

เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์: สถานการณ์ปัจจุบันและระบบนำส่ง

Benzoyl Peroxide: Current Status and Its Delivery System

นิพนธ์ปริทัศน์

Review Article

จงจันท์ มหาเดเล็ก* และ ธวัชชัย แพชมัด

ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม 73000

* ติดต่อผู้นิพนธ์: luelak.l@psu.ac.th

วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ 2554;6(2):153-156

Jongjan Mahadlek* and Thawatchai Phaechamud

Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmacy, Silpakorn University, Nakhonpathom, Thailand 73000

* Corresponding author: luelak.l@psu.ac.th

Thai Pharmaceutical and Health Science Journal 2011;6(2):153-156

บทคัดย่อ

เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีการนำมาใช้ประโยชน์หลายด้าน ได้แก่ ใช้รักษาโรคผิวหนัง กัดเท้าและแผลเรื้อรัง ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการผลิตพอลิเมอร์ เป็นสารฟอกขาวแป้งสำหรับทำขนมปัง ใช้ในการผลิตซีเมนต์เรซินในทางทันตกรรม และถูกนำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชัน อย่างไรก็ตาม เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์สามารถทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังได้ และในปัจจุบันมีการพัฒนาระบบนำส่งยาไมโครสฟองมาใช้สำหรับนำส่งยาเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ ซึ่งระบบไมโครสฟองนี้สามารถควบคุมการปลดปล่อยยาเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ ทำให้ลดอาการข้างเคียงของยาได้

คำสำคัญ: เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์, ระบบนำส่ง, ไมโครสฟอง

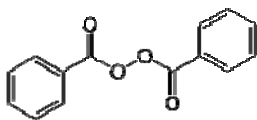
Abstract

Benzoyl peroxide is an organic compound which has been used for various purposes including treatment for acne, Hong Kong foot and chronic ulcers. It has also been used as a catalyst in polymer production, bleaching agent in bread production, dental cement resin, and a catalyst in peroxidation reaction. Benzoyl peroxide however irritates the skin. A microsponge drug delivery system has been developed to effectively deliver benzoyl peroxide to its target. With such system to control the release of benzoyl peroxide, side effects of benzoyl peroxide could be lessened.

Keywords: benzoyl peroxide, drug delivery system, microsponge,

คุณสมบัติทั่วไปของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์

เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์เป็นสารประกอบอินทรีย์ในตระกูลเปอร์ออกไซด์ ลักษณะโครงสร้างประกอบด้วยเบนโซอิก แอซิด (benzoic acid) สองตัวต่อกันด้วยพันธะเปอร์ออกไซด์ หรือพันธะระหว่างออกซิเจน-ออกซิเจน (O-O) ซึ่งเป็นพันธะที่อ่อน (รูปที่ 1) เป็นผลึกสีขาว ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ อะซิโตน คลอโรฟอร์ม และสารละลายอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ คงตัวที่อุณหภูมิห้อง สามารถติดไฟและระเบิดได้ มีการนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้านทั้งทางเภสัชกรรม อุตสาหกรรมพอลิเมอร์ และอุตสาหกรรมอาหาร



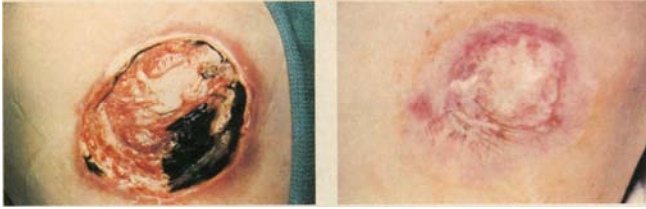
รูปที่ 1 โครงสร้างของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์

เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์เป็นสารออกซิไดซ์ที่มีศักยภาพ ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (free radicals) ซึ่งสามารถออกซิไดส์โปรตีนในผนังเซลล์ของแบคทีเรีย ด้วยการที่เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์เป็นโมเลกุลที่ชอบไขมัน จึงสามารถซึมผ่านผิวหนังชั้น stratum corneum และเข้าสู่ pilosebaceous ได้อย่างรวดเร็ว สามารถลด

จำนวนเชื้อ *Propionibacterium acnes* และยังมีคุณสมบัติเป็น comedolytic อย่างอ่อน ๆ ด้วย¹

