การพัฒนาเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ก่อตัวเองสำหรับผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหน้า

Development of *in-situ* Bubble Facial Gel Mask for Facial Cleansing Product

สุรีวัลย์ ดวงจิตต์[1*] ภคพล พละกุล[2] ไพจิตร ศรีธนานุวัฒน์[3] วรนันท์ รังสิมาวงศ์[1] และ สุรีวัลย์ บำรุงไทย[3]

Sureewan Duangjit[1*], Pakapol Palakun[2], Phaijit Srisananuwat[3], Worranan Rangsimawong[1] and Sureewan Bamrungthai[2]

[1]กลุ่มวิชาเภสัชเคมีและเทคโนโลนีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[2] นักศึกษาคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[3]กลุ่มวิชาชีวเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[1]Division of Pharmaceutical Chemistry and Technology, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Ubon Ratchathani University,

[2]Pharmacy student, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Ubon Ratchathani University,

[3]Division of Biopharmacy, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Ubon Ratchathani University

[*]E-mail: sureewan.d@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้แนะนำให้รู้จักเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ก่อตัวเองที่มีส่วนผสมของสารสกัดโปรตีนรังไหมสำหรับผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหน้าเป็นครั้งแรก แม้ว่ายังไม่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อดีของการสกัดโปรตีนรังไหม แต่โปรตีนรังไหมได้รับความสนใจในตลาดเครื่องสำอาง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ก่อตัวเองสำหรับผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหน้า ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารก่อเจล สารก่อฟองฟู่ และการสกัดโปรตีนรังไหม ประเมินคุณลักษณะภายนอก สี ความน่าใช้ โดยสังเกตด้วยตาเปล่า ประเมินความหนืดและความเป็นกรดด่างอย่างน้อย 3 ครั้ง ศึกษาความคงตัวโดยเปรียบเทียบความสามารถในการก่อฟองและการศึกษาความสามารถในการกระจายตัวในวันแรก และวันที่ 30 ผลการวิจัยพบว่า เจลทำความสะอาดผิวหน้าสูตรดั้งเดิมที่มีความหนืดและเนื้อสัมผัสตรงตามความต้องการประกอบด้วย แซนแทนกัม ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส และคาร์โบเมอร์ ในอัตราส่วน 1:1:1:0.5 ความเข้มข้นของสารก่อฟองฟู่ที่เหมาะสมอยู่ในช่วงร้อยละ 7 ถึง 9 เนื้อฟองมีความคงตัวนานกว่า 5 นาที เจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ก่อตัวเองสำหรับผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหน้ามีความคงตัวดีที่อุณหภูมิ 4 และ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

คำสำคัญ: สารสกัดรังไหม บับเบิลมาสก์ เจลมาสก์หน้าทำความสะอาด สารก่อเจล

Abstract

In-situ bubble facial gel mask incorporating silk protein extraction for facial cleansing product was first introduced in this study. Although there is still no scientific evidence to support the advantages of silk protein extraction, silk protein has an attractive impact on the cosmetic market. The objective of this study was to develop and evaluate the *in-situ* bubble facial gel mask for the facial cleansing product. The types and concentrations of gelling agents, bubble-forming agents, and silk protein extraction were varied and evaluated. The physical appearance, color, and usability were virtual observation. The viscosity and pH were conducted in triplicate. The stability, foam ability, and spreadability were compared at the initial (Day 1) and 30 days (Day 30). The results indicated that the proper conventional facial cleansing gel with a

desired viscosity and appropriate texture was composed of xanthan gum, hydroxypropyl methyl cellulose, hydroxyethyl cellulose, and carbomer in a ratio of 1:1:1:0.5. The optimal range of bubble-forming agents in this study was 7 to 9%. The foam was stable for more than 5 mins. The *in-situ* bubble facial gel mask for facial cleansing product was stable at 4 and 30 °C for 30 day.

Keywords: Silk Protein Extraction, Bubble Mask, Facial Cleansing Gel Mask, Gelling Agent

บทนำ

ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดมีจำหน่ายในท้องตลาดหลายรูปแบบ เช่น ของเหลว โลชัน ครีม เจล สบู่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดจากอดีตจนถึงปัจจุบันคือ สบู่ (Barrionuevo-Gonzalez et al., 2021) อย่างไรก็ตาม ส่วนประกอบหลักในสบู่มีคุณสมบัติเป็นประจุ (Ionic based) ซึ่งอาจทำให้ผิวหนังชั้นสตราตัมคอร์เนียมเสียหายและแห้งเป็นบริเวณกว้างได้ (Voegeli, 2008) ภาวะผิวแห้ง (Dry skin) เป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดริ้วรอยบนผิวหนัง ดังนั้น การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหนังที่มีความอ่อนโยน ปลอดภัย ไม่ทำลายโครงสร้างผิวหนัง เช่น การใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุร่วมกับการใช้ในปริมาณที่เหมาะสม จะช่วยลดความระคายเคืองต่อผิวหนังได้

ในการศึกษานี้ผู้วิจัยเลือกใช้สารลดแรงตึงผิวที่ได้จากธรรมชาติมีส่วนผสมของกรดไขมันมะพร้าว (Coconut fatty acid) ได้แก่ cocamide diethanolamine หรือ Comperlan KD® เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ (Nonionic surfactant) cocamidopropyl betaine หรือ Dehyton KT® เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดที่มีทั้งสองประจุ (Zwitterionic surfatant) สังเคราะห์จากน้ำมันมะพร้าว และ sodium cocoylglycinate หรือ Eversoft® เป็นอนุพันธ์ของกรดอะมิโนที่สังเคราะห์จากกรดไขมันมะพร้าว เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ โดยสารลดแรงตึงผิวทั้ง 3 ชนิดได้รับการรับรองจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาสหรัฐอเมริกาและคณะกรรมการตรวจสอบส่วนผสมของเครื่องสำอาง (Cosmetic Ingredient Review; CIR) ว่ามีความปลอดภัยและสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้ (Duangjit et al., 2022) โดยใช้ในปริมาณไม่เกินตามที่แนะนำไว้คือไม่เกินร้อยละ 30 ในผลิตภัณฑ์ชนิดล้างออก

