

สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกด้วยคลื่นไมโครเวฟจากเปลือกสละฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการพัฒนาตำรับครีมกันแดดแบบแท่ง

Enhancing microwave-assisted extraction of phenolic compounds from *Salacca zalacca* fruit peel, assessing antioxidant activity and formulation in sunscreen sticks

ลิขิต ลาเต๊ะ^{1*} ฮัสวานี โส๊ะสันสะ¹ และ นิสافر มุหะมัด¹

Likit Lateh^{1*}, Huswanee Sohsansa¹ and Nisaporn Muhamad¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกของผลสละ *Salacca zalacca* โดยใช้คลื่นไมโครเวฟและศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดรวมถึงความคงตัวของครีมกันแดดแบบแท่งหลังจากนำสารสกัดที่ได้เป็นส่วนผสมสำคัญ สภาวะที่ศึกษาได้แก่อัตราส่วนของวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย (4:40, 8:40, 12:40 และ 16:40 กรัมต่อมิลลิลิตร) กำลังไมโครเวฟ (200, 400, 600 และ 800 วัตต์) จำนวนรอบที่เวลา 30 วินาทีต่อรอบ ผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดอยู่ที่อัตราส่วนผงเปลือกสละ 4 กรัมต่อตัวทำละลายเอทานอล 40 มิลลิลิตร จำนวนรอบที่เหมาะสมคือ 3 รอบ กำลังไมโครเวฟเท่ากับ 600 วัตต์ ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu และประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยวิธี DPPH พบว่าสารสกัดเปลือกสละที่เตรียมได้จากการขยายขนาดการสกัดมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 86.25 mg GAE/g extract มีความสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระที่ 50 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 19.17 µg TAE/mL โดยมีผลผลิตร้อยละเท่ากับ 68 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของสารสกัดจากเปลือกของผลสละ *S. zalacca* ในการพัฒนาตำรับครีมกันแดดแบบแท่ง เนื่องจากมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่ดี เมื่อนำสารสกัดเปลือกผลสละมาผสมในตำรับครีมกันแดดแบบแท่งพบว่าสามารถคงความเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีหลังจากผ่านไป 7 วัน ที่อุณหภูมิ 25 และ 45 องศาเซลเซียส ทั้งนี้จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อทำการทดสอบความเสถียรและประสิทธิภาพของครีมกันแดดแบบแท่งที่ผสมสารสกัดจากเปลือกของผลสละ *S. zalacca* ภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันต่อไป

คำสำคัญ: เปลือกสละ สารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ไมโครเวฟ กันแดดแบบแท่ง

Abstract

The objective of this research was to determine the optimal conditions for the microwave-assisted extraction of total phenolic compounds from the peel of *Salacca zalacca*, and to evaluate the antioxidant activity of the extracts including the stability of the sunscreen stick after incorporating the extract as a key ingredient. The conditions studied

¹ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

¹ Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University

* Corresponding author. E-mail: likit.l@yru.ac.th

Received: March 28, 2024; Revised: April 25, 2024; Accepted: July 9, 2024

included the solid-to-solvent ratios (4:40, 8:40, 12:40 and 16:40 g/mL), microwave power levels (200, 400, 600 and 800 watts) and the number of cycles, each lasting 30 seconds. The optimal conditions were identified as a solid-to-solvent ratio of 4 g peel to 40 mL ethanol, 3 extraction cycles and a microwave power of 600 W. The analysis of total phenolic contents using the Folin-Ciocalteu method and the evaluation of antioxidant activity using the DPPH assay revealed that the *S. zalacca* peel extract, prepared under the scaled-up extraction conditions, contained 86.25 mg GAE/g extract of total phenolic compounds. The extract exhibited 50% radical scavenging activity of 19.17 µg TAE/mL and the extraction yield was 68%. The findings suggest that *S. zalacca* peel extract holds potential for developing sunscreen stick formulations due to its strong antioxidant properties. When incorporated into the sunscreen stick formulation, the extract maintained good homogeneity after 7 days at temperatures of 25°C and 45°C. However, further studies are required to assess the stability and efficacy of sunscreen sticks containing *S. zalacca* peel extract under different environmental conditions.

Keywords: *Salacca zalacca* peel, phenolic compounds, antioxidant activity, microwave, sunscreen stick

บทนำ

สละ (*Salacca zalacca* (Gaertn.) Voss) อยู่ในวงศ์ Arecaceae โดยทั่วไปมีชื่อว่า “snake fruit” และเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่เพาะปลูกมากในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยโดยเฉพาะ ในจังหวัดนราธิวาส พัทลุง และสุราษฎร์ธานี โดยสละมีหลายสายพันธุ์ แต่ที่ได้รับความนิยมปลูกมากที่สุดคือ สายพันธุ์สุมาลี เนื่องจาก มีกลิ่นหอมหวาน รสชาติดี (Suwanchaen et al., 2022) ซึ่งนอกจากจะนิยมรับประทานผลสุกแล้ว ในอุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้ยังมีการแปรรูปผลสละเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น น้ำสละ สละกวน สละลอยแก้ว เป็นต้น ซึ่งในกระบวนการแปรรูปใช้เฉพาะส่วนของเนื้อผลสละเท่านั้น ทำให้มีส่วนของเปลือกสละและเมล็ดสละเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตจำนวนมาก ซึ่งมีการนำไปใช้ประโยชน์น้อยมาก และถูกทิ้งเป็นของเสียทางการเกษตร และมีรายงานการศึกษาพบว่าเปลือกสละสายพันธุ์สุมาลีมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี เนื่องจากในเปลือกสละมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าในส่วนเนื้อสละ (Aralas,

Mohamed, & Bakar, 2009; Kanlayavattanakul et al., 2013) และในสารสกัดจากเปลือกสละมีองค์ประกอบทางเคมีที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด ได้แก่ กรดแกลลิก (gallic acid) กรดเฟรุลิก (ferulic acid) กรดคลอโรจีนิก (chlorogenic acid) เควอซีติน (quercetin) และกรดคาเฟอิก (Caffeic acid) เป็นต้น (Girsang et al., 2019) ซึ่งสารเหล่านี้ออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีแล้วยังมีรายงานว่า กรดคาเฟอิกที่พบในเปลือกสละออกฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์คอลลาจีเนส (collagenase) และเอนไซม์อีลาสเตส (elastase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่กระตุ้นการสลายของคอลลาเจนและอีลาสตินในชั้นผิวหนัง ซึ่งจะช่วยการชะลอการเหี่ยวย่นของผิวได้ (Girsang et al., 2020) และสารสกัดจากเปลือกสละยังมีฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสอีกด้วยและมีรายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้สละในงานเครื่องสำอาง โดยใช้สารสกัดสละด้วยเอทานอลใช้เป็นสารสำหรับทำให้ผิวขาวเนื่องจากมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสในตำรับครีมสามารถลดการเกิดเม็ดสีเมลานินเมื่อทดลองใช้กับผิวหนังผู้ทดสอบได้

(Tilaar, Ranti, & Mun'im, 2017) ดังนั้นจากรายงานวิจัยข้างต้นจะเห็นว่าสารสกัดเปลือกสละนั้นมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดีต่อผิวพรรณซึ่งสามารถจะนำมาพัฒนาเป็นสารออกฤทธิ์หลักในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้

