

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีงบประมาณที่ได้รับทุน 2553



RCH
 TA
 418.9
 .N35
 ว 567 ค

สงทญ.....
 เลขทะเบียน 115218
 วัน,เดือน,ปี 22 ก.พ. 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๒๒๘๖๖๐
 b.....
 1.....

ชื่อโครงการ เส้นใยนาโนจากการปั่นด้วยไฟฟ้าสถิตในรูปแบบการเตรียมซิงค์ออกไซด์ที่คงตัวอยู่ในเส้นใยในก่อน

Electrospun Nanofiber: An In Situ Growth of Zinc Oxide in Fibers Matrixs of Nylon

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก.....คณะวิทยาศาสตร์.....

ประจำปี.....2553..... จำนวนเงิน.....50,000.....

ระยะเวลาทำการวิจัย.....1..... ปี ตั้งแต่.....ค.ย. 2552.....ถึง.....ต.ค. 2553.....

ชื่อผู้วิจัย 1. ดร. ภิญญ์ รุ่งโรจน์ชัยพร

2. น.ส.สุกัญญา หมั่นธรรม

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังส่วนที่

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการสังเคราะห์เส้นใยนาโนจากไนลอน โดยวิธีการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต และมีการปลูกอนุภาคซิงค์ออกไซด์บริเวณผิวเส้นใย โดยศึกษาการแปรค่าความเข้มข้นของซิงค์อะซิเตทที่ 0, 6, 12, 25 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ละลายในกรดฟอร์มิกเข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์ โดยผสมไนลอน 10 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ในสารละลาย จากนั้นนำสารละลายไปฉีดเส้นใยโดยให้ศักย์ไฟฟ้า 5 kV ใช้เวลาในการฉีด 30 ชั่วโมง และทำการปลูกซิงค์ออกไซด์โดยแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ pH 12 ความเข้มข้น 0.01 M จากนั้นศึกษาสัณฐานของอนุภาคซิงค์ออกไซด์และเส้นใยด้วย Scanning Electron Microscope (SEM) และ Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer (EDX) จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าเส้นใยที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นเวลา 12 ชั่วโมง มีอนุภาคซิงค์ออกไซด์อยู่บนเส้นใยมากที่สุด

คำสำคัญ : วิธีการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต, เส้นใยนาโน, ซิงค์ออกไซด์

ABSTRACT

For this study, we have successfully prepared nanofiber from nylon by electrospinning and the ZnO nanoparticles have been grown on the nanofibers. Zinc acetate solution with various concentration at 0, 6, 12, 25 percent (w/w) were prepared and dissolved in mixture of 85 percent of formic acid and Nylon. Then the mixture solution were electrospun by electrospinning with applied voltage of 5 kV for 30 hrs. The ZnO nanoparticles were grown by soaked in 0.01 M of NaOH solution at pH 12 with various time at 4, 8, 12 and 24 hrs, respectively. The morphology and crystallinity of ZnO were analyzed by SEM and EDX. From SEM and EDX, the 25 percent (w/w) zinc acetate loaded in nylon nanofiber with the optimum soaking time of 12 hr. in 0.01M NaOH solution have shown the ZnO nanoparticles on the nanofiber.

Keywords: electrospinning, nanofiber, ZnO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

กิตติกรรมประกาศ	I
Thai Abstract	II
English Abstract	II
สารบัญเรื่อง	III
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การทดลอง	2
บทที่ 3 ผลการทดลอง	4
บทที่ 4 สรุปผลการทดลอง	13
เอกสารอ้างอิง	14



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันนาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology) เป็นเรื่องในโลกปัจจุบันกำลังให้ความสนใจมาก และได้รับการพัฒนาไปใช้ในหลายด้านเพื่อเป็นประโยชน์ต่อมวลมนุษยทั้งในเชิงวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และอุตสาหกรรม คำว่า นาโน (nano) เป็นคำย่อจากคำว่า นาโนเมตร (10^{-9}) ซึ่งมีขนาดเล็กมาก และเส้นใยที่ประกอบด้วยอนุภาคนาโน มีลักษณะเด่นคือ มีรูพรุนขนาดเล็ก มีความแข็งแรง เหนียวแน่น และมีพื้นที่ผิวทั้งหมดมากกว่าวัสดุทั่วไป สมบัติเหล่านี้ทำให้เส้นใยนาโนถูกนำมาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น เส้นใยนาโนพอลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ งานวิศวกรรมเนื้อเยื่อ ฝ้าปิดแผล ระบบนำส่งยา ระบบการกรองอย่างละเอียด การผลิตเสื้อผ้าที่ไร้รอยยับและป้องกันคราบสกปรก เป็นต้น [1]

การผลิตเส้นใยนาโนด้วยเทคนิคการปั่นเส้นใยนาโนด้วยไฟฟ้าสถิตหรืออิเล็กโตรสปินนิง (Electrospinning) เป็นที่นิยมเนื่องจากมีต้นทุนต่ำ ไม่ยุ่งยาก อุปกรณ์ราคาไม่สูง ใช้สารตั้งต้นน้อย เตรียมเส้นใยได้เร็ว สามารถควบคุมการไหลของสารละลาย และยังสามารถควบคุมขนาดและปริมาณการเกิดเส้นใยได้ [2]

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการปลูกซิงค์ออกไซด์ (ZnO) บนผิวหน้าของเส้นใยนาโนไนลอน เพื่อเป็นการเพิ่มสมบัติให้แก่เส้นใยนาโนไนลอนที่สังเคราะห์ขึ้นจากกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต เนื่องจากคุณสมบัติการฆ่าเชื้อแบคทีเรียของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของเส้นใยนาโน ทำให้เส้นใยนาโนที่สังเคราะห์ขึ้น สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียได้ ช่วยการสมานแผล ใช้ยับยั้งพวกผดผื่น[3] จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้มีการนำเส้นใยนาโนไปประยุกต์ใช้ในงานด้านอื่นๆ ต่อไป เช่น ฝ้าปิดแผล หน้ากากอนามัย เยื่อกรองและอื่นๆ ต่อไป

บทที่ 2

การทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องแก้ว
2. เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า รุ่น C-MAC HS7 บริษัท IKA
3. แท่งแม่เหล็ก
4. เครื่องชั่ง รุ่น Precisa 205 A บริษัท เมโทร โลยีเทคนิคคอลจำกัด
5. ตู้อบ (Oven) รุ่น FT01/124 บริษัท LABQUIP INTERNATIONAL LIMITED
6. เครื่องกำเนิดศักย์ไฟฟ้าแรงสูง (High – voltage power supply) รุ่น 39-0907 บริษัท ORMOND BEACH
7. หลอดฉีดยา ขนาด 30 มิลลิลิตร บริษัท TOP
8. เข็มฉีดยา เบอร์ 19 บริษัท HAMILTON
9. แผ่นรองรับเส้นใย (Aluminium foil)
10. Syringe pump รุ่น 23069 บริษัท FARMINGDALE
11. อุปกรณ์โลหะทองแดงที่ใช้รองรับเส้นใย
12. แว่นขยาย กำลังขยาย 50 เท่า
13. กระจกยูนีเวอร์แซล บริษัท EMD Chemicals Inc.
14. เครื่องอัลตราโซนิค บริษัท NDI รุ่น 136H
15. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) บริษัท LEO รุ่น 1455 VP
16. เครื่อง autoclave บริษัท HIRAYAMA รุ่น HA-300M IV
17. เดซิกเคเตอร์
18. ไมโครปิเปต
19. Energy dispersive X-ray (EDX) รุ่น EDX-720 บริษัท SHIMADZU

