Review Article

ไมโครอิมัลชันทางเครื่องสำอางสำหรับเส้นผม

Cosmetic Microemulsions for Hair

ประภาพร บุญมี[1]*, กฤติยา ศรีสุวรรณวิเชียร[2] และ ณัฐธิดา ภัคพยัต[1]

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[2] นักศึกษาชั้นปีที่ 5 คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

* Corresponding author: prapaporn@pharmacy.psu.ac.th

บทคัดย่อ

ไมโครอิมัลชันเป็นรูปแบบผลิตภัณฑ์หนึ่งที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและเวชสำอาง ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ดูแลผิวหนังและเส้นผม เนื่องจากเป็นรูปแบบที่มีลักษณะสวยงาม สะดวกในการผลิตและการใช้ มีเสถียรภาพทางอุณหพลวัต และมีกำลังในการละลายสูง ในนิพนธ์ปริทัศน์นี้กล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับวงจรชีวิตและโครงสร้างของเส้นผม รวมถึงกล่าวเน้นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครอิมัลชันในการตั้งสูตรตำรับเครื่องสำอางสำหรับเส้นผม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเส้นผม ผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผม ผลิตภัณฑ์จัดแต่งทรงผม ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีผม และผลิตภัณฑ์ดัดผม

คำสำคัญ: ไมโครอิมัลชัน, เครื่องสำอาง, เส้นผม, แชมพู, สีผม

ไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ 2553;5(2):185-192[§]

บทนำ

ไมโครอิมัลชัน (microemulsions; MEs, หรือ μe) เป็นผลิตภัณฑ์ของเหลวที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวใส ประกอบด้วยวัฏภาคน้ำ (water phase) และวัฏภาคน้ำมัน (oil phase) ซึ่งทำให้เกิดเสถียรภาพโดยฟิล์มที่ผิวประจันของสารลดแรงตึงผิว (surfactant) โดยอาจเติมสารลดแรงตึงผิวร่วม (cosurfactant) ด้วย เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของระบบ โดยการเพิ่มความยืดหยุ่นในการโค้งของฟิล์มที่ผิวประจัน ไมโครอิมัลชันจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ตามลักษณะการกระจายตัวของวัฏภาคน้ำและวัฏภาคน้ำมันในระบบ คือ ประเภทน้ำมันในน้ำ (oil-in-water; o/w หรือ L_1) ประเภทน้ำในน้ำมัน (water-in-oil, w/o หรือ L_2) และประเภทต่อเนื่องแบบคู่ (bicontinuous) ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งไมโครอิมัลชันทุกประเภทได้รับความนิยมในการศึกษาวิจัยทั้งในเชิงคุณลักษณะและในเชิงประสิทธิภาพ เพื่อใช้เป็นตัวกลางในการนำส่งยาเข้าสู่ร่างกายทางต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางผิวหนัง[1-7]

ปัจจุบันพบว่ามีการประยุกต์ใช้ไมโครอิมัลชันในเครื่องสำอางและเวชสำอางสำหรับผิวหนังหลายชนิด เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี มีประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ และสนองตอบต่อความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งมีความคาดหวังต่อผลลัพธ์จากการใช้เครื่องสำอางและเวชสำอางสูงขึ้น เหตุผลที่ทำให้ไมโครอิมัลชันเป็นที่นิยมใช้มากขึ้น ได้แก่ ไมโครอิมัลชันมีลักษณะที่ใสจึงดูน่า

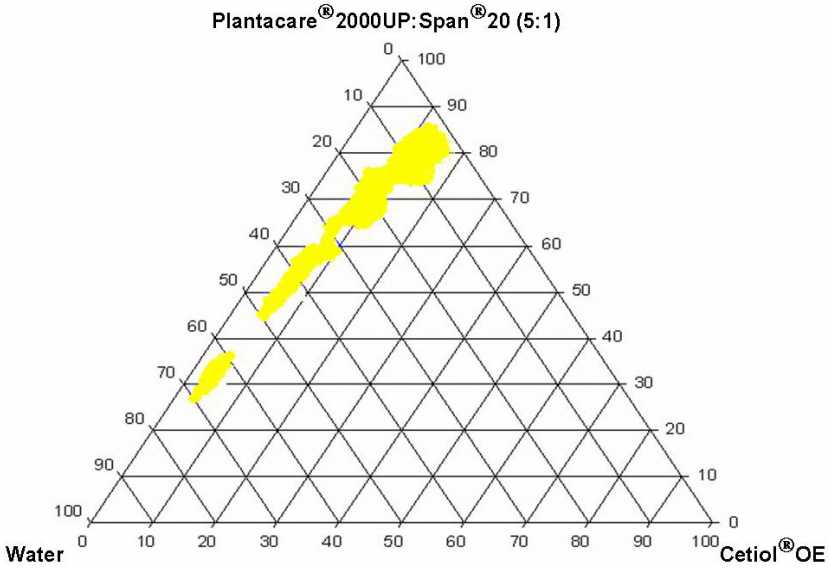
รูปที่ 1 แบบจำลองโครงสร้างของไมโครอิมัลชัน: (ก) ประเภทน้ำมันในน้ำ (ข) ประเภทน้ำในน้ำมัน และ (ค) ประเภทต่อเนื่องแบบคู่

ใช้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2 โดยอาจนำไปใช้ในรูปหยด (drops) หรือสเปรย์ (sprays) หรือปรับรูปแบบโดยการเติมสารก่อเจล (gelling agent) เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์กึ่งแข็งในรูปไมโครอิมัลชันเจล (microemulsion-based gel)

