



โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การเตรียมเส้นใยของพอลิแลคติก-โค-ไกลโกลิกแอซิดที่มีสารปฏิชีวนะ
โดยการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต

Preparation of Antibiotics Incorporated Poly (Lactic-co-
Glycolic Acid) Fibers by Electrospinning

ชื่อนิสิต นางสาวสุปรียา บุญศรี

ภาควิชา เคมี

ปีการศึกษา 2558

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเตรียมเส้นใยของพอลิแลคติก-โค-ไกลโกลิกแอซิดที่มีสารปฏิชีวนะ โดยการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต
Preparation of Antibiotics Incorporated Poly(Lactic-co-Glycolic Acid) Fibers by
Electrospinning

โดย
นางสาวสุปรียา บุญศรี

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558

เรื่อง การเตรียมเส้นใยของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดที่มีสารปฏิชีวนะ โดยการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้า
สถิต


โดย นางสาวสุปรียา บุญศรี

ได้รับอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบโครงการ


.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราวุฒิ ตั้งพสุชาติล)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวรรณ พันธมนาวิน)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรวารวรรณ อินทศิริ)

รายงานฉบับนี้ได้รับความเห็นชอบและอนุมัติโดยหัวหน้าภาควิชาเคมี

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย พาราสุข)

หัวหน้าภาควิชาเคมี

วันที่ พฤษภาคม พ.ศ. 2559

คุณภาพของการเขียนรายงานเล่มนี้อยู่ในระดับ ดีมาก ดี พอใช้

ชื่อโครงการ การเตรียมเส้นใยของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดที่มีสารปฏิชีวนะ โดยการ
ปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต

ชื่อนิสิตในโครงการ นางสาวสุปรียา บุญศรี เลขประจำตัวนิสิต 553 31675 23

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวรรณ พันธุมนาวิน

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

การขึ้นรูปพอลิเมอร์ด้วยกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชัน สามารถขึ้นรูปเส้นใยเพื่อใช้เป็นวัสดุปิดบาดแผล โดยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดและพอลิแลคติกแอซิดเป็นพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพและมีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ ในงานวิจัยนี้จึงสนใจนำพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดและพอลิแลคติกแอซิดมาขึ้นรูปเส้นใยที่บรรจุยานีโอไมซ์ซินด้วยเทคนิคการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชัน โดยศึกษาความเข้มข้นของพอลิเมอร์ ศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่ระบบ และอัตราการไหลของสารต่อการขึ้นรูปเส้นใย เส้นใยที่เตรียมได้นำไปพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และศึกษาการปลดปล่อยของยาจากเส้นใยด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี จากผลการทดลองพบว่าพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดไม่สามารถขึ้นรูปเส้นใยได้ ดังนั้นจึงใช้พอลิแลคติกแอซิดในการขึ้นรูปเส้นใย ได้ภาวะที่เหมาะสม คือ ความเข้มข้นของพอลิแลคติกแอซิด 6.5%wt ของสารละลาย ความเข้มข้นของนีโอไมซ์ซิน 5%wt ของพอลิเมอร์ ความเข้มข้นของสเปน 80 10%wt ของพอลิเมอร์ ค่าศักย์ไฟฟ้า 22 kV ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับวัสดุรองรับคงที่ที่ 20 cm และอัตราการไหลของสาร 2.0 mL/h โดยเส้นใยที่เตรียมได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ $0.315 \pm 0.110 \mu\text{m}$ จากการศึกษาการปลดปล่อยของยานีโอไมซ์ซินจากเส้นใยพอลิแลคติกแอซิด พบว่าที่ 5 นาทีแรกมีการปลดปล่อยยาแบบรวดเร็ว โดยมีเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยยานีโอไมซ์ซินเท่ากับ 39.4% และที่เวลา 60 นาที มีเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยยานีโอไมซ์ซินเท่ากับ 54.5%

คำสำคัญ: พอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด, พอลิแลคติกแอซิด, การปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต, นีโอไมซ์ซิน

Title Preparation of Antibiotics Incorporated Poly(Lactic-co-Glycolic Acid) Fibers by Electrospinning

Student name Miss Supreeya Boonsorn ID 553 31675 23

Advisor name Assistant Professor Dr. Worawan Bhanthumnavin

Department of Chemistry, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Academic Year 2015

Abstract

The incorporation of fabricated neomycin fibers were prepared by emulsion electrospinning, which applied to wound dressing. Poly (lactic-co-glycolic acid) (PLGA) and Poly (lactic acid) (PLA) were biodegradable and biocompatible polymers. In this study, PLGA and PLA were prepared for neomycin incorporated fibers by emulsion electrospinning. The obtained fibers were characterized by Scanning electron microscope (SEM). The effects of concentration of polymer, voltage and flow rate were studied. UV-Visible spectroscopy was used for study of drug's fibers releasing. The results showed that PLGA could not be fabricated into fibers, therefore PLA was chosen for this work. The optimum conditions for preparing fibers were concentration of PLA as 6.5%wt of solution, neomycin was 5%wt of polymer, span 80 was 5%wt of polymer with voltage was 22 kV, distance between needle and collector was 20 cm and flow rate was 2.0 mL/h. PLA fibers with entrapped neomycin were produced having a mean diameter of $0.315 \pm 0.110 \mu\text{m}$. UV-Visible spectroscopy result showed that at the first 5 minutes with the release of a drug was burst release and a percentage neomycin release of 39.4% then release slowly. The amount of drug released within 60 minutes was 54.5% for PLA fibers.

Keyword: Poly (lactic-co-glycolic acid), Poly (lactic acid), Electrospinning, Neomycin

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จล่วงไปได้แม้ว่าจะมีอุปสรรคบ้าง แต่ได้รับความช่วยเหลือ คำแนะนำ และความเอาใจใส่จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวรรณ พันธุ์นาวิน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรารวรรณ อินทศิริ เป็นอย่างดี ทำให้โครงการสำเร็จล่วงไปได้ และขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราวุฒิ ตั้งพสุธาตล ที่กรุณาสละเวลามาเป็นกรรมการสอบโครงการในครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วินิตา บุญโยดม หัวหน้าศูนย์วิจัยวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ สำหรับความอนุเคราะห์เมล็ดพลาสติกที่ใช้ในงานวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ น้องสาว เพื่อน ๆ และทุก ๆ คน ที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน

ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.2.1 การขึ้นรูปเส้นใยที่บรรจุด้วยเทคนิคการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต	2
1.2.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นรูปเส้นใย	2
1.2.3 การขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดบรรจุยาปฏิชีวนะเพื่อใช้เป็นวัสดุปิดบาดแผล	3
1.2.4 การเตรียมเส้นใยแบบอิมัลชัน	3
1.2.5 การตรวจวัดนิโอมัยซินด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี	3
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4
1.4 ขอบเขตงานวิจัย	4
1.3.1 ศึกษาการเตรียมเส้นใยของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดที่บรรจุยานิโอมัยซิน	4
1.3.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของแผ่นเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดบรรจุ นิโอมัยซิน	4
1.3.2 ตรวจวัดปริมาณการปลดปล่อยของยานิโอมัยซินจากเส้นใยของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวคิดสำคัญ	
2.1 พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable plastic)	5
2.1.1 พอลิแลคติกแอซิด (poly(lactic-acid, PLA)	6

2.1.2	พอลิแลคติก-โค-ไกลโกลิกแอซิด (poly(lactic-co-glycolic acid), PLGA)	7
2.2	นีโอมัยซิน (neomycin)	8
2.3	หลักการทํางานของกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต	9
บทที่ 3 วิธีการทดลอง		
3.1	สารเคมี	10
3.2	เครื่องมือและอุปกรณ์	10
3.2.1	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต	10
3.2.2	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการการศึกษาการปลดปล่อยยานีโอมัยซินจากเส้นใยพอลิแลคติกแอซิด	11
3.3	ขั้นตอนการทดลอง	11
3.3.1	การเตรียมสารละลายแบบอิมัลชันเพื่อขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโกลิกแอซิดบรรจุนีโอมัยซินผ่านกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต	11
3.3.3	ขั้นตอนการขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโกลิกแอซิดบรรจุนีโอมัยซินโดยกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชัน	12
3.3.2	การเตรียมสารละลายแบบอิมัลชันเพื่อขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดบรรจุนีโอมัยซินผ่านกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต	13
3.3.3	ขั้นตอนการขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดบรรจุนีโอมัยซินโดยกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชัน	14
3.3.4	การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแผ่นเส้นใย	14
3.3.5	การศึกษาการปลดปล่อยยานีโอมัยซินจากเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดบรรจุนีโอมัยซินที่เตรียมได้	15
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง		18
4.1	การเตรียมเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโกลิกแอซิดบรรจุนีโอมัยซินผ่านกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชัน	18
4.2	การเตรียมเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดบรรจุนีโอมัยซินผ่านกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชัน	20
4.2.1	ผลของความเข้มข้นที่ใช้ในการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชันต่อพอลิแลคติกแอซิด	21
4.2.2	ผลของศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชันต่อพอลิแลคติกแอซิด	22

4.2.3 ผลของอัตราการใช้ในการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชันต่อพอลิแลคติกแอซิด	22
4.3 การตรวจวัดปริมาณการปลดปล่อยของยานีโอเมย์ซินจากเส้นใยของพอลิแลคติกแอซิดที่เตรียมได้	25
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	35
ประวัติผู้วิจัย	42



ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ 2.1 แสดงกระบวนการย่อยสลายพลาสติกชีวภาพ	5
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของ poly(L-lactic acid), PLLA และ poly(D-lactic acid), PDLA ตามลำดับ	6
ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด	7
ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของนีโอมีซิน	8
ภาพที่ 2.5 ส่วนประกอบหลักของกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต	9
ภาพที่ 3.1 การตั้งเครื่องมือในระหว่างการเตรียมสารละลายอิมัลชัน	12
ภาพที่ 3.2 การจัดตั้งเครื่องมือของกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต	13
ภาพที่ 4.1 สารละลายอิมัลชันของพอลิแลคติก	21
ภาพที่ 4.2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของแผ่นเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดที่บรรจุ นีโอมีซินที่เตรียมจากการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชัน ที่ความเข้มข้นของพอลิแลคติกแอซิดเท่ากับ 6.5%wt ของสารละลาย ความเข้มข้นของนีโอมีซินเท่ากับ 5%wt ของพอลิเมอร์ ความเข้มข้นของสเปกตรัม 80 เท่ากับ 10%wt ของพอลิเมอร์ ค่าศักย์ไฟฟ้า 22 kV และระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับวัสดุรองรับ 20 cm ภายใต้อัตราการไหลที่แตกต่างกัน ได้แก่ a) 0.5 mL/h และ b) 2.0 mL/h	25
ภาพที่ 4.3 กราฟมาตรฐานช่วงความเข้มข้นของนีโอมีซินเท่ากับ 1.88×10^{-4} ถึง 1.63×10^{-3} M	26
ภาพที่ 4.4 สเปกตรัมของเมทิลออเรนจ์ที่ความเข้มข้นของนีโอมีซินแตกต่างกัน	26
ภาพที่ 4.5 กราฟเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยของยานีโอมีซินที่เวลาต่าง ๆ	29
ภาพที่ ผ.1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของแผ่นเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดที่บรรจุ นีโอมีซินภายใต้อัตราการไหลที่แตกต่างกัน ได้แก่ a) 0.5 mL/h, b) 1.0 mL/h, 1.5 mL/h, 2.0 mL/h และ e) 2.5 mL/h	36

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 สัดส่วนของสารที่ใช้เตรียมสารละลายเพื่อขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดบรรจุ โอมัยซินแบบอิมัลชัน	11
ตารางที่ 3.2 ความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ที่ใช้ในงานวิจัย	14
ตารางที่ 3.3 ศึกษาตัวแปรต่างๆต่อการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต	14
ตารางที่ 4.1 สัดส่วนของสารที่ใช้เตรียมสารละลายเพื่อขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดบรรจุ โอมัยซินแบบอิมัลชัน	18
ตารางที่ 4.2 ผลการละลายของน้ำกับตัวทำละลายผสมระหว่างไดเมทิลฟอร์มมาไมด์และไดคลอโรมีเทน	19
ตารางที่ 4.3 การละลายของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด และสารละลายนี้โอมัยซินที่เวลาในการปั่น สารละลายต่างกันและเปลี่ยนอิมัลซิไฟเออร์เป็น span20	20
ตารางที่ 4.4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดบรรจุโอมัยซินที่ขึ้นรูปผ่าน กระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต โดยปรับอัตราการไหลของสารที่แตกต่างกัน	23
ตารางที่ 4.5 ปริมาณนี้โอมัยซินที่ปลดปล่อยจากเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดและปริมาณนี้โอมัยซินทั้งหมดจาก การเตรียม	27
ตารางที่ ผ.1 อัตราส่วนของตัวทำละลายผสมระหว่างไดเมทิลฟอร์มมาไมด์กับไดคลอโรมีเทน และไดเมทิล ฟอร์มมาไมด์กับน้ำ	36
ตารางที่ ผ.2 การขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด	37
ตารางที่ ผ.3 ผลการขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติกแอซิด	38

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันวัสดุปิดบาดแผลนับว่าเป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่สำคัญซึ่งใช้ในการรักษา และการปฐมพยาบาลผู้ป่วยเป็นจำนวนมาก จึงเกิดของเสียทางการแพทย์จากส่วนนี้เป็นจำนวนมาก ดังนั้นการจัดการของเสียทางการแพทย์จึงมีความสำคัญและควรได้รับความสนใจ ซึ่งวัสดุปิดบาดแผลที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งช่วยลดของเสียทางการแพทย์ได้ และวัสดุปิดบาดแผลถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ด้วยการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเซลล์กับเส้นใยพอลิเมอร์โดยเตรียมผ่านกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต (electrospinning process) และมีการบรรจุยาปฏิชีวนะ (antibiotic) ลงในวัสดุปิดบาดแผล เพื่อให้บาดแผลหายเร็วยิ่งขึ้น

เทคนิคการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต (electrospinning process) เป็นกระบวนการเตรียมเส้นใยที่มีขนาดเล็กระดับไมโครเมตรไปจนถึงนาโนเมตร ซึ่งขนาดของเส้นใยที่เตรียมด้วยเทคนิคการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตมีเล็กกว่าขนาดของเส้นใยโดยทั่วไป ทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเซลล์กับเส้นใยมาก อีกทั้งยังเป็นเทคนิคที่มีความซับซ้อนของเครื่องมือน้อย และสามารถผลิตเส้นใยที่มีขนาดสม่ำเสมอภายในขั้นตอนเดียว (1) จึงมีความเหมาะสมที่จะประยุกต์ใช้ในการทำวัสดุปิดบาดแผล

พอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด (poly(lactic-co-glycolic acid), PLGA) เป็นวัสดุทางชีวภาพที่น่าสนใจในการใช้เป็นวัสดุปิดบาดแผล เนื่องจากเป็นพอลิเมอร์ที่การเข้ากันได้กับชีวภาพ (biocompatibility) และสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ โดยในกระบวนการย่อยสลายของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดเกิดผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) หรือการสลายตัวทางชีวภาพของพันธะเอสเทอร์ (ester bond) (2) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการย่อยสลาย คือกรดแลคติก และกรดไกลโคลิก ซึ่งเป็นมอนอเมอร์ของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด มอนอเมอร์ทั้งสองไม่เป็นพิษต่อร่างกาย และสามารถถูกสันดาป (metabolized) จากร่างกาย (3)

นีโอมัยซิน (neomycin) เป็นยาปฏิชีวนะที่นิยมใช้รักษาบาดแผลภายนอกที่ร่างกาย ที่สามารถออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งชนิดแกรมลบ (gram negative bacteria) และแกรมบวก (gram positive bacteria) (4) ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้บาดแผลเกิดการติดเชื้อ

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจใช้พอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดผสมกับยานีโอมีซิน ในการขึ้นรูปเส้นใยพอลิเมอร์ผ่านกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต เพื่อเป็นวัสดุปิดบาดแผล และตรวจวัดปริมาณของยานีโอมีซินที่ปลดปล่อยออกจากเส้นใยที่ขึ้นรูปได้ ด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี (UV-Visible spectroscopy)

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โดยทั่วไปการทำแผล ผ้าปิดแผล ผ้าก๊อซ และสำลีมักถูกนำมาใช้ในการป้องกันเชื้อแบคทีเรียให้กับบาดแผล แต่พื้นที่ผิวหนังด้านนอกจะสูญเสียความชุ่มชื้นทำให้รู้สึกระคายเคือง และเจ็บเมื่อนำวัสดุเหล่านี้ออก ดังนั้นจึงมีการพัฒนาวัสดุปิดบาดแผลแบบใหม่เพื่อให้มีประโยชน์แก่การใช้งานที่ดีขึ้น ซึ่งวัสดุปิดบาดแผลที่พัฒนานั้นผลิตจากวัสดุทางชีวภาพที่มีการเข้ากันได้กับชีวภาพ และสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ โดยมีการบรรจุและไม่มีการบรรจุสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (ยาหรือสารกระตุ้นอื่น ๆ) เช่น ไฮโดรเจล โปรตีน และพอลิเมอร์ (1)

1.2.1 การขึ้นรูปเส้นใยที่บรรจุยาด้วยเทคนิคการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต

ในปี ค.ศ. 2008 Peng และคณะ (5) ศึกษาการสลายตัว และการปลดปล่อยยาจากเส้นใยของพอลิแลคติกแอซิดและพอลิเอทิลีน ไกลคอล-โค-พอลิแลคติกแอซิด (poly(ethylene glycol)-co-poly(lactic acid), PELA) บรรจุยาพาราเซตามอล (paracetamol) ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของยาพาราเซตามอล ขนาดของเส้นใยที่เตรียมได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้น และการปลดปล่อยของยาเป็นไปอย่างต่อเนื่อง (sustained release) โดยพฤติกรรมปลดปล่อยของยาสามารถควบคุมได้โดยการปรับขนาดของเส้นใยพอลิเมอร์ ความเป็นรูพรุน (porosity) ระหว่างแต่ละเส้นใย และการสลายตัวของเส้นใยพอลิเมอร์ ขึ้นอยู่กับความสามารถในการเข้ากันได้ (compatibility) ของยาและพอลิเมอร์

1.2.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นรูปเส้นใย

ในปี ค.ศ. 2009 Gu และคณะ (6) ศึกษาเส้นใยของเจลาตินและเจลาติน/พอลิแลคติกแอซิด (Poly(lactic acid), PLA) ที่เตรียมด้วยกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตเพื่อประยุกต์ใช้เป็นวัสดุปิดบาดแผล พบว่าความเข้มข้นของสารละลายอะซิดิกที่เป็นตัวทำละลายเจลาติน ความต่างศักย์ไฟฟ้า และระยะทางจากปลายเข็มถึงฉากรองรับ มีผลต่อความสามารถในการขึ้นรูปเป็นเส้นใยของสารละลายเจลาติน และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นใย โดยเส้นใยของเจลาตินและเจลาติน/พอลิแลคติกแอซิดสามารถ

ควบคุมการระเหยของน้ำ ส่งเสริมการดูดซับของของเหลว และมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพได้ดี จึงมีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้เป็นวัสดุปิดบาดแผล

1.2.3 การขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดบรรจุยาปฏิชีวนะเพื่อใช้เป็นวัสดุปิดบาดแผล

ในปี ค.ศ. 2013 Sofokleous และคณะ (1) เตรียม และศึกษาการควบคุมการปลดปล่อยยาจากเส้นใยของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดบรรจุยาอะม็อกซิซิลลิน (amoxicillin) ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตเพื่อใช้เป็นวัสดุปิดบาดแผล สังเกตการปลดปล่อยของยาอะม็อกซิซิลลินในสารละลาย 3 ชนิด คือ น้ำ สารละลาย phosphate buffered saline และสารละลาย simulated body fluid เป็นเวลา 21 วัน พบว่าในสารละลาย phosphate buffered saline มีความเข้มข้นของยาในสารละลายมากที่สุด สารละลาย simulated body fluid มีความเข้มข้นของยาน้อยที่สุด และเส้นใยของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด สามารถควบคุมการปลดปล่อยของยาอะม็อกซิซิลลินได้ยาวนานถึง 21 วัน โดยมีการปลดปล่อยอย่างรวดเร็วในช่วงแรกจากนั้นจะค่อย ๆ ปลดปล่อยยาออกมา โดยกลไกการปลดปล่อยยาเกิดจากการแพร่ของยาและการสลายตัวของพอลิเมอร์

1.2.4 การเตรียมเส้นใยแบบอิมัลชัน

ในปี ค.ศ. 2015 Hu และคณะ (7) ศึกษาและเปรียบเทียบเส้นใยของพอลิคาโพรแลคโตน (poly(ϵ -caprolactone), PCL) และพอลิไฮดรอกซี บิวทิเรตวาเลเรต (Poly(hydroxybutyrate-valerate), PHBV) ที่บรรจุยาเมทฟอร์มินหรือเมโทโพรลอลด้วยวิธีการเตรียมสารละลายแบบผสม และแบบอิมัลชัน พบว่าการเตรียมเส้นใยแบบอิมัลชันได้เส้นใยแบบแกนใน-เปลือกนอก ช่วยเพิ่มการชอบน้ำให้กับพื้นผิวของเส้นใยได้ และไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ โดยการเปลี่ยนอัตราการปลดปล่อยของยา สามารถทำได้โดยการปรับอัตราส่วนของวัฏภาคน้ำและวัฏภาคน้ำมัน

1.2.5 การตรวจวัดนีโอแมซินด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี

ในปี 2010 David และคณะ (4) ได้ทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณนีโอแมซินโดยอ้อมด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี เนื่องจากนีโอแมซินขาดโครโมฟอร์ที่สามารถดูดกลืนแสงในช่วงยูวี-วิสิเบิลได้ ทำให้ไม่สามารถตรวจวัดปริมาณของนีโอแมซินด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปีโดยตรงได้ ทำการวิเคราะห์โดยให้นีโอแมซิน (NOM) เกิดออกซิเดชันกับซีเรียม (IV) ซัลเฟตที่มากเกินพอในสภาวะที่เป็นกรด จากนั้นเติมเมทิลออเรนจ์ (MO) เพื่อให้เกิดออกซิเดชันกับซีเรียม (IV) ซัลเฟต จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณนีโอแมซินได้จากเมทิลออเรนจ์ที่เหลือ โดยจะพบความยาวคลื่นสูงสุดของเมทิลออเรนจ์ที่ 498 nm

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

หาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเส้นใยของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดที่บรรจุยานีโอแมย์ซิน เพื่อประยุกต์ใช้เป็นวัสดุปิดบาดแผล และตรวจวัดปริมาณการปลดปล่อยของยานีโอแมย์ซินจากเส้นใยของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดที่เตรียมได้ด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี (UV-Visible spectroscopy)

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาการเตรียมเส้นใยของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดที่บรรจุยานีโอแมย์ซิน

ศึกษาปัจจัยของตัวทำละลายผสมที่เหมาะสมโดยทำให้วัฏภาคน้ำและวัฏภาคน้ำมันรวมเป็นเนื้อเดียวกัน และขึ้นรูปเป็นเส้นใยได้

1.3.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของแผ่นเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดบรรจุ นีโอแมย์ซิน

ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นใย

1.3.2 ตรวจวัดปริมาณการปลดปล่อยของยานีโอแมย์ซินจากเส้นใยของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

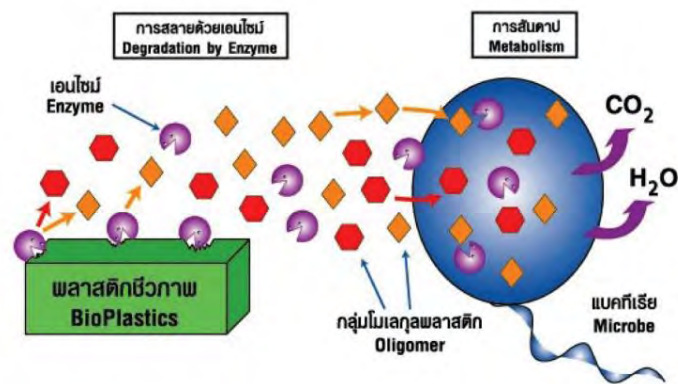
สามารถเตรียมเส้นใยของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดที่บรรจุยานีโอแมย์ซิน และตรวจวัดปริมาณการปลดปล่อยของยานีโอแมย์ซินจากเส้นใยของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดที่เตรียมได้ด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี (UV-Visible spectroscopy)

ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวคิดสำคัญ

2.1 พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable plastic)

จากข้อกำหนด ASTM D-5488-94d ให้ความหมายของ พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ว่าเป็นพลาสติกที่สามารถสลายตัวได้ผลิตภัณฑ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ เมวลชีวภาพ และน้ำหรือก๊าซมีเทน จากภาพที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการย่อยสลายพลาสติกชีวภาพโดยทั่วไปแล้ว เกิดผ่านกลไกการสลายตัวด้วยเอนไซม์ของจุลินทรีย์ (8)



ภาพที่ 2.1 แสดงกระบวนการย่อยสลายพลาสติกชีวภาพ (9)

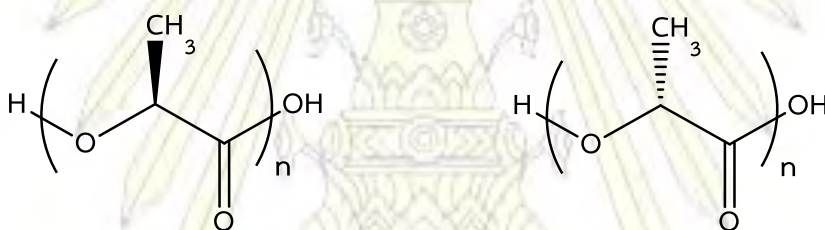
การย่อยสลายพลาสติกชีวภาพขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย คือ ปัจจัยภายนอก และปัจจัยด้านคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ โดยปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ สภาพดินที่ฝังกลบ รวมไปถึงชนิดจุลินทรีย์ในดิน ส่วนปัจจัยด้านคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ เช่น น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ ปัจจัยที่กล่าวมาล้วนมีผลต่อระยะเวลาในการย่อยสลายพลาสติกชีวภาพที่แตกต่างกัน โดยพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพมักผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติ ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และใช้เวลาในการย่อยสลายเร็วกว่าพลาสติกสังเคราะห์ (9)

ในปัจจุบันพลาสติกชีวภาพถูกนำมาประยุกต์ใช้ทางการแพทย์มากขึ้น เช่น ใช้ผลิตไหมเทียมเพื่อนำมาใช้ในการผ่าตัด และผลิตแคปซูลยาที่ควบคุมการปลดปล่อยของยา (9) โดยพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่นำมาประยุกต์ใช้ทางการแพทย์นอกจากจะย่อยสลายได้ทางชีวภาพแล้ว ต้องเป็นพอลิเมอร์ที่มีความเข้ากันได้กับชีวภาพด้วย ซึ่งพอลิเมอร์ในกลุ่มของพอลิเอสเทอร์จึงเป็นพอลิเมอร์ที่น่าสนใจ เนื่องจาก

พอลิเมอร์กลุ่มนี้ประกอบด้วยพันธะเอสเทอร์อยู่ในสายโซ่เป็นจำนวนมาก พันธะจึงมีความแข็งแรงน้อย ทำให้สามารถสลายตัวได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับน้ำหรือของเหลวภายในร่างกาย ผ่านกลไกไฮโดรไลซิส (hydrolysis) (10) ได้แก่ พอลิแลคติกแอซิด พอลิไกลโคลิกแอซิด (poly(glycolic acid), PGA) พอลิคาโพรแลกโตน (polycaprolactone, PCL) และพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด (poly(lactic-co-glycolic acid), PLGA)

2.1.1 พอลิแลคติกแอซิด (poly(lactic-acid, PLA)

พอลิแลคติกแอซิดสามารถสังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาพอลิคอนเดนเซชันของกรดแลคติก (polycondensation) และปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวง (ring-opening polymerization, ROP) ได้ผลิตภัณฑ์เป็น poly(L-lactic acid), PLLA, poly(D-lactic acid), PDLA และ poly(D,L-lactic acid), PDLLA ดังภาพที่ 2.2



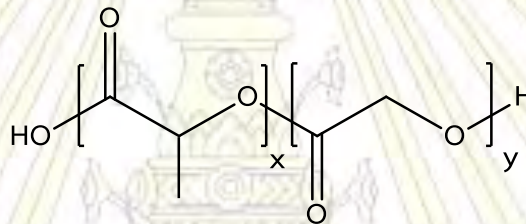
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของ poly(L-lactic acid), PLLA และ poly(D-lactic acid), PDLA ตามลำดับ