มาสก์แผ่น มาสก์ครีม มาสก์ลอก เป็นผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหน้ารูปแบบใหม่ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด เพื่อเพิ่มความน่าสนใจให้แก่ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหนัง ผู้วิจัยจึงพัฒนาเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟูก่อตัวเอง (*In-situ* bubble facial gel mask) โดยเจลพื้นประกอบด้วยสารก่อเจลหลายชนิด ได้แก่ xanthan gum (XG), hydroxypropyl methyl cellulose (HPMC), hydroxyethyl cellulose (HEC) และ carbomer 940 (C940) โดยสารก่อเจลแต่ละชนิดมีข้อดีข้อจำกัดที่แตกต่างกัน การเลือกใช้สารก่อเจลหลายชนิดร่วมกันจะช่วยให้ได้ผลิตภัณฑ์เจลทำความสะอาดผิวหน้าที่มีลักษณะที่ดีตามต้องการได้

xanthan gum เป็นสารก่อเจลกลุ่ม anionic polysaccharide กระจายตัวดีในน้ำ มีความคงตัวดีที่สภาวะกรดนิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีความเป็นกรดด่างในช่วง 3 ถึง 9 ข้อดีคือมีความหนืดคงที่ อุณหภูมิไม่มีผลต่อความหนืด hydroxypropyl methyl cellulose และ hydroxyethyl cellulose เป็นสารก่อเจลกลุ่ม nonionic polymer กระจายตัวง่ายในน้ำร้อน มีความคงตัวที่ความเป็นกรดด่างช่วง 2 ถึง 12 และช่วง 3 ถึง 9 ตามลำดับ มีคุณสมบัติลดแรงตึงผิวได้เล็กน้อย จึงใช้เป็นสารก่อฟิล์มได้ (Film former) ได้ carbomer เป็นสารก่อเจลกลุ่ม poly acrylic acid เป็นสารสังเคราะห์ กระจายตัวในน้ำได้น้อย สารละลายอิเล็กโตรไลท์มีผลต่อความคงตัว ในสภาวะด่างสารโมเลกุลจะยืดตัวจนมาเชื่อมติดกันเป็นโครงร่างสามมิติ ข้อดีคือให้เนื้อเจลที่มีลักษณะสวยงาม น่าใช้ ทนต่อความร้อนได้ มีความคงตัวที่ความเป็นกรดด่างช่วง 6 ถึง 10 (Rowe et al., 2006)

ในการศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ก่อตัวเองสำหรับผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหน้า โดยศึกษาคุณสมบัติของเจลพื้น เจลทำความสะอาดผิวหน้าสูตรดั้งเดิม และเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ โดยศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อเจล สารก่อฟองฟู่ และสารสำคัญที่ใช้ในการศึกษานี้คือสารสกัดรังไหม ศึกษาลักษณะภายนอกสี ความน่าใช้ โดยสังเกตด้วยตาเปล่าและบันทึกภาพถ่ายเปรียบเทียบ ความหนืด ความเป็นกรดด่าง ความสามารถในการก่อฟอง การศึกษาความสามารถในการกระจายตัว และศึกษาความคงตัวในระยะเวลา 30 วัน

วิธีการวิจัย

การเตรียมเจลพื้นและเจลทำความสะอาดผิวหน้าสูตรดั้งเดิมที่มีสารก่อเจลชนิดต่าง ๆ ชั่งสารก่อเจล 2 กรัม กระจายในน้ำกลั่น 98 มิลลิลิตร สารก่อเจลที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ xanthan gum (XG), hydroxypropyl methyl cellulose (HPMC), hydroxyethyl cellulose (HEC) และ carbomer 940 (C940) ชั่งเจลพื้นตั้งต้น (Stock gelling agent) ความเข้มข้นร้อยละ 2 ดังตารางที่ 1 เติมสารทำความสะอาด (Cleansing solution) ประกอบด้วยสารลดแรงตึงผิว 3 ชนิด คือ cocamide diethanolamine ชื่อการค้าคือ Comperlan KD®, cocamidopropyl betaine ชื่อการค้าคือ Dehyton KT® และ sodium cocoylglycinate ชื่อการค้าคือ Eversoft® ความเข้มข้นในตำรับคิดเป็นร้อยละ 10 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 100 กรัม คนผสมให้เข้ากัน วัดความหนืดของเจลทำความสะอาดผิวหน้าสูตรดั้งเดิม เพื่อศึกษาปัจจัยชนิดและความเข้มข้นของสารก่อเจลชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบเจลพื้นและความหนืดของเจลทำความสะอาดผิวหน้าสูตรดั้งเดิมที่มีสารก่อเจลชนิดต่าง ๆ

สูตร	สารก่อเจล (กรัม)				สารทำความสะอาด (กรัม)	น้ำปรับปริมาตรจนครบ 100 (กรัม)	ความหนืด (ปาสคาล)
	xanthan gum	HPMC	HEC	carbomer 940			
A1	0.60	-	-	-	10	89.40	2.02±0.21
A2	-	0.60	-	-	10	89.40	3.90±0.16
A3	-	-	0.60	-	10	89.40	15.26±1.22
A4	-	-	-	0.30	10	89.70	50.15±1.59
A5	0.30	0.30	-	-	10	89.40	2.38±0.15
A6	0.30	-	0.30	-	10	89.40	5.63±0.69
A7	0.30	-	-	0.15	10	89.55	4.90±0.80
A8	-	0.30	0.30	-	10	89.40	5.48±0.75
A9	-	0.30	-	0.15	10	89.55	9.51±1.27
A10	-	-	0.30	0.15	10	89.55	19.80±1.32
A11	0.20	0.20	0.20	-	10	89.40	6.51±1.24
A12	0.20	0.20	-	0.10	10	89.50	4.22±0.34
A13	-	0.20	0.20	0.10	10	89.50	12.82±0.31
A14	0.20	-	0.20	0.10	10	89.50	6.72±1.00
A15	0.15	0.15	0.15	0.075	10	89.48	7.21±0.96

การเตรียมเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ทำความสะอาดผิวหน้า เลือกสูตรเจลทำความสะอาดผิวหน้าสูตรดั้งเดิมที่มีลักษณะภายนอก สี ความน่าใช้ และมีความหนืดเหมาะสม ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารก่อฟองฟู่ชนิดก่อตัวเอง คือ

methyl perfluorobutyl ether และ methyl perfluoroisobutyl ether ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 3, 5, 7 และ 9 และศึกษาผลของการเติมสารสำคัญ ในการศึกษานี้ใช้สารสกัดโปรตีนรังไหมที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 5, 10, 20 และ 10 ผสมสารสกัดแป้งไข่ขาวชนิดผงสครับ

การศึกษาคุณสมบัติของเจลทำความสะอาดผิวหน้า สังเกตลักษณะภายนอก สี ความน่าใช้ โดยสังเกตด้วยตาเปล่าและบันทึกภาพถ่ายเปรียบเทียบ วัดความหนืดของเจลทำความสะอาดผิวหน้าด้วยเครื่องวัดความหนืด HAAKE™ MARS™ Rheometers (Thermo Fisher Scientific Inc, USA) ชั่งตัวอย่างเจล 1 กรัม ปาดเจลลงบนแท่นวัดความหนืด ปาดเจลส่วนเกินออก วัดความหนืดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ทดสอบ 3 ครั้ง) วัดความเป็นกรดด่างด้วยเครื่อง pH meter (Mettler Toledo™ SevenDirect SD50, Fisher Scientific, USA)

การศึกษาความสามารถในการก่อตัวเองของเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ทำความสะอาดผิวหน้า ชั่งตัวอย่างเจล 0.5 กรัม ปาดเจลลงบนพื้นผิว หมุนวน 10 วินาที บันทึกภาพถ่ายเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ก่อตัวเองที่เวลา 0.5, 1, 3 และ 5 นาที

การศึกษาความคงตัวในสภาวะเร่ง เปรียบเทียบความหนืดและความเป็นกรดด่างของเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ก่อตัวเองสำหรับผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหน้าวันแรกที่เตรียมเสร็จ (วันที่ 1) และภายหลังการทดสอบภายใต้สภาวะเร่ง (6 รอบ) โดยเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง สลับกับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง รวม 6 รอบ เลือกสูตรที่เหมาะสมไปศึกษาความคงตัวในระยะสั้นต่อไป

การศึกษาความคงตัวในระยะสั้น เลือกเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ทำความสะอาดผิวหน้าที่เหมาะสมที่สุดทั้งด้านลักษณะภายนอก สี ความน่าใช้ ความหนืด และมีความคงตัวในสภาวะเร่งมาศึกษาความคงตัวในระยะสั้น 30 วัน โดยเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 40 องศาเซลเซียส และเปรียบเทียบคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ความสามารถในการก่อฟอง (ความสูงฟอง) ความสามารถในการกระจายตัว ความหนืด และความเป็นกรดด่าง ในวันที่ 15 และ 30

ความสามารถในการก่อฟอง ชั่งตัวอย่างเจล 1 กรัม ลงในหลอดพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำให้ครบ 10 มิลลิลิตร จากนั้นทำการเขย่านาน 20 วินาที วัดความสูงของฟองที่เกิดขึ้น

การศึกษาความสามารถในการกระจายตัว ชั่งตัวอย่างเจล 0.5 กรัม ปาดเจลลงบนฝาด้านบนของ petri dish วงฝาด้านล่างของ petri dish ลงบนเนื้อเจล วางตุ้มน้ำหนัก 125 กรัม บนฝาด้านล่างของ petri dish จับเวลา 30 วินาที วัดระยะการกระจายตัวของเจลบน petri dish ด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์ (vernier caliper) คำนวณความสามารถในการกระจายตัว (spreadability; S) ด้วยสมการ

$$S = \frac{U \times L}{T}$$

เมื่อ U คือ น้ำหนักของเจลตัวอย่าง L คือ ระยะการกระจายตัวของเจลบน petri dish T คือ เวลาที่ใช้ในการทดสอบ

สถิติในการวิจัย ข้อมูลรายงานค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3-5) การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Analysis Of Variance (ANOVA) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ LSD ค่านัยสำคัญทางสถิติน้อยกว่า 0.05 (p value < 0.05)

ผลการวิจัย

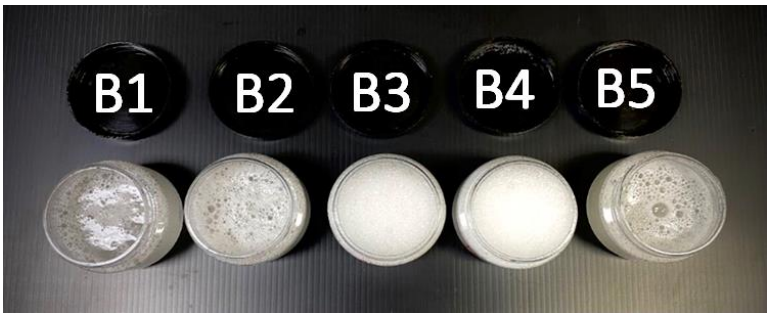
เจลทำความสะอาดผิวหน้าสูตรดั้งเดิม

การศึกษาปัจจัยชนิดและความเข้มข้นของสารก่อเจลชนิดต่าง ๆ ในเจลทำความสะอาดผิวหน้าสูตรดั้งเดิม เพื่อเลือกสูตรตำรับที่มีลักษณะภายนอก สี ความน่าใช้ และมีความหนืดเหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 1 จากการสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่าเจลทำความสะอาดผิวหน้าสูตรดั้งเดิมชนิดที่มีสารก่อเจลเดี่ยวที่มีลักษณะภายนอก สี มีความน่าใช้ และเนื้อเจลที่ได้มีลักษณะใส ได้แก่ xanthan gum (A1), hydroxypropyl methyl cellulose (A2), hydroxyethyl cellulose (A3) และ carbomer 940 (A4) เมื่อสังเกตเนื้อสัมผัสของเจลทำความสะอาดผิวหน้าสูตรดั้งเดิมพบว่า เนื้อเจลที่ให้ความรู้สึกเย็น ชุ่มชื้น หลังทา แห้งเร็ว ได้แก่ xanthan gum (A1) และ carbomer 940 (A4) เมื่อสังเกตความรู้สึกหลังทาพบว่า สูตรเจลที่ให้ความรู้สึกเหมือนฟิล์มปกคลุมผิว ได้แก่ hydroxypropyl methyl cellulose (A2) และ hydroxyethyl cellulose (A3)

ผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่าผลิตภัณฑ์เจลสำหรับทาผิวหนังในท้องตลาดที่มีลักษณะภายนอก สี และมีความน่าใช้ประกอบด้วยสารก่อเจลหลายชนิด ดังนั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาผลของสารก่อเจลตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป สังเกตลักษณะภายนอก และวัดความหนืดของสารก่อเจลหลายชนิดที่มีความหนืดใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่มีในท้องตลาดมากที่สุด พบว่าเจลทำความสะอาดผิวหน้าสูตรดั้งเดิมที่มีส่วนประกอบของ xanthan gum, hydroxypropyl methyl cellulose, hydroxyethyl cellulose และ carbomer 940 ในอัตราส่วน 1:1:1:0.5 มีลักษณะภายนอก สี มีความน่าใช้ เนื้อเจลที่ได้มีลักษณะใส และมีความหนืดใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่มีในท้องตลาดมากที่สุด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกสูตร A15 เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

เจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ทำความสะอาดผิวหน้า

เจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ทำความสะอาดผิวหน้าที่ใช้เป็นต้นแบบในการศึกษานี้คือสูตร A15 ผู้วิจัยศึกษาผลของความเข้มข้นของสารก่อฟองฟู่ชนิดก่อตัวเองที่มีส่วนประกอบของ methyl perfluorobutyl ether และ methyl perfluoroisobutyl ether ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 3, 5, 7 และ 9 ภายหลังการเติมสารก่อฟองฟู่ชนิดก่อตัวเอง ผู้วิจัยพบว่าในกระบวนการเตรียมสูตรตำรับจำเป็นต้องเติมด้วยความระมัดระวังเพื่อป้องกันการเกิดฟอง เนื่องจากการคนผสมเร็วแรงจะเป็นการกระตุ้นการเกิดฟองฟู่ก่อตัวเองภายหลังการเตรียม ลักษณะภายนอกของเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ทำความสะอาดผิวหน้าดังแสดงในภาพที่ 1

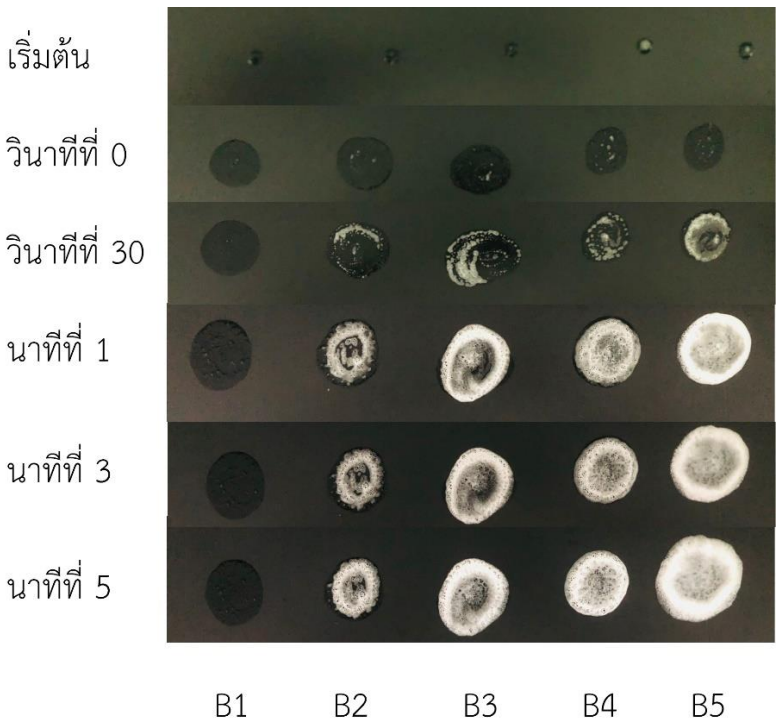


ภาพที่ 1 ลักษณะภายนอกของเจลมาสก์หน้าที่มีสารก่อฟองฟู่ด้วยตัวเองที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 3, 5, 7 และ 9

ความสามารถในการก่อตัวเองของเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ทำความสะอาดผิวหน้า

การศึกษาความสามารถในการก่อตัวเองของเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่จำเป็นต้องทดสอบเสมือนสภาพการใช้งานจริงให้มากที่สุดโดยการชั่งตัวอย่างเจล 0.5 กรัม ปาดเจลบนพื้นผิว เริ่มจับเวลาพร้อมหมุนวนอย่างน้อย 10 วินาที จากการสังเกตความสามารถในการก่อตัวเองของเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ด้วยภาพถ่ายพบว่า ภายหลังการทาเจลบนพื้นผิว สูตร B4 และ B5

เกิดฟองฟู่ทันทีภายหลังการหมุนวน เมื่อเวลาผ่านไป 0.5, 1, 3, และ 5 นาที ดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่า ความสามารถในการก่อตัวเองของเจลเกิดฟองฟู่มากขึ้นสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารก่อฟองฟู่ที่เพิ่มมากขึ้น (B5 > B4 > B3 > B2 > B1) เมื่อเวลาผ่านไป 0.5 ถึง 5 นาที ความหนาแน่นของฟองฟู่เพิ่มมากขึ้นสัมพันธ์กับเวลาที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที พบว่าฟองฟู่ของสูตร B2, B3, B4 และ B5 มีความคงตัวดี และยังมีฟองฟู่คงเหลืออยู่บนพื้นผิว ระยะเวลา 0.5 ถึง 5 นาที เป็นช่วงเวลาที่ผู้วิจัยแนะนำสำหรับผู้ใช้งานเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ก่อตัวเองสำหรับผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหน้า อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้งานสามารถทาเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ก่อตัวเองได้นานกว่า 5 นาที ก่อนล้างหน้าออกด้วยน้ำสะอาด ผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่าผลิตภัณฑ์ชนิดฟองฟู่ก่อตัวเองที่มีในท้องตลาดประกอบด้วย methyl perfluorobutyl ether และ methyl perfluoroisobutyl ether ในช่วงความเข้มข้นร้อยละ 5-8 จากการศึกษานี้ผู้วิจัยแนะนำให้ใช้สารก่อฟองฟู่ชนิดก่อตัวเอง methyl perfluorobutyl ether และ methyl perfluoroisobutyl ether ในช่วงความเข้มข้นร้อยละ 7-9 ในกรณีที่มีสูตรเจลประกอบของ xanthan gum, hydroxypropyl methyl cellulose, hydroxyethyl cellulose และ carbomer 940 ในอัตราส่วน 1:1:1:0.5 ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกสูตร B4 เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป



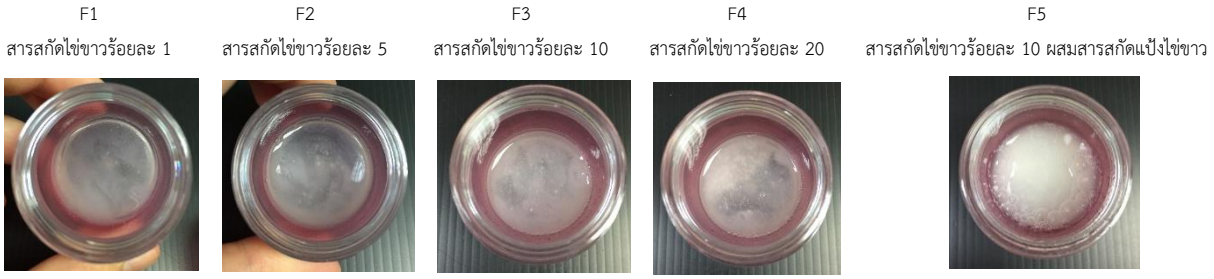
ภาพที่ 2 การเกิดฟองฟู่หลังทาเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ก่อตัวเองที่เวลาต่าง ๆ ของมาสก์ฟองฟู่ที่มีสารก่อฟองที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน

ในการศึกษาผลของการเติมสารสกัดโปรตีนรังไหมที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 5, 10, 20 และ 10 ผสมสารสกัดแป้งไข่ขาวชนิดผงสครับ เจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ทำความสะอาดผิวหน้าที่ใช้เป็นต้นแบบในการศึกษานี้คือสูตร F4 ที่มีสารก่อฟองฟู่ชนิดก่อตัวเองความเข้มข้นร้อยละ 7 ดังแสดงในภาพที่ 3 จากการสังเกตลักษณะภาพนอกด้วยตาเปล่าพบว่าสูตร F1, F2 และ F3 มีความเข้ากันมากกว่า F4 และ F5 จากการสังเกตความสามารถในการก่อตัวเองของเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ด้วยภาพถ่าย พบว่า ภายหลังการทาเจลบนพื้นผิวด้วยวิธีหมุนวน 10 วินาที ทุกสูตรเกิดฟองฟู่หลังทา 0.5 นาที เมื่อเวลาผ่านไป 0.5, 1, 3, และ 5 นาที พบว่าความสามารถในการก่อตัวเองของเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่เกิดฟองฟู่ไม่แตกต่างกัน (F1 = F2 = F3 = F4

= F5) เมื่อเวลาผ่านไป 0.5 ถึง 5 นาที ความหนาแน่นของฟองฟู่เพิ่มมากขึ้นสัมพันธ์กับเวลา เมื่อเวลาผ่านไปครบ 5 นาทีพบว่าฟองฟู่ของทุกสูตรมีความคงตัวดี และยังมีฟองฟู่คงเหลืออยู่บนพื้นผิว จากการศึกษานี้ผู้วิจัยแนะนำว่าช่วงความเข้มข้นของสารสำคัญที่เหมาะสมในการศึกษานี้คือร้อยละ 1, 5 และ 10 (F1, F2 และ F3) เพื่อให้ได้สูตรที่มีเหมาะสมและมีลักษณะภายนอกมีความเข้ากันกับสารสำคัญ

การศึกษาความคงตัวในสภาวะเร่ง

ในการศึกษาความคงตัวในสภาวะเร่งเปรียบเทียบความสามารถในการก่อตัวเองของเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ในสูตรที่เติมสารสกัดโปรตีนรังไหมที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 5, 10, 20 และ 10 ผสมสารสกัดแป้งไข่ขาวชนิดผงสครับ จากการสังเกตความสามารถในการก่อตัวเองของเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ด้วยภาพถ่าย พบว่าภายหลังการทาเจลบนพื้นผิวด้วยวิธีหมุนวน 10 วินาที ทุกสูตรเกิดฟองฟู่หลังทาภายใน 1 นาที เมื่อเวลาผ่านไป 1, 3, และ 5 นาที พบว่าความสามารถในการก่อตัวเองของเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่เกิดฟองฟู่ไม่แตกต่างกัน (F1 = F2 = F3 = F4 = F5) และเมื่อเวลาผ่านไป 1 ถึง 5 นาที ความหนาแน่นของฟองฟู่เพิ่มมากขึ้นสัมพันธ์กับเวลา และเมื่อเวลาผ่านไปครบ 5 นาที พบว่าฟองฟู่ของทุกสูตรมีความคงตัวดีและยังมีฟองฟู่คงเหลืออยู่บนพื้นผิว จากการศึกษานี้ผู้วิจัยแนะนำว่าเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ก่อตัวเองทุกสูตรมีความคงตัวดีหลังการทดสอบความคงตัวในสภาวะเร่ง 6 รอบ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกสูตร F3 ที่มีสารสกัดโปรตีนรังไหมความเข้มข้นร้อยละ 10 เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป



ภาพที่ 3 ลักษณะภายนอกของเจลมาสก์หน้าที่มีสารก่อฟองฟู่ด้วยตัวเองที่เติมสารสกัดไข่ขาว

