารให้เข้ากัน แล้วนำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเขย่าสารให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง vortex แล้วนำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวนหาการต้านอนุมูลอิสระจากกราฟมาตรฐานของ Trolox และรายงานผลเป็นปริมาณ Trolox equivalent antioxidant capacity (mg TEAC/g extract)

ผลการวิจัย

1. ปริมาณสารสกัดหยาบ

จากการสกัดกากผลไม้ไทย 3 ชนิด พบว่าสารสกัดจากตะขบด้วยเอทานอลร้อยละ 95 มีเหลืองอมสีเขียวอ่อน ให้กลิ่นเฉพาะของตะขบ ส่วนสารสกัดตะขบด้วยเอทานอลร้อยละ 50 และ น้ำมีสีเขียวอ่อนปนน้ำตาล ให้กลิ่นของตะขบ ส่วนสารสกัดเชอรี่ไทยด้วยเอทานอลร้อยละ 95 เป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้ม ให้กลิ่นของเชอรี่ไทย และสารสกัดเชอรี่ไทยด้วยเอทานอลร้อยละ 50 มีสีน้ำตาลเข้ม เหนียว ให้กลิ่นของเชอรี่ไทย ตามลำดับ ส่วนสารสกัดมะขามป้อมทุกตัวทำละลายมีสีน้ำตาล ลักษณะเหนียวหนืด ให้กลิ่นของมะขามป้อม เมื่อนำสารสกัดมาคำนวนหาร้อยละผลผลิต (% Yield) พบว่า สารสกัดตะขบด้วยเอทานอลร้อยละ 50 มีค่าร้อยละผลผลิตมากที่สุด คือ 39.11±2.24 มี ส่วนสารสกัดมะขามป้อมและเชอรี่ไทยด้วยเอทานอลร้อยละ 95 มีค่าร้อยละผลผลิตน้อยที่สุด คือ 17.46±0.15, 17.55±1.85 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

Mae Fah Luang University

ตารางที่ 1 ปริมาณสารสกัดหยาบจากกาก ตะขบ เชอรี่ไทย และมะขามป้อม

พืช	ร้อยละของน้ำหนักพืชแห้ง (น้ำหนักโดยน้ำหนัก)	ตัวทำละลาย	ร้อยละผลผลิตของสารสกัด (น้ำหนักโดยน้ำหนัก)
ตะขบ	7.73±0.31	เอทานอลร้อยละ 95	19.11 ± 1.04^{Db}
		เอทานอลร้อยละ 50	39.11 ± 2.24^{Aa}
		น้ำ	36.83 ± 1.28^{Aba}
เชอรี่ไทย	5.40±0.27	เอทานอลร้อยละ 95	17.55 ± 1.85^{Db}
		เอทานอลร้อยละ 50	36.48 ± 1.63^{Aba}
		น้ำ	35.90 ± 2.40^{Ba}
มะขามป้อม	25.36±0.84	เอทานอลร้อยละ 95	17.46 ± 0.15^{Db}
		เอทานอลร้อยละ 50	29.58 ± 0.98^{Ca}
		น้ำ	28.93 ± 1.30^{Ca}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติ ($P< 0.05$)

