

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวจากสารสกัดมะเฟือง (*Averrhoa carambola* L.) ในรูปแบบไมโครอิมัลชัน Health Product Development from Star Fruit Extract (*Averrhoa carambola* L.) in Microemulsion

รัฐพล ศิลปรัศมี¹ และจันทรัตน์ จาริกสกุลชัย^{1*}

Rattthapol Silaparassamee¹ and Juntarat Jaricksakulchai^{1*}

¹คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

¹Faculty of Public Health, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

*Corresponding author: juntarat.ja@vru.ac.th

Received: June 8, 2022

Revised: August 27, 2022

Accepted: August 31, 2022

บทคัดย่อ

มะเฟืองเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีมากแหล่งหนึ่งและยังไม่มีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำสารสกัดมะเฟืองมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผิว โครงการวิจัยนี้จึงสนใจนำสารสกัดมะเฟืองมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผิวในรูปแบบอิมัลเจล โดยศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยวิธี DPPH พัฒนาสารสกัดมะเฟืองให้อยู่ในรูปแบบไมโครอิมัลชันโดยการสร้างแผนภาพวัฏภาคไตรภาคเทียม นำไปพัฒนาต่อให้อยู่ในรูปแบบอิมัลเจล จากการศึกษาความคงตัว พบว่า สารสกัดมะเฟืองร้อยละ 1-5 มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระร้อยละ 48.33-88.48 โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับร้อยละ 1.062 โดยปริมาตร ไมโครอิมัลชันที่เหมาะสมประกอบด้วยสารสกัดมะเฟืองร้อยละ 20 ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 5 โจโจบาออยล์ ร้อยละ 25 สเปน 80 ร้อยละ 25 และทวิน 80 ร้อยละ 25 ต่ำรับอิมัลเจลที่มีสารสกัดมะเฟืองในรูปแบบไมโครอิมัลชัน ร้อยละ 2.5-7.0 มีความคงตัวที่อุณหภูมิห้องและสภาวะเร่งทั้งสัมผัสแสงและไม่สัมผัสแสงมีความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5.87-6.05 และมีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 73x10³-184x10³ เซนติพอยต์ ดังนั้นตำรับอิมัลเจลที่มีสารสกัดมะเฟืองในรูปแบบไมโครอิมัลชันนี้สามารถนำไปใช้พัฒนาเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผิวต่อไป

คำสำคัญ: อิมัลเจล ไมโครอิมัลชัน สารสกัดมะเฟือง สารต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

Star fruit extract is a good source of natural antioxidants, but the research has not been reported about using star fruit extract as the active substance in skin care products. This research aims to develop emulgel by using star fruit extract in microemulsion form. The antioxidant activity was evaluated by the DPPH method. Development from star fruit extract (*Averrhoa carambola* L.) in microemulsion formulations was plotted on pseudo-ternary phase diagrams. The emulgels with star fruit extract in microemulsion form were formulated and the stabilities of the emulgels were evaluated at room temperature and at accelerated conditions. This study discovered that 1-5% (v/v) star fruit extract has 48.33-88.48% free radical scavenging activities and a IC_{50} of 1.062% (v/v). The appropriate microemulsion formula consists of 20%-star fruit extract, 5% isopropyl alcohol, 25% Jojoba oil, 25% Span 80, and 25% Tween 80. The emulgels with 2.5–7.0% (w/w) star fruit extract in microemulsion form have stability at room temperature and under accelerated conditions. The pH and viscosity of these emulgels were in the range of 5.87–6.05 and 73x103-184x103 Cps., respectively. Therefore, the emulgel with star fruit extract in microemulsion form formulas is possible to use as a skin care product.

Keyword: emulgel, microemulsion, star fruit extract, antioxidant



บทนำ

อนุมูลอิสระ (free radical) เป็นสารที่ไม่เสถียรทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ว่องไว จึงสามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุลต่างๆ ในร่างกาย เช่น ไขมัน โปรตีน หรือสารพันธุกรรม โดยภาวะที่มีอนุมูลอิสระมากเกินไปจะก่ออันตรายแก่ร่างกาย เรียกภาวะนี้ว่า Oxidative stress ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเกิดโรคหลายชนิด (Greul, 2002; Gu, 1997) ซึ่งในสภาพปกติร่างกายสามารถสร้างสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติได้ ซึ่งมีกลไกการต้านหลากหลายรูปแบบ เช่น การดักจับอนุมูลอิสระ การยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน การจับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน การหยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ และการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่ง (Vertuani, 2004)

ที่ผ่านมา มีการค้นพบสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ (natural antioxidants) ในสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ (Waraporn, 2012) โดยพืชที่เป็นแหล่งของสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหลากหลายชนิด เช่น Cucurminoids จาก *Curcumaca cassumunar* (Masuda, 1994) Catechin derivatives จากชา *Thea sianensis* (Vinson, 1995)

