โฟมทางเครื่องสำอางและการประยุกต์ใช้
Cosmetic Foam and Its Applications

นิพนธ์ปริทัศน์

Review Article

ศรัณย์ ตันตะราวงศา[1,2], ณชพล บุญประคอง[3], ลลิตา สุขสุดประเสริฐ[3], วรากร ธรรมสุทธิ์[3], ฐกร จันทะดี[4] และ ธวัชชัย แพชมัด[2,3]*

[1] ศูนย์ภูมิปัญญาทางเภสัชศาสตร์ "ประโชติ เปล่งวิทยา" คณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

[2] กลุ่มวิจัย สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและวัสดุจากธรรมชาติสำหรับการส่งเสริมสุขภาพและระบบนำส่งยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

[3]ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

[4]ภาควิชาวิทยาศาสตร์เภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

*** Corresponding author:** phaechamud_t@su.ac.th

วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ2564;16(3):285-293.

Sarun Tuntarawongsa[1,2], Nachapol Boonprakong[3], Lalita Suksudprasert[3], Warakon Thammasut[3], Takron Chantadee[4] and Thawatchai Phaechamud[2,3]*

[1] Pharmaceutical Intellectual Center "Prachote Plengwittaya", Faculty of Pharmacy, Silpakorn University, Nakhon Pathom 73000, Thailand

[2] Natural Bioactive and Material for Health Promotion and Drug Delivery System Group (NBM), Faculty of Pharmacy, Silpakorn University, Nakhon Pathom 73000, Thailand

[3] Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmacy, Silpakorn University, Nakhon Pathom 73000, Thailand

[4] Department of Pharmaceutical Sciences, Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

*** Corresponding author:** phaechamud_t@su.ac.th

Thai Pharmaceutical and Health Science Journal 2021;16(3):285-293.

บทคัดย่อ

โฟมทางเครื่องสำอางเป็นระบบซึ่งประกอบด้วยก๊าซกระจายตัวในของเหลวหรือกึ่งแข็ง โดยเตรียมในรูปแบบสารละลายของสารก่อโฟม หรืออิมัลชันที่มีอัตราส่วนของก๊าซในปริมาณต่ำซึ่งเกิดเป็นฟองโฟมขณะใช้ผลิตภัณฑ์ โครงสร้างของฟองโฟมมีลักษณะเป็นฟองก๊าซที่หุ้มด้วยของเหลว โดยมีสารก่อโฟมเรียงตัวในลักษณะผลึกเหลวที่ผิวสัมผัสของสองวัฏภาค ความแข็งแรงจากการจัดเรียงตัวดังกล่าวส่งผลต่อความคงตัวของฟองโฟม ทั้งนี้ความคงตัวของฟองโฟมขึ้นกับชนิดและปริมาณของสารก่อโฟมและยังสัมพันธ์กับความหนืดของผลิตภัณฑ์ สารเพิ่มฟองสามารถเพิ่มอัตราการเกิดฟองโฟมได้ การประเมินที่สำคัญของผลิตภัณฑ์โฟมทางเครื่องสำอางเป็นการประเมินความสามารถและความคงตัวในการเกิดฟองโฟม การเตรียมโฟมสามารถเตรียมได้หลายวิธีขึ้นกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ทั้งนี้สามารถประยุกต์โฟมทางเครื่องสำอางได้หลายอย่าง เช่น ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด ผลิตภัณฑ์โกนหนวด ผลิตภัณฑ์จัดแต่งทรงผม

คำสำคัญ: โฟม, เครื่องสำอาง, การประยุกต์

Abstract

Cosmetic foam is a system comprising gas dispersed in fluid or semi-solid prepared in forms of foaming agent solution or emulsion containing gas at low ratio that could generate foam during application. Foam structure contains an air bubble in-folding with fluid comprising foaming agent layer as liquid crystal at interface. The strength of such arrangement influences the foam stability. Foam stability depends on type and amount of foaming agent and relates to the viscosity of product. The foam booster could enhance the rate of foam generation. The main evaluation of cosmetic foam concentrates on its capacity of foam formation and foam stability. There are many foam preparation techniques depending on the desired product. Cosmetic foam could be applied variously such as cleaning, shaving, hair styling products.

Keywords: foam, cosmetic, application

Editorial note
Manuscript received in original form: September 14, 2020;
Revised: October 22, 2020;
Accepted in final form: June 29, 2021;
Published online: September 26, 2021.

Journal website: http://ejournals.swu.ac.th/index.php/pharm/index

Introduction

โฟมเป็นระบบที่มีก๊าซเป็นวัฏภาคภายในกระจายตัวในของเหลว หรือของแข็ง สำหรับโฟมประเภทที่มีก๊าซกระจายตัวในของแข็ง เช่น xerogel และ sponge[1,2] ตัวอย่างของ sponge คือ โครงสร้างไคโตแซนความพรุนสูง[3-5] หรือ โฟมพลาสติก ซึ่งหมายถึง พลาสติกที่มีโพรงก๊าซเล็ก ๆ จำนวนมากกระจายอยู่ในเนื้อ[6] ในบทความนี้จะเน้นเฉพาะรูปแบบโฟมที่มีก๊าซเป็นวัฏภาคภายในกระจายตัวในของเหลว มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมให้คำจำกัดความของโฟมทางเครื่องสำอาง คือ สิ่งปรุงสำเร็จที่ประกอบด้วยมวลของฟองเล็ก ๆ ที่เกิดจากการผสมระหว่างอากาศและของเหลว[7,8] ซึ่งโดยทั่วไปจะมีสัดส่วนของก๊าซระหว่าง 0.5 ถึง 0.9 และมีขนาดของฟองก๊าซประมาณ 0.1 ถึง 3 มิลลิเมตร ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะการนำไปใช้ในแต่ละผลิตภัณฑ์ ปัจจุบันมีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในหลายวงการ เช่น อุตสาหกรรม เภสัชกรรม การแพทย์ เครื่องสำอาง[1,9]

โฟมในทางเครื่องสำอางเป็นระบบของก๊าซกระจายตัวในของเหลว สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มตามวัตถุประสงค์การใช้งานของฟองโฟมคือ 1. Functional cosmetic foams เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยฟองโฟมในการทำงาน และ 2. Non-functional cosmetic foams เป็นผลิตภัณฑ์ฟองโฟมที่ฟองโฟมไม่ได้มีหน้าที่พิเศษในการใช้งาน[9] หรือสามารถแบ่งตามส่วนประกอบหลักที่อยู่ภายในโฟมเช่น สารละลายโฟมชนิดน้ำ (Aqueous foam), อิมัลชันโฟมชนิดชอบน้ำ (น้ำมันในน้ำ) (Foam hydrophilic emulsion), อิมัลชันโฟมชนิดชอบน้ำมัน (น้ำในน้ำมัน) (Foam lipophilic emulsion), โฟมขี้ผึ้ง (Foam ointment) และอื่น ๆ โดยสามารถพบตัวอย่างผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้ในท้องตลาด[10] สมบัติทางเคมีกายภาพของฟองโฟม โครงสร้างของฟองโฟม ความไม่คงตัวของฟองโฟม การเกิดฟองโฟม วิธีการเตรียมและการประเมินผลิตภัณฑ์นั้น ถือเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นในการนำโฟมทางเครื่องสำอางดังกล่าวไปใช้ประโยชน์

การเกิดฟองโฟม

โฟมที่มีการประยุกต์ใช้ในทางเครื่องสำอางส่วนมากเป็นระบบอิมัลชันที่มีก๊าซเป็นวัฏภาคภายในกระจายตัวในของเหลว ซึ่งเป็นระบบที่ไม่คงตัวทางอุณหพลศาสตร์ และไม่คงตัวเชิงกล จึงต้องมีสารก่อโฟมและสารช่วยอื่น ๆ ซึ่งเป็นสารที่เพิ่มความคงตัวของระบบและทำให้ระบบสามารถเกิดเป็นฟองโฟมได้[1,9] โดยกระบวนการในการเกิดฟองโฟมนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ (1) การเกิดเป็นสารละลายของสารก่อโฟม (2) การเกิดเป็นอิมัลชันโดยมีฟองก๊าซเป็นวัฏภาคภายในในสัดส่วนต่าง ๆ และ (3) การเกิดฟองโฟม เกิดจากการที่มีวัฏภาคภายในในระบบมากขึ้น เกิดเป็นฟองโฟมขนาดใหญ่เบียดชิดกัน

