

การพัฒนาเจลฟิล์มผสมสารสกัดน้ำมันราชสีห์ และขมิ้นชันเพื่อยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย
Staphylococcus aureus สำหรับประยุกต์ใช้ในการลดการอักเสบของสิว

Development of a Gel Film Containing *Euphorbia hirta* and
Curcuma longa Extract for Inhibition of *Staphylococcus aureus*
in the Treatment of Acne Inflammation

สิริวิชญ์ ปินใจ อภิษฎา พรหมมา

กขพรรณ จิตตรงค์อาภรณ์

¹โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย กำแพงเพชร 339 หมู่ 3 ถนนกำแพงเพชร-สุโขทัย

ต.หนองปลิง อ.เมือง จังหวัดกำแพงเพชร 62000

*อีเมลล์: pcshskp@sesapkp.go.th

บทคัดย่อ

สิ่วอักเสบเป็นโรคผิวหนังที่พบได้บ่อยในทุกเพศทุกวัย โดยมีสาเหตุสำคัญจากการอุดตันของรูขุมขนด้วยไขมัน และสิ่งกระตุ้นที่ทำให้เชื้อแบคทีเรียก่อโรคเพิ่มขึ้นผิดปกติ โดยเฉพาะเชื้อ *Staphylococcus aureus* ซึ่งปัจจุบันพบแนวโน้มการดื้อยาปฏิชีวนะของเชื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเจลฟิล์มผสมสารสกัดจากน้ำมันราชสีห์และขมิ้นชัน ซึ่งเป็นสมุนไพรท้องถิ่นที่มีฤทธิ์ลดการอักเสบและต้านเชื้อแบคทีเรีย เพื่อใช้เป็นแนวทางทดแทนจากการทดสอบประสิทธิภาพการต้านเชื้อ *S. aureus* ด้วยวิธี Disc diffusion พบว่า สารสกัดน้ำมันราชสีห์และขมิ้นชันสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อได้ โดยเกิดโซนใส (Inhibition zone) ขนาด $16.54 \pm 1.82\text{mm}$ และ $18.40 \pm 3.11\text{ mm}$ ตามลำดับ โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของ เชื้อแบคทีเรีย (MIC) เท่ากับ 25 mg/ml และมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อได้ (MBC) เท่ากับ 100 mg/ml จากนั้นเมื่อนำสารสกัดมาพัฒนาในรูปแบบผลิตภัณฑ์เจลฟิล์มพบว่าอัตราส่วนของ PVA : PVP : Chitosan : Glycerol ที่เหมาะสมที่สุดในการขึ้นรูปคือ 2.4 g : 0.6 g : 0.2 g : 0.5 ml ซึ่งทำให้เจลสามารถเชื่อมติดเป็นฟิล์มได้อย่างรวดเร็ว มีคุณสมบัติในการยึดติดและเกาะบนผิวหนังได้ดี มีความคงตัวทางกายภาพ และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในระดับ ที่สมดุลกับผิวหนังมนุษย์คือ 4.89 นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์เจลฟิล์มที่พัฒนายังมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* โดยมีค่าโซนใสการยับยั้งถึง $22.15 \pm 0.64\text{ mm}$ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเจลแต้มสิ่วทั่วไปในท้องตลาด งานวิจัยนี้จึง สามารถนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกใหม่ที่มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสูงในการลดการอักเสบของสิว

คำสำคัญ: สิว, *Staphylococcus aureus*, น้ำมันราชสีห์, ขมิ้นชัน, เจลฟิล์ม

บทนำ

สิว (Acne) เป็นปัญหาผิวหนังที่พบได้บ่อยในทุกเพศ และทุกวัยซึ่งมีสาเหตุเกิดจากการอุดตันของรูขุมขน และต่อมไขมันในผิวหนังส่งผลให้เกิดการสะสมของไขมันทำให้เกิดการอักเสบจาก การสะสมของเชื้อแบคทีเรียเป็นซึ่งเชื้อที่มีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิดการอักเสบ งานวิจัยในปัจจุบันพบว่าสิวมียีสต์ที่ก่อการอักเสบ พบเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* มากกว่าสิวมที่ไม่มีอาการอักเสบอย่างมีนัยสำคัญ (Dreno, 2004; Williams et al., 2012) การเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus* ในบริเวณที่มีสิวยีสต์สามารถยังทำให้สภาวะของสิวมมีความรุนแรงขึ้นเนื่องจากเชื้อ *S. aureus* สามารถเข้าสู่ผิวหนังที่อ่อนแอ และสร้างการติดเชื้อได้ง่าย ในปัจจุบันมีการดื้อยาของเชื้อ *S. aureus* มากขึ้น และมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Williams et al., 2012) อีกทั้งยังมีผลข้างเคียงจากยา จึงนำไปสู่การพัฒนาทางเลือกในการรักษาสิว (ศูนย์ผิวหนัง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2016) งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสกัดหยาบจากน้ำมันราชสีห์และขมิ้นชันในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* 2) ศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพของเจลฟิล์มแปะสิวมผสมสารสกัดหยาบจากน้ำมันราชสีห์ และขมิ้นชัน

