สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 2013

ประสิทธิภาพของพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบฉวยโอกาส

เอื้อมพร เอี่ยมแพร

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

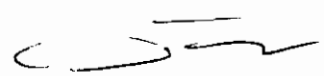
2 ธ.ค. 2557
337477

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา
มีนาคม 2557

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ เอื้อมพร เอี่ยมแพร ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิสาตรี คงเจริญสุนทร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.จินตนา จิรถาวร)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิสาตรี คงเจริญสุนทร)

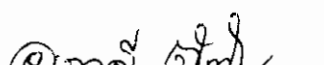
.....กรรมการ

(ดร.พรเพ็ญ อาทรกิจวัฒน์)

.....กรรมการ

(ดร.พัชรนันท์ อมรรัตนพันธ์)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษาของมหาวิทยาลัยบูรพา



..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ. .....

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา
จากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
ปีการศึกษา 2553
ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์/ดุษฎีนิพนธ์
จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ประจำปีงบประมาณ 2556

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.วิสาตรี คงเจริญสุนทร อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำพร้อมทั้งชี้แนะแนวทางและให้ความช่วยเหลือทั้งในด้านวิชาการและด้านปฏิบัติการวิจัย ตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องและสนับสนุนด้านต่าง ๆ จนงานวิจัยฉบับนี้เรียบร้อยและสมบูรณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.พรเพ็ญ อาทรกิจวัฒน์ ที่อนุเคราะห์วัสดุสังเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ พร้อมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขรายงานการวิจัยให้ถูกต้อง สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.จินตนา จิรถาวรซึ่งเป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ดร.พัชรนันท์ อมรรัตนพันธ์ ซึ่งกรุณามาเป็นกรรมในการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำเกี่ยวกับเทคนิคทางจุลชีววิทยา

ขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

เนื่องจากผู้วิจัยได้รับทุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ คุณพ่อ น้องสาว เพื่อนร่วมชั้น น้องนิสิตร่วมห้องปฏิบัติการทุกคนที่ให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

เอื้อมพร เอี่ยมแพร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

53990132: สาขาวิชา: ชีววิทยาศึกษา; วท.ม. (ชีววิทยาศึกษา)
คำสำคัญ: แบคทีเรียแกรมลบฉวยโอกาส/ พอลิยูรีเทน/ นาโนซิลเวอร์/ การยับยั้งการเจริญ

เอื้อมพร เอี่ยมแพร: ประสิทธิภาพของพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบฉวยโอกาส(THE ANTIBACTERIAL ACTIVITIES OF POLYURETHANE MIXED WITH NANOSILVER AGAINST OPPORTUNISTIC GRAM-NEGATIVE BACTERIA) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: วิสาตรี คงเจริญสุนทร, Ph.D. 68 หน้า. ปี พ.ศ. 2557.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ซึ่งเตรียมฟิล์มที่อุณหภูมิแตกต่างกัน (25 60 และ 80 องศาเซลเซียส) และเข้มข้นของนาโนซิลเวอร์แตกต่างกัน (40 100 200 500 1000และ 2000 ppm) ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแกรมลบฉวยโอกาส คือ *Escherischia coli* ATCC25913, *Pseudomonas aeruginosa* ดื้อยาและไม่ดื้อยาและ *Proteus mirabilis* ด้วยวิธี Agar diffusion Susceptibility Test และ Broth dilution Susceptibility Test และศึกษาผลของพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียต่อหน่วยเวลา เพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (Time-kill curve)

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์เตรียมฟิล์มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแกรมลบฉวยโอกาส โดยมีค่า MIC ระหว่าง 100 -- 1000 ppm และพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์เข้มข้น 1000 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *P. aeruginosa* สูงที่สุด คือ ร้อยละ 86.70 จึงเลือก *P. aeruginosa* มาศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียต่อหน่วยเวลา พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้ในช่วง log phase และที่เวลาชั่วโมงที่ 6 และพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ซึ่งเตรียมฟิล์มที่อุณหภูมิ 25 และ 60 องศาเซลเซียส จะยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ดีกว่าอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์มีประสิทธิภาพต้านเชื้อแบคทีเรียแกรมลบฉวยโอกาสและมีศักยภาพที่จะนำไปพัฒนาเป็นเวชภัณฑ์ต่อไป

