

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขัดผิวกายที่มีส่วนผสมของเมล็ดเสาวรสและสารสกัดเปลือกเสาวรส
Development of Body Scrub Product Containing Passion Fruit Seed and Passion
Fruit Peel Extract

ณิชา ทอรัักษ์

อีเมล: 6551701262@lamduan.mfu.ac.th

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

รองศาสตราจารย์ ดร.นันทวัชร เขตอุดมศิริ

อีเมล: nuntawat.kha@mfu.ac.th

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมสารสกัดจากเปลือกเสาวรสด้วยตัวทำละลายทางเลือก วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สารประกอบพลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ของสารสกัด ตลอดจนพัฒนาผลิตภัณฑ์ขัดผิวกายที่มีสารสกัดเปลือกเสาวรสและผงเมล็ดเสาวรสเป็นส่วนประกอบ โดยทำการแยกเปลือกและเมล็ดของเสาวรสพันธุ์ไทนุง จากนั้นทำการอบแห้ง บด และร่อน ก่อนศึกษาปัจจัยการสกัด ได้แก่ ชนิดและความเข้มข้นของตัวทำละลาย อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย อุณหภูมิ และระยะเวลาในการสกัด สารสกัดถูกวิเคราะห์ด้วยวิธี Folin–Ciocalteu, aluminum chloride colorimetric และ DPPH radical scavenging assay จากนั้นพัฒนาครีมสครับชนิดอิมัลชันน้ำมันในน้ำ 3 สูตร ได้แก่ สูตรพื้นฐาน สูตรที่เติมสารสกัดและผงเมล็ดเสาวรสอย่างละร้อยละ 2 และสูตรที่เติมอย่างละร้อยละ 4 พร้อมประเมินความคงตัวแบบ heating-cooling cycle จำนวน 6 รอบ ผลการศึกษาพบว่าโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 80 ที่อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:40 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 3 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสม โดยให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระสูงสุด สูตรที่เติมสารสกัดเปลือกเสาวรสและผงเมล็ดเสาวรสอย่างละร้อยละ 4 มีความคงตัวโดยรวมดีที่สุด โดยไม่พบการแยกชั้นของระบบอิมัลชัน แม้พบการตกตะกอนของอนุภาคผงเมล็ดเล็กน้อยภายหลังการหมุนเหวี่ยง มีการเปลี่ยนแปลงสีน้อยที่สุด และค่าความหนืดก่อนและหลังการทดสอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษานี้สนับสนุนศักยภาพของเปลือกและเมล็ดเสาวรสในการเป็นวัตถุดิบธรรมชาติสำหรับผลิตภัณฑ์ขัดผิวกาย และการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

คำสำคัญ: เสาวรส, สารสกัดเปลือกเสาวรส, เมล็ดเสาวรส, สารประกอบฟีนอลิก,ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, ผลิตภัณฑ์ขัดผิวกาย

Abstract

This study aimed to prepare passion fruit peel extract using alternative solvents, determine total phenolic content, total flavonoid content, and antioxidant activity, and develop a body scrub product containing passion fruit peel extract and passion fruit seed powder. Taining passion fruit peel and seed were separated, dried, milled, and sieved. Extraction variables included solvent type and concentration, material-to-solvent ratio, temperature, and extraction time. The extracts were evaluated using the Folin–Ciocalteu assay, aluminum chloride colorimetric method, and DPPH radical scavenging assay. Three oil-in-water body scrub formulations were prepared: a base formulation, a formulation containing 2% peel extract and 2% seed powder, and a formulation containing 4% peel extract and 4% seed powder. Accelerated stability was evaluated by six heating–cooling cycles. The selected extraction condition was 80% propylene glycol at a material-to-solvent ratio of 1:40, 60°C, and 3 h. At 3 h, the extract yielded the highest values for total phenolic content and DPPH inhibition activity. The formulation containing 4% peel extract and 4% seed powder exhibited the best overall stability. No emulsion phase separation was observed, although slight sedimentation of seed particles occurred after centrifugation. This formulation showed the lowest color change, and its viscosity did not differ significantly before and after accelerated stability testing. These findings demonstrate the potential of passion fruit peel and seed as natural ingredients for body scrub products and support the value-added utilization of agricultural by-products.

Keywords: Passion Fruit, Passion Fruit Peel Extract, Passion Fruit Seed, Phenolic Compounds, Antioxidant Activity, Body Scrub Product

บทนำ/หลักการและเหตุผล (Introduction)

เสาวรส (*Passiflora edulis* Sims) เป็นผลไม้ที่นิยมบริโภคสดและใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม โดยโครงสร้างของผลประกอบด้วยเปลือกและเมล็ดในสัดส่วนสูง เปลือกเสาวรสอาจมีน้ำหนักมากกว่าครึ่งหนึ่งของน้ำหนักผลทั้งหมด จึงเกิดเป็นวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมากภายหลังกระบวนการแปรรูป (Ju et al., 2023) แม้ว่าส่วนเหลือดังกล่าวบางส่วนถูกนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์หรือปุ๋ยอินทรีย์ แต่การใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงยังมีข้อจำกัด การศึกษาที่ผ่านมารายงานว่าเปลือกเสาวรสมีสารสำคัญหลายกลุ่ม ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แคโรทีนอยด์ เพคติน และแอนโทไซยานิน ซึ่งสัมพันธ์กับสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและศักยภาพในการประยุกต์ใช้ด้านอาหาร สุขภาพ และเครื่องสำอาง (Fonseca et al., 2022; Weyya et al., 2024) นอกจากนี้ Aisyah and Ngibad (2022) ศึกษาสารสกัดเอทานอลและเอทิลอะซิเตตจากเปลือกเสาวรสสีม่วง และพบความแตกต่างของปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ขณะที่ Ngibad, Herawati, et al. (2023) ศึกษาสารสกัดเมทานอลและเฮกเซนจากเปลือกเสาวรสสีม่วง และประเมินปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ทั้งนี้ ตัวทำละลายแต่ละชนิดมีค่าความเป็นขั้วแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพในการละลายสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ (Luksta & Spalvins, 2023) งานวิจัยนี้จึงศึกษาน้ำปราศจากไอออน เอทานอล โพรพิลีนไกลคอล และกลีเซอริน เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสกัดสารสำคัญจากเปลือกเสาวรสและคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม

การสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับงานระดับห้องปฏิบัติการ เนื่องจากดำเนินการได้ง่ายและควบคุมปัจจัยได้ชัดเจน โพรพิลีนไกลคอลเป็นตัวทำละลายกึ่งมีขั้วที่สามารถช่วยละลายสารประกอบฟีนอลิก และนิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางทั้งในฐานะตัวทำละลายและสารให้ความชุ่มชื้น จึงเลือกโพรพิลีนไกลคอลเป็นหนึ่งในตัวทำละลายที่ศึกษาเพื่อพิจารณาความเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในสูตรตำรับเครื่องสำอาง (Chow & Elliott, 2024; Myo et al., 2025)

ผลิตภัณฑ์ขัดผิวกายอาศัยแรงเสียดทานจากอนุภาคเพื่อช่วยกำจัดเซลล์ผิวชั้นนอกและสิ่งสกปรกที่สะสมบนผิว โดยอาจใช้เม็ดสครับสังเคราะห์หรือวัตถุดิบธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม เม็ดสครับสังเคราะห์บางชนิดเป็นไมโครพลาสติกที่ย่อยสลายได้ยากและอาจตกค้างในสิ่งแวดล้อม (Bikiaris et al., 2024) ผงเมล็ดเสาวรสจึงเป็นทางเลือกจากธรรมชาติที่ช่วยลดการใช้อนุภาคสังเคราะห์และเพิ่มมูลค่าให้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ทั้งนี้ ขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคมีผลต่อความรู้สึกขณะใช้และความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ (Ogorzatek et al., 2024) การพัฒนาในรูปแบบครีมสครับชนิดอิมัลชันน้ำมันในน้ำช่วยให้ผลิตภัณฑ์กระจายตัวบนผิวและล้างออกด้วยน้ำได้ง่าย รวมทั้งช่วยแขวนลอยผงเมล็ดเสาวรสและนำสารสกัดเปลือกเสาวรสเข้าสู่สูตร อย่างไรก็ตาม การเติม สาร

สกัดและอนุภาคของแข็งอาจส่งผลต่อสี ค่า pH ความหนืด และโครงสร้างของตำรับ จึงจำเป็นต้องประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะเร่งก่อนพัฒนาต่อไป (Badrudodoza et al., 2023)

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเตรียมเปลือกและเมล็ดเสาวรส คัดเลือกชนิดตัวทำละลายและสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเปลือกเสาวรส วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด ตลอดจนพัฒนาครีมสครับขัดผิวภายใต้สภาวะเร่งที่ใช้สารสกัดเปลือกเสาวรสเป็นส่วนประกอบออกฤทธิ์และใช้ผงเมล็ดเสาวรสเป็นสารขัดผิวเชิงกายภาพ พร้อมประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจากวัตถุดิบธรรมชาติ

ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodology)

วัตถุดิบ เครื่องมือ และการเตรียมตัวอย่าง

เสาวรสปันธ์ไทย (*Passiflora edulis* Sims) จัดซื้อจากแหล่งจำหน่ายในกรุงเทพมหานครเมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2569 นำมาล้างทำความสะอาด ผ่า และแยกเปลือก เมล็ด และเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดออกจากกัน เปลือกเสาวรสอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วบดละเอียดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการสกัด ส่วนเมล็ดเสาวรสล้างให้สะอาด อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง บด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.595 มิลลิเมตร หรือเบอร์ 30 เพื่อให้ได้ผงเมล็ดเสาวรสสำหรับใช้เป็นสารขัดผิว การเตรียมวัตถุดิบดัดแปลงจากวิธีของ Khat-udomkiri et al. (2018)

การเตรียมสารสกัดและการศึกษาปัจจัยการสกัด

ผงเปลือกเสาวรสถูกสกัดด้วยตัวทำละลายตามอัตราส่วนที่กำหนด โดยเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาทีภายใต้อุณหภูมิและระยะเวลาที่ศึกษา จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองและเก็บสารสกัดที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์ การศึกษาปัจจัยการสกัดดำเนินการแบบลำดับขั้น โดยเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่ศึกษาและควบคุมปัจจัยอื่นให้คงที่ การคัดเลือกชนิดและความเข้มข้นของตัวทำละลาย อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย และอุณหภูมิ ใช้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (total phenolic content; TPC) เป็นเกณฑ์หลัก ร่วมกับผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยเมื่อสภาวะที่เปรียบเทียบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะพิจารณาความเหมาะสมของแต่ละปัจจัยร่วมด้วย ได้แก่ การใช้ปริมาณตัวทำละลายน้อยกว่า การใช้พลังงานต่ำกว่า หรือการใช้ระยะเวลาสั้นกว่า ส่วนการคัดเลือกระยะเวลาการสกัด พิจารณา TPC ร่วมกับปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (total flavonoid content; TFC) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เพื่อกำหนดสภาวะการสกัดที่เหมาะสม โดยมีปัจจัยที่ศึกษาดังนี้

- 1) ชนิดและความเข้มข้นของตัวทำละลาย เปรียบเทียบน้ำปราศจากไอออน เอทานอล โพรพิลีนไกลคอล และกลีเซอริน โดยตัวทำละลายอินทรีย์เตรียมที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 และ 80 ใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:20 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และเวลา 3 ชั่วโมง
- 2) อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย ใช้โพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 80 ซึ่งคัดเลือกจากขั้นตอนแรก เปรียบเทียบอัตราส่วน 1:30, 1:40 และ 1:50 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
- 3) อุณหภูมิในการสกัด ใช้โพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 80 อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:40 เปรียบเทียบอุณหภูมิ 40, 60 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
- 4) ระยะเวลาในการสกัด ใช้โพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 80 อัตราส่วน 1:40 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบเวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง สารสกัดจากแต่ละสภาวะเตรียมและวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin–Ciocalteu colorimetric assay ดัดแปลงจาก Singleton et al. (1999) โดยผสมสารสกัด น้ำปราศจากไอออน และ Folin–Ciocalteu reagent ตามลำดับ เติมน้ำกลั่นละลายโซเดียมคาร์บอเนตร้อยละ 7.5 เก็บในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน และรายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่างแห้ง (mg GAE/g dry sample)

