

กรีนไมโครอิมัลชันสำหรับเครื่องสำอาง

Green Microemulsions for Cosmetics

นิพนธ์ปริทัศน์

Review Article

ณัฐธิดา ปักพายัด¹, ทรงวุฒิ ยศวิมลวัฒน์² และ ประภาพร บุญมี^{1*}

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
² ภาควิชาวิทยาศาสตร์เภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

* ติดต่อผู้พิมพ์: prapaporn@pharmacy.psu.ac.th

วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ 2554;6(4):290-298

Natthida Pakpayat¹, Songwut Yotsawimonwat² and Prapaporn Boonme^{1*}

¹ Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Prince of Songkla University, Thailand
² Department of Pharmaceutical Sciences, Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, Thailand

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

Thai Pharmaceutical and Health Science Journal 2011;6(4):290-298

บทคัดย่อ

กรีนไมโครอิมัลชันเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทหนึ่งที่น่าสนใจ และมีแนวโน้มการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้เพิ่มขึ้นในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและเวชสำอาง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจุดเด่นด้านการใช้เทคโนโลยีนาโนเทคโนโลยีในการผลิตและใช้สารลดแรงตึงผิวที่สามารถย่อยสลายเองได้เป็นส่วนประกอบ จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นิพนธ์ปริทัศน์นี้กล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับนิยามของไมโครอิมัลชัน บทบาทของสารลดแรงตึงผิวในการเกิดไมโครอิมัลชัน การหาส่วนประกอบที่เหมาะสมในการเกิดไมโครอิมัลชัน สารลดแรงตึงผิวที่สามารถย่อยสลายเองได้ในธรรมชาติ และตัวอย่างสูตรตำรับกรีนไมโครอิมัลชันสำหรับเครื่องสำอางซึ่งใช้กับผิวพรรณและเส้นผม

คำสำคัญ: กรีนไมโครอิมัลชัน, สารลดแรงตึงผิว, เครื่องสำอาง, ผิวหนัง, เส้นผม

Abstract

Green microemulsions are one of interesting product forms and more likely to develop in cosmetics and cosmeceutical industries. The outstanding points of green microemulsions are the use of nanotechnology in manufacturing and the use of biodegradable components, resulting in products with friendly properties to the environment. This review article focuses on definition of microemulsions, the role of surfactants in microemulsions, methods of determining suitable components in microemulsions, biodegradable surfactants and formulations of green microemulsions for cosmetic using with skin and hair.

Keywords: green microemulsions, surfactants, cosmetic, skin, scalp hair

บทนำ

ในปัจจุบันผู้คนเอาใจใส่ต่อความสวยงามมากขึ้น ซึ่งนอกจากจะมีผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของเจ้าตัวและผู้พบเห็นแล้ว ยังส่งผลโดยอ้อมต่อความมั่นใจอีกด้วย ดังนั้นธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับความสวยงามมีการเติบโตอย่างรวดเร็วและมีมูลค่าสูงมาก จากข้อมูลยอดขายเครื่องสำอางสำหรับผิวหน้าในตลาดเอเชียแปซิฟิก ในช่วงปี ค.ศ. 2005 ถึง 2009 ซึ่งสำรวจและรวบรวมข้อมูลโดย Datamonitor Group ซึ่งเป็นบริษัทที่สำรวจ รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านธุรกิจและการตลาด พบว่าตลาดเครื่องสำอางสำหรับผิวหน้ามีการเติบโตในตลาดเอเชียแปซิฟิกโดยเฉลี่ย 5.2% และมีแนวโน้มสร้างมูลค่าเชิงพาณิชย์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยประมาณการยอดขายของเครื่องสำอางสำหรับผิวหน้าในตลาดเอเชียแปซิฟิกมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นจาก 19,608.3 ล้านเหรียญสหรัฐ ในปี ค.ศ. 2009 เป็น 24,522.3 ล้านเหรียญสหรัฐ ในปี ค.ศ. 2014¹

ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสำอางพบว่ามีแนวโน้มในการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น นาโนเทคโนโลยีมาประยุกต์มากขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีคุณภาพดี มีประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ และตอบสนองต่อความคาดหวังต่อผลลัพธ์จากการใช้เครื่องสำอางของผู้บริโภค ไมโครอิมัลชัน

(microemulsions; MEs หรือ μe) เป็นรูปแบบผลิตภัณฑ์จากนาโนเทคโนโลยีรูปแบบหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมในการศึกษาวิจัย เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสำหรับผิวพรรณและเส้นผมอย่างกว้างขวาง²⁻⁹

นอกจากคุณภาพและประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ของเครื่องสำอางแล้ว สิ่งสำคัญที่ผู้ผลิตต้องคำนึงถึง คือความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น สหภาพยุโรปได้ออกระเบียบ Regulation (EC) No 1223/2009 ว่าด้วยสินค้าเครื่องสำอางซึ่งมีข้อกำหนดว่าด้วยเรื่องการห้ามและทยอยเลิกการทดสอบในสัตว์สำหรับสินค้าเครื่องสำอาง¹⁰ นอกเหนือจากข้อกำหนดตามกฎหมายแล้ว การผลิตสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งมักใช้ค่านำหน้าชื่อสินค้านั้นว่า “กรีน (green)” ยังช่วยชะลอการเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมของโลก และเป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในการผลิตเครื่องสำอางนอกจากการนำนาโนเทคโนโลยี เช่น ไมโครอิมัลชันมาใช้แล้ว ยังควรคำนึงถึงสารเคมีที่จะนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของตำรับว่าควรเป็นสารที่ย่อยสลายเองได้ในธรรมชาติ (biodegradable) ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนาโครงสร้างโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิว (surfactants) ให้

สามารถย่อยสลายเองได้ เพื่อนำมาใช้ในการผลิตกรีนไมโครอิมัลชัน (green microemulsions)

ในนิพนธ์ปริทัศน์นี้กล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับนิยามของไมโครอิมัลชัน บทบาทของสารลดแรงตึงผิวในการเกิดไมโครอิมัลชัน สารลดแรงตึงผิวที่สามารถย่อยสลายเองได้ในธรรมชาติ และตัวอย่างสูตรตำรับกรีนไมโครอิมัลชันสำหรับเครื่องสำอางซึ่งใช้กับผิวพรรณและเส้นผม

