

การพัฒนาไบเจลกักเก็บน้ำมันงาสำหรับภาวะผิวแห้ง

วันเฉลิม สีหบุตร¹, สุรีวัลย์ ดวงจิตต์², บัญชา ยิ่งงาม², ชลลัตตา พิชญาจิตติพงษ์^{2*}

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190 ประเทศไทย
²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190 ประเทศไทย
 *ติดต่อผู้พิมพ์: โทร 045-353623 E-mail: chonladda.p@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาไบเจลกักเก็บน้ำมันงาสำหรับภาวะผิวแห้ง

วันเฉลิม สีหบุตร¹, สุรีวัลย์ ดวงจิตต์², บัญชา ยิ่งงาม², ชลลัตตา พิชญาจิตติพงษ์^{2*}

ว. เภสัชศาสตร์อีสาน 2561; 14(4) : 122-131

รับบทความ : 28 กุมภาพันธ์ 2561

ตอบรับ : 19 กรกฎาคม 2561

สูตรตำรับไบเจลมีระบบที่สามารถกักเก็บปริมาณน้ำมันงาสำหรับเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับผิวแห้งได้ ผลิตภัณฑ์ไบเจลนั้นมีข้อดีคือไม่เหนียวเหนอะหนะและสามารถล้างน้ำออกได้ง่าย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาสูตรตำรับไบเจลให้สามารถกักเก็บน้ำมันงาในปริมาณสูงสำหรับใช้ในภาวะผิวแห้ง **วิธีดำเนินการวิจัย:** พัฒนาสูตรตำรับไบเจลโดยปรับเปลี่ยนปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างไฮโดรเจลต่อออกแกโนเจล ชนิดของสารก่อเจล ชนิดของสารลดแรงตึงผิว ปริมาณสัดส่วนของโพรพิลีนไกลคอล จากนั้นเลือกตำรับที่เหมาะสมที่สุดไปประเมินลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ การทดสอบความเป็นกรด-ด่าง ความหนืด ขนาดอนุภาคและค่าศักย์ซีตา ความแน่นเนื้อ ความสามารถในการกระจาย **ผลการวิจัย:** การพัฒนาสูตรตำรับไบเจลกักเก็บน้ำมันงาที่พัฒนาขึ้นโดยปรับเปลี่ยนปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ทำให้ได้สูตรตำรับที่กักเก็บน้ำมันงาได้สูงถึงร้อยละ 56 สารลดแรงตึงผิวร้อยละ 14 และไฮโดรเจลร้อยละ 30 ในตำรับไบเจลมีขั้นตอนการเตรียมโดยมีอัตราเร็วในการผสมที่ 800 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ลักษณะทางกายภาพไบเจลมีเนื้อเนียน ล้างน้ำออกง่าย เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย 40 เท่า ไบเจลจะมีทั้งส่วนที่เป็นน้ำและน้ำมัน กระจายตัวอยู่ทั้งในวัฏภาคภายนอกและวัฏภาคภายใน วัฏภาคภายในเป็นอนุภาคน้ำมันขนาดใหญ่ที่ห่อหุ้มอนุภาคน้ำมันขนาดเล็กๆ ลักษณะทางกายภาพของอนุภาคใหญ่ขนาดเฉลี่ย 38.0 ± 13.9 ไมโครเมตร มีหยดอนุภาคขนาดเล็กเฉลี่ย 725.4 ± 14.5 นาโนเมตร ค่าดัชนีการกระจายขนาด 0.3 ± 0.1 ทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่างพบว่าอยู่ที่ 5.5 ± 0.0 มีความหนืดที่ $40,270 \pm 0.5$ เซนติพอยส์ และพบค่าของศักย์ซีตา -39.9 ± 1.1 มิลลิโวลต์ ค่าความแน่นเนื้อ 283.0 ± 5.3 กรัม ความสามารถในการกระจายเท่ากับ 31.2 ± 0.0 มิลลิเมตร **สรุปผลการวิจัย:** สูตรตำรับที่ได้สามารถกักเก็บน้ำมันงาได้ในปริมาณสูง ไม่เหนียวเหนอะหนะ ล้างน้ำออกง่าย มีอนุภาคขนาดเล็กที่เหมาะสมต่อการซึมผ่านทางผิวหนัง

คำสำคัญ: ไบเจล, ออกแกโนเจล, ไฮโดรเจล, ภาวะผิวแห้ง, น้ำมันงา

Development of Sesame Oil Loaded Bigels for Dry Skin Relief

Vanchalerm Sihabud¹, Sureewan Duangjit², Bancha Yingngam², Chonladda Pitchayajittipong^{2*}

¹Graduate Student, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand

²Assistant Professor Dr., Faculty of Pharmaceutical Sciences, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand

*Corresponding author: Tel 045-353623 E-mail: chonladda.p@ubu.ac.th

Abstract

Development of Sesame Oil Loaded Bigels for Dry Skin Relief

Vanchalerm Sihabud¹, Sureewan Duangjit², Bancha Yingngam², Chonladda Pitchayajittipong^{2*}

IJPS, 2018; 14(4) : 122-131

Received : 28 February 2018

Accepted : 19 July 2018

Bigels are the systems which can be encapsulated sesame oil for increasing hydration of dry skin. They are soothing and easy for cleaning. This research aims to develop sesame oil loaded bigels for dry skin relief. **Methods:** Bigel formulations were gradually varied by using the ratio between hydrogels/organogels, gelling agent, surfactant, the ratio of propylene glycol. The physical properties of the appropriate formulation were tested which are pH, viscosity, particle size, zeta potential, polydispersity index, firmness and spreadability. **Results:** When the concerned factors were modified, then the appropriate formulation of bigels was finally composed of 56% sesame oil, 14% surfactant and 30% of hydrogels. The mixing speed and time were 800 rpm and 10 minutes, respectively. According to physical characterization, bigels were smooth and also ease for cleaning. The observation under the 40x microscope indicated that the bigels showed both water and oil parts which are scattered in also external and internal phase. The internal phase exhibited vesicles which are covered by many small droplets of sesame oil, and such small oil droplets also scattered in external phase. The appropriate formulation presented the following physical properties; average vesicle size $38.0 \pm 13.9 \mu\text{m}$, the small droplet size $725.4 \pm 14.5 \text{ nm}$ with polydispersion index (PDI) 0.3 ± 0.1 , the pH 5.5 ± 0.0 , the viscosity $40,270 \pm 0.5 \text{ cP}$, the zeta potential $-39.9 \pm 1.1 \text{ mV}$, the firmness 283.0 ± 5.3 and spreadability $31.2 \pm 0.0 \text{ mm}$. **Conclusions:** High amount of sesame oil could be loaded in this developed bigel formulation. It was not sticky and easy to wash. The small particle size of these bigels is suitable for skin penetration.