สารเคมี

1. ไนลอน 6,6 บริษัท ALDRICH
2. สารละลายกรดฟอร์มิก บริษัท CARLO ERBA REAGENTI เกรควิเคราะห์
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ บริษัท RANKEM เกรควิเคราะห์
4. ซิงค์อะซิเตต บริษัท Ajax Finechem
5. อาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA) บริษัท แบนเทรคดิง1992 จำกัด
6. อาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic Soy Broth (TSB) บริษัท แบนเทรคดิง1992 จำกัด
7. อาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic Soy Agar (TSA) บริษัท แบนเทรคดิง1992 จำกัด
8. เชื้อจุลินทรีย์ Escherichia coli (E.coli) สายพันธุ์ ATCC 25922
9. เชื้อจุลินทรีย์ Staphylococcus aureus (S.aureus) สายพันธุ์ ATCC 25923
10. สารละลายแบเรียมคลอไรด์ บริษัท CORLO ERBA REAGENTI เกรควิเคราะห์
11. กรดซัลฟูริก บริษัท J.T.Baker เกรควิเคราะห์

วิธีการทดลอง การเตรียมสารละลายผสมระหว่างไนลอน6,6 กับซิงค์อะซิเตต

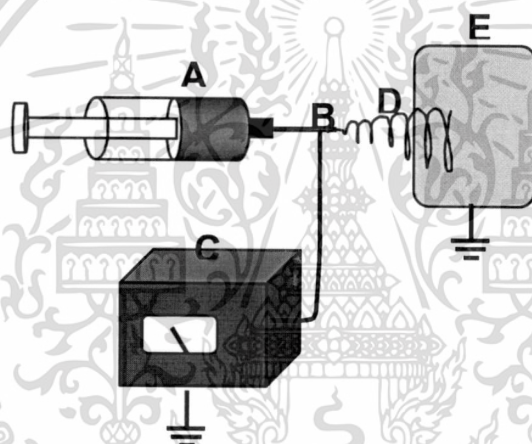
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณี (1) ละลายซิงค์อะซิเตตที่ความเข้มข้น 0, 6, 12 และ 25 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ด้วยกรดฟอร์มิกเข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปั่นกวนให้เป็นเนื้อเดียวกัน

- (2) ละลายไนลอน 6,6 1 กรัม ในสารละลายข้อ 1
- (3) ปั่นกวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
- (4) ไล่ฟองอากาศด้วยเครื่องอัลตราโซนิค เป็นเวลา 15 นาที

การสังเคราะห์เส้นใย ด้วยเทคนิคการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต

- (1) ติดตั้งเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ทรานสปินนิง ดังรูป 3-2 ประกอบด้วย
 - แหล่งให้กำเนิดศักย์ไฟฟ้า
 - หลอดฉีดยา, เข็มฉีดยา เบอร์19
 - แผ่นรองรับเส้นใย (Aluminium foil)
- (2) นำสารละลายผสมระหว่างไนลอน 6,6 กับซิงค์อะซิเตทที่เตรียมไว้ในข้อ 3.3.1 บรรจุในหลอดฉีดยาขนาด 30 มิลลิลิตร
- (3) ตั้งอัตราการไหลของปั๊ม 0.2 ml/hr ระยะห่างระหว่างปลายเข็ม และแผ่นโลหะรองรับเส้นใย 5 เซนติเมตร จากนั้นค่อยๆ ปรับศักย์ไฟฟ้าจนถึง 5 กิโลโวลต์ ดังรูปที่ 3-2
- (4) นำเส้นใยที่ได้ศึกษาสัณฐานโดยSEM และเก็บไว้ในแชลิกเคเตอร์เพื่อทำการปลูกซิงค์ออกไซด์ต่อไป



รูปที่ 1 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทรานสปินนิง[16]

A: syringe pump, B: needle, C: High Voltage supply, D: electrospun fiber, E: metal collector

การปลูกซิงค์ออกไซด์บริเวณผิวเส้นใยนาโนไนลอน6,6

- 1) เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.01 M ให้มีค่าพีเอช 12
- 2) นำเส้นใยนาโนที่เตรียมไว้แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นเวลา 4, 8, 12, และ 24 ชั่วโมงตามลำดับ
- 3) อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
- 4) ศึกษาสัณฐานของเส้นใยนาโนที่ระยะเวลาและความเข้มข้นของซิงค์อะซิเตทต่างๆด้วยเครื่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด(SEM)
- 5) ศึกษาซิงค์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นด้วย Energy dispersive X-ray (EDX)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการสังเคราะห์เส้นใยนาโนจากไนลอน 6,6 ด้วยกระบวนการปั่นเส้นใยไฟฟ้าสถิต หรืออิเล็กโตรสปินนิง แล้วทำการปลูกซิงค์ออกไซด์บริเวณผิวเส้นใยนาโนเพื่อศึกษาสมบัติการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งผลการทดลองมีดังต่อไปนี้