นิยามของไมโครอิมัลชัน

ไมโครอิมัลชันเป็นผลิตภัณฑ์ของเหลวที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวใส ประกอบด้วยวัฏภาคน้ำ (water phase) และวัฏภาคน้ำมัน (oil phase) ซึ่งทำให้เกิดเสถียรภาพโดยฟิล์มที่ผิวประจันของสารลดแรงตึงผิวหรือของสารผสมระหว่างสารลดแรงตึงผิวกับสารลดแรงตึงผิวร่วม (surfactant/cosurfactant mixture) ไมโครอิมัลชันจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ตามลักษณะการกระจายตัวของวัฏภาคน้ำและวัฏภาคน้ำมันในระบบ คือ ประเภทน้ำมันในน้ำ (oil-in-water, o/w หรือ L₁) ประเภทน้ำในน้ำมัน (water-in-oil, w/o หรือ L₂) และประเภทต่อเนื่องแบบคู่ (bicontinuous) ไมโครอิมัลชันทุกประเภทได้รับความนิยมในการศึกษาวิจัยทั้งในเชิงคุณลักษณะและในเชิงประสิทธิภาพ เพื่อใช้เป็นตัวกลางในการนำส่งยาเข้าสู่ร่างกายด้วยทางให้ยาต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางผิวหนัง¹¹⁻¹⁸

ไมโครอิมัลชันเป็นรูปแบบผลิตภัณฑ์หนึ่งที่มีความนิยมมากในการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง เนื่องจากเหตุผลหลัก 6 ประการดังนี้

1) ไมโครอิมัลชันมีลักษณะที่ใสและนำใช้ โดยอาจนำไปใช้ในรูปแบบของเหลวแบบหยด (drops) หรือสเปรย์ (sprays) หรืออาจเติมสารก่อเจล (gelling agent) เพื่อปรับรูปให้เป็นไมโครอิมัลชันเจล (microemulsion-based gel)¹⁹

2) ไมโครอิมัลชันเป็นระบบที่มีเสถียรภาพทางอุณหพลวัต (thermodynamic stability) จึงมีอายุคุณภาพสินค้า (shelf life) ยาวนาน²⁻⁷

3) ไมโครอิมัลชันสามารถเกิดขึ้นได้เอง (spontaneous formation) เมื่อระบบมีชนิดและความเข้มข้นของวัฏภาคน้ำ วัฏภาคน้ำมัน สารลดแรงตึงผิว และสารลดแรงตึงผิวร่วม ที่เหมาะสม จึงผลิตได้ง่ายโดยการคนผสมธรรมดา ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่ซับซ้อน²⁻⁷ ซึ่งเป็นข้อเด่นของไมโครอิมัลชันที่เหนือกว่าอิมัลชัน (emulsions) และนาโนอิมัลชัน (nanoemulsions) โดยสองรูปแบบหลังจำเป็นต้องใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสูง²⁰

4) ไมโครอิมัลชันมีกำลังในการละลายสูง จึงสามารถผสมเข้ากับสารได้หลากหลายทั้งสารที่ขบข้นและสารที่ขบข้น²⁻⁷

5) โครงสร้างระดับไมโคร (micro-structure) ทำให้ไมโครอิมัลชันสามารถนำส่งสารสำคัญทางเครื่องสำอางเข้าสู่ผิวหนังได้ดีกว่าตำรับในรูปแบบดั้งเดิม ซึ่งการนำส่งสารสำคัญทางเครื่องสำอางเข้าสู่ผิวหนังในชั้นล่างๆ ของหนังกำพร้า (epidermis)

มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของสารสำคัญทางเครื่องสำอางบางชนิด ได้แก่ สารปรับสีผิวขาว (whitening agents) สารต้านออกซิเดชัน (antioxidants) เป็นต้น²⁻⁷

6) การนำเทคโนโลยีไมโครอิมัลชันมาใช้ในเครื่องสำอางสำหรับเส้นผมสามารถทำให้เกิดประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ เช่น การนำเทคโนโลยีไมโครอิมัลชันมาใช้ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเส้นผม ทำให้ชั้นเกล็ดผม (cuticle) เรียงตัวเป็นระเบียบและแนบสนิทขึ้น ช่วยลดแรงในการแปรงผมทั้งในขณะผมเปียกและผมแห้ง ในผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผม ช่วยเพิ่มความมีน้ำหนัก ช่วยให้สีผมที่ผ่านการทำสีมีสีที่ติดทนมากขึ้น และช่วยให้ผมมีความสวยงามมากขึ้น ช่วยบำรุงเส้นผมได้ดี ในผลิตภัณฑ์จัดแต่งทรงผม ช่วยให้จัดทรงผมได้ง่าย โดยไม่ทำให้ผมแลดูแข็งตึงหรือเหนียว ในผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีผม ช่วยลดระยะเวลาในการย้อมหรือฟอกสีผม และในผลิตภัณฑ์ตัดผม สามารถนำส่งสารสำคัญในการตัดผม คือ thioglycolic acid เข้าสู่เส้นผมได้ดีขึ้น เป็นต้น^{8,9}

บทบาทของสารลดแรงตึงผิวในการเกิดไมโครอิมัลชัน

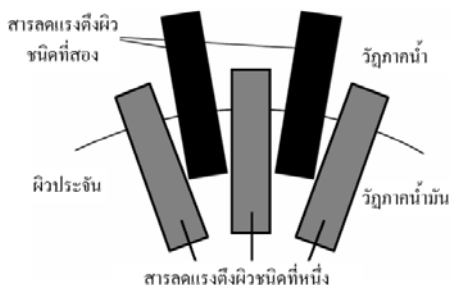
สารลดแรงตึงผิวเป็นสารที่มีส่วนหัวที่ชอบน้ำ (hydrophilic head) และส่วนหางที่ไม่ชอบน้ำหรือชอบน้ำมัน (lipophilic tail) เมื่ออยู่ในระบบที่มีน้ำและน้ำมัน สารลดแรงตึงผิวจะจัดเรียงตัวเป็นฟิล์มที่แข็งแรงอยู่ที่บริเวณผิวประจันระหว่างวัฏภาคน้ำกับวัฏภาคน้ำมัน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะจำลองของฟิล์มที่ผิวประจันระหว่างวัฏภาคน้ำและวัฏภาคน้ำมัน เมื่อในระบบมีสารลดแรงตึงผิวหนึ่งชนิด [ดัดแปลงจาก Boothroyd (2008)²²]

