

การรักษาภาวะเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังอักเสบด้วยระบบนำส่ง สารสกัดจากพลูควาในรูปแบบนาโนเจล

ณัฐนิชา แดนประกรณ์ และ ปฐวิภาณ คงกำเหนิด

โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ปทุมธานี

51 หมู่ 6 ตำบลบ่อเงิน อ.ลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี 12140

อีเมล : natnichanancy@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพของระบบนำส่งสารในรูปแบบนาโนเจลบรรจุสารสกัดพลูควา เพื่อพัฒนาเป็นยาในการรักษาภาวะเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังอักเสบ โดยมีเหตุว่า พลูควาเป็นสมุนไพรชนิดหนึ่งที่สารสำคัญมีฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค ผู้จัดทำจึงสนใจจัดทำนาโนเจลบรรจุสารสกัดพลูควาระดับ 5% 10% และ 15% และ ศึกษาประสิทธิภาพในการบรรจุสารสกัด ระดับการซึมเข้าไปในผิวหนัง และ ประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ซึ่งพบว่านาโนเจลที่บรรจุสารสกัดพลูควา 10 % และ 15 % มีปริมาณสารสกัดที่สามารถบรรจุลงในนาโนเจลมากที่สุด สารสกัดสามารถซึมผ่านผิวหนังเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการปรับปรุงระบบนำส่งสารเป็นในรูปแบบนาโนเจล และ นาโนเจลบรรจุสารสกัดพลูควา 10 % และ 15 % สามารถยับยั้ง *S. aureus* ได้

คำสำคัญ: ภาวะเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังอักเสบ, พลูควา, นาโนเจล

1. บทนำ

ภาวะเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังอักเสบคือภาวะติดเชื้อบริเวณเนื้อเยื่อผิวหนัง ซึ่งส่งผลให้มีอาการบวมแดง ปวด หรือร้อนบริเวณที่มีการติดเชื้อ ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่ของภาวะเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังอักเสบนั้นจะมาจากการติดเชื้อแบคทีเรียที่อาจเข้าสู่ร่างกายผ่านทางรอยแผล รอยแตก หรือผิวหนังที่บอบบาง (พบแพทย์, 2561) โดยเชื้อแบคทีเรียชนิดที่พบส่วนใหญ่ คือ *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) จากงานวิจัยของ อินิดา อินตาและคณะ (2562) ที่ได้ศึกษาการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ของสารสกัดหยาบจากหงอนไก่ฝรั่ง (*Celosia argentea*) พบว่า สารจำพวกอัลคาลอยด์ แทนนิน ฟลาโวนอยด์ และ ซาโปนิน อาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้สารสกัดจากใบหงอนไก่ฝรั่งสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียนี้ได้ (อินตา และคณะ, 2562) นอกจากนี้ใบหงอนไก่ฝรั่งยังมีสมุนไพรอีกหลากหลายชนิดที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียเหล่านี้ได้เช่นกัน หนึ่งในนั้นได้แก่ พลูควา (*Houttuynia cordata* Thunb.)

พลูควา หรือควาตอง ควาทอง พืชสมุนไพรหนึ่งที่มีสรรพคุณทางด้านชีวภาพที่หลากหลาย และ

นอกจากนี้พลูควากียังมีสาร Quercetin หนึ่งในกลุ่มสารฟลาโวนอยด์ที่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย (กลุ่มการกิจ, 2563) เนื่องจากสารสำคัญในสารสกัดพลูควาเป็นสารที่ละลายในน้ำได้น้อยหรือแทบจะไม่ละลายเลย จึงทำให้เกิดข้อจำกัดของการซึมผ่านผิวหนัง นั่นก็คือ สารที่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของพลูควาไม่สามารถซึมผ่านเข้าสู่ผิวหนังชั้นลึกได้หรือผ่านได้ในปริมาณที่น้อย และสารนั้นก็ไม่เพียงพอต่อการออกฤทธิ์รักษา จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาระบบนำส่งแบบใหม่ เพื่อนำส่งเข้าสู่ร่างกายและเพิ่มการออกฤทธิ์ของตัวยา จากงานวิจัยของ Luckanagul et al. (2021) ที่ได้ศึกษานาโนเจล ทนความร้อนที่ประกอบเองจากกรดไฮยาลูโรนิกที่กราฟต์เป็นแพลตฟอร์มในการนำส่งสารที่เข้ากันได้ทางชีวภาพบรรจุเคอร์คูมิน ซึ่งพบว่าระบบนำส่งสารผ่านผิวหนังระบบนาโนเจลถือเป็นระบบหนึ่งที่มีศักยภาพในการปรับปรุงการดูดซึมยาและปริมาณยาเคลื่อนที่ไปถึงเซลล์เป้าหมายได้มากขึ้น