สารประกอบหลักที่ใช้ในการเกิดฟองโฟมมี (1) สารก่อโฟม (foaming agent) และ (2) สารเพิ่มฟอง (foam booster) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

สารก่อโฟม (Foaming agent)

สารก่อโฟมเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ช่วยให้เกิดฟองโฟมขึ้น โดยเป็นสารประเภทที่โครงสร้างทางเคมีมีทั้งส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำในโครงสร้าง (amphiphilic substance) เมื่อเติมสารก่อโฟมลงในน้ำจะเกิดการจัดเรียงตัวที่บริเวณผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศ และพยายามจัดเรียงตัวเพื่อให้ส่วนไม่ชอบน้ำสัมผัสกับน้ำน้อยที่สุด เกิดเป็นลักษณะของไมเซลล์ที่มีฟองก๊าซอยู่ภายใน การเรียงตัวในลักษณะดังกล่าวจะทำให้แรงตึงผิวของน้ำมีค่าลดลง และมีความดันพื้นผิวเพิ่มขึ้น ซึ่งความดันพื้นผิวเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของสารก่อโฟม[1] อย่างไรก็ตามความดันพื้นผิวไม่ได้บ่งบอกถึงความคงตัวของโฟมมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับผลของความเข้มข้นสารก่อโฟมที่บริเวณผิวหน้าของโฟม[9]

สารก่อโฟมสามารถแบ่งตามแหล่งกำเนิดได้เป็นสองประเภท คือ สารก่อโฟมที่เป็นสารในกลุ่มลดแรงตึงผิวสังเคราะห์ และสารก่อโฟมที่มาจากธรรมชาติ ในทางเครื่องสำอางนิยมใช้สารในกลุ่มลดแรงตึงผิวสังเคราะห์เช่น sodium lauryl ether sulfate (sodium laureth sulphate), sodium dodecyl sulphate (sodium lauryl sulphate), ammonium lauryl sulphate, sodium stearate, sodium oleate และ dioctyl sulfosuccinate แต่ในปัจจุบันมีการนำสารก่อโฟมที่มาจากธรรมชาติมาประยุกต์ใช้มากขึ้นเนื่องจากสารในกลุ่มลดแรงตึงผิวสังเคราะห์ทำให้เกิดการระคายเคืองบริเวณผิวหนังได้มาก[10] สารก่อโฟมที่มาจากธรรมชาติ เช่น สารสกัดจาก *Yucca schindigera*[11] และ *Quillaja saponaria*[12] ซึ่งเป็นสารในกลุ่มซาโปนิน หรือสารในกลุ่มโปรตีนอย่างคอลลาเจน เป็นต้น[9,10]

สารเพิ่มฟอง (Foam booster)

สารเพิ่มฟองเป็นสารที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเกิดฟองโฟมได้ โดยมากจะเป็นสารในกลุ่มกรดไขมันแอลกอฮอล์เอมายด์ เช่น oleic acid diethanol amide, coco fatty acid diethanol amide และ polycarboxylic acid poly diethanol amide โดยทั่วไปจะใช้สารเหล่านี้ที่ความเข้มข้นประมาณ 5%[1,9]

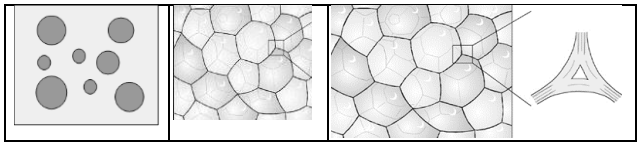
โครงสร้างของฟองโฟม

โครงสร้างของโฟมสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะตามสัดส่วนของก๊าซในระบบ ซึ่งจะแปรผกผันกับปริมาณหรือสัดส่วนของของเหลว ดังนี้[1,9,13]

(1) สัดส่วนของก๊าซน้อยกว่า 0.7 และมีสัดส่วนของของเหลวมากกว่า 0.3 โดยลักษณะของโฟมมีการกระจายของฟองก๊าซที่สม่ำเสมอ และฟองก๊าซมักเป็นทรงกลมและอยู่ห่างกัน ดังรูปที่ 1A

(2) สัดส่วนของก๊าซมากกว่า 0.7 มีสัดส่วนของของเหลวน้อยกว่า 0.3 มีลักษณะฟองโฟมเบียดกันแน่น ทำให้รูปร่างของฟองโฟมเป็นรูปหลายเหลี่ยมไม่เป็นทรงกลมเรียกว่า polyhedral foam ดังรูปที่ 1B

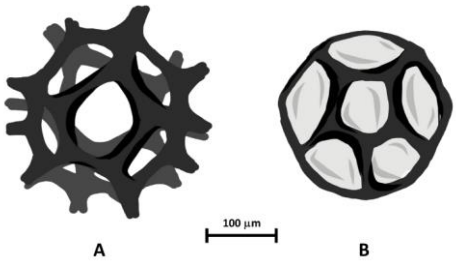
สัณฐานโครงสร้างฟองโฟมที่มีสัดส่วนก๊าซต่ำแสดงดังรูปที่ 1A ซึ่งมีฟองโฟมเป็นทรงกลมกระจายตัวแบบเว้นระยะกระจายตัวในของเหลว สำหรับลักษณะของฟองโฟมดังรูปที่ 1B เป็นฟองก๊าซที่ห่อหุ้มด้วยของเหลวบางๆ ซึ่งมีสารก่อโฟมจัดเรียงตัวในรูปแบบผลึกเหลวที่บริเวณผิวสัมผัสของสองวัฏภาค โดยทั่วไปแล้วชั้นของของเหลวมีความหนาประมาณ 10 นาโนเมตร ถึง 1 ไมโครเมตร จุดที่ฟองโฟมมาสัมผัสกันจะเรียกว่า plateau ดังรูปที่ 1C ภายในช่องว่างขนาดเล็กจะมีความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ทำให้ชั้นของของเหลวไหลมารวมกันที่บริเวณ plateau ดังนั้นการเกิด plateau มีผลทำให้ชั้นของของเหลวบางลงและมีพื้นที่ผิวที่สูงขึ้น จึงรบกวนการจัดเรียงตัวของสารก่อโฟม และทำให้ฟองโฟมแฟบหรือแตกออก[2]



รูปที่ 1 ลักษณะของโฟมที่สัดส่วนก๊าซต่าง ๆ (A) สัดส่วนของก๊าซน้อยกว่า 0.7 (B) สัดส่วนของก๊าซมากกว่า 0.7 และ (C) จุดที่ฟองโฟมมาสัมผัสกัน (ดัดแปลงจาก Arzhavitina และ Steckel, 2010)[1]

ประเภทของโฟมจำแนกตามลักษณะของเซลล์[14] ดังแสดงในรูปที่ 2 มีทั้งที่เป็น (1) โฟมเซลล์เปิด (open-cell foam) เป็นโครงสร้างที่เกิดจากการเชื่อมต่อกันระหว่างเซลล์ภายใต้การกระทำของแรงขับ (รูปที่ 2A) และ (2) โฟมเซลล์ปิด (closed-cell foam) เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยเซลล์ที่เชื่อมต่อด้วยเยื่อบาง ๆ ซึ่งเรียกว่าหน้าต่างเซลล์ (รูปที่ 2B) ทำให้ก๊าซไม่สามารถผ่านไป

มาระหว่างเซลล์ได้ แต่การเคลื่อนย้ายของก๊าซเกิดจากการแพร่ผ่านผนังเซลล์



รูปที่ 2 โฟมในลักษณะเซลล์เปิด (open-cell foam) (A) และเซลล์ปิด (closed-cell foam) (B)