การใช้สารลดแรงตึงผิวสองชนิดร่วมกัน เช่น ของผสมระหว่าง decyl glucoside กับ sorbitan monolaurate, ของผสมระหว่าง polyoxyethylene 20 sorbitan monooleate กับ sorbitan monooleate, ของผสมระหว่าง polyoxyethylene 20 sorbitan monooleate กับ sorbitan monolaurate เป็นต้น สามารถทำให้ได้ฟิล์มที่แข็งแรงยิ่งขึ้น รวมถึงทำให้ฟิล์มมีความโค้ง (curvature) เพิ่มขึ้นดังรูปที่ 2 ฟิล์มที่ผิวประจันระหว่างวัฏภาคน้ำมันกับวัฏภาคน้ำนี้ทำให้ระบบมีเสถียรภาพ โดยทำให้วัฏภาคน้ำมันกับวัฏภาคน้ำซึ่งเป็นของเหลวที่ไม่สามารถผสมเข้าด้วยกันได้ (immiscible liquids) สามารถกระจายตัวเข้ากันได้^{21,22}

นอกจากการใช้สารลดแรงตึงผิวสองชนิดร่วมกันแล้ว อาจใช้สารในกลุ่มแอลกอฮอล์สายโมเลกุลขนาดสั้นถึงปานกลาง เช่น ethanol, isopropanol และ butanol เป็นต้น และสารในกลุ่ม polyhydroxy compounds เช่น glycerin, propylene glycol และ 1,3-butylene glycol เป็นต้น เพื่อทำหน้าที่เป็นสารลดแรงตึงผิวร่วมในระบบไมโครอิมัลชันได้ด้วย¹²⁻¹⁷



รูปที่ 2 ลักษณะจำลองของฟิล์มที่ฝั้วประจันระหว่างวัฏภาคน้ำและวัฏภาคน้ำมัน เมื่อในระบบมีสารลดแรงตึงผิวสองชนิดร่วมกัน [ดัดแปลงจาก Boothroyd (2008)²²]

การหาส่วนประกอบที่เหมาะสมในการเกิดไมโครอิมัลชัน

ไมโครอิมัลชันสามารถเกิดขึ้นได้เอง (spontaneous formation) เมื่อระบบมีชนิดและความเข้มข้นของวัฏภาคน้ำ วัฏภาคน้ำมัน สารลดแรงตึงผิว และสารลดแรงตึงผิวร่วมที่เหมาะสม จึงผลิตได้ง่ายโดยการผสมธรรมดา ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่ซับซ้อน โดยสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวร่วมทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดแรงตึงระหว่างผิวของวัฏภาคน้ำและน้ำมัน ส่งผลให้พลังงานอิสระของระบบมีค่าลดลง ทำให้เกิดไมโครอิมัลชันขึ้น⁷

การหาส่วนประกอบที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดไมโครอิมัลชันมีหลายวิธี ได้แก่ วิธีเปลี่ยนอุณหภูมิเพื่อให้เกิดการกลับวัฏภาค (phase inversion temperature method)²³⁻²⁴, วิธีไตเตรท (titration)²⁵⁻²⁶ วิธีหาความเบี่ยงเบนในการชอบน้ำและชอบน้ำมัน (hydrophilic-lipophilic deviation method)²⁷⁻²⁸ และวิธีผสมตัวอย่างทีละหลอด (preparing samples of different ratios of components in individual tubes)²⁹⁻³¹

วิธีเปลี่ยนอุณหภูมิเพื่อให้เกิดการกลับวัฏภาค

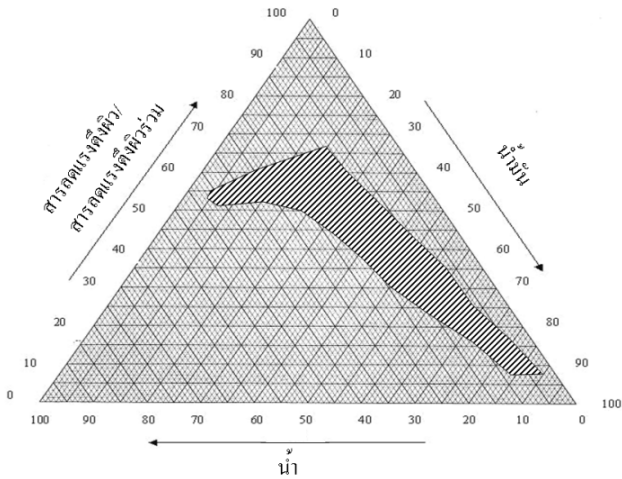
วิธีนี้มีหลักการคือการเพิ่มอุณหภูมิของอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำ (o/w emulsion) จนผ่านช่วงอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการกลับวัฏภาค (phase inversion temperature, PIT) ซึ่งในช่วงอุณหภูมินี้ระบบมีแรงตึงระหว่างผิวต่ำสุด ระบบจะเกิดการกลับวัฏภาคเป็นอิมัลชันประเภทน้ำในน้ำมัน (w/o emulsion) จากนั้นลดอุณหภูมิของระบบลงผ่านช่วงอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการกลับวัฏภาคอีกครั้ง

จะทำให้เกิดอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำที่มีขนาดอนุภาคที่เล็กมีสีขาวอมฟ้า (bluish-white) หรืออาจเกิดเป็นไมโครอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำที่มีลักษณะเป็นของเหลวใสก็ได้ ขึ้นกับชนิดของสารลดแรงตึงผิว สารลดแรงตึงผิวร่วม และวัฏภาคน้ำมัน รวมถึงสัดส่วนของสารเหล่านี้ การกลับวัฏภาคเป็นอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำเกิดได้ในระหว่างลดอุณหภูมิของอิมัลชันประเภทน้ำในน้ำมันลง ส่วนหัวของสารลดแรงตึงผิวที่ประกอบด้วย ethylene oxide จะมีขนาดใหญ่ขึ้นเนื่องจากเกิดการจับกันของสารลดแรงตึงผิวและโมเลกุลของน้ำทำให้เกิดการกลับวัฏภาค และเมื่อลดอุณหภูมิลงอีกจนถึงอุณหภูมิห้องจะเกิดการปรับการเรียงตัวของสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวร่วม ในกรณีที่ระบบมีชนิดและสัดส่วนของสารลดแรงตึงผิว สารลดแรงตึงผิวร่วม และวัฏภาคน้ำมันที่เหมาะสม จะส่งผลให้เกิดเป็นไมโครอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำได้²³⁻²⁴