โรคผิวหนังเป็นสภาวะที่เกิดในวัยรุ่นเป็นส่วนใหญ่ สิวเกิดจากความผิดปกติของขบวนการผลิตเคราตินที่มากเกินไป และมีการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียมากขึ้น ซึ่งทำให้เกิดการอักเสบและรอยแดง มีการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์สำหรับทำความสะอาดที่มีสารลดแรงตึงผิวสามารถช่วยกำจัด sebum ที่มากเกินไปออกจากผิวหนัง และจัดการกับขบวนการผลิตเคราตินที่ผิดปกติ ยาในกลุ่มที่สลายเคราติน (keratolytic agent) ถูกใช้สำหรับรักษาโรคเรื้อรังของผิวหนัง (psoriasis) ผิวหนังอักเสบ (seborrheic dermatitis) สิว (acne) รังแค (dandruff) และหูด (warts) ซึ่งยานี้ออกฤทธิ์โดยสลายผิวหนังชั้น stratum corneum ซึ่งเป็นชั้นผิวหนังที่ป้องกันการสูญเสียน้ำและการซึมผ่านของสารต่าง ๆ²

เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ มีสมบัติเป็นสารออกซิไดซ์ ถูกนำมาใช้รักษาแผลเรื้อรังของผู้ป่วยหญิงวัย 67 ปี ซึ่งเป็นอัมพาต มีแผลเรื้อรังขนาดใหญ่เกิดการชอมแซมด้วยการผ่าตัด โดยหลังจากรักษาด้วยเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์เป็นระยะเวลา 8 เดือน ทำให้มีการสร้างเนื้อเยื่อขึ้น เนื่องจากเนื้อเยื่อบริเวณนั้นค่อย ๆ ได้รับความเสียหายจากเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ ดังรูปที่ 2³



รูปที่ 2 แผลที่กระดูกต้นขา (ซ้าย) และหลังจากรักษาด้วยเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์เป็นเวลา 8 เดือน (ขวา)³

เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ออกฤทธิ์เป็น bacteriostatic ที่มีศักยภาพโดยเป็นสาร oxidizing agent สารนี้ใช้เป็นทางเลือกในการรักษาสิว ทั้งในตำรับที่เป็นเจล ครีม และโลชั่นโดยใช้สารนี้ในความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้ 2.5% 5% และ 10% เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์สามารถลดจำนวนเชื้อ *P. acnes* และทำให้กรดไขมันอิสระและสารที่เหนียวทำให้เกิดการอักเสบที่ถูกผลิตขึ้นจากเชื้อชนิดนี้ลดลง ผลข้างเคียงของการใช้ยาเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์คือการระคายเคืองผิวหนังและทำให้ผิวหนังอักเสบ⁴

ตำรับไลโปโซมเจลที่เตรียมขึ้นสำหรับยาเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ร่วมกับยาทรีทิโนอิน สามารถลดอาการข้างเคียงต่าง ๆ ได้แก่ อาการแดง คัน ไหม้ ตกสะเก็ด และการระคายเคือง ที่เกิดจากยาทั้งสองชนิดได้ เมื่อเทียบกับตำรับเจลธรรมดา เนื่องจากตัวยาค่อย ๆ ถูกปลดปล่อยออกมาจากไลโปโซม⁵

มีรายงานการใช้ยาเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ร่วมกับยาอิริโทรมัยซินสำหรับรักษาสิว และทำให้ผลข้างเคียง เช่น ผื่นแดง และการระคายเคืองลดลง และมีผลของการเสริมฤทธิ์กันและลดการดื้อยาปฏิชีวนะของเชื้อ *P. acnes* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกซิเจนที่เป็นสาเหตุของโรคสิว^{6,7} มีรายงานการประเมินความเป็นพิษต่อเซลล์ keratinocyte ของคน (RHEK-1) ของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ ด้วยวิธี neutral red cytotoxicity assay พบว่ามีการทำลายความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้มพลาสมา (plasma membrane) โดยพบการปลดปล่อยเอนไซม์ lactic acid dehydrogenase เกิดขึ้นระหว่างให้เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (0.05 mM) เป็นเวลา 4 วัน การเกิด free radicals จากเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ประเมินได้จากปริมาณของ glutathione ในเซลล์ซึ่งลดลงเมื่อเซลล์ได้รับเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ ซึ่งขบวนการ lipid peroxidation ที่เกิดจากเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ถูกเหนี่ยวนำโดยธาตุเหล็ก (Fe^{2+}) และเซลล์ที่ได้รับวิตามินอี ซึ่งเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชัน สามารถลดขบวนการ lipid peroxidation ได้⁸ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์และ protein kinase C ในเซลล์เพาะเลี้ยงของ epidermal keratinocytes ของคนและหนู โดย protein kinase C เป็นโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการส่งสัญญาณภายในเซลล์เยื่อหุ้ม พบว่าเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์สามารถยับยั้ง protein kinase C ในเซลล์เพาะเลี้ยงจากคนและหนู⁹