ระบบนำส่งสารในรูปแบบนาโนเจลคือระบบนำส่งสารในขนาดอนุภาคนาโนที่เป็นโครงสร้างตาข่าย

พอลิเมอร์ชอบน้ำมีอนุภาคในขนาดนาโนเมตร (Kasa et al., 2019) ซึ่งทางชีวการแพทย์มักสร้างนาโนเจลมาจากพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้จากธรรมชาติ อย่างเช่น กรดไฮยาลูโรนิก เนื่องจากกรดไฮยาลูโรนิกมีคุณสมบัติเด่นในด้านการอุ้มน้ำได้ดี ชอบน้ำ ความเป็นพิษต่ำ และมีคุณสมบัติในการย่อยสลายทางชีวภาพ (ไทยรัฐ, 2563) และนำไปดัดแปลงทางเคมีเป็นโพลี (N- isopropylacrylamide) หรือ pNIPAM พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติทางความร้อนและมีสมบัติในการละลายน้ำขึ้นกับอุณหภูมิ (Luckanagul et al., 2021) เพื่อนำไปเป็นภาชนะสำหรับระบบนำส่งสารผ่านผิวหนัง

ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะศึกษาประสิทธิภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพของนาโนเจลบรรจุสารสกัดพลูควา ซึ่งได้แก่ ปริมาณของสารสกัดที่มีผลต่อขนาดอนุภาคและการกระจายขนาดอนุภาค, ความสามารถในการกักเก็บสารสกัดพืช (% Entrapment efficiency; %EE) และประสิทธิภาพการบรรจุสารสกัด (% Drug loading efficiency; %DLE) ของนาโนเจล ความสามารถในการซึมผ่านผิวหนังด้วย Franz Diffusion Cell และประเมินการต้านแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค เพื่อนำไปพัฒนาเป็นยาในการรักษาภาวะเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังอักเสบได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

2. วิธีการทดลอง

การเตรียมนาโนเจล HA-pNIPAM และบรรจุสารสกัดจากพลูควา

นำใบพลูควาที่เลือกเก็บจากต้นที่สมบูรณ์และไม่เป็นโรคมาล้างให้สะอาด ตากผึ่งลมให้แห้งประมาณ 20 นาที นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 1 วัน และบดให้ละเอียด นำใบพลูควาที่บดแล้วหนัก 200 g มาแช่ในตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 400 ml เป็นเวลา 72 ชั่วโมง กรองตะกอนออกโดยใช้กระดาษกรอง Whatman No.1 และนำตัวอย่างที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกให้แห้งด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40°C จนได้สารสกัดที่เข้มข้น จากนั้นนำสารสกัดเข้มข้นที่ได้มาชั่งน้ำหนักและคำนวณหาร้อยละสารสกัดหยาบที่ได้ (%Yield Crude Extract)

นาโนเจล HA-pNIPAM จากความอนุเคราะห์จากบริษัท แบนโซลูท จำกัด จะถูกเตรียมที่ 0.005%w/v ในบัฟเฟอร์ PBS ตามด้วยโซนิเคชัน (Sonication) เป็น