น้ำมันที่สามารถทำให้เกิดไมโครอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำโดยใช้วิธีการนี้ได้แก่ coco-caprylate/caprate, caprylic/capric triglycerides, dicaprylyl ether, diethylhexylcyclohexane, octyldodecanol และ cyclomethicone ส่วนสารลดแรงตึงผิวที่สามารถทำให้เกิดไมโครอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำโดยใช้วิธีการนี้ได้แก่ PEG-25 stearate, PEG-20 sorbitan stearate, glyceryl isostearate และ sorbitan isostearate²⁴

วิธีไตเตรท

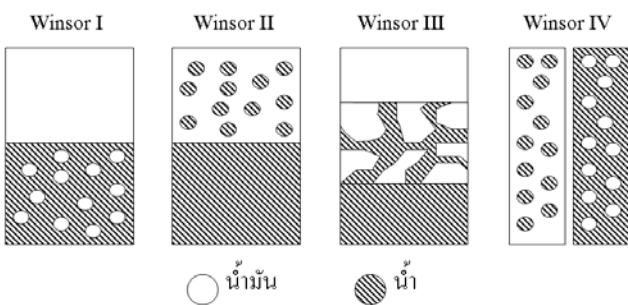
วิธีนี้เป็นวิธีการหาสัดส่วนของส่วนประกอบที่เหมาะสมในการเกิดไมโครอิมัลชัน โดยการผสมวัฏภาคน้ำมันกับของผสมระหว่างสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวร่วมเข้าด้วยกัน แล้วจึงทำการไตเตรทด้วยน้ำพร้อมทั้งคนตลอดเวลา โดยหลังการเติมน้ำลงในระบบทุกครั้ง ต้องคนให้สารเข้ากันดีและคอยจนกระทั่งระบบเข้าสู่สมดุล (equilibrium) จึงทำการไตเตรทต่อ โดยทำการไตเตรทจนกระทั่งถึงจุดที่ระบบมีลักษณะใส จุดนี้คือจุดที่เริ่มต้นเกิดไมโครอิมัลชัน จากนั้นจึงทำการไตเตรทต่อจนถึงจุดที่ระบบมีลักษณะขุ่นหรือเริ่มเกิดการแยกชั้น จุดนี้คือจุดสิ้นสุดการเกิดไมโครอิมัลชัน ให้ทำการทดลองเช่นเดียวกันนี้กับส่วนผสมของวัฏภาคน้ำมันกับสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวร่วมในสัดส่วนอื่นจนครอบคลุมทุกสัดส่วน หลังจากนั้นจึงนำปริมาณของวัฏภาคต่างๆ ที่ทำการทดลองได้ระบบไมโครอิมัลชันไปทำการเขียนกราฟในแผนภาพวัฏภาคไตรภาคเทียม (pseudoternary phase diagrams) ก็จะทำให้ทราบขอบเขตของการเกิดไมโครอิมัลชัน (microemulsion zones)²⁵⁻²⁶ รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างของผลลัพธ์หรือขอบเขตของการเกิดไมโครอิมัลชันที่ได้จากการไตเตรทของผสมระหว่าง dioctylcyclohexane (วัฏภาคน้ำมัน) กับของผสมของ decyl glucoside/sorbitan monolaurate (สารลดแรงตึงผิว/สารลดแรงตึงผิวร่วม) ด้วยน้ำ



รูปที่ 3 แผนภาพวิภูภาคไตรภาคเทียมแสดงขอบเขตของการเกิดไมโครอิมัลชัน (บริเวณที่ระบายด้วยลายเส้นเฉียง) ที่หาได้จากการไตเตรทของผสมระหว่าง dioctylcyclohexane (วิภูภาคน้ำมัน) กับของผสมของ decyl glucoside/sorbitan monolaurate (สารลดแรงตึงผิว/สารลดแรงตึงผิวร่วม) ด้วยน้ำ [ดัดแปลงจาก Pakpayat et al (2009)²⁶]

วิธีหาความเบี่ยงเบนในการชอบน้ำและชอบน้ำมัน

การผสมวิภูภาคน้ำ วิภูภาคน้ำมัน สารลดแรงตึงผิว และสารลดแรงตึงผิวร่วมเข้าด้วยกันสามารถทำให้เกิดรูปแบบของวิภูภาคได้หลายแบบ ซึ่งสามารถจำแนกได้ตามระบบของ Winsor ได้ 4 ประเภท²⁷ คือ Winsor I เป็นระบบที่แยกเป็น 2 วิภูภาค โดยมีการเกิดไมโครอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำ อยู่ที่วิภูภาคด้านล่าง ส่วน Winsor II เป็นระบบที่แยกเป็น 2 วิภูภาค โดยมีการเกิดไมโครอิมัลชันประเภทน้ำในน้ำมัน อยู่ที่วิภูภาคด้านบน สำหรับ Winsor III เป็นระบบที่แยกเป็น 3 วิภูภาค โดยมีการเกิดไมโครอิมัลชันประเภทต่อเนื่องแบบคู่ อยู่ที่วิภูภาคตรงกลาง โดย Winsor III จะเกิดกับระบบที่มีส่วนประกอบของสารลดแรงตึงผิวในปริมาณน้อยทำที่สุด Winsor IV เป็นระบบที่มีวิภูภาคเดียว โดยอาจเป็นไมโครอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำ หรือประเภทน้ำในน้ำมันขึ้นอยู่กับชนิดของสารลดแรงตึงผิว โดย Winsor IV จะเกิดกับระบบที่มีสารลดแรงตึงผิวในปริมาณมาก ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนภาพแสดง Winsor ประเภทต่างๆ [ดัดแปลงจาก Moulik & Paul (1998)²⁷]