การสังเคราะห์เส้นใยนาโนด้วยกระบวนการปั่นเส้นใยไฟฟ้าสถิต

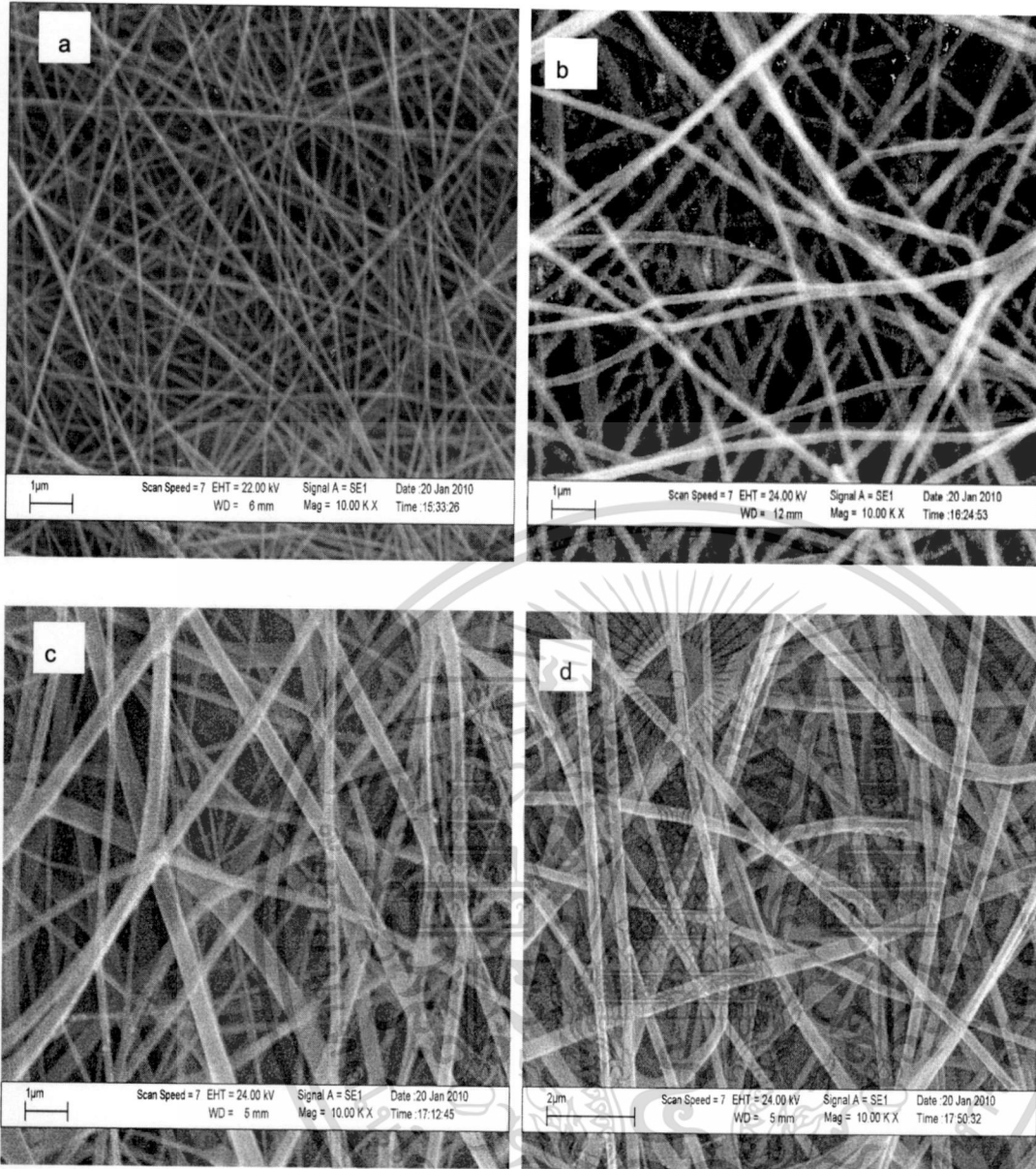
เมื่อสารละลายผสมถูกบรรจุในหลอดฉีดยาและให้ความต่างศักย์จากโวลต์ที่ 5 kV และอัตราการไหลของบี้มที่ 0.2 ml/hr จะพบว่าพอลิเมอร์ที่บรรจุอยู่ในหลอดฉีดยาสะสมบริเวณปลายเข็มเรียกว่า Taylor cone และเมื่อบรรจุไฟฟ้ามีมากกว่าแรงตึงผิวของสารละลายทำให้เกิดเส้นใยพุ่งออกมาจากปลาย Taylor cone โดยตัวทำละลายจะระเหยออกไปเกิดเป็นเส้นใยกระจายตัวเป็นวงบนแผ่นโลหะทองแดงรองรับเส้นใย ดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 แสดงลักษณะเส้นใยนาโนบนแผ่นโลหะรองรับ

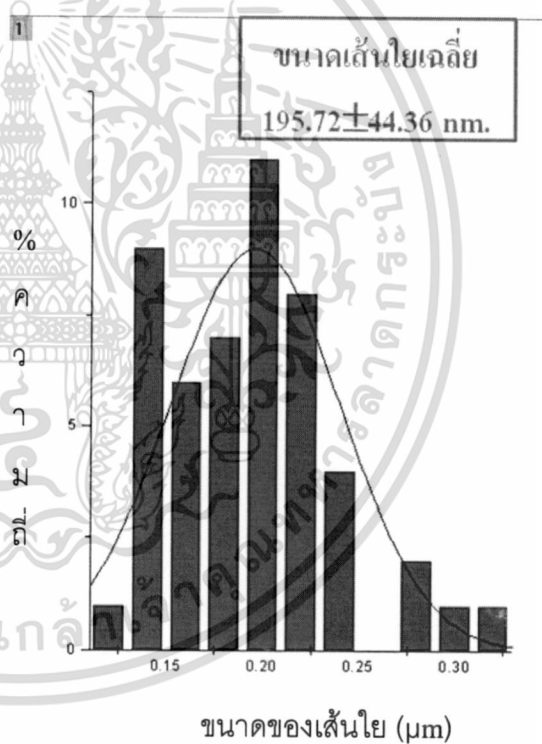
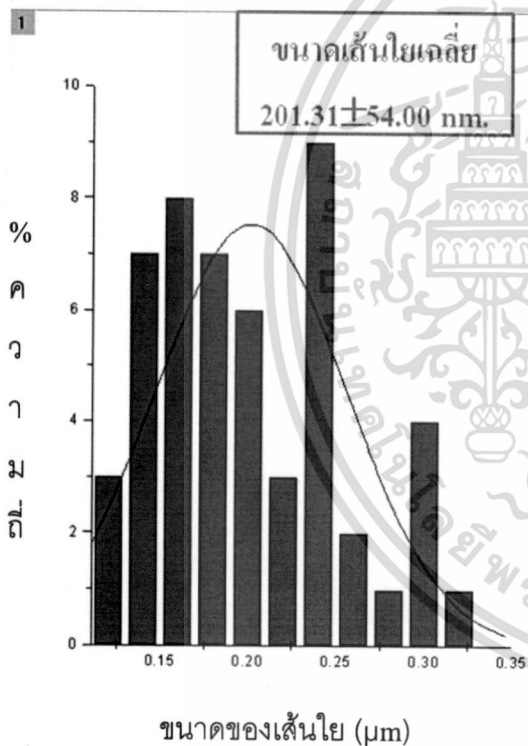
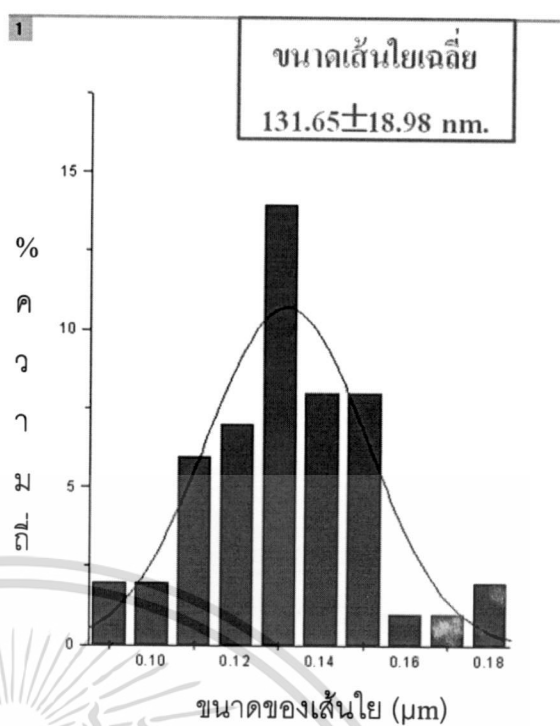
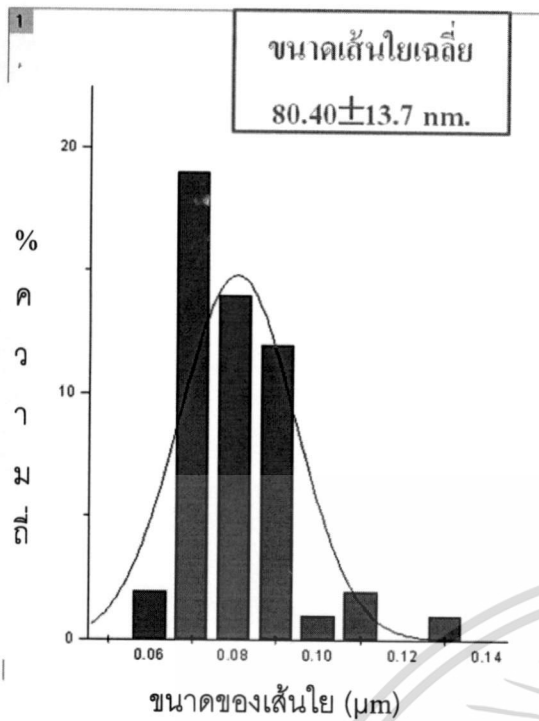
หลังจากนั้นทำการศึกษาสัณฐานเส้นใยนาโนที่เกิดขึ้น ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ผลที่ได้ดังรูปที่ 3-2 และมีการศึกษาขนาดของเส้นใยด้วยโปรแกรม imagejจากนั้นหาขนาดเฉลี่ยของเส้นใยด้วยโปรแกรม origin ผลที่ได้ดังรูปที่ 3-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-2 แสดงสัณฐานเส้นใยนาโนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่ความเข้มข้นของซิงค์อะซิเตตแตกต่างกันดังนี้ (a) 0 เปอร์เซ็นต์ (b) 6 เปอร์เซ็นต์ (c) 12 เปอร์เซ็นต์ และ (d) 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-3 แสดงขนาดของเส้นใยที่ความเข้มข้น (a) 0 เปอร์เซ็นต์ (b) 6 เปอร์เซ็นต์ (c) 12 เปอร์เซ็นต์ และ (d) 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากรูปที่ 3-2 และ 3-3 แสดงให้เห็นว่าเส้นใยมีขนาดใหญ่มากขึ้นเมื่อซึ่งจะขีตเทมมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์มีผลต่อขนาดของเส้นใย โดยที่กราฟ (a) เส้นใยที่ไม่มีซิงค์ออกไซด์เป็นองค์ประกอบมีขนาดเฉลี่ยของเส้นใย 80.40 ± 13.7 nm (b) เส้นใยที่มีซิงค์ออกไซด์เป็นองค์ประกอบเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดเฉลี่ยของเส้นใย 131.65 ± 18.98 nm (c) เส้นใยที่มีซิงค์ออกไซด์เป็นองค์ประกอบ 12 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดเฉลี่ยของเส้นใย 201.31 ± 4.00 nm และ (d) เส้นใยที่มีซิงค์ออกไซด์เป็นองค์ประกอบ 25 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดเฉลี่ยของเส้นใย 195.72 ± 44.36 nm