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธี aluminum chloride colorimetric method ดัดแปลงจากวิธีของสุริยา มณีฉาย และประสพพร รินทอง (2559) โดยใช้ควอซิทินเป็นสารมาตรฐาน สารสกัดทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไนไตรด์ร้อยละ 5 สารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ร้อยละ 10 และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ตามลำดับ จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร และรายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลควอซิทินต่อกรัมตัวอย่างแห้ง (mg QE/g dry sample)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay (Ngibad, Yusmiati, et al., 2023) โดยใช้สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ที่เตรียมในเอทานอลร้อยละ 95 หลังผสมสารสกัดกับสารละลาย DPPH เก็บส่วนผสมในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระจากสมการ $[(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}})/A_{\text{control}}] \times 100$ และคำนวณเทียบกราฟมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก รายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิกต่อกรัมตัวอย่างแห้ง (mg AAE/g dry sample)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขัดผิวกาย

พัฒนาผลิตภัณฑ์ครีมสครับชนิดอิมัลชันน้ำมันในน้ำจำนวน 3 สูตร โดยสูตรที่ 1 เป็นตำรับพื้นฐานที่ไม่เติมสารสกัดและผงเมล็ดเสาวรส สูตรที่ 2 เติมสารสกัดเปลือกเสาวรสร้อยละ 2 และผงเมล็ดเสาวรสร้อยละ 2 และสูตรที่ 3 เติมสารสกัดเปลือกเสาวรสร้อยละ 4 และผงเมล็ดเสาวรสร้อยละ 4 องค์ประกอบของสูตรแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรผลิตภัณฑ์ขัดผิวกายที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกเสาวรสร้อยละ 2 และผงเมล็ดเสาวรสร้อยละ 2

เฟส (Phase)	ชื่อสาร (INCI name)	หน้าที่สาร	สูตร 1 (% w/w)	สูตร 2 (% w/w)	สูตร 3 (% w/w)
A	Aqua	ตัวทำละลาย	q.s. to 100	q.s. to 100	q.s. to 100
	Disodium EDTA	สารจับประจุโลหะ	0.02	0.02	0.02
	Glycerin	สารให้ความชุ่มชื้น	5.00	5.00	5.00
	Hydroxyethyl Cellulose	สารเพิ่มความหนืด	0.50	0.50	0.50
	Butylene Glycol	สารให้ความชุ่มชื้น	3.00	3.00	3.00
B	Stearic Acid	สารทำให้อ่อนนุ่มและเพิ่มเนื้อสัมผัส	10.00	10.00	10.00
	Cetyl Alcohol	สารทำให้อ่อนนุ่มและเพิ่มความคงตัว	3.00	3.00	3.00
	Olea Europaea (Olive) Fruit Oil	สารทำให้อ่อนนุ่ม	7.00	7.00	7.00
	Squalane	สารทำให้อ่อนนุ่ม	2.00	2.00	2.00
	Glyceryl Stearate and PEG-100 Stearate	สารประสานน้ำกับน้ำมัน	4.50	4.50	4.50
	Passiflora Edulis Peel Extract	สารออกฤทธิ์	—	2.00	4.00
C	Passiflora Edulis Seed Powder	สารขัดผิว	—	2.00	4.00
	Triethanolamine	สารปรับค่า pH	q.s.	q.s.	q.s.
	Diazolidinyl Urea (and) Iodopropynyl Butylcarbamate (and) Propylene Glycol	สารกันเสีย	0.50	0.50	0.50

Tocopherol	สารต้านออกซิเดชัน	0.10	0.10	0.10
------------	-------------------	------	------	------

หมายเหตุ q.s. to 100 หมายถึง เติมน้ำให้ครบ 100% โดยน้ำหนัก และปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 5.0–6.5

การเตรียมตำรับเริ่มจากผสมสารในวัตถุน้ำและให้ความร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียส จนเป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนวัตถุน้ำมันให้ความร้อนประมาณ 60 องศาเซลเซียสจนหลอมละลาย เติมวัตถุน้ำมันลงในวัตถุน้ำภายใต้การกวนต่อเนื่องที่ประมาณ 60 องศาเซลเซียสจนเกิดอิมัลชัน เมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส ปรับค่า pH ด้วย triethanolamine เติมสารสกัด ผงเมล็ด เสาวรส สารกันเสีย และ tocopherol แล้วกวนจนได้เนื้อครีมสครับที่สม่ำเสมอ

การศึกษาความคงตัวของสภาวะเร่ง

ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรเตรียมสูตรละ 3 ขวด และทดสอบด้วยวิธี heating-cooling cycle โดยเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สลับกับ 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ ทำต่อเนื่อง 6 รอบ (Wuttikul & Sainakham, 2022) ประเมินสี กลิ่น เนื้อสัมผัส การกระจายตัวของผงเมล็ดเสาวรส และการแยกชั้นด้วยการสังเกต ร่วมกับการทดสอบด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที วัดสีในระบบ CIELAB และคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) วัดความหนืดด้วยเครื่อง viscometer ใช้ spindle No. 7 ที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาที ที่ อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส และวัดค่า pH ก่อนและหลังการทดสอบ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

รายงานข้อมูลเชิงปริมาณเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD) จากการทดลอง 3 ขวด เปรียบเทียบผลของสภาวะการสกัดด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างระหว่างคู่ด้วย Tukey's post hoc test เมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เปรียบเทียบค่า pH และความหนืดก่อนและหลังการทดสอบความคงตัวของตัวอย่างชุดเดียวกันภายในแต่ละสูตรด้วยการทดสอบทีแบบจับคู่ (paired-samples t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ส่วนข้อมูลลักษณะทางกายภาพรายงานเชิงพรรณนา