ไมโครอิมัลชันเป็นระบบที่มีเสถียรภาพทางอุณหพลวัต (thermodynamic stability) จึงมีอายุคุณภาพสินค้า (shelf life) ยาวนาน ไมโครอิมัลชันสามารถเกิดขึ้นได้เอง (spontaneous formation) เมื่อระบบมีชนิดและความเข้มข้นของวัฏภาคน้ำ วัฏภาคน้ำมัน สารลดแรงตึงผิว และสารลดแรงตึงผิวร่วม (ถ้ามี) ที่เหมาะสม จึงผลิตได้ง่าย การขยายกำลังผลิตจากระดับห้องปฏิบัติการไปสู่ระดับอุตสาหกรรมทำได้ง่าย ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการเตรียมไมโครอิมัลชันที่ประกอบด้วย Cetiol® OE (วัฏภาคน้ำมัน), น้ำกลั่น (วัฏภาคน้ำ), Plantacare® 2000UP (สารลดแรงตึงผิว) และ Span® 20 (สารลดแรงตึงผิวร่วม) สามารถทำได้โดยการผสมสารทั้ง 4 ชนิดนี้ในสัดส่วนที่เหมาะสม นั่นคือในปริมาณที่อยู่ในบริเวณที่เกิดไมโครอิมัลชัน (microemulsion region) ในแผนภาพวัฏภาคไตรภาคเทียม (pseudoternary phase diagram) (รูปที่ 3) กระบวนการผลิตใช้เพียงการผสมธรรมดา (simple mixing) ไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานหรือเครื่องมือที่ซับซ้อน ไมโครอิมัลชันมีกำลังในการละลายสูง ส่งผลให้สามารถผสมเข้ากับสารได้หลากหลายทั้งสารที่ชอบน้ำมันและสารที่ชอบน้ำ รวมทั้งมีโครงสร้างระดับไมโคร (micro-structure) ที่ทำให้ไมโครอิมัลชันสามารถนำส่งสารสำคัญทางเครื่องสำอางและเวชสำอางเข้าสู่ผิวหนังได้ดีกว่าตำรับในรูปแบบดั้งเดิม[8-12] นอกจากเครื่องสำอางสำหรับผิวหนังแล้ว ไมโครอิมัลชันยังถูกนำไปประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอางสำหรับเส้นผมอย่างกว้างขวางด้วย

รูปที่ 2 ลักษณะที่มองเห็นด้วยตาเปล่าของไมโครอิมัลชัน: ประกอบด้วย Cetiol® OE 6.33% w/w, น้ำกลั่น 40.43% w/w, Plantacare® 2000UP 44.37% w/w และ Span® 20 8.87% w/w

เส้นผม (scalp hair) เป็นส่วนที่งอกพ้นหนังศีรษะมนุษย์ มีหน้าที่ปกป้องหนังศีรษะจากแสงแดดและความเย็น อย่างไรก็ตามหน้าที่นี้ไม่ได้สำคัญในความคิดของมนุษย์มากนัก แต่บทบาทสำคัญกลับเป็นการเสริมความงามและบุคลิกภาพ ดังนั้นสุขภาพผมที่ดี สะอาด เป็นเงางาม และมีรูปทรงที่สวยงาม จึงเป็นสิ่งพึงปรารถนา ส่งผลให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสำหรับเส้นผมที่หลากหลาย รวมถึงการนำเทคโนโลยีไมโคร-



รูปที่ 3 แผนภาพวัฏภาคไตรภาคเทียมของระบบ: ประกอบด้วย Cetiol®OE, น้ำกลั่น 40.43%, Plantacare®2000UP และ Span®20 โดยบริเวณที่แรเงา หมายถึง บริเวณที่เกิดไมโครอิมัลชัน

อิมัลชันมาใช้ด้วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ และเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภค ซึ่งส่งผลถึงการเพิ่มความสามารถในการเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาดที่มีมูลค่าสูงมาก ในปี ค.ศ. 1993 มีรายงานว่ามีการใช้จ่ายสำหรับแชมพู ผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผม และผลิตภัณฑ์จัดแต่งทรงผมในสหรัฐอเมริกาและในสหราชอาณาจักร รวมกันถึง 714 ล้านปอนด์ต่อปี[13]

ในนิพนธ์ปริทัศน์นี้กล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับกายวิภาคของเส้นผม โดยครอบคลุมถึงวงจรชีวิตและลักษณะโครงสร้างของเส้นผม และกล่าวเน้นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครอิมัลชันในการตั้งสูตรตำรับเครื่องสำอางสำหรับเส้นผม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเส้นผม ผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผม ผลิตภัณฑ์จัดแต่งทรงผม ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีผม และผลิตภัณฑ์ดัดผม

วงจรชีวิตของเส้นผม

มนุษย์มีผมประมาณ 100,000-110,000 เส้น เส้นผมแต่ละเส้นงอกยาวออกมาโดยเฉลี่ย 0.35 มิลลิเมตรต่อวัน และอยู่ได้นาน 3 - 6 ปี จากนั้นจะหลุดออกไปแล้วมีผมเส้นใหม่ขึ้นมาแทนที่ โดยวงจรชีวิตของเส้นผมแบ่งได้เป็น 3 ระยะ[13] ดังต่อไปนี้

1. ระยะเจริญเติบโต (anagen หรือ active growth phase) เป็นระยะที่ผมงอกยาวจากเซลล์ต้นกำเนิดของเส้นผมที่เรียกว่าปุ่มเล็ก (papilla) โดยมีการสังเคราะห์โปรตีน (protein synthesis) และการสร้างเคอราทิน (keratinization) อย่างต่อเนื่อง เส้นผมส่วนใหญ่หรือประมาณ 90% ของเส้นผมทั้งศีรษะอยู่ในระยะนี้ และผมแต่ละเส้นจะอยู่ในระยะนี้ประมาณ 3 - 6 ปี

2. ระยะเปลี่ยนสถานะ (catagen หรือ transition phase) เป็นระยะที่ผมหยุดงอก ฐานของต่อมรากผมเคลื่อนตัวขึ้นมาบนผิวหนังศีรษะ และพร้อมที่จะเข้าสู่ระยะสุดท้าย เส้นผมประมาณ 1 - 2% ของเส้นผมทั้งศีรษะเท่านั้นที่อยู่ในระยะนี้ โดยอยู่ในระยะเวลาสั้นๆ เพียง 1 - 2 สัปดาห์

3. ระยะสุดท้าย (telogen หรือ resting phase) เป็นระยะที่ผมพร้อมจะหลุดร่วงออกจากหนังศีรษะ เส้นผมประมาณ 10% ของเส้นผมทั้งศีรษะอยู่ในระยะนี้ โดยอาจอยู่นาน 3 - 4 เดือน จากนั้นหลุดร่วงออกไปเอง หรือหลุดร่วงเนื่องจากมีปัจจัยภายนอกไปกระตุ้น เช่น การหวีหรือแปรงผม ขณะเดียวกันที่ปุ่มเล็กมีการสร้างและงอกยาวของผมเส้นใหม่ขึ้นมาแทนที่

