ผลของสารสกัดพืชสมุนไพรและระยะเวลาการแช่ในสารสกัดพืชสมุนไพรต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพร

EFFECT OF HERBAL PLANT EXTRACTS AND IMMERSION TIMES ON THE QUALITY OF SWEET DEHYDRATED GREEN PAPAYA FORTIFIED WITH THE EXTRACTS

หทัยทิพย์ ร้องคำ* *เกตุการ ดาจันทา*

Hathaitip Rongkom, Katekan Dajanta*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Division of Food Science and Technology, Faculty of Food and Agricultural Technology,
Pibulsongkram Rajabhat University.

***Corresponding author, e-mail:** hathaitip_111@hotmail.com*

***Received:** 3 October 2018; **Revised:** 12 February 2019; **Accepted:** 27 February 2019*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดพืชสมุนไพร จำนวน 2 ชนิด คือ ดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea* L.) และดอกคำฝอย (*Carthamus tinctorius* L.) และระยะเวลาในการแช่ชิ้นมะละกอในสารสกัดพืชสมุนไพรต่อสมบัติทางเคมี กายภาพ ปริมาณสารประกอบฟีนอลและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์มะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพร ผลการศึกษาพบว่า ระยะเวลาการแช่ชิ้นมะละกอในสารสกัดพืชสมุนไพรที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) ของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกอัญชันและดอกคำฝอยมีค่าลดลง แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระยะเวลาในการแช่ชิ้นมะละกอในสารสกัดพืชสมุนไพรทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อค่าความแข็งของชิ้นมะละกอแก้วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$) ระยะเวลาการแช่ชิ้นมะละกอในสารสกัดพืชสมุนไพรที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มะละกอแก้วมีปริมาณสารประกอบฟีนอล ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH Radical-Scavenging Activity (DPPH) และ Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) มีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P\leq0.05$) โดยระยะเวลาการแช่ที่ 90 นาที มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาคือ 60 และ 30 นาที ตามลำดับ และมะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกอัญชันมีปริมาณสารประกอบฟีนอลและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH และ FRAP) สูงกว่ามะละกอแก้วเสริมสารสกัดจากดอกคำฝอย ดังนั้นผลิตภัณฑ์มะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกอัญชันและดอกคำฝอยจึงเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจากมะละกอดิบรูปแบบใหม่ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ

คำสำคัญ: มะละกอ ผลิตภัณฑ์มะละกอแก้ว สารสกัดพืชสมุนไพร ระยะเวลาการแช่

Abstract

This research was aimed to study the effect of two types of herbal plant extracts, including butterfly pea (*Clitoria Ternatea* L.) and safflower (*Carthamus tinctorius* L.), as well as immersion times (30, 60, and 90 min) of green papaya in each plant extracts on the quality of physical, chemical, total phenolic contents and antioxidant capacities of sweet dehydrated green papaya. The research data revealed that, the lightness (L*) value of sweet dehydrated green papaya fortified with butterfly pea and safflower extracts tend to decrease as the immersion time increased. Whereas, the value of total soluble solid were found to increase with immersion time increased. The immersion time did not affect to the hardness value of the sweet dehydrated green papaya fortified with both of herbal plant extracts products ($p>0.05$). For the antioxidant properties, increasing time of immersed green papaya in the extracts showed significant increasing of total phenolic contents, DPPH radical-scavenging capacities (DPPH) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) ($P\leq0.05$). The present study concluded that the highest antioxidant properties were found in the products immersed in the extract for 90 min, followed by the samples treated for 60 and 30 min, respectively. Furthermore, the sweet dehydrated green papaya fortified with butterfly pea extract showed higher content of total phenolic and antioxidant activities (DPPH and FRAP) than that found in the sample fortified with safflower extract. Therefore, sweet dehydrated green papaya fortified with butterfly pea and safflower extract products are a new healthy food product made from green papaya.

Keywords: Papaya, Sweet dehydrated green papaya product, Herbal plant extract, Immersion time

บทนำ

มะละกอ (Papaya : *Carica papaya* L.) เป็นผลไม้เขตร้อนที่จัดอยู่ในตระกูล Caricaceae ให้ผลผลิตตลอดทั้งปีและมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของโลก มีพื้นที่การปลูกกระจายอยู่ทั่วไปตามพื้นที่ของประเทศไทยและใช้ประโยชน์ได้ทั้งผลดิบและผลสุก [1] มะละกอเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารและเป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญมากมายหลายชนิด เช่น โปรวิตามินเอ โพแทสเซียม วิตามินอี วิตามินซี โฟเลต และเส้นใยอาหาร [2] อีกทั้งยังมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระของคอเลสเตอรอลและมีฤทธิ์ต้านการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้อีกด้วย [3] ปัจจุบันความต้องการบริโภคมะละกอภายในประเทศและต่างประเทศมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งในรูปแบบผลดิบและผลสุก โดยนิยมบริโภคโดยตรงหรือนำมาประกอบอาหาร นอกจากนี้ยังสามารถแปรรูปเป็นมะละกอบรรจุกระป๋อง มะละกอหยี และมะละกออบแห้ง เป็นต้น การบริโภคมะละกอและผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมะละกอจะช่วยส่งเสริมสุขภาพของผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี ผลดิบของมะละกอนิยมบริโภคคล้ายกับผักโดยการนำไปต้มหรือปรุงอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้เป็นวัตถุดิบในเมนูส้มตำ ซึ่งได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในประเทศไทยและต่างประเทศที่นิยมอาหารไทย [4] จากกระแสความนิยมของผู้บริโภคในปัจจุบันที่นิยมรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพและต้องการความสะดวกสบายมากขึ้น การแปรรูปมะละกอดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถเพิ่มศักยภาพการส่งออกผลิตภัณฑ์จากมะละกอดิบพร้อมบริโภคของไทยไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศได้เป็นอย่างดี โดยสายพันธุ์ของมะละกอที่นิยมปลูกและได้รับการส่งเสริมให้ปลูกในพื้นที่ของประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ทั้งเพื่อการบริโภคและทางการค้า เช่น สายพันธุ์แขกดำ แขกนวลและโกโก้ เป็นต้น [5] อย่างไรก็ตามมะละกอเป็นผลไม้ที่มีการเสื่อมเสียได้ง่าย เนื่องจากเป็นผลไม้ที่มีอัตราการหายใจสูง เกิดการบอบช้ำได้ง่าย และองค์ประกอบทางเคมีของมะละกอยังเกิดการ

เปลี่ยนแปลงและสลายตัวไปอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยวเป็นผลให้มะละกอมีอายุการเก็บรักษาสั้น [6-7] ดังนั้น การแปรรูปมะละกอให้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ ที่สามารถเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้น เช่น มะละกออบแห้ง จะช่วยเพิ่มโอกาสในการผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ต่อไปได้

ดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea* L.) เป็นพืชที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ในการเป็นสารสีตามธรรมชาติทั้งในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอางและการแพทย์อย่างแพร่หลาย ซึ่งรงควัตถุสำคัญที่พบในดอกอัญชันคือ สารแอนโทไซยานินซึ่งมีสีน้ำเงินถึงสีม่วง มีคุณสมบัติในการละลายน้ำและเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี [8-9] สารแอนโทไซยานินที่พบในดอกอัญชันมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น ช่วยเพิ่มความสามารถในการมองเห็น เนื่องจากแอนโทไซยานินไปช่วยเพิ่มการไหลเวียนเลือดในส่วนของหลอดเลือดส่วนปลายทำให้กลไกที่ทำงานเกี่ยวกับการมองเห็นแข็งแรงขึ้น ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง โรคเบาหวาน และอาการนอนไม่หลับได้ [10] สำหรับดอกคำฝอย (*Carthamus tinctorius* L.) เป็นพืชที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ทั้งด้านอาหารและการแพทย์ [11] ในกลีบดอกคำฝอยมีสารสีที่สำคัญ 2 ชนิด คือ สารคาร์ทามิดิน (Carthamidin) ซึ่งเป็นสารที่มีสีเหลือง ละลายน้ำได้ และสารคาร์ทามิน (Carthamin) ที่มีสารสีแดงสดไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในสารละลายด่าง สารสกัดที่ได้จากดอกคำฝอยสามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัยและมีคุณสมบัติช่วยลดความดันโลหิต ช่วยลดไขมันในเส้นเลือด ช่วยให้ระบบโลหิตหมุนเวียนดีขึ้นและบำรุงระบบประสาท [12] นอกจากนี้สารสกัดดอกคำฝอยยังมีองค์ประกอบของสารฟลาโวนอยด์ ลิกแนนและโพลีแซ็คคาไรด์อีกด้วย [13] ปัจจุบันมีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากสารสกัดจากพืชสมุนไพรในการเติมในอาหารและเครื่องดื่ม เพื่อเป็นสารให้สีตามธรรมชาติทดแทนการใช้สีสังเคราะห์ที่มีผลเสียต่อสุขภาพและเพื่อช่วยป้องกันและรักษาโรคต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย เช่น การใช้สารสกัดจากดอกอัญชันเติมลงในผลิตภัณฑ์ขนมเค้ก เครื่องดื่ม หรือขนมหวาน รวมถึงการเติมสารสกัดพืชสมุนไพรที่มีองค์ประกอบของสารประกอบฟีนอลที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลงในอาหารและเครื่องดื่มเพื่อช่วยป้องกันและรักษาโรคเพิ่มขึ้น

เทคโนโลยีการทำเชื่อมแห้ง (Osmotic Dehydration Technology) เป็นหนึ่งในกระบวนการถนอมอาหารที่นิยมนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ให้ยาวนานขึ้น มีขั้นตอนกระบวนการที่ไม่ยุ่งยากและใช้ได้กับผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายชนิด [14] เช่น ผลิตภัณฑ์มะพร้าวแก้ว ซึ่งเป็นกระบวนการเชื่อมแห้งเนื้อมะพร้าวจนทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูง มีความชื้นต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า Water Activity (a_w) ต่ำกว่า 0.68 ซึ่งจะช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อรา จึงสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ ในปัจจุบันมีข้อมูลทางด้านวิชาการเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากมะละกอดิบอยู่จำนวนน้อย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการนำมะละกอดิบมาพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับมะพร้าวแก้วซึ่งอาจเรียกว่ามะละกอแก้ว และเสริมสารต้านอนุมูลอิสระจากพืชสมุนไพร 2 ชนิด คือ ดอกอัญชันและดอกคำฝอย ซึ่งเป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านที่สามารถหาได้ง่าย มีสีสันที่สวยงาม อีกทั้งยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและมีสรรพคุณในการรักษาโรค จึงมีความเหมาะสมในการนำไปเติมลงในชิ้นมะละกอแก้ว เพื่อทดแทนการใช้สีสังเคราะห์และเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์มะละกอแก้ว โดยทำการศึกษาผลของสารสกัดพืชสมุนไพรและระยะเวลาการแช่ชิ้นมะละกอในสารสกัดพืชสมุนไพรต่อสมบัติทางเคมี กายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์มะละกอแก้ว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของพืชสมุนไพร (ดอกอัญชันและดอกคำฝอย) และระยะเวลาการแช่ชิ้นมะละกอในสารสกัดพืชสมุนไพรต่อสมบัติทางเคมี กายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์มะละกอแก้ว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดพืชสมุนไพร

นำดอกอัญชันและดอกคำฝอยอบแห้งซึ่งซื้อจากห้างแม็คโคร จังหวัดพิษณุโลก ไปบดด้วยเครื่องบดสมุนไพร (Disintegrator, WF-10B, China) ให้ละเอียด จากนั้นนำไปสกัดด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วน 1:10 (w/w) เป็นเวลา 30 นาที [15] และกรองด้วยผ้าขาวบางจะได้สารสกัดจากดอกอัญชันและดอกคำฝอย จากนั้นปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปใช้แช่ชิ้นมะละกอดิบและนำไปวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระต่อไป

2. การแช่ชิ้นมะละกอดิบในสารสกัดพืชสมุนไพร

การทดลองนี้ใช้มะละกอดิบสายพันธุ์แขกดำซึ่งซื้อจากห้างแม็คโคร จังหวัดพิษณุโลก ทำการคัดเลือกมะละกอดิบสายพันธุ์แขกดำที่มีขนาดสม่ำเสมอ เปลือกสีเขียวเข้มและมีน้ำหนักต่อผลเท่ากับ 1.0±0.2 กิโลกรัม นำมาปอกเปลือกและล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด จากนั้นฝานเนื้อมะละกอให้บางประมาณ 2-3 มิลลิเมตร จากนั้นหั่นให้มีขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร และยาว 3 เซนติเมตร ล้างเส้นมะละกอที่หั่นแล้วด้วยน้ำสะอาดจำนวน 3 ครั้ง และนำไปแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (Food Grade, Union Science, Thailand) ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำให้สะอาดและนำเส้นมะละกอไปแช่ในสารสกัดจากดอกอัญชันและดอกคำฝอย โดยผันแปรระยะเวลาในการแช่ชิ้นมะละกอดิบในสารสกัดพืชสมุนไพรให้แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 30 60 และ 90 นาที เทียบกับการแช่ในน้ำสะอาดเพื่อเป็นตัวอย่างควบคุม เมื่อครบเวลาการแช่แล้วจึงนำเส้นมะละกอมาสะเด็ดน้ำและนำไปผลิตเป็นมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพรต่อไป

3. การผลิตมะละกอแก้วเสริมสารสกัดจากพืชสมุนไพร

นำชิ้นมะละกอดิบที่ผ่านการแช่ในสารสกัดดอกอัญชันและดอกคำฝอยในระยะเวลาที่แตกต่างกัน จำนวน 500 กรัม ไปเคี่ยวกับน้ำตาลทราย จำนวน 250 กรัม และน้ำเปล่า 20 กรัม ในกระทะทองเหลืองด้วยไฟอ่อนจนชิ้นมะละกอถูกเชื่อมและเคี่ยวต่อไปจนน้ำตาลทรายตกเคลือบทั่วทุกชิ้นมะละกอ จากนั้นพักมะละกอแก้วให้เย็นจนมีอุณหภูมิ 25±5 องศาเซลเซียส และร่อนแยกเกล็ดน้ำตาลออก ก่อนนำผลิตภัณฑ์มะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพรบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์และปิดผนึก เพื่อรอการวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

4. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์มะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพร

วัดค่าสีระบบ CIE แสดงค่า L*, a* และ b* โดยเครื่องวัดสี (Minolta, Japan) วิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC (2000): Method 934.06 [16] วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid) โดยผสมมะละกอแก้วบดละเอียด จำนวน 10 กรัม กับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยเครื่อง Hand Refractometer (Atago, Japan) รายงานผลเป็นองศาบริกซ์ (°Brix) วัดค่า a_w โดยใช้เครื่อง AquaLab (Water Activity Metre, USA) ทำการตรวจวิเคราะห์ จำนวน 3 ซ้ำ และวัดค่าความแข็ง (Hardness) ของชิ้นมะละกอแก้ว โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer, TA-XT.Plus, Stable Micro Systems, UK) ด้วยหัวทดสอบทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร (P25) กดลงไปบนชิ้นมะละกอแก้ว กำหนดเปอร์เซ็นต์การเสียรูป (Strain) เท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วหัววัดก่อนทดสอบ ขณะทดสอบ และหลังทดสอบเท่ากับ 10 1 และ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที ตามลำดับ บันทึกค่าแรงกดสูงสุดเป็นค่าความแข็งในหน่วยนิวตัน (N) ทำการตรวจวัด 10 ซ้ำ

5. การสกัดตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

นำมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพรมาบดด้วยเครื่องบดสมุนไพร (Disintegrator, WF-10B, China) ให้ละเอียด ผสมกับตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วน 1:5 (w/v) สกัดภายใต้

สภาวะอัลตราโซนิกที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที (Eppendorf Centrifuge 5403, Germany) นาน 30 นาที เก็บสารสกัดที่ได้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการตรวจวิเคราะห์คุณภาพการต้านอนุมูลอิสระต่อไป

6. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอล (Total Phenolic Compounds)

ตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลในสารสกัดดอกอัญชันและดอกคำฝอย และสารสกัดมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพรตามวิธีของ Luque-Rodriguez และคณะ [17] โดยผสมสารสกัด 400 ไมโครลิตร กับสารละลาย Folin-Ciocalteu Reagent (Merck, Germany) ที่มีความเข้มข้น 0.25 นอร์มัล จำนวน 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Merck, Germany) ความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) จำนวน 1.6 มิลลิลิตร จากนั้นผสมให้เข้ากันดีด้วย Vortex และบ่มหลอดทดสอบในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที และบ่มต่อในที่มืด 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (Spectrophotometer Evolution 201, USA) ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลในหน่วย μg Gallic Acid Equivalent (GAE)/g โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสาร Gallic Acid (Fluka Biochemica, Switzerland) ซึ่งมีค่า R^2 เป็น 0.9992

7. การวิเคราะห์ DPPH Radical-Scavenging Activity (DPPH)

วิเคราะห์ค่า DPPH ในสารสกัดมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพรตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Nuengchamnong และคณะ [18] โดยผสมสารสกัด 1 มิลลิลิตร กับสารละลาย 2, 2- Diphenyl-1-Picryhydrazyl (Fluka Biochemica, Switzerland) ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ จำนวน 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันดีด้วย Vortex บ่มในที่มืด นาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย UV-Vis Spectrophotometer (Spectrophotometer Evolution 201, USA) ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร สำหรับชุดควบคุมใช้เอทานอล (Lab-Scan Analytical Science, Thailand) ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ แทนสารสกัด คำนวณค่า DPPH ในหน่วย μg Butylate Hydroxytoluene (BHT)/g โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสาร BHT (Sigma-Aldrich, Germany) ซึ่งมีค่า R^2 เป็น 0.9971

8. การวิเคราะห์ค่า Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)

วิเคราะห์ค่า FRAP ในสารสกัดมะละกอแก้วเสริมสารสกัดจากพืชสมุนไพรตามวิธีของ Maier และคณะ [19] โดยผสมสารสกัด 400 ไมโครลิตร กับสารละลาย Ferric Reducing Antioxidant Power Reagent (Fluka Biochemica, Switzerland) จำนวน 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันดีด้วย Vortex บ่มในอ่างน้ำอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 4 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (Spectrophotometer Evolution 201, USA) ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร คำนวณค่า FRAP ในหน่วย μg Trolox/g โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสาร Trolox (Sigma-Aldrich, USA) ซึ่งมีค่า R^2 เป็น 0.9973

9. การวางแผนการทดลองทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี One-Way Analysis of Variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$)

ผลการวิจัย

1. สมบัติทางเคมีและกายภาพของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพร

จากการศึกษาผลของสารสกัดพืชสมุนไพรและระยะเวลาการแช่ชิ้นมะละกอดิบในสารสกัดพืชสมุนไพร พบว่า มะละกอแก้วที่ผ่านการแช่ในสารสกัดจากดอกอัญชันและดอกคำฝอยมีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.74±0.01 ถึง 0.75±0.01 และมีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 17.06±1.46 ถึง 18.26±0.34 เปอร์เซ็นต์ โดยระยะเวลาการแช่และสาร

สกัดพืชสมุนไพรที่แตกต่างกันที่ไม่มีผลต่อค่าความชื้นและค่า a_w ของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกอัญชันและดอกคำฝอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 1) ส่วนค่าสี L* a* b* ของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพร (ตารางที่ 1) พบว่าระยะเวลาการแช่ชิ้นมะละกอในสารสกัดพืชสมุนไพรเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างหรือค่า L* ของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพรทั้งสองชนิดลดลง โดยมะละกอแก้วที่แช่ในสารสกัดดอกอัญชันระยะเวลา 30 นาที มีค่าความสว่างเท่ากับ 55.95±1.95 และลดลงเหลือ 42.75±0.71 เมื่อแช่ในสารสกัดดอกอัญชันเป็นเวลา 90 นาที เช่นเดียวกับมะละกอแก้วที่แช่ในสารสกัดดอกคำฝอยที่ลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น โดยมะละกอแก้วที่แช่ในสารสกัดดอกคำฝอยเป็นเวลา 30 นาที มีค่าความสว่างเท่ากับ 71.40±1.28 และลดลงเป็น 65.13±1.28 เมื่อแช่ในสารสกัดเป็นระยะเวลา 90 นาที สำหรับค่าสี a*(ค่าสีแดง) ของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกอัญชันมีค่าอยู่ในช่วง 1.60±0.13 ถึง 2.45±0.29 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่าสี a* ที่พบในมะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกคำฝอย (2.38±0.61 ถึง 5.53±0.50) และค่าสี a* ของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกอัญชันมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการแช่ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่มะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกคำฝอยมีค่าสี a* ลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาการแช่ ส่วนค่า b* (ค่าสีเหลือง) ของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกคำฝอย (30.63±0.60 ถึง 42.28±1.75) มีค่าสูงกว่ามะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกอัญชัน (3.45±0.08 ถึง 6.10±0.32) คิดเป็น 7-9 เท่า และมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการแช่ ซึ่งทำให้ลักษณะปรากฏของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกคำฝอยมีสีเหลือง ขณะที่มะละกอแก้วเสริมสกัดดอกอัญชันมีสีม่วง

ตารางที่ 1 ค่า Water Activity ความชื้น และค่าสี L* a* b* ของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดจากพืชสมุนไพร

สารสกัด	เวลาการแช่ (นาที)	Water Activity^{ns}	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)^{ns}	ค่าสี		
				L*	a*	b*
ดอกอัญชัน	30	0.74±0.03	17.39±1.19	55.95±1.95c	1.60±0.13a	3.45±0.08a
	60	0.74±0.01	17.78±1.44	50.93±1.08b	1.35±0.28a	3.93±0.26a
	90	0.75±0.01	18.26±0.34	42.75±0.71a	2.45±0.29b	6.10±0.32b
ดอกคำฝอย	30	0.75±0.02	17.06±1.46	71.40±1.28f	5.53±0.50d	30.63±0.60c
	60	0.74±0.01	17.91±0.80	69.47±0.47e	3.45±0.46c	35.55±1.24d
	90	0.75±0.01	18.01±0.97	65.13±1.28d	2.38±0.61b	42.28±1.75e

- ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำหนดค่าของข้อมูลในแต่ละคอลัมน์ที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P≤0.05)
- ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05)
- L* = ค่าความสว่าง; a* = +ค่าสีแดง; b*= + สีเหลือง

ตารางที่ 2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และความแข็งของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพร

สารสกัด	เวลาการแช่ (นาที)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	ความแข็ง (นิวตัน)^{ns}
ดอกอัญชัน	30	18.17±0.32a	191.56±6.85
	60	18.57±0.22bc	189.32±15.43
	90	18.83±0.41cd	186.56±10.39
ดอกคำฝอย	30	18.20±0.00a	195.00±10.89
	60	18.47±0.38ab	192.00±18.63
	90	18.95±0.12d	190.73±9.54

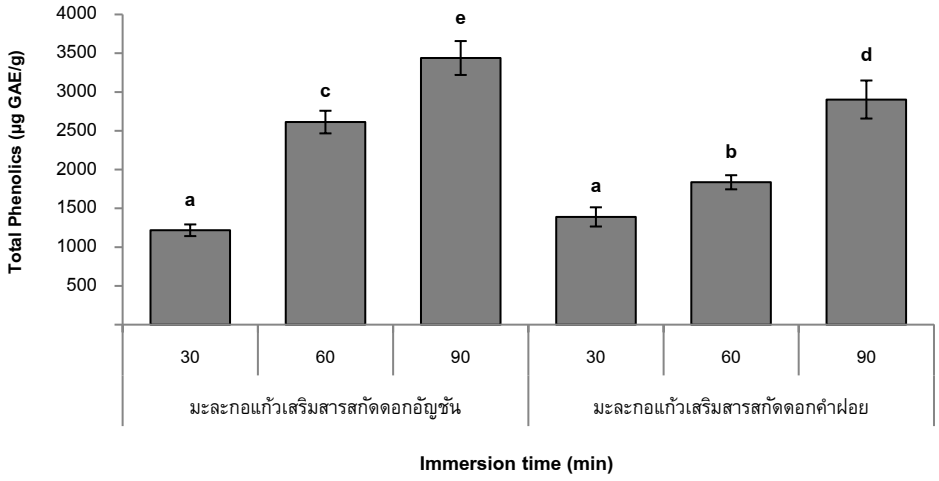
- ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำหนดค่าของข้อมูลในแต่ละคอลัมน์ที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P≤0.05)
- ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05)

ชนิดของพืชสมุนไพรและระยะเวลาในการแช่ที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 186.56±10.39 ถึง 195.00±10.89 นิวตัน แต่ระยะเวลาการแช่ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2)

2. สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพร

2.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลในมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพร

ผลการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลที่พบในมะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกอัญชันและดอกคำฝอย พบว่า ระยะเวลาการแช่ชิ้นมะละกอในสารสกัดพืชสมุนไพรนานขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลในมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพรทั้งสองชนิดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P≤0.05) (ภาพที่ 1) โดยระยะเวลาการแช่ที่ 90 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงที่สุด รองลงมา คือ 60 และ 30 นาที ตามลำดับ และมะละกอแก้วเสริมสารสกัดจากดอกอัญชันมีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงถึง 3,439±218.65 μg GAE/g ซึ่งมีปริมาณสูงกว่ามะละกอแก้วเสริมสารสกัดจากดอกคำฝอยที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลเพียง 2,093±245.26 μg GAE/g ซึ่งมีค่าสูงกว่ามะละกอแก้วที่ไม่ผ่านการแช่สารสกัดจากพืชสมุนไพรที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลเพียง 112.50±5.61 μg GAE/g เท่านั้น

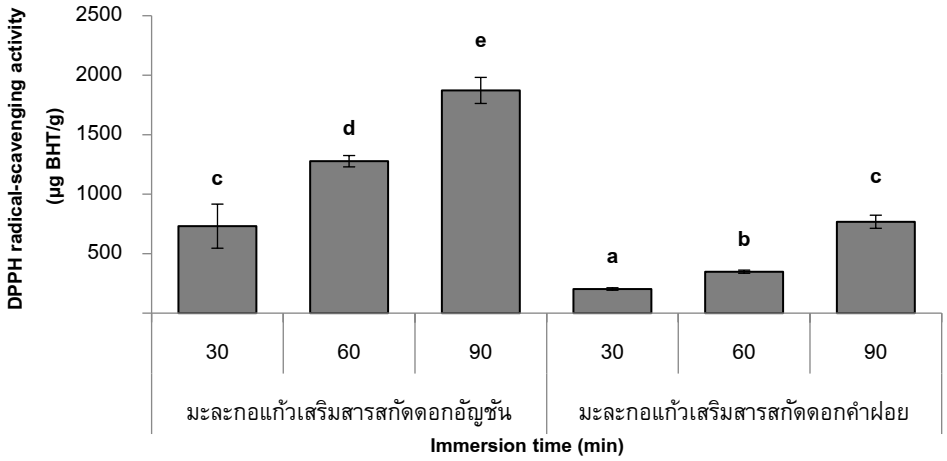


ภาพที่ 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลในมะละกอแก้วที่แช่ในสารสกัดพืชสมุนไพรในเวลาที่แตกต่างกัน

2.2 ค่า DPPH ของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพร

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพรมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาการแช่นานขึ้น มะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกอัญชันมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่ามะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกคำฝอยในทุกระยะเวลาการแช่และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P≤0.05) ซึ่งมะละกอแก้วเสริมสกัดดอกอัญชันที่แช่ในสารสกัดดอกอัญชันเป็นเวลา 90

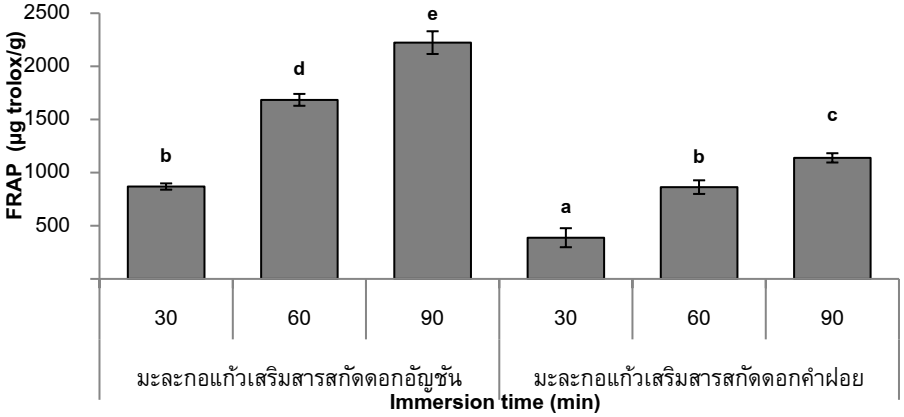
นาทีมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด คือ 1,871.92±109.62 µg BHT/g ซึ่งมีค่าสูงกว่ามะละกอแก้วที่ไม่ผ่านการแช่สารสกัดจากดอกอัญชันถึง 27 เท่า รองลงมาคือมะละกอแก้วที่แช่เป็นเวลา 60 และ 30 นาที ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 1,276.91±47.79 และ 731.10±185.39 µg BHT/g ตามลำดับ ในขณะที่มะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกคำฝอยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 768.11± 55.23 348.31±13.19 และ 202.85±10.28 µg BHT/g เมื่อแช่ในสารสกัดดอกคำฝอยเป็นเวลา 90 60 และ 30 นาที ตามลำดับ (ตารางที่ 2) โดยมะละกอแก้วที่ไม่ผ่านการแช่สารสกัดพืชสมุนไพรมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพียง 68.11±3.12 µg BHT/g



ภาพที่ 2 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมะละกอแก้วที่แช่ในสารสกัดพืชสมุนไพรในเวลาที่แตกต่างกัน

2.3 ค่า FRAP ของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพร

จากผลการตรวจฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกอัญชันและดอกคำฝอยที่วัดด้วยค่า FRAP พบว่า มะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกอัญชันมีค่า FRAP สูงกว่ามะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกคำฝอยถึงประมาณ 2 เท่า คือมีค่าอยู่ในช่วง 869.19±29.60 ถึง 2,223±106.93 µg Trolox/g ในขณะที่มะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกคำฝอยมีค่า FRAP อยู่ในช่วง 387.76±89.45 ถึง 1,138±43.76 µg Trolox/g (ภาพที่ 3) ซึ่งมะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกอัญชันและดอกคำฝอยที่มีระยะเวลาการแช่ 90 นาที มีค่า FRAP สูงกว่ามะละกอแก้วที่แช่ในสารสกัดพืชสมุนไพรที่ระยะเวลา 60 และ 30 นาที และมะละกอแก้วที่ไม่ผ่านการแช่สารสกัดพืชสมุนไพร (120.93±7.02 µg Trolox/g) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 3 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ FRAP ในมะละกอแก้วที่แช่ในสารสกัดพืชสมุนไพรในเวลาที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่ประกอบด้วย ปริมาณสารประกอบฟีนอลและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH และค่า FRAP) ที่พบในมะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกอัญชันและดอกคำฝอยที่มีระยะเวลาการแช่ที่แตกต่างกัน พบว่าการแช่ชิ้นมะละกอในสารสกัดพืชสมุนไพรเป็นเวลา 90 นาที ส่งผลให้มะละกอแก้วมีปริมาณสารประกอบฟีนอลและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH และค่า FRAP) สูงกว่าระยะเวลาการแช่ 30 และ 60 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$) โดยมะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกอัญชันที่มีระยะการแช่ 90 นาที มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

สรุปและอภิปรายผล

กระบวนการทำแห้งเป็นกระบวนการแปรรูปอาหารได้รับความนิยมอย่างยาวนานเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลาย สร้างมูลค่าเพิ่มและยืดอายุการเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้น โดยมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพรถือเป็นอาหารที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่มีองค์ประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระ โดยการเสริมสารต้านอนุมูลอิสระลงไปในชิ้นมะละกอดิบก่อนจะนำไปเชื่อมจนแห้ง มะละกอแก้วเสริมสารต้านอนุมูลอิสระสามารถบริโภคได้โดยตรงหรือใช้เป็นส่วนผสมในอาหารชนิดอื่น เช่น ขนมขบเคี้ยว ขนมอบและอาหารเช้า เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันผู้บริโภคนิยมบริโภคอาหารที่มีความเป็นธรรมชาติมากขึ้น ดังนั้นผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่ผ่านการทำแห้งที่มีคุณค่าทางอาหารสูงและมีองค์ประกอบของสารสำคัญต่าง ๆ ก็ได้รับความนิยมมากขึ้นเช่นกัน [20] มะละกอเป็นแหล่งของสารอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระที่ส่งผลดีต่อสุขภาพ เช่น เบตาแคโรทีน (β-carotene) ไลโคปีน (Lycopene) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) และวิตามินซี (Ascorbic Acid) โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิตามินซีที่มีปริมาณสูงถึง 35.4 ถึง 187 mg/100 g ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าเสาวรสและสับปะรด และพบรายงานผลการวิจัยที่กล่าวว่าน้ำมะละกอมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่ากับวิตามินอีอีกด้วย [21] งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าชนิดของสารสกัดพืชสมุนไพรและระยะเวลาการแช่มีผลต่อค่าสีของมะละกอแก้วอย่างชัดเจน โดยค่าสี L* แสดงถึงความสว่างมีค่าระหว่าง 0 (สีดำ) ถึง 100 (สว่างมากหรือสีขาว) ขณะที่ค่าสี a* คือค่าสีแดงเมื่อมีค่าเป็นบวกและมีค่าสีเขียวเมื่อมีค่าเป็นลบ และค่าสี b* เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลือง ถ้าค่าสี b* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน ผลการศึกษาพบว่า ระยะเวลาการแช่ชิ้นมะละกอในสารสกัดพืชสมุนไพรนานขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างหรือค่า L* ของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพรทั้งสองชนิดลดลง ขณะที่ค่าสี a* และ b* ของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกอัญชันเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาการแช่เป็น 90 นาที เนื่องจากสารสกัดดอกอัญชันมีองค์ประกอบของสารแอนโทไซยานินที่มีสีน้ำเงินถึงม่วงและมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี จึงสามารถแทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างของชิ้นมะละกอได้มากขึ้น [22] และส่งผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ให้เป็นสีม่วงตามสีของสารสกัดดอกอัญชันอย่างชัดเจน สำหรับมะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกคำฝอยมีค่า a* ลดลงสวนทางกับค่า b* ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาการแช่ชิ้นมะละกอในสารสกัด เนื่องจากสารสกัดดอกคำฝอยมีสารคาร์ทามิดินที่มีสีเหลืองและละลายน้ำได้ดี [12] จึงสามารถแทรกซึมเข้าสู่ชิ้นมะละกอได้มากขึ้นและส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏเป็นสีเหลืองตามสารสีของดอกคำฝอย

สารประกอบฟีนอลจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากความสามารถในการให้ไฮโดรเจนอะตอมกับอนุมูลอิสระ (Hydrogen Donators) เปลี่ยนเป็นโมเลกุลที่มีความเสถียรจึงหยุดห่วงโซ่การสร้างอนุมูลอิสระและกำจัดอนุมูลอิสระโดยตรง การยับยั้งออกซิเจนโมเลกุลเดี่ยว (Single Oxygen Quencher) การจับโลหะที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Metal Chelators) และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลปอกซีจีเนส (Lipoxygenase Inhibitors) จึงมีบทบาทสำคัญในการป้องกันเซลล์และเนื้อเยื่อของร่างกายจากการทำลายของอนุมูลอิสระได้ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันมีความสัมพันธ์กับปริมาณของสารต้านออกซิเดชันและขึ้นอยู่กับชนิดและโครงสร้างของสารต้านออกซิเดชัน โดยทั่วไปสารประกอบฟีนอลมักสร้างพันธะเชื่อมอยู่กับโครงสร้างของพืช [23] มีรายงานการวิจัยที่ระบุว่าสารประกอบฟีนอลที่ตรวจพบในมะละกอมีความผันแปรไปตามสายพันธุ์ ระยะการ

สุกและภูมิประเทศที่เพาะปลูก โดยมะละกอจะพบสารประกอบฟีนอลในปริมาณเล็กน้อยซึ่งประกอบด้วย สารพารา-เฮกโซไซด์ (ρ-hexoside) กรดโปรโตคาเทคซูอิค (Protocatechuic Acid) กรดคาฟฟีอิก (Caffeic Acid) รูทีน (Rutin) กรดเฟอรูลิก (Ferulic Acid) กรดพาราคูมาริก (ρ-coumaric Acid) และสารไมริเซติน (Myricetin) [23-24] งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่ากระบวนการเสริมสารต้านอนุมูลอิสระในมะละกอแก้ว โดยการแช่ชิ้นมะละกอดิบในสารสกัดจากดอกอัญชันและดอกคำฝอยเป็นเวลา 90 นาที ส่งผลให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงถึง 3,439±218.65 μg GAE/g และ 2,093±245.26 μg GAE/g ตามลำดับ เนื่องจากสารประกอบฟีนอลเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถละลายน้ำได้ และสารสกัดอัญชันและดอกคำฝอยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงถึง 184.90±14.94 mg GAE/ml และ 26.67±0.96 mg GAE/ml ตามลำดับ ดังนั้นสารประกอบฟีนอลจากสารสกัดดอกอัญชันและดอกคำฝอยจึงสามารถแทรกซึมเข้าสู่โครงสร้างของชิ้นมะละกอดิบในระหว่างกระบวนการแช่ในสารสกัดจากพืชสมุนไพรได้ โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลในชิ้นมะละกอแก้วจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแช่ในสารสกัดพืชสมุนไพรเพิ่มขึ้น

กลไกการดักจับอนุมูลอิสระเป็นกลไกที่มีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากเป็นการทำลายกลไกการเกิดอนุมูลอิสระในอาหาร โดยการดักจับอนุมูลอิสระต่างๆ ไม่ให้ไปกระตุ้นหรือก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน [24] ซึ่ง DPPH เป็นปฏิกิริยาที่บ่งชี้ถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และเป็นกลไกสำคัญในการช่วยป้องกันเซลล์จากการทำลายของอนุมูลอิสระ ป้องกัน Genotoxic และ Oxidative DNA Damage ทำให้สามารถต่อต้านโรคที่มีสาเหตุจากอนุมูลอิสระ เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ ความดันโลหิตสูง โรคพาร์กินสันโรคไขข้ออักเสบ และโรคมะเร็งได้ [25] และค่า FRAP เป็นการทดสอบความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการรีดิวซ์อนุมูลอิสระสังเคราะห์ด้วยกลไกการลดลงของ Ferric-Tripyridyl-Triazine Complex ไปเป็นสารประกอบ Ferrous และเกิดสารสีขึ้น ดังนั้นจึงเป็นการวัดค่า Total Reducing Power ของสารต้านอนุมูลอิสระ [26] จากการทดลองพบว่าการแช่ชิ้นมะละกอในสารสกัดดอกอัญชันและดอกคำฝอยเป็นเวลา 90 นาที ส่งผลให้มะละกอแก้วมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงถึง 1,871.92±109.62 และ 768.11± 55.23 μg BHT/g ตามลำดับ และพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และค่า FRAP ของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพรที่เพิ่มขึ้นมีความสอดคล้องกับปริมาณของสารประกอบฟีนอลที่เพิ่มขึ้น จึงกล่าวได้ว่าสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพรมีผลโดยตรงมาจากสารประกอบฟีนอล [27] และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของพืชสมุนไพรมีความเกี่ยวข้องกับสารสีที่สำคัญที่พบในสมุนไพรแต่ละชนิด โดยสารสีม่วงที่พบในดอกอัญชันคือสารในกลุ่มแอนโทไซยานิน ในขณะที่สารสีเหลืองที่พบในดอกคำฝอยคือสารคาร์ทามิดินที่มีสีเหลือง โดยสารสีทั้งสองชนิดมีสมบัติการละลายน้ำและต้านอนุมูลอิสระที่ดี โดยพบว่าสารสกัดจากดอกอัญชันมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และค่า FRAP เท่ากับ 23.08±1.11 mg BHT/ml และ 2.27± 0.37 mg trolox/ml และสารสกัดจากดอกคำฝอยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และค่า FRAP เท่ากับ 1.64±0.14 mg BHT/ml และ 1.97± 0.19 mg trolox/ml จึงนิยมนำสารสกัดจากดอกอัญชันและดอกคำฝอยมาเติมลงในอาหารหลายชนิด เช่น ขนมปัง เค้ก เครื่องดื่ม รวมถึงขนมหวานอีกด้วย

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่ามะละกอแก้วเสริมสารสกัดดอกอัญชันและดอกคำฝอย นอกจากจะเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มและสร้างความแปลกใหม่ให้กับผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจากมะละกอแล้ว มะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพรยังอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประโยชน์ต่อร่างกายอีกด้วย ดังนั้นจึงควรศึกษาถึงความคงตัวของสารต้านอนุมูลอิสระในมะละกอแก้วเสริมสารสกัดพืชสมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษา รวมถึงศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามภายใต้ชุดโครงการพัฒนาชุมชนท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

เอกสารอ้างอิง

[1] Pan, Y.G., Yuan, M.Q., Zhang, W. M., & Zhang, Z.K. (2017, March). Effect of low temperatures on chilling injury in relation to energy status in papaya fruit during storage. *Postharvest Biology and Technology*, *125*, 181-187.

[2] Ikram, E.H.K., Stanley, R., Netzel, M., & Fanning, K. (2015, August). Phytochemicals of papaya and its traditional health and culinary uses-A review. *Journal of Food Composition and Analysis, 41*, 201-211.

[3] Júnior, E.V.S., Melob, L.L., Medeirosa, R.A.B., Barrosc, Z.M.P., & Azoubelb, P.M. (2018, November). Influence of ultrasound and vacuum assisted drying on papaya quality parameters. *LWT-Food Science and Technology*, *97*, 317-322.

[4] Soranastaporn, S., & Rimphadee, P. (2013, November). *Bangkok food culture: A culinary journey from street food to restaurants*. Create Space Independent Publishing Platform, Bangkok, Thailand.

[5] Parker, T.L., Esgro, S.T., Miller, A.S., Myers, L.E., Meister, R.A., Toshkov, S.A., & Engeseth, N.J. (2010, February). Development of an optimised papaya pulp nectar using a combination of irradiation and mild heat. *Food Chemistry*, *118*, 861-869.

[6] Udomkun, P., Nagle, M., Mahayothee, B., Nohr, D., Koza, A., & Müller, J. (2015, March). Influence of air drying properties on non-enzymatic browning, major bio-active compounds and antioxidant capacity of osmotically pretreated papaya. *LWT-Food Science and Technology*, *60*(2), 914-922.

[7] Lieba, V.M., Esquivelb, P., Castillob, E.C., Carlea, R., & Steingassa, C.B. (2018, May). GC–MS profiling, descriptive sensory analysis, and consumer acceptance of Costa Rican papaya (*Carica papaya* L.) fruit purees. *Food Chemistry*, *248*, 238-246.

[8] Pasukamonset, P., Kwon, O., & Adisakwattana, S. (2016, December). Alginate-based encapsulation of polyphenols from *Clitoria ternatea* petal flower extract enhances stability and biological activity under simulated gastrointestinal conditions. *Food Hydrocolloids*, *61*, 772-779.

[9] Rodriguez-Amaya, D.B. (2016, February). Natural food pigments and colorants. *Current Opinion in Food Science*, *7*, 20-26.

[10] Azima, A.M.S., Noriham, A., & Manshoor, N. (2017, November). Phenolics, antioxidants and color properties of aqueous pigmented plant extracts: *Ardisia colorata* var. *elliptica, Clitoria ternatea, Garcinia mangostana* and *Syzygium cumini*. *Journal of Functional Foods*, *38*, 232-241.

[11] Mandade, R., Sreenivas, S.A., & Choudhury, A. (2011, July). Radical scavenging and antioxidant activity of *Carthamus tinctorius* extracts. *Free Radicals and Antioxidants*, *1*(3), 87-93.

[12] Machewad, G.M., Ghatge, P., Chappalwar, V., Jadhav, B., & Chappalwar, A. (2012, August). Studies on extraction of safflower pigments and its utilization in ice cream. *Journal of Food Process and Technology*, *3*(8), 172-174.

[13] Kazuma, K., Takahashi, T., Sato, K., Takeuchi, H., & Matsu-moto, T.T.O. (2000, August). Quinochalcones and flavonoids from fresh florets in different cultivars of *Carthamus tinctorius* L. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 64*, 1588-1599.

[14] Chang, S.K., Alasalvar, C., & Shahidi. F. (2016, March). Review of dried fruits: Phytochemicals, antioxidant efficacies, and health benefits. *Journal of Functional Foods*, *21*, 113-132.

[15] Rongkom, H., Dajanta, K., Satsawathawanwong, N., Naiton, K., Kawpongpok, K., & Petchaidum, C. (2015, November). *Impact of extraction procedure on the antioxidant properties of red roselle, butterfly pea and safflower.* 7th International Science, Social Sciences, Engineering and Energy Conference, 24-26 November, 2015, Wangchan Riverview Hotel, Phitsanulok, Thailand.

[16] Association of Official Analytical Chemists. (2000). *Official Method of Analysis of AOAC International*. The Association of Official Analytical Chemists: Washington D.C., USA.

[17] Lugue-Rodriguez, J.M., Luque de Castro, M.D., & Perez-Juan, P. (2007, October). Dynamic superheated liquid extraction of anthocyanins and other phenolic from red grape skins of wine making residues. *Bioresource Technology*, *98*(14), 2705-2713.

[18] Nuengchamnong, N., Krittasilp, K., & Ingkaninan, K. (2009, December). Rapid screening and identification of antioxidants in aqueous extracts of *Houttuynia cordata* using LC-ESI-MS coupled with DPPH assay. *Food Chemistry, 117*, 750-756.

[19] Maier, T., Schieber, A., Kammerer, D. R., & Carle, R. (2009, February). Residues of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil production as a valuable source of phenolic antioxidants. *Food Chemistry, 112*, 551-559.

[20] Udomkun, P., Nagle, M., Argyropoulos, D., Mahayothee, B., Latif, S., & Müller, J. (2016, April). Compositional and functional dynamics of dried papaya as affected by storage time and packaging material. *Food Chemistry, 196*, 712-719.

[21] Karunamoorthi, K., Kim, H.M., Jegajeevanram, K., Xavier, J., & Vijayalakshmi, J. (2014, March). Papaya: A gifted nutraceutical plant-a critical review of recent human health research. *TANG Humanitas Traditional Medicine*, *4*(1), 1-17.

[22] Adsare, S.R., Bellary, A.N., Sowbhagya, H.B., Baskaran, R., Prakash, M., & Rastogi, N.K. (2016, April). Osmotic treatment for the impregnation of anthocyanin in candies from Indian gooseberry (*Emblica officinalis*). *Journal of Food Engineering*, *175*, 24-32.

[23] Kaisoon, O., Siriamornpun, S., Weerapreeyakul, N., & Meeso, N. (2011, April). Phenolic compounds and antioxidant activities of edible flowers from Thailand. *Journal of Functional Foods*, *3*, 88-99.

[24] Gayosso-García Sancho, L.E., Yahia, E.M., & González-Aguilar, G.A. (2011, June). Identification and quantification of phenols, carotenoids, and vitamin C from papaya (*Carica papaya* L., cv. Maradol) fruit determined by HPLC-DAD-MS/MS-ESI. *Food Research International, 44*, 1284-1291.

[25] Calvache, J.N., Cueto, M., Farroni, A., Pla, M.E., & Gerschenson, L.N. (2016, December). Antioxidant characterization of new dietary fiber concentrates from papaya pulp and peel (*Carica papaya* L.). *Journal of Functional Foods*, *27*, 319-328.

[26] Benzie, I.F.F., & Strain, J.J. (1998, January). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of Antioxidant power: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry, 239*, 70-76.

[27] Fernandes, L., Casal, S., Pereira, J.A., Saraiva, J.A., & Ramalhosa, E. (2017, July). Edible flowers: A review of the nutritional, antioxidant, antimicrobial properties and effects on human health. *Journal of Food Composition and Analysis*, *60*, 38-50.