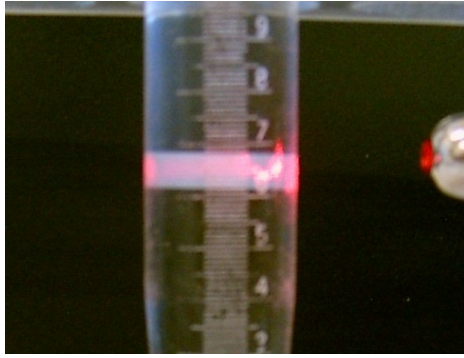
วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้สำหรับหาสัดส่วนของสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวร่วมที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าความเบี่ยงเบนในการชอบน้ำและชอบน้ำมัน (hydrophilic-lipophilic deviation; HLD) ของระบบเท่ากับศูนย์ ซึ่งเป็นระบบที่มีส่วนประกอบที่เหมาะสมต่อการเกิดไมโครอิมัลชัน (optimum formulation) นั่นก็คือระบบ Winsor III ซึ่งเป็นระบบที่มีวิภูภาคตรงกลางเป็นไมโครอิมัลชันประเภทต่อเนื่องแบบคู่ หรือเป็นไมโครอิมัลชันที่วิภูภาคน้ำและน้ำมันมีการกระจายตัวในกันและกันในปริมาตรที่เท่ากัน โดยค่า HLD สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านต่าง ๆ ของส่วนประกอบในตำรับต่างก็มีผลต่อค่า HLD ไม่ว่าจะเป็สมบัติของสารลดแรงตึงผิว ปริมาณของอิเล็กโตรไลต์และแอลกอฮอล์ หรืออุณหภูมิ^{27,28}

$$HLD = \alpha - EON + b \text{ Sel} - k \text{ ACN} + t\Delta T + aA \quad (\text{สมการที่ 1})$$

เมื่อ

- EON คือ จำนวนหมู่ ethylene oxide ของสารลดแรงตึงผิว
- Sel คือ ร้อยละโดยน้ำหนัก (percent by weight) ของเกลือในวิภูภาคน้ำ
- ACN คือ จำนวนคาร์บอนอะตอมในสายอัลเคน (alkane carbon number) ของน้ำมัน
- ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิจากอุณหภูมิอ้างอิง (25°C)
- A คือ ร้อยละโดยน้ำหนัก (percent by weight) ของแอลกอฮอล์ที่เติมลงไป
- α, k, t คือ พารามิเตอร์ที่แสดงคุณลักษณะเฉพาะของสารลดแรงตึงผิว
- a คือ ค่าคงที่ที่แสดงคุณลักษณะเฉพาะของแอลกอฮอล์
- b คือ ค่าคงที่ที่แสดงคุณลักษณะเฉพาะของเกลือที่เติมลงไป

จากสมการที่ 1 จะเห็นว่าการคำนวณหาค่า HLD โดยตรงค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก ดังนั้นวิธีการหาสัดส่วนของสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวร่วมตามหลักการของความเบี่ยงเบนในการชอบน้ำและชอบน้ำมัน จึงนิยมทำโดยการผสมส่วนประกอบต่าง ๆ ในระบบคือ น้ำ น้ำมัน สารลดแรงตึงผิว สารลดแรงตึงผิวร่วม และเกลือในสัดส่วนต่าง ๆ จากนั้นทำการผสมและวางทิ้งไว้ ระบบที่เหมาะสมจะเห็นเป็น 3 ชั้นหรือเป็น Winsor III ซึ่งเมื่อส่องลำแสงเลเซอร์ผ่านชั้นตรงกลาง จะเห็นการกระเจิงแสงแบบ Tyndall ดังรูปที่ 5 จากนั้นสามารถนำสัดส่วนของสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวร่วมที่เหมาะสมซึ่งได้จากวิธีการศึกษาไปใช้ในการตั้งสูตรตำรับไมโครอิมัลชันต่อไป



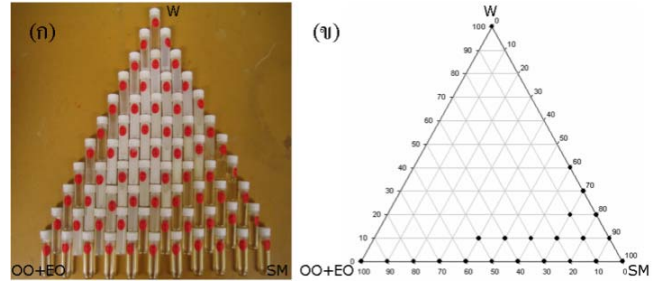
รูปที่ 5 ลักษณะการกระเจิงลำแสงเลเซอร์ที่ส่องผ่านชั้นตรงกลางของระบบ Winsor III (ข้อมูลจากงานวิจัยที่ยังไม่ตีพิมพ์ของผู้พิมพ์)

วิธีผสมตัวอย่างที่ละลาย

วิธีนี้ทำโดยการผสมส่วนประกอบทั้งหมด นั่นคือ ภูมิภาคน้ำ ภูมิภาคน้ำมัน สารลดแรงตึงผิว และสารลดแรงตึงผิวร่วม ในสัดส่วนหรือความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ในหลอดทดลองที่ละลาย จากนั้นวางทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งโดยทั่วไปมักจะทิ้งไว้ข้ามคืนหรือหนึ่งวัน แล้วจึงสังเกตลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอด วิธีนี้มีข้อดี คือ สามารถสังเกตพบโครงสร้างการรวมตัว (association structures) หลายชนิดที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบ เช่น อิมัลชัน เจล ไมโครอิมัลชัน เป็นต้น และเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับระบบที่ถึงสมดุลช้า²⁹⁻³¹ อย่างไรก็ตามวิธีนี้ต้องใช้เวลาและปริมาณสารในการทดลองมากกว่าวิธีอื่น

Yotsawimonwat และคณะ²⁹ ได้ศึกษาระบบที่ประกอบด้วย ภูมิภาคน้ำ (water; W) ภูมิภาคน้ำมันซึ่งเป็นของผสมระหว่าง น้ำมันส้ม (orange oil; OO) กับ ethyloleate (EO) ในอัตราส่วน 1:1 และของผสมของสารลดแรงตึงผิว (surfactant mixture; SM) ระหว่าง polyoxyethylene 20 sorbitan monooleate กับ sorbitan monolaurate ในอัตราส่วน 6:4 โดยผสมตัวอย่างซึ่งประกอบด้วย ส่วนประกอบดังกล่าวในสัดส่วนหรือความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ที่ละลาย แล้ววางทิ้งไว้ข้ามคืน พบว่าได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นโครงสร้างการรวมตัวชนิดต่าง ๆ ดังรูปที่ 6(ก) และเมื่อเลือกเฉพาะจุดที่เกิดไมโครอิมัลชันซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวเนื้อเดียวใส มาพล็อตบนกราฟสามเหลี่ยม จะได้แผนภาพภูมิภาคไตรภาคเทียมแสดงจุดที่สามารถเกิดไมโครอิมัลชันได้ในระบบนี้ดังรูปที่ 6(ข)

Boonme และคณะ³² ได้ศึกษาด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ พบว่าสามารถใช้ข้อมูลสถานะบนผิวเรขาคณิตที่สร้างจากการตัดไขว้ของรูปทรงเรขาคณิตหลายมิติ (algebraic geometry) ในการอธิบายบริเวณที่เกิดไมโครอิมัลชันซึ่งได้จากวิธีผสมตัวอย่างที่ละลายได้