53990132: MAJOR: BIOLOGY EDUCATIONAL; M.Sc.
(BIOLOGY EDUCATIONAL)
KEYWORDS: OPPORTUNISTIC GRAM-NEGATIVE BACTERIA/ POLYURETHANE/
NANOSILVER/ ANTIBACTERIAL

UAMPORN IAMPRAE: THE ANTIBACTERIAL ACTIVITIES OF POLYURETHANE MIXED WITH NANOSILVER AGAINST OPPORTUNISTIC GRAM-NEGATIVE BACTERIA. ADVISORY COMMITTEE:WISATRE KONGCHAREONSUNTORN, Ph.D.68 P. 2014.

The objectives of this research were to study the antibacterial activities of polyurethane mixed with nanosilver, which had been prepared at 3 different temperatures (25, 60 and 80°C), and with 5 different silver concentrations (40, 100, 200, 500, 1000 and 2000 ppm). The polyurethane mixed with nanosilver were tested against opportunistic gram-negative bacterium, *Escherischia coli* ATCC25913, drug-resistant and non-resistant *Pseudomonas aeruginosa* and *Proteus mirabilis*, by Agar diffusion Susceptibility Testand Broth dilution Susceptibility Test. Also, time-kill curve were conducted to find the times that the polyurethane mixed with nanosilver could kill bacteria.

The results showed that polyurethane mixed with nanosilver the sample prepared at 25°C inhibited the growth of opportunistic gram-negative bacteria. with MIC of 100 – 1000 ppm, and also polyurethane mixed with 1000 pmm nanosilver showed the highest antibacterial activity against *P. aeruginosa* at 86.70% of inhibition. Therefore, the time-kill curve of *P. aeruginosa* was selected and performed by mixing polyurethane with 1000 ppm nanosilver. The result was shown that polyurethane with 1000 ppm nanosilver inhibited the bacterial growth at log phase (at 6 hours after incubation). In addition, polyurethane mixed with nanosilver prepared at 25 and 60°C showed higher antibacterial activity than that at 80°C at a 0.01 statistically significant level. Thus, these results suggest that polyurethane mixed with nanosilver can be used as an effective growth inhibitor in opportunistic gram-negative bacteria,making it applicable to medical devices.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

สมมติฐานของการวิจัย..... 3

ขอบเขตของการวิจัย..... 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 4

สถานที่ปฏิบัติการทดลองงานวิจัย..... 4

ระยะเวลาทำการทดลอง..... 4

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5

พอลิยูรีเทน..... 5

ประวัติของพอลิยูรีเทนและสภาพปัจจุบัน..... 7

การประยุกต์ใช้งานพอลิยูรีเทน..... 7

การใช้พอลิยูรีเทนในทางการแพทย์..... 7

การใช้โลหะเงินในการยับยั้งแบคทีเรีย..... 10

การใช้นาโนซิลเวอร์ทางการแพทย์..... 11

กลไกการฆ่าเชื้อของโลหะเงิน..... 11

ความปลอดภัยในการใช้นาโนซิลเวอร์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย..... 12

เชื้อแบคทีเรียฉวยโอกาส..... 12

การกระจายของการติดเชื้อในโรงพยาบาล..... 13

กลไกของการแพร่เชื้อฉวยโอกาส..... 13

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

การรักษาที่อำนวยให้เกิดการติดเชื้อในโรงพยาบาล..... 14

เชื้อแบคทีเรียสาเหตุของการติดเชื้อในโรงพยาบาล 14

เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ 15

ยาปฏิชีวนะที่ใช้ในการทดสอบ..... 21

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 23

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 26

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี..... 26

วิธีดำเนินการทดลอง..... 28

การทดสอบประสิทธิภาพของพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์เตรียมฟิล์มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย 28

การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบของพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ เตรียมฟิล์มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....29

การศึกษาผลของ Polyurethane ผสมนาโนซิลเวอร์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบต่อหน่วยเวลา (time-kill curve assay)..... 30