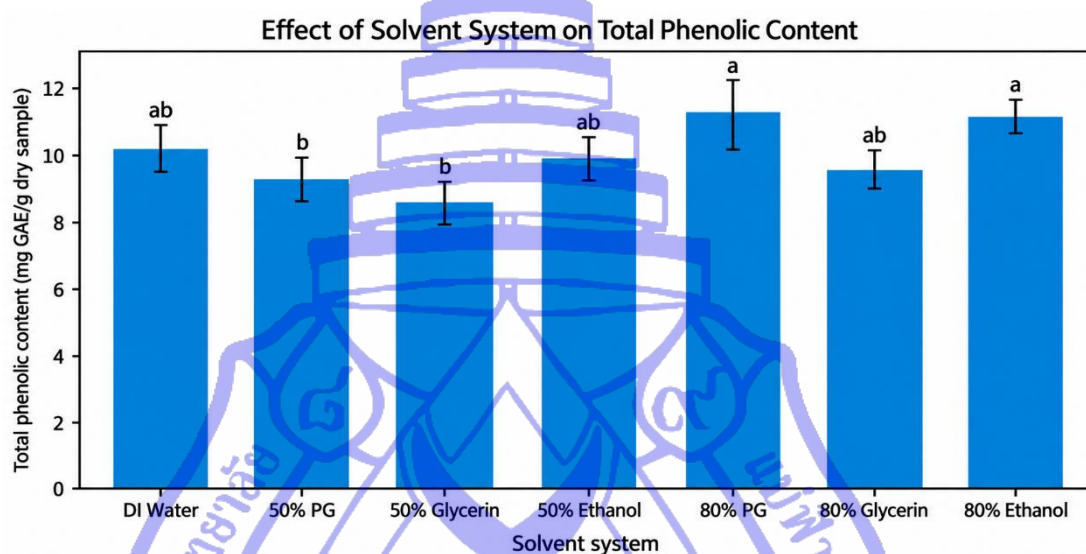
ผลวิจัย (Results)

ลักษณะวัตถุบหลังการเตรียม

ภายหลังการอบแห้ง บด และร่อน พบว่าผงเปลือกเสาวรสมีลักษณะเป็นผงละเอียด สีส้มอมน้ำตาลอ่อน ส่วนผงเมล็ดเสาวรสมีสีน้ำตาลเข้มถึงน้ำตาลดำ วัตถุดิบทั้งสองชนิดแห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน และมีขนาดอนุภาคค่อนข้างสม่ำเสมอ ผงเปลือกถูกนำไปเตรียมสารสกัด ขณะที่ผงเมล็ดถูกใช้เป็นสารขัดผิวในผลิตภัณฑ์ครีมสครับ

ผลของชนิดและความเข้มข้นของตัวทำละลาย

ชนิดของตัวทำละลายมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 6.935$, $p = 0.001$) โดยโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 80 ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุด รองลงมาคือเอทานอลร้อยละ 80 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่โพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 80 ให้ค่าสูงกว่าโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 50 อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมของโพรพิลีนไกลคอลสำหรับการประยุกต์ใช้ในสูตรเครื่องสำอาง จึงคัดเลือกโพรพิลีนไกลคอล ร้อยละ 80 เพื่อศึกษาปัจจัยอื่นต่อไป ผลแสดงในภาพที่ 1

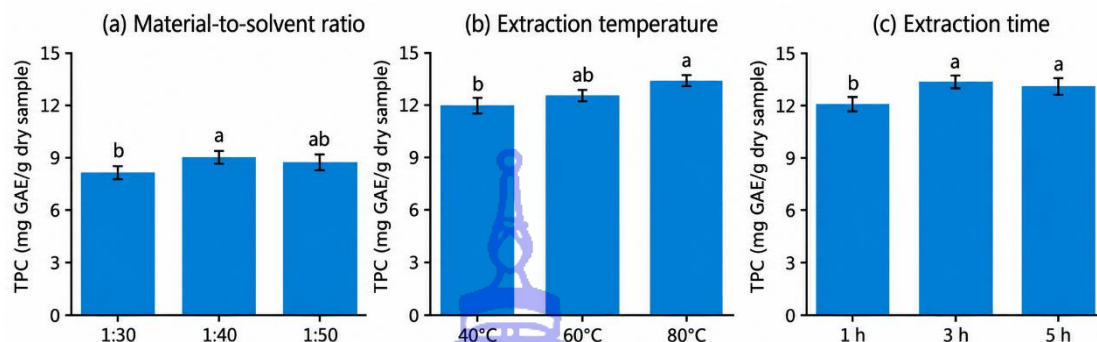


หมายเหตุ ข้อมูลแสดงเป็น Mean $\pm$ SD, $n = 3$ ตัวอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ โดย one-way ANOVA ร่วมกับ Tukey's post hoc test

ภาพที่ 1 ผลของชนิดตัวทำละลายต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดเปลือกเสาวรส

ผลของอัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย อุณหภูมิ และระยะเวลา

ผลของอัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย อุณหภูมิ และระยะเวลาในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมแสดงในภาพที่ 2 อัตราส่วน 1:40 ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุด และสูงกว่าอัตราส่วน 1:30 อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่อัตราส่วน 1:50 ไม่แตกต่างจาก 1:40 จึงเลือกอัตราส่วน 1:40 เพราะให้ผลสูงและใช้ตัวทำละลายน้อยกว่า



หมายเหตุ ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD), $n = 3$ การเปรียบเทียบทางสถิติดำเนินการแยกภายในแต่ละปัจจัย ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

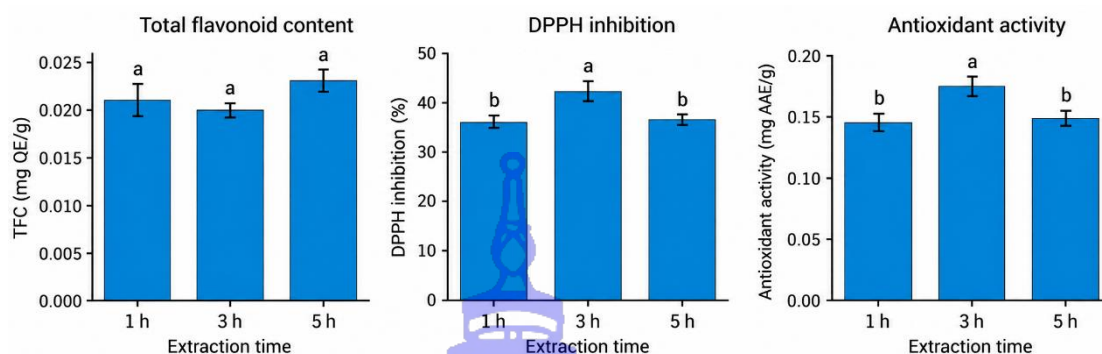
ภาพที่ 2 ผลของอัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย อุณหภูมิ และระยะเวลาในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดเปลือกเสาวรส

เมื่อศึกษาอุณหภูมิพบว่า 80 องศาเซลเซียสให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุด รองลงมาคือ 60 องศาเซลเซียส และ 40 องศาเซลเซียสให้ค่าต่ำที่สุด แม้ 80 องศาเซลเซียสให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด แต่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่ 60 องศาเซลเซียสไม่แตกต่างจากที่ 80 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานและความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงของสารไวต่อความร้อน ผู้วิจัยจึงเลือกการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสสำหรับการทดลองขั้นต่อไป

เมื่อพิจารณาเวลาในการสกัดพบว่าที่ 3 ชั่วโมงให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุด โดยสูงกว่าการสกัดที่ 1 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างจากการสกัดที่ 5 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกระยะเวลาในการสกัดที่ 3 ชั่วโมง เนื่องจากให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงและใช้เวลาน้อยกว่าการสกัดที่ 5 ชั่วโมง

ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดที่เวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมงอยู่ในช่วง 0.020–0.023 mg QE/g dry sample โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 4.505$, $p = 0.064$) แสดงในภาพที่ 3 ผลการทดสอบ DPPH พบว่าระยะเวลาในการสกัดที่ 3 ชั่วโมงให้ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงที่สุด และมี antioxidant activity สูงกว่าระยะเวลาในการสกัดที่ 1 และ 5 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 33.360$, $p = 0.001$) เมื่อพิจารณาร่วมกันระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้ TPC เป็นเกณฑ์หลักและใช้ผล DPPH เป็นข้อมูลสนับสนุนการคัดเลือกระยะเวลาการสกัด จึงกำหนดสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมสารสกัดเป็นโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 80 อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:40 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 3 ชั่วโมง



หมายเหตุ ข้อมูลแสดงเป็น Mean $\pm$ SD, $n = 3$ ตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$

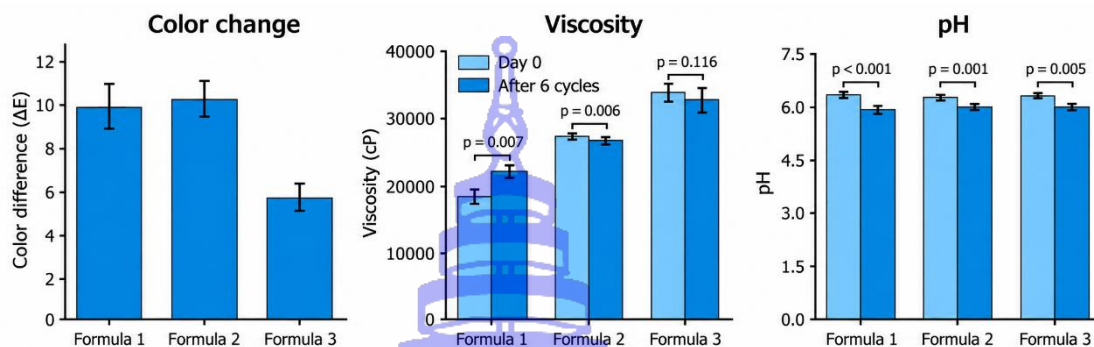
ภาพที่ 3 ผลของระยะเวลาการสกัดต่อปริมาณฟลาโวนอยด์รวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ
ลักษณะทางกายภาพและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ซัดผิวกาย

สูตรที่ 1 มีลักษณะเป็นครีมสีขาว เนื้อเรียบเนียน คงรูปดี สูตรที่ 2 มีสีขาวอมครีม ผงเมล็ดเสาวรกระจายในระดับปานกลาง เนื้อผลิตภัณฑ์สม่ำเสมอ และไม่พบการแยกชั้น สูตรที่ 3 มีสีขาวอมครีมและพบผงเมล็ดเสาวรมากกว่าสูตรที่ 2 ทำให้เนื้อครีมหยาบขึ้นเล็กน้อย แต่ยังคงกระจายตัวสม่ำเสมอ คงรูปได้ดี และไม่พบการแยกชั้น



ภาพที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ซัดผิวกายทั้ง 3 สูตร: (ก) สูตรที่ 1 ดำรับพื้นฐาน (ข) สูตรที่ 2 ดำรับพื้นฐานร่วมกับสารสกัดเปลือกเสาวรสร้อยละ 2 และผงเมล็ดเสาวรสร้อยละ 2 และ (ค) สูตรที่ 3 ดำรับพื้นฐานร่วมกับสารสกัดเปลือกเสาวรสร้อยละ 4 และผงเมล็ดเสาวรสร้อยละ 4 การสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบอนุภาคผงเมล็ดในสูตรที่ 2 และ 3 โดยสูตรที่ 3 มีอนุภาคมากกว่า สอดคล้องกับปริมาณที่เติม และไม่พบการแยกชั้นของระบบอิมัลชันอย่างชัดเจน ภายหลังการทดสอบ heating-cooling cycle จำนวน 6 รอบ ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรยังมีเนื้อครีมสม่ำเสมอ สีและกลิ่นไม่เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน และไม่พบการแยกชั้นระหว่างวัฏภาคน้ำและน้ำมัน ภายหลังการหมุนเหวี่ยง สูตรที่ 2 และ 3 พบการตกตะกอนของอนุภาคของแข็งเล็กน้อยบริเวณก้น

หลอด ซึ่งสอดคล้องกับการมีผงเมล็ดเสาวรส แต่ไม่พบการแยกชั้นของอิมัลชัน ผลการวัดสี ความหนืด และค่า pH แสดงในภาพที่ 5



หมายเหตุ ข้อมูลแสดงเป็น Mean $\pm$ SD, n = 3 เปรียบเทียบค่าก่อนและหลังภายในสูตรเดียวกันด้วย paired-samples t-test

ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงสี ความหนืด และค่า pH ของผลิตภัณฑ์ภายหลังการทดสอบความคงตัว

สูตรที่ 3 มีค่า ΔE ต่ำที่สุด แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงสีน้อยที่สุด ขณะที่สูตรที่ 2 มีค่า ΔE สูงที่สุด สำหรับความหนืดพบว่า สูตรที่ 1 มีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจากความหนืดเริ่มต้น ขณะที่สูตรที่ 2 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญจากความหนืดเริ่มต้น ส่วนสูตรที่ 3 ลดลงเล็กน้อยจากความหนืดเริ่มต้น แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.116$)