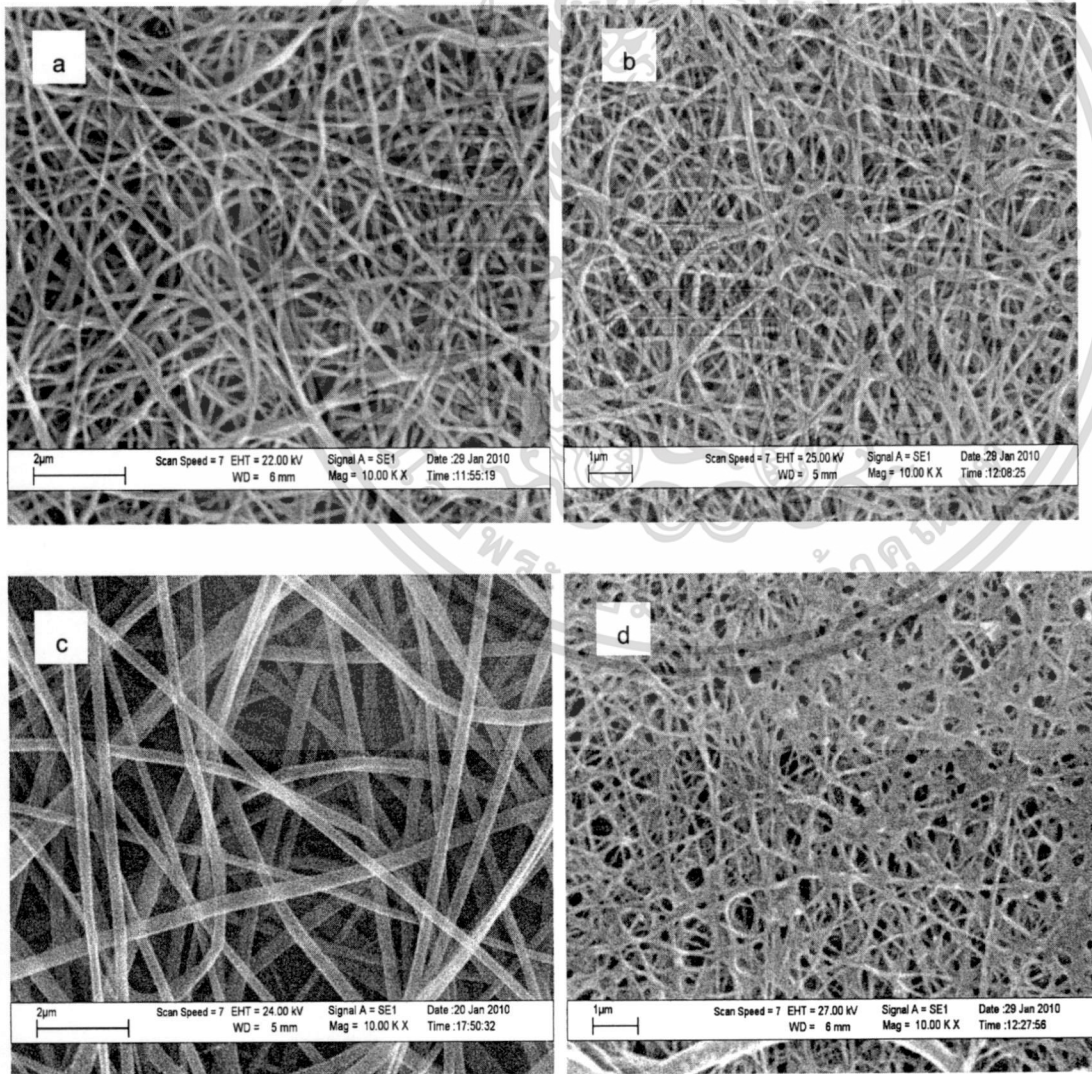
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การปลูกซิงค์ออกไซด์ลงบริเวณเส้นใยนาโน