วิธีการดำเนินงาน

กระบวนการวิจัยถูกออกแบบออกเป็นระบบ โดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 4 ส่วนหลัก (1) การเตรียมสารสกัดน้ำมันราชสีห์และขมิ้นชัน (2) ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* (3) พัฒนาเจลฟิล์มผสมสารสกัดจากน้ำมันราชสีห์และขมิ้นชันและ (4) ศึกษาประสิทธิภาพของเจลฟิล์มผสมสารสกัดน้ำมันราชสีห์ และขมิ้นชันเพื่อยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* สำหรับประยุกต์ใช้ในการลดการอักเสบของสิวม

การเตรียมสารสกัดน้ำมันราชสีห์และขมิ้นชัน

เก็บตัวอย่างใบลำต้นรากของน้ำมันราชสีห์และขมิ้นชันมาทำความสะอาดแล้วทำให้แห้งจากนั้นบดน้ำมันราชสีห์และขมิ้นชันให้เป็นผงแล้วนำผงพืชแห้งในเอทานอล 95% จากนั้นนำไปเข้าเครื่องเขย่าสาร (Shaker) เป็นเวลา 72 ชั่วโมง กรองด้วยชุดเครื่องกรองสุญญากาศ (Buchner) ให้เหลือแต่สาร ละลายแล้วระเหยเอทานอลออกด้วยเครื่อง Rotary Evaporator

ตรวจสอบสารสำคัญของสารสกัดน้ำมันราชสีห์ และขมิ้นชัน

นำสารสกัดสารสกัดน้ำมันราชสีห์ และขมิ้นชันและมาเจือจางที่ความเข้มข้น 2.0 กรัมต่อแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร และนำมาเจือจางต่อที่ความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยแอลกอฮอล์จนมีปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer โดยใช้แอลกอฮอล์เป็นค่ามาตรฐาน (Blank) เพื่อสร้างกราฟมาตรฐานของสารสกัดแต่ละชนิดที่ความยาวคลื่นเฉพาะตัว โดยสารสกัดขมิ้นชันใช้ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 nm และสารสกัดน้ำมันราชสีห์ใช้ค่าความยาวคลื่น 517 nm

ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ด้วยวิธี Disc diffusion

เตรียมสารสกัดน้ำมันราชสีห์และขมิ้นชันด้วยเทคนิคปลอดเชื้อแล้วนำมาทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ด้วยวิธี disc diffusion โดยนำตัวอย่างปริมาตรปริมาณ 20 μ L หยดลงบนแผ่นกระดาษ (Filter Paper Disc) จากนั้นนำสารแขวนตะกอนเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* มาเกลี่ยให้มีความสม่ำเสมอลงบนอาหารวุ้น วางแผ่น Disc ที่ได้รับการหยดตัวอย่างแล้วบนอาหารวุ้น จากนั้นบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงจากนั้นนำมาวิเคราะห์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโซนใส (inhibition zone) ด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์

ศึกษาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (Minimum Inhibitory Concentration, MIC)

การทดสอบนี้ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว NB แล้วเตรียมสารสกัดหยาบจากน้ำมันมราชสีห์และไขมันชั้นที่เจือจางด้วย DMSO เป็นลำดับส่วนจนได้ความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากน้ำมันมราชสีห์ และไขมันชั้นเป็น 100, 50, 25, 12.5, 6.25 และ 3.125 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร (w/v) ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีควบคุมเชิงลบคืออาหารเลี้ยงเชื้อเพียงอย่างเดียวไม่มีสารสกัดหยาบ แล้วนำเชื้อแบคทีเรีย *S.aureus* ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงโดยสังเกตจากความขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อ

หาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย (Minimum Bactericidal Concentration, MBC)

นำความเข้มข้นที่ให้ผลเป็นบวกของการทดสอบ MIC ปริมาตร 10 ไมโครลิตร มาหยดบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกผลการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

พัฒนาเจลฟิล์มผสมสารสกัดน้ำมันมราชสีห์และไขมันชั้น

ชั่งโพลิเมอร์ในอัตราส่วนต่างๆ ตามสูตรที่กำหนดไว้ จากนั้นละลายส่วนผสมทั้งหมดด้วยอุณหภูมิ 80 - 90 องศาเซลเซียส แล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพทางกายภาพ และประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

ตารางที่ 1 แสดงอัตราส่วนของสารสกัดจากน้ำมันมราชสีห์ : สารสกัดจากไขมันชั้น : PVA : PVP : Chitosan : Glycerol ในการขึ้นรูปเป็นเจลฟิล์ม

สูตรที่	1	2	3
สารสกัดจากน้ำมันมราชสีห์ (g)	0.3	0.3	0.3
สารสกัดจากไขมันชั้น (g)	0.3	0.3	0.3
ไคโตซาน (g)	0.2	0.2	0.2
PVA (g)	1	12	2.4
PVP (g)	-	-	0.6
Glycerol (ml)	0.5	0.5	0.5

ศึกษาประสิทธิภาพของเจลฟิล์มผสมสารสกัดน้ำมันมราชสีห์ และไขมันชั้นเพื่อยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* สำหรับประยุกต์ใช้ในการลดการอักเสบของผิว

ทดสอบการแห้งของเจลฟิล์มโดยการเทเจลลงบน Petri dish glass และ จับระยะเวลาในการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มของแต่ละสูตรจากนั้นทดสอบประสิทธิภาพการยึดเกาะ ความทนทานต่อน้ำและน้ำมัน โดยทดสอบบนหนังหมูที่พรมน้ำ และน้ำมัน ทดสอบความหนืดของเจลฟิล์มและส่วนผสมสารสกัดน้ำมันมราชสีห์และไขมันชั้นด้วยเครื่อง Bostwick Consistometer และ วัดค่า pH ของเจลฟิล์มแต่ละสูตรเพื่อให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการใช้บนผิวหนังมนุษย์โดยเครื่อง pH meter สุดท้ายทดสอบเปรียบเทียบความสามารถของเจลในรูปแบบต่างๆ ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus*

ผลและอภิปรายผล

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเจลฟิล์มผสมสารสกัดจากน้ำมันมราชสีห์และไขมันชั้น

ผลการทดสอบพบว่าสารสกัดน้ำมันมราชสีห์และไขมันชั้นสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S.aureus* บนจาน

เพาะเชื้อได้โดยแสดงโซนใส (inhibition zone) ขนาด 16.54 ± 1.82 mm และ 18.40 ± 3.11 mm ตามลำดับ ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพฤทธิ์ของสารสกัดจากน้ำมันราชสีห์และขมิ้นชันในการยับยั้งแบคทีเรียด้วยเทคนิค disc diffusion

สารที่ทดสอบ	เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้ง $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (มิลลิเมตร)
น้ำมันราชสีห์	16.54 ± 1.82
ขมิ้นชัน	18.40 ± 3.11

ผลการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (Minimum inhibitory concentration, MIC)

ผลการทดสอบพบว่าค่าความเข้มข้นที่ต่ำสุดของสารสกัดน้ำมันราชสีห์ และขมิ้นชันที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* คือความเข้มข้นที่ 25 mg/ml ดังตาราง

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบ MIC ของสารสกัดน้ำมันราชสีห์ และขมิ้นชัน

สารทดสอบ	ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย
น้ำมันราชสีห์	25 mg/ml
ขมิ้นชัน	25 mg/ml

ผลการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดสามารถยับยั้ง การเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย (Minimum Bactericidal Concentration, MBC)

จากการทดสอบพบว่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดของสารสกัดน้ำมันราชสีห์และขมิ้นชันที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ได้คือความเข้มข้นที่ 100 mg/ml

ผลการตรวจสอบหาความเข้มข้นของสารสำคัญในสารสกัดน้ำมันราชสีห์และขมิ้นชันด้วยเครื่อง UV-Visi Spectrophotometer,

$$\text{ใช้สูตรคำนวณ } x = \frac{y-c}{M}$$

x = ความเข้มข้นของสารที่ปลดปล่อยออกมา

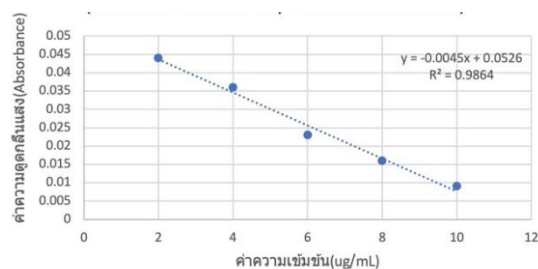
y = ค่าดูดกลืนแสง (Absorbance)

m = ค่าความชันของกราฟ (slope)

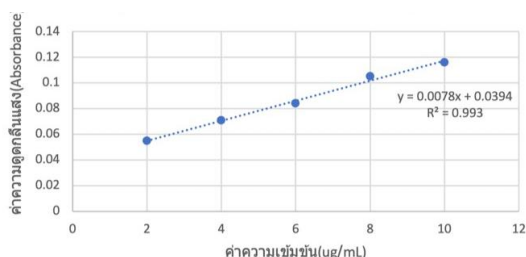
c = จุดตัดแกน y (intercept)

ผลของสารสกัดน้ำมันราชสีห์เมื่อวัดความยาวคลื่นที่ 517 นาโนเมตร ได้สมการเส้นตรง คือ $y = -0.0045x + 0.0526$ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.9864 โดยกำหนดให้ตัวแปร y คือค่าดูดกลืนแสง และตัวแปร x แทนค่าความเข้มข้นของสาร เมื่อพยากรณ์ข้อมูลย้อนกลับจะได้ความเข้มข้นของน้ำมันราชสีห์คือ

รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$) ของสารสกัดน้ำมันราชสีห์



ผลของสารสกัดขมิ้นชันวัดเมื่อความยาวคลื่นที่ 420 นาโนเมตร ได้สมการเส้นตรงคือ $y = 0.0078x + 0.0394$ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.993 โดยกำหนดให้ตัวแปร y คือค่าดูดกลืนแสง และตัวแปร x แทนค่าความเข้มข้นของสารเมื่อพยากรณ์ข้อมูลย้อนกลับจะได้ความเข้มข้นของขมิ้นชัน คือ 56.41 mg/l ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้น (µg/mL) ของสารสกัดขมิ้นชัน

ผลการทดสอบการแห้งของเจลฟิล์มโดยการเทเจลลงบน Petri dish glass

พบว่าสูตรที่ 3 มีประสิทธิภาพในการแห้งดีที่สุด เมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง รองลงมาคือสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพในการแห้งของเจลแต่ละสูตรเมื่อผ่านไป 1 ชั่วโมง

สูตร	ประสิทธิภาพเนื้อเจล
1	เจลเกาะตัว แต่เมื่อสัมผัสยังไม่แห้งสนิท
2	เจลไม่เกาะตัว
3	แห้งสนิทบน Petri dish glass

ผลการทดสอบการแห้งของเจลฟิล์มโดยการเทเจลลงบนหนังหมูโดยพรมน้ำ และน้ำมัน

พบว่าเจลฟิล์มสูตรที่ 3 มีประสิทธิภาพในการแห้งดีที่สุดโดยใช้ระยะเวลา 7 นาที 52 วินาที ในการแห้ง และก่อตัวเป็นฟิล์มรองลงมาคือสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ตามลำดับ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพเนื้อเจลต่อเวลาที่ใช้ในการแห้งสนิทของสูตรเจลฟิล์มแต่ละสูตร

ทดสอบความเหนียวของเจลฟิล์มแปะผิวผสมสารสกัดน้ำมันมะพร้าว และขมิ้นชันด้วยเครื่อง Bostwick Consistometer ในเวลา 10 นาที

ผลการทดสอบพบว่าสูตรที่ 3 มีระยะทางที่เจลเคลื่อนที่น้อยที่สุดแสดงว่ามีความเหนียวมากที่สุด ซึ่งส่งผลให้สามารถก่อตัวเป็นแผ่นฟิล์มบนผิวได้ดี

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพความเหนียวของเนื้อเจลสูตรเจลฟิล์มแต่ละสูตร

สูตร	ระยะทางที่เจลเคลื่อนที่ (cm)
1	7.2
2	8
3	4

ทดสอบค่า pH ของเจลฟิล์มเพื่อให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการใช้บนผิวหนังมนุษย์ด้วยเครื่อง pH meter

ผลการทดสอบพบว่าสูตรที่ 3 มีค่า pH เท่ากับ 4.89 ซึ่งอยู่ในช่วง 4.5 - 5.5 ที่เหมาะสมตามธรรมชาติของผิวหนังมนุษย์

ตารางที่ 7 แสดงผลการทดสอบ ค่า pH ของเจลฟิล์มแต่ละสูตร

สูตร	ค่า pH
1	1.77
2	1.69
3	4.89

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเจลฟิล์มในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus*

ผลการทดสอบพบว่าเจลฟิล์มที่ผสมสารสกัดน้ำมันมะพร้าว และขมิ้นชันจะมีค่า inhibition zone มากที่สุดคือ 22.15 ± 0.64 และสามารถในการยับยั้งเชื้อมากกว่าเจลแต้มผิวทั่วไปในท้องตลาด

สูตร	ประสิทธิภาพเนื้อเจล
1	30 นาที 49 วินาที
2	1 ชั่วโมง 28 นาที
3	7 นาที 52 วินาที

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเจลผสมสารสกัดต่างๆในการยับยั้งแบคทีเรียด้วยเทคนิค disc diffusion

สารทดสอบ	inhibition zone (mm)
เจลฟิล์มไม่ผสมสารสกัด	10.84 ± 1.17
เจลฟิล์มผสมสารสกัด น้ำมันราชสีห์	14.47 ± 1.55
เจลฟิล์มผสมสารสกัดขมิ้นชัน	17.37 ± 1.18
เจลฟิล์มสูตรผสมสารสกัด น้ำมันราชสีห์ และขมิ้นชัน	22.15 ± 0.64
เจลฟิล์มแต้มน้ำส้มซ่าใน ท้องตลาด	18.64 ± 1.66

สรุปผล

สารสกัดจากน้ำมันราชสีห์และขมิ้นชันมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus* โดยมีค่า Inhibition zone เท่ากับ 16.54 ± 1.82 และ 18.40 ± 3.11 mm ค่า MIC เท่ากับ 25 mg/ml และค่า MBC เท่ากับ 100 mg/ml ตามลำดับ และเมื่อนำมารวมกันและพัฒนาเป็นเจลฟิล์มพบว่าสามารถยับยั้งเชื้อได้ดียิ่งขึ้น โดยแสดงค่า Inhibition zone กว้างถึง 22.15 ± 0.64 mm ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเจลแต้มน้ำส้มซ่าในท้องตลาด สำหรับสูตรตำรับที่ดีที่สุดในการขึ้นรูปเจลฟิล์มประกอบด้วยอัตราส่วน PVA : PVP : ไคโตซาน : glycerol เท่ากับ 2.4 : 0.6 : 0.2 : 0.5 ซึ่งให้คุณสมบัติในการเซตตัวเป็นฟิล์มได้เร็ว มีความเหนียวและประสิทธิภาพในการเกาะผิวที่ดี รวมถึงมีค่า pH ที่เหมาะสมต่อผิวหนัง

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ดังนั้นจึงต้องแสดงความขอบคุณทุกท่านดังมีรายนามต่อไปนี้

ขอขอบคุณอาจารย์กชพรรณ จิตตรงค์อาจารย์อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ที่คอยให้ทั้งความรู้ความช่วยเหลือ และคอยให้คำปรึกษาเกี่ยวกับโครงการ

ขอขอบพระคุณโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัยกำแพงเพชร และพิษณุโลกที่ได้ให้การสนับสนุนทุนในการค้นคว้าครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ภัทราภรณ์ สถาพรณเฑียร, วิทยา จันทร์ทิพย์ และพรพรรณ ธีระวิทย์. (2562). การพัฒนาและประเมินคุณสมบัติของฟิล์มพลาสติกใสจากพอลิเมอร์ธรรมชาติสำหรับปิดแผล. *วารสารวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ* 13(2): 11-21.

วัชรินทร์ รังสีภานุรัตน์ และพัชรี กัมมารเจษฎากุล. (2559). ฤทธิ์ของสารสกัดสมุนไพรไทย 10 ชนิด ต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus cereus* และ *Escherichia coli* ATCC 2592. *วารสาร มฉก. วิชาการ*. 19(38): 37.

นุศวดี พจนานุกิจ และสมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม. (2553). เจลสมุนไพรสำหรับยับยั้งแบคทีเรียที่ทำให้เกิดสิว. *วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง*. 19(2): 36-51.

A., & Andrianto, N. (2025). Effect of different Solvents on antioxidant activity of *Euphorbia hirta* L. extract. *Acta Chimica Asiana*, 8(2): 708-71

Williams, M. R., Nakatsuji, T., & Gallo, R. L. (2017). *Staphylococcus aureus* : Master manipulator of the skin. *Cell Host & Microbe*. 22(5): 579-581.