ขณะที่ค่า pH ของทั้ง 3 สูตรลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังการทดสอบ heating-cooling จำนวน 6 รอบ อย่างไรก็ตาม ค่า pH หลังการทดสอบยังอยู่ในช่วง 5.91–5.95 ซึ่งเป็นกรดอ่อนและอยู่ในช่วงเป้าหมายของตำรับ คือ pH 5.0–6.5 เมื่อพิจารณาผลทั้งหมด สูตรที่ 3 ซึ่งเดิมสารสกัดเปลือกเสาวรสและผงเมล็ดเสาวรสอย่างละเอียด 4 มีแนวโน้มความคงตัวโดยรวมดีที่สุด เนื่องจากไม่พบการแยกชั้น มีการเปลี่ยนแปลงสีน้อยที่สุด และรักษาความหนืดได้โดยไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ (Discussion and Suggestion)

อภิปรายผลการสกัดและสารสำคัญ

ผลการคัดเลือกตัวทำละลายแสดงให้เห็นว่าโพรพิลีนไกลคอลร้อยละ 80 และเอทานอลร้อยละ 80 ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงกว่ากลุ่มตัวทำละลายความเข้มข้นร้อยละ 50 แนวโน้มนี้สอดคล้องกับหลักการที่ว่าประสิทธิภาพการสกัดขึ้นอยู่กับความสอดคล้องระหว่างขั้วของตัวทำละลายกับโครงสร้างของสารเป้าหมาย สารประกอบฟีนอลิกในพืชมีความหลากหลายตั้งแต่สารมีขั้วสูงจนถึงสารกึ่งมีขั้ว การใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วต่างกันผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสมจึงช่วยให้ตัวทำ

ละลายแทรกเข้าสู่เนื้อเยื่อพืชและละลายสารได้หลายกลุ่ม นอกจากนี้ โพรพิลีนไกลคอลยังมีความระเหยต่ำและใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางได้โดยตรง จึงมีข้อได้เปรียบเมื่อพิจารณาการประยุกต์ใช้ในสูตรตำรับ (Chow & Elliott, 2024; Myo et al., 2025)

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย 1:40 ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงกว่า 1:30 อย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนว่าการเพิ่มปริมาณตัวทำละลายช่วยเพิ่มพื้นที่สัมผัสและปริมาณตัวทำละลายให้สามารถละลายสารสำคัญจากเนื้อเยื่อพืชมากขึ้น จึงส่งเสริมการถ่ายเทมวลของสารออกฤทธิ์ อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มอัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลายเป็น 1:50 พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมไม่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน แสดงถึงแนวโน้มเข้าสู่สมดุลของระบบหรือข้อจำกัดด้านปริมาณสารที่สามารถสกัดได้จากวัตถุดิบ ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าว อัตราส่วน 1:40 จึงเหมาะสมกว่าในด้านประสิทธิภาพและการลดการใช้ตัวทำละลาย (Luksta & Spalvins, 2023)

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิในการสกัดที่ 80 องศาเซลเซียสให้ค่าเฉลี่ยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุด ซึ่งอาจเกิดจากความร้อนช่วยลดความหนืดของตัวทำละลาย เพิ่มอัตราการแพร่และทำลายโครงสร้างผนังเซลล์บางส่วน ทำให้สารสำคัญสามารถละลายในตัวทำละลายได้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดที่ 60 องศาเซลเซียสไม่แตกต่างจาก 80 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ การเลือก 60 องศาเซลเซียสจึงเป็นการพิจารณาร่วมกันระหว่างประสิทธิภาพการสกัด การใช้พลังงาน และความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงของสารไวต่อความร้อน ทั้งนี้การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมเป็นการวัดสารรีดิวซ์โดยรวม ไม่สามารถยืนยันการคงอยู่หรือการสลายตัวของสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รายชนิด จึงควรหลีกเลี่ยงการสรุปกลไกของสารเฉพาะชนิดโดยไม่มีการวิเคราะห์ทางโครมาโทกราฟี

เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการสกัดที่ 3 ชั่วโมง พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดยการเพิ่มระยะเวลาในการสกัดจาก 1 เป็น 3 ชั่วโมงอาจทำให้ตัวทำละลายมีเวลาสัมผัสและแพร่เข้าสู่เนื้อเยื่อพืชได้อย่างเพียงพอ แต่การเพิ่มระยะเวลาในการสกัดเป็น 5 ชั่วโมงไม่ได้ช่วยเพิ่มปริมาณฟีนอลิกรวมและทำให้ค่าการยับยั้ง DPPH ลดลง แนวโน้มดังกล่าวอาจเกี่ยวข้องกับการเข้าสู่สมดุลของการสกัด การเกิดออกซิเดชัน หรือการเปลี่ยนแปลงของสารบางส่วนระหว่างการให้ความร้อนเป็นเวลานาน อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ไม่ได้ตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบรายชนิด จึงอธิบายได้ในระดับแนวโน้มเท่านั้น

เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม พบว่าค่าอยู่ในช่วง 0.020–0.023 mg QE/g dry sample และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเวลา 1–5 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับงานของ Aisyah and Ngibad (2022) ซึ่งใช้เอทานอลและเอทิลอะซิเตตสกัดเปลือกเสาวรสสีม่วง

และรายงานปริมาณฟลาโวนอยด์รวมเท่ากับ 15.01 และ 1.27 mg QE/g extract ตามลำดับ รวมทั้งงานของ Ngibad, Herawati, et al. (2023) ซึ่งใช้เมทานอลและรายงานปริมาณฟลาโวนอยด์รวมเท่ากับ 3.25 mg QE/g extract พบว่าค่าที่ได้จากการศึกษานี้ต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม การเปรียบเทียบควรพิจารณาด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากหน่วยรายงานผล ชนิดของตัวทำละลาย วิธีเตรียมตัวอย่าง และสภาวะการสกัดของแต่ละการศึกษาแตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาการสกัดที่เวลา 3 ชั่วโมง พบว่าให้ฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ $42.63 \pm 1.72\%$ ซึ่งต่ำกว่างานของ Ngibad, Yusmianti, et al. (2023) ที่รายงานว่าสารสกัดเมทานอลร้อยละ 70 จากเปลือกเสาวรสสีม่วงที่ความเข้มข้น 80 mg/L มีค่า DPPH inhibition เท่ากับ 72.80% ความแตกต่างดังกล่าวอาจเกี่ยวข้องกับชนิดของตัวทำละลาย ความเข้มข้นของสารสกัด วิธีเตรียมตัวอย่าง และสภาวะการสกัดที่ต่างกัน อย่างไรก็ตาม เป้าหมายของการศึกษานี้ไม่ได้มุ่งให้ได้สารสกัดที่มีฤทธิ์สูงสุดเพียงอย่างเดียว แต่ต้องการตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการใช้ในเครื่องสำอางและสามารถนำสารสกัดไปใช้ในสูตรได้โดยตรง การเลือกโพรพิลีนไกลคอลจึงเป็นการพิจารณาหลายปัจจัย ได้แก่ ประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และความเป็นไปได้ในการผลิต เพื่อคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง

อภิปรายผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์และความคงตัว

ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรสามารถเตรียมเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำที่มีเนื้อครีมสม่ำเสมอและไม่พบการแยกชั้นอย่างชัดเจน การเพิ่มผงเมล็ดเสาวรส์ทำให้ความหนืดเริ่มต้นเพิ่มขึ้นตามระดับการเติมเนื่องจากอนุภาคของแข็งกระจายอยู่ในวัฏภาคต่อเนื่องและเพิ่มแรงต้านการไหลของระบบ สูตรที่ 3 จึงมีความหนืดสูงกว่าสูตรที่ 1 และ 2 ขณะเดียวกัน ปริมาณอนุภาคที่สูงขึ้นทำให้เนื้อครีมหยาบขึ้นเล็กน้อย ซึ่งเป็นลักษณะที่สอดคล้องกับการทำหน้าที่เป็นสารขัดผิวเชิงกายภาพ

หลังการทดสอบสภาวะเร่ง พบว่าสูตรที่ 3 มีค่า ΔE ต่ำที่สุดและความหนืดไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าโครงสร้างของตำรับสามารถรักษาคูสมบัติทางกายภาพได้ดีกว่าสูตรอื่นภายใต้เงื่อนไขที่ศึกษา ปริมาณอนุภาคของแข็งอาจช่วยเพิ่มโครงสร้างภายในวัฏภาคน้ำและลดการเคลื่อนตัวของหยดน้ำมัน แต่การศึกษานี้ไม่ได้วิเคราะห์สมบัติการไหลแบบเต็มรูปแบบหรือโครงสร้างจุลภาคเชิงปริมาณ จึงยังไม่สามารถยืนยันกลไกดังกล่าวได้ การประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์ก็ควรพิจารณาร่วมกันทั้งการแยกชั้น ความหนืด ค่า pH สี และลักษณะทางกายภาพ ไม่ควรใช้ตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งเพียงลำพัง (Badrudodoza et al., 2023; Cekić et al., 2023)

ค่า pH ของทุกสูตรลดลงภายหลังการทดสอบสภาวะเร่ง แต่ยังอยู่ในช่วง 5.91–5.95 ซึ่งเป็นไปตามช่วงเป้าหมาย 5.0–6.5 การลดลงของค่า pH อาจสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงหรือการสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิกและแอนโทไซยานินไปเป็นสารที่มีสมบัติเป็นกรดมากขึ้นภายใต้

อุณหภูมิสลับ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากไม่ได้วิเคราะห์สารฟีนอลิกรายชนิดหรือผลิตภัณฑ์สลายตัวก่อน และหลังการทดสอบ จึงไม่สามารถระบุสาเหตุโดยตรงได้ แม้ว่าค่า pH ยังอยู่ในเกณฑ์ แต่การลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติชี้ว่าควรติดตามค่า pH ในการศึกษาความคงตัวระยะยาว

การตกตะกอนของผงเมล็ดเสาวรสีที่กั้นหลอดภายหลังการหมุนเหวี่ยงในสูตรที่ 2 และ 3 สัมพันธ์กับการที่ผงเมล็ดเป็นอนุภาคของแข็งที่ไม่ละลายในระบบอิมัลชัน แม้ไม่พบการแยกชั้นระหว่างวัฏภาคน้ำและน้ำมัน แต่การตกตะกอนดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์และปริมาณสารขัดผิวที่ได้รับในแต่ละครั้ง ดังนั้น แนวทางในการพัฒนาสูตรต่อไปควรศึกษาการปรับขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคผงเมล็ดให้สม่ำเสมอ รวมถึงการปรับความหนืดของระบบให้เหมาะสม เพื่อช่วยลดแนวโน้มการตกตะกอนของอนุภาค และควรประเมินความเร็วในการตกตะกอนความสามารถในการกระจายตัวกลับ และความสม่ำเสมอของปริมาณสารขัดผิวเพิ่มเติม

โดยภาพรวม สูตรที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยสารสกัดเปลือกเสาวรสีร้อยละ 4 และผงเมล็ดเสาวรสีร้อยละ 4 มีความคงตัวดีที่สุดภายใต้สภาวะเร่งที่ใช้ในการศึกษา เนื่องจากไม่พบการแยกชั้น มีการเปลี่ยนแปลงสีน้อยที่สุด ความหนืดค่อนข้างคงที่ และค่า pH หลังการทดสอบยังอยู่ในช่วงที่กำหนด ผลดังกล่าวสนับสนุนการใช้เปลือกเสาวรสีเป็นแหล่งสารสกัดและใช้เมล็ดเสาวรสีเป็นสารขัดผิวในผลิตภัณฑ์เดียวกัน ซึ่งเป็นแนวทางเพิ่มมูลค่าให้วัสดุเหลือทิ้งจากการบริโภคและการแปรรูปเสาวรสี

ข้อจำกัดของการศึกษา

การศึกษานี้ใช้วัตถุดิบเสาวรสีจากแหล่งจำหน่ายหนึ่งช่วงเวลา องค์ประกอบทางเคมีอาจแปรผันตามสายพันธุ์ แหล่งปลูก ฤดูกาล และระดับความสุก การวิเคราะห์สารสกัดเป็นการประเมินปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH ไม่ได้ระบุสารสำคัญรายชนิด นอกจากนี้ การประเมินผลิตภัณฑ์เป็นการทดสอบความคงตัวภายใต้สภาวะเร่งจำนวน 6 รอบ ยังไม่ได้ประเมินความคงตัวระยะยาว คุณภาพจุลชีววิทยา ประสิทธิภาพสารกันเสีย การระคายเคืองผิว ความพึงพอใจของผู้ใช้ หรือประสิทธิผลในการขัดผิวโดยตรง ดังนั้น ผลการศึกษาแสดงศักยภาพของวัตถุดิบและตำรับในระดับห้องปฏิบัติการ แต่ยังไม่เพียงพอสำหรับสรุปความปลอดภัยและประสิทธิผลเชิงคลินิก