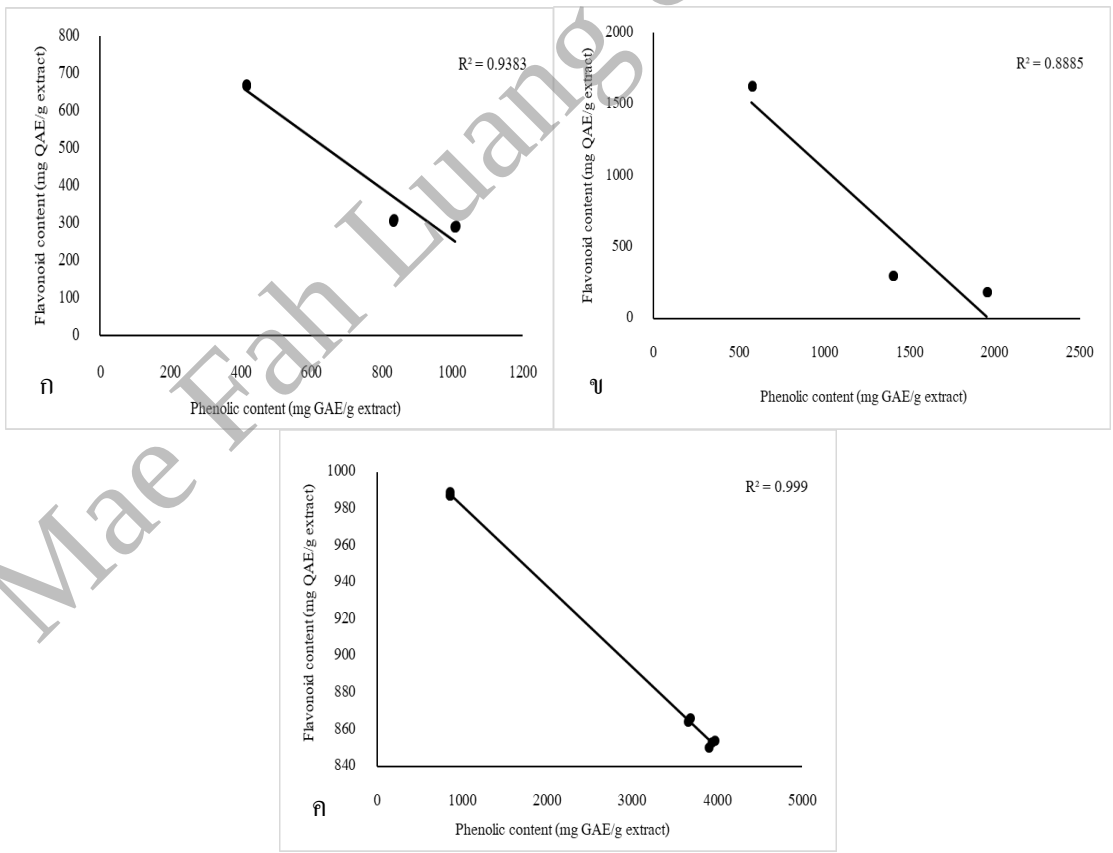
2. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์

นำสารสกัดที่ได้จากกากผลไม้ไทย 3 ชนิด มาทำการทดสอบหาปริมาณ total phenolic compound โดยใช้ สารละลาย gallic acid เป็นสารมาตรฐาน พบว่าสารสกัดมะขามป้อมด้วยเอทานอลร้อยละ 95 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด คือ 3,920.33±31.02, 3,652.33±15.50 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/กรัมสารสกัด ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Mayachiew & Devahastin (2008) และสารสกัดตะขบด้วยน้ำมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกต่ำสุด คือ 412.33±0.58 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/กรัมสารสกัด สอดคล้องกับการศึกษาของ Chen, Lee, Duh & Chen (2005)

เมื่อนำสารสกัดที่ได้ มาทำการทดสอบหาปริมาณฟลาโวนอยด์ โดยใช้ สารละลาย quercetin เป็นสารมาตรฐาน พบว่าสารสกัดเชอรี่ไทยด้วยเอทานอลร้อยละ 50 มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงสุด คือ 1,636.33±1.53 มิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซิติน/กรัมสารสกัด สอดคล้องกับรายงานของ Deva (2012) ที่ทดสอบด้วยเครื่อง HPLC พบว่ามีสารประกอบฟลาโวนอยด์อยู่ ส่วนสารสกัดมะขามป้อมด้วยน้ำ เท่ากับ 988.67±1.15 มิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซิติน/กรัมสารสกัด ซึ่งให้ผลแตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าสายพันธุ์ K-5 จาก จ.กาญจนบุรี มีสารฟลา