Silymarin จาก *Silybum marianum* (Gu, 1997) เป็นต้น

มะเฟือง หรือ star fruit (*Averrhoa carambola* L.) เป็นผลไม้เมืองร้อนที่อยู่ในตระกูล Oxilidaceae และพบมากในรัฐอัลบั้ม และรัฐทางตะวันออกเฉียงเหนือของอินเดีย รวมทั้งประเทศเพื่อนบ้านในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น พม่า มาเลเซีย และ อินโดนีเซีย (Saiki, 2015; Shui, 2006) น้ำมะเฟืองมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดี มีงานวิจัย พบว่ามีสารโพลีฟีนอล และฟลาโวนอยด์ เป็นสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบ (Khanam, 2015)

ไมโครอิมัลชัน (Microemulsion) เป็นการผสมสาร 2 ชนิดที่ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันให้สามารถละลายอยู่ด้วยกันได้โดยใช้สารลดแรงตึงผิว (surfactant) เป็นสารก่ออิมัลชัน เพียงหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารแต่ละชนิด ซึ่งประกอบไปด้วย วัฏภาคน้ำ วัฏภาคน้ำมัน และวัฏภาคของสารลดแรงตึงผิว (อาจมีสารลดแรงตึงผิวร่วม) ทำให้เกิดอนุภาคแขวนลอยที่มีขนาดเล็กมาก (10-140 นาโนเมตร) มองเห็นเป็นอิมัลชันใสเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า ผู้วิจัยจึงสนใจเตรียมสารสกัดให้อยู่ในรูปแบบไมโครอิมัลชัน เพราะรูปแบบนี้ช่วยกักเก็บสารสำคัญให้อยู่ในวัฏภาคภายในที่มีขนาดเล็ก

ระดับนาโน ซึ่งเป็นการป้องกันการสัมผัสกับสิ่งกระตุ้นที่ก่อให้เกิดการสลายตัวของสารสำคัญ เพิ่มประสิทธิภาพของการแทรกซึมของสารผ่านผิวหนังดีกว่าระบบสารละลาย และสูตรยาเตรียมแบบดั้งเดิมทั่วไป (Junyaprasert, 2009) เนื่องจากตำรับไมโครอิมัลชันเป็นประเภท Bicontinuos ซึ่งไม่สามารถพัฒนาเป็นเจล หรือ W/O ได้ เนื่องจากมีปัญหาเสถียรภาพ และจำเป็นต้องใช้การดูแลช่วย (Tanaji, 2018) ในขณะที่ตำรับอิมัลเจลมีข้อดี คือ มีเสถียรภาพทางอุณหภูมิ จากโครงสร้างโพลีเมอร์ของเจล ซึ่งไม่ให้เฟสของอิมัลชันแยกตัวออกป้องกันการรวมตัวกัน และการย่อยสลายของสารสำคัญ และเนื่องจากไมโครอิมัลชันมีปริมาณของน้ำมันมากจึงมีปัญหาในการละลายน้ำ (Sohail, 2018) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจพัฒนาตำรับอิมัลเจลที่มีสารสกัดมะเฟืองในรูปแบบ ไมโครอิมัลชัน ผู้วิจัยเห็นความสำคัญในพัฒนารูปแบบสารสำคัญมะเฟืองให้อยู่ในรูปแบบไมโครอิมัลชัน เพื่อคงประสิทธิภาพให้ออกฤทธิ์อย่างเต็มประสิทธิภาพ ในรูปแบบผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ เป็นหนึ่งในแนวทางในการส่งเสริมสุขภาพต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดมะเฟือง
2. เพื่อพัฒนาตำรับไมโครอิมัลชันที่มีสารสกัดมะเฟือง
3. เพื่อพัฒนาสูตรตำรับอิมัลเจลที่มีไมโครอิมัลชันจากสารสกัดมะเฟือง
4. เพื่อทดสอบความคงตัวของสูตรตำรับอิมัลเจลที่มีไมโครอิมัลชันจากสารสกัดมะเฟือง

วิธีดำเนินงานวิจัย วัสดุและสารเคมี

เครื่องมือและอุปกรณ์ เครื่องชั่ง เครื่องวัด pH (pH meter) รุ่น 827 ตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ Binder KBL 115 เครื่องวัดความหนืด (viscometer) เครื่องปั่นผสม (Homogenizer) ยี่ห้อ Ultra-turrax รุ่น T25 เครื่องกวนสาร รุ่น C-MAG HS7 digital เครื่อง UV Spectrophotometer