ดังนั้นความแตกต่างระหว่างโฟมเซลล์เปิดและปิด คือโฟมเซลล์เปิดมีแกนในลักษณะเสาค้ำ ส่วนโฟมเซลล์ปิดมีหน้าต่างหรือเยื่อบาง ๆ เชื่อมปิดระหว่างแกน ในผลิตภัณฑ์โฟมมักประกอบด้วยโครงสร้างเซลล์ทั้งสองชนิดอยู่ร่วมกัน พฤติกรรมเชิงกลของโฟมขึ้นกับสัดส่วนระหว่างเซลล์ปิดต่อเซลล์เปิด ซึ่งหากมีค่าสูงจะทำให้โฟมมีค่าความแข็งตึง (stiffness) และความแข็งแรง (strength) ที่สูง ฟองที่เกิดขึ้นในวัฏภาคของเหลวมักไม่เสถียรและยุบตัวลงภายใต้แรงโน้มถ่วง โดยขึ้นกับการถ่ายเทของของเหลวจากผนังเซลล์ไปยังรอยต่อระหว่างเซลล์ โดยเมื่อฟองอยู่ระหว่างขยายตัวจะเกิดการสัมผัสกันของเซลล์และทำให้เกิดผนังเซลล์และสันเซลล์ขึ้น เมื่อการขยายตัวยังดำเนินต่อไป จะทำให้ของเหลวถ่ายเทไปยังรอยต่อระหว่างเซลล์มากขึ้นจนก่อให้เกิดการแตกขึ้นที่ผนังเซลล์ หากมีกระบวนการทำให้โฟมในขณะนี้เสถียร จะทำให้ได้โฟมแบบเซลล์ปิด การป้องกันการเกิดรอยแตกของผนังเซลล์ทำโดยทำให้โฟมเสถียรก่อนเกิดรอยแตกที่ผนังเซลล์ เช่น การเพิ่มความหนืดของระบบ[14]

การเตรียมโฟม

ผลิตภัณฑ์โฟมนั้นสามารถเตรียมได้ในหลายรูปแบบ เช่น รูปแบบสารละลายของสารก่อโฟม อาทิ สบู่และแชมพู รูปแบบเจล ตัวอย่างเช่น เจลล้างหน้า และรูปแบบอิมัลชัน เช่น ผลิตภัณฑ์โฟมล้างหน้าต่าง ๆ ครีมอาบน้ำ ครีมแชมพู สำหรับการเตรียมผลิตภัณฑ์ในรูปแบบฟองโฟมนั้นยังไม่มีการเตรียมในรูปแบบนี้ เนื่องจากปัญหาความไม่คงตัวของฟองโฟม แต่สามารถเตรียมผลิตภัณฑ์ด้วยภาชนะบรรจุชนิดพิเศษซึ่งสามารถช่วยสร้างฟองโฟมได้เมื่อผลิตภัณฑ์ถูกใช้งาน ซึ่งการเตรียมโฟมนั้นสามารถเตรียมได้หลายวิธี ดังนี้[1,9]

(1) Whipping

เป็นวิธีการเตรียมโฟมโดยการปั่นหรือตีเพื่อให้เกิดการเชื่อมต่อกันของของเหลวและก๊าซ นิยมใช้ในการเตรียมโฟมในทางอาหารมากกว่าทางเครื่องสำอาง

(2) Shaking

เป็นวิธีการเตรียมโฟมที่ง่ายแต่พบได้น้อยเพราะเนื้อโฟมที่เตรียมได้จะไม่สม่ำเสมอเนื่องจากอัตราการเกิดโฟมขึ้นกับ ความถี่และความแรงในการเขย่า ปริมาตรและรูปร่างของภาชนะบรรจุ ปริมาตรและความหนืดของวัฏภาคที่เป็นของเหลว ซึ่งการควบคุมปัจจัยทั้งหมดนี้ทำได้ยาก จะสามารถเตรียมได้เมื่อฟองโฟมมีปริมาตรน้อยและใช้เวลาในการเตรียมนานเท่านั้น

(3) Bubbling

เป็นการยิงอากาศผ่านช่องว่างขนาดเล็กเพื่อให้เกิดฟองก๊าซขึ้นในระบบ วิธีนี้จะทำให้ได้ฟองโฟมที่มีขนาดค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยปริมาณโฟมทั้งหมดที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับปริมาณสารก่อโฟมที่ใช้

(4) *In situ* gas generation

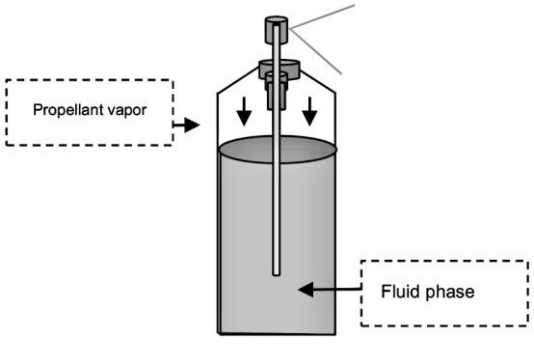
เป็นการเตรียมฟองโฟมโดยการเติมสารที่ทำให้เกิดฟองฟู่เข้าไปในระบบ เมื่อสัมผัสกับของเหลวในร่างกายจะเกิดฟองก๊าซจากสารที่ทำให้เกิดฟองฟู่และเกิดเป็นฟองโฟม วิธีนี้ยังเป็นวิธีที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อพัฒนาระบบนำส่งสารในทางเภสัชกรรมมากกว่าการใช้ในทางเครื่องสำอาง

(5) Pressurized aerosol foams

เป็นการเตรียมฟองโฟมที่นิยมในปัจจุบัน มีผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดที่ประสบความสำเร็จมากมายทั้งในเชิงเภสัชกรรมและการใช้ในทางเครื่องสำอาง สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ two phase aerosol foams และ three phase aerosol foams

5.1 Two phase aerosol foams

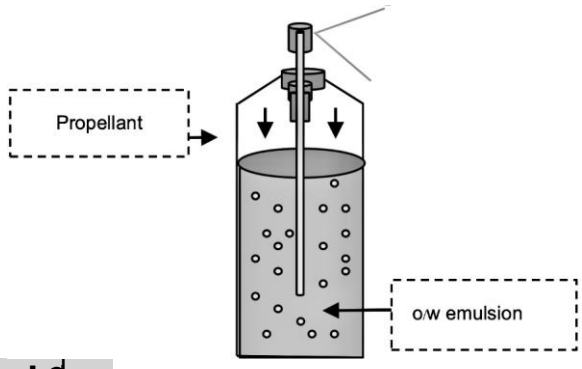
เป็นระบบที่ประกอบด้วยสารละลายของสารก่อโฟมในสารขับดัน (propellant) เหลวและไอของสารขับดัน บรรจุอยู่ในภาชนะที่ทนความดันสูงได้ที่มีหัวสเปรย์เพื่อพ่นสารออกมาเมื่อต้องการใช้งาน (รูปที่ 3) เมื่อสารถูกพ่นออกมาสู่ภายนอก สารขับดันจะระเหยเกิดเป็นก๊าซแทรกตัวในสารละลายของสารก่อโฟม เกิดเป็นฟองโฟมขนาดเล็กขึ้น



รูปที่ 3 Pressurized aerosol foams แบบ two phase aerosol foams

5.2 Three phase aerosol foams

เป็นระบบที่ประกอบด้วยอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (o/w) ในสารขับดันเหลว โดยสารขับดันละลายอยู่ในวัฏภาคน้ำมัน สารก่อโฟมจะทำหน้าที่เป็นสารก่ออิมัลชัน ทำให้วัฏภาคน้ำมันรวมกับน้ำบริเวณด้านบนบรรจุด้วยไอของสารขับดัน ทั้งหมดถูกบรรจุอยู่ในภาชนะที่มีความดันสูงที่มีหัวสเปรย์เช่นเดียวกับแบบ two phase aerosol foams (รูปที่ 4)

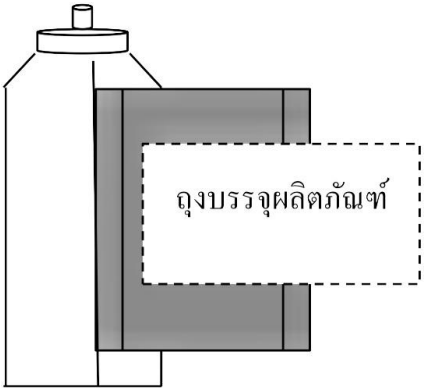


รูปที่ 4 Pressurized aerosol foams แบบ three phase aerosol foams

Pressurized aerosol foams ทั้งสองแบบนั้นจะต้องเขย่าก่อนใช้ อัตราเร็วในการเกิดฟองโฟมจะขึ้นอยู่กับอัตราเร็วในการระเหยของสารขับดัน ดังนั้นการใช้สารขับดันที่มีจุดเดือดต่ำจะทำให้เกิดเป็นฟองโฟมที่เร็วกว่าการใช้สารขับดันที่มีจุดเดือดสูง ตัวอย่างเครื่องสำอางที่เตรียมในลักษณะนี้ เช่น โฟมโกนหนวด มูสจัดแต่งทรงผม แอโรซอลแชมพู แอโรซอลครีมทามือ แอโรซอลแผ่นปิดผิว

(6) Bag in can system

เป็นรูปแบบที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์กึ่งแข็ง เช่น เจล และจะเกิดเป็นฟองโฟมเมื่อผลิตภัณฑ์สัมผัสกับร่างกาย โดยในผลิตภัณฑ์จะมีส่วนประกอบของสารไฮโดรคาร์บอนที่มีจุดเดือดต่ำ เช่น isopentane อยู่ในตำรับ เมื่อผลิตภัณฑ์สัมผัสกับอุณหภูมิร่างกายจะเกิดการระเหยของ isopentane เกิดเป็นฟองโฟม ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะถูกบรรจุอยู่ภายในถุงและบรรจุลงในภาชนะที่มีแรงดันอีกชั้นเพื่อให้ isopentane ละลายในผลิตภัณฑ์และใช้ในการผลักดันผลิตภัณฑ์ออกจากถุง (รูปที่ 5)



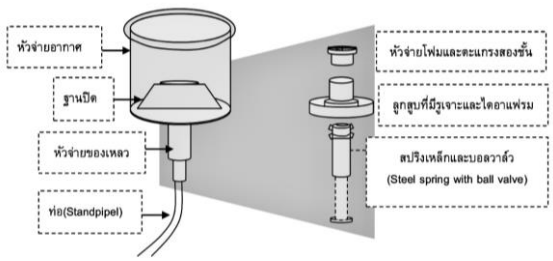
รูปที่ 5 Bag in can system

(7) Airspray® foam pump line

เป็นอุปกรณ์พิเศษสำหรับการเตรียมผลิตภัณฑ์โฟม มีส่วนประกอบของเครื่องมือ 3 ส่วน ดังรูปที่ 6 คือ หัวสำหรับสร้างโฟม (foam generation head), ฝาปิด (closing cap) และ ขวดบรรจุของเหลว (liquid reservoir)

รูปที่ 6 ส่วนประกอบของ Airspray® foam pump line

ส่วนสำคัญในการทำให้เกิดฟองโฟมคือส่วนของ foam generation head เป็นส่วนที่ทำให้เกิดการผสมของของเหลวกับอากาศ เกิดเป็นฟองโฟมขึ้นเมื่อใช้ผลิตภัณฑ์ โดยในส่วนของ foam generation head นี้จะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 7 คือ ส่วนหัวจ่ายของเหลว (liquid dosing chamber) และบอลวาล์ว (ball valve) เป็นส่วนที่จะดึงเอาของเหลวจากผลิตภัณฑ์มาเพื่อเตรียมเป็นฟองโฟม ส่วนหัวจ่ายอากาศ (air dosing chamber) และ ไดอาแฟรมวาล์ว (diaphragm valve) เป็นส่วนที่จะดึงเอาอากาศมาเพื่อเตรียมเป็นฟองโฟม และส่วนหัวจ่ายโฟมและตะแกรงสองชั้น (Foam generator with double sieve) เป็นส่วนที่ทำให้เกิดการผสมระหว่างของเหลวกับอากาศได้เป็นฟองโฟม



รูปที่ 7 ส่วนประกอบของ foam generation head

ความไม่คงตัวของโฟม

ความไม่คงตัวของโฟมสามารถแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะ ตามกลไกการเกิดความไม่คงตัว ดังนี้[1,2]

(1) Ostwald ripening

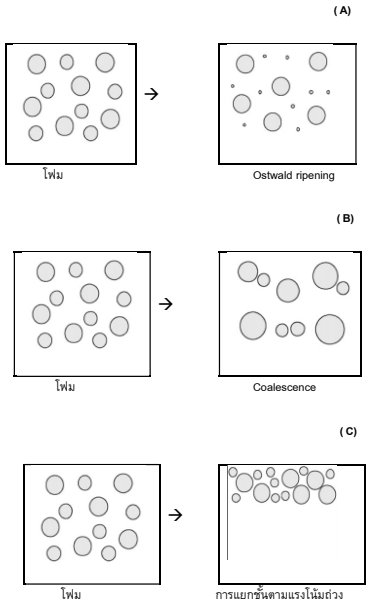
ความไม่คงตัวลักษณะนี้เกิดจากการกระจายขนาดของวัฏภาคภายในไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของก๊าซจากวัฏภาคภายในที่มีขนาดเล็กไปสู่วัฏภาคภายในที่มีขนาดใหญ่กว่า ส่งผลให้วัฏภาคภายในขนาดเล็กมีขนาดเล็กลงและวัฏภาคภายในขนาดใหญ่มีขนาดใหญ่ขึ้น[15] ดังรูปที่ 8A

(2) Coalescence

เกิดจากการรวมตัวของวัฏภาคภายใน ทำให้วัฏภาคภายในมีขนาดใหญ่ขึ้น ดังในรูปที่ 8B การเกิด coalescence อย่างต่อเนื่องจะทำให้เกิดการแยกชั้นตามมา สำหรับกรณีที่วัฏภาคภายในเป็นก๊าซ เมื่อเกิดการแยกชั้นก๊าซจะถูกปลดปล่อยออกจากระบบ ทำให้ระบบอิมัลชันเปลี่ยนเป็นสารละลายของสารก่อโฟม[16]

(3) การแยกชั้นตามแรงโน้มถ่วง

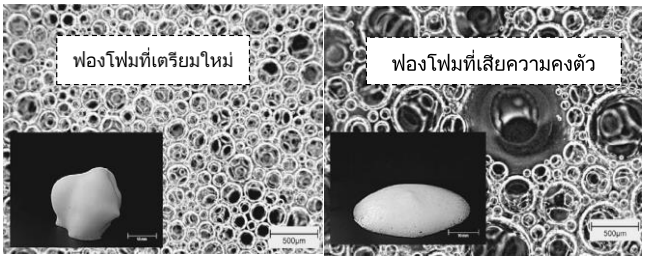
เนื่องจากวัฏภาคภายในของระบบโฟมอิมัลชันเป็นก๊าซซึ่งมักจะมีความหนาแน่นที่ต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับวัฏภาคภายนอก ด้วยความแตกต่างของแรงโน้มถ่วงจะส่งผลให้วัฏภาคภายในลอยตัวสูงขึ้น เกิดการรวมกลุ่มของวัฏภาคภายในดังแสดงในรูปที่ 8C



รูปที่ 8 การเกิด Ostwald ripening (A) การเกิด Coalescence (B) และการเกิดการแยกชั้นตามแรงโน้มถ่วง (C)