เวลา 15 นาที ที่งาโนเจลให้ตกตะกอนค้างคืนที่ 4 °C และปั่นเหวี่ยงที่ 3,000g เป็น

เวลา 5 นาที จากนั้นบรรจุสารสกัดพลูควาลงในนาโนเจลซึ่งจะทำได้ด้วยวิธี Incubation method อย่างง่าย โดยใช้อัตราส่วนระหว่าง นาโนเจล HA-pNIPAM ต่อปริมาณสารสกัดพลูควา เป็นดังนี้ 100:0 95:5 90:10 และ 85:15% v/v นำสารละลายสารสกัดพลูควาเติมแบบหยดลงใน 0.005% HA-pNIPAM nanogel และจะถูกนำมาทำการหมุนเหวี่ยงที่ 500 rpm หลังจากนั้นนาโนเจลบรรจุสารสกัดพลูควาจะถูกบ่มไว้ที่ 4 °C ป้องกันจากแสงเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ซึ่งสูตรนาโนเจลที่บรรจุสารสกัดพลูควาที่ถูกตั้งชื่อว่า พลูควา-HApNIPAM หรือ PK-HApNIPAM

ขนาดอนุภาคและการกระจายขนาดอนุภาคนาโนเจล

นำนาโนเจลที่บรรจุสารสกัดในปริมาณที่แตกต่างกัน (0% 5% 10% และ 15% v/v) ไปวัดขนาดอนุภาคและการกระจายขนาดอนุภาค ด้วยเทคนิค Dynamic Light Scattering (DLS) จากเครื่อง Zetasizer Nano ZS 90 Nanoparticle Size Analyzer และทำการวัดค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค (DLS x) และค่าพีดีไอ (Polydispersity index; PDI)

การกักเก็บสารสกัดพืช (%EE) และประสิทธิภาพการบรรจุสารสกัด (%DLE)

นำนาโนเจลที่บรรจุปริมาณสารสกัดพลูควาที่แตกต่างกันมาหาปริมาณสารสกัดพลูควาที่มีอยู่หลังจากการบรรจุลง นาโนเจล โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่มองเห็นด้วยแสง UV ที่ความยาวคลื่น 230 นาโนเมตร จากนั้นนำนาโนเจลไปปั่นเหวี่ยงแยกชั้นระหว่างน้ำกับนาโนเจลเพื่อหาสารสกัดพลูควาที่อยู่ในโพลีเมอร์ที่ 14,000 g, 4 °C, 15 นาที และวัดใหม่อีกครั้ง จากนั้นนำนาโนเจลที่ได้ไปหาสารสกัดพลูควาเทียบกับกราฟสารมาตรฐาน คำนวณ %EE โดยนำน้ำหนักของสารสกัดที่ถูกกักเก็บในนาโนเจลส่วนด้วยน้ำหนักของสารสกัดทั้งหมดที่ใช้คุณหนึ่งร้อย และ %DLE น้ำหนักของสารสกัดที่ถูกบรรจุในนาโนเจลหาร

ด้วยน้ำหนักของนาโนเจลที่ไม่ได้บรรจุสารสกัดคุณ
หนึ่งร้อย

เกิดขึ้นจากการเกิดบริเวณใสจากปลายวงอีกฝั่งถึงอีก
ฝั่ง

ระดับการซึมเข้าไปในผิวหนังของสารสกัด

ทำการเตรียมผิวหนังจากหลังใบหูของสุกร
เพื่อใช้ในการทดสอบการซึมผ่านด้วยวิธีของ
Luckanagul et al. (2021) และเริ่มการศึกษาระดับ
ปริมาณสารสกัดที่สามารถซึมผ่านผิวหนังด้วยเครื่อง
Franz Diffusion Cell โดยตั้งค่าอุณหภูมิของ
receptor ที่ 37 °C และตั้งค่าความเร็ว magnetic
stirrer ที่ 100 rpm จากนั้นเปิดเครื่องและตัดหนังสุกร
ให้มีขนาดใหญ่กว่า donor chamber มาซึ่งประกบใน
ส่วนของ acceptor จะใช้ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (PBS) ที่มี
ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.4 ปริมาตร 12
มิลลิลิตร เป็นตัวกลาง การเก็บตัวอย่างสารจาก
acceptor part จะเก็บครั้งละ 1 มิลลิลิตร ที่เวลา 1, 2,
4, 8 และ 24 ชั่วโมง ทุกครั้งที่เก็บตัวอย่างจะทำการ
เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ใหม่ปริมาตร 1 mL
ลงไปทดแทน หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์
ด้วย เครื่อง UV-visible สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เพื่อหา
ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 230 nm และนำ
ค่าการดูดกลืนแสงไป คำนวณหาปริมาณของสารสกัด
พลาควาที่พบในตัวอย่างโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน
(Standard curve)