Mae Fah Luang University

โนอยด์ในปริมาณสูงที่สุด 97.15±1.82 มิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซิติน/กรัมสารสกัด (อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ และคณะ, 2553) สารสกัดตะขบที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 50 และเอทานอลร้อยละ 95 นั้นให้ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่ใกล้เคียงกัน คือ 295.33±2.31, 312.67±1.53 มิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซิติน/กรัมสารสกัด สารสกัดตะขบที่สกัดด้วยน้ำ เท่ากับ 673.33±1.53 มิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซิติน/กรัมสารสกัด ในขณะที่สารสกัดเชอรี่ไทยด้วยน้ำมีปริมาณสารประกอบ ฟลาโวนอยด์ต่ำสุด คือ 197.33±1.55 มิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซิติน/กรัมสารสกัด ซึ่งมีความแตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่า ผลเชอรี่อะเซโรราสุกที่สกัดด้วยน้ำมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ คือ 15.30±0.35 มิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซิติน/กรัมสารสกัด ซึ่งมีน้อยงานวิจัยนี้ (da Silva Nunes *et al*., 2011) มีทิศทางความสัมพันธ์ทางบวกเมื่อเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม กับปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ของสารสกัด 3 ชนิด มีความสัมพันธ์ R^2 เท่ากับ 0.9383, 0.8885, 0.999 ตามลำดับ ดังภาพที่ 1แสดงว่าเมื่อสารสกัดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงทำปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงเช่นกัน เพราะสารประกอบฟลาโวนอยด์เป็นกลุ่มย่อยของสารประกอบฟีนอลิก



ภาพที่ 1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของสารสกัดตะขบ (ก), สารสกัดเชอรี่ไทย (ข), สารสกัดมะขามป้อม (ค)

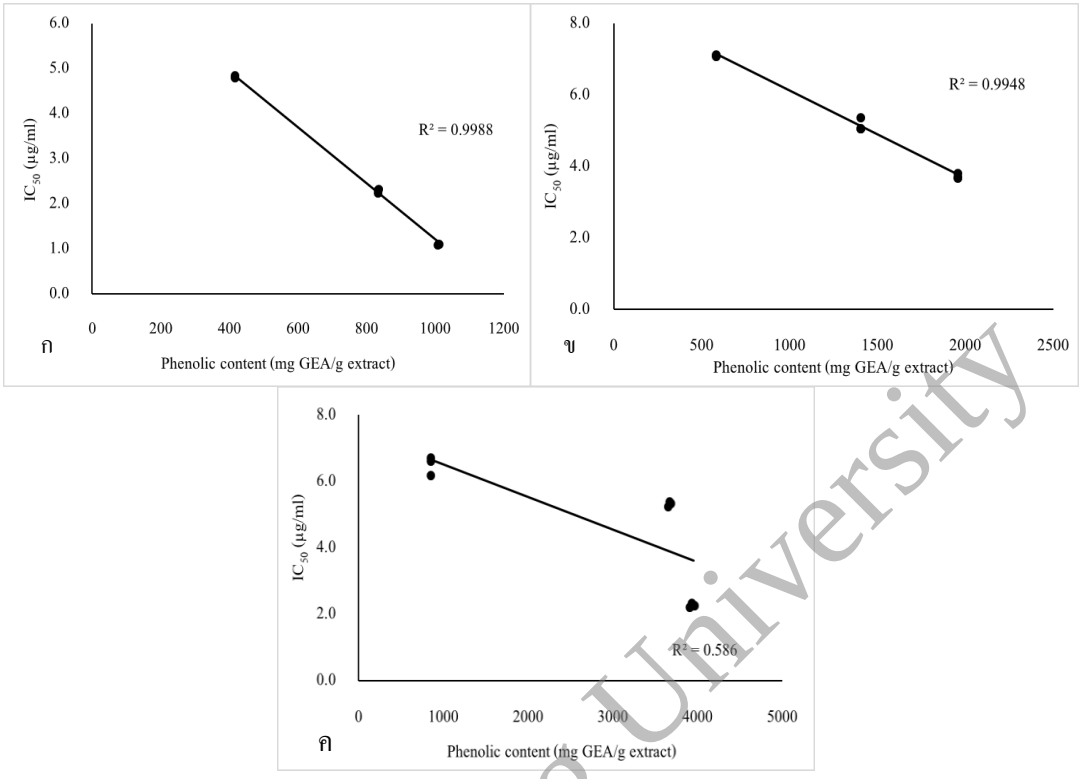
Mae Fah Luang University

3. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีของสารสกัดตะขบ เชอรี่ไทย และมะขามป้อม