Keywords: Bigels, Organogels, Hyrogels, Dry skin, Sesame oil

บทนำ

ภาวะผิวแห้ง (dry skin หรือ xerosis) เป็นปัญหาที่พบได้บ่อยโดยเฉพาะในฤดูหนาวที่มีอากาศแห้ง อากาศของผิวแห้งมีตั้งแต่ผิวแห้งเล็กน้อยที่ไม่สามารถสังเกตเห็น ไม่มีอาการ หรือผิวแห้งมากจนมีอาการคันและติดเชื้อแบคทีเรียจากการเกา ภาวะผิวแห้งพบได้ในทุกระยะตั้งแต่เด็กไปจนถึงผู้สูงอายุ รวมทั้ง

เพศหญิงและเพศชาย (Thaipisuttikul, 1998) ภาวะนี้เกิดจากหลายสาเหตุประกอบกัน เช่น การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างทางผิวหนัง การใช้ยารักษาโรคบางชนิด การอาบน้ำร้อน การใช้สบู่ที่มีความเป็นด่างมาก และการอยู่ในห้องที่ใช้เครื่องปรับอากาศ สิ่งเหล่านี้ร่วมกันทำให้เกิดภาวะผิวแห้ง ซึ่งจะนำไปสู่

อาการคัน การแกะเกาที่จะทำให้เกิดบาดแผล และมีการติดเชื้อบริเวณผิวหนังตามมาได้ การตรวจร่างกายพบผิวหนังหยาบแตกแห้งเป็นสะเก็ด โดยเฉพาะบริเวณที่ขาทั้งสองข้าง (White-Chu and Reddy, 2011) แนวทางการรักษาภาวะผิวแห้ง คือ การให้ความชุ่มชื้นกับผิวหนัง และป้องกันการการสูญเสียความชื้นออกจากผิวหนังเพื่อลดการสูญเสียน้ำออกจากผิวหนัง (Elias and Ghadialy, 2002) หนึ่งในสารที่มีความชุ่มชื้นของผิวหนังที่น่าสนใจอีกสารหนึ่งคือ สารลิกแนนกลัยโคไซด์ เป็นสารที่ช่วยทำให้ผิวหนังชุ่มชื้น ช่วยชะลอความแก่ สารต้านอนุมูลอิสระ และมีสารวิตามินอีที่มีอยู่ในน้ำมันงา (Dar et al., 2015)

งา (*Sesamum indicum* Linn.) เป็นวัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติชนิดหนึ่งที่มีการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด น้ำมันงาที่ได้จากเมล็ดงา มีลักษณะใส สีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่น หรืออาจมีกลิ่นเหม็นหืนเล็กน้อย สามารถละลายเข้าได้กับอีเทอร์และปิโตรเลียมอีเทอร์ แต่ละลายได้น้อยในเอทานอล แข็งตัวเมื่ออุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียส (Dar et al., 2015) ในเมล็ดงามีวิตามินอีชนิดแอลฟาโทโคเฟอรอล แกมมา-โทโคเฟอรอล ซึ่งเป็นวิตามินอีกลุ่มหลัก ทั้งพบกรดไขมันชนิดต่างๆ ที่พบในเมล็ดงา นอกจากนี้ในน้ำมันงายังมีสารประกอบลิกแนนส์ (lignans) พวกลิซามิน (sesamin) และลิซามอลิน (sesamol) สูง จากการสืบค้นข้อมูลพบว่าน้ำมันงามีประโยชน์ในหลายด้าน ในด้านเครื่องสำอางนั้นสามารถเพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ผิวหนัง ช่วยกระตุ้นการงอกของเส้นผม ทำให้ผิวขาว ชะลอความแก่ ต้านการอักเสบ และต้านอนุมูลอิสระ (Dar et al., 2015) โดยงาที่จะใช้ในการวิจัยนี้เป็นงาจากศูนย์ฯ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

อย่างไรก็ตาม การใช้ไขมันงาสำหรับทาผิวหนังภายนอกอาจพบปัญหาความเหนียวเหนอะหนะและมีกลิ่นเฉพาะของน้ำมันงาที่ยังไม่น่าพึงพอใจ ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ครีม โลชัน เจล แต่ยังคงเกิดปัญหาคือมีความเหนียวเหนอะหนะในตำรับที่มีปริมาณน้ำมันงาสูง ปัญหาการซึมเข้าสู่ผิวหนังไม่ดี และล้างออกได้ยาก ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเป็นสูตรตำรับของไบเจล (bigels) สำหรับกักเก็บน้ำมันงา ซึ่งเป็นนวัตกรรมใหม่ของเจลที่มีลักษณะเป็นระบบ two-phase gel โดยเจลที่มีน้ำเป็น dispersion medium เรียก hydrogel ส่วนเจลที่มีของเหลวอินทรีย์เป็น dispersion phase เรียกว่า organogel บางกรณีเมื่อตั้งทิ้งไว้จะมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวแต่หากมีแรงไปกระทำ หรือเกิดการเขย่าไบเจลจะกลายเป็นของเหลว ซึ่งกรณีนี้

จำเป็นจะต้องเขย่าก่อนจะนำไปใช้เพื่อให้ได้เจลที่มีความสม่ำเสมอ (homogeneity) (Ibrahim et al., 2013) สำหรับส่วนประกอบของไบเจลที่เป็น hydrogel เป็นเจลส่วนที่มีสารที่สามารถกระจายตัวได้ในลักษณะคอลลอยด์อยู่ สารก่อเจลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็น carbopol®940 ส่วนที่เป็น organogel เป็นเจลกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่ประกอบด้วยส่วนที่เป็นของเหลวร่วมของสารก่อเจล (gel former) ซึ่งในงานวิจัยใช้ Tween®60 และ Span®60 และส่วนที่เป็นผลึกของแว็กซ์ (crystalline wax fraction) ในการทดลองนี้ใช้น้ำมันงา โดยส่วนที่เป็นสารก่อเจลจะช่วยให้ระบบมีความคงตัวและเจลมีความชื้นขึ้น ขณะที่ผลึกจะทำให้เจลแข็ง นอกจากนี้ในขั้นตอนการเตรียมไบเจลจะเน้นการใช้แรงปั่นผสมด้วยจำนวนรอบต่อนาทีและระยะเวลาที่เหมาะสม จากทั้งส่วนประกอบและวิธีการเตรียมทำให้ลักษณะผลิตภัณฑ์ไบเจลที่มีการปลดปล่อยสารสำคัญได้เร็วกว่ายาเตรียมประเภทครีม โลชัน และซีฟิ่ง เนื่องจากไม่ขึ้นกับการละลายน้ำของสารสำคัญ สามารถทาผิวหนังได้ง่ายและล้างออกได้ง่าย (Rotchanaphan et al., 1994) นอกจากนี้พบว่าไบเจลสามารถกักเก็บน้ำมันได้ในปริมาณที่สูง อันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับผิวแห้ง