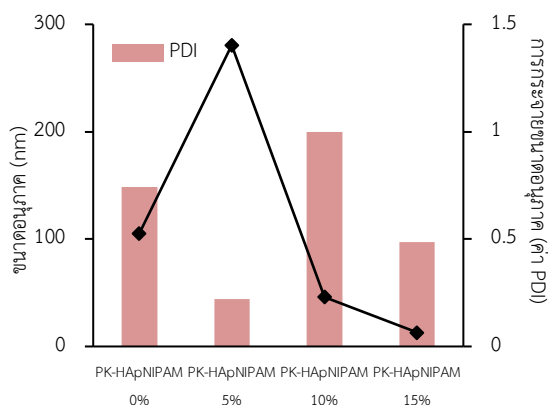
ประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย *S. aureus*

การทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของ
Staphylococcus aureus ด้วยวิธี Agar disc diffusion
โดยมีวิธีการทดสอบ คือ เตรียมจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่
มีอาหาร Potato dextrose agar (PDA) แลเตรียมเชื้อ
Staphylococcus aureus ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller
Hinton Broth (MB) จากนั้นนำไม้พินสาลีที่ผ่านการ
ฆ่าเชื้อแล้วจุ่มลงในสารแขวนลอยที่เจือจางไว้ ทา
(swab) ลงบนผิวหน้าของอาหารแข็ง จากนั้นวางแผ่น
ทดสอบลงบนผิวหน้าของอาหารที่มีเชื้อที่ต้องการ
ทดสอบ แล้วนำสารสกัดพลาควาความเข้มข้น 15% v/v
และนาโนเจลที่บรรจุสารสกัดพลาควาในปริมาณที่
แตกต่างกัน (5% 10% และ 15% v/v) ปริมาตร 20
mL หยดลงบนแผ่นทดสอบ และทิ้งไว้ให้แห้ง หลังจาก
นั้นนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อทั้งหมดไปบ่มที่อุณหภูมิ 37
องศาเซลเซียสเป็น เวลา 24 ชั่วโมง และทำการวัด
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้ง (inhibition zone) ที่

3. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง สารสกัดหยาบและขนาดอนุภาคของนาโนเจล

จากการศึกษาพบว่า ร้อยละสารสกัดหยาบที่ได้
มีค่า ร้อยละ 2.11 และสามารถสรุปผลได้ดังรูปที่ 1 ซึ่ง
พบว่า นาโนเจล PK-HApNIPAM 15% มีขนาดอนุภาค
เล็กที่สุด (13.1 ± 1.5 nm) และนาโนเจล PK-
HApNIPAM 5% มีขนาดอนุภาคใหญ่ที่สุด ($280.6 \pm$
 3.3 nm) ซึ่งสอดคล้องกับบทความวิจัยของ ศุภางค์ คน
ดี (2560) ที่ได้กล่าวไว้ว่า ตัวรับที่มีอนุภาคยาที่ละลาย
น้ำได้น้อย ขนาดอนุภาคจะมีความสำคัญในการ
ปลดปล่อย โดยอนุภาคที่ขนาดใหญ่กว่า 10,000 nm
จะคงค้างอยู่บนผิวหนัง อนุภาคขนาด 3,000 – 10,000
nm จะสะสมที่รูขุมขน ส่วนอนุภาคที่ขนาดเล็กกว่า
3,000 nm สามารถแทรกผ่านทั้งรูขุมขน และชั้นหนัง
กำพวด (คนดี, 2560) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง
ที่นาโนเจลบรรจุสารสกัดพลาควาทั้ง 3 ความเข้มข้นมี
ขนาดอนุภาคในขนาดนาโนเมตร จึงสามารถซึมผ่าน
ผิวหนังในชั้นหนังกำพวดเพื่อปลดปล่อยยาและดูดซึม
ในชั้นใต้ผิวหนังจนถึงชั้นเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังชั้นที่ลึกลง
ไปได้

