

**การเตรียมเส้นใยนาโนจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ผสมกาวไหม
ด้วยวิธีการอิเล็กโตรสปินนิง**
**Preparation of Nanofiber from Polyvinyl Alcohol mixed Silk Glue
by Electrospinning Method**

บุปผชาติ ต่อบุญสูง^{1*}

Buppachat Toboonsung¹

¹สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

¹Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University

วันที่ส่งบทความ : 16 พฤศจิกายน 2562 วันที่แก้ไขบทความ : 13 เมษายน 2563 วันที่ตอบรับบทความ : 15 เมษายน 2563

Received: 16 November 2019, Revised: 13 April 2020, Accepted: 15 April 2020

บทคัดย่อ

เส้นใยนาโนจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ผสมกาวไหมเตรียมโดยวิธีอิเล็กโตรสปินนิงใช้รังไหม 3 กรัม ต่อน้ำ 150 มิลลิลิตรทำเป็นกาวไหม และผงพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 5 กรัมต่อน้ำ 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำ สารละลายทั้งสองต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที กระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงใช้ แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงที่ 30 กิโลโวลต์ จักรยะห่างระหว่างเข็มโลหะและอลูมิเนียมฟอยล์ที่เป็นวัสดุ รองรับใช้ที่ 15 เซนติเมตร และ 20 เซนติเมตร ใช้อัตราการไหลของสารละลาย 1 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง และ ควบคุมเวลาการทดลอง 10 นาที การวิเคราะห์ลักษณะของพื้นผิวแผ่นรองรับเส้นใยนาโนด้วยภาพจาก กล้องดิจิทัล ลักษณะสัณฐานวิทยาของเส้นใยนาโนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่า อัตราส่วนของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อกาวไหมที่ 90 : 10 wt% มีพื้นผิวของแผ่นรองรับที่สม่ำเสมอไม่เกิด หยดของสารละลายบนแผ่นรองรับอลูมิเนียมฟอยล์ และขนาดเส้นใยนาโนที่สม่ำเสมอพบที่ระยะห่าง 15 เซนติเมตร โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 115 นาโนเมตร

คำสำคัญ : อิเล็กโตรสปินนิง เส้นใยนาโน กาวไหม พอลิไวนิลแอลกอฮอล์

Abstract

Nanofibers from a polyvinyl alcohol (PVA) mixing a silk glue was prepared by an electrospinning method which used a silk cocoon of 3 g/ 150 ml of water as a silk glue and PVA powder of 5 g/ 50 ml of water. Next, both solutions were heated at a temperature of 95 °C for 90 min. The electrospinning process was used a high voltage

*ที่อยู่ติดต่อ E-mail address: buppachattt@yahoo.co.th

power supply of 30 kV. A distance of the metal needle and an aluminum foil as substrate material was used at 15 cm and 20 cm. The flow rate of the solution was used at 1 mL/h and controlled the deposition time for 10 min. The surface of aluminum foil substrate was analyzed by digital image and characterized the morphology of nanofiber by a scanning electron microscope. It was found that the ratio of PVA : silk glue at 90:10 wt% was shown the uniformity of surface substrate, not found the dripping of solution on aluminium foil substrate and found the similarity of nanofiber at the distance of 15 cm which shown an average diameter approximately of 115 nm.