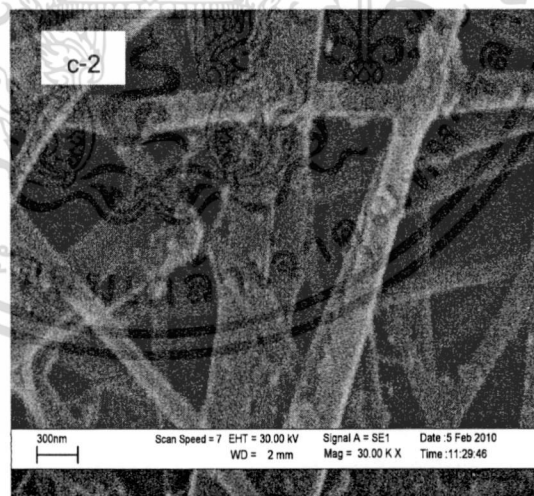
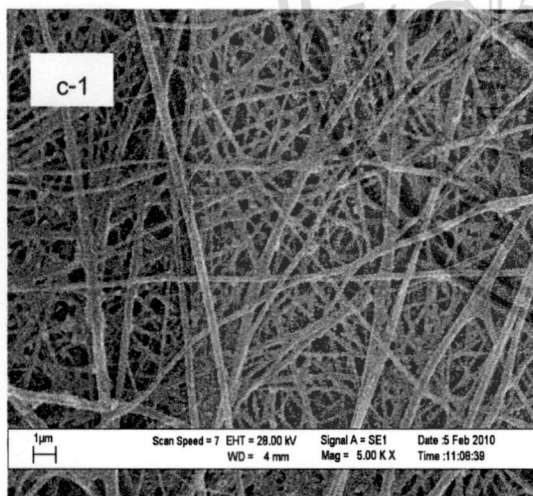
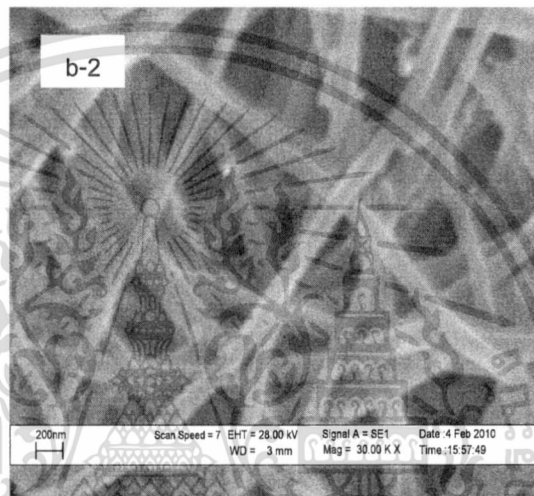
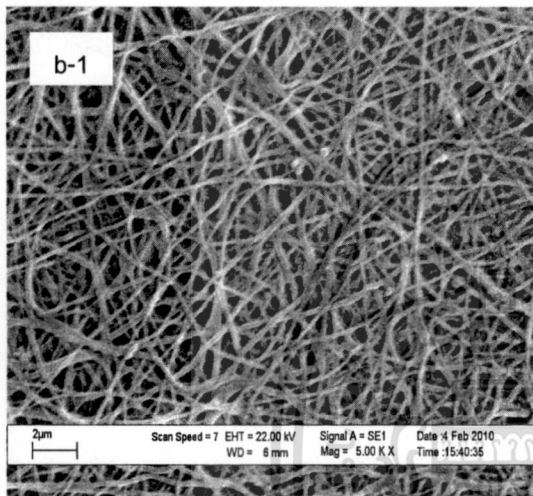
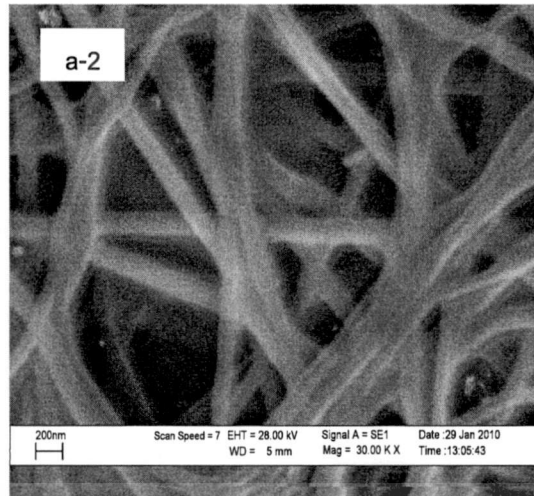
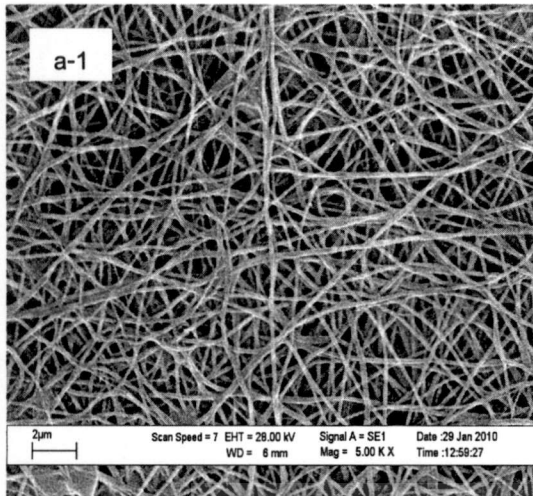
งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการปลูกซิงค์ออกไซด์ลงบนบริเวณเส้นใยนาโนในลอน 6,6 โดยวิธีไฮโดรไลซิสด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อให้เกิดเป็นอนุภาคซิงค์ออกไซด์บริเวณผิวเส้นใยนาโนที่สังเคราะห์ขึ้น[19] โดยทำการแปรผันความเข้มข้นของซิงค์อะซิเตทและระยะเวลาในการแช่เส้นใยนาโนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากนั้นนำเส้นใยที่เตรียมได้ศึกษาพื้นฐานของเส้นใยนาโนในลอนโดยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ศึกษาซิงค์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นบริเวณเส้นใยนาโนโดย Energy dispersive X-ray (EDX) และนำสถานะของระยะเวลาในการปลูกซิงค์ออกไซด์ที่เหมาะสมของเส้นใยมาศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย โดย clear zone ที่เกิดขึ้นจากเส้นใยนาโนที่ความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ต่างๆต่อไป

3.2.1 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

การศึกษาพื้นฐานของเส้นใยนาโนในลอน 6,6 และลักษณะของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากขบวนการไฮโดรไลซิสบนเส้นใยนาโน สามารถศึกษาได้โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด(SEM) ซึ่งมีกำลังขยายได้มากถึง 30000เท่า โดยแยกทำการศึกษาที่ระยะเวลาการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระยะเวลาต่างๆ และที่ความเข้มข้นของซิงค์อะซิเตทต่างๆ ได้ผลแสดงดังรูปที่ 3-4 ถึง 3-8