สารเคมี Jojoba oil Span 80 Cemophor RH 40 Tween 80 Isopropyl alcohol Distilled Water Easy Cream Maker™ Caprylic/Capric Triglyceride Butylene glycol Mineral oil Tocopheryl Acetate Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC, USA) Carbopol 940 Triethanolamine และ Phenoxyethanol

1. การเตรียมสารสกัดมะเฟือง

เตรียมมะเฟือง โดยนำมะเฟืองมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้แห้งด้วยลมธรรมดา ที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 27+2 องศาเซลเซียส นำมะเฟืองที่แห้งมาบดละเอียด ชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 5,000 กรัม เติมน้ำทำละลายเอทานอล ความเข้มข้น 99% ในอัตราส่วน 1:20 กรัมต่อมิลลิลิตร หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 14 วัน โดยมีการเขย่า โหลสกัดมะเฟืองทุก ๆ 2 วันจนครบ 14 วัน จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เพื่อนำกากที่ได้ไปสกัดต่ออีกรอบด้วยสภาวะเดียวกัน จากนั้นนำสารละลายที่ได้จากการสกัดทั้ง 2 รอบ มารวมกันแล้วนำไปประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน นำสารสกัดหยาบแห้งมาใส่ในตู้ดูดความชื้นเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บในหลอดแก้ว ทึบแสงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปศึกษาลำดับต่อไป

2. การศึกษาฤทธิ์ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสำคัญ โดยวิธี DPPH (2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging assay

การเตรียมสารละลายสารสกัดมะเฟือง

นำสารสกัดมะเฟืองมาเจือจางให้มีความเข้มข้น ร้อยละ 1 2 3 4 และ 5 ปริมาตรต่อปริมาตร สารเคมี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl ethanol

เตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 6×10^{-5} M

ชั่ง DPPH 2.4 มิลลิกรัมละลายใน 95 เปอร์เซ็นต์เอทานอล และปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร แล้วเก็บไว้ในขวดสีชา

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

นำสารละลายสารสกัดมะเฟืองที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มา 2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH 2 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร บันทึกผลและหาค่าเฉลี่ย จากนั้นนำมาคำนวณหา % DPPH radical scavenging ดังสมการ (Burns, 1987)

$$\text{DPPH radical scavenging (\%)} = [(A_0 - A_s) / A_0] \times 100 \quad (1)$$

โดย A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงตั้งต้น และ A_s = ค่าการดูดกลืนแสงหลังจากเติมสารตัวอย่าง

คำนวณหาค่า Inhibitory concentration at 50% (IC_{50}) ได้จากกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารสกัด (X) และ % DPPH radical scavenging (Y)

3. การเตรียมไมโครอิมัลชันผสมสารสกัดมะเฟือง โดย การสร้าง pseudo-ternary phase diagram

การเตรียมสารสกัดมะเฟืองในรูปแบบไมโครอิมัลชัน โดยใช้ Span80 (Cemophor RH 40 หรือ Tween80) Jojoba oil Isopropyl alcohol และ Distilled water ในสัดส่วนที่คำนวณไว้ ผสมให้เข้ากัน ประเมินลักษณะของการเกิดไมโครอิมัลชันโดยประเมินจากความใส สร้าง Pseudo-ternary phase diagram

4. การเตรียมตำรับอิมัลเจลพื้นฐานและตำรับที่มีสารสกัดมะเฟืองในรูปแบบไมโครอิมัลชัน

การเตรียมวฏภาคอิมัลชัน แยกออกเป็น 2 วฏภาค วฏภาคแรก: เป็นวฏภาคน้ำมันได้จากการผสม Caprylic/Capric Triglyceride Mineral oil และ Span80 โดยใช้เครื่อง Water bath และ ควบคุมอุณหภูมิให้ได้ 70–75 องศาเซลเซียส วฏภาคที่สอง: เป็นวฏภาคน้ำได้จากการผสม Hydroxypropyl methylcellulose Carbopol 940 Butylene glycol Glycerin Distilled Water และ Tween 20 โดยใช้เครื่อง Water bath โดยควบคุมอุณหภูมิให้ได้ 75–80 องศาเซลเซียส เทวฏภาคน้ำมันลงในวฏภาค

น้ำมันผสมโดยปั่นที่ความเร็ว 15,000 rpm เป็นเวลา 4-5 นาที และที่ความเร็ว 6,500 rpm เป็นเวลา 4-5 นาที หลังจากอุณหภูมิลดลงเหลือ 40-45 องศาเซลเซียส เติมสารสกัดมะเฟืองในรูปแบบไมโครอิมัลชันลงในตำรับผลิตภัณฑ์ 5 และ 10 กรัม

