

การเตรียมและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นใย พอลิสไตรีน/พอลิอะนิลีนโดยวิธีการปั่นด้วยไฟฟ้าสถิต

Preparation and Morphology of Polystyrene/Polyaniline (PS/PANi) Fibers by Electrospinning

กรชูลี พนาพิทักษ์กุล, กัลยา เอื้อประเสริฐศักดิ์* และมนู เฟื่องฟูง

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Gornchulee Panapitakkul, Kalya Eaiprasertsak* and Manu Fuangfoong

Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,

Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการผลิตเส้นใยระดับนาโนโดยวิธีการปั่นด้วยไฟฟ้าสถิตของพอลิสไตรีน (PS) และพอลิสไตรีน/พอลิอะนิลีน (PS/PANi) ในตัวทำละลายเตตระไฮโดรฟูราน (THF) ที่ความเข้มข้นของพอลิสไตรีน 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (% w/w) และพอลิสไตรีน 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ผสมด้วยพอลิอะนิลีน 3, 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยใช้ความต่างศักย์ 10 กิโลโวลต์ ระยะห่างระหว่างปลายเข็มและแผ่นรองรับ 20-25 เซนติเมตร อัตราเร็วในการปล่อยสาร 1-2 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง นำเส้นใยที่ผลิตได้นี้ไปสังเกตลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่าเส้นใยที่ได้ของพอลิสไตรีนมีลักษณะแบนเรียบสม่ำเสมอขนาด 10-20 ไมโครเมตร ส่วนเส้นใยของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิสไตรีน/พอลิอะนิลีน ลักษณะเส้นใยที่มีปมผสมอยู่ ขนาดของเส้นใยเล็กลง ปริมาณของปมที่เกิดขึ้นอยู่กับร้อยละของพอลิอะนิลีนที่ผสมและเวลาที่ใช้ในการผสมสาร ถ้าใช้เวลาในการผสมพอลิอะนิลีนในสารละลายพอลิสไตรีนนานขึ้นจะทำให้เส้นใยที่ได้มีปมน้อยลงไปมาก แต่ถ้าใช้เวลาในการผสมนานเกินไปสารละลายจะมีความเข้มข้นสูงจนไม่สามารถปั่นเป็นเส้นใยได้

คำสำคัญ : พอลิสไตรีน; พอลิอะนิลีน; การปั่นด้วยไฟฟ้าสถิต

Abstract

Nanofibers of pure polystyrene (PS) and polystyrene blended with polyaniline (PANi) over a range of compositions and dissolved in tetrahydrofuran (THF) have been prepared using the electrospinning technique. The weight percentage of PANi in the resultant blended fibers were 3,

5, and 7 % in PS 30 % w/w. The processing conditions of fabrication of the fibers were as follow: distance between needle and substrate 20-25 cm, voltage 10 kV and feed rate 1-2 ml/hr. Optical and scanning electron microscopes were used to observe the morphology of the electrospun fibers. Scanning electron microscope revealed ribbon-like morphologies of the fibers and their sizes ranged from 5 to 20 μm . Smooth ribbon-like fibers were obtained from solution of PS 30 % w/w in THF. While the structure of PS/PANi blended fibers was consisted of fine fibers and beads. A numbers of bead increased with increasing % wt of PANi in the solution. To reduce the formation of beads, homogeneous solution should be prepared.