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรตำรับไบเจลกักเก็บน้ำมันงาสำหรับภาวะผิวแห้งโดยปรับเปลี่ยนปัจจัยชนิดของสารก่อเจล ชนิดของสารลดแรงตึงผิว (surfactants) สัดส่วนปริมาณของสารให้ความชุ่มชื้น (propylene glycol, PG) หลังจากนั้นเลือกตำรับที่ดีที่สุดที่เหมาะสมไปทดสอบลักษณะทางกายภาพที่สามารถนำไปสู่การสร้างผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐาน และมีข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมไบเจลกักเก็บน้ำมันงา

การเตรียมไบเจล (bigels) ได้จากวิธีของ Andonova และคณะ โดยเตรียมไฮโดรเจล (hydrogels) และออร์แกนเจล (organogels) แยกส่วนกัน ส่วนของไฮโดรเจลประกอบด้วย carbopol®940 ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก propylene glycol ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ethanol 95% ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก germaben II ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก EDTA ร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก และปรับปริมาตรด้วยน้ำ ส่วนออร์แกนเจลประกอบด้วยน้ำมันงาร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก และ span®60 ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก (Andonova et al., 2017) โดยการเตรียมไฮโดรเจลได้จากการนำ carbopol®940 มากระจายตัวในส่วนน้ำข้างต้นที่อุณหภูมิ 25

องศาเซลเซียส ความเร็วในการปั่นผสม 500 รอบต่อนาที (rpm) เป็นเวลา 10 นาที ไฮโดรเจลจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นและก่อตัวเป็นลักษณะเจลหลังจากเติม triethanolamine ส่วนออกแกโนเจลเตรียมได้โดยการผสม span[®]60 กับน้ำมันงาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วในการปั่นผสม 500 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 25 นาที จนออกแกโนเจลมีอุณหภูมิลดลงจนถึง 30 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมส่วนไฮโดรเจลและปั่นผสมด้วย overhead stirrer จาก Daihan Scientific[®] (รุ่น HS 120A, China) อย่างต่อเนื่องที่ความเร็วในการปั่นผสม 500 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 10 นาที เพื่อให้ได้ส่วนผสมเนื้อเดียวกันและทำให้เย็นลงตามอุณหภูมิห้อง จนได้สูตรตำรับไบเจล (Fayaz *et al.*, 2017) และนำไปศึกษาคุณลักษณะต่างๆ

1.1 การศึกษาผลของอัตราส่วนไฮโดรเจลต่อออกแกโนเจลในไบเจลกักเก็บน้ำมันงา: ศึกษาแนวทางการเตรียมไบเจลเบื้องต้น

การศึกษาผลของอัตราส่วนไฮโดรเจลต่อออกแกโนเจลในไบเจลกักเก็บน้ำมันงา โดยการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของ

ไฮโดรเจลต่อออกแกโนเจล (HG : OG) ในสัดส่วนดังนี้ 100 : 0, 90 : 10, 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40, 50 : 50, 40 : 60, 30 : 70, 20 : 80, 10 : 90 และ 0 : 100 ตามลำดับ

1.2. การศึกษาผลของชนิดของสารก่อเจล ชนิดของสารลดแรงตึงผิว และปริมาณของ PG

ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาสูตรตำรับไบเจลกักเก็บน้ำมันงา เช่น ชนิดของสารก่อเจล ได้แก่ carbopol[®]940, hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) , sodium alginate ชนิดของสารลดแรงตึงผิว ได้แก่ span[®]60, span[®]60 ผสมกับ span[®]80, span[®]60 ผสมกับ tween[®]60, span[®]60 ผสมกับ tween[®]80 ปริมาณของสารที่ให้ความชุ่มชื้นคือ โพรพิลีนไกลคอล (propylene glycol; PG) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2, 4 และ 6 ในตำรับไบเจลส่วนประกอบของสูตรตำรับไบเจลที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของสูตรตำรับไบเจลกักเก็บน้ำมันงาที่ปรับเปลี่ยนปัจจัยชนิดของสารก่อเจลชนิดของสารลดแรงตึงผิว สัดส่วนปริมาณของ PG

ส่วนประกอบ	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	BG 5	BG 6	BG 7	BG 8	BG 9
Hydrogel phase (% w/w)									
Carbopol [®] 940	1			1	1	1	1	1	1
HPMC		1							
Sodium Alginate			1						
Propylene glycol	5	5	5	5	5	5	10	20	30
Ethanol 95%	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Germaben II	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
EDTA	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Triethanolamine (pH 5.5-5.9)	q.s.	q.s.	q.s.	q.s.	q.s.	q.s.	q.s.	q.s.	q.s.
Purified water	83.4	83.4	83.4	83.4	83.4	83.4	78.4	68.4	58.4
Organogel phase (%w/w)									
Span [®] 60	20	20	20	10	10	10	10	10	10
Span [®] 80				10					
Tween [®] 60					10		10	10	10
Tween [®] 80						10			
Sesame oil	80	80	80	80	80	80	80	80	80

2. การทดสอบลักษณะทางกายภาพ

2.1 ลักษณะของอนุภาค (appearance) วิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์พร้อมกับซอฟต์แวร์สำหรับการประมวลผลภาพ (NIS Element version 4.5.0) โดยสังเกตที่กำลังขยาย 4-40X ใช้สีย้อมที่ละลายน้ำ (amaranth solution) เพื่อย้อมสีของอนุภาคน้ำในสูตรตำรับไฮโดรเจลกับสูตรตำรับไบเจล และใช้สีย้อมที่ละลายน้ำมัน (1% sudan black B) เพื่อย้อมสีในส่วนของอนุภาคน้ำมันในสูตรตำรับไบเจลกับสูตรอแกโนเจล

2.2 ความเป็นกรดต่าง (pH) นำตัวอย่างปริมาณ 10 มิลลิลิตร มาประเมินความเป็นกรดต่าง โดยใช้เครื่อง pH meter (Mettler toledo, FE20 FiveEasy™ pH, USA) วัดซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง จากนั้นบันทึกค่าความเป็นกรดต่างของตัวอย่างและแสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย (n=3) (Plamen *et al.*, 2015)