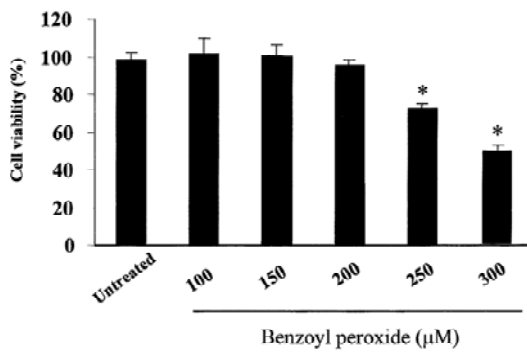
การศึกษาความคงตัวของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ในตัวทำละลายต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 1 เดือน พบว่าเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (10%) ซึ่งมีแอลกอฮอล์ 40% (สูญเสียตัวยา 50%) มีความคงตัวน้อยกว่าตำรับที่มีสารลดแรงตึงผิว leureth 6% (สูญเสียตัวยา 20%) และในตำรับที่มี propylene glycol 5% (สูญเสียตัวยา 10%) อย่างไรก็ตามไม่มีรายงานการสูญเสียยาเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ในตำรับที่มี acetone 10%⁷ ผลิตภัณฑ์โลชั่นที่ประกอบด้วยกรดซาลิซาลิก (2%) และเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (4%) ที่ถูกห่อหุ้ม (encapsulated benzoyl peroxide) เพื่อช่วยควบคุมการสัมผัสยากับผิวหนังโดยตรงนั้น สามารถลดจำนวนของแบคทีเรียและการอักเสบได้¹ การศึกษาผลของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ต่อการสลายตัวของพอลิไวนิลอะซิเตตด้วย ultrasonic พบว่าความเข้มข้นของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นทำให้เพิ่มอัตราการสลายตัวพอลิไวนิลอะซิเตต¹⁰

ความปลอดภัยของการใช้เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์

เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ ถูกนำมาใช้สำหรับรักษาสิว และมีการนำมาใช้ในการรักษาโรคน้ำกัดเท้าด้วย ซึ่งข้อดีของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์เมื่อเปรียบเทียบกับยาในกลุ่มยับยั้งเชื้อจุลชีพ คือสามารถหลีกเลี่ยงปัญหาการดื้อยาของเชื้อแบคทีเรีย และยังเป็นสารในกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับขบวนการที่เคราตินสลายตัว (keratolytic agent) มีการนำเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์มาใช้หลายรูปแบบได้แก่ โลชั่นครีม และเจล แต่ผลิตภัณฑ์รูปแบบเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดการระคายเคืองผิวหนัง

ในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์เจลที่เตรียมขึ้นจากคลินดามัยซิน 1% ร่วมกับเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ 5% เพื่อนำมาใช้ในการรักษาสิวโดยการระคายเคืองที่เกิดขึ้นนั้นขึ้นกับความเข้มข้นของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ เมื่อลดความเข้มข้นของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์จาก 5% เป็น 2.5% มีผลทำให้การระคายเคืองลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และมีประสิทธิภาพในการรักษาใกล้เคียงกัน ($p > 0.05$)¹¹ เมื่อความเข้มข้นของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นทำให้การมีชีวิตรอดของเซลล์ผิวหนังลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 3¹²

การซึมผ่านผิวหนังและการระคายเคืองผิวหนังขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์¹³ Fares และคณะ ได้ทำการศึกษาการซึมผ่านผิวหนังของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ด้วยเมมเบรน 2 ชนิด คือ Silastic[®] membrane และ EpiDerm[™] พบว่าอัตราการซึมผ่านเมมเบรนทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ ขณะที่การศึกษาการระคายเคืองภายนอกร่างกาย พบว่าเมื่อความเข้มข้นของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นทำให้การมีชีวิตรอดของเซลล์ลดลง โดยอาจจะเนื่องจากเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ทำให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อ จึง