นำสารสกัดที่ได้ในแต่ละรอบ มาวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระDPPH โดยใช้ Troloxเป็นสารมาตรฐาน ซึ่งค่า IC_{50} ที่น้อยแสดงถึงฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูงสุด และพบว่าสารสกัดผลตะขบด้วยเอทานอลร้อยละ 50 มีความสามารถในการยับยั้งได้ดีที่สุด คือ 1.12±0.01 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร อาจเป็นเพราะตัวทำละลายที่มีน้ำและเอทานอลเป็นส่วนประกอบ ทำให้สามารถดึงสารสำคัญทั้งมีขั้วต่ำและขั้วสูงออกมาได้ดีกว่า ตัวทำละลายอื่นๆ จากรายงานของ จันทิมา และจารุวรรณ (2553) พบว่าตะขบที่สกัดด้วยเมทานอลร้อยละ 80 มีค่า IC_{50} เท่ากับ 178.87 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่างานวิจัยนี้ อาจเป็นเพราะสารตัวทำละลายเมทานอลนั้นมีขั้วน้อยกว่าเอทานอล จึงสามารถละลายสารต้านอนุมูลอิสระได้มากกว่า และสารสกัดมะขามป้อมด้วยเอทานอลร้อยละ 95 มีฤทธิ์การยับยั้งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.67 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (ศิริรัตน์ พันธ์เรือง, 2558) มีความสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระมากกว่ากว่าศึกษานี้ ที่พบว่าสารสกัดมะขามป้อมสกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 95 คือ 2.30±0.05 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร สารสกัดเชอรี่ไทยด้วยเอทานอลร้อยละ 50 มีค่า IC_{50} คือ 7.13±0.01 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร แสดงว่ามีฤทธิ์การยับยับยั้งอนุมูลอิสระได้น้อยที่สุด ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ da Silva Nunes *et al.* (2011) พบว่า สารสกัดผลอะเซโรราสุกด้วยน้ำ มีค่า IC_{50} เท่ากับ 8.69±1.95 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งใกล้เคียงกับค่า IC_{50} ที่ได้จากงานวิจัยนี้

ทดสอบความสัมพันธ์ทางบวกเมื่อเทียบค่า IC_{50}กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารกัดทั้ง 3 ได้แก่สารสกัดตะขบ R^2 = 0.9988, เชอรี่ไทย R^2= 0.9948 กล่าวคือเมื่อสารสกัดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงขึ้นส่งผลทำให้ความสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระนั้นมากขึ้นเช่นกัน สอดคล้องกับ ชลธิชา นิวาสประกฤติ และคณะ (2557) ที่ได้ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธุ์ R^2 = 0.8682 ของปริมาณสารไฮโดรไลซ์แทนนินที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่า IC_{50} ลดลง ส่งผลให้มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูง อาจเนื่องมาจากสารไฮโดรไลซ์แทนนินเป็นสารในองค์ประกอบฟีนอลิก ส่วนสารสกัดมะขามป้อม R^2 = 0.586 ดังแสดงในภาพที่ 2