5. ศึกษาความคงตัวของตำรับอิมัลเจลที่มีสารสกัดมะเฟืองในรูปแบบไมโครอิมัลชัน การประเมินความคงตัวที่อุณหภูมิห้องก่อนการศึกษาความคงตัว

เมื่อพัฒนาตำรับผลิตภัณฑ์จนได้ผลิตภัณฑ์ตำรับอิมัลเจล ตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ศึกษาตัวอย่างทั้ง 4 ตำรับ ตำรับละ 200 กรัม โดยบรรจุลงในภาชนะกระปุกแก้ว มีฝาปิดสนิท นำไปตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง สภาวะสัมผัสแสงและไม่สัมผัสแสง (ห่อหุ้มบรรจุภัณฑ์ด้วยฟอยล์อะลูมิเนียม) ประเมินความคงตัวของสูตรตำรับที่อุณหภูมิห้อง ได้แก่ ลักษณะเนื้อ ความหนืด สี กลิ่น และค่าความเป็นกรด-ด่าง บันทึกอุณหภูมิห้องขณะประเมินความคงตัว

การประเมินความคงตัวที่อุณหภูมิห้อง

ตัวอย่างทั้ง 4 ตำรับ ตำรับละ 200 กรัม นำไปตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง สภาวะสัมผัสแสงและไม่สัมผัสแสง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยแบ่งเป็นสัมผัสแสงและไม่สัมผัสแสง ประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ลักษณะเนื้อ ความหนืด สี กลิ่น และ pH โดยมีการประเมินสัปดาห์ละ 1 ครั้ง บันทึกอุณหภูมิห้องขณะประเมินความคงตัว

การประเมินความคงตัวที่สภาวะเร่งด้วยวิธี Heating cooling cycle

ตัวอย่างทั้ง 4 ตำรับ ตำรับละ 200 กรัม ประเมินความคงตัวของสูตรตำรับ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ สัมผัสแสงและไม่สัมผัสแสง จากนั้นนำไปเก็บไว้ในสภาวะเร่งโดยใส่ตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาใส่ตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ ทำทั้งหมด 6 รอบ ทำการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเคมี (ตามการประเมินความคงตัวที่อุณหภูมิห้อง) ของสูตรตำรับทุกรูป จดบันทึกอุณหภูมิทุกครั้งที่ประเมิน

การวิเคราะห์และสรุปผลข้อมูล

นำข้อมูลมาจัดระเบียบด้วยการแยกประเภทข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่ตามตัวแปรที่ศึกษาและนำมาวิเคราะห์ข้อมูลตามวิธีการทางสถิติ เพื่อตอบวัตถุประสงค์และสมมุติฐานที่ตั้งไว้ดังต่อไปนี้ โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ ในการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าก่อนกับหลัง ภายใต้ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หรือที่ระดับนัยสำคัญ .05

ผลการทดลอง

1. ผลการเตรียมสารสกัดมะเฟือง

ผลจากการสกัดสารสกัดจากผลมะเฟืองแห้งปั่นละเอียดด้วยวิธีการหมัก (maceration) โดยนำเนื้อมะเฟืองแห้งและปั่นละเอียดหนัก 5 กิโลกรัม ได้สารสกัดหยาบ (crude extract) จากผลมะเฟือง ที่มีลักษณะของเหลวข้นสีน้ำตาลอ่อน และมีความวาวปริมาตร 150 มิลลิลิตร

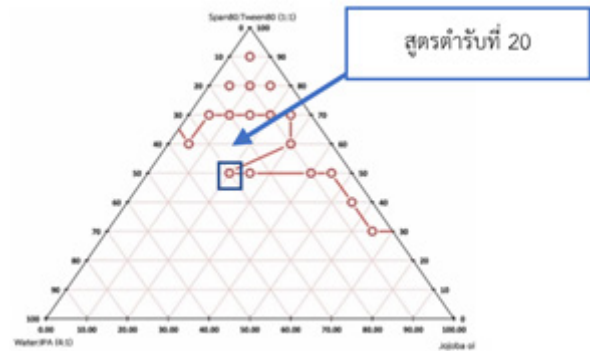
2. ผลการศึกษาฤทธิ์ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสำคัญ โดยวิธี DPPH radical scavenging assay

จากผลการศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดมะเฟืองที่ความเข้มข้นร้อยละ 1–5 พบว่าสารสกัดมะเฟืองมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ร้อยละ 48.33–88.48 โดยมีค่า IC_{50} ร้อยละ 1.062 โดยปริมาตร ในการทดลองครั้งนี้เลือกสารสกัดมะเฟืองที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1 ไปพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบไมโครอิมัลชันต่อไป เนื่องจากเป็นระดับความเข้มข้นที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 คาดว่าน่าจะมาจากโพลีฟีนอล และฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีความเข้มข้นสูง