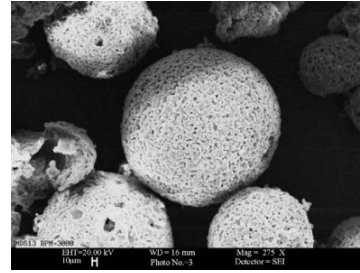


รูปที่ 3 ผลของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ผิวหนังของมนุษย์ชนิด HaCaT ที่ทดสอบด้วยวิธี neutral red assay¹²

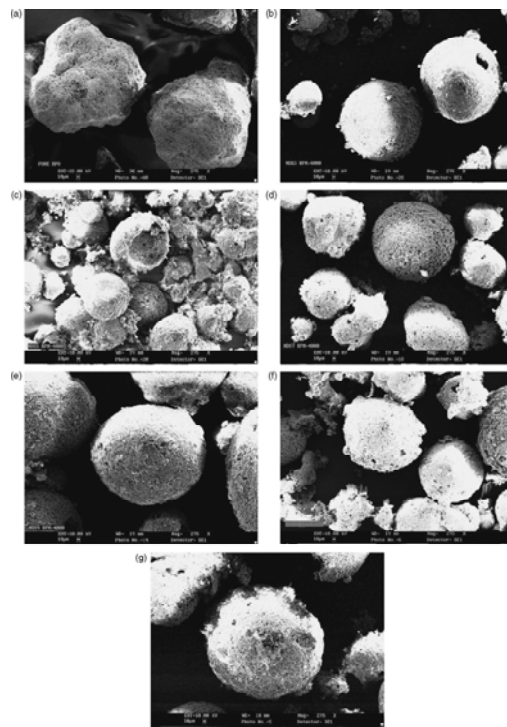
การตรวจวัดปริมาณเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ทำได้หลายวิธี ได้แก่ ยูวี อีเล็กโทรเคมีคอล ฟลูออเรสเซนส์ และเคมีลูมิเนสเซนส์ วิธีตรวจวัดด้วยยูวีเป็นวิธีที่มีความไวมากที่สุด ส่วนวิธีเคมี-ลูมิเนสเซนส์ถูกเสนอว่าเป็นวิธีที่มีความไวมากที่สุด โดยสามารถศึกษาได้ในช่วงความเข้มข้นที่กว้าง และเป็นเครื่องมือที่ใช้งานง่าย

ระบบนำส่งยาไมโครสปองจ์

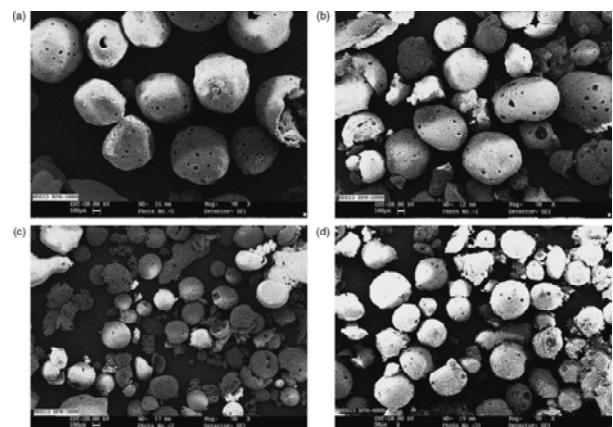
ไมโครสปองจ์ (microsponge) มีลักษณะเป็นโครงสร้างทรงกลมขนาดไมโครเมตรที่มีความพรุน (รูปที่ 4) ขณะที่ไมโครพาร์ทิเคิลเป็นโครงสร้างที่เป็นทรงกลมขนาดไมโครเมตรแต่ไม่มีความพรุน ซึ่งการที่ไมโครสปองจ์มีความพรุนทำให้เป็นลักษณะที่แตกต่างจากไมโครพาร์ทิเคิล มีรายงานวาระบบไมโครสปองจ์สามารถลดผลข้างเคียงของยาเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ได้ เมื่อปริมาณยาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ได้ปริมาณไมโครสปองจ์ และประสิทธิภาพการไหลดยาเพิ่มขึ้น และขนาดอนุภาคที่ได้จะมีขนาดเล็กลง¹⁴ สัดส่วนของปริมาณยาและพอลิเมอร์ (ethyl cellulose) มีผลต่อลักษณะโครงสร้างของไมโครสปองจ์ เมื่อสัดส่วนของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ต่อพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ได้ไมโครสปองจ์ที่มีขนาดเล็กลง ดังรูปที่ 5¹⁵ สัดส่วนของปริมาณยาและพอลิเมอร์สูงขึ้น จะทำให้การกระจายตัวของขนาดอนุภาคไมโครสปองจ์อยู่ในช่วงแคบกว่าสัดส่วนของปริมาณยาและพอลิเมอร์ที่น้อยกว่า¹⁴ การที่อัตราส่วนของยาต่อพอลิเมอร์สูง ๆ นั้น ทำให้ production yield สูงขึ้นอาจจะเนื่องจากอัตราการ diffusion ของตัวทำละลายลดลง และทำให้ประสิทธิภาพการไหลดยาเพิ่มขึ้น และเมื่ออัตราเร็วการปั่นผสมเพิ่มขึ้น ทำให้ลดขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของไมโครสปองจ์ และมีปริมาณยาในไมโครสปองจ์เพิ่มขึ้น เนื่องจากยิ่งอัตราเร็วการปั่นเพิ่มขึ้น ทำให้ลดแนวโน้มการเกาะกลุ่มกันเป็น coalescence และ aggregate^{14,15}