พอลิแลคติกแอซิดถูกเตรียมจากกรดแลคติก L-form ที่สามารถผลิตได้จากการหมักวัตถุดิบที่สามารถผลิตทดแทนขึ้นใหม่ได้ในธรรมชาติ (renewable sources) เช่น แป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล และแป้งข้าวโพด ได้เป็น PLLA โดยความเป็นผลึกของพอลิแลคติกแอซิด และอุณหภูมิในการหลอมเหลวสูงขึ้นเมื่อสัดส่วนของกรดแลคติก L-form ในโมเลกุลเพิ่มมากขึ้น (11) PLLA ไม่ละลายน้ำ แอลกอฮอล์ และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีหมู่แทนที่ เช่น เฮกเซน (Hexane) และเฮปเทน (Heptane) แต่สามารถละลายใน ไดออกเซน (Dioxane) ฟูเรน (Furane) และตัวทำละลายอินทรีย์กลุ่มคลอรีเนตและฟลูออรีเนต (Chlorinated or fluorinated organic solvents) โดย PLLA มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับพลาสติกบางชนิดที่เตรียมจากปิโตรเลียม โดยลักษณะทางกายภาพและเชิงกลของพอลิเมอร์ที่ไม่ผ่านการดึง มีความเปราะมากแต่มีความคงรูปและความแข็งแรงสูง เมื่อนำไปผ่านการดึงพบว่ามีสมบัติใกล้เคียงกับพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเรต (polyethylene terephthalate, PET) (12) อีกทั้ง PLLA มีความสามารถในการย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และมีอุณหภูมิในการหลอมเหลวที่สูงพอสมควร จึงมีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้อุตสาหกรรมสิ่งทอและบรรจุภัณฑ์ นอกจากนี้พอลิแลคติกแอซิดมีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ (12) จึงถูกนำมาใช้ในทาง

การแพทย์ เช่น วิศวกรรมเนื้อเยื่อสำหรับกระดูกและกระดูกอ่อน (13) ระบบนำส่งยา (14) และใช้เป็นไหมเย็บแผลที่สลายตัวได้เอง (11)

2.1.2 พอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด (poly(lactic-co-glycolic acid), PLGA)

พอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดเป็นโคพอลิเมอร์ของพอลิแลคติกแอซิด และพอลิไกลโคลิกแอซิด สังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาโคพอลิเมอร์เซชันแบบเปิดวง (ring-opening copolymerization) ของกรดแลคติก (lactic acid) และกรดไกลโคลิก (glycolic acid) แสดงโครงสร้างในภาพที่ 2.3 โดยมีมอนอเมอร์ทั้งสองเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเอสเทอร์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นพอลิเอสเทอร์แบบอะลิฟาติกที่มีโครงสร้างแบบสายโซ่ตรง



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด

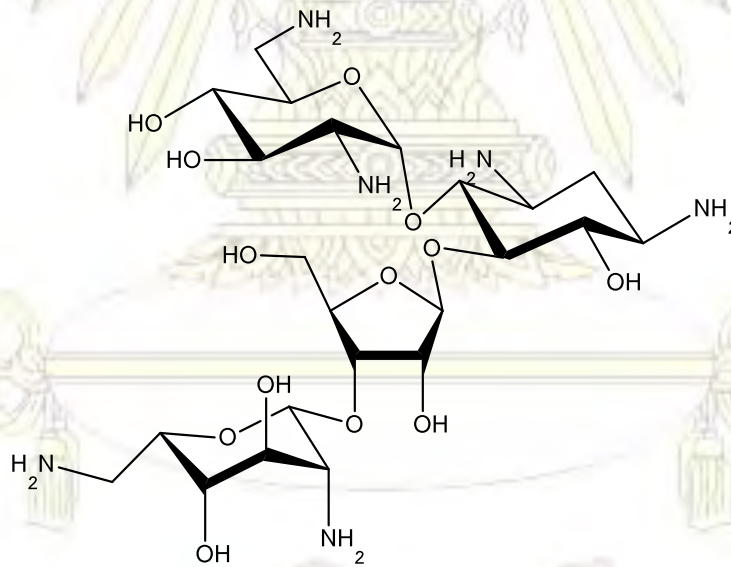
(x แทน จำนวนของกรดแลคติก และ y แทน จำนวนของกรดไกลโคลิก)

ทั้งนี้อัตราส่วนของแลคไทด์ต่อไกลโคลิได์ของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดมีผลต่ออัตราการสลายตัวของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด สัดส่วนของแลคไทด์ที่มากกว่าไกลโคลิได์ ทำให้อัตราการสลายตัวของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดช้ากว่า เมื่อเทียบกับสัดส่วนที่มีไกลโคลิได์มากกว่าแลคไทด์ เนื่องจากพอลิแลคติกแอซิดมีความชอบน้ำน้อยกว่าพอลิไกลโคลิกแอซิด ทำให้การสลายตัวต้องใช้เวลามากกว่าการสลายตัวของพอลิไกลโคลิกแอซิด การเป็นโคพอลิเมอร์ของพอลิแลคติกแอซิด และพอลิไกลโคลิกแอซิด ทำให้พอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดมีข้อดี คือ มีความแข็งแรงขึ้นจากพอลิไกลโคลิกแอซิด และมีการเสื่อมสลายที่ช้าลงจากพอลิแลคติกแอซิด

พอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (Food and Drug Administration, FDA) ให้ใช้งานในทางการแพทย์ได้ (15) อีกทั้งยังเป็นพอลิเมอร์ที่มีความเข้ากันได้กับชีวภาพ และสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ทำให้ถูกประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ เช่น ใช้ในระบบนำส่งยา (16) เจลก่อตัวเองรักษาโรคปริทันต์ (17) และวัสดุปิดบาดแผล (1)

2.2 นีโอไมซิน (neomycin)

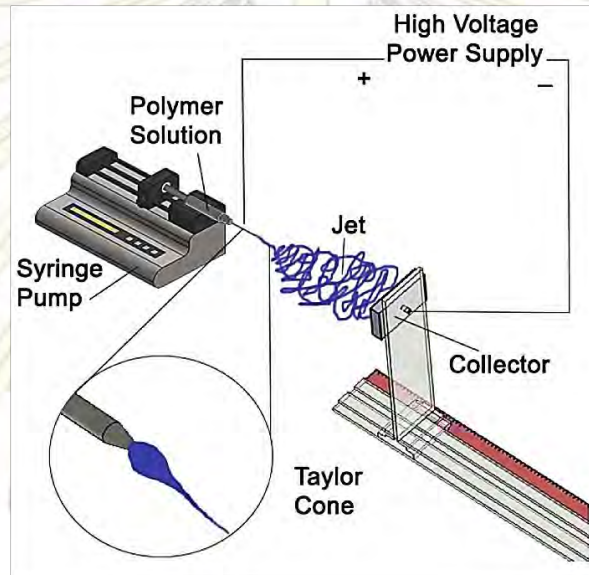
นีโอไมซินจัดเป็นยาปฏิชีวนะในกลุ่มอะมิโนไกลโคไซด์ มีฤทธิ์ขัดขวางการสังเคราะห์โปรตีนของแบคทีเรีย ซึ่งเป็นยาที่สกัดจากเชื้อแบคทีเรียจำพวก *Streptomyces fradiae* โดยการหมัก (18) มีสูตรโครงสร้างเคมี แสดงในภาพที่ 2.4 กลไกการออกฤทธิ์ นีโอไมซินจะเข้าไปจับกับสารพันธุกรรมที่เรียกว่าอาร์เอ็นเอ (RNA) ของแบคทีเรีย ขัดขวางการทำงานของไรโบโซม (ribosomes) ทำให้แบคทีเรียไม่สามารถสังเคราะห์โปรตีนได้ตามปกติ การแบ่งตัวจึงหยุดชะงักและตายในที่สุด (19) นีโอไมซินสามารถออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งชนิดแกรมบวก (gram negative bacteria) และแกรมลบ (gram positive bacteria) (4) ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้บาดแผลเกิดการติดเชื้อ นีโอไมซินจึงสามารถรักษาการติดเชื้อที่ผิวหนังได้โดยทั่วไปแล้วนีโอไมซินที่นำมาใช้เป็นยาอยู่ในรูปของนีโอไมซินซัลเฟต ยานี้ควรใช้สำหรับกินและทาภายนอก ไม่ควรใช้ในรูปฉีดเพราะมีพิษค่อนข้างสูงและดูดซึมได้น้อยในทางเดินอาหาร อีกทั้งยานีโอไมซินยังถูกใช้เป็นส่วนผสมของยาหยอดตาหลายชนิด (20)



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของนีโอไมซิน

2.3 หลักการทำงานของกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต

กระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต เป็นเทคนิคที่อาศัยแรงทางไฟฟ้าในการขึ้นรูปเส้นใยขนาดไมโครเมตรไปจนถึงนาโนเมตร มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ แหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังสูง (high power supply) หลอดบรรจุสารละลายที่ติดเข็มโลหะ (syringe with needle) และวัสดุรองรับที่เป็นโลหะ (metal collector) ดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ส่วนประกอบหลักของกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต
(<http://www.somib.org.mx/rmib/Htmls/Vol37No1/1/10x.png>)

ขณะที่ยังไม่ได้ให้ศักย์ไฟฟ้ากำลังสูงแก่ระบบ จะพบว่าสารละลายมีรูปร่างเป็นหยดที่ปลายเข็ม เนื่องจากแรงตึงผิวของสารละลาย (surface tension) แต่เมื่อเริ่มให้ศักย์ไฟฟ้าแก่ระบบทำให้เกิดสนามไฟฟ้า มีประจุบวกเกิดขึ้นที่ผิวของสารละลาย และเกิดแรงผลักทางไฟฟ้าสถิต (electrostatic repulsion) ในทิศทางตรงข้ามกับแรงตึงผิว เมื่อสนามไฟฟ้ามีค่ามากพอที่ทำให้แรงผลักทางไฟฟ้าสถิตมีค่ามากกว่าแรงตึงผิวของสารละลาย สารละลายที่ปลายเข็มจะยืดออกเป็นรูปกรวยที่เรียกว่า กรวยเทเลอร์ (Taylor's cone) และสนามไฟฟ้าในระบบทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนสารละลายให้พุ่งออกมาเป็นลำ (jet) ยืดออกจนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลง ในระหว่างนั้นตัวทำละลายจะระเหยจนกลายเป็นเส้นใย แล้วตกลงบนวัสดุรองรับ

บทที่ 3 วิธีการทดลอง

3.1 สารเคมี

1. พอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด ที่มีอัตราส่วนของ แลคไทด์:ไกลโคลไนด์ เท่ากับ 75:25 โดยได้รับความอนุเคราะห์จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วินิตา บุญโยดม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 90,000 g/mol)
2. พอลิแลคติกแอซิด (น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 60,000 g/mol)
3. คลอโรฟอร์ม (CHCl_3 , 99.8%, AR grade) RCI Labscan
4. ไดเมทิลฟอมาไมด์ (DMF, AR grade) Fluka
5. ไตคลอโรมีเทน (CH_2Cl_2 , AR grade) RCI Labscan
6. นีโอมัยซิน ไตรซัลเฟต ซอลท์ ไฮเดรต Sigma-Aldrich
7. เมทิลออเรนจ์ May & Baker
8. ซีเรียมซัลเฟตแอนไฮดรัส Fluka
9. สเปน 80 (Span® 80) Fluka
10. สเปน 20 (Span® 20) Fluka
11. กรดซัลฟูริก (95-97%) Merck
12. น้ำ MilliQ

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต

- เครื่องให้ศักย์ไฟฟ้ากำลังสูง (High voltage power supply) ขนาด 0-25 kV รุ่น 521721 บริษัท LEYBOLD DIDACTIC GMBH
- เครื่องควบคุมการไหลของสารละลาย (Syringe pump) รุ่น NE-300 บริษัท New Eva pump system, Inc.
- กระบอกฉีดยา (Syringe) ขนาด 10 mL บริษัท Nipro
- เข็มฉีดยาโลหะ (Needle) เบอร์ 21 ขนาด 0.8x25 mm บริษัท Nipro

- แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์

3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการการศึกษาการปลดปล่อยยานีโอมัยซินจากเส้นใยพอลิแลคติกแอซิด

- เครื่องยวี่-วิธีเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ รุ่น HP8453 บริษัท Agilent
- เครื่องปั่นเหวี่ยง รุ่น MSB020.CX1.5 บริษัท Sanyo
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง รุ่น AB204 บริษัท Mettler Toledo
- ไมโครปิเปต ขนาด 100-1000 ไมโครเมตร รุ่น Nichipet EX II บริษัท Nichiryo
- ปิเปต
- ขวดปรับปริมาตร ขนาด 10, 25, 50 mL

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.1 การเตรียมสารละลายแบบอิมัลชันเพื่อขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดบรรจุยานีโอมัยซินผ่านกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต

ในงานวิจัยนี้ เตรียมสารละลายอิมัลชันแบบน้ำในน้ำมัน (water in oil emulsion) การเตรียมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของวัฏภาคน้ำและวัฏภาคน้ำมัน โดยมีอัตราส่วนของวัฏภาคน้ำ:วัฏภาคน้ำมัน เท่ากับ 1:10 และใช้สัดส่วนของสารต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สัดส่วนของสารที่ใช้เตรียมสารละลายเพื่อขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดบรรจุยานีโอมัยซินแบบอิมัลชัน

	วัฏภาคน้ำมัน		วัฏภาคน้ำ
สารเคมี	ปริมาณที่ใช้	สารเคมี	ปริมาณที่ใช้
พอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด (PLGA)	1.1xxx g	นีโอมัยซินซัลเฟต	0.55xx g
คลอโรฟอร์ม	10.0 mL	น้ำ	1.0 mL

เตรียมวัฏภาคน้ำมัน โดยชั่งเม็ดพลาสติกพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด ลงในบีกเกอร์ขนาด 50.0 ml ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม และหยดสเปน 80 ซึ่งทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ทำให้สารละลายอิมัลชันมีความเสถียรมากขึ้น 3-4 หยด จากนั้นใส่แท่งแม่เหล็กกวนสารลงไปพร้อมทั้ง