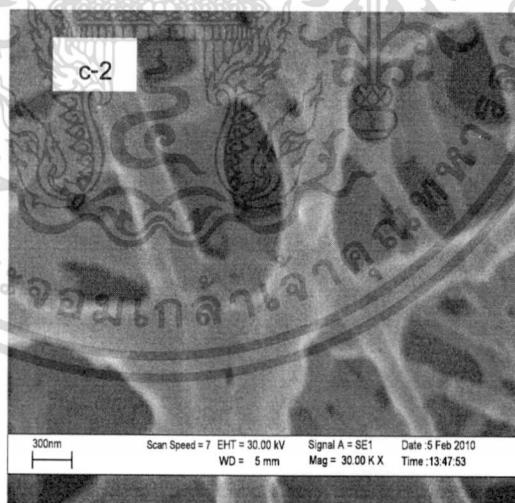
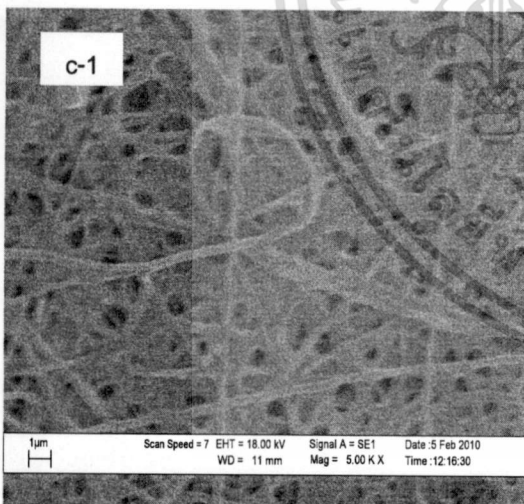
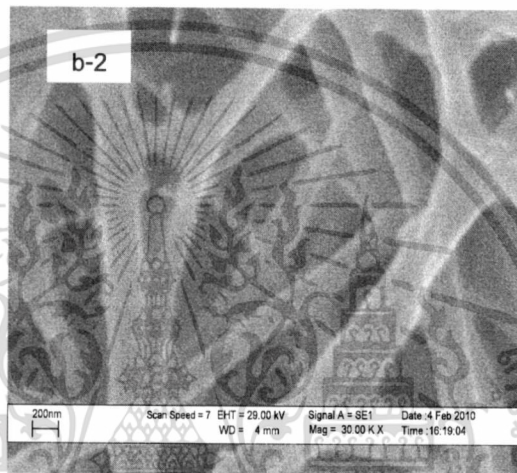
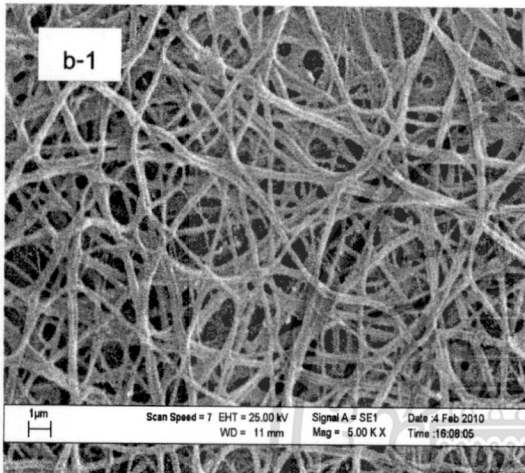
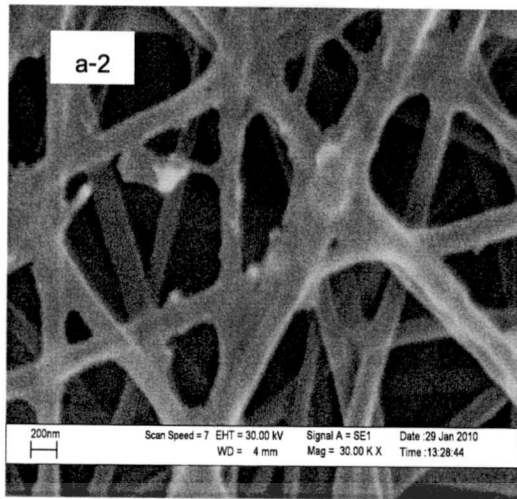
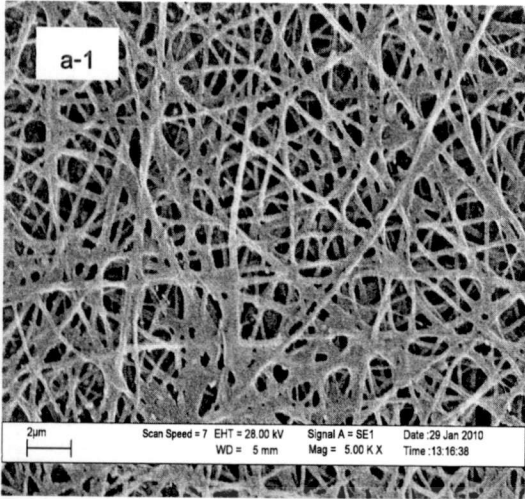


รูปที่ 3-4 แสดงลักษณะพื้นฐานของเส้นใยนาโนในลอน 6,6 โดย SEM ที่ความเข้มข้นของซิงค์อะซิเตท 0 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาแช่เส้นใยนาโนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่างๆ ดังนี้ a) 4 ชั่วโมง b) 8 ชั่วโมง c) 12 ชั่วโมง และ d) 24 ชั่วโมง ตามลำดับ



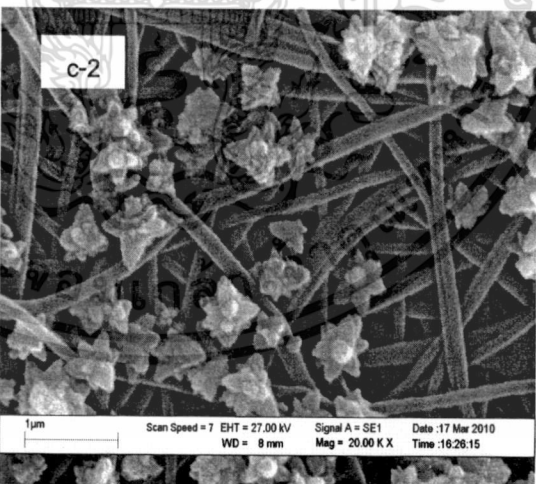
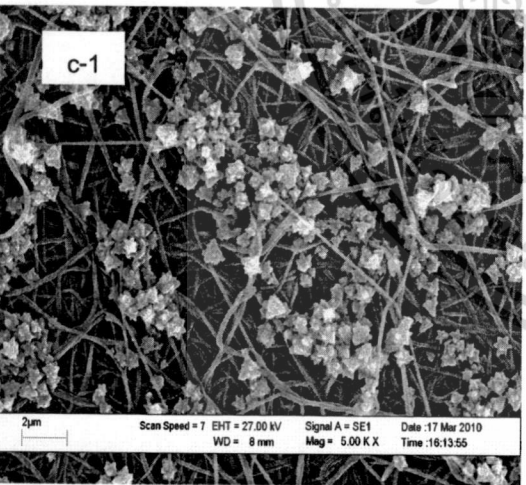
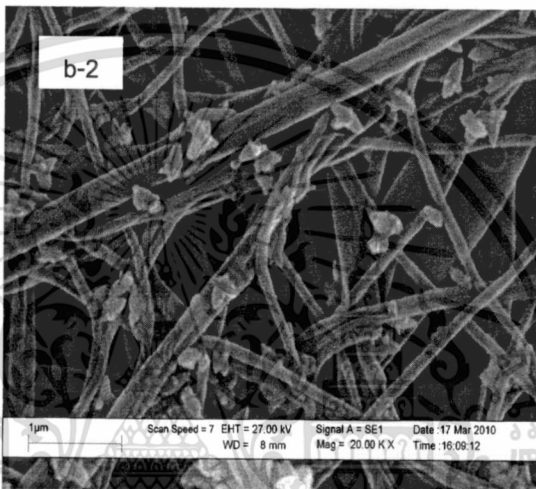
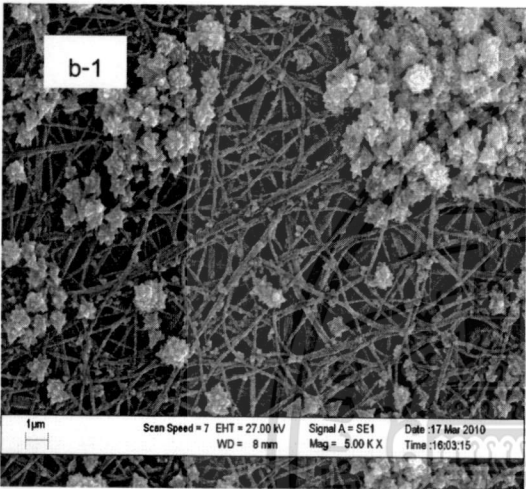
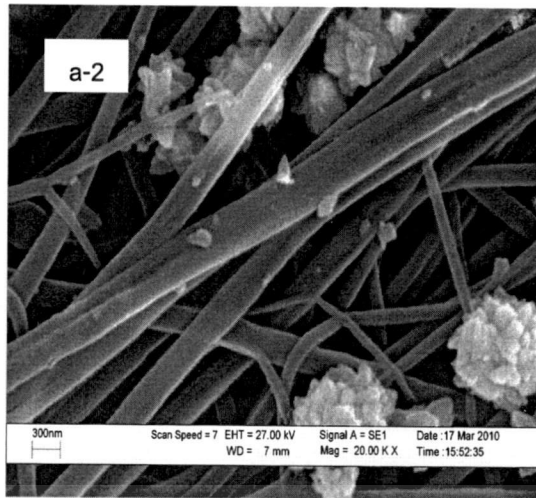
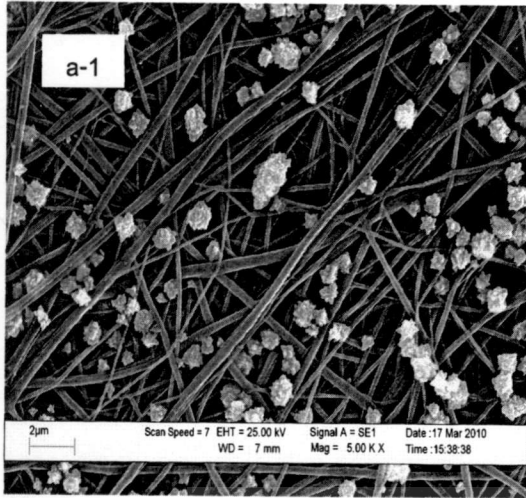
รูปที่ 3-5 แสดงลักษณะสัณฐานของเส้นใยนาโนในลอน 6,6 ที่แช่เส้นใยนาโนในสารละลายไซเตียมไฮดรอกไซด์เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยมีซิงค์อะซิเตตเข้มข้นต่างๆดังนี้ (a-1) เข้มข้น6%กำลังขยาย 5000 เท่า (a-2) เข้มข้น6%กำลังขยาย 30000 เท่า (b-1) เข้มข้น12%กำลังขยาย 5000 เท่า (b-2) เข้มข้น12%กำลังขยาย 30000 เท่า (c-1) เข้มข้น25%กำลังขยาย 5000 เท่า และ (c-2) เข้มข้น25%กำลังขยาย 30000 เท่า ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-6 แสดงลักษณะพื้นฐานของเส้นใยนาโนไนลอน 6,6 ที่แช่เส้นใยนาโนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นเวลา 8 ชั่วโมง โดยมีฟังก์ชันเคมีเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้ (a-1) เข้มข้น 6% กำลังขยาย 5000 เท่า (a-2) เข้มข้น 6% กำลังขยาย 30000 เท่า (b-1) เข้มข้น 12% กำลังขยาย 5000 เท่า (b-2) เข้มข้น 12% กำลังขยาย 30000 เท่า (c-1) เข้มข้น 25% กำลังขยาย 5000 เท่า และ (c-2) เข้มข้น 25% กำลังขยาย 30000 เท่า ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-8 แสดงลักษณะสัณฐานของเส้นใยนาโนในลอน 6,6 ที่แช่เส้นใยนาโนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีซิงค์อะซิเตตเข้มข้นต่างๆดังนี้ (a-1) เข้มข้น6%กำลังขยาย 5000 เท่า (a-2) เข้มข้น6%กำลังขยาย 30000 เท่า (b-1)เข้มข้น12% กำลังขยาย 5000 เท่า(b-2)เข้มข้น12%กำลังขยาย 30000 เท่า(c-1)เข้มข้น25%กำลังขยาย 5000 เท่า และ(c-2)เข้มข้น25%กำลังขยาย 30000 เท่า ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3-4 ถึง 3-8 จากผลการศึกษาสัณฐานของเส้นใยนาโนด้วย SEM แสดงให้เห็นถึงลักษณะและปริมาณของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่เกาะอยู่บริเวณผิวเส้นใยนาโนที่สังเคราะห์ขึ้น โดยลักษณะและปริมาณอนุภาคซิงค์ออกไซด์จะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของซิงค์อะซิเตทและระยะเวลาการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น จากผลการทดลองพบว่าที่ ระยะเวลาในการแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 12 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่มีอนุภาคซิงค์ออกไซด์เกาะบริเวณเส้นใยนาโนที่สมบูรณ์เหมาะสม เนื่องจากปริมาณของซิงค์อะซิเตทที่แพร่ออกมาจากเส้นใยมีปริมาณพอดีกับการทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยในระยะเวลาที่แช่เส้นใยในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 24 ชั่วโมง ปริมาณซิงค์อะซิเตทที่แพร่ออกมาทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีปริมาณมากเกินไปจึงเกิดลักษณะผลึกของซิงค์ออกไซด์ขึ้น จึงสามารถนำเส้นใยนาโนที่สภาวะดังกล่าวมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ แต่เนื่องจากข้อมูลของเอกสารอ้างอิง[21]รวมทั้งข้อจำกัดของเวลาของเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ การทดลองนี้จึงเลือกใช้ระยะเวลาในการแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 24 ชั่วโมงโดยแปรผันความเข้มข้นของซิงค์อะซิเตทที่ 0 ,6 ,12 และ 25 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับในการศึกษาการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของเส้นใยนาโนที่มีอนุภาคซิงค์ออกไซด์เป็นองค์ประกอบ