รูปที่ 4 ไมโครสปองจ์ของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์¹⁴



รูปที่ 5 ภาพถ่ายอิเล็กตรอนไมโครสโคปของ (a) ยาเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ และไมโครสปองจ์ที่เตรียมจากสัดส่วนของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์และพอลิเมอร์ต่าง ๆ (b) 3:1, (c) 5:1, (d) 7:1, (e) 9:1, (f) 11:1, และ (g) 13:1¹⁵

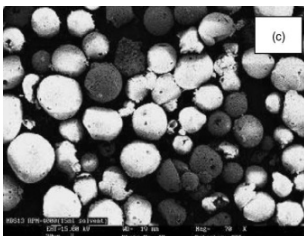
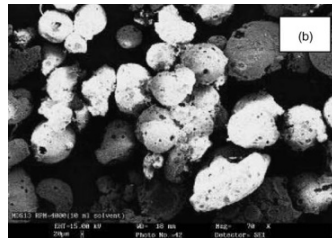
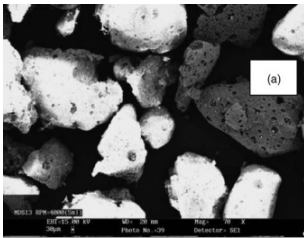


รูปที่ 6 ภาพถ่ายอิเล็กตรอนไมโครสโคปของไมโครสปองจ์ที่ได้จากอัตราเร็วการปั่นผสมต่าง ๆ (a)1000 rpm, (b) 2000 rpm, (3) 3000 rpm และ (4) 4000 rpm

เอกสารอ้างอิง

1. Hines M, Jones B, Pham H, Leyden J. A combination acne regimen using encapsulated benzoyl peroxide, salicylic acid, and a botanical blend for treatment of teenage patients. *J Am Acad Dermatol* 2009; 21:735.
2. Waller J, Dreher F, Weinstein G. Measurement of the relative potencies of several topical keratolytic ingredients. *J Am Acad Dermatol* 2005;52(3):92.
3. Pace WE. Treatment of cutaneous ulcers with benzoyl peroxide. *CMA* 1976;115:1101-1106.
4. Baur DA, Butler RCD. Current concepts in the pathogenesis and treatment of acne. *J Oral Maxillofac Surg* 1998;56:651-655.
5. Patel VB, Misra A, Marfatia YS. Clinical assessment of the combination therapy with liposomal gels of tretinoin and benzoyl peroxide in acne. *AAPS Pharm Sci Tech* 2001;2(3):1-5.
6. Chalker DK, Shalita AR, Smith JG, Swann RW. A double-blind study of the effectiveness of a 3% erythromycin and 5% benzoyl peroxide combination in the treatment of acne vulgaris. *J Am Acad Dermatol* 1983;9:933-936.
7. Bollinger J, Lewis D, Mendez VM. Benzoyl peroxide stability in pharmaceutical gel preparations. *J Pharm Sci* 1977;66:718-722.
8. Kumar R, Holian O. Inhibition of mouse skin protein kinase C by benzoyl peroxide. *J Invest Dermatol* 1991;96(4):490-494.
9. Matsui MS, Mintz E, DeLeo VA. Effect of benzoyl peroxide on protein kinase C in cultured human epidermal keratinocytes. *Skin Pharmacol* 1995;8:130-138.
10. Babich H, Zuckerbraun HL, Wurzbarger BJ, Rubin YL, Borenfreund E, Blau L. Benzoyl peroxide cytotoxicity evaluated in vitro with the human keratinocyte cell line, RHEK-1. *Toxicology* 1996;106(1-3):187-196.
11. Bucks D, Angel A, Rosso JD, Can KY. Delivery be enhanced and skin irritation minimized using a lower concentration of benzoyl peroxide in a fixed combination product. *J American Acad Dermatol* 2009;60(3):AB16.
12. Madras G, Chattopadhyay S. Effect of benzoyl peroxide on the ultrasonic degradation of poly(vinyl acetate). *Polym Degrad Stabil* 2001;73:33-38.
13. Fares HM, Chatterjee S, Hayward M. In vitro permeation and irritation of benzoyl peroxide-containing products. *Int J Pharm* 1996; 133:215-222.
14. Eady EA, Farmery MR, Ross JI, Cove JH, Cunliffe WJ. Effects of benzoyl peroxide and erythromycin alone and in combination against antibiotic sensitive and resistant skin bacteria from acne patients. *Br J Dermatol* 1994;131:331-336.
15. Jelvehgari M, Siahi-Shadbad MR, Azarmi S, Martin GP, Nokhodchi A. The microsp sponge delivery system of benzoyl peroxide: Preparation, characterization and release studies. *Int J Pharm* 2006; 308:124-132.
16. Nokhodchi A, Jelvehgari M, Siahi MR, Mozafari MR. Factors affecting the morphology of benzoyl peroxide microsponges. *Micron* 2007;38:834-840.