3. ผลการพัฒนาตำรับไมโครอิมัลชัน

3.1 ผลการพัฒนาตำรับไมโครอิมัลชันพื้นฐาน

ตำรับไมโครอิมัลชันที่มีน้ำกับ Isopropyl alcohol ผสมกันอัตราส่วน 4:1 ทั้งหมด 81 ตำรับ พบว่า 17 ตำรับเกิดลักษณะใสและเป็นเนื้อเดียวกัน ได้แก่ ตำรับที่ 1-9 11 16 17 18 21 22 26 และ 37 เมื่อนำมาสร้างแผนภาพวัฏภาคไตรภาคเทียม ดังแสดงในภาพ 1



ภาพ 1 The Pseudoternary Phase Diagram co-surfactant (Tween 80: Isopropyl alcohol 4:1)

พบว่า สัดส่วนของน้ำและ Isopropyl alcohol ในอัตราส่วน 4:1 ดังกล่าวทำให้มีบริเวณที่เกิดไมโครอิมัลชันกว้าง ในงานวิจัยนี้ได้เลือกสูตรไมโครอิมัลชันที่เหมาะสมเพื่อนำไปพัฒนาต่อโดยมีส่วนประกอบดังนี้ น้ำร้อยละ 20 โดยมวล, Isopropyl alcohol ร้อยละ 5 โดยมวล Jojoba oil ร้อยละ 25 โดยมวล Span80 ร้อยละ 25 โดยมวล และ Tween80 ร้อยละ 25 โดยมวล จากการตั้งตำรับพบว่า ไมโครอิมัลชันพื้นฐานมีลักษณะสีเหลืองอ่อน ใส สารสกัดมะเฟืองแทนน้ำทั้งหมดพบว่าไมโครอิมัลชันที่ได้มีลักษณะสีเหลืองชา ใส ไม่มีกลิ่น

3.2 ผลการพัฒนาตำรับอิมัลเจลพื้นฐานและตำรับอิมัลเจลที่มีสารสกัดมะเฟืองในรูปแบบไมโครอิมัลชัน

จากการพัฒนาตำรับอิมัลเจลพื้นฐานที่มี การใช้สารก่อเจล คือ Hydroxypropyl methylcellulose ร้อยละ 1.25 และ Carbopol 940 ร้อยละ 0.25 ในสูตรตำรับ พบว่า มีลักษณะเนื้อเนียนละเอียด ค่อนข้างหนืด สีขาวขุ่น ไม่มีกลิ่น ไม่เกิดการแยก จึงถูกนำไปพัฒนาต่อ โดยตั้งตำรับที่มีปริมาณสารสกัดมะเฟืองแตกต่างกัน 3 ตำรับ (5 และ 10 กรัม) จากการประเมินลักษณะทางกายภาพ พบว่า ตำรับที่ 1 (สารสำคัญร้อยละ 5) ตำรับที่ 2 (สารสำคัญร้อยละ 10) มีลักษณะเนื้อเนียนละเอียด ค่อนข้างหนืด สีขาวขุ่น ไม่มีกลิ่น ไม่เกิดการแยกชั้น

4. ผลประเมินความคงตัวของตำรับอิมัลเจลที่มีสารสกัดมะเฟืองในรูปแบบไมโครอิมัลชัน

4.1 ผลการประเมินความคงตัวของอุณหภูมิตั้ง

จากการทดสอบความคงตัวของสูตรตำรับที่สภาวะอุณหภูมิตั้งแบบสัมผัสแสงและไม่สัมผัสแสงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ หรือ 28 วัน (ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 30.8 องศาเซลเซียส) พบว่า ทั้ง 3 ตำรับ ทั้งสภาวะสัมผัสแสง และไม่สัมผัสแสง ไม่พบการเปลี่ยนแปลง ลักษณะทางเคมี-กายภาพ (ด้านลักษณะเนื้อผลิตภัณฑ์ การแยกชั้น สี กลิ่น ความข้นหนืด และค่าความเป็นกรด-ด่าง) ดังแสดงในตาราง 1-2

ตาราง 1

การประเมินลักษณะทางเคมี-กายภาพ ของสูตรตำรับผลิตภัณฑ์ สูตรตำรับที่ 1 ณ สภาวะอุณหภูมิตั้ง (30.8 องศาเซลเซียส) $n=3$