ผลจากการศึกษาองค์ประกอบของธาตุในเส้นใยนาโนในลอน 6,6 โดยแปรค่าความเข้มข้นของซิงค์อะซิเตท ในระยะเวลาการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 24 ชั่วโมง ด้วย Energy dispersive X-ray (EDX) พบว่าความเข้มข้นซิงค์อะซิเตท 6 เปอร์เซ็นต์ ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 24 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของซิงค์ 5.42 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นซิงค์อะซิเตท 12 เปอร์เซ็นต์ ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 24 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของซิงค์ 13.54 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นซิงค์อะซิเตท 25 เปอร์เซ็นต์ ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 24 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของซิงค์ 23.83 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นซิงค์อะซิเตท 25 เปอร์เซ็นต์ ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 24 ชั่วโมงเป็นสภาวะที่ทำให้เกิดปริมาณ ซิงค์ออกไซด์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นบริเวณเส้นใยนาโนในลอนจากกระบวนการไฮโดรไลซิสทั้งที่อยู่ในรูปอนุภาคซิงค์ออกไซด์และในรูปผลึกซิงค์ออกไซด์มากที่สุด

บทที่ 4

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการทดลอง

4.1.1 จากงานวิจัยพบว่าความเข้มข้นของซิงค์อะซิเตทมีผลต่อขนาดของเส้นใยนาโนไพลอน 6,6 ก็จากการสังเคราะห์เส้นใยไพลอน 6,6 ด้วยกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต มีขนาดเฉลี่ยของเส้นใยดังนี้ เส้นใยที่ไม่มีซิงค์ออกไซด์เป็นองค์ประกอบ มีขนาดเฉลี่ยของเส้นใย 80.40 ± 13.7 nm เส้นใยที่มีซิงค์ออกไซด์เป็นองค์ประกอบเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดเฉลี่ยของเส้นใย 131.65 ± 18.98 nm เส้นใยที่มีซิงค์ออกไซด์เป็นองค์ประกอบ 12 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดเฉลี่ยของเส้นใย 201.31 ± 4.00 nm และ เส้นใยที่มีซิงค์ออกไซด์เป็นองค์ประกอบ 25 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดเฉลี่ยของเส้นใย 195.72 ± 44.36 nm

4.1.2 ผลจากการศึกษาสัณฐานเส้นใยนาโนไพลอน 6,6 ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่าที่ระยะเวลาในการแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 12 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เกิดอนุภาคซิงค์ออกไซด์บริเวณผิวเส้นใยมากที่สุดซึ่งเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ แต่ในระยะเวลาในการแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 24 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่มีปริมาณซิงค์ออกไซด์ทั้งหมดมากที่สุดจึงนำมาศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียด้วยเส้นใยนาโนไพลอน 6,6

4.1.3 ผลจากการศึกษาอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นบริเวณเส้นใยนาโนไพลอน 6,6 ด้วย Energy dispersive X-ray (EDX) พบว่าความเข้มข้นซิงค์อะซิเตท 25 เปอร์เซ็นต์ ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 24 ชั่วโมงเป็นสภาวะที่ทำให้เกิดปริมาณซิงค์ออกไซด์มากที่สุดคือมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของซิงค์ 23.83 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงเป็นการยืนยันว่าในสภาวะที่ความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์ที่ 25 เปอร์เซ็นต์ เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 ในขั้นตอนการผลิตเพื่อสังเคราะห์เส้นใยนาโนไพลอน ควรมีการศึกษาสภาวะต่าง ๆ ดังนี้ อุณหภูมิ ระยะห่างระหว่างปลายเข็มที่บรรจุพอลิเมอร์กับแผ่นโลหะรองรับเส้นใย และอัตราการไหลของบีบที่ควบคุมการไหลของพอลิเมอร์ชนิดอื่น

4.2.2 จากงานวิจัยนี้ สามารถพัฒนาและทำการศึกษาต่อได้ โดยการเปลี่ยนพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติที่น่าสนใจ หรือโลหะออกไซด์เป็นชนิดอื่นที่มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้เช่น ไททานเนียมออกไซด์

4.2.3 ในขั้นตอนการปลูกซิงค์ออกไซด์ด้วยวิธีไฮโดรไลซิส โดยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ควรมีการศึกษาค่าพีเอชของโซเดียมไฮดรอกไซด์ว่าที่พีเอชต่าง ๆ กัน จะมีผลต่อลักษณะของอนุภาคหรือผลึกของซิงค์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

- [1] B. Cristina., P. Ivan., R. Kevin. 2007. "Nanomaterials and Nanoparticles: Sources and Toxicity". *Biointerphases*. 2. (4), MR17 - MR172.
- [2] G.M. Whitesides., B. Grzybowski. 2002. Self-Assembly at All Scales. *Science*. 295.
- [3] [Online].Available : <http://www.chemtrack.org/News>
- [4] วลัยพร หงษ์โรจน์ววัฒน์. 2548. โพลีเมอร์นาโนไฟเบอร์โดยใช้เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พ.ศ. 2548.
- [5] [Online].Available : <http://www.Polymerprocessing.com>
- [6] [Online].Available : <http://www.matweb.com>
- [7] [Online].Available : <http://pslc.ws/macrog/nylon.htm>
- [8] D. Li., Y. Xia. 2004. Electrospinning of Nanofibers: Reinventing the Wheel. *Advanced Materials*. 16, 1151-1170.
- [9] L.Yan., H. Zhengming., L. Yandong. 2006. Electrospinning of nylon-6,6,6,1010 terpolymer. *European Polymer*. 42, 1696-1704.
- [10] W. Rizwan., S.G. Ansari., K. Yong Soon, S. Minwu, S. Hyung. 2009. The role of pH variation on the growth of zinc oxide nanostructures. *Applied Surface Science*. 255, 4891-4896.
- [11] Wang, B., Feng, W., Wang, M., Wang, T., Gu, Y., Zhu, M., Ouyang, H., Shi, J., Zhang, F., Zhao, Y., Chai, Z, Wang, H. & Wang, J. 2008. Acute toxicological impact of nano- and submicro-scaled zinc oxide powder on healthy adult mice. *Journal of Nanoparticle Research*. 10(2), 263-276.
- [12] [Online].Available : <http://ryusaki.siam2web.com>
- [13] Heinlaan, M., Ivask, A., Blinova, I., Dubourguier, H-Ch., & Kahru, A. 2008. Toxicity of nanosized and bulk ZnO, CuO and TiO₂ to bacteria *Vibrio fischeri* and crustaceans *Daphnia* and The role of oxide nano-syn. *Thamnocephalus platyurus*. *Chemosphere*. 71, 1308-1316.
- [14] [Online]. Available : <http://www.nanomaterials.co.th>
- [15] [Online].Available : <http://www.textbookofbacteriology.net/e.coli.html>.
- [16] J. Kluytmans., A .van Belkum., H. Verbrugh. 1997. Nasal carriage of *Staphylococcus aureus*: epidemiology, underlying mechanisms, and associated risks. *Journal of Clinical Microbiology*. 10 (3), 505-520.
- [17] V. Prinsa., S. Pandey., P. Avinash C. 2006. Synthesis and Photoluminescence of ZnO – Nanophosphors. A DST Funded Project under IRHPA in collaboration with Nano Crystal Technology, University of Allahabad, 256-258. การศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
- [18] C. Nuanchan. 2004. Effects of processing parameters on morphology and diameter of electrospun gelatin nanofibers. Thesis (M.Sc.). Chulalongkorn University 2004. เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้