การลดปริมาณตัวทำละลาย (dichloromethane) ในวัฏภาคภายใน ทำให้ขนาดอนุภาคไมโครสฟองเพิ่มขึ้น และทำให้ปริมาณไมโครสฟองและปริมาณยาในไมโครสฟองลดลง เนื่องจากเมื่อความหนืดของวัฏภาคภายในสูงขึ้น (ปริมาณตัวทำละลายน้อย) ทำให้ยากที่จะเกิดเป็นอิมัลชันที่มีอนุภาคเล็ก ๆ ขณะที่การเพิ่มปริมาณตัวทำละลายในวัฏภาคภายนอก (น้ำ) มีผลทำให้ปริมาณของไมโครสฟองและปริมาณยาในไมโครสฟองเพิ่มขึ้น รูปแบบและความเข้มข้นของอิมัลซิฟายเออร์มีผลต่อการเกิดไมโครสเฟียร์ ผลของอิมัลซิฟายเออร์ (polyvinyl alcohol) พบว่าไม่สามารถเกิดเป็นไมโครสฟองได้ถ้าปราศจากอิมัลซิฟายเออร์ ส่วนผลของปริมาณของอิมัลซิฟายเออร์พบว่าขนาดไมโครสฟองเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณอิมัลซิฟายเออร์เพิ่มขึ้น เนื่องจากอิมัลซิฟายเออร์ที่ใช้เป็นชนิด non ionic ดังนั้นโมเลกุลของอิมัลซิฟายเออร์สามารถเชื่อมโยงไปจากบริเวณ oil- water interface ที่ความเข้มข้นของอิมัลซิฟายเออร์สูง ๆ และทำให้ความหนืดของระบบเพิ่มขึ้นด้วย¹⁴ (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 ภาพถ่ายอิเล็กตรอน-ไมโครสโคปของไมโครสฟองที่มีปริมาณของตัวทำละลายในวัฏภาคภายในต่าง ๆ (a) 5 มล, (b) 10 มล และ (c) 15 มล

ตัวรับเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ทั่วไปมีการปลดปล่อยยาแบบ non-Fickian diffusion ($n = 0.5 - 1.0$) ขณะที่ระบบที่เป็นไมโครสฟองสามารถควบคุมการปลดปล่อยยาเป็นแบบ Fickian diffusion ($n < 0.5$) และควบคุมโดยความพรุนของไมโครสฟอง¹⁶

บทสรุป

เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ถูกใช้ประโยชน์ทั้งด้านอุตสาหกรรมยาและอาหาร ข้อดีของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์สำหรับการใช้รักษาสิวคือมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียโดยไม่ทำให้เชื้อพัฒนาต่อต่อยาและยังมีฤทธิ์ลอกผิว อย่างไรก็ตาม เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ระคายเคืองผิวหนัง โดยระดับความระคายเคืองขึ้นอยู่กับปริมาณสารที่ใช้ระบบนำส่งยาไมโครสฟองเป็นโครงสร้างที่มีความพรุน สามารถควบคุมการปลดปล่อยเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ได้ จึงสามารถนำมาใช้เพื่อลดผลข้างเคียงของยาเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ได้

Editorial note

Manuscript received in original form on March 1, 2011;
accepted in final form on November 25, 2011