ปิดปีกเกอร์ด้วยแผ่นพอยล์และพาราฟิน กวนสารด้วยเครื่องกวนสารจนเม็ดพลาสติกละลายจนหมด ส่วนภูมิภาคน้ำเตรียมโดยชั่งนีโอเมย์ซินซัลเฟตละลายด้วยน้ำ MilliQ บรรจุสารละลายลงในหลอดฉีดยาขนาด 10 ml จากนั้นต่อเข้ากับเครื่องควบคุมการไหลของสารละลาย โดยตั้งอุปกรณ์ดังภาพที่ 3.1 ใช้อัตราการไหลคงที่ที่ 0.5 mL/h ภูมิภาคน้ำจะค่อยๆถูกหยดลงในส่วนของภูมิภาคน้ำมันที่อยู่ด้านล่าง และกวนสารทิ้งไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมงเพื่อให้เกิดของผสมอิมัลชัน จากนั้นนำของผสมอิมัลชันที่เตรียมได้ไปขึ้นรูปเส้นใยผ่านการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตทันที

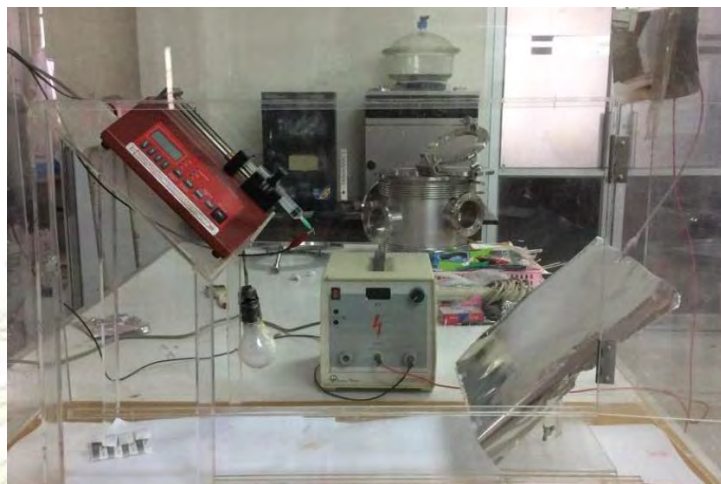


ภาพที่ 3.1 การตั้งเครื่องมือในระหว่างการเตรียมสารละลายอิมัลชัน

3.3.2 ขั้นตอนการขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดบรรจุนีโอเมย์ซินโดยกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชัน

เมื่อได้ของผสมอิมัลชันแล้ว บรรจุลงในหลอดฉีดยาขนาด 10.0 mL ใส่เข็มฉีดยาโลหะเบอร์ 21 ที่ปลายหลอด จากนั้นนำไปขึ้นรูปเส้นใยผ่านกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต และต่ออุปกรณ์ ดังภาพที่ 3.2 โดยต่อหัวบวจากเครื่องให้ศักย์ไฟฟ้ากำลังสูงเข้ากับปลายของเข็มโลหะ และต่อหัวลบเข้ากับวัสดุรองรับ โดยเลือกใช้แผ่นอะลูมิเนียมพอยล์ ภาวะที่ใช้ขึ้นรูปเส้นใย คือ อัตราการไหลของสารคงที่ที่ 0.5 mL/h ศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่ระบบ 20 kV และระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับวัสดุรองรับเท่ากับ 20 cm จากนั้นนำแผ่นเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดบรรจุนีโอเมย์ซินที่เตรียมได้ไปตรวจสอบสมบัติต่าง ๆ ในขั้นตอนถัดไป

คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.2 การจัดตั้งเครื่องมือของกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต

3.3.3 การเตรียมสารละลายแบบอิมัลชันเพื่อขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดบรรจุไนโอมัยซินผ่านกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต

ในการเตรียมสารละลายแบบอิมัลชันเพื่อขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดบรรจุไนโอมัยซินเตรียมสารละลายอิมัลชันแบบน้ำในน้ำมัน (water in oil emulsion) การเตรียมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของวัฏภาคน้ำและวัฏภาคน้ำมัน ใช้อัตราส่วนของวัฏภาคน้ำ:วัฏภาคน้ำมัน เท่ากับ 1:10 และโดยสัดส่วนของสารต่าง ๆ เหมือนกับการเตรียมสารละลายแบบอิมัลชันของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด ตามตารางที่ 3.1 แต่เปลี่ยนพอลิเมอร์จากพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดเป็นพอลิแลคติกแอซิด

ในการเตรียมวัฏภาคน้ำมัน โดยชั่งเม็ดพลาสติกพอลิแลคติกแอซิด ลงในบีกเกอร์ขนาด 50.0 ml ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม และหยดสแปน 80 ลงไป 3-4 หยด จากนั้นปิดบีกเกอร์ด้วยแผ่นพอยล์ และกวนสารด้วยเครื่องกวนสารจนเม็ดพลาสติกละลายจนหมด ส่วนวัฏภาคน้ำเตรียมโดยชั่งไนโอมัยซินซัลเฟตละลายด้วยน้ำ MilliQ บรรจุสารละลายยาลงในหลอดฉีดยาขนาด 10 ml จากนั้นต่อเข้ากับเครื่องควบคุมการไหลของสารละลาย โดยตั้งอุปกรณ์ดังภาพที่ 3.1 อัตราการไหลคงที่ที่ 0.5 mL/h วัฏภาคน้ำจะค่อยๆถูกหยดลงในส่วนของวัฏภาคน้ำมันที่อยู่ด้านล่าง และกวนสารทิ้งไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมงเพื่อให้เกิดของผสมอิมัลชัน จากนั้นนำของผสมอิมัลชันที่เตรียมได้ไปขึ้นรูปเส้นใยผ่านการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตทันที โดยความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองระบุในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

สารเคมี	ความเข้มข้นของสารที่ศึกษา
พอลิแลคติกแอซิด	5, 6.5, 8, 10 และ 12%wt ของสารทั้งหมด
สแปน 80	10%wt ของพอลิเมอร์
นีโอเมยซิน ซัลเฟต	5%wt ของพอลิเมอร์

3.3.3 ขั้นตอนการขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดบรรจุนีโอเมยซินโดยกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชัน

เมื่อได้ของผสมอิมัลชันแล้ว บรรจุลงในหลอดฉีดยาขนาด 10.0 mL และใส่เข็มฉีดยาโลหะเบอร์ 21 ที่ปลายหลอด จากนั้นนำไปขึ้นรูปเส้นใยผ่านกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต และต่ออุปกรณ์ ดังภาพที่ 3.2 โดยต่อหัวบวจากเครื่องให้ศักย์ไฟฟ้ากำลังสูงเข้ากับปลายของเข็มโลหะ และต่อหัวลบเข้ากับแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ ภาวะที่ใช้ขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติกแอซิด คือ ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับวัสดุรองรับเท่ากับ 20 cm ตามการขึ้นรูปเส้นใยของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดบรรจุนีโอเมยซิน โดยผู้วิจัยได้ปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของสาร และศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่ระบบให้แตกต่างกันดังตารางที่ 3.3 จากนั้นนำแผ่นเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดบรรจุนีโอเมยซินที่เตรียมได้ไปตรวจสอบสมบัติต่าง ๆ ในขั้นตอนถัดไป

ตารางที่ 3.3 ศึกษาตัวแปรต่างๆต่อการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต

ตัวแปร	ค่าที่ศึกษา
อัตราการไหลของสาร	1.0, 2.0 และ 3.0 mL/h
ศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่ระบบ	15, 20 และ 22 kV
ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับวัสดุรองรับ	20 cm

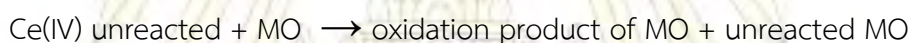
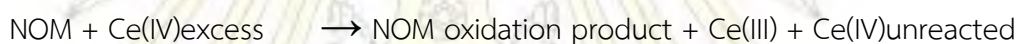
3.3.4 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแผ่นเส้นใย

ศึกษาขนาดและการกระจายตัวของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM) บริษัท JOEL รุ่น JSM-6480LV โดยตัดแผ่นฟอยล์ที่มีเส้นใยขนาด 1cm x 1cm จากนั้นติดตัวอย่างลงบนสตัป (stub) ด้วยกระดาษคาร์บอน นำไปเคลือบด้วยทอง และทำการศึกษาที่ศักย์ไฟฟ้า 15 kV

3.3.5 การศึกษาการปลดปล่อยยานีโอมัยซินจากเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดบรรจุนีโอมัยซินที่เตรียมได้

เทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปีเป็นเทคนิคที่ถูกใช้ตรวจวัดเชิงปริมาณของยาในทางเภสัชกรรม แต่เนื่องจากนีโอมัยซินขาดโครโมฟอร์ที่สามารถดูดกลืนแสงในช่วงยูวี-วิสิเบิลได้ ทำให้ไม่สามารถตรวจวัดปริมาณของนีโอมัยซินด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปีโดยตรงได้

ในปี 2010 David และคณะ (1) ได้ทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณนีโอมัยซินโดยอ้อมด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี ทำการวิเคราะห์โดยให้นีโอมัยซิน (NOM) เกิดออกซิเดชันกับซีเรียม (IV) ซัลเฟตที่มากเกินไปในสภาวะที่เป็นกรด จากนั้นเติมเมทิลลอเรนจ์ (MO) เพื่อให้เกิดออกซิเดชันกับซีเรียม (IV) ซัลเฟต และวิเคราะห์หาปริมาณนีโอมัยซินได้จากเมทิลลอเรนจ์ที่เหลือ ดังสมการเคมีที่ 3.1 โดยจะพบความยาวคลื่นสูงสุดของเมทิลลอเรนจ์ที่ 498 nm



สมการเคมีที่ 3.1

การวิเคราะห์เชิงปริมาณของนีโอมัยซิน เริ่มต้นทำการทดลองโดยการสร้างกราฟมาตรฐานในช่วงความเข้มข้นของนีโอมัยซินเท่ากับ 1.2×10^{-4} ถึง 1.7×10^{-3} M

3.3.5.1 การเตรียมสารละลายและสร้างกราฟมาตรฐาน

การเตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 5 M

เจือจางสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 13.92 mL ด้วยน้ำ milliQ ในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 50 mL

การเตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1 M

เจือจางสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 5 M ปริมาตร 10.0 mL ด้วยน้ำ milliQ ในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 50 mL

การเตรียมสารละลายซีเรียม (IV) ซัลเฟตความเข้มข้น 2.0×10^{-3} M

ชั่งซีเรียมซัลเฟตแอนไฮดรัส 0.0166 g ใส่ในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 25 mL ละลายและปรับปริมาตรด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1 M

การเตรียมสารละลายเมทิลออเรนจ์ความเข้มข้น 500 ppm

ชั่งเมทิลออเรนจ์ 0.0250 g ใส่ในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 50 mL ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำ MilliQ

การเตรียมสารละลายนีโอมีซินซัลเฟตความเข้มข้น 2.5×10^{-3} M

ชั่งนีโอมีซินไตรซัลเฟตซอลท์ไฮเดรต 0.1137 g ใส่ในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 50 mL ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำ MilliQ

การสร้างกราฟมาตรฐาน

ปิเปตสารละลายนีโอมีซินซัลเฟตความเข้มข้น 2.5×10^{-3} M ลงในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 10 mL ขวดละ 0.75, 2.0, 3.5, 5.0, 6.5, 8.0 mL ตามลำดับ และมี 1 ขวดที่ไม่ปิเปตสารละลายนีโอมีซินซัลเฟตเพื่อเป็น blank จากนั้นปิเปตสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 5 M ปริมาตร 1.0 mL ตามด้วยสารละลายซีเรียม (IV) ซัลเฟตความเข้มข้น 2.0×10^{-3} M ปริมาตร 0.6 mL และเก็บเข้าที่มืดทันทีพร้อมจับเวลา 20 นาที (ไม่ควรเกิน 25 นาที) เมื่อครบ 20 นาที เติมเมทิลออเรนจ์ความเข้มข้น 500 ppm ปริมาตร 0.24 mL ทันที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ช่วงความยาวคลื่น 300–600 nm โดยจะพบพีคที่ประมาณ 504–508 nm

การตรวจวัดการปลดปล่อยนีโอมีซินจากเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดบรรจุนีโอมีซินที่เตรียมได้

ชั่งเส้นใย 0.2 g ใส่หลอดพลาสติกขนาด 12 mL ปิเปตน้ำ MilliQ ปริมาตร 10 mL ลงในหลอดพลาสติกที่มีเส้นใย แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 5, 10, 15, 30 และ 60 นาที จากนั้นปิเปตสารละลายจากการแช่แผ่นเส้นใย ปริมาตร 5.0 mL ลงในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 10 mL ปิเปตสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 5 M ปริมาตร 1.0 mL และสารละลายซีเรียม (IV) ซัลเฟตความเข้มข้น 2.0×10^{-3} M ปริมาตร 0.6 mL และเก็บเข้าที่มืดทันทีพร้อมจับเวลา 20 นาที (ไม่ควรเกิน 25 นาที) เมื่อครบ 20 นาที เติมเมทิลออเรนจ์ความเข้มข้น 500 ppm ปริมาตร 0.24 mL ทันที และนำไป

วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ช่วงความยาวคลื่น 300-600 nm โดยจะพบพีคของเมทิลออเรนจ์ที่ประมาณ 504-508 nm



ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 การเตรียมเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดบรรจุนีโอมีซินผ่านกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชัน

ตารางที่ 4.1 สัดส่วนของสารที่ใช้เตรียมสารละลายเพื่อขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดบรรจุนีโอมีซินแบบอิมัลชัน

วัฏภาคน้ำมัน		วัฏภาคน้ำ	
สาร	ปริมาณที่ใช้	สาร	ปริมาณที่ใช้
พอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด (PLGA)	1.1 g	นีโอมีซินซัลเฟต	0.55 g
คลอโรฟอร์ม	10.0 mL	น้ำ	1.0 mL

เมื่อเตรียมสารละลายเพื่อขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดบรรจุนีโอมีซินแบบอิมัลชัน สัดส่วนของสารตามตารางที่ 4.1 พบว่า สารละลายเกิดการแยกชั้นของวัฏภาคน้ำกับวัฏภาคน้ำมันอย่างชัดเจน ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเปลี่ยนตัวทำละลายจากตัวทำละลายเดี่ยว คือ คลอโรฟอร์ม เป็นตัวทำละลายผสม จากการศึกษาข้อมูลพบว่า ไดเมทิลฟอร์มาไมด์ : ไดคลอโรมีเทน อัตราส่วน 3 : 7 เป็นตัวทำละลายของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดที่สามารถขึ้นรูปพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดให้เป็นเส้นใยได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างไดเมทิลฟอร์มาไมด์ และไดคลอโรมีเทนเป็นตัวทำละลายพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดแทนการใช้คลอโรฟอร์ม