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์เตรียมฟิล์มที่อุณหภูมิ 25, 60 และ 80 องศาเซลเซียส..... 31

การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ 31

4 ผลการวิจัย..... 32

การทดสอบประสิทธิภาพของพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ที่เตรียมฟิล์มด้วยอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย..... 32

การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบ..... 33

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ในการยับยั้งแบคทีเรีย ด้วยค่า The effectiveness of the PU-silver nitrate antibacterial activity.. 33

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

การศึกษาผลของพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบต่อหน่วยเวลา..... 36

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ เตรียมฟิล์มที่อุณหภูมิ 25, 60 และ 80 องศาเซลเซียส..... 37

5 อภิปรายและสรุปผล..... 41

ข้อเสนอแนะ..... 44

บรรณานุกรม..... 45

ภาคผนวก..... 50

ภาคผนวกก..... 51

ภาคผนวกข..... 54

ประวัติย่อของผู้วิจัย..... 68

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 ความทนทานต่อกระบวนการทำให้ปลอดเชื้อ (Sterilization) ของพอลิยูรีเทน 6

2-2 ข้อดีและข้อด้อยของพอลิยูรีเทนสำหรับการใช้งานทางการแพทย์..... 8

2-3 การใช้พอลิยูรีเทนในทางการแพทย์ 8

4-1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญแบคทีเรีย 3 ชนิด ของพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์เตรียมฟิล์มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส..... 32

4-2 จำนวนเซลล์แบคทีเรียในการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อด้วยวิธี Broth dilution Susceptibility Test..... 34

4-3 ประสิทธิภาพของพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ในการยับยั้งแบคทีเรีย..... 34

4-4 จำนวนโคโลนีที่เปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ทดสอบด้วยพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ความเข้มข้น 1000 ppm 36

4-5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ที่เตรียมฟิล์มด้วยอุณหภูมิแตกต่างกัน 38

4-6 การทดสอบผลของอุณหภูมิในการเตรียมฟิล์มพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ต่อความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบด้วยวิธี Broth Dilution Susceptibility Test 39

ข-1 จำนวนโคโลนี*E. coli*ที่เจริญบนอาหาร NA เมื่อทดสอบกับพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ที่ความเข้มข้นและอุณหภูมิการเตรียมฟิล์มแตกต่างกัน..... 55

ข-2 จำนวนโคโลนีของ *E. coli* เมื่อทดสอบด้วยพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ที่ความเข้มข้นและอุณหภูมิการเตรียมฟิล์มแตกต่างกัน..... 56

ข-3 จำนวนโคโลนี*P. aeruginosa* ที่เจริญบนอาหาร NA เมื่อทดสอบกับพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ที่ความเข้มข้นและอุณหภูมิการเตรียมฟิล์มแตกต่างกัน..... 57

ข-4 จำนวนโคโลนีของ *P. aeruginosa* เมื่อทดสอบด้วยพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ที่ความเข้มข้นและอุณหภูมิการเตรียมฟิล์มแตกต่างกัน..... 58

ข-5 จำนวนโคโลนี*P. aeruginosa* ดื้อยาที่เจริญบนอาหาร NA เมื่อทดสอบกับพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ที่ความเข้มข้นและอุณหภูมิการเตรียมฟิล์มแตกต่างกัน..... 59

ข-6 จำนวนโคโลนีของ *P. aeruginosa* ดื้อยา เมื่อทดสอบด้วยพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ที่ความเข้มข้นและอุณหภูมิการเตรียมฟิล์มแตกต่างกัน..... 60

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข-7 จำนวนโคโลนี*P. mirabilis*ที่เจริญบนอาหาร NA เมื่อทดสอบกับพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ที่ความเข้มข้นและอุณหภูมิการเตรียมฟิล์มแตกต่างกัน..... 61

ข-8 จำนวนโคโลนีของ *P. mirabilis* เมื่อทดสอบด้วยพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ที่ความเข้มข้นและอุณหภูมิการเตรียมฟิล์มแตกต่างกัน..... 62