Assessment		Day 0	Day 7	Day 14	Day 21	Day 28
F1	exposed to light	appearance		smooth and quite viscous		
		phase separation		not separated		
		color		milky white		
		odor		no odor		
		viscosity $\pm$ SD	72 $\times 10^3 \pm 0.81$	76 $\times 10^3 \pm 0.58$	75 $\times 10^3 \pm 1.53$	73 $\times 10^3 \pm 2.52$
		pH $\pm$ SD	6.12 ± 0.03	6.01 ± 0.01	6.02 ± 0.34	6.02 ± 0.01
	without light exposure	appearance		smooth and quite viscous		
		phase separation		not separated		
		color		milky white		
		odor		no odor		
		viscosity $\pm$ SD	78 $\times 10^3 \pm 0.65$	78 $\times 10^3 \pm 0.58$	78 $\times 10^3 \pm 1.53$	78 $\times 10^3 \pm 0.81$
		pH $\pm$ SD	6.02 ± 0.03	5.96 ± 0.02	5.98 ± 0.01	5.97 ± 0.08

4.2 ผลประเมินความคงตัวของสภาวะเร่ง (Heating cooling cycle)

จากการทดสอบความคงตัวของสภาวะเร่งด้วยวิธี Heating cooling cycles เป็นจำนวน 6 รอบ พบว่า ทั้ง 2 ตำรับ ทั้งสภาวะสัมผัสแสง และไม่สัมผัสแสง ไม่พบการเปลี่ยนแปลง ลักษณะทางเคมี-กายภาพ ดังแสดงในตาราง 3-4

ตาราง 2

การประเมินลักษณะทางเคมี-กายภาพ ของสูตรตำรับผลิตภัณฑ์ สูตรตำรับที่ 2 ณ สภาวะอุณหภูมิห้อง (30.8 องศาเซลเซียส) $n=3$

Assessment		Day 0	Day 7	Day 14	Day 21	Day 28
F2	exposed to light	appearance	smooth and quite viscous			
		separation	not separated			
		color	milky white			
		odor	no odor			
		viscosity $\pm$ SD	162 $\times 10^3 \pm 2.52$	163 $\times 10^3 \pm 3.06$	164 $\times 10^3 \pm 0.58$	160 $\times 10^3 \pm 2.52$
		pH $\pm$ SD	5.98 ± 0.01	6.03 ± 0.02	5.97 ± 0.02	5.95 ± 0.01
						5.94 ± 0.03
	without light exposure	appearance	smooth and quite viscous			
		separation	not separated			
		color	milky white			
		odor	no odor			
		viscosity $\pm$ SD	163 $\times 10^3 \pm 2.52$	168 $\times 10^3 \pm 2.08$	165 $\times 10^3 \pm 1.15$	163 $\times 10^3 \pm 2.52$
		pH $\pm$ SD	5.98 ± 0.01	5.98 ± 0.02	6.05 ± 0.05	5.96 ± 0.02
						5.26 ± 0.01

ตาราง 3

ประเมินลักษณะทางเคมี-กายภาพ ของสูตรตำรับที่ 1 ณ ภายใต้สภาวะเร่งวิธี Heating cooling cycle ($n=3$)

Assessment		Day 0	Day 2	Day 4	Day 6
F1	exposed to light	appearance	smooth and quite viscous		
		separation	not separated		
		color	milky white		
		odor	no odor		
		viscosity $\pm$ SD	78 $\times 10^3 \pm 0.15$	75 $\times 10^3 \pm 0.58$	77 $\times 10^3 \pm 0.32$
		pH $\pm$ SD	6.02 ± 0.03	6.03 ± 0.01	5.99 ± 0.02
	without light exposure	appearance	smooth and quite viscous		
		separation	not separated		
		color	milky white		
		odor	no odor		
		viscosity $\pm$ SD	78 $\times 10^3 \pm 1.21$	78 $\times 10^3 \pm 0.58$	79 $\times 10^3 \pm 1.73$
		pH $\pm$ SD	6.02 ± 0.03	6.01 ± 0.01	5.99 ± 0.02

ตาราง 4

ประเมินลักษณะทางเคมี – กายภาพ ของสูตรตำรับที่ 2 ณ ภายใต้สภาวะเร่งวิธี Heating cooling cycle (n=3)

Assessment		Day 0	Day 2	Day 4	Day 6
F2	exposed to light	appearance	smooth and quite viscous		
		separation	not separated		
		color	milky white		
		odor	no odor		
		viscosity $\pm$ SD	163 $\times 10^3 \pm 1.22$	160 $\times 10^3 \pm 1.53$	159 $\times 10^3 \pm 2.08$
		pH $\pm$ SD	5.98 ± 0.01	5.97 ± 0.03	5.93 ± 0.03
					5.95 ± 0.02
	without light exposure	appearance	smooth and quite viscous		
		separation	not separated		
		color	milky white		
		odor	no odor		
		viscosity $\pm$ SD	163 $\times 10^3 \pm 2.02$	164 $\times 10^3 \pm 0.58$	163 $\times 10^3 \pm 1.53$
		pH $\pm$ SD	5.98 ± 0.01	6.00 ± 0.03	5.98 ± 0.02
					5.96 ± 0.06