รูปที่ 6 ผลลัพธ์จากการผสมน้ำ (W) ของผสมระหว่างน้ำมันส้มกับ ethyloleate (OO+EO) และของผสมของสารลดแรงตึงผิว (SM) ในสัดส่วนหรือความเข้มข้นต่าง ๆ โดยการผสมตัวอย่างที่ละลาย: (ก) ลักษณะที่มองเห็นของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น และ (ข) แผนภาพภูมิภาคไตรภาคเทียมแสดงจุดที่สามารถเกิดไมโครอิมัลชันได้ในระบบนี้ (ข้อมูลจากงานวิจัยที่ยังไม่ตีพิมพ์ของผู้พิมพ์)

สารลดแรงตึงผิวที่สามารถย่อยสลายเองได้ในธรรมชาติ

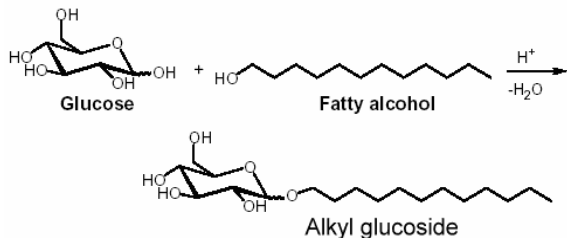
ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่าการผลิตสินค้าต่าง ๆ รวมถึงเครื่องสำอางล้วนต้องคำนึงถึงความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อช่วยชะลอการเสื่อมโทรมของสภาวะแวดล้อมของโลก และเป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในการผลิตเครื่องสำอางในปัจจุบันจึงนิยมเลือกใช้ส่วนผสมประกอบตำรับเป็นสารที่สามารถย่อยสลายเองได้ในธรรมชาติ (biodegradable)

สารลดแรงตึงผิวเป็นส่วนประกอบที่สำคัญสำหรับการเตรียมผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางหลายประเภท ดังนั้นจะเห็นได้ว่ามีงานวิจัยเป็นจำนวนมากที่ศึกษาการพัฒนาโครงสร้างโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวให้สามารถย่อยสลายเองได้ในธรรมชาติ³³⁻³⁵ ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ มีดังต่อไปนี้

- 1) สารลดแรงตึงผิวที่เตรียมได้จากการหมัก (fermentation) เช่น trehalose ester, sophorolipids, rhamnolipid และ surfactin
- 2) สารลดแรงตึงผิวที่มีส่วนหัวที่มีขั้วเป็นสารธรรมชาติ (natural polar headgroup) เช่น Span[®], Tween[®], alkyl glucosides (AGs), alkyl glucamide, sucrose monopalmitate (SMP), sucrose laurate (SL) และ N-dodecanoylarginine
- 3) สารลดแรงตึงผิวที่มีส่วนหางที่ไม่ชอบน้ำเป็นสารธรรมชาติ (natural hydrophobic tail) เช่น fatty amide ethoxylates และ phytosterol ethoxylates

Alkyl glucosides (AGs) เป็นสารลดแรงตึงผิวที่น่าสนใจมากกลุ่มหนึ่ง เนื่องจากนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตผลิตภัณฑ์มากมาย ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดและเครื่องสำอาง ในปัจจุบันนิยมนำมาใช้เตรียมผลิตภัณฑ์ยา รวมถึงผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสำหรับผิวหนังและเส้นผมด้วย^{26,36-38}

AGs เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีประจุ สักเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาระหว่าง glucose กับ fatty alcohol (รูปที่ 7) โดย glucose ได้จากแป้ง เช่น แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวบาร์เลย์ ส่วน fatty alcohol ได้จากน้ำมันพืช เช่น น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าว^{39,40}



รูปที่ 7 แผนภาพแสดงกระบวนการสังเคราะห์ alkyl glucosides (AGs) [ดัดแปลงจาก Balzer (1991)³⁹]

ทั้งนี้ ข้อดีของ AGs ได้แก่ 1) มีการย่อยสลายได้สมบูรณ์ในสิ่งแวดล้อม^{36,37} 2) ไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง^{38,39} 3) มีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดได้ดี^{34,40} และ 4) ไม่มีผลกระทบต่อสมบัตการละลาย^{41,42}

สูตรตำรับกรีนไมโครอิมัลชันทางเครื่องสำอาง

ปัจจุบันมีงานวิจัยที่นำสารลดแรงตึงผิวที่สามารถย่อยสลายเองได้ในธรรมชาติ มาใช้ในการพัฒนาสูตรตำรับไมโครอิมัลชันเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ประเภทกรีนไมโครอิมัลชันออกมาเป็นจำนวนมาก ซึ่งในนิพนธ์ปริทัศน์นี้จะนำเสนอตัวอย่างสูตรตำรับกรีนไมโครอิมัลชันที่มีการนำมาใช้ทางเครื่องสำอางสำหรับผิวพรรณและเส้นผม ดังนี้

สูตรตำรับที่ 1 กรีนไมโครอิมัลชัน Ascorbic acid²⁶

	% w/w
Ascorbic acid	4
Decyl glucoside/sorbitan monolaurate (0.3/0.7)	45
Diethylcyclohexane	20
Water	31

สูตรตำรับที่ 2 กรีนไมโครอิมัลชัน Tea tree oil³⁵

	% w/w
Sucrose laurate/propylene glycol (3:1)	4
Tea tree oil	1
Water	95

สูตรตำรับที่ 3 กรีนแชมพูไมโครอิมัลชัน³⁶

	% 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 (varies)
Hydroxypropyl guar hydroxypropyltrimonium chloride	0.2
Xanthan gum	1.0
Fragrance	qs
Preservative	qs
Citric acid	qs
Water	qs to 100

สูตรตำรับที่ 4 กรีนไมโครอิมัลชัน Curcumin⁴⁸

	% w/w
Curcuminoid	0.5
Lecithin/Tween® 80 (0.3/0.7)	14.1
Ethyl oleate	2.8
Water	82.6

สูตรตำรับที่ 5 กรีนไมโครอิมัลชันแชมพูลดการตกค้าง (anti-residue shampoo)⁴⁹

	% w/w
Plantaren 2000® (Decyl glucoside)	12.00
Lamesoft® PO 65 (Mixture of alkyl glucoside with fatty acid glyceryl ester)	8.00
Isohexadecane	2.00
Triethanolamine	0.50
Propylene glycol	2.00
1,3-Dimethylol-5,5-dimethylhydantoin	0.05
Fragrance Pretty®	0.10
Water	qs to 100