Mae Fah Luang University



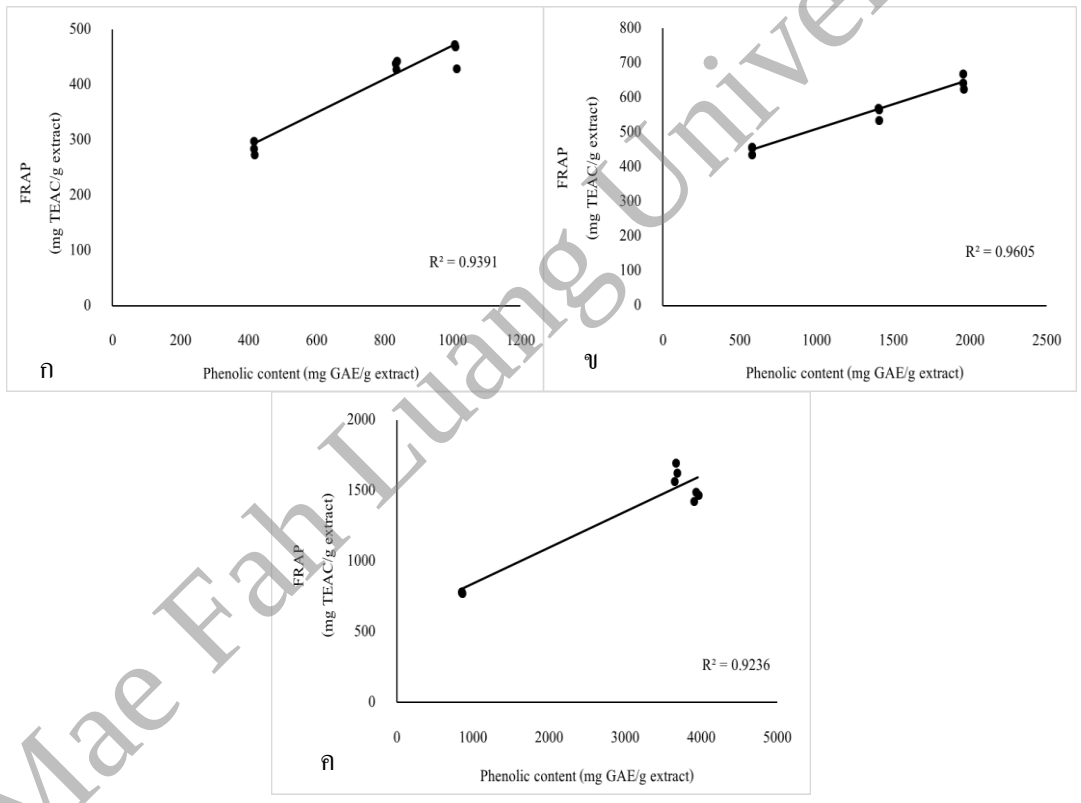
ภาพที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง IC_{50} กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดตะขบ (ก), สารสกัดเชอรี่ไทย (ข), สารสกัดมะขามป้อม (ค)

นำสารสกัดที่ได้ในแต่ละรอบ มาหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการรีดิซ์ไอออน (FRAP) โดยใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐาน พบว่า สารสกัดมะขามป้อมที่เตรียมด้วยเอทานอลร้อยละ 50 มีความสามารถในการรีดิวซ์ไอออนเหล็กได้มากที่สุด คือ 1,639.46±63.07 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัมสารสกัด รองลงมาคือ สารสกัดมะขามป้อมด้วยเอทานอลร้อยละ 95 เท่ากับ 1,470.85±33.06 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัมสารสกัด สอดคล้องกับ ธนิสสา รามฤทธิ์ และคณะ(2559) พบว่า สารสกัดตรีผลา ได้แก่ มะขามป้อมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP สูงที่สุดเมื่อเทียบกับ สมอไทย, สมอพิเภก ส่วนสารสกัดเชอรี่ไทยทุกตัวทำละลายมีค่าใกล้เคียงกัน จากรายงานของ da Silva Nunes *et al*., 2011 พบว่า สารสกัดผลอะเซโรราสุกด้วยน้ำมีค่าการรีดิวซ์ไอออนเหล็ก เท่ากับ 24.90±0.17 mmol Fe(II) /กรัมสารสกัด ส่วนสารสกัดตะขบด้วยน้ำ คือ 287.59±12.01 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัมสารสกัด เนื่องจากตะขบมีปริมาณฟลาโวนอยด์น้อยที่สุด เมื่อเทียบกับพืช 3 ชนิด ที่ได้ทำการศึกษามาข้างต้น จึงส่งผลให้ความสามารถการรีดิวซ์ไอออนเหล็กต่ำ และจากรายงานของ Rajesh, Jaivel, Marimuthu (2013) พบว่าสารสกัดจากใบ

Mae Fah Luang University

ตะขบและรากต้นตะขบด้วยเมทานอลใช้ความเข้มข้น 10 มก./มล. มีความสามารถการรีดิวซ์ไอออนเหล็ก เท่ากับ 1.47±0.63, 0.63±0.02 ไมโครโมลาร์/กรัม