การกระจายขนาดอนุภาคของ PK-HApNIPAM
5% มีการกระจายตัวดีที่สุด (PDI เท่ากับ $0.22 \pm$
 0.027) รองลงมาคือ PK-HApNIPAM 15% (PDI
เท่ากับ 0.487 ± 0.007) และ ของ PK-HApNIPAM
10% (PDI เท่ากับ 1.00) ตามลำดับ โดยพื้นฐานแล้ว
ค่า PDI จะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.0 (สำหรับนาโนเจลที่
สม่ำเสมออย่างสมบูรณ์แบบเมื่อเทียบกับขนาด
อนุภาค) ถึง 1.0 (สำหรับนาโนเจลที่มีการกระจายตัว
สูงซึ่งมีหลายขนาดอนุภาค) ในทางการนำไปใช้ควรมี



รูปที่ 1. ขนาดอนุภาคและการกระจายขนาดของอนุภาค (ค่า PDI)

ค่า PDI ที่น้อยกว่า 0.5 เนื่องจากเป็นค่า PDI ที่เป็นตัวบ่งชี้การรวมตัวของอนุภาค หากมีค่ามากกว่านาโนเจลจะแสดงอยู่ในระบบ polydisperse ซึ่งมีลักษณะเป็นค่าเข้าใกล้ 0 นาโนเจลจะแสดงอยู่ในระบบ monodisperse ระบบที่มีลักษณะเป็นอนุภาคขนาดสม่ำเสมอในระยะการจัดกระจายของระบบกระจายตัว (Danaei et al., 2018)

จากผลการทดลองนี้พบว่านาโนเจลบรรจุสารสกัดพลูควาที่มีขนาดอนุภาคและการกระจายอนุภาคที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้คือ PK-HApNIPAM 15% ที่มีขนาดอนุภาคที่สามารถซึมผ่านผิวหนังได้และการกระจายขนาดอนุภาคต่ำกว่า 0.5

การกักเก็บสารสกัดและการบรรจุสารสกัด

จากการศึกษาหาความสามารถในการกักเก็บสารสกัดพืช (%EE) และประสิทธิภาพการบรรจุสารสกัด (%DLE) ของนาโนเจลบรรจุปริมาณสารสกัดที่แตกต่างกัน สามารถสรุปผลได้ดังรูปที่ 2 ซึ่งพบว่า PK-HApNIPAM 10% มี %EE และ %DLE มากที่สุด รองลงมาคือ PK-pNIPAM 15% และ PK-HApNIPAM 5% ตามลำดับ จากผลการทดลองจะสังเกตได้ว่าร้อยละสารสกัดที่อยู่ในโพลีเมอร์ของนาโนเจลมีร้อยละที่น้อยมาก ผู้วิจัยคาดว่า เกิดจากปริมาณสารสกัดพลูควาที่นำไปบรรจุมีมากเกินไป ประกอบกับสารสกัดพลูความีความข้นหนืดเป็นสารหนืด

เมื่อนำไปปั่นเหวี่ยงสารสกัดพลูควาจึงตกตะกอนมาก ทำให้ % EE และ % DLE มีค่าร้อยละที่น้อย และอีกสาเหตุคาดว่าเกิดจากร้อยละปริมาณโพลีเมอร์ HApNIPAM ใน PBS ที่น้อยเกินไป หรือเกิดจากความคง

ตัวของนาโนเจลที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากนาโนเจลถูกกักเก็บไว้เป็นเวลา 27 วันก่อนการทดสอบ จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าส่วนมากปริมาณสารสกัดพลูควาของ PK-HApNIPAM 15% และ PK-

PK-HApNIPAM	%DLE	%EE	ปริมาณสารสกัดก่อนปั่นเหวี่ยง (µg/ml)	ปริมาณสารสกัดหลังปั่นเหวี่ยง (µg/ml)
5%	0.1	0	89.84	0.4
10%	20.3	0.1	195.24	101.7
15%	19.9	0.07	393.18	99.4