2.3 ความหนืด (viscosity) นำตัวอย่างสูตรตำรับไบเจลปริมาณ 1 กรัม บรรจุลงในช่องบรรจุตัวอย่างและวัดความหนืดด้วยเครื่อง rheometer ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยแรงเฉือนที่ 1/5, cone and plate C 35/2⁰ TiL, MTMC (MARS III), gap 0.105 mm, volume 0.4 mL วัดซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง และวิเคราะห์ความหนืดด้วยโปรแกรม HAAKE Rheo Win Job Manager (rheometers & viscometers, Thermo fisher scientific รุ่น HAAKE MARS III, USA) (Lent, 2008)

2.4 ขนาดอนุภาคและค่าศักย์ซีตา (vesicle size and zeta potential) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง zetasizer nano ZS90 (Malvern instruments, UK) โดยการนำตัวอย่างสูตรตำรับไบเจล 0.1 กรัมละลายในน้ำ (DI water) ปริมาตร 15 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไปเขย่าแล้วนำใส่ cuvette และนำเข้าเครื่องวัดขนาด และวัดค่าศักย์ไฟฟ้าซีตา วัดซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง (Yordanov *et al.*, 2010)

2.5 ความแน่นเนื้อ (firmness) ความแน่นเนื้อของตัวอย่างถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่อง texture analyzer (stable micro system รุ่น TA.XTPlus, UK) หัววัดชนิด HDR/SR มุม 60 องศา โดยเตรียมตัวอย่างใส่ในช่องบรรจุตัวอย่าง โดยกระจายตัวอย่างให้สม่ำเสมอและผิวหน้าเรียบ โดยใช้หัววัดกดลงไปในตัวอย่างไม่ด้วยแรง 10 กรัม ภายใต้สภาวะดังนี้ pre-test speed : N/A, test speed 3.0 mm/s, ค่า distance 23 mm, trigger type : button, post-test speed: 10.0 mm/s วัดซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง (Smewing, 1999)

2.6 ความสามารถในการกระจาย (spreadability) นำตัวอย่างสูตรตำรับไบเจล 0.5 กรัม กวระหว่าง two horizontal

plates (20 x 20 เซนติเมตร) ซึ่งแผ่นด้านบนมีน้ำหนัก 220 ± 1 กรัม อุณหภูมิอยู่ที่ 25.0 ± 0.5 องศาเซลเซียส และประเมินผลไบเจลหลังจากเตรียมเสร็จใน 48 ชั่วโมง โดยดูรัศมีการกระจาย (spread diameter; Φ) วัดหลังกดน้ำหนัก 30 วินาที โดยการวัดซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง และบันทึกผลเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean \pm SD) (Andonova *et al.*, 2017)

3. สถิติที่ใช้ทดสอบ

ในขั้นตอนของการวิจัย ใช้สถิติพื้นฐานทั่วไปในการประเมินผล โดยทำการวัดซ้ำตัวอย่างที่ทดสอบ ตัวอย่างละ 3 ครั้ง ดังนั้นสถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (arithmetic mean) และความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation หรือ S.D.)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. ศึกษาแนวทางการเตรียมไบเจลเบื้องต้น

การเริ่มต้นพัฒนาสูตรตำรับไบเจลโดยการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของไฮโดรเจล/อแกโนเจลซึ่งมีการใช้อัตราส่วนระหว่าง ไฮโดรเจล/อแกโนเจล เป็น 100/0 (ไฮโดรเจลชนิดเดียว), 90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50, 40/60, 30/70, 20/80, 10/90 และ 0/100 (อแกโนเจลชนิดเดียว) ในเบื้องต้นพบว่าลักษณะทางกายภาพของไบเจลกักเก็บน้ำมันงาที่เตรียมขึ้น ที่อัตราส่วนของอแกโนเจล 40-60%w/w ในสูตรตำรับจะมีลักษณะของไบเจลที่มีแยกชั้น ลักษณะเนื้อไบเจลไม่เข้ากัน ในขณะที่อัตราส่วนของอแกโนเจล 10-30%w/w มีลักษณะของไบเจลเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีการแยกชั้น จากการศึกษาของ Andonova และคณะ มีการนำ almond oil มาใช้ในส่วนของอแกโนเจลที่อัตราส่วนของอแกโนเจล 20-30%w/w จะมีลักษณะของไบเจลเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีการแยกชั้น (Andonova *et al.*, 2017) จากการทดลองและข้อมูลดังกล่าว ทำให้ทราบปริมาณอแกโนเจลที่พบในตำรับไบเจลจะมีอยู่ที่ประมาณ 30%w/w คณะผู้วิจัยจึงทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันงาในส่วนของอแกโนเจลให้มากขึ้นโดยทำการปรับเปลี่ยนชนิดของสารก่อเจล ชนิดของสารลดแรงตึงผิว และปริมาณของสารให้ความชุ่มชื้น

2. การศึกษาผลของชนิดของสารก่อเจล ชนิดของสารลดแรงตึงผิวและปริมาณของสารให้ความชุ่มชื้น

ในการพัฒนาสูตรตำรับไบเจลกักเก็บน้ำมันงา โดยปรับเปลี่ยนปัจจัยในด้านชนิดของสารก่อเจลที่ใช้ในตำรับ ในสูตรตำรับ B1-B3 ดังตารางที่ 1 จากการศึกษาพบว่าชนิดของสารก่อเจลมีผลต่อลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นของไบเจลและการกัก

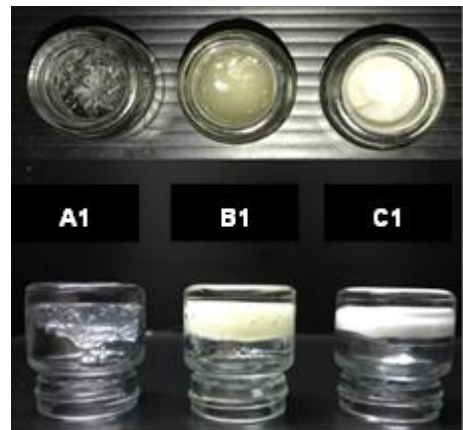
เก็บน้ำมันงา สูตรตำรับที่ได้จากสารก่อเจลชนิด carbopol®940 ทำให้ได้ลักษณะของไบเจล เนื้อไบเจลเรียบเนียน ไม่มีการแยกชั้น เมื่อเปลี่ยนมาใช้สารก่อเจลเป็น hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) และ sodium alginate จะไม่ได้ลักษณะของไบเจล พบการแยกชั้นเกิดขึ้น จากการศึกษาของ Singh และคณะ ได้ศึกษาการปรับเปลี่ยนสารก่อเจลชนิดต่างๆ พบว่าสารก่อเจล carbopol®940 ทำให้ได้ลักษณะของไบเจลที่ไม่เหลว ไม่มีการแยกชั้น เนื้อไบเจลมีลักษณะเนียน (Singh et al., 2014) ซึ่งได้ผลที่สอดคล้องกัน ดังนั้นในการศึกษาวิจัยของสารก่อเจลในการทดลองนี้ จึงคัดเลือก carbopol®940 ในตำรับ BG 1 เพื่อใช้ในการพัฒนาสูตรตำรับไบเจลต่อไป

การศึกษาเรื่องการปรับเปลี่ยนชนิดของสารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในตำรับไบเจล การทดลองนี้มีการนำ span®60, span®60 ผสมกับ span®80, span®60 ผสมกับ tween®60, span®60 ผสมกับ tween®80 มาใช้เป็นสารลดแรงตึงผิวในสูตรตำรับไบเจล โดยเปรียบเทียบสูตรตำรับ B4-B6 ซึ่งมีการนำชนิดสารลดแรงตึงผิวที่แตกต่างกัน ในบางตำรับใช้สารลดแรงตึงผิว 2 ตัวร่วมกัน จากการวิจัยพบว่าสารลดแรงตึงผิวที่สามารถกักเก็บน้ำมันงาได้มากที่สุดก็คือสูตร BG 5 ที่ใช้สารลดแรงตึงผิวร่วมกันระหว่าง span®60 ผสมกับ tween® 60 ในปริมาณเท่ากัน โดยสามารถกักเก็บน้ำมันงาได้ร้อยละ 64 ใช้สารลดแรงตึงผิวร้อยละ 16 และมีไฮโดรเจลร้อยละ 20 (สัดส่วน HG:OG = 20:80) การที่ตำรับไบเจล BG 5 มีการใช้สารลดแรงตึงผิว 2 ตัวร่วมกัน จะช่วยให้คุณสมบัติของสารลดแรงตึงผิวในการทำหน้าที่เป็นตัวประสานมีประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำมันงามีมากขึ้น

การพัฒนาสูตรตำรับไบเจลโดยปรับสัดส่วนของ PG โดยใช้ปริมาณที่แตกต่างกัน PG ร้อยละ 2 ของตำรับ (BG 7) ร้อยละ 4 ของตำรับ (BG 8) และร้อยละ 6 ของตำรับ (BG 9) พบว่า PG ร้อยละ 4 ในตำรับ ไบเจลในสูตรตำรับ BG 8 ได้ลักษณะของไบเจลที่ไม่เหนียวเหนอะหนะ ไม่เกิดการแยกชั้น และมีปริมาณของสารให้ความชุ่มชื้นในตำรับได้มากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณขึ้นเป็นร้อยละ 6 (BG 9) เนื้อไบเจลที่ได้มีการแยกชั้นกันและความหนืดมากขึ้น ดังนั้นปริมาณสารเพิ่มความชุ่มชื้นที่มากที่สุดในการตำรับไบเจลที่ได้จากการทดลองนี้ คือสูตร BG 8

เมื่อทราบชนิดของสารก่อเจล ชนิดของสารลดแรงตึงผิวและปริมาณของสารให้ความชุ่มชื้น propylene glycol (PG) ที่จะใช้ในการเตรียมตำรับไบเจล ในสูตร BG 8 จากนั้นปรับเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่างไฮโดรเจลต่ออแกโนเจล (HG : OG) เป็น 10 : 90, 20 : 80 และ 30 : 70 ให้เพื่อหาอัตราส่วนในการเตรียมตำรับไบเจลที่สามารถกักเก็บน้ำมันงาได้มากที่สุด พบว่าเมื่อนำ

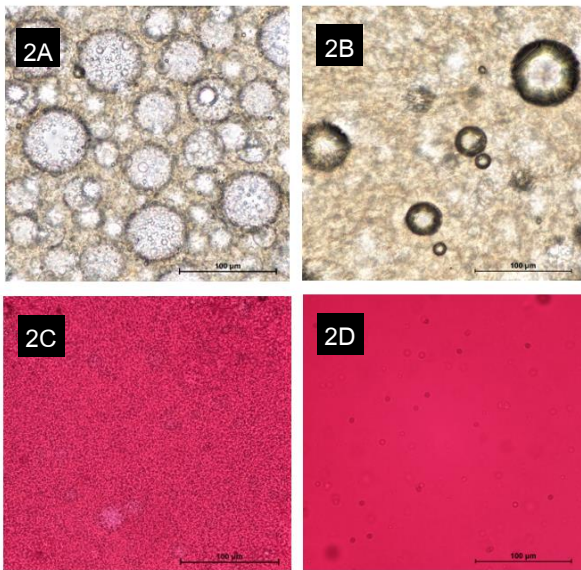
สูตรตำรับ BG 8 ในอัตราส่วนระหว่างไฮโดรเจลต่ออแกโนเจลเท่ากับ 30 ต่อ 70 ไปผสมด้วยเครื่องปั่นด้วยความเร็ว 800 รอบต่อนาที นาน 10 นาที จะได้ตำรับไบเจลที่มีความข้นหนืดเหมาะสมที่กักเก็บปริมาณไฮโดรเจลร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก และอแกโนเจลร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก โดยส่วนอแกโนเจลนี้ประกอบด้วยปริมาณน้ำมันงาร้อยละ 56 โดยน้ำหนัก สารที่ใช้ลดแรงตึงผิวร้อยละ 14 โดยน้ำหนัก ซึ่งสูตรดังกล่าวจะเป็นสูตร BG 70 ในการทดลองต่อไป



รูปที่ 1 แสดงลักษณะทางกายภาพของสูตรตำรับไฮโดรเจล (A1 หมายถึง HG 100) อแกโนเจลกักเก็บน้ำมันงา (B1 : OG 100) และไบเจลกักเก็บน้ำมันงา (C1 : BG 70)

การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของตำรับไฮโดรเจล (HG 100), อแกโนเจลกักเก็บน้ำมันงา (OG 100) ไบเจลกักเก็บน้ำมันงา (BG 70) แสดงในรูปที่ 1 โดยพบว่าตำแหน่งรูปซ้ายบน-ล่างเป็นรูปของตำรับ HG 100 ซึ่งเป็นสูตรที่มีเฉพาะส่วนประกอบที่ชอบน้ำอยู่ในตำรับ พบลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นเนื้อเจลใส เมื่อคว่ำภาชนะบรรจุ สามารถเกาะติดอยู่กับภาชนะบรรจุได้ ไม่ไหลลง แสดงถึงการยึดเกาะที่ดีของตำรับที่ได้จากไฮโดรเจล ตำแหน่งรูปกลางบน-ล่าง แสดงลักษณะทางกายภาพของ OG 100 ซึ่งมีทั้งส่วนประกอบในตำรับเป็นส่วนที่ชอบน้ำมัน สำหรับในการทดลองนี้คือน้ำมันงา และมีส่วนที่เป็นสารลดแรงตึงผิว โดยลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นสีเหลืองลักษณะคล้ายยาพื้นขี้ผึ้ง เมื่อคว่ำภาชนะบรรจุ สามารถเกาะติดกับภาชนะบรรจุได้ สำหรับลักษณะทางกายภาพของตำรับ BG 70 (C1) ซึ่งแสดงในตำแหน่งขวามบน-ล่าง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ไบเจลที่มีการผสมส่วนไฮโดรเจลซึ่งเป็นส่วนที่ชอบน้ำกับส่วนอแกโนเจลเป็นส่วนที่ชอบน้ำมัน ที่มีสารลดแรงตึงผิว เมื่อผสมกันตามขั้นตอนจะได้ตำรับ BG 70 ซึ่งตำรับนี้มีส่วนประกอบของ

ไฮโดรเจลร้อยละ 30 และออลแกโนเจลร้อยละ 70 (น้ำมันงาร้อยละ 56 และสารลดแรงตึงผิวร้อยละ 14) พบลักษณะของเนื้อผลิตภัณฑ์คล้ายครีม เนื้อเนียน มีสีเหลืองอ่อน เมื่อคว่ำขวดภาชนะบรรจุ สามารถเกาะติดกับภาชนะบรรจุได้ โดยลักษณะของไบเจลที่ได้มีคุณลักษณะของทั้งไฮโดรเจล และออลแกโนเจลร่วมกัน ซึ่งมีข้อดีคือ สามารถกักเก็บน้ำมันงาได้ ไม่เหนียวเหนอะหนะเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันงาเพียงอย่างเดียว และสามารถล้างน้ำออกได้ง่ายเมื่อทาบนผิวหนัง



รูปที่ 2 แสดงลักษณะหยดอนุภาคภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า เมื่อย้อมสีด้วย 1% sudan black B (2A) ไบเจล; (2B) ออลแกโนเจล เมื่อย้อมสีด้วย amaranth solution (2C) ไบเจล; (2D) ไฮโดรเจล

3. ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพ

3.1 ลักษณะของอนุภาค

การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย 40 เท่า พบว่าเมื่อย้อมด้วยสีที่ติดน้ำมัน (1% sudan black B) ลงในตัวอย่างของไบเจลซึ่งมีทั้งส่วนที่ชอบน้ำและชอบน้ำมันดังรูป 2A จะพบลักษณะอนุภาคใหญ่ของส่วนน้ำมันที่มีขนาดเฉลี่ยที่วัดจากกล้องจุลทรรศน์อยู่ที่ $38.31 \pm 13.94 \mu\text{m}$ เป็นอนุภาคที่กระจายตัวอยู่ ขณะเดียวกันก็มีอนุภาคขนาดเล็กของหยดน้ำมันที่กระจายตัวอยู่ทั้งในวัฏภาคภายในและวัฏภาคภายนอก เมื่อนำออลแกโนเจลเพียงอย่างเดียว ซึ่งมีทั้งส่วนที่เป็นน้ำมันและสารลดแรงตึงผิวดังรูป 2B มาย้อมด้วยสีที่ติดน้ำมันชนิดเดิมคือ 1% sudan black B จะไม่พบ

ลักษณะอนุภาคกลมใหญ่ที่ชัดเจนเมื่อเทียบกับภาพตัวอย่างไบเจลในรูป 2A สำหรับรูป 2C แสดงถึงตัวอย่างไบเจลที่นำมาย้อมด้วยสีที่ละลายน้ำ (amaranth solution) พบลักษณะการติดสีแดงทั้งวัฏภาคภายนอกและวัฏภาคภายใน และเมื่อสังเกตอย่างละเอียด จะมีอนุภาคกลมขนาดเล็กกระจายอยู่ในรูป ซึ่งแสดงว่าส่วนที่ชอบน้ำ มีการกระจายตัวอยู่ทั้งในวัฏภาคภายในและภายนอกอย่างสม่ำเสมอ เมื่อเปรียบเทียบกับรูป 2D จะพบว่าเป็นการนำไฮโดรเจลเพียงอย่างเดียวมาทำการย้อมสีที่ละลายน้ำ โดยไม่มีหยดเล็กๆ ที่กระจายตัวอยู่เหมือนในรูป 2C ดังนั้นจากรูปทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า ระบบไบเจลจะมีทั้งส่วนที่เป็นน้ำและส่วนที่เป็นน้ำมัน กระจายตัวอยู่ทั้งในวัฏภาคภายนอกและวัฏภาคภายใน โดยสังเกตพบว่าวัฏภาคภายในมีลักษณะเป็นอนุภาคน้ำมันขนาดใหญ่ที่ห่อหุ้มด้วยอนุภาคน้ำมันขนาดเล็กๆ

3.2 ความเป็นกรด-ด่าง

โครงสร้างผิวหนัง และค่า pH ของผิวหนังในแต่ละส่วนของร่างกายมนุษย์มีความแตกต่างกัน บริเวณผิวหนังและผิวกายจะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.4–5.9 ผลิตภัณฑ์สำหรับผิวสามารถช่วยรักษาสมดุลค่า pH บนผิวได้โดยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเซลล์ผิว เสริมการทำงานของเกราะปกป้องผิวตามธรรมชาติ จากการวัดค่า pH ของสูตรตำรับไฮโดรเจล (HG 100) มีค่า pH เท่ากับ 5.87 สูตรตำรับออลแกโนเจล (OG 100) ได้ค่า pH อยู่ที่ 2.12 ซึ่งมีความเป็นกรด และเมื่อเตรียมเป็นสูตรตำรับไบเจล (BG 70) มีค่า pH อยู่ที่ 5.48 พบว่าค่า pH ของตำรับที่ไบเจล มีค่าอยู่ในช่วงความเป็นกรด-ด่างของผิวหนัง คือ 5.4-5.9 จากการศึกษาของ Andonova และคณะ ซึ่งได้ศึกษา pH จากไบเจลที่ใช้ไขมันต่างชนิดกัน พบว่ามีค่า pH = 5.6 (Andonova et al., 2017) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงได้ตำรับไบเจลที่มี pH 5.48 ซึ่งมีความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วงของผิวหนัง

3.3 ความหนืด

คุณสมบัติของความหนืดจะมีความเกี่ยวข้องกับคุณภาพและความคงตัวของตำรับ ในการวิจัยนี้จะเปรียบเทียบค่าความหนืดของสูตรตำรับไบเจล BG 70 ที่ใช้อัตราเร็วในการผสมแตกต่างกัน คือ 400, 800 และ 1,200 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 10 นาที โดยพบค่าเฉลี่ยความหนืดมีค่า $24,140 \pm 5.1, 40,270 \pm 0.5$ และ $61,073 \pm 10.3$ cP ตามลำดับ จากการศึกษาเมื่อเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องผสมความเร็วสูง (homogenizer) ในการผสมให้สูงขึ้น ทำให้ค่าความหนืดตำรับเพิ่มขึ้นเนื่องจากความเร็วรอบในการผสมที่สูงทำให้ขนาดอนุภาคของหยดน้ำมัน น้ำ และเจลที่กระจายตัวอยู่ในตำรับไบ