ทดสอบความสัมพันธ์ พบว่า มีทิศทางบวกเมื่อเทียบ FRAP กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัด 3 ชนิด คือ สารสกัดตะขบ, เชอรี่ไทย และมะขามป้อมมีความสัมพันธ์ R^2 = 0.9391, 0.9605, 0.9236 ตามลำดับ กล่าวคือเมื่อสารสกัดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูง ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถการรีดิวซ์ไอออนเหล็กก็จะสูงเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Singh *et al*., 2012 พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงขึ้นส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง โดยมีค่า R^2 = 0.845 ดังในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ FRAP กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดตะขบ (ก), สารสกัดเชอรี่ไทย (ข), สารสกัดมะขามป้อม (ค)

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาร้อยละผลผลิตของสารสกัดผลไม้ 3 ชนิด พบว่า สารสกัดตะขบด้วยเอทานอลร้อยละ 50 ให้ร้อยละผลผลิตสารสกัดที่สกัดได้ (% yield) สูงสุด คือ 39.11±2.24 ส่วนสารสกัด

Mae Fah Luang University

มะขามป้อม และสารสกัดเชอรี่ไทยด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ให้ร้อยละผลผลิตสารสกัดที่ใกล้เคียงกัน และได้ร้อยละผลผลิตสารสกัดน้อยที่สุด คือ 17.46±0.15, 17.55±1.85 ตามลำดับ สารสกัดมะขามป้อมด้วยเอทานอลร้อยละ 95 มีปริมาณฟีนอลิกสูงสุด คือ 3,920.33±31.02 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมสารสกัด ในขณะที่สารสกัดตะขบด้วยน้ำ มีปริมาณต่ำสุด คือ 412.33±0.58 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมสารสกัด ส่วนสารสกัดเชอรี่ไทยด้วยเอทานอลร้อยละ 50 มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงสุด คือ 1,636.33±1.53 มิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซิติน/กรัมสารสกัด ในขณะที่สารสกัดเชอรี่ไทยด้วยน้ำ มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ต่ำสุด คือ 197.33±1.55 มิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซิติน/กรัมสารสกัด และสารสกัดตะขบด้วยเอทานอลร้อยละ 50 ให้ค่า IC_{50} คือ 1.12±0.01 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ส่วนสารสกัดเชอรี่ไทยด้วยเอทานอลร้อยละ 50 มีค่า IC_{50} คือ 7.13±0.01 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร แสดงว่ามีฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระได้น้อยที่สุด มีทิศทางความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์, ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก กับ IC_{50} และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกกับ FRAP ดังนั้น สารสกัดจากกากผลไม้ทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่มีศักยภาพ จึงน่าจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและอื่นๆที่เกี่ยวข้องต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

1. จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ พบว่าสารสกัดตะขบด้วยเอทานอลร้อยละ 50 สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูง จึงสามารถศึกษาต่อในอนาคต เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลไม้ไทย

2. จากการวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ พบว่า สารสกัดจากกากผลไม้ทั้ง 3 ชนิดนี้ มีสารกลุ่มนี้อยู่ จึงเป็นที่น่าสนใจนำมาพัฒนาในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

3. ควรมีการทดสอบความคงตัวของสารสกัดจากกากผลไม้ทั้ง 3 ชนิด เช่น ทดสอบการปลี่ยนสีของสารสกัด การตกตะกอน เป็นต้น

รายการอ้างอิง

กรทิพย์ ภัทรธนากร, จินนภา บุญเฉลียว, ศุภกิจ ชัยเพชร, สุคนธ์ทิพย์ สีแสด, สกุลรัตน์ รัตนาเกียรติ และพรพรรณ เหล่าวชิระสุวรรณ. (2556). *การพัฒนาตำรับน้ำยาบ้วนปากจากสารสกัดเปลือกต้นมะขามป้อม* (*Phyllanthus emblica* L.) *สำหรับโรคติดเชื้อแคนดิดาในช่องปาก*. ใน การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานระดับชาติ The 5th Annual Northeast Pharmacy Research Conference of 2013 “Pharmacy Profession: Moving Forward to

Mae Fah Luang University

ASEAN Harmonization". วันที่ 15-16 กุมภาพันธ์ 2556. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

กองเครื่องสำอางและวัตถุอัตราย กรมการแพทย์. (2559). สืบค้นเมื่อ 31 พฤษภาคม 2561,จาก http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_cosmetic/news/cos_0951/cos_1002.htm

ฉัตรภา หัตถโกศล. (2556, 14 กุมภาพันธ์). ผลไม้ตระกูลเบอรี่ไทย หลากหลายประโยชน์ช่วยปกป้องหัวใจ.*เดลินิวส์,* หน้า 4.