เส้นผมแต่ละเส้นอยู่ในระยะต่าง ๆ ของวงจรชีวิตไม่เหมือนกัน ดังนั้นจึงมีอายุและการงอกยาวที่แตกต่างกัน ทำให้ไม่พบภาวะผลัดขน (ผม) ในมนุษย์ อย่างไรก็ตาม มีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตของเส้นผม ทำให้เกิดภาวะผมขาดหลุดร่วงผิดปกติ ถ้ารุนแรง อาจทำให้เกิดภาวะผมบางหรือศีรษะล้านได้ ได้แก่ ฮอร์โมน การขาดสารอาหาร โรคบางชนิด ความเครียด มลภาวะ เป็นต้น

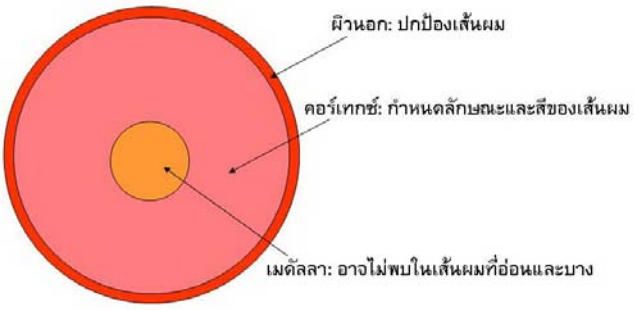
โครงสร้างของเส้นผม

เมื่อนำเส้นผมมาตัดตามขวาง พบว่าแบ่งได้เป็น 3 ชั้น[13] ดังแสดงในแบบจำลองรูปที่ 4 เรียงจากชั้นนอกสุดมาในสุด ดังนี้

1. ผิวนอก (cuticle) ประกอบด้วยเซลล์ที่มีลักษณะเป็นแผ่นเรียงซ้อนกันคล้ายกระเบื้องมุงหลังคา โดยหุ้มรอบ ๆ เนื้อของคอร์เทกซ์ (cortical mass) เซลล์ผิวนอกแต่ละเซลล์มีความหนา 0.5 - 1 ไมโครเมตรและยาวประมาณ 45 ไมโครเมตร ชั้นนี้มีบทบาทสำคัญในการปกป้องเส้นผม ถ้าเซลล์ในชั้นนี้เรียงตัวกันแน่น จะทำให้เส้นผมแลดูเรียบและเป็นเงางาม ในทางตรงข้าม ถ้าเซลล์ในชั้นนี้เปิดออก จะมีผลให้เนื้อของคอร์เทกซ์ขาดสิ่งหุ้มและแยกออกจากกัน ซึ่งเรียกโดยทั่วไปว่าผมแตกปลาย เนื่องจากเป็นส่วนที่สามารถมองเห็นได้ง่าย แต่อันที่จริงแล้ว เซลล์ของผิวนอกอาจเปิดออกที่ส่วนหนึ่งส่วนใดของเส้นผมก็ได้ และมีผลทำให้เนื้อของคอร์เทกซ์ที่บริเวณนั้นแยกออกจากกัน

2. คอร์เทกซ์ (cortex) ประกอบด้วยโครงสร้างไฟเบอร์รูปกระสวย (spindle-shaped fibrous structures) ซึ่งมีความหนา 1 - 6 ไมโครเมตรและยาวประมาณ 100 ไมโครเมตร เรียงกันตามแนวยาว เป็นชั้นที่มีสัดส่วนมากที่สุดในเส้นผม มีผลต่อลักษณะตรงหรือหยิกของเส้นผม นอกจากนี้ภายในชั้นนี้ยังประกอบด้วยเม็ดสี 2 ชนิด คือ ยูเมลานิน (eumelanin) ซึ่งมีโทนสีน้ำตาลถึงดำและฟีโอเมลานิน (pheomelanin) ซึ่งมีโทนสีแดง ปริมาณและการกระจายตัวของเม็ดสี 2 ชนิดนี้ส่งผลให้เกิดเฉดสีผมที่แตกต่างกัน

3. เมดัลลา (medulla) ประกอบด้วยเซลล์ที่เรียงตัวกันอย่างหลวม ๆ และมีช่องอากาศแทรก เป็นชั้นที่มีสัดส่วนน้อยที่สุดในเส้นผม เป็นชั้นที่ไม่มีบทบาทสำคัญสำหรับมนุษย์ ในเส้นผมและขนที่อ่อนและบางอาจไม่พบเมดัลลา แต่ในเส้นผมหรือขนที่หนามีโอกาสพบเมดัลลาได้มากขึ้น



รูปที่ 4 แบบจำลองโครงสร้างของเส้นผมเมื่อตัดตามขวาง

การประยุกต์ใช้ไมโครอิมัลชันในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเส้นผม

แชมพูเป็นผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเส้นผมที่ใช้กันในชีวิตประจำวัน และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าทางการตลาดสูงที่สุด

ในกลุ่มผลิตภัณฑ์สำหรับเส้นผม แชมพูได้รับออกแบบให้มีหลากหลายรูปแบบ เช่น แชมพูใส แชมพูผสมครีมนวดผม แชมพูขจัดรังแค แชมพูสำหรับผมทำสี แชมพูสำหรับผมดัด เป็นต้น เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค การนำเทคโนโลยีไมโครอิมัลชันมาใช้ในการผลิตแชมพู เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการพัฒนาตำรับแชมพู

Hloucha และคณะ[14] ได้ศึกษาประสิทธิภาพของแชมพูไมโครอิมัลชันและกรีนแชมพูไมโครอิมัลชัน ซึ่งคำว่า “กรีน (green)” ในที่นี้ หมายถึง ความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยหลีกเลี่ยงการใช้สารที่มีหมู่ sulfate และ ethoxylate ในสูตรตำรับ การศึกษานี้ได้ประเมินค่างานที่ค้างในการหวีผม (residual combing work) หรือสัดส่วนระหว่างแรงที่ใช้ในการหวีผมหลังและก่อนการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบ หากค่านี้ต่ำ แสดงว่ามีความเสียดทานระหว่างหวีและเส้นผมลดลง หรือแปลความได้ว่าการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบทำให้สภาพเส้นผมเรียบรื่นขึ้น โดยในการศึกษานี้ เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำให้ปอยผม (hair tresses) เรียบรื่นหลังสระเมื่อสระด้วยแชมพูธรรมดา (แชมพูที่ไม่มีไมโครอิมัลชันเป็นส่วนประกอบ) กับเมื่อสระด้วยแชมพูไมโครอิมัลชัน (แชมพูที่มีไมโครอิมัลชันเป็นส่วนประกอบ) ดังแสดงในสูตรตำรับที่ 1 และเมื่อสระด้วยกรีนแชมพูธรรมดา (กรีนแชมพูที่ไม่มีไมโครอิมัลชันเป็นส่วนประกอบ) กับเมื่อสระด้วยกรีนแชมพูไมโครอิมัลชัน (กรีนแชมพูที่มีไมโครอิมัลชันเป็นส่วนประกอบ) ดังแสดงในสูตรตำรับที่ 2 โดยแปรผันปริมาณของไมโครอิมัลชัน Dicaprylyl ether (and) coco glucoside (and) glyceryl oleate (Plantasil® Micro) ต่าง ๆ กัน ผลลัพธ์ที่ได้บ่งบอกว่าแชมพูไมโครอิมัลชันและกรีนแชมพูไมโครอิมัลชันมีสามารถลดแรงเสียดทานระหว่างหวีและเส้นผมได้ดีกว่าแชมพูธรรมดาและกรีนแชมพูธรรมดา โดยผลการลดแรงเสียดทานระหว่างหวีและเส้นผมของแชมพูไมโครอิมัลชันและกรีนแชมพูไมโครอิมัลชันเห็นได้เด่นชัดมากขึ้น เมื่อในตำรับมีปริมาณของไมโครอิมัลชัน Dicaprylyl ether (and) coco glucoside (and) glyceryl oleate ที่สูงขึ้น เนื่องจากไมโครอิมัลชันทำให้เซลล์ผิวนอกของเส้นผมปิดเรียบมากขึ้น จึงทำให้ปอยผมเรียบรื่นขึ้น นอกจากนี้ไมโครอิมัลชันยังมีผลต่อความคงตัวของกรีนแชมพูด้วย โดยพบว่าสูตรตำรับที่ 2 ไม่สามารถเตรียมเป็นกรีนแชมพูที่คงตัวได้ถ้าไม่มีไมโครอิมัลชันในตำรับ

นอกจากผลงานวิจัยในตัวอย่างข้างต้นแล้ว ยังพบสิทธิบัตรเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีไมโครอิมัลชันมาใช้ในการผลิตแชมพู ตัวอย่างเช่น Gallagher และคณะ[15] ค้นพบว่าแชมพูที่ประกอบด้วยน้ำ สารลดแรงตึงผิวที่มีฤทธิ์ทำความสะอาด (cleansing surfactant) พอลิเมอร์ที่มีประจุบวก (cationic deposition polymer) และซิลิโคน (silicone) ในรูปของของผสมที่มีขนาดอนุภาคระหว่าง 0.15 ถึง 30 ไมโครเมตร ซึ่งกระจายตัวในอิมัลชัน กับขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.10 ไมโครเมตร ซึ่งกระจายตัวในไมโครอิมัลชัน มีประสิทธิภาพดีในการทำให้เส้นผมนุ่มลื่นและจัดทรงง่ายหลังสระ ข้อดีประการหนึ่งของการค้นพบนี้ คือ ซิลิโคนที่ผ่านการควบคุมขนาดอนุภาคแล้วช่วยให้การผสมซิลิโคนกับส่วนประกอบอื่น ๆ ในตำรับทำได้ง่าย โดยไม่ต้องใช้กระบวนการที่ต้องใช้แรงเฉือนสูง (high shear processing) ตัวอย่างสูตรตำรับแสดงในสูตรตำรับที่ 3

สูตรตำรับที่ 1 แชมพูไมโครอิมัลชัน[14]

	% w/w
Sodium laureth sulfate	12.9
Cocamidopropyl betaine	7.5
Dicaprylyl ether (and) coco glucoside (and) glyceryl oleate	0 - 6.0*
Polyquaternium-10	0.2
PEG/PPG-120/10 trimethylpropane trioleate (and) laureth-2	1.44
Sodium chloride	1.0
Fragrance	Qs
Preservative	qs
Citric acid	qs
Water	qs to 100.0

* แปรผันปริมาณ

สูตรตำรับที่ 2 กรีนแชมพูไมโครอิมัลชัน[14]

	% w/w
Decyl glucoside	15.4
Sodium coco-sulfate	5.2
Cocamidopropyl betaine	5.2
Dicaprylyl ether (and) coco glucoside (and) glyceryl oleate	0 - 18.0*
Hydroxypropyl guar hydroxypropytrimonium chloride	0.2
Xanthan gum	1.0
Fragrance	qs
Preservative	qs
Citric acid	qs
Water	qs to 100.0

* แปรผันปริมาณ

สูตรตำรับที่ 3 ตัวอย่างสูตรตำรับแชมพูที่ประกอบด้วยซิลิโคนในรูปอิมัลชันและไมโครอิมัลชัน[15]

	% w/w
Sodium lauryl ether sulfate 2EO	12.0
Cocamidopropyl betaine	1.0
Guar hydroxypropyltrimonium chloride	0.1
Cross-linked polyacrylate	0.5
Silicone emulsion	0.83
Silicone microemulsion	1.6
Zinc pyrithione	0.625
Sodium chloride	2.0
DL-panthenol	0.1
Vitamin E acetate	0.05
Preservative, pH adjuster, color, fragrance	qs
Water	to 100.0

การประยุกต์ใช้ไมโครอิมัลชันในผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผม

Ostergaard และคณะ[16] ได้รายงานเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้พอลิเมอร์ซิลิโคนในรูปแบบใหม่ คือ silicone quaternary microemulsion ซึ่งเป็นไมโครอิมัลชันที่มี silicone quaternium-16 เป็นส่วนประกอบ ในผลิตภัณฑ์สำหรับบำรุงเส้นผม โดยปกติสาร silicone quaternium-16 เป็นพอลิเมอร์ที่มีความหนืดสูง ทำให้ผสมเข้ากับตำรับต่าง ๆ ได้ยาก ซึ่งแก้ไขได้โดยละลายพอลิเมอร์นี้ในตัวทำละลายที่ได้รับการยอมรับทางเครื่องสำอาง เช่น 2-butyloctanol เพื่อลดความหนืดลง จากนั้นนำไปผสมกับตำรับที่มีน้ำเป็นพื้น (water-based formulation) จะได้ไมโครอิมัลชันใสที่มีพอลิเมอร์นี้อยู่ 23% นำไมโครอิมัลชันที่ได้ไปผสมในผลิตภัณฑ์สำหรับบำรุงเส้นผมในสูตรตำรับที่ 4 ซึ่งเป็นตำรับครีมนวดผมที่ยืดระยะเวลาติดสีย้อมผม (color retention conditioner) จากนั้นนำไปทดสอบประสิทธิภาพในการยืดระยะเวลาติดสีย้อมผมเปรียบเทียบกับตำรับควบคุมที่ไม่มีซิลิโคนและตำรับที่ใช้ซิลิโคนในรูปแบบอื่น นั่นคือ silicone elastomer และ amino silicone วิธีการเตรียมผลิตภัณฑ์สำหรับบำรุงเส้นผมในสูตรตำรับที่ 4 ทำโดยผสมสารในกลุ่ม ก. เข้าด้วยกัน ให้ความร้อนจนถึง 75 °ซ จากนั้นผสมสารในกลุ่ม ข. ลงในสารในกลุ่ม ก. คนจนหลอมเข้าด้วยกันและคนต่อเนื่องจนอุณหภูมิลดลงเหลือ 40 °ซ เติมสารในกลุ่ม ค. ลงไป เมื่อผสมให้เข้ากันดีแล้วเติมสารในกลุ่ม ง. ลงไปผสมให้เข้ากัน แล้วปรับ pH ด้วยสารในกลุ่ม จ. การทดสอบประสิทธิภาพในการยืดระยะเวลาติดสีย้อมผมทำโดยการนำปอยผมที่ผ่านการย้อมด้วยสีย้อมผมถาวร (permanent hair colorant) มาสระด้วยแชมพูที่ไม่มีซิลิโคนเป็นส่วนประกอบ แล้วนวดปอยผมที่ผ่านการสระแล้วด้วยผลิตภัณฑ์สำหรับบำรุงเส้นผม 4 ชนิด คือ ผลิตภัณฑ์สำหรับบำรุงเส้นผมที่มี silicone quaternary microemulsion ผลิตภัณฑ์สำหรับบำรุงเส้นผมที่มี silicone elastomer ผลิตภัณฑ์สำหรับบำรุงเส้นผมที่มี amino silicone และผลิตภัณฑ์สำหรับบำรุงเส้นผมที่ไม่มีซิลิโคน (ตำรับควบคุม) แล้วล้างออกแล้วปล่อยให้ปอยผมแห้ง จากนั้นนำไปสัมผัสกับแสงอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 7 ชั่วโมง แล้วนำปอยผมไปวัดค่า △E หรือ ปริมาณของสีที่เปลี่ยนไป ด้วยเครื่อง spectrophotometer-colorimeter ผลการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์สำหรับบำรุงเส้นผมที่มี silicone quaternary microemulsion เป็นส่วนประกอบ ให้ค่า △E ต่ำกว่า หรือสามารถยืดระยะเวลาติดสีย้อมปอยผมได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์สำหรับบำรุงเส้นผมที่มี silicone elastomer ผลิตภัณฑ์สำหรับบำรุงเส้นผมที่มี amino silicone และผลิตภัณฑ์สำหรับบำรุงเส้นผมที่ไม่มีซิลิโคน (กลุ่มควบคุม) ตามลำดับ โดยผลการยืดระยะเวลาติดสีย้อมปอยผมของผลิตภัณฑ์สำหรับบำรุงเส้นผมที่มี silicone quaternary microemulsion เห็นได้เด่นชัดมากขึ้นหลังจากที่ปอยผมได้รับการสระและนวดซ้ำมากครั้งขึ้น

สูตรตำรับที่ 4 ผลิตภัณฑ์สำหรับบำรุงเส้นผม ซึ่งใช้ในการศึกษาของ Ostergaard และคณะ[16]

		% w/w
ก.	Hydroxyethyl cellulose	1.5
	Water, deionized	50.0
	Cetrimonium chloride	0.3
ข.	Cetyl alcohol	1.0
	Benzophenone-3	1.0
ค.	Silicone actives	2.0
ง.	Water, deionized	up to 100.0
	Phenoxyethanol (and) paraben	0.1
	Tocopherol acetate	0.1
	Glycerin	1.0
จ.	Citric acid	qs to pH 3.5

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยกลุ่มนี้[16] ยังได้ค้นพบว่า silicone quaternary microemulsion สามารถทำให้เส้นผมแลดูมีน้ำหนักและลดแรงเสียดทานระหว่างหวีและเส้นผม เมื่อผสมในตำรับผลิตภัณฑ์สำหรับบำรุงเส้นผมที่เหมาะสม

Bergmann และคณะ[17] ได้จดสิทธิบัตรไมโครอิมัลชันสำหรับบำรุงเส้นผมที่ประกอบด้วยสารประกอบที่มีหมู่อะมิโนและไม่ละลายน้ำ (water-insoluble amino-containing compound) เช่น เอมีน (amine) หรือซิลิโคนที่มีหมู่อะมิโน (amino functionalized silicone) เกลือโลหะที่แตกตัวได้ (ionizable metal salt) โดยมีวาเลนซีอย่างน้อย 2 เช่น magnesium chloride หรือ zinc chloride และสารประกอบเอสเทอร์ (ester compound) พบว่าไมโครอิมัลชันที่ได้มี pH ต่ำกว่า 7 มีขนาดอนุภาคในช่วงประมาณ 0.1 ถึง 250 นาโนเมตร สามารถเกาะติดผมได้ดีขึ้นและนานขึ้น ช่วยให้หวีผมทั้งขณะเปียกและแห้งง่ายขึ้น ทำให้จัดทรงผมได้ง่าย เข้ารูปทรงและเป็นเงางาม โดยสามารถนำไปใช้ในตำรับผลิตภัณฑ์ดูแลเส้นผมได้หลากหลาย เช่น แชมพูบำรุงผม (conditioning shampoos) ครีมนวดผม (conditioners) มูส (mousses) โลชัน (lotions) สเปรย์ (sprays) และเจล (gels) เป็นต้น