สูตรตำรับที่ 6 กรีนไมโครอิมัลชันเจลระงับกลิ่นกาย (anti-perspirant)⁵⁰

	% w/w
Decyl glucoside	15.00
Glyceryl oleate	8.00
Diethylcyclohexane	11.00
Cyclomethicone	11.00
Aluminium zirconium	20.00
Water	qs to 100

สูตรตำรับที่ 7 กรีนไมโครอิมัลชันสำหรับใช้เป็นกระสายของเครื่องสำอางสำหรับผิวพรรณ⁵¹

	% w/w
Alkyl glucoside (Mydol 10)	3.75
Polyoxyethylene sorbitan monolaurate	2.20
Polypropylene glycol diglycerol ether	10.00
Isostearyl glyceryl ether	1.80
Hydrogenated polyisobutene	10.00
Water	72.25

สูตรตำรับที่ 8 กรีนไมโครอิมัลชันทำความสะอาดผิว⁵²

	% w/w
Sodium dioctyl sulfosuccinate	8.50
Span 80	10.90
Alkyl glucoside	14.50
Sodium chloride	0.50
Squalene	10.50
Water	55.10

สูตรตำรับที่ 9 กรีนไมโครอิมัลชันทำความสะอาดผิว⁵³

	% w/w
Lauryl glucose carboxylate (and) lauryl glucoside	17.08
Cocamidopropyl betaine	10.25
Glyceryl oleate	3.66
Dicaprylyl ether	6.76
Octyldodecanol	2.25
Water	60

สูตรตำรับที่ 10 กรีนแชมพูไมโครอิมัลชัน⁵⁴

	% w/w
Mineral oil	5.00
Oleic pluro/labrasol 1/2	21.50
12.5% Decyl glucoside	25.00
5% Sodium laureth sulfate	16.50
2% Cocamide monoethanolamide	2.00
Sodium chloride	1.00
Water	29.00

บทสรุป

ในปัจจุบันมีความตื่นตัวและมีการรณรงค์เกี่ยวกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมกันอย่างกว้างขวางซึ่งรวมไปถึงในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งผู้ผลิตนิยมผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น เครื่องสำอางจัดเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทหนึ่งที่มีแนวโน้มในการเลือกใช้ส่วนผสมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและตรงกับความนิยมของผู้บริโภค อีกทั้งยังเป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับผู้ผลิตอีกด้วย กรีนไมโครอิมัลชันจัดเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทหนึ่งที่น่าสนใจและมีแนวโน้มที่จะมีการพัฒนา

ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้เพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจุดเด่นด้านการใช้เทคนิคนาโนเทคโนโลยีในการผลิตซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ อีกทั้งยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการเลือกใช้ส่วนผสมคือสารลดแรงตึงผิวที่สามารถย่อยสลายเองได้ในธรรมชาติ ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงมีแนวโน้มที่จะมีการนำกรีนไมโครอิมัลชันมาประยุกต์ในเครื่องสำอางในเชิงพาณิชย์มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Datamonitor Group, Facial skin care in Asia-Pacific, Reference code 0200-0093.
- Boonme P. Applications of microemulsions in cosmetics. *J Cosmet Dermatol* 2007;6:223-228.
- Boonme P. Uses of microemulsions as novel vehicles in skin care products. *HPC Today* 2009;3:18-20.
- Boonme P, Junyaprasert VB, Suksawad N, Songkro S. Microemulsions and nanoemulsions: novel vehicles for whitening cosmeceuticals. *J Biomed Nanotech* 2009;5:373-383.
- Boonme P, Songkro S. Antiperspirants and deodorants: active ingredients and novel formulations. *J Clin Dermatol* 2010;1(2):67-72.
- Boonme P, Yotsawimonwat S. Anti-ageing microemulsions and nanoemulsions. *HPC Today* 2011;5(1):42-46.
- ประภาพร บุญมี. ไมโครอิมัลชัน. *วารสารสมาคมส่งเสริมการวิจัย* 2553; 1:7-15.
- ประภาพร บุญมี, กฤติยา ศรีสุวรรณวีเชียร, ณัฐริดา ภักพยัต. ไมโครอิมัลชันทางเครื่องสำอางสำหรับเส้นผม. *ไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ* 2553;5(2):185-192.
- Boonme P, Pakpayat N, Yotmanee K, Kunlawijitrunsee S, Maneenuan D. Evaluation of shampoos containing silicone quaternary microemulsion. *J App Pharm Sci* 2011;1(1):59-63.
- Regulation (EC) No 1223/2009 on Cosmetic Products. Official Journal of the European Union 2009;L342:59-209.
- Junyaprasert VB, Boonme P. Microemulsions for topical drug delivery. *J Ind Pharm* 2002;5:21-29.
- 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.
- 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 Pharm Sci Tech* 2006;7: Article 45.
- 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.

15. 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.
16. 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.
17. Junyaprasert VB, Boonme P, Wurster DE, Rades T. Aerosol OT microemulsions as carriers for transdermal delivery of hydro-phobic and hydrophilic local anesthetics. *Drug Deliv* 2008;15:323-330.
18. Souto EB, Doktorova S, Boonme P. Lipid-based colloidal systems (nanoparticles, microemulsions) for drug delivery to the skin: materials and end-product formulations. *J Drug Del Sci Technol* 2011;21(1):43-54.
19. Souto EB, Boonme P. Nanoemulsions and lipid nanoparticles based gels for transdermal active pharmaceutical ingredients delivery. In: Bukowsky LF (Ed). *Skin anatomy and physiology research developments*. New York. Nova Science Publishers, 2009: pp.1-24.
20. Souto EB, Teeranachaideekul V, Boonme P, Müller RH, Junyaprasert VB. Lipid-based nanocarriers for cutaneous administration of pharmaceuticals. In: Nalwa HS (Ed). *Encyclopedia of nanoscience and nanotechnology*. Vol. 15. Los Angeles. American Scientific Publishers, 2011: pp.479-491.
21. Eccleston GM. Microemulsions. In Swarbrick J, Boylan JC (Eds). *Encyclopedia of pharmaceutical technology*. Vol. 9. New York. Marcel Dekker, 1988: pp.375-421.
22. Boothroyd S. *Emulsions*. Luton. Society of Cosmetic Science, 2008.
23. Shinoda K, Saito H. The effect of temperature on the phase equilibria and the types of dispersions of the ternary system composed of water, cyclohexane, and nonionic surfactant. *J Colloid Interface Sci* 1968;26(1):70-74.
24. Diec KH, Eitrich A, Schmidt T, Sokolowski T, Schreiber J. PIT microemulsions with low surfactant content. *Cosmetics & Toiletries* 2001;116:61-66.
25. Atwood D. Microemulsions. In: Kreuter J (Ed.). *Colloidal drug delivery system*. New York. Marcel Dekker, 1994: pp.31-71.
26. Pakpayat N, Nielloud F, Fortune R, et al. Formulation of ascorbic acid microemulsions with alkyl polyglycosides. *Eur J Pharm Biopharm* 2009;72:444-452.
27. Moulik SP, Paul BK. Structure, dynamics and transport properties of microemulsions. *Adv Colloid Interface Sci* 1998;78:99-195.
28. Salager JL, Anton R, Anderez JM, Aubry JM. Formulation des microémulsions par la méthode du HLD. *Tech Ing* 2001;2:120-157. (in French)
29. Yotsawimonwat S, Okonoki S, Krauel K, Sirithunyalung J, Sirithunyalung B, Rades T. Characterisation of microstructures containing orange oil with water and propylene glycol. *Pharmazie* 2006;61:920-926.
30. Suksawad N, Songkro S, Boonme P. Phase behavior of systems composed of oleth-10, water, various oils and cosurfactants. CD-ROM Proceedings of the 35th Congress on Science and Technology of Thailand (STT. 35). Chonburi, Thailand. October 15-17, 2009.
31. Lo NL, Maneenuan D, Boonme P, Songkro S. Characterization and formulation studies of benzophenone-3 microemulsion systems containing Eutanol G, various Tweens and water. Proceedings of the 1st Current Drug Development International Conference (CDD2010). Phuket, Thailand. May 6-8, 2010: pp. 206-211.
32. Boonme P, Maneenuan D, Wongpoowarak W. Using algebraic geometry to describe boundaries of microemulsion regions in nonionic systems. *J App Pharm Sci* 2011;1(3):57-61.
33. Holmberg K. Natural surfactants. *Curr Opin Colloid Interface Sci* 2001;6:148-159.
34. Rao J, McClements DJ. Food-grade microemulsions, nanoemulsions and emulsions: fabrication from sucrose mono-palmitate & lemon oil. *Food Hydrocolloids* 2011;25:1413-1423.
35. Kim S, Ng WK, Shen S, Dong Y, Tan RBH. Phase behavior, microstructure transition, and antiradical activity of sucrose laurate/propylene glycol/the essential oil of *Melaleuca alternifolia* water microemulsions. *Colloids Sur A: Physicochem Eng Aspects* 2009;348:289-297.
36. Hloucha M, Hake H, Pellon G. Green microemulsion for improved conditioning performance of shampoos. *Cosmetics & Toiletries* 2009; 124:58-69.
37. Savic SD, Miroslav MM, Savic SA, Vuleta GM, Müller-Goymann CC. Vehicle based on sugar surfactant: colloidal structure and its impact on in vitro hydrocortisone permeation. *Int J Pharm* 2006;320:86-95.
38. Savic SD, Miroslav MM, Tamburic S, Vesic SS, Vuleta GM, Müller-Goymann CC. An alkylpolyglucoside surfactant as a prospective pharmaceutical excipient for topical formulations: the influence of oil polarity on the colloidal structure and hydrocortisone in vitro/in vivo permeation. *Eur J Pharm Sci* 2007;30:441-450.
39. Balzer D. Alkylpolyglucosides, their physico-chemical properties and their uses. *Tenside Surf Det* 1991;28:419-427.
40. Kogan A, Garti N. Microemulsion as transdermal drug delivery vehicles. *Adv Colloid Interface Sci* 2006;123:369-385.
41. Garcia MT, Ribosa L, Campos E, Sanchez LJ. Ecological properties of alkylglucosides. *Chemosphere* 1997;35:545-556.
42. Von Rybinski W, Hill K. Alkyl polyglycosides-properties and applications of a new class of surfactants. *Angew Chem Int Ed* 1998; 37:1328-1345.
43. Mehling A, Kleber M, Henson H. Comparative studies on the ocular and dermal irritation potential of surfactants. *Food Chem Toxicol* 2007;45:747-758.

44. Pezron I, Galet L, Clause D. Surface interaction between a protein monolayer and surfactants and its correlation with skin irritation by surfactants. *J Colloid Interface Sci* 1996;180:285-289.
45. Kahre J, Ferrenbach CLH, Tomine LR, Tesmann H. Les alkyl-polyglucosides, une nouveauté en matière de soin et de tolerance. *Parfums Cosmétiques Actualités* 1996;131:49-61. (in French)
46. Kahlweit M, Busse G, Faulhaber B. Preparing microemulsions with alkyl monoglucosides and the role of *n*-alkanols. *Langmuir* 1995;11: 3382-3387.
47. Kutschmann EM, Findenegg GH, Nickel D, Von Rybinski W. Interfacial tension of alkylglucosides in different APG/oil/water systems. *Colloid Polymer Sci* 1995;273:565-571.
48. Lin CC, Lin HY, Chen HC, Yu MW, Lee MH. Stability and characterisation of phospholipids-based curcumin-encapsulated micro-emulsions. *Food Chem* 2009;116:923-928.
49. Macian A, Paulo S. Cosmetic microemulsion. *EP Patent 1670421 B1* 2006.
50. Brüning S, Ansmann A, Lang S, Guckenbiehl B. Highly viscous microemulsions based on sugar surfactants, oily bodies and aluminium salts and the use thereof in the production of anti-perspirant gel and stick preparations. *US Patent 6942871 B2* 2005.
51. Tomokuni A. Microemulsion. *US Patent 2006/0078525 A1* 2006.
52. Komesvarakul N, Faller J, Jones B, et al. Alcohol-free microemulsion composition. *US Patent 2006/0165739 A1* 2006.
53. Mueller M, Behler A, Seidler S, Goget C, Issberner U. Micro-emulsions. *US Patent 2007/0160652 A1* 2007.
54. Nielloud F. Dermatological emulsion and method for the preparation thereof. *US Patent 2010/0068307 A1* 2010.

Editorial note

*Manuscript received in original form on September 1, 2011;
accepted in final form on November 10, 2011*