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าเมื่อนำรวมตัวกับตัวทำละลายผสมระหว่างไดเมทิลฟอร์มาไมด์และไดคลอโรมีเทน ของผสมเกิดการแยกชั้น เมื่อลดอัตราส่วนของตัวทำละลายที่มีขั้วน้อยลง (ไดคลอโรมีเทน) พบว่าสารละลายยังคงแยกชั้น ดังนั้นจึงใช้ไดเมทิลฟอร์มาไมด์ผสมลงในน้ำ เนื่องจากไดเมทิลฟอร์มาไมด์สามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำและไดคลอโรมีเทน เมื่อลดอัตราส่วนของวัฏภาคน้ำมันกับวัฏภาคน้ำเป็น 9:1 พบว่าไดเมทิลฟอร์มาไมด์ : น้ำ อัตราส่วน 1:0.8 เป็นอัตราส่วนของน้ำที่มากที่สุดที่ไม่ทำให้สารละลายเกิดการแยกชั้น ดังตารางที่ ผ.1 โดยเลือกอัตราส่วนตัวทำละลายพอลิเมอร์ที่มีไดเมทิลฟอร์มาไมด์น้อยที่สุด เนื่องจากไดเมทิลฟอร์มาไมด์มีจุดเดือดอยู่ที่ 153 องศาเซลเซียส ซึ่งระเหยได้ยากอาจส่งผลให้

ยากต่อการขึ้นรูปเส้นใย เมื่อใช้ในสัดส่วนที่มากขึ้น พบว่าสารละลายเกิดการแยกชั้น จึงทดลองใช้ตัวทำละลายไดเมทิลฟอร์มาไมด์กับไดคลอโรมีเทน และอัตราส่วน 3:7 และอัตราส่วนของวัฏภาคน้ำมันกับวัฏภาคน้ำ 10:1 ดังเดิม โดยใช้ตัวทำละลายของวัฏภาคน้ำเป็น ไดเมทิลฟอร์มาไมด์ : น้ำ ในอัตราส่วน 1:0.8 พบว่าสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จึงเลือกระบบตัวทำละลายนี้ในการเตรียมสารละลายเพื่อขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดบรรจุไนโอมัยซิน เมื่อนำไปขึ้นรูปเส้นใยพบว่า ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นเส้นใยได้ และเกิดเป็นหยดบนวัสดุรองรับ เมื่อแห้งกลายเป็นของแข็งสีขาว

ตารางที่ 4.2 ผลการละลายของน้ำกับตัวทำละลายผสมระหว่างไดเมทิลฟอร์มาไมด์และไดคลอโรมีเทน

ลำดับ ที่	ตัวทำละลายชั้นพอลิเมอร์			ตัวทำละลายชั้นน้ำ		อัตราส่วนชั้นพอลิเมอร์ : ชั้นน้ำ		ผลการ ละลาย
	อัตราส่วน DMF :		ปริมาณที่ ใช้	น้ำ	ปริมาณ ที่ใช้	ชั้นพอลิ เมอร์	ชั้นน้ำ	
	CH ₂ Cl ₂							
	DMF	CH ₂ Cl ₂						
1	3 ml	7 ml	20 หยด	2 หยด	2 หยด	10	1	แยกชั้น
2	2 ml	3 ml	20 หยด	2 หยด	2 หยด	10	1	แยกชั้น
3	2 ml	3 ml	20 หยด	1 หยด	1 หยด	10	0.5	แยกชั้น

จากการเตรียมสารละลายโดยใช้ตัวทำละลายผสมพบว่าไม่สามารถขึ้นรูปเป็นเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดบรรจุไนโอมัยซิน และเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดที่ไม่บรรจุยานีโอมัยซิน รวมถึงการใช้ตัวทำละลายเดี่ยวก็ไม่สามารถขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดได้ ดังตารางที่ ผ.2 ซึ่งอาจเกิดจากสารมีความเข้มข้นมาก จึงทำการอบสารที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน เมื่อทำการทดลองซ้ำยังพบว่าของผสมเกิดการแยกชั้น จึงได้ทดลองเพิ่มเวลาการปั่นสารและเปลี่ยนอิมัลซิไฟเออร์เป็น span 20 ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การละลายของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด และสารละลายนีโอเมย์ซินที่เวลาในการปั่นสารละลายต่างกันและเปลี่ยนอิมัลซิไฟเออร์เป็น span20

PLGA	คลอโรฟอร์ม (ml)	สารละลายนีโอ		เวลาในการ ปั่นสาร (ชั่วโมง)	ผลการละลาย	
		Span80	Span20			
5% wt/wt	5.0	3 หยด	-	0.5 ml	1	แยกชั้น
					2	แยกชั้น
					3	แยกชั้น
					12	แยกชั้น
5% wt/wt	5.0	-	-	0.5 ml	1	แยกชั้น
					2	แยกชั้น
					3	แยกชั้น
					4	แยกชั้นช้าลง
					5	เป็นเนื้อเดียวกัน

จะเห็นได้ว่า เมื่อเพิ่มเวลาในการปั่นสารให้นานขึ้นจาก 2 ชั่วโมงเป็น 3 ชั่วโมง และ 12 ชั่วโมง ของผสมยังคงไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และจากการศึกษาพบว่า span 20 สามารถเตรียมของผสมอิมัลชันของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดและน้ำได้ (21) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทดลองเปลี่ยนอิมัลซิไฟเออร์ จาก span 80 เป็น span 20 พบว่าสารละลายไม่เกิดการแยกชั้นเมื่อใส่ span 20 ลงไป 5 หยด แต่เมื่อนำไปขึ้นรูปเส้นใยด้วยกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต ภายใต้ความต่างศักย์คงที่ที่ 20 kV ที่ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับวัสดุรองรับ 20 cm และอัตราการไหลคงที่ที่ 0.5 mL/h พบว่าไม่สามารถขึ้นรูปเป็นเส้นใยได้เกิดหยดคล้ายหยดน้ำมันที่วัสดุรองรับ

4.2 การเตรียมเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดบรรจุเนโอเมย์ซินผ่านกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชัน

เนื่องจากไม่สามารถขึ้นรูปเส้นใยของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดได้ อาจเกิดจากสารเสื่อมสภาพ และปัจจัยอื่น ๆ จึงเปลี่ยนพอลิเมอร์ที่ใช้ในการขึ้นรูปเส้นใยจากพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดเป็นพอลิแลคติกแอซิด ซึ่งสามารถผลิตได้จากการหมักวัตถุดิบจำพวกแป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล และแป้งข้าวโพด โดยมีคุณสมบัติเป็นพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ สามารถสลายตัวผ่านกลไกไฮโดรไลซิสเมื่อสัมผัสกับของเหลวภายในร่างกาย อีกทั้งยังมีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อเช่นเดียวกับ

พอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด ทำให้พอลิแลคติกแอซิดมีความน่าสนใจที่จะนำมาขึ้นรูปเส้นใยแทนพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด

ในการเตรียมสารละลายของพอลิแลคติกแอซิดที่บรรจุยานีโอเมซินโดยวิธีการเตรียมแบบอิมัลชัน โดยใช้ความเข้มข้นของพอลิแลคติกแอซิดเท่ากับ 6.5% wt ของสารละลาย ความเข้มข้นของนีโอเมซินเท่ากับ 5% wt ของพอลิเมอร์และความเข้มข้นของสเปน 80 เท่ากับ 10% wt ของพอลิเมอร์ พบว่าได้ของผสมสีขาวขุ่นคล้ายนม มีลักษณะหนืดมาก ดังแสดงในภาพที่ 4.1 และเมื่อนำไปขึ้นรูปเส้นใยภายใต้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าคงที่ที่ 20 kV ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับวัสดุรองรับคงที่ที่ 20 cm และอัตราการไหลคงที่ที่ 0.5 mL/h พบว่าสามารถขึ้นรูปเส้นใยได้ แต่ยังมีจุดที่ไม่เป็นเส้นใย และเมื่อเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็น 22 kV พบว่าจุดที่ไม่เป็นเส้นใยน้อยลง



ภาพที่ 4.1 สารละลายอิมัลชันของพอลิแลคติก

4.2.1 ผลของความเข้มข้นที่ใช้ในการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชันต่อพอลิแลคติกแอซิด

เส้นใยพอลิแลคติกแอซิดที่บรรจุยานีโอเมซินที่ถูกเตรียมด้วย ความเข้มข้นของนีโอเมซินเท่ากับ 5% wt ของพอลิเมอร์และความเข้มข้นของสเปน 80 เท่ากับ 10% wt ของพอลิเมอร์ ภายใต้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าคงที่ที่ 20 kV ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับวัสดุรองรับคงที่ที่ 20 cm และอัตราการไหลคงที่ที่ 2.0 mL/h โดยผู้วิจัยปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของพอลิแลคติกแอซิดให้แตกต่างกันี้ คือ 5%wt, 6.5%wt, 8%wt, 10%wt และ 12%wt ของสารละลาย โดยที่ความเข้มข้นของพอลิแลคติกแอซิดเท่ากับ 5%wt, 8%wt และ 10%wt พบเส้นพลาสติกมีลักษณะแข็งและใสผสมกับเส้นใย ส่วนที่ความเข้มข้นของพอลิแลคติกแอซิดเท่ากับ 6.5%wt และ 12%wt ของสารละลาย ไม่ค่อยพบเส้นพลาสติกมีลักษณะแข็งและใส แต่ที่ความเข้มข้นของพอลิแลคติกแอซิดเท่ากับ 12%wt ของสารละลาย กลับพบว่ามีส่วนที่เป็นพลาสติก

แข็งด้านล่างของแผ่นเส้นใยที่ติดกับแผ่นพอยล์ ดังนั้นความเข้มข้นของพอลิแลคติกแอซิดที่เหมาะสมในการเตรียมเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดเท่ากับ 6.5%wt ของสารละลาย

4.2.2 ผลของศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชันต่อพอลิแลคติกแอซิด

ในการศึกษาการให้ศักย์ไฟฟ้าแก่ระบบที่แตกต่างกันมีผลต่อเส้นใยที่เตรียมได้จากเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดที่บรรจุยานีโอเมย์ซินที่เตรียมด้วยพอลิแลคติกแอซิดความเข้มข้นเท่ากับ 6.5%wt ของสารละลาย ความเข้มข้นของนีโอเมย์ซินเท่ากับ 5%wt ของพอลิเมอร์และความเข้มข้นของสเปกน 80 เท่ากับ 10%wt ของพอลิเมอร์ ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับวัสดุรองรับคงที่ที่ 20 cm และอัตราการไหลคงที่ที่ 2.0 mL/h โดยผู้วิจัยได้ทำการปรับเปลี่ยนค่าศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่ระบบให้แตกต่างกันดังนี้ คือ 15 kV, 20 kV และ 22 kV พบว่า การให้ศักย์ไฟฟ้าแก่ระบบเท่ากับ 22 kV มีหยดหรือเส้นพลาสติกน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 15 kV และ 20 kV โดยที่ศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 15 kV และ 20 kV ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่ระบบอาจจะไม่มากพอที่จะทำให้เกิดเส้นใยได้ทั้งหมด หรืออาจกล่าวได้ว่าเมื่อเพิ่มศักย์ไฟฟ้าให้แก่ระบบ เป็นการเพิ่มความสามารถในการเป็นเส้นใยให้กับกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต และในงานวิจัยของ Wu และคณะ (22) แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของความต่างศักย์ไฟฟ้าในระบบ มีผลทำให้ขนาดของเส้นใยลดลงอีกด้วย ดังนั้นศักย์ไฟฟ้าของระบบเท่ากับ 22 kV จึงมีความเหมาะสมในการเตรียมเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดที่บรรจุยานีโอเมย์ซิน

4.2.3 ผลของอัตราการไหลที่ใช้ในการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชันต่อพอลิแลคติกแอซิด

เส้นใยพอลิแลคติกแอซิดความเข้มข้นเท่ากับ 6.5%wt ของสารละลาย ความเข้มข้นของนีโอเมย์ซินเท่ากับ 5%wt ของพอลิเมอร์และความเข้มข้นของสเปกน 80 เท่ากับ 10%wt ของพอลิเมอร์ โดยระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับวัสดุรองรับคงที่ที่ 20 cm และศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่ระบบคงที่ที่ 22 kV ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลที่ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 mL/h โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยและกราฟฮิสโตแกรมดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเส้นใยพอลิแลคเตดแอซิดบรรจุไนโอเมย์ซินที่ขึ้นรูปผ่านกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต* โดยปรับอัตราการไหลของสารที่แตกต่างกัน

อัตราการไหล ของสาร (mL/h)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เฉลี่ยของเส้นใย (μm)	ฮิสโตแกรม														
0.5	0.190 ± 0.064	<table border="1"> <caption>Data for Histogram (0.5 mL/h)</caption> <thead> <tr> <th>diameter of fibers (μm)</th> <th>Frequency</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.1</td><td>12</td></tr> <tr><td>0.2</td><td>18</td></tr> <tr><td>0.3</td><td>2</td></tr> <tr><td>0.4</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	diameter of fibers (μm)	Frequency	0.1	12	0.2	18	0.3	2	0.4	1				
diameter of fibers (μm)	Frequency															
0.1	12															
0.2	18															
0.3	2															
0.4	1															
1.0	0.292 ± 0.119	<table border="1"> <caption>Data for Histogram (1.0 mL/h)</caption> <thead> <tr> <th>diameter of fibers (μm)</th> <th>Frequency</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0.2</td><td>11</td></tr> <tr><td>0.3</td><td>9</td></tr> <tr><td>0.4</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>1</td></tr> <tr><td>0.7</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	diameter of fibers (μm)	Frequency	0.1	1	0.2	11	0.3	9	0.4	10	0.5	1	0.7	1
diameter of fibers (μm)	Frequency															
0.1	1															
0.2	11															
0.3	9															
0.4	10															
0.5	1															
0.7	1															
1.5	0.242 ± 0.123	<table border="1"> <caption>Data for Histogram (1.5 mL/h)</caption> <thead> <tr> <th>diameter of fibers (μm)</th> <th>Frequency</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.1</td><td>11</td></tr> <tr><td>0.2</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.3</td><td>7</td></tr> <tr><td>0.4</td><td>3</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>2</td></tr> </tbody> </table>	diameter of fibers (μm)	Frequency	0.1	11	0.2	10	0.3	7	0.4	3	0.5	2		
diameter of fibers (μm)	Frequency															
0.1	11															
0.2	10															
0.3	7															
0.4	3															
0.5	2															