ข-9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เปรียบเทียบจำนวนโคโลนี (CFU/mL) ของ *E. coli* เมื่อทดสอบด้วยพอลิยูรีเทนเตรียมฟิล์มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มของนาโนซิลเวอร์ต่างกัน โดยวิธี Random Completely Block Design (RCBD) ด้วยวิธีของ Duncan..... 63

ข-10 ตาราง Homogeneous Subset จำนวนโคโลนี (CFU/mL) ของ*E. coli* เมื่อทดสอบด้วยพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 63

ข-11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เปรียบเทียบจำนวนโคโลนี (CFU/mL) ของ *P. aeruginosa* เมื่อทดสอบด้วยพอลิยูรีเทนเตรียมฟิล์มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มของนาโนซิลเวอร์ต่างกัน โดยวิธี Random Completely Block Design (RCBD) ด้วยวิธีของ Duncan 64

ข-12 ตาราง Homogenous Subset จำนวนโคโลนี (CFU/mL) ของ*P. aeruginosa* เมื่อทดสอบด้วยพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 64

ข-13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เปรียบเทียบจำนวนโคโลนี (CFU/mL) ของ *P. aeruginosa* ดื้อยา เมื่อทดสอบด้วยพอลิยูรีเทนเตรียมฟิล์มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มของนาโนซิลเวอร์ต่างกัน โดยวิธี Random Completely Block Design (RCBD) ด้วยวิธีของ Duncan..... 65

ข-14 ตาราง Homogenous Subset จำนวนโคโลนี (CFU/mL) ของ*P. aeruginosa* ดื้อยาเมื่อทดสอบด้วยพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 65

ข-15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เปรียบเทียบจำนวนโคโลนี (CFU/mL) ของ *P. mirabilis* เมื่อทดสอบด้วยพอลิยูรีเทนเตรียมฟิล์มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มของนาโนซิลเวอร์ต่างกัน โดยวิธี Random Completely Block Design (RCBD) ด้วยวิธีของ Duncan 66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข-16 ตาราง Homogeneous Subset จำนวนโคโลนี (CFU/mL) ของ*P. mirabilis* เมื่อทดสอบด้วยพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 66

ข-17 เปรียบเทียบความแปรปรวนจำนวนโคโลนี (CFU/mL) ต่อ ความเข้มข้นของนาโนซิลเวอร์ อุณหภูมิการเตรียมฟิล์ม และชนิดของเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี ANOVA... 67

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2-1 การสังเคราะห์พอลิยูรีเทน 5

2-2 กลุ่มยูรีเทน (urethane) 5

2-3 โครงสร้างแสดงส่วนแข็ง (Hard Segment) และส่วนอ่อน (Soft Segment) ของพอลิยูรีเทน 6

2-4 เซลล์ *E. coli* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 15

2-5 เซลล์ *P. aeruginosa* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 17

2-6 การติดเชื้อ *P. aeruginosa*..... 18

2-7 เซลล์ *P. mirabilis* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์..... 21

2-8 สูตรโครงสร้างของแอมพิซิลลิน 22

2-9 สูตรโครงสร้างของเตตราซัยคลิน..... 23

4-1 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีแบคทีเรีย (CFU ต่อมิลลิลิตร) พอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ..... 35

4-2 ประสิทธิภาพของพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ในการยับยั้งแบคทีเรีย (EAA)..... 35

4-3 การเจริญของเชื้อ *P. aeruginosa* ในกลุ่มควบคุม (พอลิยูรีเทน) และกลุ่มทดลอง (พอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์เข้มข้น 1000 ppm) ในช่วงเวลา 0 – 48 ชั่วโมง..... 37

4-4 เปรียบเทียบจำนวนโคโลนีแบคทีเรียต่อพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์ที่เตรียมฟิล์มด้วยอุณหภูมิแตกต่างกัน..... 39

4-5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (EAA) ของพอลิยูรีเทนผสมนาโนซิลเวอร์เข้มข้น 1000 และ 2000 ppm เตรียมฟิล์มที่ความอุณหภูมิแตกต่างกัน เปรียบเทียบกับยาแอมพิซิลลินและเตตราซัยคลิน..... 40

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University