Keywords: Electrospinning, Nanofiber, Silk Glue, Polyvinyl alcohol

1. บทนำ

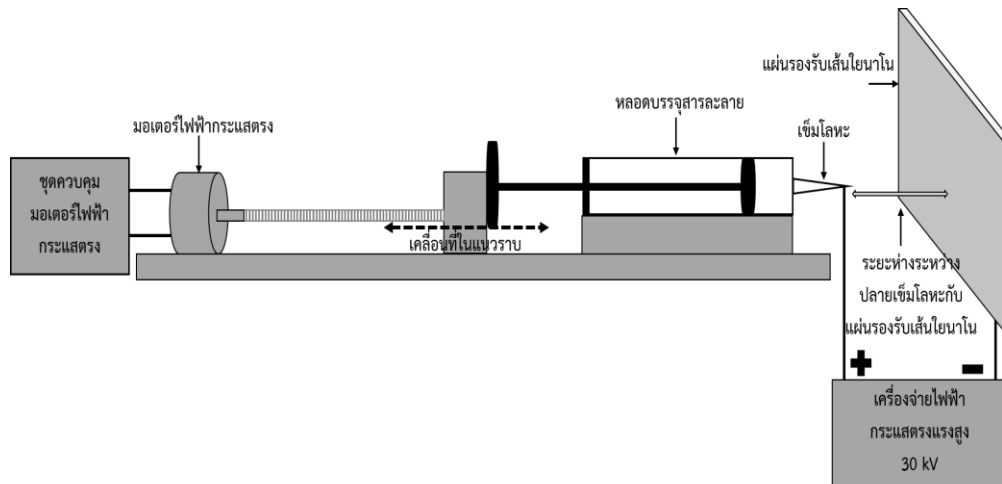
ในปัจจุบันการสร้างเส้นใยนาโนด้วยวิธีการอิเล็กโตรสปินนิงมีการเตรียมจากพอลิเมอร์ที่หลากหลายชนิด เช่น พอลิสไตรีน [1] พอลิอะนิลีน [1] พอลิคาโพรแลคโตน [2] พอลิไวนิลคลอไรด์ [3] และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ [4] เป็นต้น ซึ่งอาจจะมีการผสมสารอื่นลงไปกับพอลิเมอร์เพื่อช่วยให้สารละลายมีความหนืดที่เหมาะสม และเกิดการนำไฟฟ้าที่ดีขึ้น เช่น การผสมทินออกไซด์ [5] และคอปเปอร์ออกไซด์ [6] เป็นต้น บางงานวิจัยมีการนำกาวไหม [7] ที่เป็นสิ่งเหลือทิ้งจากการผลิตเส้นไหมมาผสมร่วมกับพอลิเมอร์เพื่อช่วยให้สามารถใช้ประโยชน์จากของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ นำประยุกต์ใช้งานทางการแพทย์ [8] และเวชสำอางได้ [9]-[10] ซึ่งกาวไหมมีโปรตีนที่เรียกว่า ไฟโบรอิน และเซรีซิน ที่ไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากมายนัก ชาวบ้านส่วนใหญ่จะทิ้งหรือนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สบู่ และเครื่องสำอางค์ต่าง ๆ จากการศึกษพบว่ากาวไหมมีคุณสมบัติที่สามารถละลายน้ำได้ และมีความเป็นเบสสามารถรักษาสสมดุลความชุ่มชื้นของผิวหนังได้ด้วยคุณสมบัติในการจับกับน้ำได้ดี ปกป้องรังสียูวีได้ ด้วยคุณสมบัติของกรดอะมิโน กระซิบและต้านริ้วรอยของผิวหนังได้ด้วยคุณสมบัติในการจับกับโปรตีนชนิดอื่น ๆ ซึ่งสามารถพัฒนาและประยุกต์ใช้ไปเป็นวัสดุทางการแพทย์ เช่น แผ่นปิดแผล [7] และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับกาวไหมได้อีกด้วย นอกจากนี้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (polyvinyl alcohol, PVA) มีความเสถียรทางเคมีและทางความร้อนที่ดี ที่สำคัญคือไม่มีพิษเข้ากันได้กับสิ่งมีชีวิตสามารถขึ้นรูปได้ง่ายมีการใช้ PVA อย่างกว้างขวางในทางการแพทย์ เภสัชกรรม เครื่องสำอาง อาหาร และวัสดุบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ การนำ PVA มาขึ้นรูปด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง พบว่าสามารถขึ้นรูปเป็นเส้นใยได้ดีทั้งจากสารละลาย PVA และสารละลาย PVA ผสมกับพอลิเมอร์ชนิดอื่น

ในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่เตรียมเส้นใยนาโนของ PVA ผสมกาวไหม ซึ่งเตรียมจากรังไหมด้วยวิธีการอิเล็กโตรสปินนิง PVA ถูกนำมาผสมลงในโปรตีนเซรีซินหรือกาวไหมในปริมาณต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นเนื่องจากโปรตีนเซรีซินเมื่อนำมาขึ้นรูปจะเปราะและแตกหักง่าย ส่วนการวิเคราะห์ผลการวิจัยใช้ภาพถ่ายดิจิทัลของแผ่นรองรับเส้นใย และผลการวิเคราะห์เส้นใยนาโนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยพิจารณาความสม่ำเสมอของเส้นใยจากการเตรียมในเงื่อนไขต่าง ๆ ซึ่งทำให้ทราบอัตราส่วนของ PVA

ต่อกาวไหมและระยะห่างระหว่างปลายเข็มถึงแผ่นรองรับที่เหมาะสมสำหรับการสร้างเส้นใยนาโนจาก PVA กับกาวไหม ซึ่งจะเป็นแนวทางการพัฒนาไหมที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งให้เป็นประโยชน์ต่อไปได้ในอนาคต