*ภาวะที่ใช้ในกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตคือ ความเข้มข้นของพอลิแลคติกแอซิดเท่ากับ 6.5%wt ของสารละลาย ความเข้มข้นของไนโอเมย์ซินเท่ากับ 5%wt ของพอลิเมอร์ ความเข้มข้นของสเปน 80 เท่ากับ 10%wt ของพอลิเมอร์ ค่าศักย์ไฟฟ้า 22 kV ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับวัสดุรองรับคองที่ 20 cm

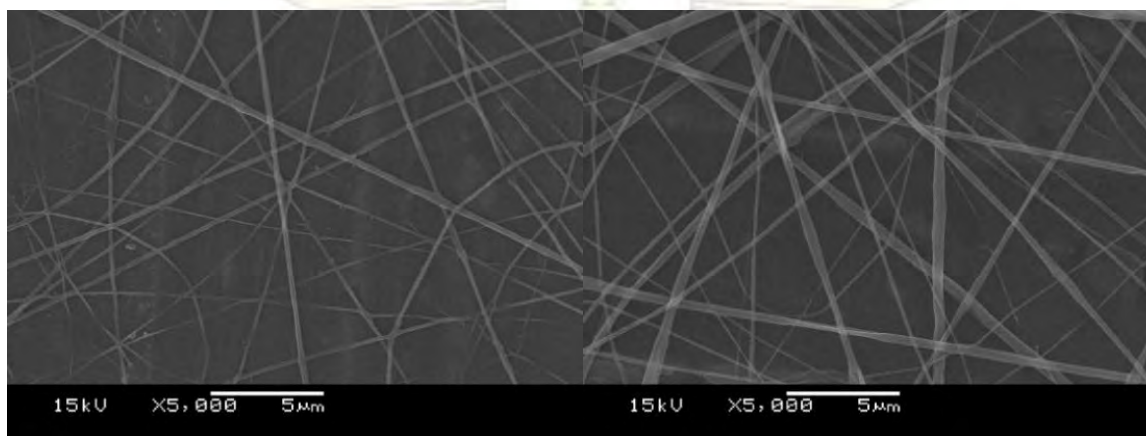
ตารางที่ 4.4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเส้นใยพอลิแลคเตดแอซิดบรรจุไนโอแมซินที่ขึ้นรูปผ่านกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต* โดยปรับอัตราการไหลของสารที่แตกต่างกัน

อัตราการไหลของสาร (mL/h)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเส้นใย (μm)	ฮิสโตแกรม
2.0	0.315 ± 0.110	
2.5	0.268 ± 0.158	

*ภาวะที่ใช้ในกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตคือ ความเข้มข้นของพอลิแลคติกแอซิดเท่ากับ 6.5% wt ของสารละลาย ความเข้มข้นของไนโอแมซินเท่ากับ 5%wt ของพอลิเมอร์ ความเข้มข้นของสเปน 80 เท่ากับ 10%wt ของพอลิเมอร์ ค่าศักย์ไฟฟ้า 22 kV ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับวัสดุรองรับคงที่ที่ 20 cm

ตารางที่ 4.4 พบว่าที่ 0.5 mL/h, 1.0 mL/h, 1.5 mL/h, 2.0 mL/h และ 2.5 mL/h มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเท่ากับ $0.190 \pm 0.064 \mu\text{m}$, $0.292 \pm 0.119 \mu\text{m}$, $0.242 \pm 0.123 \mu\text{m}$, $0.315 \pm 0.110 \mu\text{m}$ และ $0.261 \pm 0.160 \mu\text{m}$ ตามลำดับ จะเห็นได้เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของสาร ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zong และคณะ (23) ที่กล่าวว่าอัตราการไหลของสารละลายที่สูง เส้นใยที่พุ่งออกจากปลายเข็มโลหะมีเวลาไม่มากพอให้ลำของสารละลายพอลิเมอร์เกิดการยืดตัวออกได้สมบูรณ์ ทำให้ลักษณะของเส้นใยที่ได้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ และจากกราฟฮิสโตแกรมจะเห็นได้ว่าที่ 1.0 mL/h, 1.5 mL/h และ 2.5 mL/h มีการกระจายตัวของขนาดเส้น

ใยที่กว้างแสดงว่าเส้นใยมีขนาดที่แตกต่างกันมาก จึงไม่เหมาะที่จะนำมาศึกษาการปลดปล่อยยา จากฮีสโตแกรมที่อัตราการไหลของสารเท่ากับ 0.5 mL/h และ 2.0 mL/h มีการกระจายของขนาดเส้นใยที่แคบ แต่จากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ดังภาพที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าที่อัตราการไหลของสารเท่ากับ 0.5 mL/h มีการขาดของเส้นใยมากกว่าที่อัตราการไหลของสารเท่ากับ 2.0 mL/h



a)

b)

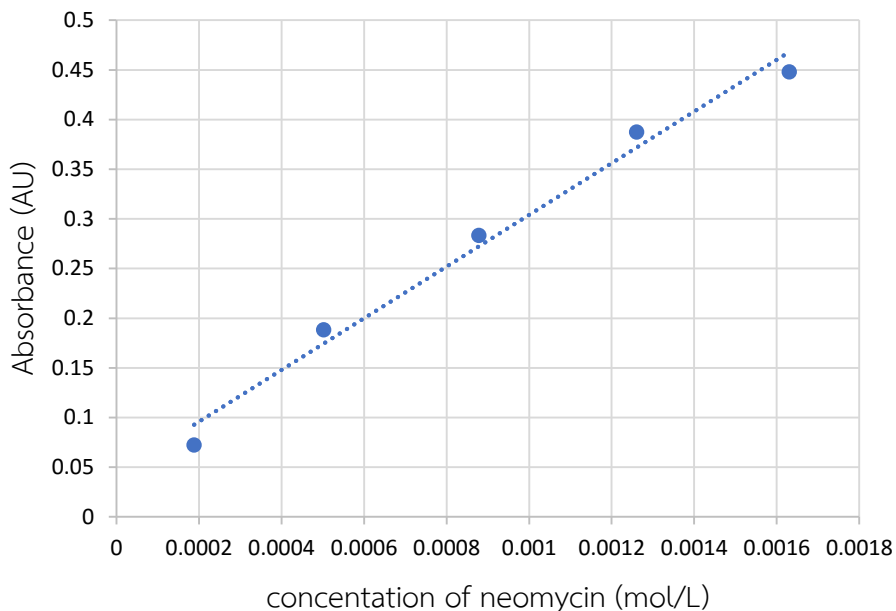
ภาพที่ 4.2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของแผ่นเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดที่บรรจุไนโอมัยซินที่เตรียมจากการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชัน ที่ความเข้มข้นของพอลิแลคติกแอซิดเท่ากับ 6.5%wt ของสารละลาย ความเข้มข้นของไนโอมัยซินเท่ากับ 5%wt ของพอลิเมอร์ ความเข้มข้นของสเปน 80 เท่ากับ 10%wt ของพอลิเมอร์ ค่าศักย์ไฟฟ้า 22 kV และระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับวัสดุรองรับ 20 cm ภายใต้อัตราการไหลที่แตกต่างกัน ได้แก่ a) 0.5 mL/h และ b) 2.0 mL/h

จากการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดสรุปได้ว่า ภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเส้นใย คือ ความเข้มข้นของพอลิแลคติกแอซิดเท่ากับ 6.5%wt ของสารละลาย ความเข้มข้นของไนโอมัยซินเท่ากับ 5%wt ของพอลิเมอร์ ความเข้มข้นของสเปน 80 เท่ากับ 10%wt ของพอลิเมอร์ ค่าศักย์ไฟฟ้า 22 kV ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับวัสดุรองรับครั้งที่ 20 cm และอัตราการไหลของสารเท่ากับ 2.0 mL/h

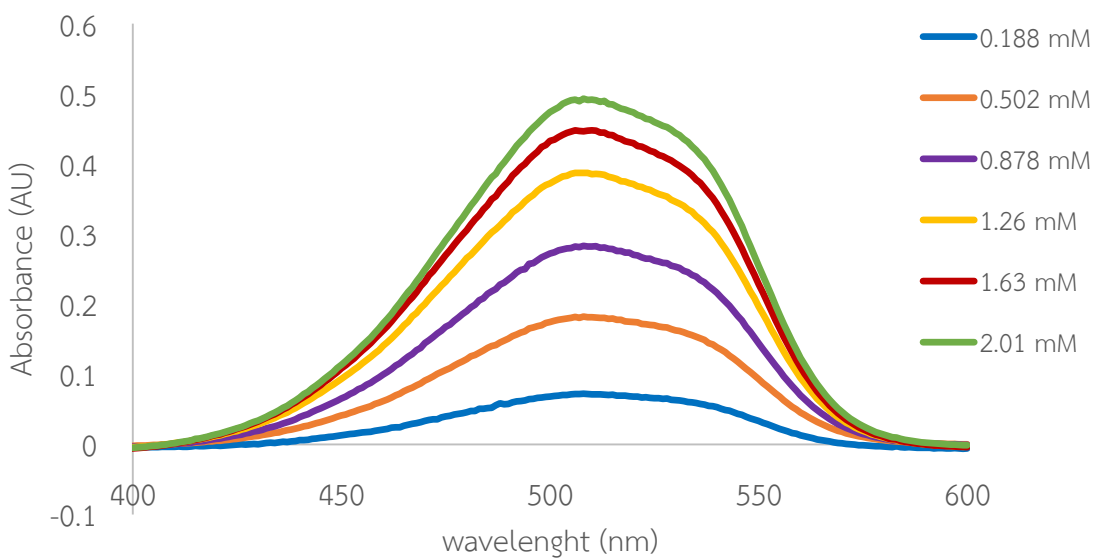
4.3 การตรวจวัดปริมาณการปลดปล่อยของยานีโอมัยซินจากเส้นใยของพอลิแลคติกแอซิดที่เตรียมได้

สร้างกราฟมาตรฐานในช่วงความเข้มข้นของไนโอมัยซินเท่ากับ 1.88×10^{-4} ถึง 1.63×10^{-3} M โดยตัดจุดที่ปิเปตสารละลายไนโอมัยซินปริมาตร 8.0 mL ออกเนื่องจากค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ทำให้กราฟมีแนวโน้มไม่เป็นเส้นตรง ได้สมการเส้นตรง $y = 260.17x + 0.0439$ และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9849 แสดงดัง

ภาพที่ 4.3 จากการทดลองพบว่าเมทิลออเรนจ์ให้ค่า λ_{max} ที่ 504-508 nm ดังแสดงในภาพที่ 4.4 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่า λ_{max} จากการทดลองของ David และคณะ (1) ที่เมทิลออเรนจ์ให้ค่า λ_{max} ที่ 498 nm



ภาพที่ 4.3 กราฟมาตรฐานช่วงความเข้มข้นของนีโอมัยซินเท่ากับ 1.88×10^{-4} ถึง 1.63×10^{-3} M



ภาพที่ 4.4 สเปกตรัมของเมทิลออเรนจ์ที่ความเข้มข้นของนีโอมัยซินแตกต่างกัน

ในการตรวจวัดปริมาณการปลดปล่อยของยานีโอมัยซินจากเส้นใยของพอลิแลคติกแอซิด ศึกษาจากเส้นใยของพอลิแลคติกแอซิดบรรจุนีโอมัยซินที่เตรียมที่ภาวะความเข้มข้นของพอลิแลคติกแอซิดเท่ากับ 6.5%wt ของสารละลาย ความเข้มข้นของนีโอมัยซินเท่ากับ 5%wt ของพอลิเมอร์ ความเข้มข้นของสเปกตรัม 80 เท่ากับ 10%wt ของพอลิเมอร์ ค่าศักย์ไฟฟ้า 22 kV ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับวัสดุรองรับคิงที่ 20 cm และอัตราการไหลของสาร เท่ากับ 2.0 mL/h เนื่องจากเป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดที่บรรจุนีโอมัยซิน

เมื่อนำเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดที่บรรจุนีโอมัยซินน้ำหนัก 0.2 g ใส่หลอดพลาสติกขนาด 12 mL ปิดเต้าน้ำ MilliQ ปริมาตร 10 mL ลงในหลอดพลาสติกที่มีเส้นใย แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 5, 10, 15, 30 และ 60 นาที จากนั้นเปิดสารละลาย จากการแช่แผ่นเส้นใย ปริมาตร 5.0 mL ลงในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 10 mL ปิดเต้าน้ำสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 5 M ปริมาตร 1.0 mL และสารละลายซีเรียม (IV) ซัลเฟตความเข้มข้น 2.0×10^{-3} M ปริมาตร 0.6 mL และเก็บเข้าที่มีดันทันทีพร้อมจับเวลา 20 นาที (ไม่ควรเกิน 25 นาที) เมื่อครบ 20 นาที เติมเมทิลลอเรนจ์ความเข้มข้น 500 ppm ปริมาตร 0.24 mL ทันที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ในช่วงความยาวคลื่น 300–600 nm โดยจะพบพีคของเมทิลออเรนจ์ที่ประมาณ 508 nm เมื่อทำการวิเคราะห์ พบว่ามีปริมาณนีโอมัยซินที่ปลดปล่อยออกจากเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดที่เวลาต่าง ๆ ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ปริมาณนีโอมัยซินที่ปลดปล่อยจากเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดและปริมาณนีโอมัยซินทั้งหมดจากการเตรียม

น้ำหนักเส้นใย (g)	เวลาที่ใช้ในการแช่เส้นใย (นาที)	Absorbance	ปริมาณนีโอมัยซินที่ปลดปล่อยจากเส้นใย (g)	ปริมาณนีโอมัยซินทั้งหมดจากการเตรียม (g)
0.2057	5	0.104690	0.00425	0.0213
0.2048	10	0.086872	0.00300	0.0212
0.2048	15	0.095625	0.00362	0.0212
0.2046	30	0.098373	0.00380	0.0212
0.2053	60	0.127890	0.00587	0.0213

x แทนความเข้มข้นของนีโอมีซิน และ y แทนค่าการดูดกลืนแสง (absorbance)

ที่เวลาที่ใช้ในการแช่เส้นใย 5 นาที

$$y = 260.17x + 0.0439$$

$$0.10469 = 260.17x + 0.0439$$

$$x = 2.34 \times 10^{-4} \text{ M}$$

ความเข้มข้นของนีโอมีซินจากขวดกำหนดปริมาตร 10 mL ที่คำนวณได้จากการแทนค่า absorbance ลงในสมการเส้นตรงเท่ากับ $2.34 \times 10^{-4} \text{ M}$