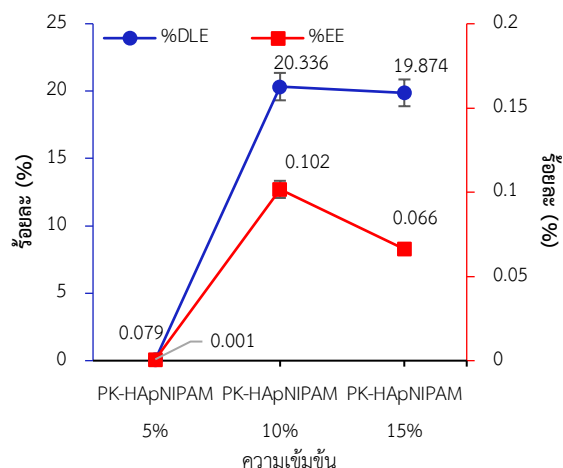
ตารางที่ 1. ร้อยละการกักเก็บสารสกัดพืช, ประสิทธิภาพการบรรจุสารสกัดและปริมาณสารสกัด

HApNIPAM 5% จะอยู่ในบริเวณของส่วนเอทานอลมากกว่าอยู่ในโพลีเมอร์ของนาโนเจล

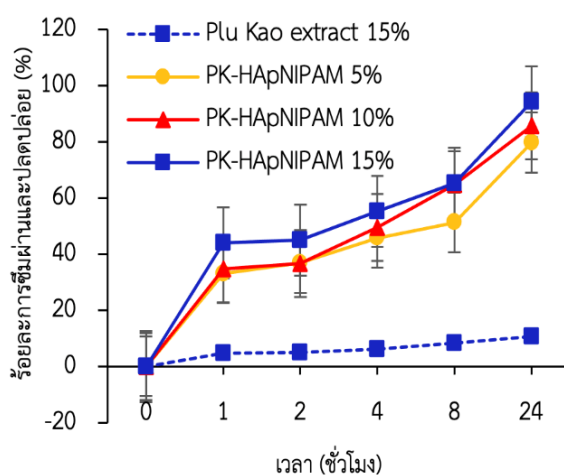
จากผลการทดลองนี้พบว่านาโนเจลบรรจุสารสกัดพลูควาที่มีความสามารถในการกักเก็บสารสกัดและประสิทธิภาพการบรรจุสารสกัดที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้คือ PK-HApNIPAM 10% และ PK-HApNIPAM 15% ที่มีร้อยละการบรรจุสารสกัดและประสิทธิภาพการบรรจุสารสกัดที่มากที่สุด ควรมีการศึกษาทำวิจัยเพิ่มเติมสำหรับระยะเวลาในการกักเก็บสารต่อความสามารถในการกักเก็บสารสกัดพืช (%EE) และประสิทธิภาพการบรรจุสารสกัด (%DLE) ที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อที่จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการบรรจุของนาโนเจลเพิ่มมากขึ้นด้วย

ระดับการซึมผ่านเข้าไปในผิวหนังของสารสกัด

จากการศึกษาหาระดับสารสกัดที่สามารถซึมผ่านเข้าไปในผิวหนังด้วย Franz Diffusion Cell ของสารสกัดพลูควา 15 % และนาโนเจลในปริมาณสารสกัดที่แตกต่างกัน 3 ความเข้มข้น สามารถสรุปผลได้ดังรูปที่ 3 ซึ่งพบว่า PK-HApNIPAM 15% มีร้อยละการซึมผ่านมากที่สุด รองลงมาคือ PK-HApNIPAM 10% และ PK-HApNIPAM 5% ตามลำดับ แต่ความแตกต่างระหว่างการซึมผ่านของนาโนเจลบรรจุสารสกัดจากพลูความีร้อยละที่น้อยมากและนาโนเจลบรรจุสารสกัดจากพลูควา 5% ก็มีร้อยละการซึมผ่านที่มากอยู่แล้ว เราจึงมีเหตุผลที่ไม่จำเป็นต้องใช้นาโนเจลบรรจุสารสกัดพลูควาถึง 15% แสดงว่าเมื่อสารสกัดพลูควาได้รับการปรับปรุงการดูดซึมสารผ่านผิวหนังด้วยระบบนำส่ง