ข้อเสนอแนะ

1. ควรวิเคราะห์องค์ประกอบสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รายชนิดด้วย HPLC หรือ LC-MS เพื่อเชื่อมโยงองค์ประกอบทางเคมีกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ได้ชัดเจนขึ้น

2. ควรศึกษาขนาด รูปร่าง และการกระจายตัวของผงเมล็ดเสาวรส รวมถึงกำหนดเกณฑ์ความหยาบ ที่เหมาะสม เพื่อลดความเสี่ยงต่อการระคายเคืองและควบคุมความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์
3. ควรทดสอบความคงตัวระยะยาวภายใต้อุณหภูมิห้องและสภาวะจัดเก็บต่าง ๆ ร่วมกับการทดสอบจุลชีววิทยาและ preservative efficacy test ก่อนการพัฒนาสู่ผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์
4. ควรประเมินความปลอดภัยต่อผิว การระคายเคือง ความพึงพอใจ และประสิทธิผลในการขัดผิวในอาสาสมัคร ภายหลังได้รับการรับรองด้านจริยธรรมการวิจัย
5. ควรศึกษาการขยายขนาดการผลิต การควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ และความคงที่ระหว่างรุ่นการผลิต เพื่อให้สามารถนำวัสดุเหลือทิ้งจากเสาวรสไปใช้ประโยชน์ได้อย่างต่อเนื่องและมีมาตรฐาน

รายการอ้างอิง

- สุธีรา มณีฉาย และประสพอร รินทอง. (2559). การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ด้วยวิธี *aluminum chloride colorimetric method*. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- Aisyah, S. D., & Ngibad, K. (2022). Determination of flavonoid content of ethanol and ethyl acetate extract from purple passion fruit peel. *Jurnal Pijar Mipa*, 17(5), 696–700. <https://doi.org/10.29303/jpm.v17i5.3463>
- Badruddoza, A. Z. M., Yeoh, T., Shah, J. C., & Walsh, T. (2023). Assessing and predicting physical stability of emulsion-based topical semisolid products: A review. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 112(7), 1772–1793. <https://doi.org/10.1016/j.xphs.2023.03.014>
- Bikiaris, N., Nikolaidis, N. F., & Barmapalexis, P. (2024). Microplastics (MPs) in cosmetics: A review on their presence in personal-care, cosmetic, and cleaning products (PCCPs) and sustainable alternatives from biobased and biodegradable polymers. *Cosmetics*, 11(5), 145. <https://doi.org/10.3390/cosmetics11050145>
- Cekić, N., Savić, S., & Savić, S. (2023). Stability evaluation of emulsion-based topical preparations: A valuable potential of dynamic-mechanical thermoanalysis (DMTA) test as a rapid rheological alternative to conventional freeze-thaw test. *Arhiv za Farmaciju*, 73(5), 358–389. <https://doi.org/10.5937/arhfarm73-46319>
- Chow, E. Y., & Elliott, J. F. (2024). Presence/absence of propylene glycol in commonly used topical products in the dermatology clinic. *Journal of Cutaneous*

Medicine and Surgery, 28(2), 192–193.

<https://doi.org/10.1177/12034754231223149>

- Fonseca, A. M. A., Geraldi, M. V., Maróstica Junior, M. R., Silvestre, A. J. D., & Rocha, S. M. (2022). Purple passion fruit (*Passiflora edulis* f. *edulis*): A comprehensive review on the nutritional value, phytochemical profile and associated health effects. *Food Research International*, 160, 111665. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111665>
- Ju, Y., Huang, L. L., Luo, H. L., Huang, Y. C., Huang, X. Y., Chen, G., Gui, J., Liu, Z. L., Yang, L., & Liu, X. Z. (2023). Passion fruit peel and its zymolyte enhance gut function in Sanhuang broilers by improving antioxidation and short-chain fatty acids and decreasing inflammatory cytokines. *Poultry Science*, 102(6), 102672. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102672>
- Khat-udomkiri, N., Bumrungpert, A., & Ooraikul, B. (2018). Preparation and utilization of passion fruit peel and seed powder in food applications. *International Food Research Journal*, 25(3), 1234–1242.
- Luksta, I., & Spalvins, K. (2023). Methods for extraction of bioactive compounds from products: A review. *Environmental and Climate Technologies*, 27(1), 422–437. <https://doi.org/10.2478/rtuct-2023-0031>
- Myo, H., Khat-udomkiri, N., Sam-ang, P., & Phanumartwiwath, A. (2025). Propylene glycol-based green extraction of polyphenols from industrial hemp stems: Process optimization and bioactivity assessment. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 12, 149. <https://doi.org/10.1186/s40538-025-00870-3>
- Ngibad, K., Herawati, D., Aisyah, S. D., Triarini, L. J., & Pratama, M. R. F. (2023). Total flavonoid, total phenolic contents and antioxidant activity of methanol and n-hexane extract from purple passion fruit peel. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 16(3), 1247–1253. <https://doi.org/10.52711/0974-360X.2023.00206>

- Ngibad, K., Yusmiati, S. N. H., Santoso, S. D., Inayah, F., & Faizi, R. D. N. (2023). In vitro antioxidant activity, flavonoid and phenolic contents of 70% methanol extract from purple and yellow passion fruit peel. *Indonesian Journal of Chemistry and Environment*, 6(2), 54–62. <https://doi.org/10.21831/ijoce.v6i2.57725>
- Ogorzałek, M., Klimaszewska, E., Małysa, A., Czerwonka, D., & Tomasiuk, R. (2024). Research on waterless cosmetics in the form of scrub bars based on natural exfoliants. *Applied Sciences*, 14(23), 11329. <https://doi.org/10.3390/app142311329>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Weyya, G., Belay, A., & Tadesse, E. (2024). Passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) by-products as a source of bioactive compounds for non-communicable disease prevention: Extraction methods and mechanisms of action: A systematic review. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1340511. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1340511>
- Wuttikul, K., & Sainakham, M. (2022). In vitro bioactivities and preparation of nanoemulsion from coconut oil loaded *Curcuma aromatica* extracts for cosmeceutical delivery systems. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(12), 103435. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103435>