คำนวณหาปริมาณนีโอมีซินที่ปลดปล่อยออกมาจากเส้นใย

หาความเข้มข้นของนีโอมีซินจากการแช่เส้นใย

N_1 แทน ความเข้มข้นของสารละลาย 5.0 mL ที่ปีเปิดจากสารละลาย 10.0 mL ที่แช่เส้นใย

V_1 แทน ปริมาตรสารที่นำไปทดสอบจากสารละลายที่ใช้แช่เส้นใยทั้งหมด

N_2 แทน ความเข้มข้นของนีโอมีซินจากขวดกำหนดปริมาตร 10 mL ที่คำนวณได้จากการแทนค่า absorbance ลงในสมการเส้นตรง

V_2 แทน ปริมาตรรวมของสารละลายที่นำไปวัดในขวดกำหนดปริมาตร

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$N_1(5.0 \text{ mL}) = (2.34 \times 10^{-4} \text{ M})(10.0 \text{ mL})$$

$$N_1 = 4.68 \times 10^{-4} \text{ M}$$

ความเข้มข้นของนีโอมีซินในสารละลาย 5.0 mL ที่แช่เส้นใย เท่ากับ $4.68 \times 10^{-4} \text{ M}$

ดังนั้น ความเข้มข้นของนีโอมีซินจากเส้นใย 0.2057 g ในน้ำ 10.0 mL เท่ากับ $4.68 \times 10^{-4} \text{ M}$

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักนีโอมีซินที่ปลดปล่อยจากเส้นใย (g)} &= \frac{908.88 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \times \frac{4.68 \times 10^{-4} \text{ mol}}{1000 \text{ mL}} \times 10 \text{ mL} \\ &= 0.00425 \text{ g} \end{aligned}$$

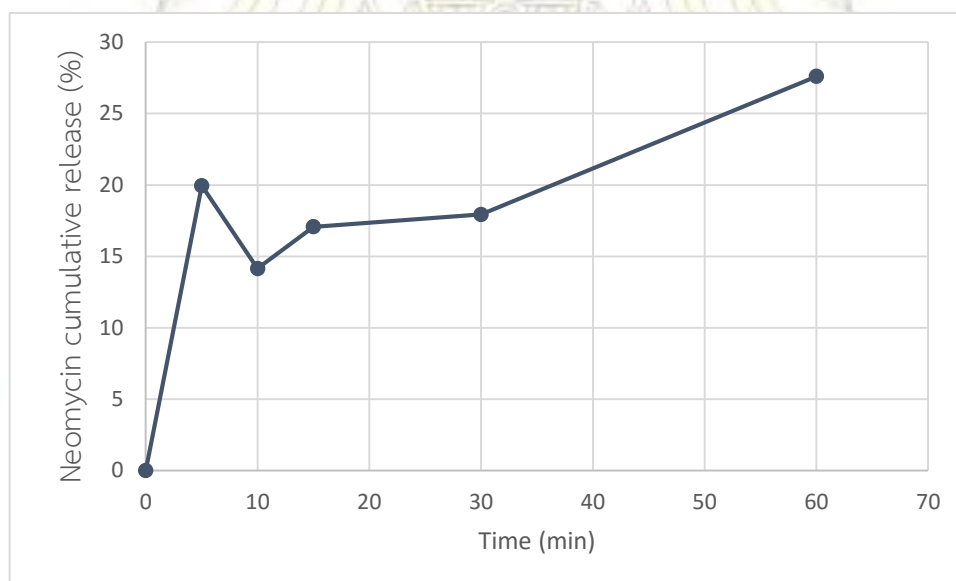
จากการเตรียมเส้นใยจากพอลิแลคติกแอซิด 0.55 g บรรจุยานีโอไมซิน 0.0290 g ได้เส้นใยของพอลิแลคติกแอซิดหนัก 0.2800 g ดังนั้นเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดหนัก 0.2057 g มีปริมาณนีโอไมซินเท่ากับ 0.0213 g คำนวณหาปริมาณนีโอไมซินทั้งหมดจากการเตรียมได้ผลดังตารางที่ 4.5 เมื่อนำปริมาณนีโอไมซินที่ปลดปล่อยจากเส้นใยไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยของยาจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยของยา} = \frac{M_t}{M_\infty} \times 100$$

M_t แทน ปริมาณยาที่ถูกปลดปล่อยจากเส้นใยที่เวลา t

M_∞ แทน ปริมาณยาทั้งหมดที่ถูกบรรจุลงในเส้นใย

จากการคำนวณเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยของยานีโอไมซินที่เวลาต่าง ๆ เมื่อนำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยของยานีโอไมซินกับเวลา ได้กราฟดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 กราฟเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยของยานีโอไมซินที่เวลาต่าง ๆ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าที่เวลา 5, 10, 15, 30 และ 60 นาที มีเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยยานีโอไมซินเท่ากับ 19.9, 14.1, 17.1, 17.9 และ 27.6% ตามลำดับ ที่เวลา 5, 10, 15 และ 30 นาที มีอัตราการปลดปล่อยยาที่ใกล้เคียงกัน โดยที่ 5 นาทีแรกเป็นการปลดปล่อยแบบ burst release คือ การปลดปล่อย

ยาอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาแรก กล่าวได้ว่าการปลดปล่อยยานีโอมัยซินจากเส้นใยพอลิแลคติกแบบอิมัลชัน มีค่า burst release เท่ากับ 19.9% จากนั้นค่อยๆปลดปล่อยจนถึงนาที่ที่ 60 จะเห็นว่าที่เวลา 10 นาที เปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยยานีโอมัยซินต่ำกว่าจุดอื่น ๆ เนื่องจากการกระจายตัวของปริมาณนีโอมัยซินในเส้นใยอาจจะไม่สม่ำเสมอ และเส้นใยที่นำมาวิเคราะห์อาจจะมีปริมาณนีโอมัยซินน้อยกว่าเส้นใยที่นำมาวิเคราะห์ที่เวลาอื่น ๆ ทำให้ปริมาณนีโอมัยซินที่ตรวจวัดได้มีค่าต่ำกว่าจุดอื่น จะเห็นได้ว่าที่เวลา 30 นาที ถึง 60 นาที เปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยยานีโอมัยยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ช้ากว่าช่วง 5 นาทีแรก และปริมาณการปลดปล่อยยานีโอมัยยังไม่คงที่ แสดงว่าที่เวลา 60 นาทียังไม่ใช่เวลาที่มีการปลดปล่อยยานีโอมัยซินออกมาหมด จึงต้องทำการทดลองเพิ่มเติม



ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การเตรียมเส้นใยของพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดที่บรรจุยานีโอมีซินพบว่าการใช้ตัวทำละลายผสมไดเมทิลฟอร์มาไมด์และไดคลอโรมีเทนไม่สามารถทำให้สารเป็นเนื้อเดียวกันได้ และของผสมที่ได้จากการเปลี่ยนอิมัลซิไฟเออร์จาก span 80 เป็น span 20 ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นเส้นใยได้ และเมื่อทำการเปลี่ยนพอลิเมอร์ในการขึ้นรูปเส้นใยจากพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิดเป็นพอลิแลคติกแอซิด พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดบรรจุยานีโอมีซินด้วยเทคนิคการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต คือ ความเข้มข้นของพอลิแลคติกแอซิดเท่ากับ 6.5%wt ของสารละลาย ความเข้มข้นของนีโอมีซินเท่ากับ 5%wt ของพอลิเมอร์ ความเข้มข้นของสแปน 80 เท่ากับ 10%wt ของพอลิเมอร์ ค่าศักย์ไฟฟ้า 22 kV ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับวัสดุรองรับคางที่ 20 cm และอัตราการไหลของสารเท่ากับ 2.0 mL/h โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยที่เตรียมได้เท่ากับ $0.315 \pm 0.110 \mu\text{m}$ จากการศึกษาการปลดปล่อยของยานีโอมีซินพบว่า ที่ 5 นาทีแรกมีการปลดปล่อยยาแบบ burst release และมีเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยยานีโอมีซินเท่ากับ 19.9% และที่เวลา 60 นาที มีเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยยานีโอมีซินเท่ากับ 27.6%

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยการศึกษาการปลดปล่อยของยานีโอมีซินต้องทดลองที่เวลามากกว่า 60 นาทีเพิ่ม และหากนำเส้นใยพอลิแลคติกบรรจุยานีโอมีซินประยุกต์ใช้เป็นวัสดุปิดบาดแผล ต้องทำการทดสอบความชอบน้ำของเส้นใยเนื่องจากความชอบน้ำของพื้นผิวของเส้นใยมีส่วนช่วยในการดูดซับของเสียออกจากบาดแผล ทดสอบสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย และทดสอบความเป็นพิษกับเซลล์เพิ่มเติม เพื่อให้แน่ใจว่ามีประสิทธิภาพที่ดีในการเป็นวัสดุปิดบาดแผล

คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

1. Sofokleous, P.; Stride, E.; Edirisinghe M. Preparation, Characterization, and Release of Amoxicillin from Electrospun Fibrous Wound Dressing Patches. *Pharm. Res.* 2013, *30*, 1926-1938.
2. Makadia, H. K.; Siegel S. J. Poly Lactic-co-Glycolic Acid (PLGA) as Biodegradable Controlled Drug Delivery Carrier. *Polymers* 2011, *3*, 1377-1397
3. Siegel, S. J.; Kahn, J. B.; Metzger, K.; Winey, K. I.; Werner, K.; Dan, N. Effect of Drug Type on the Degradation Rate of PLGA Matrices. *Eur. J. Pharm. Biopharm.* 2006, *64*, 287-293.
4. Huidobro, A.L.; García, A.; Barbas, C. Rapid Analytical Procedure for Neomycin Determination in Ointments by CE with Direct UV Detection. *J. Pham. Biomed. Anal.* 2009, *49*, 1303-1307.
5. Peng, H.; Zhou, S.; Guo, T.; Li, Y.; Li, X.; Wang, J.; Weng, J. In Vitro Degradation and Release Profiles for Electrospun Polymeric Fibers. *Colloids Surf., B.* 2008, *66*, 206-212.
6. Gu, S.; Wang, Z.; Ren, J.; Zhang, C. Electrospinning of Gelatin and Gelatin/Poly(L-lactide) Blend and Its Characteristics for Wound Dressing. *Mater. Sci. Eng. C* 2009, *29*, 1822-28.
7. Hu, J.; Prabhakaran, M. P.; Tian, L.; Ding, X. Ramakrishnab, S. Drug-Loaded Emulsion Electrospun Nanofibers: Characterization, Drug Release and In Vitro Biocompatibility. *RSC adv.* 2015, *5*, 100256.
8. Chandra, R.; Renu R. Biodegradable polymers. *Prog. Polym. Sci.* 1998, *23*, 1273-1335.
9. จุฬากานต์ บุญมี “พลาสติกชีวภาพ ทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม” วารสารสิ่งแวดล้อม, ปีที่ 16 เล่มที่ 2 หน้า 15-18.

10. พอลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ (Degradable polymers). <http://www.thaigoodview.com/node/46661?page=0,9>. Accessed 5 April 2016
11. Auras, R.; Lim, L.; Selke, S.; Tsuji, H. Poly(Lactic Acid): Synthesis, Structures, Properties, Processing, and Applications, 2010
12. Anders, S.; Mikael, S. Properties of Lactic Acid Based Polymers and their Correlation with Composition. *Prog. Polym. Sci.* **2002**, *27*, 1123-1163.
13. Dorgan, JR.; Lehermeier, H., Mang, M. Thermal and Rheological Properties of Commercial-Grade Poly (Lactic Acid)s. *J. Polym. Environ.* **2000**, *8*, 1-9.
14. Anderson, M.J.; Shive, S.M. Biodegradation and Biocompatibility of PLA and PLGA Microspheres. *Adv. Drug Deliv. Rev.* **1997**, *28*,5-24
15. Astete, C. E.; Sabliov, C. M. Synthesis and Characterization of PLGA Nanoparticles. *J. Biomater. Sci., Polym. Ed.* **2006**, *17*, 247-289
16. Makadia, K.H.; Siegel, J.S. Poly Lactic-co-Glycolic Acid (PLGA) as Biodegradable Controlled Drug Delivery Carrier. *Polymers* **2011**, *3*, 1377-1397
17. Yamsuphawong, P.; Thipkunok, W.; Silaon, W.; Sritananuwat, P.; Puapermpoonsiri, U. The study of Factors and Components in Situ Forming Gel Formulation Comprising of PLGA. *IJPS.* **2016**, *11*, 135-143
18. Waksman, S.A.; Lechevalier, H.A. Neomycin a New Antibiotic Active Against Streptomycin-Resistant Bacteria, Including Tuberculosis Organisms. *Science* **1949**, *109*, 305-307
19. นีโอมัยซิน (Neomycin). <http://haamor.com>, Accessed 4 April 2016
20. อะมิโนไกลัยโคไซด์ (Aminoglycoside) <http://www.healthcarethai.com>, Accessed 9 April 2016
21. Mahboubian A.; Hashemein, K.S.; Moghadam, S.; Atyabi, F.; Dinarvand, R. Preparation and *In-vitro* Evaluation of Controlled Release PLGA Microparticles Containing Triptoreline. *Iran. J. Pharm. Res.* **2010**, *9*, 369-378
22. Wu, C.; Chiou, H.; Lin, S.; Lin, J. Effects of Electrostatic Polarity and the Types of Electrical Charging on Electrospinning Behavior. *J Appl Polym Sci*, **2012**, *126*, 89-97

23. Zong, X.; Kim, K.; Fang, D.; Ran, S.; Hsiao, S.B.; Chu, B. Structure and Process Relationship of Electrospun Bioabsorbable Nanofiber Membranes. *Polymer* **2002**, *40*, 4403-4412