ไมโครอิมัลชันของซิลิโคนที่มีหมู่อะมิโน (aminofunctional silicone microemulsions) สามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในตำรับผลิตภัณฑ์สำหรับบำรุงเส้นผมที่มีลักษณะใส (optically clear hair conditioning compositions) โดยผสมไมโครอิมัลชันกับเกลือ long-chain quaternary amine salt อย่างน้อยหนึ่งชนิดและน้ำ[18]

การประยุกต์ใช้ไมโครอิมัลชันในผลิตภัณฑ์จัดแต่งทรงผม

ผลิตภัณฑ์จัดแต่งทรงผมมักทำให้เส้นผมแลดูแข็งตึง (stiff) และเหนียว (sticky) Peffly และ Merritt[19] ค้นพบว่าผลิตภัณฑ์จัดแต่งทรงผมที่ประกอบด้วย polyorganosiloxane microemulsion สามารถลดปัญหานี้ได้ โดย polyorganosiloxane microemulsion

ประกอบด้วยอนุภาค polyorganosiloxane ที่มีขนาดเล็กกว่า 150 นาโนเมตร ระบบสารลดแรงตึงผิว และระบบตัวทำละลายกระจายตัวในไมโครอิมัลชัน

นอกจากนี้ยังพบการนำเทคโนโลยีไมโครอิมัลชันมาใช้ในผลิตภัณฑ์จัดแต่งทรงผมรูปแบบต่าง ๆ เช่น ในรูปสเปรย์[20,21] Berthiaume และ Merrifield[22] ได้จดสิทธิบัตรตำรับไมโครอิมัลชันที่ประกอบด้วยอะมิโนซิลิโคนที่มีความหนืดสูง (high viscosity amino silicone fluids) สารลดแรงตึงผิวที่มีอุณหภูมิในการกลับวัฏภาคสูง (high phase inversion temperature) และน้ำ ซึ่งไมโครอิมัลชันนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ใช้ในผลิตภัณฑ์จัดแต่งทรงผมในรูปแบบมูสหรือเจลแต่งผม ใช้ในผลิตภัณฑ์ดูแลผิวพรรณ รวมถึงใช้ในเครื่องสำอางแต่งแต้มสีสัน (color cosmetics)

การประยุกต์ใช้ไมโครอิมัลชันในผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีผม

น้ำยาย้อมสีผมชนิดถาวรโดยทั่วไปมักมีสาร 2 ขวดรวมกันอยู่ในกล่องเดียว ขวดหนึ่งเป็นน้ำยาสีย้อม อีกขวดเป็น oxidizing agent ซึ่งสารที่นิยมใช้ คือ ไฮโดรเจนเปอออกไซด์ (hydrogen peroxide) เวลาใช้ผลิตภัณฑ์จะต้องผสมน้ำยาทั้ง 2 ขวดเข้าด้วยกันก่อนแล้วจึงนำมาทาที่เส้นผม ทิ้งไว้ประมาณ 20 ถึง 60 นาที ล้างออกด้วยน้ำ ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวต้องใช้เวลานาน Narasimhan และคณะ[23] ได้คิดค้นตำรับไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันของสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (w/o microemulsion peroxide composition) ซึ่งประกอบด้วยวัฏภาคน้ำ 1 - 99% โดยกระจายตัวอยู่เป็นหยดเล็ก ๆ ขนาดอนุภาค 100 ถึง 1,500 อังสตรอม วัฏภาคน้ำมัน 0.1 - 75% และสารลดแรงตึงผิวอินทรีย์ (organic surfactant) 1 - 65% ผลิตภัณฑ์นี้ช่วยให้ผู้ใช้สามารถทำการย้อมสีหรือฟอกสีผมได้ภายใน 5 ถึง 10 นาที ซึ่งทำให้ผู้บริโภคมีความพึงพอใจเพราะง่ายต่อการใช้ เช่น เมื่อผสมไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันของสารไฮโดรเจนเปอออกไซด์ดังตัวอย่างในสูตรตำรับที่ 5 ในปริมาณ 1.5 ส่วน กับน้ำยาสีย้อมผมดังตัวอย่างในสูตรตำรับที่ 6 ในปริมาณ 1 ส่วน ทาบนเส้นผมสีน้ำตาลอ่อนธรรมชาติ (natural light brown hair) แล้วทิ้งไว้ 5 นาที ล้างออก

สูตรตำรับที่ 5 ไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันของสารไฮโดรเจนเปอออกไซด์[23]

	% w/w
Water	12.0
Hydrogen peroxide (35% aqueous solution)	18.0
Tween 80	30.0
Isopropyl myristate	20.0
Benzyl alcohol	15.0
Ethoxy diglycol	5.0

สูตรตำรับที่ 6 น้ำยาสีย้อมผม[23]

	% w/w
Ammonium lauryl sulfate	2.00
Propylene glycol	4.00
Ethoxydiglycol	2.00
Monoethanolamine	5.00
Seaweed extract	0.80
EDTA	0.80
Isoascorbic acid	0.20
Sodium sulfite	0.50
Primary intermediates and couplers	5.00
Oleic acid	12.50
Cetearyl alcohol	4.00
Emulsifying wax	2.00
Oleth-20	1.00
Steareth-21	0.70
Meadowfoam seed oil	0.75
Oleyl alcohol	0.40
Polyquaternium-10	0.20
Polyquaternium-28	0.50
Mica/titanium dioxide	0.30
Hydrolyzed wheat protein	1.00
Sodium isobutyl benzotriazole sulfonate	1.00
Fragrance	0.75
Ammonium hydroxide	5.00
Wheat amino acids	1.00
Water	qs

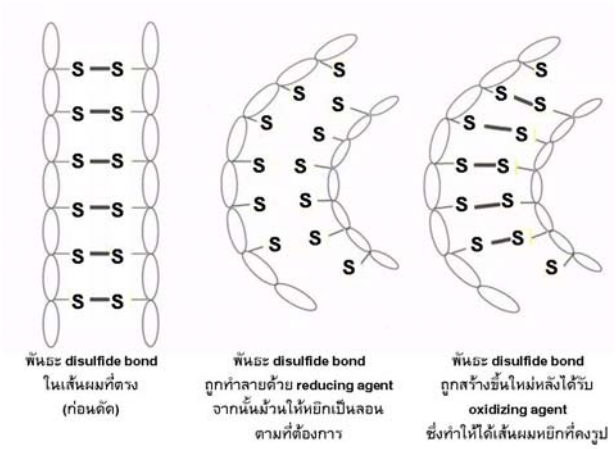
สูตรตำรับที่ 7 สารละลายด่างที่ใช้ในการฟอกสีผม[23]

	% w/w
Erythrobic acid	0.20
Sodium sulfite	0.50
Propylene glycol	4.00
Ethoxydiglycol	2.00
Tetrasodium EDTA (38% aqueous solution)	0.80
Ethanolamine	5.00
Hypnea musciformis extract / gellidiela acerosa extract / sargassum filipendula extract / sorbitol	0.80
Sodium benzotriazole sulfonate/ buteth-3/ propane tricarboxylic acid	1.00
Ammonium lauryl sulfate (28% aqueous solution)	2.00
Oleic acid	12.50
Cetearyl alcohol	4.00
Emulsifying wax	2.00
Oleth-20	1.00
Stearath-21	0.70
Meadowfoam seed oil	0.75
Oleyl alcohol	0.40
Polyquaternium-10	0.20
Polyquaternium-28	0.50
Mica/titanium dioxide (67:33)	0.30
Hydrolyzed wheat protein	1.00
Wheat amino acids	1.00
Fragrance	0.75
Ammonium hydroxide (27.5% aqueous solution)	5.00
Water	qs

ด้วยน้ำ จะทำให้ได้สีผมที่แลดูสว่างขึ้นและมีหลายเฉด (lightened several shades) นอกจากนี้ในกรณีที่ต้องการฟอกสีผม สามารถทำได้โดยผสมไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันของสารไฮโดรเจนเปอออกไซด์ดังตัวอย่างในสูตรตำรับที่ 5 ในปริมาณ 1.5 ส่วน กับสารละลายด่างดังตัวอย่างในสูตรตำรับที่ 7 ในปริมาณ 1 ส่วน ทาบนเส้นผมสีน้ำตาล (brown hair) แล้วทิ้งไว้ 5 ถึง 10 นาที ล้างออกด้วยน้ำ จะทำให้ได้สีผมที่แลดูสว่างขึ้นเทียบเท่ากับการฟอกสีด้วยตำรับฟอกสีผมดั้งเดิม 45 นาที

การประยุกต์ใช้ไมโครอิมัลชันในผลิตภัณฑ์ดัดผม

หลักการในการดัดผม คือ การทำให้พันธะ disulfide bond ในเส้นผมแตกออก ด้วยสาร reducing agent เช่น thioglycolic acid, ammonium thioglycolate เป็นต้น จากนั้นม้วนผมให้หยิกเป็นลอนตามต้องการ แล้วทำให้เกิดพันธะ disulfide bond ใหม่ด้วย oxidizing agent เช่น ไฮโดรเจนเปอออกไซด์ เพื่อให้ได้ผมหยิกที่คงรูป[24] ดังแสดงในแบบจำลองรูปที่ 5



รูปที่ 5 แบบจำลองกระบวนการดัดผม

Solans และคณะ[25] ได้สร้างแผนภาพวัฏภาคไตรภาคเทียมของระบบที่ประกอบด้วยน้ำ, sodium dodecylsulfate, n-pentanol, n-dodecane โดยมี thioglycolic acid ความเข้มข้น 3% โดยน้ำหนักเป็นสารสำคัญ พบว่าไมโครอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันจากระบบนี้สามารถนำส่งสาร thioglycolic acid เข้าสู่เส้นผมได้ และได้รายงานว่าสัดส่วนของส่วนประกอบในระบบ เช่น สัดส่วนของวัฏภาคน้ำ วัฏภาคน้ำมัน และสารลดแรงตึงผิว มีผลกระทบต่อความไวปฏิกิริยา (reactivity) ของ cystine ภายในเส้นผม[25,26] ซึ่ง cystine เป็นกรดอะมิโนที่สำคัญต่อลักษณะโครงสร้างของเส้นผม เนื่องจากเป็นสารที่ให้หมู่ซัลเฟอร์ในการเกิดพันธะ disulfide bond ดังนั้นไมโครอิมัลชันจึงอาจเป็นทางเลือกอีกรูปแบบหนึ่งสำหรับประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ดัดผม

สรุป

การนำเทคโนโลยีไมโครอิมัลชันมาใช้ในเครื่องสำอางสำหรับเส้นผมมีแนวโน้มได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากมีประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ เช่น การนำไมโครอิมัลชันมาใช้ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเส้นผม ช่วยลดแรงในการแปรงผมทั้งขณะผมเปียกและผมแห้ง ใช้ในผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผมช่วยเพิ่มความมีน้ำหนัก ช่วยให้สีผมที่ผ่านการทำสีติดทนขึ้น และช่วยให้ผมสวยงามขึ้น บำรุงเส้นผมได้ดี ในผลิตภัณฑ์จัดแต่งทรงผมช่วยให้จัดทรงผมได้ง่าย โดยไม่ทำให้แลดูแข็งตึงหรือเหนียว ในผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีผมช่วยลดระยะเวลาในการย้อมหรือฟอกสีผม และในผลิตภัณฑ์ดัดผมสามารถนำส่งสารสำคัญในการดัดผม คือ thioglycolic acid เข้าสู่เส้นผมได้ ดังนั้นไมโครอิมัลชันทางเครื่องสำอางสำหรับเส้นผมจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ผลิตในการตั้งสูตรตำรับรูปแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ และสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ปัจจุบันพบว่ามีรายการสิทธิบัตรที่เกี่ยวกับไมโครอิมัลชันทางเครื่องสำอางสำหรับเส้นผมจำนวนมากพอสมควร โดยพบสิทธิบัตรเกี่ยวกับไมโครอิมัลชันทางเครื่องสำอางสำหรับเส้นผมมากกว่า 3,200 เรื่อง (สืบค้นที่ www.freepatentsonline.com ณ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553) รวมถึงมีผลิตภัณฑ์ไมโครอิมัลชันทางเครื่องสำอางสำหรับเส้นผมจำหน่ายทางการค้าหลากหลายยี่ห้อ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีไมโครอิมัลชันมาประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอางสำหรับเส้นผมในเชิงพาณิชย์