2. วิธีการทดลอง

การเตรียมเส้นใยนาโน PVA ผสมกับกาวไหมด้วยวิธีการอิเล็กโตรสปินนิง มีวิธีการเตรียมสารละลายกาวไหมโดยทำการคัดเลือกไหมที่มีลักษณะสมบูรณ์ ไม่ดำ ไม่เหี่ยว นำชิ้นรังไหมที่ตัดแล้ว 3 กรัม ใส่ลงไปในน้ำ 150 มิลลิลิตร ต่อกวนนั้นต้มด้วยอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการต้ม 90 นาที ต่อกวนนั้นกรองให้เหลือแต่น้ำกาวไหม แล้วทิ้งให้เย็นจะได้สารละลายกาวไหมเพื่อนำไปผลิตเป็นเส้นใยนาโนในลำดับต่อไป ส่วนการเตรียมสารละลาย PVA ใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 5 กรัม น้ำปริมาณ 50 มิลลิลิตร ต่อกวนนั้นต้มด้วยอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการต้ม 90 นาที ต่อกวนนั้นผสมสารละลายทั้ง 2 ชนิดเข้าด้วยกัน โดยเตรียมอัตราส่วนของสารละลาย PVA กับกาวไหม 11 อัตราส่วน คือ 100 : 0, 90 : 10, 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40, 50 : 50, 40 : 60, 30 : 70, 20 : 80, 10 : 90 และ 0 : 100 โดยน้ำหนัก (wt%) แล้วจึงนำสารละลายที่เตรียมได้มาบรรจุในหลอดบรรจุสารละลาย โดยปรับไฟฟ้าควบคุมเครื่องปล่อยสารละลายที่ 1.8 โวลต์ ซึ่งทำให้อัตราการไหลเท่ากับ 1 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ระยะเวลาในการทดลอง 10 นาที ระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับแผ่นรองรับเส้นใยนาโนอลูมิเนียมฟอยล์คือ 15 เซนติเมตร และ 20 เซนติเมตร และให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าแรงสูงกับระบบอิเล็กโตรสปินนิง 30 กิโลโวลต์ เพื่อหาระยะห่างที่เหมาะสมสำหรับการสร้างเส้นใยนาโนด้วยวิธีการดังกล่าว โดยมีการจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังรูปที่ 1 ซึ่งคล้ายกับการจัดวางเครื่องมือในบทความวิชาการ [11] หลังจากเสร็จกระบวนการแผ่นรองรับเส้นใยถูกนำไปถ่ายภาพดิจิทัล เพื่อหาอัตราส่วนของสารละลายที่เหมาะสมจากภาพถ่ายดิจิทัลของแผ่นรองรับ ซึ่งพิจารณาความสม่ำเสมอ และไม่เกิดหยดของสารละลายบนแผ่นรองรับ โดยมีถ่ายรูปที่ระยะห่างจากแผ่นรองรับเส้นใยประมาณ 20 เซนติเมตร เมื่อเส้นใยแห้งจากการทิ้งไว้ในบรรยากาศที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 2 วัน จึงเก็บเข้าสู่ตู้ควบคุมความชื้นแล้วนำไปวิเคราะห์ลักษณะเส้นใยนาโนโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Field emission scanning electron microscope, ยี่ห้อ Carl Zeiss, รุ่น AURIGA) ทำการวิเคราะห์โดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 5 กิโลโวลต์ มีการเคลือบทองบนชิ้นงานแผ่นรองรับเส้นใยเพื่อช่วยในการนำไฟฟ้าได้ดีขึ้น การวิเคราะห์พิจารณาจากลักษณะของเส้นใยนาโนมีความสม่ำเสมอบนแผ่นวัสดุรองรับไม่มีรอยขาดหรือหยดของสารละลาย ซึ่งทำให้ได้อัตราส่วนของสารละลายที่เหมาะสม และระยะห่างระหว่างปลายเข็มโลหะกับแผ่นรองรับที่ดีที่สุด



รูปที่ 1. การจัดอุปกรณ์สำหรับเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ปิ้ง