(4) การแตกของฟองโฟม

บริเวณรอยต่อของ polyhedral foam ที่เรียกว่า plateau จะมีช่องว่างขนาดเล็กซึ่งมีความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ทำให้ชั้นของของเหลวไหลมารวมกันที่บริเวณ plateau ทำให้ชั้นของของเหลวบางลงและมีพื้นที่ผิวที่สูงขึ้น รบกวนการจัดเรียงตัวของสารก่อโฟม ทำให้ฟองโฟมรวมตัวกันเป็นฟองที่ใหญ่ขึ้น ส่งผลให้ลักษณะภายนอกของโฟมแฟบหรือแตกออก ดังรูปที่ 9[2,13] อย่างไรก็ตามสารบางชนิดที่รบกวนการจัดเรียงตัวของสารก่อโฟม เช่น แอลกอฮอล์หรือไขมันต่าง ๆ จะทำให้ฟองโฟมเสียความคงตัวได้เช่นกัน



รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของฟองโฟมและเนื้อโฟมเมื่อฟองโฟมเสียความคงตัว (ดัดแปลงจาก Arzhavitina และ Steckel, 2010)[1]

การเพิ่มความคงตัวของโฟม

นอกจากสารก่อโฟมดังที่กล่าวมาข้างต้นนั้น เราสามารถเพิ่มความคงตัวให้กับระบบได้โดยวิธีดังนี้

(1) การเพิ่มความแข็งแรงของสารก่อโฟม

การเพิ่มความเข้มข้นของสารก่อโฟมจะทำให้ชั้นของสารก่อโฟมที่จัดเรียงตัวกันบริเวณผิวสัมผัสของสองวัฏภาคมีความแข็งแรงและมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ทำให้โฟมมีความคงตัวที่ดีขึ้น ในทางตรงข้ามหากชั้นของสารก่อโฟมถูกรบกวนจะส่งผลให้ความแข็งแรงของโฟมลดลง และทำให้ความคงตัวของโฟมลดลงได้ สารที่มีผลรบกวนการจัดเรียงตัวของสารก่อโฟม เช่น น้ำมัน แอลกอฮอล์ และตัวทำละลายต่างๆ จะทำให้ผลึกเหลวของสารก่อโฟมที่จัดเรียงตัวบริเวณผิวสัมผัสเสียไป ดังนั้นมีผลทำให้ความคงตัวของโฟมลดลง[1]

(2) การเพิ่มความหนืดในระบบ

จากข้อมูลความไม่คงตัวของโฟมแบบต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าทุกความไม่คงตัวล้วนเกิดจากการเคลื่อนที่ของวัฏภาคภายในและการไหลของชั้นของของเหลว ดังนั้นการเพิ่มความคงตัวของโฟมทั้งในรูปแบบของอิมัลชันและฟองโฟมสามารถทำได้โดยทำให้การเคลื่อนที่และการไหลดังกล่าวเกิดขึ้นได้ยากขึ้น[1] ในทางเครื่องสำอางนิยมใช้วิธีนี้ โดยการเพิ่มความหนืดด้วยการเติมสารจำพวกพอลิเมอร์ สามารถแบ่งประเภทของพอลิเมอร์ตามแหล่งกำเนิดได้ 3 แบบคือ โพลิเมอร์ที่มาจากธรรมชาติ เช่น Tragacanth, Carragenan, Xanthan gum โพลิเมอร์กึ่งสังเคราะห์

เช่น hydroxyethyl cellulose, hydroxypropyl cellulose และ โพลิเมอร์สังเคราะห์ เช่น acrylic acid, vinyl pyrolidone[17]

(3) การปรับแรงทางประจุจากไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic) หรือการใช้พอลิเมอร์ที่มีความเกะกะ (steric effect)

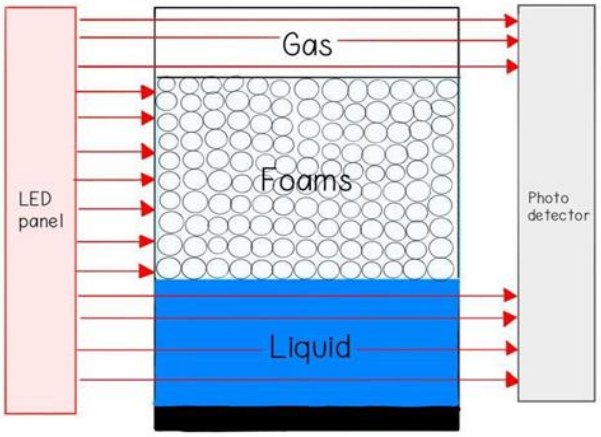
การเติมสารที่มีประจุเพื่อปรับประจุที่พื้นผิวของวัฏภาคภายในให้มีประจุเดียวกัน สามารถเพิ่มความคงตัวของระบบโฟมได้ตามทฤษฎี DLVO (Boris Derjaguin and Lev Landau, Evert Verwey and Theodoor Overbeek) คือ การที่ประจุเหมือนกันจะทำให้วัฏภาคภายในมีแรงผลักต่อกันและพยายามอยู่ห่างกันให้มากที่สุด นอกจากนี้ อาจใช้โครงสร้างสายยาวของพอลิเมอร์ที่มีความเกะกะมาขัดขวางการรวมตัวของวัฏภาคภายใน ทำให้ลดการเกิด coalescence ได้ ซึ่งเรียกว่า steric effect[1]

การประเมินผลิตภัณฑ์โฟมเครื่องสำอาง

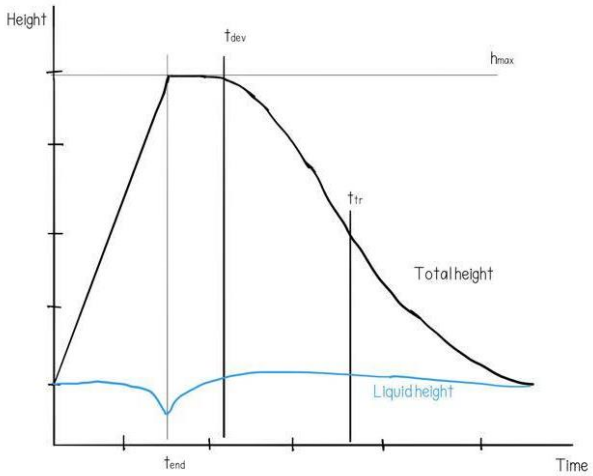
ในทางเครื่องสำอางการเกิดฟองโฟมที่เร็วและมีความคงตัว จะส่งให้ผู้บริโภคมีความรู้สึกที่ดีและพึงพอใจ แม้ว่าฟองโฟมที่เกิดขึ้นอาจจะไม่สัมพันธ์กับประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ การประเมินผลิตภัณฑ์โฟมในทางเครื่องสำอางมีไว้เพื่อช่วยวัดคุณภาพ และเสริมความมั่นใจของผลิตภัณฑ์ก่อนส่งออกผลิตภัณฑ์สู่ท้องตลาด โดยการประเมินผลิตภัณฑ์โฟมมีหลายวิธีดังนี้