การศึกษาความคงตัวในระยะสั้น

เจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ทำความสะอาดผิวหน้าที่ใช้เป็นต้นแบบในการศึกษานี้คือสูตร F3 ที่มีส่วนประกอบของ xanthan gum, hydroxypropyl methyl cellulose, hydroxyethyl cellulose และ carbomer 940 ในอัตราส่วน 1:1:1:0.5 สารก่อฟองฟู่ชนิดก่อตัวเองความเข้มข้นร้อยละ 7 และสารสกัดโปรตีนรังไหมร้อยละ 10 เนื่องจากมีสารสำคัญในปริมาณสูงและยังมีลักษณะที่เข้ากันกับเจลพื้น มีความคงตัวที่ดี และสามารถก่อฟองฟู่ได้ภายหลังการทดสอบความคงตัวในสภาวะเร่ง ในการศึกษานี้เปรียบเทียบความคงตัวในระยะสั้นของเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ทำความสะอาดผิวหน้าที่เหมาะสมที่สุด เมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในวันที่ 15 และ 30 ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ในวันที่ 30 ความสามารถในการก่อฟอง และความเป็นกรดด่างของสูตรตำรับไม่แตกต่างจากวันที่ 1 ทุกอุณหภูมิ ส่วนความสามารถในการกระจายตัวและความหนืดลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อทดสอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ดังนั้น สภาวะที่เหมาะที่แนะนำในการเก็บรักษาเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ทำความสะอาดผิวหน้าคือที่อุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส และมีความคงตัวดีอย่างน้อย 30 วัน

ตารางที่ 2 คุณลักษณะของเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ก่อตัวเองหลังทดสอบความคงตัวในวันที่ 15 และ 30 ณ อุณหภูมิ 4, 30 และ 40 องศาเซลเซียส

หัวข้อประเมิน	วันที่ 1	วันที่ 15			วันที่ 30 ณ อุณหภูมิ		
		4 องศา	30 องศา	40 องศา	4 องศา	30 องศา	40 องศา
ความสามารถในการก่อฟอง (เซนติเมตร)	3	3	3.5	4.5	3	2.7	3
ความสามารถในการกระจายตัว (เซนติเมตร)	6.3±0.0	6.82±0.09	6.01±0.21	6.21±0.46	5.58±0.28	6.38±0.29	5.60±0.10*
ความหนืด (ปาสคาล)	9.7±1.50	-	-	-	5.56±0.00	5.56±0.00	5.56±0.00*
ความเป็นกรดด่าง	4.5±0.0	4.5±0.0	4.0±0.0	4.0±0.0	5.0±0.0	5.0±0.0	5.0±0.0

*นัยสำคัญทางสถิติ (p value < 0.05)

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์สำหรับผิว คุณลักษณะภายนอก สี ความน่าใช้ ความปลอดภัย ประสิทธิภาพ และความคงตัวเป็นคุณสมบัติเบื้องต้นที่ผู้บริโภคพิจารณาประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อ ความเป็นนวัตกรรม จุดเด่น และข้อดีของผลิตภัณฑ์เป็นอีกปัจจัยที่ทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ผู้บริโภคยุคใหม่จะศึกษาข้อมูลของผลิตภัณฑ์ก่อนการเลือกซื้อ ดังนั้น ผู้ผลิตจึงทำเป็นต้องวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นอย่างดี สร้างจุดเด่น ข้อดี และความแตกต่างให้แก่ผลิตภัณฑ์มากกว่าสูตรดั้งเดิม (Luengo et al., 2021) มีความโดดเด่นเหนือกว่าผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดที่เป็นคู่แข่งอื่น ๆ เพื่อให้สามารถจำหน่ายได้ ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหน้าในรูปแบบเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ก่อตัวเอง เพื่อสร้างจุดเด่นให้แก่ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหน้า โดยเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดในท้องตลาดที่มีคุณลักษณะตรงตามความต้องการ

ในการพัฒนาสูตรเจลพื้นและเจลทำความสะอาดผิวหน้าสูตรดั้งเดิม (ไม่มีคุณสมบัติก่อฟองฟู่) เกณฑ์ที่ผู้วิจัยใช้เพื่อประกอบการพิจารณาเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดคือ เลือกสูตรเจลทำความสะอาดผิวหน้าสูตรดั้งเดิมที่มีคุณลักษณะภายนอก สี ความน่าใช้ เนื้อเจลที่ได้มีลักษณะใส ให้ความรู้สึกเย็น ชุ่มชื้นหลังทา แห้งเร็ว และให้ความรู้สึกเหมือนฟิล์มปกคลุมผิว ดังนั้น สูตร F15 ที่มีส่วนประกอบของ xanthan gum, hydroxypropyl methyl cellulose, hydroxyethyl cellulose และ carbomer 940 ในอัตราส่วน 1:1:1:0.5 ความหนืด 7.21±0.96 ปาสคาล จึงถูกเลือกเพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป ตามตารางที่ 1 ช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมและตรงตามความต้องการของผู้วิจัยอยู่ในช่วง 5 ถึง 9 ปาสคาล ซึ่งสอดคล้องกับความเห็นของนักวิจัยก่อนหน้าที่พัฒนาเจลทาผิวหนังที่ช่วงความหนืดใกล้เคียงกัน (Khan et al., 2022)

สารก่อเจลทั้ง 4 ชนิด ให้คุณสมบัติที่ดีแตกต่างกัน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดหลายชนิดจะเลือกใช้สารก่อเจลหลายชนิดร่วมกัน (Estabragh et al., 2023) โดยสารก่อเจลทั้ง 4 ชนิดจัดเป็นสารช่วยทางเภสัชกรรมที่นิยมใช้ในเภสัชภัณฑ์ (Shah et al., 2021) ทำหน้าที่เป็นสารก่อเจล (gelling agent) และเป็นสารเพิ่มความหนืด (thickener หรือ viscosity adjusting agent) (Kulkarni & Shaw, 2016) ในตำรับสารก่อเจลทั้ง 4 ชนิดมีคุณสมบัติเป็นเจลชอบน้ำ จึงให้ความรู้สึกเย็นหลังทา นอกจากนี้ hydroxypropyl methyl cellulose และ hydroxyethyl cellulose ยังเป็นสารก่อฟิล์ม (film forming) จึงให้ความรู้สึกเหมือนฟิล์มปกคลุมผิว โดย xanthan gum, hydroxypropyl methyl cellulose และ hydroxyethyl cellulose เป็นสารก่อเจลจากธรรมชาติ ส่วน carbomer 940 เป็นสารก่อเจลชนิดสังเคราะห์ (Mfoafo et al., 2023)

ในการพัฒนาสูตรเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ทำความสะอาดผิวหน้า ผู้วิจัยเลือกใช้สารก่อฟองฟู่ที่ประกอบด้วย methyl perfluorobutyl ether และ methyl perfluoroisobutyl ether ซึ่งเป็นสารใหม่ในทางอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง จึงมีข้อมูลด้านเครื่องสำอางไม่มาก อย่างไรก็ตาม methyl perfluorobutyl ether และ methyl perfluoroisobutyl ether มีการใช้ในอุตสาหกรรมอื่นใช้เป็นตัวทำละลายชนิดอ่อนโยน (Mild solvent) และมีความปลอดภัยสำหรับการใช้งานตามปกติในทางเครื่องสำอางและความงาม สารก่อฟองฟู่ชนิดนี้ใช้เป็นสารทำความเย็น (Cooling agent) ชนิดใหม่ที่ประกอบด้วยสารกลุ่มไฮโดรอีเทอร์ชนิดระเหยได้ (Volatile hydroether) รวมกัน 2 ชนิด ที่ได้รับการจดสิทธิบัตร (Goldman, 2013) ในเจลพื้นชนิดผสมระหว่างพอลิไวนิลไพโรลิโดนและพอล็อกซาเมอร์ 407 ความเข้มข้นร้อยละ 2 และ 0.001 ตามลำดับ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติความเย็นให้แก่เครื่องสำอาง ช่วงความเข้มข้นที่ใช้ตามสิทธิบัตรคือร้อยละ 1.25 ถึง 2.50 มีความเป็นไปได้ว่าสารก่อเจลต่างชนิดกันอาจมีผลต่อความเข้มข้นร้อยละของสารก่อฟองฟู่ที่ใช้ ผู้วิจัยเสนอแนะว่า ความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารก่อฟองฟู่สำหรับเจลพื้นแต่ละชนิดจำเป็นต้องมีการทดสอบเป็นกรณีไป (case by case) ช่วงความเข้มข้นร้อยละ 7 ถึง 9 เป็นช่วงที่แนะนำและเหมาะสมสำหรับใช้ในตำรับในกรณีที่ใช้เจลพื้น 4 ชนิดร่วมกันดังการศึกษานี้ และอาจใช้อ้างอิงเป็นสูตรเจลพื้นฐานสำหรับพัฒนาเภสัชภัณฑ์ต่อไปได้

ในการศึกษาความคงตัว ผู้วิจัยประเมินความคงตัวในสภาระเร่งโดยศึกษาผลของวัฏจักรความร้อน-ความเย็น (Heating-cooling cycle) 6 รอบ แม้ว่าความคงตัวในสภาระเร่งไม่สามารถใช้ทำนายความคงตัวทางกายภาพได้ (ICH Expert Working Group, 2003) แต่สามารถใช้ประเมินแนวโน้มด้านความคงตัวของสูตรตำรับได้ วิธีศึกษาความคงตังในสภาวะเร่งมีข้อดี คือ ช่วยลดระยะเวลาในการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์และใช้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินเลือกสูตรตำรับที่มีความคงตัวเหมาะสมต่อไป จากการศึกษาความคงตัวในระยะสั้นพบว่า เจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ทำความสะอาดผิวหน้ามีความคงตัวดีที่อุณหภูมิ 4 และ 30 องศาเซลเซียส ตลอดการศึกษาวิจัยในช่วง 30 วัน อย่างไรก็ตาม การศึกษาความคงตัวในระยะยาวและการศึกษาความคงตัวตามสภาวะการเก็บรักษาจริงมีความจำเป็นสำหรับเภสัชภัณฑ์ทุกชนิดตาม ICH guideline (ICH Expert Working Group, 2003)

การศึกษาคุณสมบัติอื่น ๆ ของผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหน้าเภสัชภัณฑ์ เช่น ความสามารถในการก่อตัวเอง ความสามารถในการก่อฟอง หรือความสามารถในการกระจายตัว ไม่ได้มีข้อกำหนดที่แน่นอนสำหรับเครื่องสำอางหรือเภสัชภัณฑ์ ผู้วิจัยเลือกศึกษาคุณสมบัตินี้ของเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลและให้สามารถประเมินสูตรที่มีความเหมาะสมและตรงตามความต้องการมากที่สุดโดยใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์ (Khan et al., 2022) จากการศึกษาพบว่าสูตรตำรับที่เหมาะสมและตรงตามความต้องการมากที่สุด มีความคงตัวที่ดี และมีคุณสมบัติไม่แตกต่างจากวันแรกที่เตรียม ดังนั้นผู้วิจัยจึงสามารถตัดสินใจเลือกและแนะนำสูตรเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ก่อตัวเองสำหรับผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหน้าที่มีส่วนประกอบของ xanthan gum ร้อยละ 0.15, hydroxypropyl methyl cellulose ร้อยละ 0.15, hydroxyethyl cellulose ร้อยละ 0.15, carbomer 940 ร้อยละ 0.075, สารก่อฟองฟู่ร้อยละ 7 สารสกัดไข่ขาวร้อยละ 10 และน้ำกลั่นร้อยละ 79.48

ในการศึกษานี้ผู้วิจัยคำนึงถึงความต้องการของผู้บริโภคในยุคปัจจุบันที่มีความต้องการ (1) ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารจากธรรมชาติ สารสกัดโปรตีนรังไหมจึงเป็นตัวแทนของสารออกฤทธิ์ที่มีคุณสมบัติเข้ากันได้ดีกับน้ำ (2) หลีกเลี่ยงการใช้แอลกอฮอล์และสารกลุ่มซัลเฟตในตำรับ (alcohol free and sulfate free) (3) หลีกเลี่ยงการใช้สารกันเสียกลุ่มพาราเบน (Paraben free) โดยใช้สารกันเสียชนิดอื่นทดแทน (4) ไม่ใช้สารกลุ่มซิลิโคน (Silicone free) (Luengo et al., 2021) และ (5) ความเข้มข้นของสารทำความสะอาดที่ใช้ในการศึกษานี้ผ่านการทดสอบความระคายเคืองในอาสาสมัครจำนวน 20 คน พบว่ามีความปลอดภัย ไม่ระคายเคืองผิวหนัง (Duangjit et al., 2022) ผู้วิจัยมีความหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การศึกษาวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน และเป็นแนวทางให้แก่ผู้ที่สนใจจะพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับผิวได้ โดยคำนึงถึง

คุณลักษณะภายนอก สี ความน่าใช้ ความปลอดภัย ประสิทธิภาพ ความคงตัว จุดเด่นของผลิตภัณฑ์ และความต้องการของผู้บริโภคเป็นสำคัญ

ในการพัฒนาเจลมาสก์หน้าชนิดฟองฟู่ก่อตัวเองสำหรับผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหน้าที่มีสารสกัดไข่ขาวเป็นส่วนประกอบร้อยละ 10 สูตรตำรับที่เหมาะสมที่สุดที่ผู้วิจัยแนะนำคือ สูตรที่มีส่วนประกอบของ xanthan gum ร้อยละ 0.15, hydroxypropyl methyl cellulose ร้อยละ 0.15, hydroxyethyl cellulose ร้อยละ 0.15, carbomer 940 ร้อยละ 0.075, สารก่อฟองฟู่ร้อยละ 7 สารสกัดไข่ขาวร้อยละ 10 และน้ำกลั่นร้อยละ 79.48 เนื่องจากเป็นสูตรที่มีลักษณะภายนอก สี ความน่าใช้ ความหนืดเหมาะสม มีความคงตัวที่ดี และความสามารถในการก่อฟองฟู่ได้คงทนนานกว่า 5 นาที ข้อควรระวังในการเตรียมสูตรตำรับนี้คือในขณะเติมสารก่อฟองฟู่ให้คนเบา ๆ เพื่อป้องกันการกระตุ้นการเกิดฟองฟู่ก่อตัวเองภายหลังการเตรียม ผู้วิจัยแนะนำให้เติมสารก่อฟองฟู่ในขั้นตอนสุดท้ายของการเตรียมตำรับ อย่างไรก็ตาม ควรศึกษาด้านความปลอดภัย ความระคายเคือง และประสิทธิภาพในการทำความสะอาดในการศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สป.อว.) ผ่านทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่ ปีงบประมาณ 2564 รหัสโครงการ RGNS 64-237 และหน่วยบ่มเพาะวิสาหกิจ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี บริษัท นวลจันทร์ จำกัด ที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุทยานวิทยาศาสตร์ และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่อำนวยความสะดวกด้านสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Barrionuevo-Gonzalez, A., Trapp, S., de Salvo, R., Olsavszky, R., Nanu, E. A., Dopcea, I., Dumitru, V. and Stettler, H. (2021). Two new dexpanthenol-containing wash gels: skin hydration, barrier function, and cosmetic performance upon single and repeated usage in subjects with dry skin. *Cosmetics, 8*(2), 44.

Duangjit, S., Sritananuwat, P., Bumrungthai, S., Ngawhirunpat, T. and Takayama, K. (2022). Application of electrochemically reduced water for new no-rinse shampoo: design and optimization using response surface methodology. *Cosmetics, 9*(5), 104.

Estabragh, M. A. R., Bami, M. S., Dehghannoudeh, G., Noudeh, Y. D. and Moghimipour, E. (2023). Cellulose derivatives and natural gums as gelling agents for preparation of emulgel-based dosage forms: a brief review. *International Journal of Biological Macromolecules, 241*, 124538.

Goldman, A. S. (2013). *U.S. Patent No. US20130174861A1*. Washington,DC: U.S. Patent and Tradmatk Office.

ICH Expert Working Group. (2003). ICH harmonised tripartite guideline stability testing of new drug substances and products q1a(r2). https://database.ich.org/sites/default/files/Q1A%28R2%29%20Guideline.pdf

Khan, M. I., Yaqoob, S., Madni, A., Akhtar, M. F., Sohail, M. F., Saleem, A., Tahir, N., Khan, K. U. R. and Qureshi, O. S. (2022). Development and *in vitro/ex vivo* evaluation of lecithin-based beformable transfersomes and transfersome-based gels for combined dermal delivery of meloxicam and dexamethasone. *BioMed Research International, 2022*, 8170318. https://doi.org/10.1155/2022/8170318.

Kulkarni, V. S. and Shaw, C. (2016). Chapter 5-use of polymers and thickeners in semisolid and liquid formulations. In Kulkarni, V. S. and Shaw, C. (Eds.), *Essential Chemistry for Formulators of Semisolid and Liquid Dosages* (pp. 43-69). Boston: Academic Press.

Luengo, G. S., Fameau, A. L., Léonforte, F. and Greaves, A. J. (2021). Surface science of cosmetic substrates, cleansing actives and formulations. *Advances in Colloid and Interface Science, 290*, 102383.

Mfoafo, K., Omidi, Y. and Omidian, H. (2023). Thermoresponsive mucoadhesive hybrid gels in advanced drug delivery systems. *International Journal of Pharmaceutics, 636*, 122799.

Rowe, R. C., Sheskey, P. J. and Owen, S. n. C. (2006). *Handbook of Pharmaceutical Excipients 5th Edition*. London: American Pharmacists Association.

Shah, H., Jain, A., Laghate, G. and Prabhudesai, D. (2021). Chapter 32-Pharmaceutical excipients. In Adejare, A. (Ed.), *Remington (Twenty-third Edition)* (pp. 633-643). Academic Press.

Voegeli, D. (2008). The effect of washing and drying practices on skin barrier function. *Journal of Wound Ostomy & Continence Nursing, 35*(1).