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

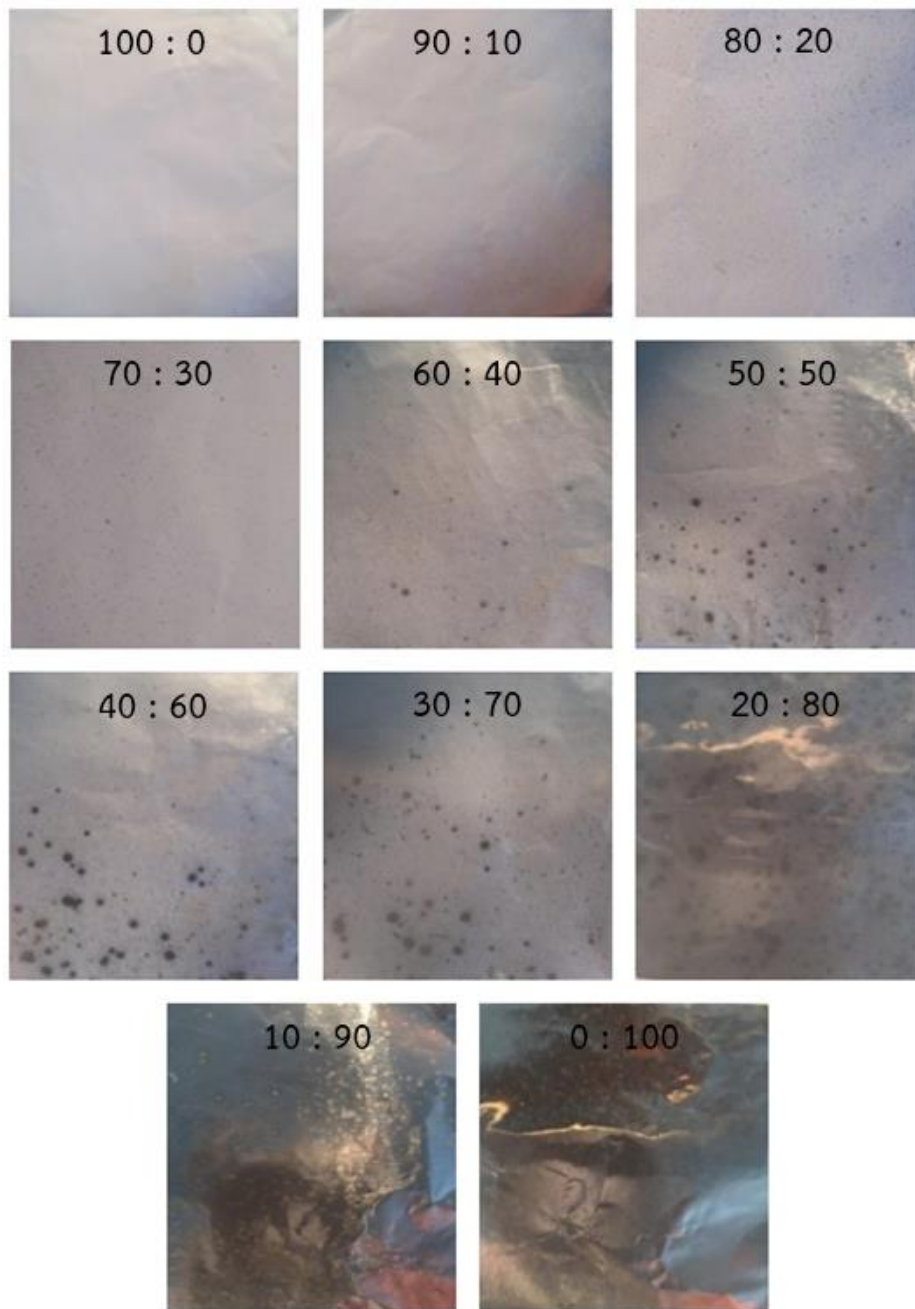
3.1 การหาอัตราส่วนของสารละลาย PVA กับกาวไหม

การศึกษาอัตราส่วนสารละลายของ PVA กับกาวไหมที่เหมาะสมทำการทดลองโดยใช้ 11 อัตราส่วน คือ 100 : 0, 90 : 10, 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40, 50 : 50, 40 : 60, 30 : 70, 20 : 80, 10 : 90 และ 0 : 100 wt% ระบบของวิธีการอิเล็กทรอนิกส์หนึ่งจัดระยะห่างระหว่างปลายเข็มกับแผ่นรองรับเส้นใยนาโนที่ 15 เซนติเมตร ให้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 30 กิโลโวลต์ เวลาในการขึ้นรูปเส้นใยนาโนนาน 10 นาที และอัตราการไหลของสารละลายเท่ากับ 1 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง และทำการวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของแผ่นรองรับเส้นใยนาโนจากภาพถ่ายดิจิทัลตั้งรูปที่ 2 พบว่าพื้นผิวของแผ่นรองรับเส้นใยนาโนมีความแตกต่างกัน โดยในเงื่อนไขที่ใช้อัตราส่วนสารละลาย PVA ต่อสารละลายกาวไหมเท่ากับ 100 : 0 wt% และ 90 : 10 wt% พื้นผิวของแผ่นรองรับมีลักษณะค่อนข้างสม่ำเสมอไม่มีหยดของสารละลายสำหรับอัตราส่วน 80 : 20 wt% และอัตราส่วนอื่น ๆ พื้นผิวของแผ่นรองรับมีลักษณะไม่สม่ำเสมอมีหยดของสารละลายเป็นจุดเล็ก จุดใหญ่ กระจายบนพื้นผิว ซึ่งอาจเนื่องมาจากเชิซึนในกาวไหมขึ้นรูปได้ยากจำเป็นต้องมีสารชนิดอื่นช่วยในการขึ้นรูป และปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้สารละลายที่ผสมกันมีการยึดเกาะกันน้อย และความหนืดไม่เหมาะสมจึงทำให้เมื่อเพิ่มปริมาณกาวไหมขึ้นเรื่อย ๆ การขึ้นรูปเป็นเส้นใยจึงทำได้ยากขึ้นเกิดเป็นหยดของสารละลายบนแผ่นรองรับดังรูปที่ 2 ในอัตราส่วน PVA ต่อกาวไหมเท่ากับ 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40, 50 : 50, 40 : 60, 30 : 70, 20 : 80, 10 : 90 และ 0 : 100 wt% ดังนั้นสำหรับการขึ้นรูปเส้นใยนาโนการใช้ PVA ต่อกาวไหม 100 : 0 wt% ซึ่งคือการใช้ PVA ชนิดเดียว และ 90 : 10 wt% ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมของสารละลายทั้งสองชนิดสามารถขึ้นรูปเส้นใยนาโนได้โดยไม่มีลักษณะเป็นหยดของสารละลายบนแผ่นรองรับ เมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายดิจิทัล

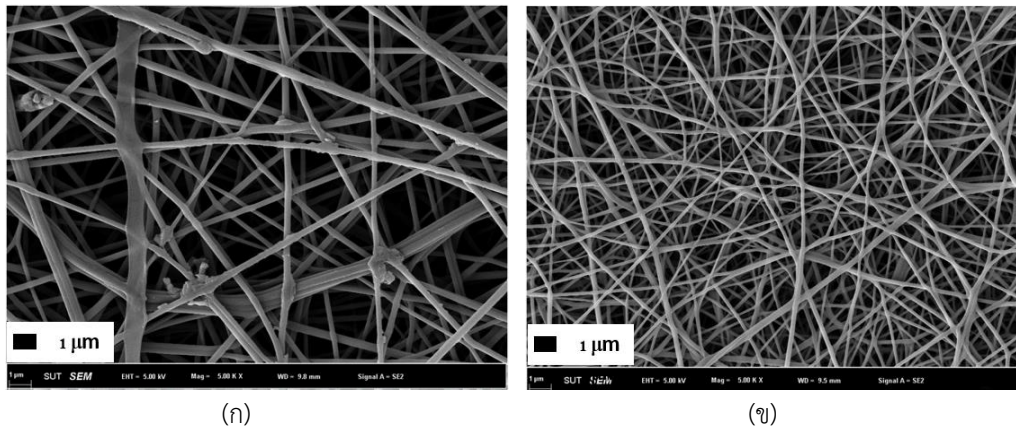
การวิเคราะห์ด้วยภาพถ่าย SEM แสดงดังรูปที่ 3 (ก-ข) เป็นการยืนยันผลการเตรียมเส้นใยนาโนในอัตราส่วนของสารละลาย 100 : 0 wt% และ 90 : 10 wt% ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสร้างเส้นใยนาโนที่ได้จากการวิเคราะห์โดยภาพถ่ายดิจิทัล (รูปที่ 2) การถ่ายภาพ SEM ใช้กำลังขยาย 5,000 เท่า ผล

การวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นใยนาโนที่ใช้อัตราส่วนของสารละลาย 100 : 0 wt% แสดงดังรูปที่ 3 (ก) พบว่าเส้นใยนาโนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 100 - 500 นาโนเมตร โดยมีขนาดเส้นใยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 170 - 180 นาโนเมตร มีเส้นใยมีลักษณะของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ไม่สม่ำเสมอและเกิดเป็นก้อนจำนวนมาก ซึ่งเนื่องจากสัดส่วนความเข้มข้นมากเกินไป จึงทำให้แรงดึงดูดทางไฟฟ้าเอาชนะแรงตึงผิวได้ยากส่งผลให้การไหลของสารละลายพอลิเมอร์ไม่สม่ำเสมอเส้นใยที่ถูกดึงออกมาจึงมีขนาดใหญ่และไม่เรียบ อีกทั้งมีการระเหยของพอลิเมอร์เข้าร่วมด้วย [8],[10],[11]

สำหรับอัตราส่วนของสารละลาย 90 : 10 wt% การวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นใยนาโนด้วยกล้อง SEM ใช้กำลังขยาย 5,000 เท่า แสดงดังรูปที่ 3 (ข) พบว่าเส้นใยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ที่ 60 - 280 นาโนเมตร มีขนาดเส้นใยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 110 - 120 นาโนเมตร มีลักษณะของเส้นใยสม่ำเสมอมากกว่า และไม่พบก้อนปมขนาดของเส้นใยมีขนาดเล็กเรียบและต่อเนื่องกันดีกว่าเมื่อเทียบกับอัตราส่วนของสารละลาย 100 : 0 wt% ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความเข้มข้นของพอลิเมอร์มีความเหมาะสมกับสภาวะของการยัดของลำสารละลายทำให้สารละลายที่พุ่งออกจากปลายเข็มมายังวัสดุรองรับมีการระเหยของพอลิเมอร์ได้ดี [8],[10],[11] อีกทั้งสารละลายกาวไหมสามารถช่วยให้การขึ้นรูปของเส้นใยนาโนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลง เส้นใยนาโนมีความสม่ำเสมอมากขึ้น เนื่องจากกาวไหมเป็นสารละลายที่ทำให้การสกัดด้วยน้ำ เมื่อนำกาวไหมมาผสมกับ PVA ทำให้สารละลายพอลิเมอร์ที่ใช้ขึ้นรูปมีความหนืดน้อยลง ซึ่งจากภาพ SEM เป็นการยืนยันว่าทั้งสองเงื่อนไขดังกล่าวสามารถขึ้นรูปเป็นเส้นใยได้ดี ดังนั้นจากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดิจิทัลและภาพถ่ายจากกล้อง SEM แล้วพบว่าการผสมสารละลายอัตราส่วน PVA กับกาวไหม 90 : 10 wt% เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่จะนำไปทดลองเพื่อหาระยะห่างระหว่างปลายเข็มกับแผ่นรองรับต่อไป