1. การประเมินความสามารถในการเกิดฟองโฟมและความคงตัวของฟองโฟม

การประเมินผลิตภัณฑ์โฟมในทางเครื่องสำอางที่สำคัญ คือ ความสามารถในการเกิดฟองโฟม และการประเมินความคงตัวของฟองโฟม โดยวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในการประเมิน คือ Ross and Miles test ซึ่งมีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้[18] ทำการเตรียมสารละลายของผลิตภัณฑ์ในตัวทำละลายที่ต้องการทดสอบ ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นน้ำ และบรรจุในปิเปต ทำการไขจุกปิเปตเพื่อให้สารละลายไหลลงสู่ภาชนะวัดปริมาตร เช่น กระบอกตวง ที่มีตัวทำละลายชนิดเดียวกับที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย ดำเนินการวัดปริมาตรฟองโฟมที่เกิดขึ้นทันทีเพื่อใช้ประเมินเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเกิดฟองโฟม และวัดปริมาตรฟองโฟมอีกครั้งหลังจากเวลาผ่านไป 5 นาทีเพื่อประเมินเปรียบเทียบความคงตัวของฟองโฟม[11]นอกจากนี้การศึกษาด้วย Ross and Miles test ยังสามารถใช้เครื่องมือ Dynamic Foam Analyzer (DFA100) และ Oscillating Spherical Drop Method (OSDM) เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารลดแรงตึงผิวต่อความคงตัวโดย DFA100 เป็นการทดสอบโดยใส่สารละลายที่มีสารลดแรงตึงผิวในกระบอก ดังแสดงในรูปที่ 10 และให้อากาศผ่านทางด้านล่างกระบอกเพื่อก่อโฟม จากนั้นให้แสงผ่านทางด้านข้าง (LED panel) และตัววัดแสง (photo detector) วางขนาบข้างตัวกระบอกวัด แล้วพิจารณาเวลา และความสูงของการก่อโฟม โดยวัดความต่างของ 3 สถานะสารดังนี้ คือ สารละลายด้านล่าง โฟมหรือฟองอากาศซึ่งเป็นสถานะผสมระหว่างอากาศกับของเหลว และอากาศด้านบน ทั้งนี้วัดจากความเข้มแสงที่ต่างกัน โดยส่วนสถานะที่เป็นโฟมจะเกิดการหักเหและสะท้อนแสงจึงไม่สามารถวัดค่าความเข้มแสงได้[18] นอกจากนี้ยังสามารถวัดความสูงรวม (h) ความสูงโฟม (h_f) ความสูงสารละลาย (h_l) และเวลาที่ความสูงรวมคงที่ (t_{dev}) และนำมาสร้างกราฟดังแสดงในตัวอย่างในรูปที่ 11 สาเหตุที่เกิดค่าเวลาที่ความสูงรวมคงที่นี้เป็นเพราะช่วงที่เกิดความสูงรวมที่สูงที่สุด ได้มีการลดลงของความสูงโฟม แต่จะมีความสูงสารละลายที่สูงขึ้นแทน โดยพิจารณาหาค่าเวลาที่ความสูงรวมคงที่ หรือเวลาที่พบความสูงรวมมากที่สุด ทั้งนี้เมื่อความสูงรวมคงที่มีค่ามาก จะแสดงว่าฟองโฟมที่เกิดขึ้นมีความคงตัวสูง



รูปที่ 10 องค์ประกอบสำหรับการวิเคราะห์ด้วย DFA100



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงรวมของสารทั้งหมดและเวลาที่แสดงถึงความคงตัวของฟองโฟม

สำหรับ OSDM เป็นการทดสอบลักษณะของการหยดสารคล้ายกับการวัดค่าแรงตึงผิว (surface tension) เพื่อวัดการไหลของสาร โดยเมื่อสารละลายของสารลดแรงตึงผิวมีค่าความยืดหยุ่น

และความหนืดสูง จะทำให้ฟองโฟมมีความคงตัวสูงด้วย โดยค่าความยืดหยุ่นของสารต้องมีความสัมพันธ์โดยตรงกับ t_{dev}[18]

นอกจากวิธี Ross and Miles test แล้วยังมีวิธีอื่นๆที่ใช้ในการประเมิน[11,18] ได้แก่

วิธี Rotor test เป็นการทดสอบด้วยเครื่องมือพิเศษ โดยเป็นเครื่องแก้วทรงกระบอกที่มีจานหมุนที่บริเวณก้นภาชนะ ทั้งนี้ทำการทดสอบโดยการเติมสารละลายที่ต้องการทดสอบลงในเครื่องแก้วทรงกระบอกของเครื่องมือ และตั้งค่าความเร็วในการหมุนและทำการวัดความสูงของโฟมที่เกิดขึ้นในเวลาต่างๆ

วิธี Schlacher-Dierkes และ Colson test เป็นการประเมินความสามารถในการเกิดฟองโฟม ในสภาวะที่มีการปนเปื้อนของไขมัน ซึ่งจะทำให้ความสามารถในการเกิดฟองโฟมลดลงเปรียบเทียบกับความสามารถในการเกิดฟองโฟมในสภาวะที่ไม่มีไขมันปนเปื้อน

วิธี Stress-stability test (SST test) เป็นการทดสอบความคงตัวเชิงกลของฟองโฟม โดยวางแผ่นอลูมิเนียมลงบนฟองโฟมและทำการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของฟองโฟมที่เวลาต่างๆ เพื่อประเมินเปรียบเทียบความคงตัวเชิงกลของฟองโฟม

2. การประเมินความหนาแน่นของฟองโฟม

เป็นการประเมินความแน่นของฟองโฟมด้วยเครื่องมือวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer) นอกจากนี้ อาจวัดโดยใช้ pycnometer[18]

3. การประเมินเฉพาะสำหรับผลิตภัณฑ์บางชนิด

เป็นการประเมินคุณลักษณะเฉพาะของแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นข้อกำหนดที่โรงงานกำหนดขึ้นมาเอง (additional in-house test) เช่น การประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของแชมพูต่างๆ ได้แก่ วิธีการทดสอบแบบแบ่งครึ่ง (half-head test) การประเมินความรู้สึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์ (sensory evaluation test)

การทดสอบแบบแบ่งครึ่ง (half-head test) เป็นการทดสอบผลิตภัณฑ์ประเภทบำรุงผม โดยจะมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง 2 ผลิตภัณฑ์ ให้ชโลมผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดลงไปบนเส้นผมบนศีรษะผู้ทดสอบ โดยให้ชะโลมครึ่งหนึ่งของศีรษะโดยแบ่งจากแกนกลางของศีรษะ และให้ผู้เชี่ยวชาญมาประเมินคุณสมบัติต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ เช่น ความรู้สึกของการใช้ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ใดขึ้นรูปเป็นโฟมได้สะดวกกว่า เป็นต้น[19]

การประเมินความรู้สึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์ (sensory evaluation test) ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวนหนึ่งมาทดสอบผลิตภัณฑ์ โดยทำการวิเคราะห์เชิงพรรณา (descriptive analysis) ต่อผลิตภัณฑ์ และให้คะแนนจากแบบประเมินตามหัวข้อต่าง ๆ[20]

นอกจากนี้ ยังมีการประเมินความคงตัวโดยการวัดคุณสมบัติเชิงความร้อนด้วยเครื่อง differential scanning calorimetry (DSC) [21] และการประเมินลักษณะรูระหว่างฟองโฟมโดยใช้กล้อง Scanning electron microscopy (SEM)[22] สำหรับการประเมินอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบเครื่องสำอาง สามารถอิงตามพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องสำอาง เช่น การทดสอบการระคายเคืองผิวหนัง[7,8]

ผลิตภัณฑ์โฟมทางเครื่องสำอาง

ผลิตภัณฑ์โฟมที่ใช้ในทางเครื่องสำอางสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มตามวัตถุประสงค์ของฟองโฟม คือ 1. Functional cosmetic foams เป็นผลิตภัณฑ์โฟมที่อาศัยฟองโฟมในการทำงาน เช่น โฟมโกนหนวด ซึ่งอาศัยฟองโฟมในการพยุงหนวดให้ตั้งขึ้นทำให้สามารถโกนได้ง่ายขึ้น หรือมูสจัดแต่งทรงผมที่ฟองโฟมช่วยยกตัวของเส้นผม เป็นต้น และ 2. Non-functional cosmetic foams เป็นผลิตภัณฑ์โฟมที่ฟองโฟมไม่ได้มีหน้าที่พิเศษในการใช้งาน เพียงแต่ส่งผลต่อความรู้สึกและสัมผัสที่ดีขณะใช้ผลิตภัณฑ์เท่านั้น เช่น สบู่ แชมพู ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดต่าง ๆ และโฟมสำหรับใช้ภายนอก

ผลิตภัณฑ์โฟมในทางเครื่องสำอางที่มีจำหน่ายทางการค้าอาจเตรียมในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สารละลายของสารก่อโฟม เช่น สบู่แชมพู, เจล เช่น เจลล้างหน้า และอิมัลชัน เช่น โฟมล้างหน้า ครีมอาบน้ำ ครีมแชมพู เป็นต้น

ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้ถูกบรรจุในภาชนะต่าง ๆ เช่น หลอด ขวด ซอง หรือบรรจุในรูปแบบพิเศษ เช่น ภาชนะอัดแรงดัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งานผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดและการสร้างเอกลักษณ์ให้แต่ละผลิตภัณฑ์ สำหรับผลิตภัณฑ์โฟมที่ต้องเขย่าผสมก่อนใช้งานไม่เป็นที่นิยมในปัจจุบันเนื่องจากได้เนื้อโฟมที่ไม่สม่ำเสมอและควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ในการผลิตได้ยาก

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์และสิทธิบัตรในรูปแบบโฟม

โฟมก๊าซชนิดก่อตัวเอง (In situ gas generation)

1. สิทธิบัตร Foam-like/after-foaming หรือ foamable cosmetic หรือ dermatological preparation ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยปกป้องการระเหยของน้ำออกจากร่างกายและช่วยเพิ่มความชุ่มชื้น[23]

2. สิทธิบัตร *In situ* foam generation apparatus for on-site, on-demand, economical production of foaming solvents ใช้เป็นโฟมช่วยสำหรับล้างพื้นผิวต่าง ๆ [24]

โฟมที่มีการอัดแรงดัน (Pressurized aerosol foams)

3. สิทธิบัตร Pressurizing device containing ultrafine foaming oil-in-water emulsion เป็นผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (o/w emulsion) ชนิดอัดด้วยแรงดัน มีคุณสมบัติในการเกิดโฟมที่ดีสำหรับใช้ในการทำความสะอาดร่างกายและดูแลผิว[25]

4. สิทธิบัตร Petrolatum- containing aerosol foam concentrate เป็นเครื่องสำอางสำหรับดูแลผิวหนังชนิดอิมัลชันน้ำมันในน้ำ (o/w emulsion) ชนิดอัดด้วยแรงดันซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมของปิโตรลาทัม (petrolatum), น้ำ และ ใช้สารก่ออิมัลชันที่มีค่าสมดุลการชอบน้ำและน้ำมัน (hydrophilic-hydrophobic balance; HLB) อยู่ระหว่าง 6 - 10[26]

5. สิทธิบัตร Aerosol container comprising a dermatological composition and a foaming agent เป็นผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (o/w emulsion) ชนิดอัดด้วยแรงดัน ซึ่งแบ่งส่วนภายในภาชนะออกมากกว่า 1 ส่วน เพื่อแยกส่วนเก็บก๊าซที่ใช้ก่อโฟม[27]

6. สิทธิบัตร Foamable compositions, kits and method for hyperhidrosis เป็นผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (o/w emulsion) ชนิดอัดด้วยแรงดันใช้สำหรับผู้มีภาวะเหงื่อออกมาก (Hyperhidrosis) ซึ่งเป็นภาวะที่ร่างกายขับเหงื่อออกทางผิวหนังมากผิดปกติ ซึ่งอาจเกิดจากความบกพร่องของระบบประสาท ระดับฮอร์โมนที่ผิดปกติ การเจ็บป่วยต่าง ๆ หรืออาจเป็นผลข้างเคียงของยาบางชนิด แต่ไม่ได้เกิดจากภาวะที่ทำให้เหงื่อออกมากโดยทั่วไปอย่างอากาศร้อน การออกกำลังกาย และภาวะตื่นเต้นหรือเครียด[28]

7. สิทธิบัตร Oleaginous pharmaceutical/cosmetic foam : เป็นผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (o/w emulsion) ชนิดอัดด้วยแรงดันที่ประกอบด้วยตัวทำละลายชนิดไม่ชอบน้ำ น้ำมันซิลิโคน สารเพิ่มความชุ่มชื้น ตัวทำละลายร่วม สารก่อเจล และ สารออกฤทธิ์ในตำรับ บรรจุอยู่ในภาชนะทนแรงดันร่วมกับสารขับดัน[29]

8. สิทธิบัตร Foaming cosmetic compositions, uses for cleansing or make-up removal เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ปราศจากแอลกอฮอล์ หรือโฟมตัวพาที่ประกอบด้วยน้ำ ตัวทำละลายที่ไม่ชอบน้ำ สารก่อโฟม สารลดแรงตึงผิว และสารก่อเจล ซึ่งสามารถบรรจุสารออกฤทธิ์หรือตัวยาสำคัญได้ทั้งชนิดที่ละลายในน้ำและละลายในน้ำมัน[30]

9. สิทธิบัตร Cosmetic and pharmaceutical foam carrier เป็นผลิตภัณฑ์โฟมที่สลายตัวอย่างรวดเร็ว ปราศจากแอลกอฮอล์ และมีหน้าที่เป็นโฟมตัวพา ซึ่งมีส่วนประกอบคือ ตัวทำละลายระเหยได้ที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic volatile solvent) ในปริมาณ 20 - 60% น้ำในปริมาณ 20 - 60% โพลีออลในปริมาณ 3 - 20% และสารลดแรงตึงผิวในปริมาณ 0.1 - 7.5%[31]

ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปแบบสารละลายของสารก่อโฟม

10. สิทธิบัตร Foaming cosmetic cream เป็นผลิตภัณฑ์ครีมของสารก่อโฟม ซึ่งสารก่อโฟมที่ใช้มีลักษณะเฉพาะคือ ก่อตัวเป็นทรงหกหน้า หรือลูกบาศก์ที่อุณหภูมิ 30 - 40 องศาเซลเซียส ใช้ทำความสะอาดผิว เส้นผม และทำความสะอาดเครื่องสำอาง[32]

11. สิทธิบัตร Aqueous delayed- foaming cosmetic composition for hair and skin treatment เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสำหรับบำรุงรักษาเส้นผมและผิวหนังรูปแบบเจลกำเนิดฟองช้า (delayed-foaming gel) ซึ่งประกอบด้วยสารลดแรงตึงผิวประเภท heterobiopolysaccharide สารก่อโฟมชนิดเกิดฟองช้าเพื่อให้เกิดโฟมหลังจากที่ทาไปบนผิวหนังหรือใช้กับเส้นผม[33]

สเปรย์โฟมชนิดใช้หัวปั๊ม (Airspray foam pump line)

12. สิทธิบัตร Foaming cleansing products เป็นผลิตภัณฑ์โฟมที่ใช้ทำความสะอาด ซึ่งประกอบด้วยสารก่อโฟม สารที่ออกฤทธิ์ และหัวจ่ายสำหรับสร้างโฟม ซึ่งโฟมที่ได้จะเป็นเนื้อเดียวกัน มีคุณสมบัติในการทำความสะอาดผิว อ่อนโยนและให้ความชุ่มชื้นกับผิวหนัง[34]

มีการศึกษาวิจัยเพื่อนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในผลิตภัณฑ์โฟมที่ใช้ทางเครื่องสำอางเพื่อนำส่งสารสำคัญทางผิวหนัง โดยมีการรายงานว่าการนำส่งสารสำคัญในรูปแบบของ อนุภาคขนาดนาโน (nanoparticles) บางชนิดมีปัญหาในการปลดปล่อยสารสำคัญออกจากผลิตภัณฑ์ทั่วไป จึงมีการนำอนุภาคขนาดนาโนมาผสมในระบบโฟมที่อัดแรงดัน และอาศัยกลไกการเปลี่ยนสภาพของฟองโฟมซึ่งจะเกิดการถ่ายเทพลังงานขึ้นในระบบ และสามารถเพิ่มการปลดปล่อยสารสำคัญออกจากอนุภาคขนาดนาโน และส่งผลให้การซึมผ่านทางผิวหนังของสารสำคัญเพิ่มขึ้นได้