ชลธิชา นิวาสประกฤติ, ไมตรี มัณยานนท์, ยามาระตี จัยสิน และปิยานี รัตนชำนอง. (2013). Thai J Pharmacol. *การศึกษาลักษณะทางกายภาพ ปริมาณสารไฮโดรไลซ์แทนนินและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของมะขามป้อมจากจังหวัดกาญจนบุรี*. 35(1)

บุหรัน พันธุ์สวรรค์. (2556). อนุมูอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ต้านอนุมูลอิสระ. *วารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. *21*(3), 275-286.

ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย, ทิพวรรณ ผาสกุล และ ราตรี มงคลไทย. (2554). เปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกรวมของเปลือกผลไม้. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*. มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา. *42*(2), 385-388.

ธีระ สมหวัง. (ตุลาคม 2549 - มกราคม 2550). "เชอรี่." ข่าวสารเกษตรศาสตร์ ปีที่ 52, ฉบับที่ 1,37-46.

มยุรา วชิรศักดิ์ชัย. (2559). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากผลตะขบเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

ศิริรัตน์ พันธ์เรือง. (2558). *ศึกษาวิธีการสกัดและทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดมะขามป้อม*. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาเคมี. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก.

สมภพ ประธานธุรารักษ์,พร้อมจิต ศรลัมพ์ และธนุชา บุญจรัส.(2550). กายวิภาค และสัณฐานวิทยาของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: นิวไทยมิตรภาพการพิมพ์ (1996) จำกัด.

อรรถพล พันธุ์งาม, สุรพงษ์ รัตนะ และบรรลือ สังข์ทอง.(2017). *ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในสารสกัดตะขบฝรั่ง*. ใน รายงานการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 13 วันที่ 7-8 กันยายน 2560. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

Mae Fah Luang University

Araújo, K. L., Magnani, M., Nascimento, J. A., Souza, A. L., Epaminondas, P. S., Souza, A. L., ... & Souza, A. G. (2014). Antioxidant activity of co-products from guava, mango and barbados cherry produced in the Brazilian Northeast. *Molecules*, *19*(3), 3110-3119.

Ayesha, S., Premakumari, K. B., & Roukiya, S. (2010). Antioxidant activity and estimation of total phenolic content of Muntingia calabura by colorimetry. *International Journal of ChemTech Research*, *2*(1), 205-208.

Caetano, A. C. D. S., Araújo, C. R. D., Lima, V. L. A. G. D., Maciel, M. I. S., & Melo, E. D. A. (2011). Evaluation of antioxidant activity of agro-industrial waste of acerola (Malpighia emarginata DC) fruit extracts. *Food Science and Technology*, *31*(3), 769-775.

Delva, L. (2012). *Acerola (Malpighia Emarginata DC): Phenolic Profiling, Antioxidant Capacity, Antimicrobial Property, Toxicological Screening, and Color Stability*. University of Florida.

da Silva Nunes, R., Kahl, V. F. S., da Silva Sarmento, M., Richter, M. F., Costa-Lotufo, L. V., Rodrigues, F. A. R., ... & da Silva, J. (2011). Antigenotoxicity and antioxidant activity of acerola fruit (Malpighia glabra L.) at two stages of ripeness. *Plant foods for human nutrition*, *66*(2), 129-135.

Lee, E. H., Yeom, H. J., Ha, M. S., & Bae, D. H. (2010). Development of banana peel jelly and its antioxidant and textural properties. *Food Science and Biotechnology*, *19*(2), 449-455.

Mayachiew, P., & Devahastin, S. (2008). Antimicrobial and antioxidant activities of Indian gooseberry and galangal extracts. *LWT-Food Science and Technology*, *41*(7), 1153-1159.

Preethi, K., Premasudha, P., & Keerthana, K. (2012). Anti-inflammatory activity of Muntingia calabura fruits. *Pharmacognosy Journal*, *4*(30), 51-56.

Mae Fah Luang University