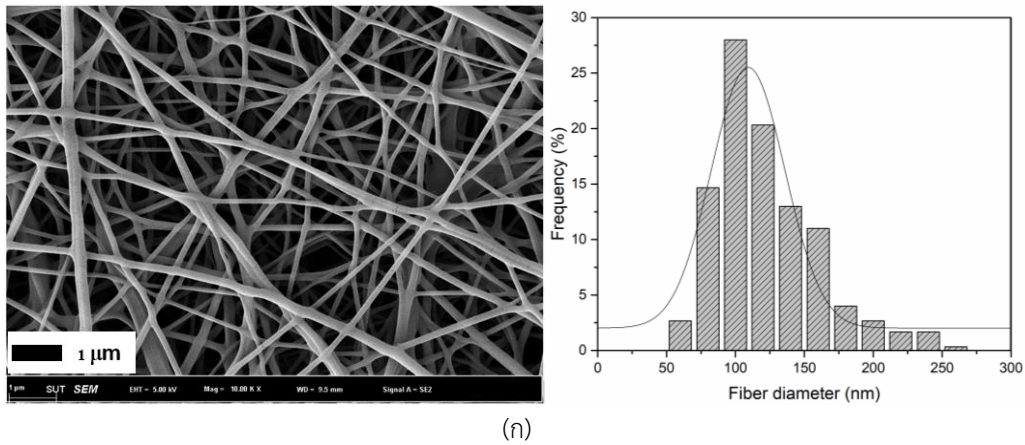
รูปที่ 2. ภาพถ่ายดิจิทัลของแผ่นรองรับเส้นใยนาโนจากกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิง โดยมีอัตราส่วนของสารละลายที่แตกต่างกันระหว่างแผ่นฟิล์มกับแผ่นรองรับเส้นใยนาโนที่ 15 เซนติเมตร ให้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 30 กิโลโวลต์ เวลาในการขึ้นรูปเส้นใยนาโน 10 นาที



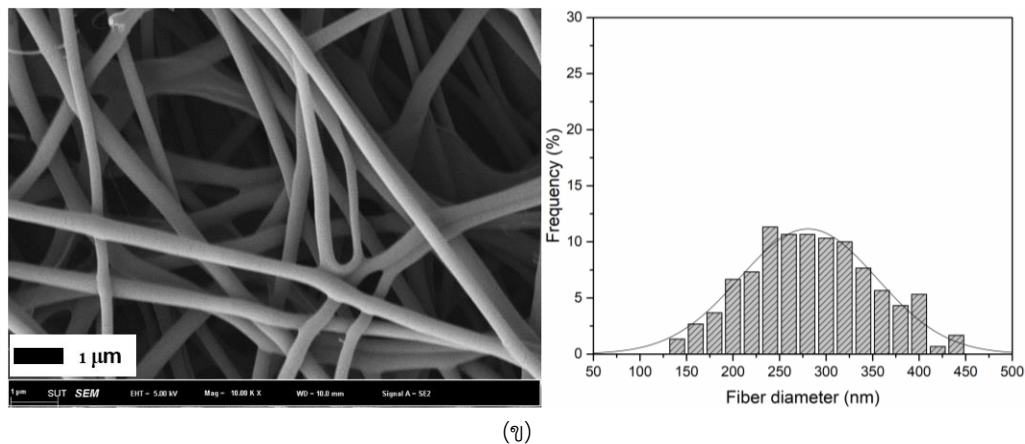
รูปที่ 3. ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า ของเส้นใยนาโนโดยใช้ระหว่างปลายเชื่อมกับวัสดุรองรับเท่ากับ 15 เซนติเมตร และเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน PVA : กาวไหม คือ (ก) 100 : 0 wt% และ (ข) 90 : 10 wt%