บทสรุป

ผลิตภัณฑ์โฟมในทางเครื่องสำอางมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งในรูปแบบสารละลาย หรืออิมัลชันของสารก่อโฟม และรูปแบบโฟมในบรรจุภัณฑ์พิเศษ เช่น โฟมที่มีการอัดแรงดัน และสเปรย์โฟมชนิดใช้หัวปั๊ม โฟมเป็นระบบอิมัลชันที่มีก๊าซกระจายตัวในของเหลวโดยมีสารก่อโฟมเป็นสารก่ออิมัลชัน การก่อโฟมสามารถเกิดได้หลายกลไกทำให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์โฟมหลายรูปแบบ เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยฟองโฟมในการทำงาน เช่น โฟมโกนหนวด โฟมจัดแต่งทรงผม ผลิตภัณฑ์ฟองโฟมที่ฟองโฟมไม่มีบทบาทในการทำงาน เช่น สบู่ แชมพู ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดต่าง ๆ เพียงให้ความรู้สึกที่ดีขณะใช้หรือสัมผัสเท่านั้น ความสามารถในการเกิดฟองโฟมและความคงตัวของฟองโฟมเป็นสิ่งสำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการประเมินผลิตภัณฑ์โฟมจึงมุ่งเน้นในการประเมินคุณสมบัติดังกล่าว วิธีที่ได้รับการยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายคือ Ross and Miles test ความสามารถในการเกิดฟองโฟมขึ้นกับชนิด ปริมาณของสารก่อโฟม และสารช่วยอื่น ๆ ในตำรับ เช่น สารเพิ่มฟอง สำหรับความคงตัวของฟองโฟมขึ้นกับความแข็งแรงของชั้นสารก่อโฟมระหว่างสองวัฏภาคและความหนืดของระบบ การเพิ่มความแข็งแรงของชั้นสารก่อโฟมระหว่างสองวัฏภาคและความหนืดของระบบสามารถเพิ่มความคงตัวของฟองโฟมได้ นอกจากนี้การอาศัยการปรับแรงทางประจุจากไฟฟ้า

สถิตย์หรือการใช้พอลิเมอร์ที่มีความเกะกะช่วยป้องกันการรวมกลุ่มของวัฏภาคภายในจะเพิ่มความคงตัวของโฟมได้อีกด้วย ปัจจุบันผลิตภัณฑ์รูปแบบโฟมถูกใช้ในทางเครื่องสำอางอย่างแพร่หลายและมีการจดสิทธิบัตรของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง สามารถบ่งชี้ถึงความนิยมในการใช้ผลิตภัณฑ์ รวมทั้งมีแนวโน้มในการพัฒนาเทคโนโลยีมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และสร้างจุดเด่นให้ผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจเป็นอย่างมาก

References

1. Arzhavitina A, Steckel H. Foams for pharmaceutical and cosmetic application. *Int J Pharm* 2010;394:1–17.
2. de Varies AJ. Foam stability. Part I. Structure and stability of foams. *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas* 1958;77(1):81-91.
3. Phaechamud T, Charoenteeraboon J. Antibacterial activity and drug release of chitosan sponge containing doxycycline hyclate. *AAPS PharmSciTech* 2008;9(3):829-835.
4. Yodkhum K, Phaechamud T. Hydrophobic chitosan sponges modified by aluminum monostearate and dehydrothermal treatment as sustained drug delivery system. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl* 2014;42:715-725.
5. Phaechamud T, Yodkhum K, Charoenteeraboon J, Tabata Y. Chitosan-aluminum monosterate composite sponge dressing containing asiaticoside for wound healing and angiogenesis promotion in chronic wound. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl* 2015;50:210-225.
6. Poonsrichaisit C. Plastic foam. *MTEC Mag* 2008;Jan. – Jun.:74-78. (in Thai)
7. Thai Industrial Standards Institute. Industrial product standards for cosmetics: general specifications. 152-2555. (in Thai)
8. Swaddiwat P. Misnistry of Insdutry Announcement number 4462. 2012. (in Thai)
9. Arzhavitine A. Foams as novel delivery vehicles for topical application. Dissertation. Germany. Christian Albrecht University, 2009.
10. Parsa M, Trybala A, Malik D, Starov V. Foam in pharmaceutical and medical application. *Curr Opin Colloid Interface Sci* 2019;44:153-167.
11. DIY Cosmetics. Yucca extract preserved. (Accessed on Jan. 25, 2019, at http://www.diycosmetics.com/products/Yucca_Extract_Preserved-80-0.html)
12. TGSC Information System. Quillaja saponaria bark extract. (Accessed on Sep. 30, 2019, at http://www.thegoodscentscompany.com/data/ex1090811.html)
13. Drenckhan W, Hutzler S. Structure and energy of liquid foams. *Adv Colloid Interface Sci* 2015;224:1-16. (doi: 10.1016/j.cis.2015.05.004)
14. Klempner D, Frisch KC (eds.). Handbook of Polymeric Foams and Foam Technology. New York. Hanser Publishers, 1991: pp.18-32.
15. Markworth AJ. Comments on foam stability, Ostwald ripening, and grain growth. *J Colloid Interface Sci* 1985;107:569-557.
16. Langevin D. Coalesence in foams and emulsion : simillarlities and differences. *Curr Opin Colloid Interface Sci* 2019;44:23-31. (doi: 10.1016/j.cocis.2019.09.001)
17. Lathauwer GD, Rycke DD, Duynslager A, Tanghe S, Oudt C. Thickening of foaming cosmetic formulation. Proceedings 6th World Surfactant Congress CESIO, Berlin, Germany, June 21-23, 2004 (paper #154).
18. Bilke-Krause C, Schörck T, Winkler T. Foam behavior and foam stability of aqueous surfactant solutions. *Application Report AR267e*. 2010:1-5
19. Institute Dr. Schrader. Half-head test. (Accessed on Sep. 2, 2019, at https://schrader-institute.de/en/pruefung/haar-pruefung/halbseitentest/)
20. Gallart M, Tomas X, Suberbiola G, Tamames EL, and Buxaderas S. Relationship between foam parameters obtained by the gas-sparging method and sensory evaluation of sparkling wines. *J Sci Food Agric* 2004;84:127-133.
21. Mardani M, Yeganehzad S, Ptichkina N, et al. Study on foaming, rheological and thermal properties of gelatin-free marshmallow. *Food Hydrocolloid* 2019;93:335-341.
22. Pillai P, Li S, Bouzidi L, Narine S. Metathesized palm oil polyol for the preparation of improved bio-based rigid and flexible polyurethane foams. *Ind Crops Prod* 2016;83:568-576.
23. Riedel H, Schulz J, Goppel A, Bleckmann A. Self-foaming, foam-like, after-foaming or foamable cosmetic or dermatological preparation. *US Patent* 20040258627. 2004.
24. Cochran D, Larson G. *In situ* foam generation apparatus for on-site, on-demand, economical production of foaming solvents. *US Patent* 010052666. 2018.
25. Laurent L. Pressurizing device containing ultrafine foaming oil-in-water emulsion. *JP Patent* 2928187B2. 1996.
26. Thau P. Petrolatum-containing aerosol foam concentrate. *US Patent* 4981677. 1991.
27. Arend J, Marcel J. Aerosol container comprising a dermatological composition and a foaming agent. *WO Patent* 2015037988. 2014.
28. Tamarkin D, Eini M, Zlatkis E. Foamable compositions, kits and methods for hyperhidrosis. *US Patent* 008119109B2. 2012.
29. Tamarkin D, Riedman D, Eini M, Besonov A. Oleaginous pharmaceutical and cosmetic foam. *US Patent* US007820145B2. 2010.
30. Ribery D, Beugras BL. Foaming cosmetic compositions, uses for cleansing or make-up removal. *US Patent* USOO6812192B2. 2004.
31. Konis Y, Kalay A. Cosmetic and pharmaceutical foam carrier. *US Patent* 20070224143A1. 2006.
32. Giluberonik. Foaming cosmetic cream. *KR Patent* 100428823B1. 2000.
33. Grollier JF, Dubief C, Cauwet D. Aqueousdelayed-foaming cosmetic composition for hair and skin treatment. *US Patent* 4871530A. 2008.
34. Fowler TJ, Woodin FW Jr, Deckner GE, Gupte AJ, Taniguchi T, Collias DI. Foaming cleansing products. *US Patent* 005635469A. 1997.