เอกสารอ้างอิง

1. Junyaprasert VB, Boonme P. Microemulsions for topical drug delivery. *J Ind Pharm* 2002;5:21-29.
2. Boonme P, Songkro S, Junyaprasert VB. Effects of polyhydroxy compounds on the formation of microemulsions of isopropyl myristate, water and Brij®97. *Mahidol Univ J Pharm Sci* 2004;31:8-13.
3. Boonme P, Krauel K, Graf A, Rades T, Junyaprasert VB. Characterization of microemulsion structures in the pseudoternary phase diagram of isopropyl palmitate/water/Brij 97:1-butanol. *AAPS PharmSciTech* 2006;7:Article 45.
4. Boonme P, Krauel K, Graf A, Rades T, Junyaprasert VB. Characterisation of microstructures formed in isopropyl palmitate/water/Aerosol®OT:1-butanol (2:1) system. *Pharmazie* 2006;61:927-932.
5. Junyaprasert VB, Boonme P, Songkro S, Krauel K, Rades T. Transdermal delivery of hydrophobic and hydrophilic local anesthetics from o/w and w/o Brij 97-based microemulsions. *J Pharm Pharmaceut Sci* 2007;10:288-298.

6. Junyaprasert VB, Boonme P, Wurster DE, Rades T. Aerosol OT microemulsions as carriers for transdermal delivery of hydrophobic and hydrophilic local anesthetics. *Drug Deliv* 2008;15:323-330.
7. ประภาพร บุญมี. ไมโครอิมัลชัน. *วารสารสมาคมส่งเสริมการวิจัย* 2553; 1:7-15.
8. Boonme P. Applications of microemulsions in cosmetics. *J Cosmet Dermat* 2007;6:223-228.
9. Junyaprasert VB, Boonsaner P, Leatwimonlak S, Boonme P. Enhancement of the skin permeation of clindamycin phosphate by Aerosol OT/1-butanol microemulsions. *Drug Dev Ind Pharm* 2007;33:874-880.
10. Boonme P. Uses of microemulsions as novel vehicles in skin care products. *HPC Today* 2009;3:18-20.
11. Boonme P, Junyaprasert VB, Suksawad N, Songkro S. Micro-emulsions and nanoemulsions: novel vehicles for whitening cosmeceuticals. *J Biomed Nanotech* 2009;5:373-383.
12. Souto EB, Boonme P. Nanoemulsions and lipid nanoparticles based gels for transdermal active pharmaceutical ingredients delivery. In Bukowskiy LF, (Ed.). Skin Anatomy and Physiology Research Developments. New York. Nova Science Publishers, 2009. pp. 1-24.
13. Rushton H. Hair structure. Luton. Society of Cosmetic Science, 2008.
14. Hloucha M, Hake H, Pellon G. Green microemulsion for improved conditioning performance of shampoos. *Cosmetics & Toiletries* 2009;124:58-69.
15. Gallagher P, Kreu-Nopakun T, Murray AM. Shampoo composition comprising and emulsified silicone an a microemulsified silicone. *US Patent 6706258* 2004.
16. Ostergaard T, Gomes A, Quackenbush K, Johnson B. Silicone quaternary microemulsion: a multifunctional product for hair care. *Cosmetics & Toiletries* 2004;119:45-52.
17. Bergmann W, Bees J. Hair-treating microemulsion composition and method of preparing and using the same. *US Patent 5077040* 1991.
18. Halloran DJ. Optically clear hair conditioning aminofunctional silicone microemulsion. *US Patent 6147038* 2000.
19. Peffly MM, Merritt JR. Personal care compositions. *US Patent 5997886* 1999.
20. Malawer EG, Narayanan KS, Cullen JP, Rocafort CM. 0% VOC, single phase hair spray composition. *US Patent 5458871* 1995.
21. Malawer EG, Narayanan KS, Cullen JP, Rocafort CM. Low VOC hair spray composition. *US Patent 5597551* 1997.
22. Berthiaume MD, Merrifield JH. Microemulsions for high viscosity amino silicone fluids and gums and their preparation. *US Patent 5578298* 1996.
23. Narasimhan S, Chan AC, Duffer DI, Hawkins GR. Water in oil microemulsion peroxide compositions for use in coloring hair and related methods. *US Patent 6315989* 2001.
24. Hefford B. Hair products. Luton. Society of Cosmetic Science, 2008.
25. Solans C, Parra JL, Erra P, Azemar N, Clausse M, Touraud D. Influence of microemulsion structure on cystine reactivity with keratin fibres. *Int J Cosmet Sci* 1987;9215-9222.
26. Erra P, Solans C, Azemar N, Parra JL, Touraud D, Clausse M. Reactivity of hair cystine in microemulsion media. *Int J Cosmet Sci* 1990;12:71-80.

Review Article

Cosmetic Microemulsions for Hair

Prapaporn Boonme[1]*, Kritiya Srisuwanvichien[2] and Natthida Pakpayat[1]

[1] Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Prince of Songkla University

[2] 5th Year Student, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Prince of Songkla University

* Corresponding author: prapaporn@pharmacy.psu.ac.th

ABSTRACT

Microemulsions are one of favorite product forms used in cosmetic and cosmeceutical industries such as skin-care and hair-care products. This is because microemulsions possess aesthetic appearance, ease of preparation, thermodynamic stability and high solubilization power. In this review article, life cycle and structure of scalp hair were briefed. In addition, applications of microemulsions in hair-care products such as hair-cleaning products, hair-treatment products, hair-styling products, hair-colorant products and hair-perm products were focused.

Key words: microemulsions, cosmetic, scalp hair, shampoo, hair color

Thai Pharm Health Sci J 2010;5(2):185-192