3.2 การหาระยะห่างระหว่างปลายเชื่อมโลหะกับแผ่นรองรับเส้นใยนาโน

การวิเคราะห์เส้นใยนาโนด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า และได้ทำการวิเคราะห์กราฟการกระจายตัวของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยนาโนได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4 (ก-ข) เพื่อการหาระยะห่างระหว่างปลายเชื่อมโลหะถึงวัสดุรองรับที่เหมาะสม โดยใช้ระยะห่าง 15 เซนติเมตร และ 20 เซนติเมตร อัตราส่วนของสารละลาย PVA กับกาวไหมใช้ 90 : 10 wt% ระยะห่างระหว่างปลายเชื่อมส่งผลให้การเตรียมเส้นใยมีสนามไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ซึ่งสนามไฟฟ้าหาได้จากสมการ $E=V/d$ โดย E คือสนามไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์ต่อเมตร V คือความต่างศักย์ไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์ ในงานวิจัยนี้ใช้ 30 กิโลโวลต์ และ d คือ ระยะห่างระหว่างปลายเชื่อมถึงแผ่นรองรับมีหน่วยเป็นเมตร ดังนั้นระยะห่าง 15 เซนติเมตร ค่าสนามไฟฟ้าเท่ากับ 200 กิโลโวลต์ต่อเมตร และระยะห่าง 20 เซนติเมตร ค่าสนามไฟฟ้าเท่ากับ 150 กิโลโวลต์ต่อเมตร พบว่าระยะห่างระหว่างปลายเชื่อมโลหะถึงวัสดุรองรับใช้ระยะห่าง 15 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4 (ก) เส้นใยนาโนมีลักษณะที่สม่ำเสมอมีความต่อเนื่องกันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยนาโนมีขนาดในช่วง 60-280 นาโนเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 115 นาโนเมตร มีค่าการกระจายของเส้นใยนาโน 34 นาโนเมตร โดยพิจารณาจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D.) สำหรับที่ระยะ 20 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4 (ข) เส้นใยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ โดยเส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาดในช่วง 140-460 นาโนเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 280 นาโนเมตร มีค่าการกระจายของเส้นใยนาโน 92 นาโนเมตร โดยพิจารณาจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนั้นระยะห่างระหว่างปลายเชื่อมกับแผ่นรองรับที่เหมาะสมคือระยะ 15 เซนติเมตร ทำให้เส้นใยนาโนที่ได้มีขนาดเล็กและสม่ำเสมอที่สุด ซึ่งอาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของพอลิเมอร์และสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีความเหมาะสม [8],[10],[11] กับระยะห่างระหว่างเชื่อมกับวัสดุรองรับจึงทำให้เกิดการระเหยของสารละลายพอลิเมอร์ที่พุ่งออกจากปลายเชื่อมมายังวัสดุรองรับได้ดี



(ก)



(ข)

รูปที่ 4. ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 10,000 เท่ากับกราฟการกระจายตัวของเส้นใยนาโนที่อัตราส่วนของสารละลาย 90 : 10 wt% โดยใช้ระยะห่างระหว่างปลายเข็มกับวัสดุรองรับเท่ากับ (ก) 15 เซนติเมตร และ (ข) 20 เซนติเมตร

4. สรุปผลการทดลอง

การสร้างเส้นใยนาโนจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ผสมกาวไหมด้วยวิธีการอิเล็กโตรสปินนิง ทำการทดลองโดยใช้เครื่องจ่ายไฟฟ้าแรงสูง 30 กิโลโวลต์ อัตราการไหลของสารละลายประมาณ 1 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ทำการทดลอง 10 นาที โดยผสมสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับกาวไหมในอัตราส่วนที่ต่างกันพบว่าอัตราส่วนของสารละลายที่เหมาะสมคือ 90 : 10 wt% ซึ่งพิจารณาจากภาพถ่ายดิจิทัลของแผ่นรองรับที่มีความสม่ำเสมอ และไม่มีหยดของสารละลายบนแผ่นรองรับร่วมกับการพิจารณาขนาดของเส้นใยนาโนจากภาพถ่ายที่วิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ซึ่งพบว่าเส้นใยนาโนมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใกล้เคียงกัน และมีขนาดเฉลี่ยประมาณ 115 นาโนเมตร ไม่เกิดปมหรือก้อนมีความสม่ำเสมอดีที่สุด และพบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายเข็มกับแผ่นรองรับ 15 เซนติเมตร มีสนามไฟฟ้าที่

มากกว่าจึงทำให้สารละลายที่พุ่งออกมามีขนาดเล็กส่งผลให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยนาโนมีขนาดเล็กและสม่ำเสมอดีกว่าที่ระยะห่าง 20 เซนติเมตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] กรชูลี พนาพิทักษ์กุล, กัลยา เอื้อประเสริฐศักดิ์ และ มนุ เฟื่องฟูง. 2557. การเตรียมและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นใยพอลิสไตรีน/พอลิอะนิลีนโดยวิธีการปั่นด้วยไฟฟ้าสถิต. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 22(6), 767-774. [Gornchulee Panapitakkul, Kalya Eaiprasertsak and Manu Fuangfoong. 2014. Preparation and morphology of polystyrene/polyaniline (PS/PANi) fibers by electrospinning. *Thai Science and Technology Journal*, 22(6), 767-774. (in Thai)]
- [2] นพวรรณ ชันญพานิช และ ชลดา สุวรรณบุรณ์. 2557. แผ่นเส้นใยนาโนจากพอลิคาโพรแลคโตน. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 24(1), 189-197. [Noppavan Chanunpanich and Chonlada Suwanboon. 2014. Polycaprolactone nanofiber sheet. *Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 24(1), 189-197. (in Thai)]
- [3] กฤษฎา พัทธสิทธิ์. 2560. การเตรียมและลักษณะเฉพาะของนาโนไฟเบอร์พอลิไวนิลคลอไรด์/เทอร์โมพลาสติกพอลิยูรีเทนด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 22(1), 253-261. [Kritsada Phatcharosit. 2017. Preparation and characterization of electrospun poly (vinyl chloride)/thermoplastic polyurethanes nanofibers. *Burapha Science Journal*, 22(1), 253-261. (in Thai)]
- [4] ชลดา สุวรรณบุรณ์, นพวรรณ ชันญพานิช และ กนกวรรณ กิตตินิยม. 2561. แผ่นกรองต้านแบคทีเรียจากเส้นใยนาโนผสมระหว่างพอลิไวนิลลิติกฟลูออไรด์กับพอลิไวนิลแอลกอฮอล์. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 28(4), 881-891. [Chonlada Suwanboon, Noppavan Chanunpanich and Kanokwan Kittiniyom. 2018. Antibacterial membrane from mixed poly (vinylidene fluoride) nanofiber and poly (vinyl alcohol) nanofiber. *Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 28(4), 881-891. (in Thai)]
- [5] อรวรรณ บัณฑิต และ ขวัญฤทัย วงศาพรม. 2562. การประดิษฐ์เส้นใยนาโนทินออกไซด์ด้วยวิธีอิเล็กโตรสปินนิง. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 24(1), 299-310. [Orawan Bundit and Kwanruthai Wongsaprom. 2019. Fabrication of tin oxide nanofibers by electrospinning method. *Burapha Science Journal*, 24(1), 299-310. (in Thai)]
- [6] ชัชวาลย์ กองสุข, รณฤทธิ์ นาโควงศ์ และ ปิยวงศ์ ภูปัญญา. 2557. การเตรียมและลักษณะบ่งชี้ของเส้นใยนาโนคอปเปอร์ออกไซด์ด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง. *วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*

- มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, 4(2), 92-102. [Chatchaval Kongsuk, Ronariddh Nakhong and Piyawong Poopanya. 2014. Preparation and characterization of copper oxide nanofibers by electrospinning technique. *Journal of Industrial Technology Ubon Ratchathani Rajabhat University*, 4(2), 92-102. (in Thai)]
- [7] พิมพ์พร อุทัยรัตน์, สุวิมล เจตะวัฒนะ, พิริยาธร สุวรรณมาลา, จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ และ สุชาดา พงษ์พัฒน์. 2554. การขึ้นรูปแผ่นปิดแผลที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียจากโปรตีนไหมไฟโบรอินและอนุภาคเงินนาโน. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์, ครั้งที่ 12, สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ, กรุงเทพมหานคร. [Pimpon Uttayarat, Suwimol Jetawattana, Phiriyatorn Suwanmala, Jaruratana Eamsiri and Suchada Pongpat. 2011. Fabrication of antibacterial wound dressings from silk fibroin and silver nanoparticles. The 12th Conference on Nuclear Science and Technology, Thailand Institute of Nuclear Technology, Bangkok. (in Thai)]
- [8] อรวรรณ สุวรรณทอง. 2558. กระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตสำหรับประยุกต์ใช้ทางการแพทย์. *วารสารวิทยาศาสตร์ มช.*, 43(4), 564-578. [Orawan Suwantong. 2015. Electrospinning for biomedical applications. *KKU Science Journal*, 43(4), 564-578. (in Thai)]
- [9] สุภาพ ศรีบุญเรือง, ฐปนัท ลีธีระ, ภัทรีณี คลุมดวง, ปิยะพงษ์ ปานแก้ว, ปิยะพงษ์ อะสะนิธิ, สุภาณี ลิ้มสุวรรณ และ พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ. 2554. การเพิ่มมูลค่าสิ่งเหลือจากอุตสาหกรรมผ้าไหมไทยเพื่อพัฒนาเป็นวัสดุทดแทนกระดูกวัสดุปลดปล่อยยาและเวชสำอาง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ครั้งที่ 49 : สาขาวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. [Supap Sriboonruang, Thapanat Leeteerah, Pattarinee Klumdong, Piyapong Pankaew, Piyapong Asanithi, Supanee Limsuwan and Pichet Limsuwan. 2011. Value enhancement of waste products from Thai silk industry through bone-replacement implant, drug release material, and medical cosmetic. Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Science, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)]
- [10] ปรัชญา ทิพย์ดวงตา และ จักรพันธ์ ศิริชัยญาณลักษณ์. 2560. ความรู้เบื้องต้นและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตในด้านเภสัชกรรมและเครื่องสำอาง. *วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน*, 13(2), 1-15. [Pratchaya Tipduangta and Jakkapan Sirithunyalug. 2017. Fundamental and application of electrospinning technology in pharmaceuticals and cosmetics. *Isan Journal of Pharmaceutical Sciences*. 13(2), 1-15. (in Thai)]
- [11] กอบศักดิ์ กาญจนางค์กุล. 2556. การผลิตเส้นใยนาโนจากวัสดุชีวภาพด้วยเทคนิคการปั่นด้วยไฟฟ้าสถิต. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 8(1), 1-11. [Kobsak Kanjanapongkul. 2013. Production of nanofibers from biomaterials using

electrospinning technique. *Journal of Food Technology, Siam University*. 8(1), 1-11.
(in Thai)]