Keywords: polystyrene; polyaniline; electrospinning

1. บทนำ

การปั่นด้วยไฟฟ้าสถิตหรืออิเล็กโตรสปินนิง (electrospinning) เป็นเทคนิคเฉพาะที่ใช้ในการผลิตเส้นใยจากพอลิเมอร์เหลวหรือของเหลวอื่น ๆ โดยใช้แรงทางไฟฟ้าสถิต เพื่อให้ได้เส้นใยที่เล็กในระดับนาโนเมตรถึงไมโครเมตร เทคนิคนี้ได้มีการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่องมากกว่า 60 ปีแล้ว [1] และในปัจจุบันกำลังได้รับความสนใจอย่างสูงเนื่องจากมีข้อดีหลายประการ คือ เป็นระบบที่ไม่ซับซ้อน สามารถผลิตเส้นใยที่เล็กในระดับนาโนเมตรได้ และด้วยเส้นใยที่มีขนาดเล็กจึงทำให้แผ่นเส้นใยที่ผลิตได้มีพื้นที่ผิวมาก มีน้ำหนักเบาและมีรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก ทำให้อากาศหรือของเหลวหรือก๊าซได้ดี ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำเส้นใยที่ผลิตโดยวิธีนี้ไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง ได้แก่ การกรองโมเลกุล การประดิษฐ์ชุดป้องกันอาวุธเคมีและอาวุธชีวภาพของทหาร การสร้างนาโนคอมโพสิต วัสดุโครงสร้างในวิศวกรรมเนื้อเยื่อ เป็นต้น จากการศึกษาทางวิจัยพบว่าได้มีการศึกษาทั้งในทางทฤษฎีและการทดลองถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการผลิตเส้นใยให้มีคุณภาพ [2] รวมถึงการทดลองผลิตเส้นใยจากพอลิเมอร์อีกหลายชนิด เพื่อให้ได้เส้นใยที่มีสมบัติแตกต่างกัน [3,4] การผลิตเส้นใยจากพอลิสไตรีน (polystyrene, PS) เป็น

อีกงานวิจัยหนึ่งที่มีผู้ให้ความสนใจจำนวนมาก [5-7] เนื่องจากเป็นพอลิเมอร์ที่หาได้ง่าย มีสมบัติคงทนต่อความเป็นกรดแก่และเบสแก่ และสามารถนำมาผลิตเป็นเส้นใยได้ นอกจากนี้มีผู้วิจัยจำนวนมากศึกษาเกี่ยวกับเส้นใยที่เป็นส่วนผสมระหว่างพอลิสไตรีนและพอลิอะนิลีน (polyaniline, PANi) เพื่อใช้งานทางด้านไบโอเซนเซอร์ เช่น ใช้ตรวจวัดความเข้มข้นของกลูโคส [8] เซนเซอร์ตรวจจับคอเลสเตอรอล [9] พบว่าเมื่อความเข้มข้นของกลูโคสหรือคอเรสเตอรอลเพิ่มขึ้นการนำไฟฟ้าของเส้นใยจะเพิ่มขึ้น แต่ยังไม่มีการศึกษาวิจัยที่จะนำเส้นใยที่ผลิตด้วยเทคนิคการปั่นด้วยไฟฟ้าสถิตของพอลิสไตรีน/พอลิอะนิลีนทำเป็นแผ่นกรองสารละลายที่มีสภาพเป็นกรด-เบสแก่

พอลิอะนิลีน (polyaniline, PANi) เป็นพอลิเมอร์ตัวนำที่มีสมบัตินำไฟฟ้าสามารถโด๊ป (dope) ได้ด้วยกรด โดยที่พอลิอะนิลีนที่มีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้ามี 3 รูปแบบ คือ เอ็มเมอราดินเบส (emeraldine base, EB) ลิวโคเอ็มเมอราดินเบส (leucoemeraldine base, LEB) และ เพอร์นิกรานิลีน (pernigraniline) ซึ่งในสภาพเป็นกลางทั้ง 3 รูปแบบนี้มีเฉพาะ EB เท่านั้นที่สามารถทำให้นำไฟฟ้าได้โดยการโด๊ปด้วยกรด เรียกพอลิเมอร์ที่โด๊ปแล้วว่าเกลือเอ็มเมอราดิน (emeraldine salt, ES) กระบวนการโด๊ปนี้

เรียกว่ากระบวนการโปรตอนขึ้น (protonation) โดยที่โปรตอน (H^+) จากสารละลายกรดจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับเอมีนไนโตรเจน เกิดพันธะระหว่าง N และ H ทำให้พันธะคู่เกิดการแตกตัวอิเล็กตรอนของพันธะคู่ที่เหลืออีก 1 ตัวทั้งสองข้างของโครงสร้างควิโนนจะสร้างพันธะขึ้นทำให้โครงสร้างควิโนนกลายเป็นโครงสร้างเบนซิน และถ้าต้องการให้ ES กลายเป็น EB ก็สามารถทำได้ด้วยการดีโปป (dedope) ES ด้วยเบสดังนั้นจะเห็นว่า PANi มีการตอบสนองต่อความเป็นกรด-เบส