ปัจจุบันวิธีการสกัดที่นิยมใช้ในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพนั้น มีหลายวิธี เช่น การสกัดแบบ Soxhlet การสกัดด้วยการรีฟลักซ์ การสกัดแบบแช่หมัก ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้มีข้อจำกัด คือ ใช้ตัวทำละลายในปริมาณมาก และใช้ระยะเวลาในการสกัดนานและวิธีการสกัดด้วยวิธีคาร์บอนไดออกไซด์เหลวยิ่งยวด (supercritical fluid CO₂ extraction) ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูง แต่ยังมีข้อจำกัดในแง่ของการใช้อุปกรณ์ที่มีความจำเพาะและราคาแพง และต้องมีผู้เชี่ยวชาญในการใช้งาน (Picot-Allain, Mahomoodally, Ak, & Zengin 2021) จึงต้องใช้ต้นทุนสูงในการเตรียมสารสกัด ดังนั้นวิธีการสกัดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (green extraction) และการเลือกใช้วิธีการสกัดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมาใช้ในการสกัดสารสำคัญและเตรียมสารสกัดจากพืชมากขึ้น เช่น การสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟ (microwave-assisted extraction; MAE) การสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (ultrasonic-assisted extraction; UAE) จึงเป็นวิธีการที่นิยมนำมาใช้ในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชสมุนไพรกันมากขึ้นเนื่องจากเป็นวิธีการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมีประสิทธิภาพในการสกัดสูง ใช้ตัวทำละลายและระยะเวลาในการสกัดน้อย จึงช่วยประหยัดพลังงานในการเตรียมสารสกัด ลดต้นทุนการผลิต (Chemat, Vian, & Cravotto, 2012; Lateh, Yuenyongsawad, Chen, & Panichayupakaranant, 2019) อีกทั้งยังเป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยากและซับซ้อนสามารถที่จะนำไป

ต่อยอดหรือประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการเตรียมสารสกัดหรือถ่ายทอดสู่ชุมชนต่อไปได้ จึงสนใจที่จะนำวิธีการดังกล่าวมาใช้ในการศึกษาการเตรียมสารสกัดในครั้งนี้

ผลิตภัณฑ์กันแดดแบบครีมมีลักษณะดำรับที่เป็นเนื้อครีมข้น มีเนื้อฉ่ำวาว เหมาะสำหรับสภาพผิวแห้ง ช่วยให้ผิวชุ่มชื้น แต่ก็มีลักษณะที่เหนียวเหนอะหนะเมื่อใช้ทา ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ครีมกันแดดแบบแท่งได้รับความนิยม เนื่องจากมีลักษณะดำรับเนื้อแน่น แข็ง เนื้อสัมผัสเหมือนการทาลิปสติกหรือวาสลีนลงบนผิว (balm) เมื่อทาแล้วทำให้เกิดชั้นของครีมที่หนาเหมือนฟิล์มเคลือบผิวและยังป้องกันรังสียูวีได้ดี ใช้งานง่าย พกพาสะดวก (Geoffrey, Mwangi, & Maru, 2019) อย่างไรก็ตามตำรับกันแดด นอกจากจะมีส่วนผสมของสารป้องกันแสงแดดแล้ว มีรายงานว่าครีมกันแดดที่มีการผสมสารต้านอนุมูลอิสระร่วมด้วย ส่งผลให้มีการเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันการทำร้ายผิวจากสารอนุมูลอิสระที่เกิดจากรังสียูวีเมื่อเปรียบเทียบกับครีมกันแดดที่ไม่มีส่วนผสมสารต้านอนุมูลอิสระ (Chiari et al., 2014) ดังนั้นการเติมส่วนผสมเสริมในการป้องกันแสงแดด เช่น สารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในแหล่งธรรมชาติเป็นสารประกอบที่สามารถป้องกันหรือชะลอกระบวนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดอนุมูลอิสระ (free radical) ในเซลล์ผิวที่ได้รับรังสียูวีจากแสงแดดทางหนึ่ง (Hubner et al., 2019; Ng, Gew, & Eh Suk, 2022; Thongekkaew, & Teangtam, 2023)

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินผลของวิธีการสกัด การแช่หมัก การใช้คลื่นเสียงความถี่สูงและไมโครเวฟ ในการสกัดสารประกอบฟีนอลิก

ทั้งหมดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย และศึกษาหาสภาวะที่ดีที่สุดในการสกัด และประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเปลือกสละ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกสละ และสามารถผลิตสารสกัดจากเปลือกสละอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อต่อยอดในอุตสาหกรรมผลิตสารสกัดและสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง และพัฒนาสูตรตำรับกันแดดแบบแท่งที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกสละที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้สารสกัดสำหรับการนำไปพัฒนาในระดับอุตสาหกรรมต่อไปในอนาคต

วิธีการศึกษา

1. ตัวอย่างและการเตรียมผงเปลือกสละ

เก็บตัวอย่างเปลือกสละพันธุ์สุมาลี อำเภอป่าบอน จังหวัดพัทลุง ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน นำเปลือกสละมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้แห้ง หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อน (รุ่น UF 75, Memmert) เป็นเวลาประมาณ 48 ชั่วโมง จนแห้งแล้วจึงนำมาบดด้วยเครื่องบดสมุนไพร (รุ่น 4500A, Bos Mall) เป็นผงละเอียดและผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 45 จากนั้นนำผงเปลือกที่ได้นำมาเก็บในภาชนะแห้งและปิดสนิทป้องกันแสง แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปใช้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดต่อไป

2. การศึกษาวิธีการสกัดที่เหมาะสมในการสกัดสารฟีนอลิกจากเปลือกสละ

การศึกษามูลของวิธีการสกัดในการสกัดสารฟีนอลิกจากผงเปลือกสละ 3 วิธี ได้แก่ การสกัดด้วยวิธีการแช่หมัก การสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง และ

การสกัดด้วยวิธีการให้คลื่นไมโครเวฟโดยเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และคัดเลือกวิธีการสกัดที่ดีที่สุดไปศึกษาหาสภาวะเหมาะสมในการสกัดต่อไป

2.1 การศึกษาการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากผงเปลือกสละด้วยวิธีการแช่หมัก

สกัดผงเปลือกสละด้วยวิธีการหมัก (maceration) ดัดแปลงจาก Momchev et al., (2020) โดยวิธีการพอสั่งแช่ ดังนี้ ซึ่งตัวอย่างผงเปลือกสละ 4 กรัม ลงในขวดชมพู่ 125 มิลลิลิตร แล้วเติมเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ทำการสกัดด้วยการแช่หมัก โดยเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 7 วัน ทำการกรองแล้วไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ ซึ่งน้ำหนักและนำสารสกัดที่ได้นำไปวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (รุ่น BiomatTM 160, Thermo Scientific)

2.2 การศึกษาการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากผงเปลือกสละด้วยวิธี UAE

สกัดผงเปลือกสละด้วยวิธีการสกัดด้วยวิธี UAE ดัดแปลงจาก Momchev et al., (2020) โดยมีวิธีการพอสั่งแช่ดังนี้ ซึ่งตัวอย่างผงเปลือกสละ 4 กรัม ลงในขวดชมพู่ 125 มิลลิลิตร แล้วเติมเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 40 มิลลิลิตร แล้วนำตัวอย่างสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิก (รุ่น Sonorex Digitec DT 514, Bandelin) ความถี่ 35 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่อุณหภูมิห้อง เวลา 30 นาที ทำการกรองแล้วไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ ซึ่งน้ำหนักแล้วนำสารสกัดที่ได้นำไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

2.3 การศึกษาการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากผงเปลือกสละด้วยวิธี MAE

สกัดผงเปลือกสละด้วยวิธีการสกัดด้วยวิธี MAE คัดแปลงจาก Lateh, Yuenyongsawad, Chen, & Panichayupakaranant (2019) ซึ่งมีวิธีการพองแข็งเปลือกสละด้วยน้ำผงแห้งเปลือกสละ 4 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วนำมาสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ โดยเติมตัวทำละลายเอทานอล 40 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์แล้วนำเข้าตู้อบไมโครเวฟ (รุ่น EMM30D510EB, electrolux) ที่กำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ ให้คลื่นไมโครเวฟโดยการเปิดเครื่องเพื่อให้คลื่นไมโครเวฟจำนวน 2 รอบ (1 รอบ=เปิดเครื่อง 30 วินาที และปิดเครื่อง 30 วินาที) ทำการกรองแล้วนำไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ ซึ่งน้ำหนักแล้วนำสารสกัดที่ได้นำไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

3. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกสละด้วยวิธี MAE

การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากผงเปลือกสละด้วยวิธีการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟโดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟ ได้แก่ อัตราส่วนผงเปลือกสละต่อตัวทำละลายเอทานอล กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัด จำนวนรอบในการเปิดเครื่องเพื่อให้คลื่นไมโครเวฟ โดยเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และคัดเลือกสภาวะที่ดีที่สุดไปศึกษาการขยายขนาดการสกัดด้วยไมโครเวฟต่อไป

3.1 การศึกษาอัตราส่วนผงเปลือกสละต่อตัวทำละลายเอทานอล

ซึ่งผงเปลือกสละปริมาณ 4, 8, 12 และ 16 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วนำมาสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 40 มิลลิลิตร สกัดด้วยวิธีการสกัดเช่นเดียวกันกับการสกัดในข้อ 2.3 เมื่อสกัดเสร็จแล้วจึงกรองแล้วนำไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (รุ่น Hei-VAP Advantage, Heidolph) บันทึกน้ำหนักสารสกัดแล้วนำสารสกัดไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยเครื่องเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และคัดเลือกอัตราส่วนที่ดีที่สุดไปใช้ในการศึกษาหา กำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อไป

3.2 การศึกษากำลังไฟฟ้าที่เหมาะสม

ซึ่งผงเปลือกสละด้วยอัตราส่วนผงเปลือกสละต่อตัวทำละลายเอทานอลที่เหมาะสม (ซึ่งได้มาจากการทดลองในข้อ 3.1) และแปรเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสกัดในช่วง 200, 400, 600 และ 800 วัตต์ เมื่อสกัดเสร็จแล้วทำการกรอง แล้วไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ บันทึกน้ำหนักสารสกัดแล้วนำสารสกัดไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และคัดเลือกกำลังไฟฟ้าที่ดีที่สุดไปใช้ในการศึกษาหาจำนวนรอบในการให้คลื่นไมโครเวฟที่เหมาะสมต่อไป

3.3 การศึกษาจำนวนรอบในการให้คลื่นไมโครเวฟในการสกัดที่เหมาะสม

สกัดผงเปลือกสละด้วยอัตราส่วนผงเปลือกสละต่อตัวทำละลายเอทานอลและกำลังไฟฟ้าที่

เหมาะสม (ซึ่งได้มาจากการทดลองในข้อ 3.2) และแปรเปลี่ยนจำนวนรอบที่ทำให้คลื่นไมโครเวฟเป็น 1, 2, 3 และ 4 รอบ (1 รอบ=เปิดเครื่อง 30 วินาที และปิดเครื่อง 30 วินาที) เมื่อสกัดเสร็จแล้วทำการกรอง แล้วไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศบนที่ก้นน้ำหนักสารสกัด แล้วนำสารสกัดไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยเครื่อง สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

3.4 การศึกษาการขยายขนาดการสกัดสารฟีนอลิกจากเปลือกสละด้วยวิธี MAE

สกัดผงเปลือกสละด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้อัตราส่วนผงเปลือกสละ 150 กรัม ต่อเอทานอล 1.50 ลิตร สกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ เวลา 3 นาที เมื่อสกัดเสร็จแล้ววัดอุณหภูมิสารสกัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์ ทำการกรองสารสกัด แล้วนำไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ ซึ่งน้ำหนักสารสกัด และนำสารสกัดไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ แล้วนำไปใช้ในการศึกษาในการเตรียมตำรับครีมกันแดดแบบแห้งต่อไป

4. การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric ดัดแปลงจาก Wabaidur et al., (2020) โดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน มีวิธีการพอสั่งเช่นนี้ นำสารตัวอย่างสารสกัด 0.10 มิลลิลิตร ผสมกับ 1 นอร์มอล Folin-Ciocalteu phenol reagent ปริมาตร 1 มิลลิลิตร พักทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติม 20% w/v Na_2CO_3 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาทีที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (รุ่น Biomate™160 UV-Vis spectrophotometer, thermo

scientific) ที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ (n=3) สำหรับ blank ใช้ น้ำกลั่นแทนสารสกัดตัวอย่าง และใช้กรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 3.12, 6.25, 12.50, 25 และ 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรเป็นสารละลายมาตรฐาน โดยทำการทดลองเช่นเดียวกับสารสกัดข้างต้น โดยเปลี่ยนจากสารสกัดตัวอย่างเป็นสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก และนำค่าที่วัดได้ไปสร้างกราฟมาตรฐาน จากนั้นนำผลผลิตที่ได้จากการทดสอบสารสกัดจากเปลือกสละไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน เพื่อคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม โดยรายงานผลในหน่วยของมิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อตัวอย่าง 1 กรัม (mg GAE/g extract)

5. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเปลือกสละด้วยวิธี DPPH colorimetric ดัดแปลงจาก Sudiono, & Susanto (2021) โดยใช้ 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl radical (DPPH) เป็นอนุมูลอิสระ มีวิธีการโดยสังเขปดังนี้ เริ่มจากนำสารสกัดตัวอย่างละ 150 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลองเติมสาร DPPH ความเข้มข้น 0.20 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2.90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิห้อง 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ค่าการดูดกลืนแสงจะแปรผันตรงกับปริมาณที่เหลือของอนุมูลอิสระ โดยใช้เมทานอลเป็น blank และใช้ trolox ที่ความเข้มข้น 0.31, 0.62, 1.25, 2.50 และ 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรเป็นสารละลายมาตรฐาน โดยมีวิตามินซี (L-ascorbic acid) เป็นตัวควบคุมบวก (positive control) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ (n=3) นำไปคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (%Inhibition) จากสูตร รายงาน

ผลในรูปความเข้มข้นของสารสกัดที่ทำให้สารอนุมูลอิสระ ลดลงร้อยละ 50 (IC_{50}) โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน trolox โดยค่า IC_{50} คำนวณจากสมการที่ได้จากกราฟ เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ดังสมการ (1)

$$\%Inhibition = [(A_{control} - A_{sample}) / A_{control}] \times 100 \quad (1)$$

%Inhibition คือ เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

$A_{control}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH

A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

6. การพัฒนาตำรับครีมกันแดดแบบแท่ง จากสารสกัดเปลือกสละ

6.1 การศึกษาปริมาณแว็กซ์ในตำรับพื้นครีมกันแดดแบบแท่ง

การศึกษาตำรับพื้นสูตรครีมกันแดดแบบแท่งชนิด water-in-oil (w/o) ที่เหมาะสมโดยใช้สูตรตำรับ ดัดแปลง จาก Bhattacharya, & Sherje (2020) โดยศึกษาปริมาณ ของแว็กซ์ (synthetic white wax) ในตำรับพื้นสูตรที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 5, 10 และ 15%w/w ตามลำดับ (Table 1) มีขั้นตอนการตั้งตำรับพอสังเขป ดังนี้ ละลายแว็กซ์ให้

หลอมเป็นของเหลว ใส่ส่วนน้ำมันที่มีส่วนผสมของ สารกันแดดลงไป ทำการคนให้เข้ากัน แล้วจึงใส่ตัว ประสาน (emulsifier) จากนั้นคนให้เข้ากัน แล้วลดอุณหภูมิ เหลือประมาณ 45 องศาเซลเซียส ตามด้วยสารกันเสีย และกลิ่น บรรจุใส่หลอด และประเมินลักษณะทางกายภาพ ของตำรับและคัดเลือกสูตรตำรับพื้นที่ดีที่สุด โดย พิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของตำรับที่ต้องการ ได้แก่ สีขาวนวล ไม่มีกลิ่น มีความมันวาวน้อย เกลี่ยง่าย เนื้อตำรับแข็ง ไม่หักง่าย มาใช้เตรียมตำรับกันแดด แบบแท่งที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกสละต่อไป

6.2 การเตรียมตำรับครีมกันแดดแบบแท่ง ที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกสละ

เตรียมตำรับครีมกันแดดแบบแท่งด้วยวิธีการ และสูตรพื้นที่ดีที่สุด (ที่ได้จากข้อ 6.1) โดยเติมสารสกัด เปลือกสละปริมาณ 1%w/w (ที่ได้จากข้อ 3.4) โดยเติม สารสกัดเปลือกสละลงในส่วนของน้ำ (water phase) บรรจุใส่หลอด และศึกษาความคงตัวของตำรับตาม มาตรฐาน มอก.เอส 17-2561 (Thai Industrial Standards Institute, 2018) ต่อไป

Table 1 Formulation of sunscreen stick.

ingredients	function	formulation (%w/w)		
		F1	F2	F3
propylene glycol	solvent, emollient	1	1	1
water	solvent	19.77	14.77	9.77
witch hazel	astringent pore tightening	5	5	5
pure-Succinic™	anti acne	2	2	2
phenoxyethanol SA	preservative	1	1	1
papaya Extract	antioxidant	0.50	0.50	0.50
zinc oxide	sunscreen	6.68	6.68	6.68
OMC	sunscreen	6.68	6.68	6.68
titanium dioxide	sunscreen	3.33	3.33	3.33

Table 1 Formulation of sunscreen stick (continue).

ingredients	function	formulation (%w/w)		
		F1	F2	F3
oxybenzone	sunscreen	2.64	2.64	2.64
BEMT	sunscreen	0.70	0.70	0.70
shea butter	moisturizer	1	1	1
ozokerite wax	thickener	6	6	6
synthetic white wax	thickener	5	10	15
LipidSoft™ Lite	emollient	15	15	15
olive oil	antioxidant	3	3	3
sunflower oil	moisturizer	1.50	1.50	1.50
tree tea oil	anti inflammation	1.50	1.50	1.50
mineral oil	moisturizer	3	3	3
jojoba oil	moisturizer	3	3	3
cetearyl alcohol	stabilizer	1	1	1
vitamin E	antioxidant	0.50	0.50	0.50
polymethyilsesquioxane	soft-focus	3	3	3
xanthan gum	thickener	0.20	0.20	0.20
hydrogenated castor oil	moisturizer	5	5	5
Oil Blender™	emulsifier	2	2	2

7. การทดสอบความคงตัวของครีมกันแดดแบบแท่งที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกสละ

ทดสอบคุณสมบัติของตัวผลิตภัณฑ์ครีมกันแดดแบบแท่งให้คงคุณภาพตลอดอายุการใช้งาน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ โดยทดสอบความคงตัว (stability) ของตำรับครีมกันแดดแบบแท่งที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกสละ โดยเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 1 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิ 45 ± 1 องศาเซลเซียส และประเมินลักษณะทางกายภาพของตำรับ ได้แก่ สี กลิ่น และเนื้อสัมผัส บันทึกการทดลอง (มอก.เอส 17-2561)

7.1 การประเมินลักษณะทางกายภาพ

ตำรับที่พัฒนาขึ้นจะต้องมีลักษณะกึ่งแข็งหรือเหลว มีเนื้อเรียบ เป็นมัน สีสมน้ำเสมอ ไม่มีสิ่งแปลกปลอมและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน กลิ่นบูด โดยทดสอบด้วยวิธีการตรวจพินิจและการดม

7.2 การประเมินคุณลักษณะเฉพาะ

7.2.1 จุดโค้งงอ ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 45 ± 1 องศาเซลเซียส

หมุนหรือดันตัวอย่างตำรับกันแดดแบบแท่งออกจากแท่งบรรจุให้สุดนำไปวางในแนวนอนดูทดสอบ

ความเสถียรของยา (stability testing chambers) ที่อุณหภูมิ 45 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยให้ส่วนของแท่งตัวอย่างดำรับขนานกับพื้นมากที่สุด วัดระยะตัวอย่างดำรับที่โค้งงอลงมาจากระดับเดิม ทดสอบซ้ำโดยใช้แท่งใหม่แล้วหาค่าเฉลี่ย

7.2.2 จุดเริ่มหลอมเหลว (จุดหยุด) จุดเริ่มหลอมตัว ≤ 60 องศาเซลเซียส

หลอมตัวอย่างดำรับกันแดดแบบแท่งลงในบีกเกอร์ให้ละลาย จุ่มกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ลงในตัวอย่างดำรับ ตั้งไว้ให้เย็น นำตัวอย่างดำรับพร้อมทั้งเทอร์โมมิเตอร์ออกจากบีกเกอร์แล้วใส่ลงในหลอดทดลองโดยให้ตัวอย่างดำรับอยู่เหนือกันหลอดทดลองนำไปแช่ในอ่างน้ำร้อนบนที่อุณหภูมิที่ตัวอย่างดำรับหลอมละลายหยดลงมาทำซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

8. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ทุกด้านทำการทดลอง 3 ซ้ำ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance; ANOVA) โดยการวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Turkey's test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการศึกษา

1. การศึกษาวิธีการสกัดที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกสละ

การศึกษาค้นคว้าของวิธีการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากผงบเปลือกสละด้วยวิธีการสกัดด้วยการแช่หมัก การสกัดด้วยวิธี UAE และการสกัดด้วยวิธี MAE จากการศึกษาพบว่าวิธีการสกัดด้วยวิธีใดไม่ใคร่พบมีปริมาณฟีนอลิกรวมในสารสกัดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยมีผลผลิตร้อยละ 43 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม 87.54 mg GAE/g extract เมื่อเทียบกับวิธีการสกัดด้วยวิธีการแช่หมักและการสกัดด้วยวิธี UAE และเมื่อพิจารณาผลของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเปลือกสละ พบว่าวิธีการสกัดด้วยวิธี MAE มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด รองลงมา คือ การสกัดด้วยวิธี UAE และการสกัดการแช่หมักตามลำดับ โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 28.83, 30.04 และ 38.57 μ g TAE/mL ตามลำดับ ดังนั้นจึงคัดเลือกวิธีการสกัดแบบ MAE ไปศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากผงบเปลือกสละต่อไป

Table 2 Total phenolic contents and antioxidant activity of *Salacca zalacca* fruit peel extracts, extracted using various methods.

extraction methods	% Yield	total phenolic contents	antioxidant activity
		(mg GAE/g extract)	IC_{50} (μ g TAE/mL)
maceration	38	76.12 ^a $\pm$ 0.00	38.57 ^c $\pm$ 2.14
ultrasound assisted extraction (UAE)	40	82.23 ^b $\pm$ 0.00	30.04 ^b $\pm$ 2.92
microwave assisted extraction (MAE)	43	87.54 ^c $\pm$ 0.00	28.83 ^a $\pm$ 2.32

remark: means followed by the same letter within a column are not significantly different according to Turkey's test, values of $p<0.05$ were considered statistically significant.

2. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารฟีนอลิกด้วยวิธี MAE

2.1 การศึกษาอัตราส่วนผงเปลือกสละกับตัวทำละลายที่เหมาะสม

การศึกษาผลของอัตราส่วนของผงเปลือกสละต่อตัวทำละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ โดยศึกษาที่อัตราส่วน 4:40, 8:40, 12:40 และ 16:40 กรัมต่อมิลลิลิตร จากการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณผงเปลือกสละ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่อัตราส่วน 4:40 และ 8:40 (Table 3) และเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในอัตราส่วน 12:40 (81.15 µg GAE/g Extract) อาจเกิดจากการเพิ่มปริมาณผงสละทำให้สามารถสกัดสารในกลุ่มฟีนอลิกได้เพิ่มขึ้น

และเมื่อเพิ่มผงสละถึงอัตราส่วน 16:40 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงเนื่องจากในสารสกัดมีสารชนิดอื่น ๆ ถูกสกัดออกมาด้วยจึงทำให้ปริมาณร้อยละผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่สารประกอบฟีนอลิกลดลง และเมื่อพิจารณาค่าความสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (IC_{50}) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณผงเปลือกสละฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเกิดจากการที่สารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดลดลง ดังนั้นอัตราส่วนผงเปลือกสละ 4 กรัมต่อตัวทำละลายเอทานอล 40 กรัมต่อมิลลิลิตร คืออัตราส่วนที่เหมาะสมและนำอัตราส่วนดังกล่าวไปศึกษาหากล้างไฟฟ้าที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากผงเปลือกสละด้วยวิธีการสกัดแบบ MAE ต่อไป

Table 3 Total phenolic contents and antioxidant activity of *Salacca zalacca* fruit peel extracts, extracted with the microwave-assisted extraction using various powders to solvent ratios.

powders to solvent ratios (g/mL)	% Yield	total phenolic contents (mg GAE/g extract)	antioxidant activity IC_{50} (µg TAE/mL)
4/40	41	84.35 ^c ±0.02	29.93 ^a ±2.87
8/40	44	81.42 ^b ±0.01	32.82 ^b ±2.21
12/40	46	79.15 ^a ±0.00	53.24 ^c ±1.40
16/40	59	78.65 ^a ±0.00	63.35 ^d ±1.32

remark: means followed by the same letter within a column are not significantly different according to Turkey's test, values of $P < 0.05$ were considered statistically significant.

2.2 การศึกษากล้างไฟฟ้าที่เหมาะสม

การศึกษาผลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมที่ล้างไฟฟ้า 200, 400, 600 และ 800 วัตต์ โดยใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวทำละลายในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากผงเปลือกสละจากการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าจนถึง 600 วัตต์ กำลังไฟฟ้าที่ให้ไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสาร

สกัดจากผงเปลือกสละ (Table 4) ในขณะเดียวกันเมื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าถึง 800 วัตต์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเกิดจากผลของความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อกำลังไฟฟ้าสูงขึ้น จึงอาจทำให้สารประกอบฟีนอลิกบางชนิดเกิดการสลายตัวหรือแปลงสภาพได้ (Prathumtet, Surasorn, & Paopa, 2019) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย

ของ Purintraphiban, & Poonpaerdchon (2020) รายงานว่า การให้อุณหภูมิในการอบเปลือกผลพริกขี้หนูที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลง และเมื่อพิจารณาค่าความสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (IC_{50}) พบว่าเมื่อกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัด

ผงเปลือกสละเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าสารสกัดผงเปลือกสละที่กำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ ที่ค่า IC_{50} สูงสุดเท่ากับ $27.93 \pm 0.423 \mu\text{g TAE/mL}$ ดังนั้นกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมคือ 600 วัตต์ และกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมไปศึกษาหาจำนวนรอบในการให้คลื่นไมโครเวฟต่อไป

Table 4 Total phenolic contents and antioxidant activity of *Salacca zalacca* fruit peel extracts, extracted with the microwave-assisted extraction using various irradiation powers.

irradiation power (Watt)	% Yield	total phenolic contents (mg GAE/g extract)	antioxidant activity IC_{50} ($\mu\text{g TAE/mL}$)
200	37	$39.72^a \pm 0.00$	$37.51^b \pm 3.24$
400	32	$46.22^b \pm 0.00$	$40.16^c \pm 2.45$
600	41	$98.35^d \pm 0.00$	$27.93^a \pm 0.42$
800	33	$91.54^c \pm 0.00$	$43.87^d \pm 3.02$

remark: means followed by the same letter within a column are not significantly different according to Turkey's test, values of $P < 0.05$ were considered statistically significant.

2.3 การศึกษาจำนวนรอบในการให้คลื่นไมโครเวฟที่เหมาะสม

การศึกษาหาจำนวนรอบในการเปิดเครื่องเพื่อให้คลื่นไมโครเวฟที่เหมาะสมส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการสกัดมากที่สุด โดยศึกษาหาจำนวนรอบในการเปิดเครื่องเพื่อให้คลื่นไมโครเวฟที่แตกต่างกันตั้งแต่ 1-4 รอบ (1 รอบคือ เปิดเครื่อง 30 วินาที และปิด 30 นาที) ในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากผงเปลือกสละพบว่า เมื่อเพิ่มจำนวนรอบในการให้คลื่นไมโครเวฟจนถึง 3 รอบ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดผงเปลือกสละเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในสารสกัดสูงสุดในรอบที่ 3 (Table 5) และเมื่อพิจารณาค่าความสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ

ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (IC_{50}) พบว่า การสกัดด้วยการให้คลื่นไมโครเวฟจำนวนรอบ 3 รอบ สารสกัดผงเปลือกสละมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกด้วยวิธีไมโครเวฟ คือ ใช้ผงเปลือกสละ 4 กรัม ต่อเอทานอล 40 มิลลิลิตร ที่กำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ เปิดเครื่องเพื่อให้คลื่นไมโครเวฟจำนวน 3 รอบ สกัดผงเปลือกสละเพียงหนึ่งครั้ง โดยให้สารสกัดเปลือกสละที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในสารสกัดจากเปลือกสละ เท่ากับ $89.54 \text{ mg GAE/g extract}$ ให้ผลผลิตร้อยละ 42 และมีค่า IC_{50} สูงสุด เท่ากับ $29.32 \mu\text{g TAE/mL}$ และใช้สภาวะดังกล่าวไปใช้ในการศึกษาการขยายขนาดการสกัดต่อไป

Table 5 Total phenolic contents and antioxidant activity of *Salacca zalacca* fruit peel extracts, extracted with the microwave-assisted extraction using various irradiation cycles.

irradiation cycles (Cycle)	% Yield	total phenolic contents (mg GAE/g extract)	antioxidant activity IC ₅₀ (µg TAE/mL)
1	43	65.43 ^b ±0.00	33.04 ^b ±0.33
2	42	68.21 ^c ±0.00	39.21 ^c ±0.06
3	44	89.54 ^d ±0.00	29.32 ^a ±0.85
4	45	58.38 ^a ±0.02	44.15 ^d ±0.19

remark: means followed by the same letter within a column are not significantly different according to Turkey's test, values of P<0.05 were considered statistically significant.

3. การศึกษาการขยายขนาดการสกัด ฟีนอลิกจากเปลือกสละด้วยวิธี MAE

จากการศึกษาการขยายขนาดการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกสละด้วยวิธี MAE โดยขยายขนาดการสกัดขึ้น 30 เท่า ด้วยสภาวะที่ดีที่สุดที่ได้จากการศึกษามาก่อนหน้านี้ พบว่า เมื่อขยายขนาดการสกัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในสารสกัดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 6) และเมื่อเตรียมสารสกัดในปริมาณที่มากขึ้นร้อยละผลผลิตที่ได้เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 20 เมื่อเทียบกับการสกัดในขนาดเล็ก และเมื่อพิจารณาความสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (IC₅₀) ของการเตรียมสารสกัดเปลือกสละในรูปแบบการสกัดขนาดเล็กและขนาดใหญ่ พบว่า มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 22.32 และ 19.17 µg TAE/mL ซึ่งจะเห็นว่าการเตรียมสารสกัดในสเกลขนาดใหญ่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่สูงขึ้นจึงทำให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าการเตรียมสเกลขนาดเล็ก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Matthayom, Nochai, KoKaew, Pisapak, & Robmuang (2020) ที่ศึกษาปริมาณสารประกอบ

ฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำสกัดจากผลมะหาดสุก พบว่าน้ำสกัดผลมะหาดที่มีสารปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่สูงจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงด้วย ซึ่งอาจเกิดจากการสกัดในสเกลขนาดใหญ่มีการสะสมความร้อนในระหว่างการสกัดสูงกว่าการสกัดในสเกลขนาดเล็กจึงทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น จึงมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้สารสำคัญได้มากขึ้นด้วย (Pham, Le, Pham, & Le, 2022) ดังนั้นจึงนำสารสกัดเปลือกสละที่เตรียมได้ไปใช้ไปพัฒนาตำรับครีมกันแดดแบบแท่งต่อไป

4. การพัฒนาตำรับครีมกันแดดแบบแท่ง จากสารสกัดเปลือกสละ

4.1 ผลการศึกษาปริมาณแวกซ์ในสูตร ตำรับพื้น

การศึกษาผลของปริมาณแวกซ์ซึ่งมีผลต่อความแข็งและลักษณะทางกายภาพในสูตรตำรับกันแดดแบบแท่งที่ปริมาณแวกซ์ 5, 10 และ 15%w/w (Table 1) จากผลการศึกษาพบว่าค่าร้อยละผลผลิตของตำรับพื้นที่ 1, 2 และ 3 ได้เท่ากับ 98.80, 98.70 และ 97.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่าปริมาณแวกซ์

ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความแข็งตัวของตำรับพื้นครีมกันแดดเพิ่มขึ้นและ %creaming ของตำรับสูตร 1, 2 และ 3 ได้เท่ากับ 10, 9.50 และ 7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพของตำรับพื้นสูตรที่ 3 พบว่าครีมกันแดดมีลักษณะสีขาวนวลไม่มีกลิ่น และ

มีความมันวาวน้อยกว่าสูตรอื่น มีการแข็งตัวดีที่สุด ไม่หักง่าย เมื่อเทียบกับสูตรตำรับพื้นสูตรที่ 1 และ 2 (Table 7) ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรตำรับพื้นสูตรที่ 3 ไปเตรียมตำรับกันแดดที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกสละ และศึกษาลักษณะทางกายภาพความคงตัวของตำรับต่อไป

Table 6 Total phenolic contents and antioxidant activity of *Salacca zalacca* fruit peel extracts, extracted with the microwave-assisted extraction using various scales.

extraction Scale	% Yield	temperature (°C)	total phenolic contents	antioxidant activity
			(mg GAE/g extract)	IC ₅₀ (µg TAE/ml)
small scale	45	70	84.12 ^a ±0.00	22.32 ^b ±0.85
large scale	68	75	86.25 ^a ±0.00	19.17 ^a ±1.11

remark: means followed by the same letter within a column are not significantly different according to Turkey's test, values of P<0.05 were considered statistically significant.

Table 7 Physical properties evaluation parameters of 3 basic sunscreen stick formulas.

physical properties	specific	base sunscreen stick		
	characteristics	formulation 1	formulation 2	formulation 3
color	soft white	white	soft white	soft white
odor	odorless	odorless	odorless	odorless
texture	moisture			
	(dry/glossy)	glossy	glossy	glossy
	slipperiness	high spread	low spread	low spread
	whiteness [*] (+/-)	+	-	-
physical appearance of basic formular				

^{*} whiteness + (white), - (non-white)

5. การทดสอบความคงตัวของตำรับครีมกันแดดแบบจากสารสกัดเปลือกสละ

การศึกษาคงตัวด้านกายภาพตามเกณฑ์มาตรฐานมอก.เอส 17-2561 ของตำรับครีมกันแดดแบบแท่ง

ที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกสละ 1%w/w โดยศึกษาความคงตัวของตำรับ ที่อุณหภูมิห้อง (25±1 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิ 45±1 องศาเซลเซียส เวลา 1 วัน และ 7 วัน (Table 8) พบว่าเมื่อตำรับครีมกันแดดแบบแท่งจากสาร

สกัดเปลือกสละที่เก็บไว้ในอุณหภูมิห้องเปรียบเทียบกับระหว่างระยะเวลาก่อนการจัดเก็บกับระยะเวลาหลังจัดเก็บนาน 1 วัน ตำรับมีลักษณะเนื้อสีขาว มีกลิ่นหอม ไม่มี ความขาววอก เนื้อสัมผัสมันวาว ไม่มีจุดไค้งอและมีจุดเริ่มห่อมนเหลืองที่ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งลักษณะ

ทางกายภาพไม่เปลี่ยนแปลง ไม่มีจุดไค้งอและจุดห่อมนเหลืองที่เปลี่ยนไป แต่เมื่อเก็บเป็นระยะเวลานาน 7 วัน พบว่าตำรับมีลักษณะเนื้อสีครีม มีกลิ่นหอม ไม่มีความขาววอก เนื้อสัมผัสมันวาว ไม่มีจุดไค้งอและมีจุดเริ่มห่อมนเหลือง 33 องศาเซลเซียส (Table 9)

Table 8 Physical properties of sunscreen stick formulas containing *Salacca zalacca* fruit peel extract various storage conditions.

storage conditions	day	physical properties					
		whiteness [*]	oily	color	odor	drooping point (mm) ^{**}	melting point (°C) ^{***}
25±1 °C	0	-	glossy	white	odorous	-	-
	1	-	glossy	white	odorous	0	30±2
	7	-	glossy	cream	odorous	0	33±2
45±1 °C	0	-	glossy	white	odorous	-	-
	1	-	glossy	cream	odorous	3.00±0.52	35±2
	7	-	glossy	light brown	odorous	4.50±0.52	34±2

^{*} whiteness + (white), - (non-white), ^{**} drooping point ≤5 mm, ^{***} melting point ≤60 °C.

Table 9 Physical appearance of sunscreen stick formulas containing *Salacca zalacca* fruit peel extract various storage conditions.

storage conditions	physical appearance		
	0 day	7 day	14 day
25±1 °C			
			
45±1 °C			
			

อภิปรายผล

จากการศึกษาวิธีการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกสละที่เหมาะสม ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการสกัดกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด พบว่าการสกัดด้วยวิธี MAE มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดด้วยวิธีแช่หมัก และวิธี UAE ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาผลของวิธีการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากใบมะกอกด้วยวิธีต่าง ๆ พบว่าการสกัดด้วยวิธี MAE มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด เมื่อเทียบกับการสกัดด้วยวิธีการสกัดด้วยวิธี UAE และการแช่หมัก (Rosa, Vanga, Gariepy, & Raghavan, 2019; Opris et al., 2021) เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญจากพืชด้วยการส่งผ่านคลื่นไมโครเวฟไปยังเซลล์พืชทำให้โมเลกุลของน้ำในเซลล์พืชเกิดการสั่นสะเทือนและความร้อนขึ้น ทำให้เกิดแรงดันภายในเซลล์ขึ้นทำให้เซลล์แตกและปล่อยสารสำคัญที่อยู่ในภายในเซลล์ออกมาผสมกับตัวทำละลายที่ใช้สกัด ซึ่งข้อดีของวิธีนี้คือ ลดระยะเวลาในการหมัก ลดปริมาณการใช้ตัวทำละลาย เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งยังสามารถสกัดสารสำคัญได้มากยิ่งขึ้น (Sanchez-Reinoso et al., 2020) ดังนั้นจึงเลือกวิธีการ MAE ไปศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสารประกอบฟีนอลิกด้วยวิธีไมโครเวฟ ได้แก่ ผลของอัตราส่วนผงเปลือกสละต่อตัวทำละลายเอทานอล กำลังไฟฟ้า จำนวนรอบในการให้คลื่นไมโครเวฟ และประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ได้ด้วยวิธี DPPH เมื่อพิจารณาผลของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเปลือกสละ ในการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดด้วยวิธี MAE นั้น จะเห็นว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจะแปรผันตรงกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในสารสกัดซึ่งสอดคล้องกับ