รูปที่ 2. ร้อยละความสามารถในการกักเก็บสารสกัดพืช (%EE) และประสิทธิภาพการบรรจุสารสกัด (%DLE)



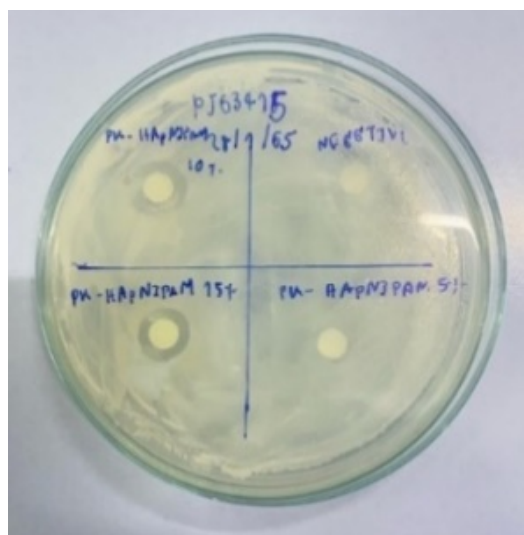
รูปที่ 3. ร้อยละระดับสารสกัดที่สามารถซึมผ่านเข้าไปในผิวหนังต่อเวลา

สารในรูปแบบนาโนเจลจะทำให้สารสกัดพืคลูควาสามารถซึมผ่านผิวหนังได้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Luckanagul et al. (2021)

จากผลการทดลองนี้พบว่านาโนเจลบรรจุสารสกัดพืคลูควาที่มีประสิทธิภาพในการซึมผ่านผิวหนังที่ดีที่สุดคือ PK-HApNIPAM 15% แต่เนื่องจากความแตกต่างของร้อยละในการซึมผ่านผิวหนังมีค่าน้อย เราจึงสามารถใช้ทั้ง PK-HApNIPAM 10% และ PK-HApNIPAM 5% แทนได้เช่นกัน

การยับยั้งแบคทีเรีย *S. aureus* ของสารสกัด

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย *S. aureus* จากการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้ง (inhibition zone) ของสาร



นาโนเจล PK-HApNIPAM: a = 5%, b = 10%, c = 15%, d = 0%

รูปที่ 4. การยับยั้งแบคทีเรีย *S. aureus*

สกัดพืคลูควา 15 % และนาโนเจลในปริมาณสารสกัดที่แตกต่างกัน 3 ความเข้มข้น สามารถสรุปผลได้ดังรูปที่ 4 และตารางที่ 2 พบว่านาโนเจลบรรจุสารสกัดพืคลูควา PK-HApNIPAM 10% มีความสามารถในการยับยั้งโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางการยับยั้ง มากที่สุด และรองลงมาคือ PK-HApNIPAM 10 % ในส่วนของนาโนเจล PK-HApNIPAM 5 % พบว่าไม่มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย *S. aureus* ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาหาร้อยละความสามารถในการกักเก็บสารสกัดพืช (% EE) และประสิทธิภาพการบรรจุสารสกัด (% DLE) ที่พบว่าปริมาณการบรรจุสารสกัดของ PK-HApNIPAM 10 % และ 15 % มีค่ามากกว่า 5 % บรรจุได้น้อยดังรูปที่ 2

จากผลการทดลองพบว่านาโนเจลบรรจุสารสกัดพืคลูควาที่มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย *S. aureus* ได้มากที่สุดคือ PK-HApNIPAM 10% ซึ่งมีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียได้ ซึ่งเหมาะสำหรับการนำไปพัฒนาเป็นยาทางชีวภาพ

4. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองดังกล่าวทั้งหมดทำให้ทราบว่าระบบนำส่งสารในรูปแบบนาโนเจลบรรจุสารสกัดพืคลูความีความสามารถในการปรับปรุงเรื่องการดูดซึมสารผ่านผิวหนังได้เพิ่มมากขึ้นโดยมีขนาดอนุภาคที่เล็กในระดับนาโนเมตร และยังมีสามารถในการกักเก็บสารสกัดพืคลูควาที่ได้ และที่สำคัญนาโนเจลบรรจุสารสกัดพืคลูควานี้มีฤทธิ์ทางชีวภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* อีกด้วย แสดงให้เห็นว่านาโนเจลบรรจุสารสกัดพืคลูความีประสิทธิภาพ