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการผลิตเส้นใยพอลิสไตรีนและพอลิสไตรีน/พอลิอะนิลีนโดยวิธีปั่นด้วยไฟฟ้าสถิต เนื่องจากพอลิสไตรีนนั้นสามารถผลิตเป็นเส้นใยได้ง่าย มีความแข็งแรง น้ำหนักเบา ทนต่อการกัดแ่และเบสแ่ได้ ส่วนพอลิอะนิลีนเป็นพอลิเมอร์ตัวนำที่มีสมบัติเฉพาะ สามารถดีโปปด้วยกรดเพื่อให้มีคุณสมบัติทางไฟฟ้า และดีโปปเพื่อให้อกลับมาเป็นกลางทางไฟฟ้าได้ แต่ผลิตเป็นเส้นใยได้ยาก จึงต้องใช้พอลิสไตรีนมาผสมเพื่อให้ผลิตเป็นเส้นใยได้ง่ายขึ้น โดยจะศึกษาถึงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่มีผลต่อการผลิตเส้นใย เช่น ระยะห่างระหว่างปลายเข็มกับแผ่นรองรับ เวลาที่ใช้ในการละลายพอลิเมอร์ และปริมาณส่วนผสมของพอลิอะนิลีนในสารละลายพอลิเมอร์ ซึ่งจะได้นำเส้นใยพอลิสไตรีน/พอลิอะนิลีนที่ผลิตได้ไปศึกษาเพื่อใช้เป็นแผ่นกรองกรดและเบสต่อไป เนื่องจากเส้นใยที่ผลิตด้วยวิธีนี้มีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตรจึงมีพื้นที่ผิวมาก ทำให้โมเลกุลของสารละลายกรดหรือเบสสัมผัสกับแผ่นกรองได้มากขึ้น

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

อะนิลีนมอนอเมอร์ (aniline monomer, C_6H_7N ; Wako Pure Industries) แอมโมเนียมเปอร์

ซัลเฟต (ammonium persulfate, $H_8N_2O_8S_2$; SIGMA-ALDRICH) กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid, HCl; VWR) เมทานอล (methanol, CH_3OH ; VWR) แอมโมเนีย (ammonia, NH_3 ; PANREAC EQUIMICA SAU) พอลิสไตรีน (polystyrene, PS; SIGMA-ALDRICH) น้ำหนักโมเลกุล 192,000 กรัมต่อโมล เตตระไฮโดรฟูราน (tetrahydrofuran, C_4H_8O ; J.T. Baker) และน้ำกลั่น

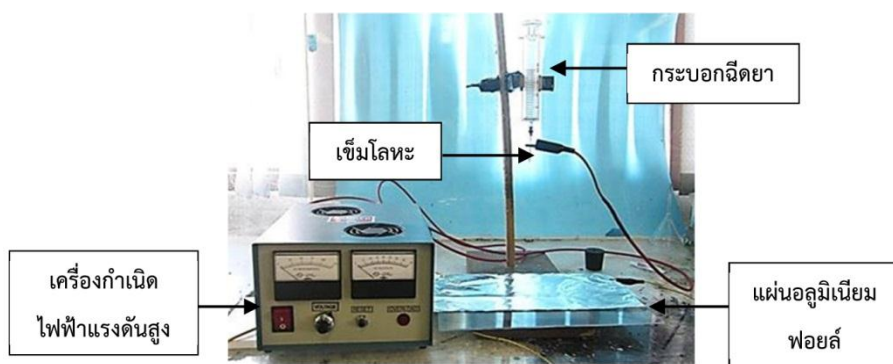
2.2 การเตรียมพอลิเมอร์และสารละลายพอลิเมอร์

2.2.1 การสังเคราะห์พอลิอะนิลีน ในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีทางเคมีในการสังเคราะห์พอลิอะนิลีน โดยใช้อะนิลีนมอนอเมอร์ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต ซึ่งเป็นตัวออกซิแดนท์ (oxidant) ในอัตราส่วน 1:1 ในกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปล่อยให้สารทำปฏิกิริยากันเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส กวนสารตลอดเวลา เมื่อครบ 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำมากรองเพื่อให้ได้ผงพอลิอะนิลีน พอลิอะนิลีนที่ได้นี้อยู่ในสภาพดีโปป (ES) ซึ่งทำให้เป็นกลางทางไฟฟ้าโดยนำมาแช่ในสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 500 มิลลิลิตร ที่ความเข้มข้น 0.25 โมลาร์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง กวนสารตลอดเวลาด้วยเครื่องกวนสารแบบแม่เหล็ก จากนั้นล้างพอลิอะนิลีนด้วยน้ำกลั่นจนสีของน้ำจางลง แล้วจึงล้างด้วยเมทานอล ทำให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส จะได้พอลิอะนิลีนที่อยู่ในรูปของเอ็มเมอร์ลิติน เบส (EB)

2.2.2 การเตรียมสารละลายพอลิเมอร์ สารละลายตัวอย่างที่ 1 ละลายพอลิสไตรีนที่ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ในเตตระไฮโดรฟูราน ปริมาตร 5 มิลลิลิตร กวนสารละลายด้วยเครื่องกวนสารแบบแม่เหล็กจนเห็นสารละลายใสเป็นเนื้อเดียวกันใช้เวลา 20 นาที สารละลายตัวอย่างที่ 2, 3

และ 4 ละลายพอลิस्टาโรลที่ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก กับพอลิอะนิลีนที่ความเข้มข้น 3, 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ในเตตระไฮโดรฟูราน ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตามลำดับ โดยสารละลายตัวอย่างที่ 2 และ 4 จะละลายผงพอลิอะนิลีนในเตตระไฮโดรฟูรานเป็นเวลา 1 วัน กวนสารละลายตลอดเวลา จากนั้นจึงใส่พอลิस्टาโรลลงไปละลายในสารละลายแล้ว

กวนสารละลายอีก 20 นาที ส่วนสารละลายตัวอย่างที่ 3 ละลายพอลิอะนิลีนในเตตระไฮโดรฟูรานเป็นเวลา 5 วัน กวนสารละลายตลอดเวลา จากนั้นจึงใส่พอลิस्टาโรลลงไปละลายในสารละลายแล้วกวนสารละลายต่ออีก 2 วัน เพื่อดูผลของระยะเวลาที่ใช้ละลายต่อลักษณะสัณฐานวิทยาของเส้นใย



รูปที่ 1 การจัดวางอุปกรณ์ของระบบการปั่นด้วยไฟฟ้าสถิต

2.3 การผลิตเส้นใย

บรรจุสารละลายที่เตรียมไว้ในข้อ 2.2.2 ลงในกระบอกฉีดยา นำเข็มโลหะติดที่ปลายกระบอกฉีดยา แล้วจัดวางอุปกรณ์ดังรูปที่ 1 ซึ่งระยะจากปลายเข็มโลหะถึงแผ่นรองรับที่เป็นอลูมิเนียมฟอยล์ อยู่ระหว่าง 20-25 เซนติเมตร และปรับค่าความต่างศักย์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูง (Gamma High Voltage, ES40P-5W) ไปที่ 10 กิโลโวลต์ จากนั้นค่อย ๆ กดกระบอกเข็มฉีดยาเพื่อฉีดสารละลายพอลิเมอร์ให้เป็นเส้นใย โดยเส้นใยที่ได้จะตกลงบนแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์

2.4 การตรวจวิเคราะห์เส้นใย

นำเส้นใยที่ผลิตได้มาศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง (LEICA DM750M) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) รุ่น JEOL JSM-7001F FESEM ความต่างศักย์ 30 kV ซึ่งเคลือบเส้นใยด้วยทองคำ

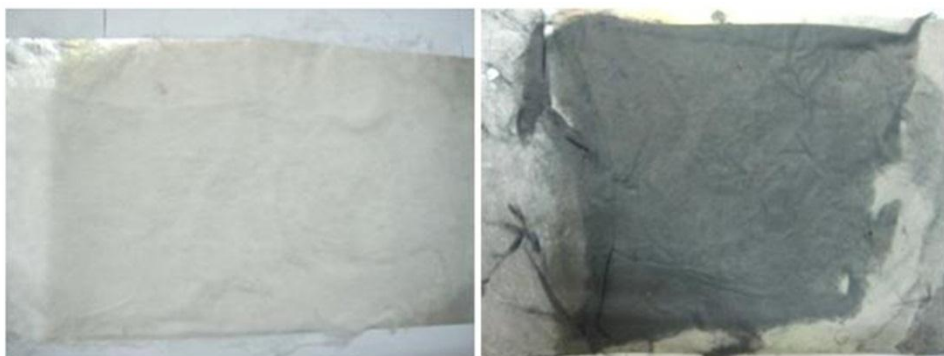
3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการทดลองผลิตเส้นใยทั้ง 4 ตัวอย่าง จะใช้ความต่างศักย์ที่ 10 กิโลโวลต์ ระยะห่างระหว่างเข็มกับแผ่นรองรับนั้นจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายลักษณะของเส้นใยในแต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกัน โดยแสดงรายละเอียดและการเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 1 และจากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นเส้นใยที่อยู่บนแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ โดยเห็นได้ชัดถึงความแตกต่างระหว่างเส้นใยพอลิस्टาโรลที่ไม่มีพอลิอะนิลีนผสมอยู่ เส้นใยจะมีสีขาว ส่วนเส้นใยพอลิस्टาโรลที่มีพอลิอะนิลีนผสมอยู่ เส้นใยจะมีสีน้ำเงินเข้ม และมีฝุ่นผงสีน้ำเงินเข้มกระจายบนแผ่นรองรับอยู่บ้าง คาดว่าเป็นผงของพอลิอะนิลีนที่ไม่เกาะตัวกับพอลิस्टาโรลขณะแข็งตัวเป็นเส้นใย

เมื่อนำเส้นใยไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสงพบว่าเส้นใยพอลิस्टาโรลมีลักษณะเรียวยาว ไส

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างเข็มและแผ่นรองรับที่ใช้และลักษณะของเส้นใยทั้ง 4 ตัวอย่าง

สารละลาย	ระยะห่างระหว่างเข็มและแผ่นรองรับ (cm)	ขนาดของเส้นใย (μm)	ลักษณะของเส้นใย
ตัวอย่างที่ 1	25	10-20	เส้นเล็ก เรียวยาว เรียบแบน เกิดปมบนเส้นใยเล็กน้อย
ตัวอย่างที่ 2	20	5-10	เส้นใยเล็ก ขาดง่ายกว่าเส้นใยตัวอย่างที่ 1 เกิดปมบนเส้นใยจำนวนมาก ที่แผ่นรองรับพบว่าไม่มีฝุ่นผงสีน้ำเงินเข้มกระจายอยู่เล็กน้อย
ตัวอย่างที่ 3	20	10-20	เส้นใยเล็ก ขาดง่ายกว่าเส้นใยตัวอย่างที่ 1 เกิดปมบนเส้นใยเล็กน้อย เกือบไม่มีฝุ่นผงสีน้ำเงินเข้ม
ตัวอย่างที่ 4	20	5-10	เส้นใยเล็ก ขาดง่ายมากที่สุด เกิดปมบนเส้นใยมากที่สุด มีฝุ่นผงสีน้ำเงินเข้มจำนวนมาก

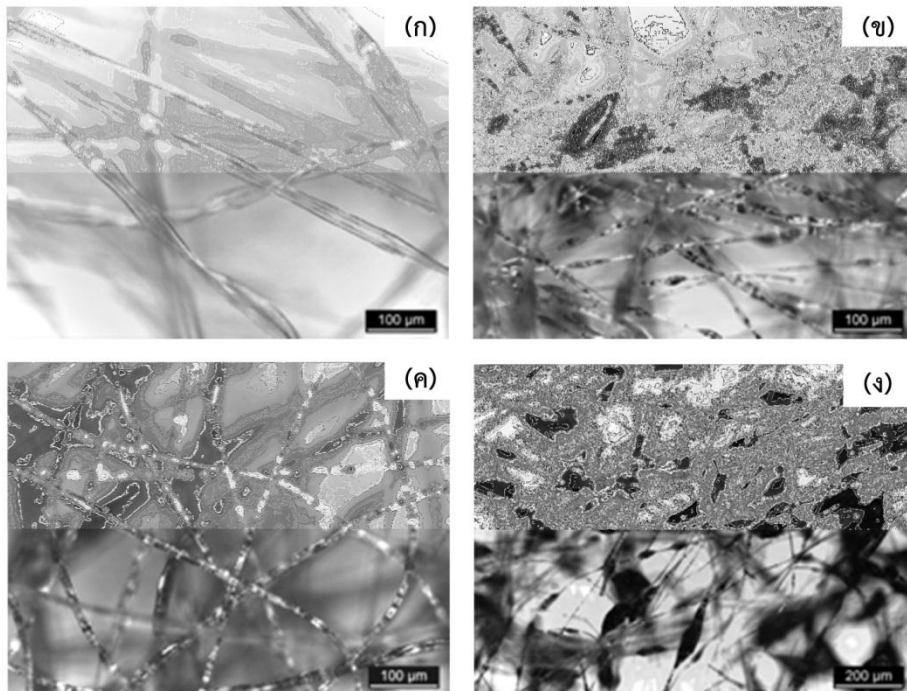
**รูปที่ 2** ซ้าย-แสดงเส้นใยพอลิอะคริไนด์ริ่น ขวา-แสดงเส้นใยพอลิอะคริไนด์ริ่นที่ผสมพอลิอะนิลีน

สม่ำเสมอ (รูปที่ 3ก) ส่วนเส้นใยพอลิอะคริไนด์ริ่นที่มีพอลิอะนิลีนผสมมีลักษณะเป็นปมสลับกับยาวเรียวโดยปริมาณของปมเพิ่มขึ้นตามความเปอร์เซ็นต์ของพอลิอะนิลีนที่เพิ่มขึ้น (รูปที่ 3ข และ 3ง) และสังเกตเห็นผงของพอลิอะนิลีนภายในเส้นใย (รูปที่ 3ข-ง) แสดงว่ามีปริมาณของพอลิอะนิลีนที่ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับพอลิอะคริไนด์ริ่นเป็นจำนวนมากถึงแม้ว่าจะใช้เวลาในการละลายเพิ่มขึ้นจาก 1 เป็น 7 วัน แต่ปริมาณของปมบนเส้นใยลดลงอย่างมากเมื่อเพิ่มเวลาของการละลาย (รูปที่ 3ค) เมื่อนำเส้นใยไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จะเห็นได้ว่าเส้นใยพอลิอะคริไนด์ริ่นที่ความเข้มข้น 30

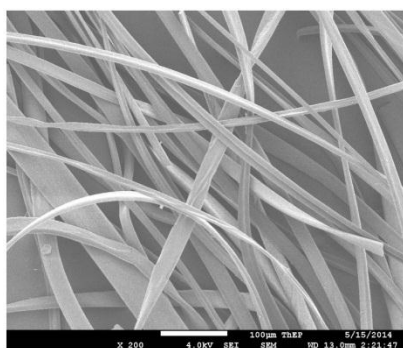
เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะมีขนาดประมาณ 10-20 ไมโครเมตร มีลักษณะที่ยาว เรียบแบน และไม่มีปมบนเส้นใย (รูปที่ 4) ซึ่งการที่เส้นใยพอลิอะคริไนด์ริ่นที่ผลิตได้นี้มีลักษณะแบนคล้ายริบบิ้น อาจเนื่องมาจากขณะที่ลำของสารละลายพุ่งออกมาจากปลายเข็มและผิวด้านนอกของลำสารละลายเริ่มแข็งตัวแต่ภายในยังเป็นของเหลวอยู่ พร้อมทั้งการระเหยที่รวดเร็วของเตตระไฮโดรฟูรานจากภายในเส้นใยทำให้แรงดันของอากาศภายนอกเส้นใยมีค่ามากกว่าแรงดึงของผนังเส้นใยให้คงรูปเป็นทรงกระบอกจึงทำให้ผนังของเส้นใยเกิดการยุบตัว [10] (รูปที่ 5) แสดงภาพ

ของเส้นใยพอลิสไตรีน/พอลิอะนิลีนที่ความเข้มข้น 30/3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก จะเห็นได้ว่าเส้นใยมีขนาดประมาณ 5-10 ไมโครเมตร และเกิดปมบนเส้นใยจำนวนมาก ซึ่งการลดขนาดลงของเส้นใยในระหว่างปมนี้อาจเกิดจากการที่พอลิอะนิลีนที่เกาะตัวกันเป็น

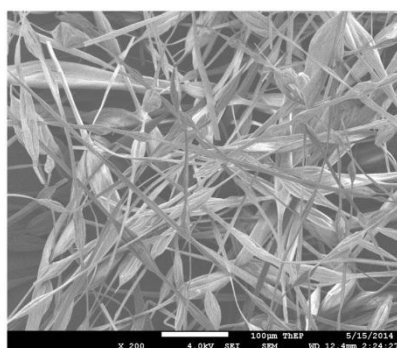
ก้อนแล้วมีแรงดึงยึดเนื่องจากแรงโน้มถ่วงร่วมอยู่ด้วย และเมื่อมีปริมาณของพอลิอะนิลีนมากขึ้นปริมาณของปมที่เกิดขึ้นมีมากขึ้น แต่ขนาดของเส้นใยระหว่างปมไม่เปลี่ยนแปลง (รูปที่ 6)



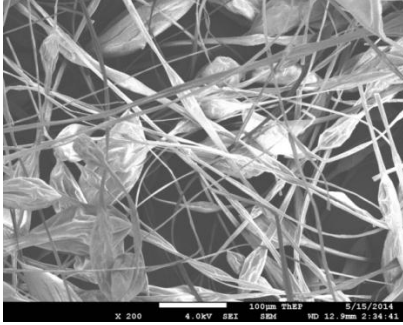
รูปที่ 3 ภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์แบบแสงของเส้นใย (ก) PS 30 % w/w (ข) PS/PANi 30/3 % w/w (ค) PS/PANi 30/5 % w/w (ง) PS/PANi 30/7 % w/w



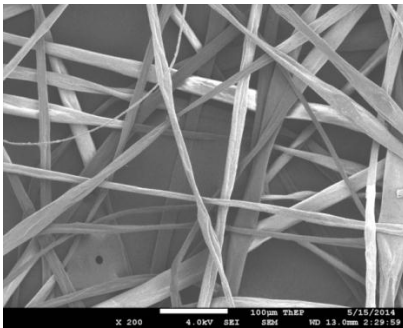
รูปที่ 4 ภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเส้นใย PS 30 % w/w



รูปที่ 5 ภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเส้นใยพอลิสไตรีน/พอลิอะนิลีนที่ความเข้มข้น 30/3 % w/w



รูปที่ 6 ภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเส้นใยพอลิเอทรีน/พอลิเอนิลีน ที่ความเข้มข้น 30/7 % w/w



รูปที่ 7 ภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเส้นใยพอลิเอทรีน/พอลิเอนิลีน ที่ความเข้มข้น 30/5 % w/w

รูปที่ 7 แสดงภาพของเส้นใยพอลิเอทรีน/พอลิเอนิลีน ความเข้มข้น 30/5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ใช้เวลาในการละลายพอลิเอนิลีน 5 วัน พบว่าเส้นใยมีขนาดประมาณ 10-20 ไมโครเมตร มีความเรียบมากขึ้น มีปมที่เกิดจากพอลิเอนิลีนเล็กน้อย อาจเนื่องจากตัวอย่างสารละลายนี้ใช้เวลาละลายพอลิเอนิลีนในเตตระไฮโดรฟูรานมากกว่าสารละลายตัวอย่างอื่น ๆ ทำให้ผงพอลิเอนิลีนกระจายตัวได้มากกว่าและไม่เกาะกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ ดังนั้นเส้นใยที่ผลิตได้จึงมีความต่อเนื่องและไม่เป็นปมถึงแม้ว่าจะมีผงของพอลิเอนิลีนที่ไม่ละลายผสมอยู่

4. สรุป

การผลิตเส้นใยพอลิเอทรีนและเส้นใยพอลิเอทรีน/พอลิเอนิลีนโดยวิธีการปั่นด้วยไฟฟ้าสถิตในงานวิจัยนี้ได้ใช้ความต่างศักย์ที่ 10 กิโลโวลต์ ระยะห่างระหว่างเข็มและแผ่นรองรับมีค่าประมาณ 20-25 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลาย เส้นใยทั้ง 4 ตัวอย่าง มีขนาดประมาณ 5-20 ไมโครเมตร เส้นใยพอลิเอทรีนที่ไม่ได้ผสมพอลิเอนิลีนจะมีความเรียบและไม่เกิดปมบนเส้นใย ส่วนเส้นใยพอลิเอทรีนที่ผสมพอลิเอนิลีนจะเกิดปมบนเส้นใยมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของพอลิเอนิลีนมากขึ้น อาจเนื่องมาจากการเกาะตัวกันของผงพอลิเอนิลีนภายในสารละลายซึ่งทำให้ขนาดของเส้นใยลดลงเพราะถูกยึดมากขึ้นขณะไหลลงมาเนื่องจากแรงโน้มถ่วงเพิ่มขึ้น แต่เส้นใยตัวอย่างที่ 3 เกิดปมบนเส้นใยเพียงเล็กน้อยเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการละลายพอลิเอนิลีนกับเตตระไฮโดรฟูรานมากกว่าตัวอย่างอื่น ๆ จึงทำให้พอลิเอนิลีนกระจายตัวได้ดีกว่าเกาะกันเป็นก้อนน้อยกว่า และแทบไม่มีฝุ่นผงสีน้ำเงินเข้มเกิดขึ้น ซึ่งคาดว่าเกิดจากผงของพอลิเอนิลีนที่หลุดออกจากผิวเส้นใยขณะที่ตัวทำละลายระเหย สังเกตเห็นได้จากลักษณะของเส้นใยภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงที่มีผงพอลิเอนิลีนกระจายตัวอยู่ภายในเส้นใยของพอลิเอทรีน ดังนั้นในการผลิตเส้นใยพอลิเอทรีน/พอลิเอนิลีนให้ได้เส้นใยที่ดีและเกิดปมน้อยนั้นจึงควรใช้เวลาในการละลายพอลิเอนิลีนกับเตตระไฮโดรฟูรานประมาณ 3-5 วัน จากนั้นจึงเติมพอลิเอทรีนและใช้เวลาอีกประมาณ 2 วัน จึงนำสารละลายมาผลิตเส้นใยได้ และเส้นใยตัวอย่างที่ได้นั้นจะนำมาใช้เป็นแผ่นกรองสำหรับใช้ในการกรองกรดและเบสต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปี 2557

6. รายการอ้างอิง

- [1] Tucker, N., Stanger, J.J. and Staiger, M.P., 2012, The history of the science and technology of electrospinning from 1600 to 1995, *J. Eng. Fibers Fabrics Special Issue* 63-73.
- [2] Doshi, J. and Reneker, D.H., 1995, Electro spinning process and application of electrospun fiber, *J. Electrostat.* 35: 151-160.
- [3] Reneker, H.D., 1996, Nanometre diameter fibres of polymer produced by electro spinning, *Nanotechnology* 7: 216-223.
- [4] Wang, H., Fu, G. and Li, X., 2009, Functional polymeric nanofibers from electrospinning, *Recent Patents Nanotechnology* 3: 21-31.
- [5] Torres, B., 2001, Ultrafine Fibers of Polystyrene Dissolved in Tetrahydrofuran Prepared Using the Electrospinning Method, Undergraduate Research, Department of Physics and Electronics University of Puerto Rico.
- [6] Jarusuwannapooma, T., Hongrojjanawitb, W., Jitjaichama, S., Wannatongc, L., Nithitanakula, M., Pattamapromb, C., Koombhongsed, P., Rangkupane, R., Supaphola, P., 2004, Effect of solvents on electrospinnability of polystyrene and morphological appearance of resulting electrospun polystyrene fibers, *Eur. Polymer J.* 41: 409-421.
- [7] Nitanan, T., Opanasopit, P., Akkaramongkolporn, P., Rojanarata, T., Ngawhirunpat, T. Supaphol, P., 2012, Effect of processing parameters on morphology of electrospun polystyrene nanofibers, *Korean J. Chem. Eng.* 29: 173-181.
- [8] Shin, Y.J., Wang, M. and Kameoka, J., 2009, Electrospun nanofiber biosensor for measuring glucose concentration, *J. Photopoly. Sci. Technol.* 22: 235-237.
- [9] Shin, Y.J. and Kameoka, J., 2012, Amperometric cholesterol biosensor using layer-by-layer adsorption technique onto electrospun polyaniline nanofibers, *J. Ind. Eng. Chem.* 18: 193-197.
- [10] Koombhongse, S., Liu, W. and Reneker, D.H., 2001, Flat polymer ribbons and other shapes by electrospinning, *J. Polym. Sci. B Polym. Phys.* 39: 2598-2606.