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สารสกัดมะเฟืองร้อยละ 1–5 ปริมาตรต่อปริมาตร มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ร้อยละ 48.33–88.48 โดยมีค่า IC₅₀ เท่ากับร้อยละ 1.062 โดยปริมาตร โดยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น คาดว่าน่าจะมาจากโพลีฟีนอลและฟลาโวนอยด์ที่เป็นองค์ประกอบ (Sohail, 2018) เมื่อทำการพัฒนาสูตรตำรับไมโครอิมัลชัน โดยการสร้างแผนภาพภูมิภาคไตรภาคเทียม (Chang, 2000) พบว่า การใช้ Tween 80 เป็นสาร ลดแรงตึงผิว และน้ำ และไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์อัตราส่วน 4:1 ทำให้เกิดไมโครอิมัลชันเป็นบริเวณกว้างกว่าการใช้ Cemophor RH40 และน้ำกับไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์อัตราส่วน 1:1 งานวิจัยนี้เลือกสูตร ไมโครอิมัลชันที่มีสารสกัดมะเฟืองที่ประกอบด้วย สารสกัดมะเฟืองร้อยละ 20 โดยมวล Isopropyl alcohol ร้อยละ 5 โดยมวล Jojoba oil ร้อยละ 25 โดยมวล Span80 ร้อยละ 25 โดยมวล และ Tween 80 ร้อยละ 25 โดยมวล สารสกัดมะเฟืองในรูปแบบไมโครอิมัลชัน มีลักษณะเป็นของเหลว สี เหลืองขาว มีกลิ่นเฉพาะตัว

ไมโครอิมัลชันชนิดนี้เป็นแบบ Bi-continuous ซึ่งมีปริมาณของน้ำมัน และน้ำใกล้เคียงกันจนไม่สามารถจำแนกเป็นประเภทใดประเภทหนึ่งได้จึงทำให้ยากต่อการพัฒนาเป็นตำรับเจลหรืออิมัลชัน และงานวิจัยนี้จึงเลือกพัฒนาเป็นตำรับอิมัลเจล ซึ่งมีความคงตัวที่อุณหภูมิสูงเนื่องจากโครงสร้างโพลีเมอร์ของเจลซึ่งไม่ยอมให้ภูมิภาคของอิมัลชันแยกตัวออกได้ มีความเสถียรสูงและปลดปล่อยสารสำคัญได้ดี การพัฒนาสูตรตำรับอิมัลชันเจลใช้สารก่อเจล คือ Hydroxypropyl methylcellulose และ Carbopol 940 ที่มีความสามารถในการทนสภาวะความเป็นกรดและด่างได้ดี จากการพัฒนาโดยใช้สารก่อเจล 2 ตัวนี้ร่วมกัน พบว่าตำรับอิมัลเจลที่ไม่มีสารสกัดมะเฟืองในรูปแบบไมโครอิมัลเจลมีลักษณะเนื้อเนียนละเอียด สีขาวขุ่น ไม่มีกลิ่น แต่มีความเหลวมากกว่าสูตรตำรับที่มีสารสกัดมะเฟืองในรูปแบบไมโครอิมัลชัน ส่วนอิมัลเจลที่มีสารสกัดมะเฟืองในรูปแบบไมโครอิมัลชัน มีเนื้อเนียนละเอียด สีขาวขุ่น ไม่มีกลิ่น เนื่องจากสารสกัดมะเฟืองอยู่ในรูปแบบไมโครอิมัลชัน และเมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดในรูปแบบไมโครอิมัลชันความหนืดจะเพิ่มขึ้น อิมัลเจล

ทั้ง 2 ตำรับมีความคงตัวดีที่อุณหภูมิห้อง และสภาวะเร่ง ทั้งสัมผัสแสงและไม่สัมผัสแสง ค่าความเป็นกรด-ด่างมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยทั้ง 2 ตำรับ อยู่ในช่วง 5.87-6.05 ซึ่งเป็นช่วงที่ผิวหนังยอมรับได้ โดยปกติผลิตภัณฑ์ดูแลผิวหนัง จะมี pH 4.0-7.0 จึงถือว่ายังยอมรับได้ อย่างไรก็ตามอิมัลเจล ทั้ง 2 ตำรับจะมีความสามารถในการซึมผ่านผิวต่างกัน โดยหลังทาผลิตภัณฑ์จะพบลักษณะความรู้สึกเคลือบผิวก่อน ซึมผ่านผิว ทั้ง 2 ตำรับมีความคงตัวดี ทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับ ความชอบและความรู้สึกของแต่ละบุคคล