และฤทธิ์ทางชีวภาพที่จะสามารถนำไปพัฒนาเป็นยาทางชีวภาพในการรักษาภาวะเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังอักเสบ

PK-HApNIPAM	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้ง (มิลลิเมตร)			
	1	2	3	เฉลี่ย
0%	NA	NA	NA	NA
5%	NA	NA	NA	NA
10%	12.5	13.0	12.0	12.5 ± 0.4
15%	11.0	10.5	11.0	10.8 ± 0.2

หมายเหตุ NA หมายถึง ไม่สามารถยับยั้งได้

ตารางที่ 2. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้งแบคทีเรีย ของสารสกัดพลูควาและนาโนเจลบรรจุสารสกัดพลูควาในปริมาณที่แตกต่างกัน

ได้ อีกทั้งยังเป็นยาตัวเลือกในการรักษาทางการแพทย์ได้ต่อไปในอนาคต

5. เอกสารอ้างอิง

กลุ่มภารกิจด้านวิเคราะห์และประมวลข่าวสาร สำนักสารนิเทศ. (2563). พลูควา-ควาตอง ผักพื้นบ้านต้านไวรัส. สืบค้น 11 มิถุนายน 2564, จาก [https://pr.moph.go.th/print.php?url=pr/ไทยรัฐ. \(2563\). "ไฮยาโลโรนิก" ความลับแห่งความงาม. สืบค้น 11 มิถุนายน 2564, จาก https://www.thairath.co.th/women/beauty/health/1894288](https://pr.moph.go.th/print.php?url=pr/ไทยรัฐ. (2563). \)

ธินิดา อินตา, อาริสสา แซ่ลี, ภรภัทร สำอางค์, มนตรา ศรีชะแย้ม, วราภรณ์ ฝาดี และอรุณลักษณ์ โชติ นาครินทร์. (2562). การยับยั้งเชื้อ Staphylococcus aureus และ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากหงอนไก่ฝรั่ง. พิษณุโลก: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

พบแพทย์. (2561). Cellulitis (เซลล์เนื้อเยื่ออักเสบ). สืบค้น 4 มิถุนายน 2564, จาก <https://www.pobpad.com/cellulitis-เซลล์เนื้อเยื่ออักเสบ>

ศุภางค์ คนดี (2560). ขนาดอนุภาคนั้นสำคัญไฉน. พะเยา: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา.

Danaei, M., Dehghankhold, M., Ataei, S., Davarani, F. H., Javanmard, R., Dokhani, A., Khorasani S. and Mozafari, M. R. (2018). Impact of Particle Size and Polydispersity Index on the Clinical Applications of Lipidic Nanocarrier Systems. *Pharmaceutics* 10 (2). DOI: 10.3390/pharmaceutics10020057

Kasa, P., Farran, B., Raju, G. S. (2019) Are Nanocarriers Effective for the Diagnosis and Treatment of Pancreatic Cancer? In G. P. Nagaraju (Ed.), *Cancer Sensitizing Agents for Chemotherapy* (pp. 159 – 174, Ch. 10). Academic Press. DOI.org/10.1016/B978-0-12-817661-0.00010-X

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์พรพรรณ โฉมวงษ์ และอาจารย์วรางคณา ชูภักดี อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. สมร ปาโท ผู้อำนวยการโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี ผศ.ภญ.ดร.จิตติมา ลัคนากุล คณาจารย์ภาควิชาวิทยาการเภสัชกรรมและเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมถึงพี่นักศึกษา ภาควิชาวิทยาการเภสัชกรรมและเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณ บริษัท แนนโซลูท จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์นาโนเจลไฮยาโลโรนิกกราฟเฟลต และโครงการประกวดนักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์ ประจำปี 2565 (Young Scientist Competition 2022) ที่มอบทุนสนับสนุนในการทำโครงงานครั้งนี้