เจลมีขนาดเล็กถึง ส่งผลให้ความหนืดเพิ่มมากขึ้น ตำรับมีความคงตัวดีขึ้น จากข้อมูลของ Andonova และคณะ พบค่าความหนืดของสูตรตำรับไบเจลอยู่ที่ 61,100 cP (Andonova et al., 2017) ซึ่งให้ผลของความหนืดใกล้เคียงกับการวิจัยนี้ที่การผสมด้วยอัตราเร็ว 1200 รอบต่อนาที

3.4 ขนาดอนุภาคและค่าศักย์ซีตา

การวัดขนาดอนุภาคภายในวิฏภาคของสูตรตำรับไบเจลใช้เทคนิคการกระเจิงแสงแบบพลวัต (dynamic light scattering technique; DLS or photon correlation spectroscopy; PCS) โดยอาศัยหลักการกระเจิงแสงของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบ Brownian motion ซึ่งจะวัด backscattered light ที่มุม 173 องศา และคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่เคลื่อนที่ จากนั้นจึงนำไปคำนวณเป็นค่าขนาดของอนุภาคซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของขนาดอนุภาคเป็นค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคในเชิงปริมาตร มีค่าเท่ากับ 725.4 นาโนเมตร ค่าการกระจายขนาด (polydispersion index; PDI) เท่ากับ 0.272 ซึ่งเป็นค่าของดัชนีการกระจายตัวของอนุภาค สำหรับขนาดอนุภาคที่เหมาะสมสำหรับการซึมผ่านเข้าสู่ชั้นผิวหนังควรมีค่าน้อยกว่า 600 นาโนเมตร (Verma et al., 2003) อย่างไรก็ตามขนาดอนุภาคใหญ่ภายในของสูตรตำรับไบเจล (BG 70) มีค่าใหญ่กว่าขนาดอนุภาคที่จะซึมผ่านเข้าสู่ชั้นผิวหนังได้ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าสูตรตำรับไบเจลนี้จะช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ผิวหนังชั้น stratum corneum ได้ดีกว่าชั้นหนังกำพร้า (viable epidermis) ซึ่งเป็นผิวหนังเป้าหมายแรกที่ต้องการให้ออกฤทธิ์ อย่างไรก็ตาม

ระบบไบเจลก็มีอนุภาคขนาดเล็กที่กระจายอยู่ ซึ่งก็เพิ่มโอกาสให้การซึมผ่านผิวหนังเกิดขึ้นได้ รวมทั้งสามารถเพิ่มแนวทางในการพัฒนาสูตรตำรับไบเจลเพื่อให้สามารถซึมผ่านเข้าสู่ชั้นผิวหนังที่อยู่ลึกลงไป การเลือกใช้สารช่วยเพิ่มการซึมผ่านผิวหนังชนิดต่างๆ เช่น สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ ที่มีความอ่อนโยนต่อผิวกว่าสารลดแรงตึงผิวชนิดที่มีประจุอาจเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ ส่วนค่าดัชนีการกระจายตัวบ่งชี้ว่าอนุภาคของวิฏภาคภายในมีการกระจายขนาดแคบซึ่งเป็นลักษณะของไบเจลที่มีขนาดของอนุภาคใกล้เคียงกัน

ค่าศักย์ไฟฟ้าซีตาที่วิเคราะห์ได้ด้วยเทคนิค laser doppler electrophoresis (LDE) โดยทั่วไปหากอนุภาคมีค่าศักย์ไฟฟ้าซีตาเป็นบวกหรือลบน้อยๆ จะไม่มีแรงป้องกันอนุภาคอื่นที่จะเข้ามา จึงไม่เกิดเสถียรภาพการกระจายตัวหรือเกิดการรวมกันขึ้น แต่หากค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นค่าบวกหรือลบมากๆ ($\geq +40$ / ≤ -40 มิลลิโวลต์) จะเกิดเสถียรภาพการกระจายตัว (Chansiri et al., 1999) ในงานวิจัยนี้พบว่าสูตรตำรับไบเจล BG 70 มีค่าศักย์ไฟฟ้าซีตาประจุเป็นลบเท่ากับ -39.9 มิลลิโวลต์ (ใกล้เคียง -40) ค่าที่ได้เกิดขึ้นเนื่องจากเป็นลักษณะของไบเจลซึ่งเป็นอนุภาคแขวนลอยที่อนุภาคมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอช่วยให้ระบบมีความคงตัวที่ดี การที่มีประจุที่ผิวทำให้มีแรงผลักรวมกันและช่วยลดโอกาสการจับกลุ่มกันทำให้สภาวะดังกล่าวจะเกิดเสถียรภาพในการกระจายตัวของอนุภาคได้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าขนาดอนุภาคและค่าศักย์ไฟฟ้าซีตา

BG 70 (800 rpm 10 min)	ขนาด (d.nm)	การกระจายขนาด	ค่าศักย์ซีตา (mV)
N1	715.7	0.4	-39.8
N2	718.4	0.2	-38.9
N3	742.0	0.3	-41.0
Mean	725.4	0.3	-39.9
S.D.	14.5	0.1	1.1

3.5 ความแน่นเนื้อ (firmness)

การวัดความแน่นเนื้อของสูตรตำรับไบเจลโดยวัดแรงกระทำที่มีทิศทางขนานกับพื้นที่รับแรง อัตราส่วนระหว่างแรงเฉือนต่อพื้นที่หรือความเค้นเฉือนค่าความแน่นเนื้อคำนวณได้จาก

ค่าความชันของกราฟระหว่างแรงกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างผลิตภัณฑ์ที่มีความแน่นเนื้อน้อยจะต้านทานต่อการเสียสภาพจากแรงกระทำได้น้อย ส่งผลให้มีค่าความชันน้อย ผลิตภัณฑ์ที่มีความแน่นเนื้อมากจะมีค่าความชันสูงค่าความแน่นเนื้อ

(firmness) เท่ากับ 283.0 กรัม ดังตารางที่ 3 พบว่า ความแน่นเนื้อของสูตรตำรับมีค่าอยู่ระหว่างความแน่นเนื้อของสูตรตำรับไฮโดรเจลและอแกโนเจล แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มไฮโดรเจลใน BG 70 ช่วยให้สูตรตำรับไบเจลมีความแน่นเนื้อลดลง ซึ่งคาดว่า จะช่วยให้มีความนุ่มของเนื้อผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น จาก

การศึกษาของ Smewing ที่ได้ศึกษาความแน่นเนื้อต่อความสามารถในการกระจายของผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารกึ่งแข็ง พบว่าความสามารถในการกระจายลดลง สอดคล้องกับค่าความหนืดและความแน่นเนื้อที่เพิ่มขึ้น ซึ่งให้ผลการทดสอบเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาก่อนหน้า (Smewing, 1999)

ตารางที่ 3 แสดงค่าความแน่นเนื้อ

ตำรับ	Firmness (g)			Mean	S.D.
	N1	N2	N3		
Bigels	279.1	280.9	289.1	283.0	5.3
Organogels	349.6	350.7	353.4	351.2	1.9
Hydrogel	128.6	138.3	138.5	135.2	5.7
Sesame oil	8.4	8.3	8.2	8.3	0.1

3.6 ความสามารถในการกระจาย

ความสามารถในการกระจายตัวเป็นลักษณะสำคัญของรูปแบบกึ่งแข็ง ที่จะกำหนดลักษณะภาชนะที่ใส่และความต้องการของผู้ป่วย กำหนดโดยการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางกระจาย (Φ) เส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลมที่เกิด (Φ) เท่ากับ 31.207 mm ดังตารางที่ 4 โดยจากผลการศึกษาความสามารถในการกระจายของครีมและเจลของ Zhao ในปี 2009 พบว่าความสามารถในการแพร่กระจายของครีมและเจลควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลมที่เกิด (Φ) ≤ 50 mm (Zhao, 2009) ซึ่งให้ผลการทดสอบความสามารถในการกระจายตัวของ BG 70 เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

ตารางที่ 4 แสดงค่าความสามารถในการกระจาย

BG 70 (800 rpm 10 min)	ความสามารถในการ กระจาย (mm)
N1	31.2
N2	31.2
N3	31.2
Mean	31.2
S.D.	0.0

สรุปผลการวิจัย

ไบเจลกักเก็บน้ำมันงาที่พัฒนาขึ้นจากการปรับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ชนิดของสารก่อเจล ชนิดของสารลดแรงตึงผิว สัดส่วนปริมาณของโพรพิลีนไกลคอล ได้สูตรตำรับพบว่า สูตรตำรับไบเจล BG 70 ที่กักเก็บน้ำมันงาได้สูงถึงร้อยละ 56 สารลดแรงตึงผิวร้อยละ 14 และไฮโดรเจลร้อยละ 30 ในตำรับไบเจล มีขั้นตอนการเตรียมโดยมีอัตราเร็วในการผสมที่ 800 รอบต่อ นาทีเป็นเวลา 10 นาที งานวิจัยเรื่องการพัฒนาไบเจลกักเก็บน้ำมันงาสำหรับภาวะผิวแห้งนี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาสูตรตำรับไบเจลให้สามารถกักเก็บน้ำมันงาในปริมาณสูงสำหรับใช้ในภาวะผิวแห้งที่ไม่เหนียวเหนอะหนะและล้างน้ำออกง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับอแกโนเจลและการใช้สูตรตำรับไบเจลเป็นระบบในการกักเก็บน้ำมันงาได้ในปริมาณสูง ในงานวิจัยนี้อาจเป็นแนวทางในการพัฒนาสูตรตำรับทาผิวหนึ่งสำหรับการกักเก็บน้ำมันอื่นๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษการพัฒนาไบเจลกักเก็บน้ำมันงาสำหรับภาวะผิวแห้งสามารถสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยความอนุเคราะห์จากศูนย์ฯ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ทางคณะผู้วิจัยจึงขอขอบคุณศูนย์ฯ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี บุคลากรคณะเภสัชศาสตร์ และคณะ

เภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่
เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีในการทำงานวิจัยครั้งนี้

References

- Chanatepaporn P. Development of High-Alert Drug monitoring system in Srinakarind Hospital. *Srinakarind Med J* 2015; 30(1): 46-56. (in Thai)
- Graham S, Clopp MP, Kostek NE, Crawford B. Implementation of a High-Alert Medication Program. *The Permanente Journal*. 2008 Spring;12(2): 15-22.
- Khunarkornsiri U, Wichitkosoom W. Effect of using inotropic agent order form for High-alert Injectable Drugs Order. *Thai Journal of Hospital Pharmacy* 2012; 22(1): 33-9.
- Institute of Medicine. To err is human: Building a safer health system [Online]. 1999 Nov [cited 2015 Apr 15]. Available from: <http://www.nap.edu/catalog/9728.html>
- Intarak S. Collaboration of pharmacists and health care team on the management of High Alert Drug monitoring system for inpatient services at Sarapee Hospital, Chiang Mai Province (master's thesis). Chiang Mai: Chiang Mai University; 2010: 3. (in Thai)
- Krejcie RV, Morgan DW. Determinining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement* 1970; 30: 607-10.
- Makpiroon S. Development of the system for the administration of High-Alert Drugs for patient safety. *Thai Journal of Pharmacy Practice* 2013; 5(1): 24-42. (in Thai)
- Mookkhan J. High alert drugs monitoring system analysis from seriously incidence report of drug administration error in Kudchum Hospital. *Journal of Sakon Nakhon Hospital* 2008; 11(3): 50-57. (in Thai)
- Panjapiyakul P. National patient safety goal 2007-2008. Nonthaburi: Department of Health Service Support, Ministry of Public Health; 2007: 2-6. (in Thai)
- Phapanwattana M. Part 11: High-Alert Medication Manage. In: Phapanwattana M, editors. Safety medication system. Bangkok: Poramatkanpim; 2010: 259-285. (in Thai)
- Premabhuti T, Suwannaprom P. Roles of interdisciplinary healthcare team in managing High Alert Drugs and development of pictograms for Methylxanthines. *Thai Journal of Pharmacy Practice* 2013; 5(2): 79-90. (in Thai)
- Supphachutikul A, editor. Patient Safety Goals : SIMPLE. 3rd ed. Nonthaburi: Poramatkanpim; 2009.
- The Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations. Medication Error Prevention – Potassium Chloride. Sentinel Event Alert [Online]. 1998 Feb 27 [cited 2015 Apr 13]. Available from: http://www.jointcommission.org/SentinelEvents/SentinelEventAlert/sea_1.htm
- Weerakitti S, Chumjam B, Warapasakul C. Nursing system development for risk of medication errors protocol on participation of nursing model for prevention medication error rate. *Journal of nurses association of Thailand, North-Eastern division* 2013; 31(2): 25-35. (in Thai)