งานวิจัยที่มีรายงานการศึกษาสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดชาดอกไม้ 3 ชนิด พบว่าเมื่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น (Prathumtet, Surasorn, & Paopa, 2019) และเมื่อศึกษาการขยายขนาดการเตรียมสารสกัดเพิ่มขึ้น 30 เท่าจะเห็นว่าการเตรียมในปริมาณมากขึ้นทำให้ร้อยละการผลิตเพิ่มขึ้น ปริมาณร้อยละ 20 และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการสกัดขนาดเล็ก อันเนื่องมาจากปัจจัยของการถ่ายเทพลังงานซึ่งเป็นคุณสมบัติหลักของการทำความร้อนของคลื่นไมโครเวฟเมื่อมีปริมาณของตัวทำละลายในปริมาณมากขึ้น (Osorio-Tobón, 2020; Jha, & Sit, 2022) วิธีการสกัดด้วยวิธี MAE มีประสิทธิภาพในการเตรียมสารสกัดจากเปลือกสละซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sanchez-Reinoso et al. (2020) รายงานว่าการสกัดด้วยวิธี MAE สามารถสกัดสารประกอบฟีนอลิกรวมจากเปลือกถั่วดาวอินคาได้มากที่สุด และเมื่อพิจารณาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่เตรียมได้จากสภาวะที่ดีที่สุดสารสกัดเปลือกสละที่เตรียมได้มีค่า IC_{50} เท่ากับ $19.17 \mu\text{g TAE/mL}$ ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีกว่าสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ($85.32 \pm 0.732 \mu\text{g TAE/mL}$) 4 เท่า จะเห็นว่าสารสกัดเปลือกสละมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี จึงมีศักยภาพมาใช้เป็นส่วนผสมในตำรับเครื่องสำอางได้ โดยมีรายงานงานว่าครีมกันแดดที่มีการผสมสารต้านอนุมูลอิสระร่วมด้วยส่งผลให้มีการเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันการทำร้ายผิวจากสารอนุมูลอิสระที่เกิดจากรังสียูวี เมื่อเปรียบเทียบกับครีมกันแดดที่ไม่ผสมสารต้านอนุมูลอิสระ (Chiari et al., 2014) ดังนั้นจึงนำสารสกัดเปลือกสละนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบกันแดดแบบแท่งต่อไป การศึกษาผลของปริมาณแวกซ์ใน

ตำรับพื้นกันแดดแบบแห้งที่เหมาะสม พบว่า ปริมาณ แร็กซ์ที่เหมาะสมในตำรับพื้นปริมาณแร็กซ์เท่ากับ 15%w/w โดยให้ลักษณะตำรับพื้นกันแดดที่มีลักษณะ สีขาวนวล ไม่มีกลิ่น และมีความมันวาวน้อย และมีการ แข็งตัวดีที่สุด ไม่หักง่าย เมื่อเทียบกับสูตรตำรับพื้น จึงคัดเลือกตำรับพื้นสูตรที่ 3 ในการเตรียมสูตรตำรับ กันแดดแบบแห้งที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกสละ 1%w/w และประเมินคุณสมบัติและความคงตัวตาม มาตรฐาน มอก.เอส 17-2561 โดยกำหนดลักษณะเฉพาะ ผลิตภัณฑ์ จุดเค็งงอได้ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร และจุดเริ่ม หลอมน้อยกว่า 60 องศาเซลเซียส พบว่าตำรับกันแดด ที่เตรียมได้มีลักษณะเนื้อสีขาว มีกลิ่นหอม ไม่มีความ ขาววอก เนื้อสัมผัสมันวาว ไม่มีจุดเค็งงอและมีจุด เริ่มหลอมเหลว แต่เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง และ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 และ 14 วัน พบว่า ลักษณะสีของตำรับมีสีเข้มขึ้น แต่เนื้อสัมผัสยังคง ลักษณะเดิม มีค่าจุดเค็งงออยู่ในช่วง 3-4.50 มิลลิเมตร และมีจุดเริ่มหลอมเหลวอยู่ในช่วง 30-35 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าอยู่ในช่วงเกณฑ์ที่ได้กำหนด โดยลักษณะสี ของตำรับมีสีเข้มขึ้นเมื่อเก็บในระยะเวลาสั้นขึ้นนั้น อาจเกิดจากการใช้สารสกัดที่มีปริมาณสูงซึ่งอาจ ทำให้สารบางตัวที่มีอยู่ในสารสกัดเกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชันได้กับสารในตำรับได้จึงอาจจะส่งผล ต่อลักษณะทางกายภาพของตำรับได้ ซึ่งมีรายงานว่า การใช้สารสกัดสมุนไพรชนิดอื่น ๆ ที่นิยมใช้ผสมลงไปในสูตรเครื่องสำอางนั้นอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาอัน ไม่พึงประสงค์ อาทิเช่น ความเหนียวเกิดการเปลี่ยนแปลง เกิดการตกตะกอน และเกิดกระบวนการออกซิเดชัน ของสารบางชนิดในตำรับ ดังนั้นจึงเป็นข้อควรระวังใน การใช้สารสกัดสมุนไพรในส่วนผสมของเครื่องสำอาง

ต่าง ๆ (Buso, Radice, Baldisserotto, Manfredini, & Vertuani, 2017) และสำหรับตำรับกันแดดนั้นจะต้อง อาศัยการทดลองสูตรเบื้องต้นเพื่อหาความเหมาะสมของ อัตราส่วนสารสกัดเปลือกสละหรือการใช้สารที่ช่วยเพิ่ม ความคงตัวที่จะใส่ลงไปในสูตรของผลิตภัณฑ์ต่อไป

สรุป

จากการผลึกษาคครั้งนี้พบว่าสารสกัด สารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกสละด้วยวิธี MAE เป็นวิธีที่ดีที่สุด โดยมีสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด คือ ใช้ผงเปลือกสละ 4 กรัม ต่อ ตัวทำละลายเอทานอล 40 มิลลิตร ที่กำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ เปิดเครื่องเพื่อให้ คลื่นไมโครเวฟจำนวน 3 รอบ โดยให้สารสกัดเปลือกสละ ที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและมีฤทธิ์ต้านอนุมูล อิสระดีกว่าวิตามินซี และปริมาณแร็กซ์ในตำรับพื้น กันแดดแบบแห้งที่เหมาะสมเท่ากับ 15%w/w และ เมื่อนำสารสกัดเปลือกสละที่เตรียมได้เป็นส่วนผสม ในตำรับที่ความเข้มข้น 1%w/w พบว่าตำรับสามารถ คงความเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีหลังจากผ่านไป 7 วันที่ อุณหภูมิ 25 และ 45 องศาเซลเซียส ดังนั้นจากคุณสมบัติ ที่เด่นชัดเหล่านี้ทำให้เปลือกสละมีความเหมาะสมใน การนำมาพัฒนาเป็นสารสกัดในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง อีกทั้งกระบวนการเตรียมสารสกัดเปลือกสละ ด้วยวิธี MAE ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ใช้เวลาสกัดน้อย และตัวทำละลายปริมาณน้อย ทำให้ได้สารสกัดที่มี คุณภาพสูงและยังสามารถนำวิธีการเตรียมสารสกัด ที่พัฒนาขึ้นไปต่อยอดในระดับอุตสาหกรรมหรือ ถ่ายทอดต่อไปในระดับชุมชนได้ อย่างไรก็ตามอาจ ต้องมีการศึกษาด้านสมบัติทางเคมีกายภาพ การทดสอบความคงตัวและฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ

และการศึกษาคุณสมบัติป้องกันแสงแดดของสารสกัดที่ได้เพื่อเป็นข้อมูลในด้านการนำไปใช้ประโยชน์ทางยา และเครื่องสำอางต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา หลักสูตรวิทยาศาสตรเครื่องสำอางสุขภาพและการชะลอวัย และศูนย์การเรียนรู้แม่ลาน ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์และห้องปฏิบัติการ ทำให้การดำเนินการวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- Aralas, S., Mohamed, M., & Bakar, M. F. A. (2009). Antioxidant properties of selected salak (*Salacca zalacca*) varieties in Sabah, Malaysia. *Nutrition & Food Science*, 39(3), 243-250.
- Bhattacharya, S., & Sherje, A. P. (2020). Development of resveratrol and green tea sunscreen formulation for combined photoprotective and antioxidant properties. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 60, 102000.
- Buso, P., Radice, M., Baldisserotto, A., Manfredini, S., & Vertuani, S. (2017). Guidelines for the development of herbal-based sunscreen. In P. F. Builders (Eds.), *Herbal Medicine*. London, UK: IntechOpen Limited, doi: 10.5772/intechopen.72712
- Chemat, F., Vian, M. A., & Cravotto, G. (2012). Green extraction of natural products: concept and principles. *International journal of molecular sciences*, 13(7), 8615-8627.
- Chiari, B. G., Trovatti, E., Pecoraro, É., Correa, M. A., Cicarelli, R. M. B., Ribeiro, S. J. L., & Isaac, V. L. B. (2014). Synergistic effect of green coffee oil and synthetic sunscreen for health care application. *Industrial Crops and Products*, 52, 389-393.
- Geoffrey, K., Mwangi, A. N., & Maru, S. M. (2019). Sunscreen products: rationale for use, formulation development and regulatory considerations. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 27(7), 1009-1018.
- Girsang, E., Lister, I. N. E., Ginting, C. N., Khu, A., Samin, B., Widowati, W., & Rizal, R. (2019). Chemical constituents of snake fruit (*Salacca zalacca* (Gaert.) Voss) peel and in silico anti-aging analysis. *Molecular and Cellular Biomedical Sciences*, 3(2), 122-128.
- Girsang, E., Lister, I. N. E., Ginting, C. N., Sholihah, I. A., Raif, M. A., Kunardi, S., & Widowati, W. (2020). Antioxidant and antiaging activity of rutin and caffeic acid. *Pharmaciana*, 10(2), 147-156.
- Hubner, A., Sobreira, F., Neto, A. V., Pinto, C. A. S. D. O., Dario, M. F., Díaz, I. E. C., & Bacchi, E. M. (2019). The synergistic behavior of antioxidant phenolic compounds obtained from winemaking waste's valorization, increased the efficacy of a sunscreen system. *Antioxidants*, 8(11), 530.
- Kanlayavattanukul, M., Lourith, N., Ospondpant, D., Ruktanonchai, U., Pongpunyayuen, S., & Chansrinoyon, C. (2013). Salak plum peel extract as a safe and efficient antioxidant appraisal for cosmetics. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 77(5), 1068-1074.
- Jha, A. K., & Sit, N. (2022). Extraction of bioactive compounds from plant materials using combination of various novel methods: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 119, 579-591.

- Lateh, L., Yuenyongsawad, S., Chen, H., & Panichayupakaranant, P. (2019). A green method for preparation of curcuminoid-rich *Curcuma longa* extract and evaluation of its anticancer activity. *Pharmacognosy Magazine*, 15(65), 730-735.
- Thongekkaew, J., & Teangtam, W. (2023). Antioxidant activity, vitamin C and total phenolic contents in three types of lettuce grown in hydroponics and soil-based. *RMUTSB Academic Journal*, 11(2), 186-198. (in Thai)
- Matthayom, W., Nochai, K., KoKaew, K., Pisapak, K., & Robmuang, D. (2020). Investigation of antioxidant capacity and antioxidant activity of Ma-huad (*Lepisanthes rubiginosa* (Roxb.) Leenh.) juice. *RMUTSB Academic Journal*, 8(2), 187-198. (in Thai)
- Momchev, P., Ciganovic, P., Jug, M., Margui, E., Jablan, J., & Zovko Koncic, M. (2020). Comparison of maceration and ultrasonication for green extraction of phenolic acids from *Echinacea purpurea* aerial parts. *Molecules*, 25(21), 5142
- Ng, S. Y., Gew, L. T., & Eh Suk, V. R. (2022). Plant polyphenols as green sunscreen ingredients: a systematic review. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 21(11), 5409-5444.
- Opris, O., Soran, M. L., Lung, I., Stegarescu, A., Gutoiu, S., Podea, R., & Podea, P. (2021). Optimization of extraction conditions of polyphenols, antioxidant capacity and sun protection factor from *Prunus spinosa* fruits. Application in sunscreen formulation. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 18, 2625-2636.
- Osorio-Tobón, J. F. (2020). Recent advances and comparisons of conventional and alternative extraction techniques of phenolic compounds. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 4299-4315.
- Pham, T. N., Le, X. T., Pham, V. T., & Le, H. T. (2022). Effects of process parameters in microwave-assisted extraction on the anthocyanin-enriched extract from *Rhodomyrtus tomentosa* (Ait.) Hassk and its storage conditions on the kinetic degradation of anthocyanins in the extract. *Heliyon*, 8(6), e09518.
- Prathumtet, J., Surasorn, C., & Paopa, T. (2019). Total phenolic content and antioxidant activity of three flower infusion tea in Sakon Nakhon province. *Journal of Health Science of Thailand*, 28(6), 1110-1115. (in Thai)
- Picot-Allain, C., Mahomoodally, M. F., Ak, G., & Zengin, G. (2021). Conventional versus green extraction techniques-a comparative perspective. *Current Opinion in Food Science*, 40, 144-156.
- Purintraphiban, S., & Poonpaerdchon, S. (2020). Effect of tea processing on quality and antioxidant properties of gac fruit peel tea. *RMUTSB Academic Journal*, 8(1), 28-38. (in Thai)
- Rosa, G. S., Vanga, S. K., Gariepy, Y., & Raghavan, V. (2019). Comparison of microwave, ultrasonic and conventional techniques for extraction of bioactive compounds from olive leaves (*Olea europaea* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 58, 102234.
- Sanchez-Reinoso, Z., Mora-Adames, W. I., Fuenmayor, C. A., Darghan-Contreras, A. E., Gardana, C., & Gutiérrez, L. F. (2020). Microwave-assisted extraction of phenolic compounds from *Sacha Inchi* shell: Optimization, physicochemical properties and evaluation of their antioxidant activity. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, 153, 107922.

- Sudiono, J., & Susanto, G. R. (2021). Antioxidant content of palm fruit (*Borassus flabellifer* L.) seed coat. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 34(3), 26695-26699.
- Suwancharoen, S., Kasemsuk, T., Moonrungsee, N., Kurewan, U., Mekprayoon, S., Oebsapap, J., & Boonmee, A. (2022). Antioxidant activity of Salak and soap product development. *The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 32(4), 1033-1043. (in Thai)
- Thai Industrial Standards Institute. (2018). *Thai SMEs standard: herbal lip treatment*. Retrieved 25 December 2023, from <https://www.tisi.go.th/assets/website/pdf/tiss/17-2561.pdf>
- Tilaar, A., Ranti, A., & Mun'im, A. (2017). The efficacy study of snake fruit (*Salacca edulis* Reinw Var. Bongkok) extract as skin lightening agent. *Pharmacognosy Journal*, 9(2), 235-238.
- Wabaidur, S. M., Obbed, M. S., Alothman, Z. A., Alfaris, N. A., Badjah-Hadj-Ahmed, A. Y., Siddiqui, M. R., Altamimi, J., Z., & Aldayel, T. S. (2020). Total phenolic acids and flavonoid contents determination in Yemeni honey of various floral sources: Folin-Ciocalteu and spectrophotometric approach. *Food Science and Technology*, 40(Suppl. 2), 647-652.