ข้อเสนอแนะ

1. นำไปศึกษาการซึมผ่านต่อเซลล์ผิวในด้านการ ลงสู่ผิวของสารสำคัญมะเฟืองที่อยู่ในรูปแบบไมโครอิมัลชัน เพิ่มเติม เพราะเพื่อดูความสามารถการซึมผ่านของตำรับ อิมัลเจลที่เตรียมขึ้น
2. ควรทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วย วิธีอื่น ๆ เพิ่มเติม เพราะการทดสอบเพียงวิธีเดียวอาจจะ ไม่เพียงพอ จึงจะมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น



References

- Burns, J., Rivers, J. M., & Machlin, L. J. (1987). Third conference on vitamin C. *In Conference on Vitamin C 1986: New York, NY*. New York: Academy of Sciences.
- Chang, J. M., Hwang, S. J., Kuo, H. T., Tsai, J. C., Guh, J. Y., Chen, H. C., & Lai, Y. H. (2000). Fatal outcome after ingestion of star fruit (*Averrhoa carambola*) in uremic patients. *American Journal of Kidney Diseases*, 35(2), 189-193. [https://doi.org/10.1016/s0272-6386\(00\)70325-8](https://doi.org/10.1016/s0272-6386(00)70325-8)
- Gu, Z. P., Zhang, S. M., Wang, C. L., Lian, W. Y., Xiao, P. G., & Chen, J. M. (1997). Determination of strychnine and brucine in *Strychnos* by HPLC. *Yao xue xue bao= Acta pharmaceutica Sinica*, 32(10), 791-794. PMID: 11596226.
- Greul, A. K., Grundmann, J. U., Heinrich, F., Pfitzner, I., Bernhardt, J., Ambach, A., Biesalski, H. K., & Gollnick, H. (2002). Photoprotection of UV-irradiated human skin: an antioxidative combination of vitamins E and C, carotenoids, selenium and proanthocyanidins. *Skin Pharmacology and Applied Skin Physiology*, 15(5), 307-315. <https://doi.org/10.1159/000064534>
- Janyaprasert, W. (2012). *Nanotechnology in skin delivery* (4th ed.) Bangkok: Chum Chum Printing House Agricultural Cooperatives of Thailand Limited. (in Thai)
- Junyaprasert, V. (2009). *Nanotechnology: Skin delivery of drugs and cosmetics*. Bangkok: Prachachon. (in Thai)
- Khanam, Z., Sam, K. H., Zakaria, N. H. B. M., Ching, C. H., & Bhat, I. U. H. (2015). Determination of polyphenolic content, HPLC analyses and DNA cleavage activity of Malaysian *Averrhoa carambola* L. fruit extracts. *Journal of King Saud University-Science*, 27(4), 331-337. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2015.01.004>
- Krasantisuk, S., & Runnarong, H. (2006). The development of skin care sericin lotion. *The Southern College Network Journal of Nursing and Public Health*, 4(3), 249-258. (in Thai)

- Masuda, T., & Jitoe, A. (1994). Antioxidative and antiinflammatory compounds from tropical gingers: Isolation, structure determination, and activities of cassumunins A, B, and C, new complex curcuminoids from *Zingiber cassumunar*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 1850-1856. <https://doi.org/10.1021/jf00045a004>
- Saikia, S., Mahnot, N. K., & Mahanta, C. L. (2015). Optimisation of phenolic extraction from *Averrhoa carambola* pomace by response surface methodology and its microencapsulation by spray and freeze drying. *Food chemistry*, 171, 144–152. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.064>
- Shui, G., & Leong, L. (2006) Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. *Food Chemistry*, 97, 277-284. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.048>
- Sohail, M., Naveed, A., Abdul, R., Gulfishan, Muhammad Shoaib Khan, H., & Khan, H. (2018). An approach to enhanced stability: Formulation and characterization of *Solanum lycopersicum* derived lycopene based topical emulgel. *Saudi Pharmaceutical Journal: SPJ: The Official Publication of the Saudi Pharmaceutical Society*, 26(8), 1170–1177. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2018.07.005>
- Tanaji, D. N. (2018). Emulgel: A comprehensive review for topical delivery of hydrophobic drugs. *Asian Journal of Pharmaceutics*, 12(02), s382-s393. <https://doi.org/10.22377/ajp.v12i02.2366>
- Vertuani, S., Angusti, A., & Manfredini, S. (2004). The antioxidants and pro-antioxidants network: An overview. *Current Pharmaceutical Design*, 10(14), 1677–1694. <https://doi.org/10.2174/1381612043384655>
- Vinson, J. A.; Dabbagh, Y. A., Serry, M. M., & Jang, J. (1995). Plant flavonoids, especially tea flavonols, are powerful antioxidants using an in vitro oxidation model for heart disease. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 2800-2802. <https://doi.org/10.1021/jf00059a005>