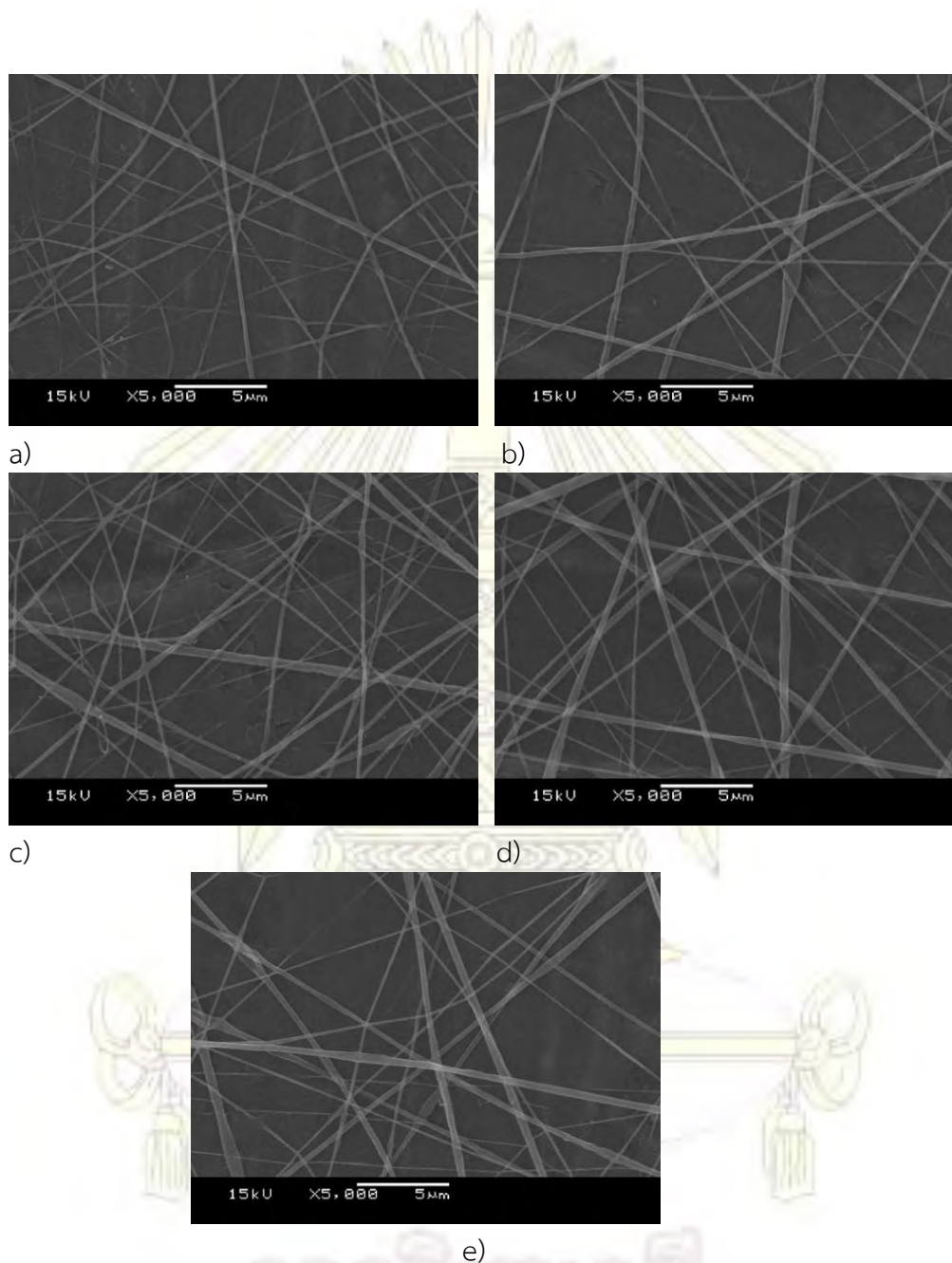


ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ ผ.1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของแผ่นเส้นใยพอลิแลคติกแอซิดที่บรรจุไนโอมัยซินที่เตรียมจากการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตแบบอิมัลชัน ที่ความเข้มข้นของพอลิแลคติกแอซิดเท่ากับ 6.5%wt ของสารละลาย ความเข้มข้นของไนโอมัยซินเท่ากับ 5%wt ของพอลิเมอร์ ความเข้มข้นของสเปน 80 เท่ากับ 10%wt ของพอลิเมอร์ ค่าศักย์ไฟฟ้า 22 kV และระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับวัสดุรองรับ 20 cm ภายใต้อัตราการไหลที่แตกต่างกัน ได้แก่ a) 0.5 mL/h, b) 1.0 mL/h, 1.5 mL/h, 2.0 mL/h และ e) 2.5 mL/h



ตารางที่ ผ.1 อัตราส่วนของตัวทำละลายผสมระหว่างไดเมทิลฟอร์มาไมด์กับไดคลอโรมีเทน และไดเมทิลฟอร์มาไมด์กับน้ำ

ลำดับ ที่	ตัวทำละลายชั้นพอลิเมออร์			ตัวทำละลายชั้นน้ำ			อัตราส่วนชั้นพอลิเมออร์ : ชั้นน้ำ		ผลการละลาย
	อัตราส่วน DMF : CH ₂ Cl ₂		ปริมาณที่ ใช้	อัตราส่วน DMF : H ₂ O		ปริมาณที่ ใช้	ชั้นพอลิเมออร์	ชั้นน้ำ	
	DMF	CH ₂ Cl ₂		DMF	H ₂ O				
1	2	7	36 หยด	1 ml	0.1 ml	4 หยด	9	1	สลล.ใสไม่มีสี/ไม่แยกชั้น
2	2	7	36 หยด	1 ml	0.2 ml	4 หยด	9	1	สลล.ใสไม่มีสี/ไม่แยกชั้น
3	2	7	36 หยด	1 ml	0.3 ml	4 หยด	9	1	สลล.ใสไม่มีสี/ไม่แยกชั้น
4	2	7	36 หยด	1 ml	0.5 ml	4 หยด	9	1	สลล.ใสไม่มีสี/ไม่แยกชั้น
5	2	7	36 หยด	1 ml	0.8 ml	4 หยด	9	1	สลล.ใสไม่มีสี/ไม่แยกชั้น
6	2	7	36 หยด	1 ml	0.9 ml	4 หยด	9	1	ของผสมขุ่น/แยกชั้น
7	2	7	36 หยด	1 ml	1 ml	4 หยด	9	1	ของผสมขุ่น/แยกชั้น
8	2.5	6.5	36 หยด	1 ml	0.1 ml	4 หยด	9	1	สลล.ใสไม่มีสี/ไม่แยกชั้น
9	2.5	6.5	36 หยด	1 ml	0.2 ml	4 หยด	9	1	สลล.ใสไม่มีสี/ไม่แยกชั้น
10	2.5	6.5	36 หยด	1 ml	0.3 ml	4 หยด	9	1	สลล.ใสไม่มีสี/ไม่แยกชั้น
11	2.5	6.5	36 หยด	1 ml	0.5 ml	4 หยด	9	1	สลล.ใสไม่มีสี/ไม่แยกชั้น
12	2.5	6.5	36 หยด	1 ml	0.8 ml	4 หยด	9	1	สลล.ใสไม่มีสี/ไม่แยกชั้น
13	2.5	6.5	36 หยด	1 ml	1 ml	4 หยด	9	1	สลล.ใสไม่มีสี/ไม่แยกชั้น
14	3	6	36 หยด	1 ml	0.1 ml	4 หยด	9	1	สลล.ใสไม่มีสี/ไม่แยกชั้น
15	3	6	36 หยด	1 ml	0.2 ml	4 หยด	9	1	สลล.ใสไม่มีสี/ไม่แยกชั้น
16	3	6	36 หยด	1 ml	0.3 ml	4 หยด	9	1	สลล.ใสไม่มีสี/ไม่แยกชั้น
17	3	6	36 หยด	1 ml	0.5 ml	4 หยด	9	1	สลล.ใสไม่มีสี/ไม่แยกชั้น
18	3	6	36 หยด	1 ml	0.8 ml	4 หยด	9	1	สลล.ใสไม่มีสี/ไม่แยกชั้น
19	3	6	36 หยด	1 ml	1 ml	4 หยด	9	1	สลล.ใสไม่มีสี/ไม่แยกชั้น
20	2 mL	7 mL	9 mL	1 mL	0.8 mL	1 mL	9	1	ของผสมแยกชั้น
21	3 mL	7 mL	10 mL	1 mL	0.8 mL	1 mL	10	1	สลล.ใสไม่มีสี/ไม่แยกชั้น

ตารางที่ ผ.2 การขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติก-โค-ไกลโคลิกแอซิด

ลำดับที่	PLGA (g)	CHCl ₃ (ml)	CH ₂ Cl ₂ : DMF (ml)	NOM (g)	H ₂ O (ml)	DMF : H ₂ O (ml)	NOM sol (ml)	SPAN80	Dista nts (cm)	Voltage (kV)	Flow rate (ml/hr)	ความ เป็นเส้น ใย	หมายเหตุ
1	0.5463	-	5	0.2719	-	2	0.5	-	20	20	0.5	×	
											0.3	×	
2	0.5526	-	5	-	-	-	-	-	20	20	0.5	×	
										15	0.5	×	
										20	1	×	
3	0.5454	5	-	0.2716	1	-	0.5	2 หยด	-	-	0.5	ผสม	แยกชั้นเร็ว
4	0.4450	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	×	
											0.3	×	
5	0.5536	5	-	-	-	-	-	3 หยด	20	20	0.5	ผสม	
6	0.5500	-	5 (9 : 1)	0.0271	-	1.5	0.3	-	20	20	0.5	×	แยกชั้นเร็ว
7	0.5562	5.0	-	0.5959	10	-	0.5	Span20	20	20	0.5	×	คล้ายหยด
								5 หยด					น้ำมัน
8	0.5580	5.0	-	0.5959	10	-	0.25	3 หยด	20	20	0.5	×	แยกชั้น
9	0.2263	2.0	-	0.0122	0.5	-	-	3 หยด	20	20	0.5	×	แยกชั้น ไม่ได้เส้นใย
10	0.5578	5.0	-	-	-	-	-	-	20	20	0.5	×	คล้ายหยด น้ำมัน

ตารางที่ ผ.3 ผลการขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติกแอซิด

ลำดับที่	PLA (g)	CHCl ₃ (ml)	NOM (g)	H ₂ O (ml)	SPAN80	Distant (cm)	Voltage (kV)	Feed rate (ml/hr)	ความเป็นเส้นใย	ลักษณะเส้นใย	หมายเหตุ
1	5% wt	5.0	5% wt polymer	0.5	3 หยด	20	15	1	√	เป็นเส้นใยผสมหยดๆที่แห้งแล้วใส	
								2	√	เป็นเส้นใยผสมหยดๆ	
								3	√	เป็นเส้นใยมากขึ้น	
							20	1	√	เป็นเส้นใยผสมจุดๆที่แห้งแล้วใส	เป็นเส้นใยมากกว่า 15 kV
								2	√	เป็นเส้นใยผสมจุดๆ	
								3	√	เป็นเส้นใยผสมจุดๆ	
2	0.5498 (6.5% wt)	5.0	5% wt polymer	0.5	3 หยด	20	22	0.5	√	เป็นเส้นใย ขนาดไม่ค่อยสม่ำเสมอ	
								1.0	√	เป็นเส้นใย ขนาดไม่ค่อยสม่ำเสมอ	
								1.5	√	เป็นเส้นใย ขนาดไม่ค่อยสม่ำเสมอ	
								2.0	√	เป็นเส้นใย ขนาดไม่ค่อยสม่ำเสมอ	(ดีที่สุด)
								2.5	√	เป็นเส้นใย ขนาดไม่ค่อยสม่ำเสมอ	

ตารางที่ ผ.3 ผลการขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติกแอซิด (ต่อ)

ลำดับที่	PLA (g)	CHCl ₃ (ml)	NOM (g)	H ₂ O (ml)	SPAN80	Distant (cm)	Voltage (kV)	Feed rate (ml/hr)	ความเป็นเส้นใย	ลักษณะเส้นใย	หมายเหตุ
2	5% wt	5.0	5% wt polymer	0.5	3 หยด	20	22	1	√	เป็นเส้นใยผสมจุดๆ	
								2	√	เป็นเส้นใยผสมจุดๆ	
								3	√	เป็นเส้นใยผสมจุดๆ	
3	8% wt	5.0	5% wt polymer	0.5	3 หยด	20	15	1	√	เป็นหยดๆเยอะ แต่เป็นเส้นใยบ้าง	
								2	√	เป็นหยดๆผสมเส้นใย	
								3	√	เป็นเส้นใยละเอียดขึ้น เป็นหยดน้อยลง	
							20	1	√	เป็นเส้นใยแต่ยังมีหยดๆเยอะ	
								2	√	มีหยดๆน้อยลง	
								3	√	เป็นเส้นใยดีขึ้น มีหยดๆบ้าง	
							22	1	√	เป็นเส้นใยดีขึ้น แต่ยังมีหยดๆเยอะ	
								2	√	มีหยดๆน้อยลง	
								3	√	มีหยดๆน้อยลง	

ตารางที่ ผ.3 ผลการขึ้นรูปเส้นใยพอลิแลคติกแอซิด (ต่อ)

ลำดับที่	PLA (g)	CHCl ₃ (ml)	NOM (g)	H ₂ O (ml)	SPAN80	Distant (cm)	Voltage (kV)	Feed rate (ml/hr)	ความเป็นเส้นใย	ลักษณะเส้นใย	หมายเหตุ
4	10% wt	5.0	5% wt polymer	0.5	3 หยด	20	15	1.0	✓	เป็นหยดมากกว่าเส้นใย	
								2.0	✓	เป็นหยดน้อยลง	
								3.0	✓	เป็นหยดมากกว่าเส้นใย	
							20	1.0	✓	เป็นเส้นพลาสติกแข็งบ้าง	
								2.0	✓	เป็นเส้นพลาสติกแข็งบ้าง	
								3.0	✓	เป็นเส้นพลาสติกแข็งบ้าง	
							22	1.0	✓	เป็นเส้นพลาสติกแข็งเยอะ	
								2.0	✓	เป็นเส้นพลาสติกแข็งน้อยลง	
								3.0	✓	เป็นเส้นพลาสติกแข็งน้อย	
5	12% wt	5.0	5% wt polymer	0.5	5 หยด	20	15	1.0	ผสม	เป็นเส้นพลาสติกแข็งเยอะ	
								2.0	ผสม	เป็นเส้นพลาสติกแข็งเยอะ	
								3.0	ผสม	เป็นเส้นพลาสติกแข็งเยอะ	
							20	1.0	ผสม	เป็นเส้นพลาสติกแข็งเยอะ	
								2.0	ผสม	เป็นเส้นพลาสติกแข็งเยอะ	
								3.0	ผสม	เป็นเส้นพลาสติกแข็งเยอะ	
							22	1.0	✓	ด้านล่างเป็นพลาสติก	
								2.0	✓	ด้านล่างเป็นพลาสติก	
								3.0	✓	ด้านล่างเป็นพลาสติก	

ประวัติผู้วิจัย

นางสาวสุปรียา บุญศรี เกิดเมื่อวันที่ 7 กันยายน พ.ศ. 2536 ภูมิลำเนาจังหวัดร้อยเอ็ด สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายสายสามัญ แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จากโรงเรียนสายน้ำผึ้ง ในพระอุปถัมภ์ฯ จังหวัดกรุงเทพฯ เมื่อปีการศึกษา 2554 เริ่มเข้าศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2555

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้หลังจบการศึกษา 101 ซอยริมทางด่วน 2 ถนนสุขุมวิท 62 แขวงบางจาก เขตพระโขนง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10260



ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย